BIJLAGE 1



719071
18 juni 2020

Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduw Windpark Tweede Maasvlakte

Eneco

Concept v2.2

Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduw Windpark Tweede Maasvlakte
Soort document	Concept v2.2
Datum	18 juni 2020
Projectnummer	719071
Opdrachtgever	Eneco
Auteur	[redacted] en [redacted], Pondera Consult
Vrijgave	[redacted], Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 1

1.1 Beschrijving van de locatie 2
1.2 Regelgeving 2
1.3 Gegevens windturbine akoestisch onderzoek 3

2 Akoestisch onderzoek 4

2.1 Beoordeling 4
2.2 Invoer rekenmodel 5
2.3 Windaanbod 7
2.4 Geluidbronnen windturbines 8
2.5 Rekenresultaten 12
2.6 Cumulatieve effecten met nabijgelegen windturbines 13
2.7 Cumulatieve effecten met andere geluidbronnen 15

3 Onderzoek slagschaduw 16

3.1 Normstelling 16
3.2 Schaduwgebied 16
3.3 Potentiële schaduw 17
3.4 Rekenresultaten 18
3.5 Hinderduur bij toetsobjecten 19
3.6 Maatregelen 19
3.7 Cumulatie met bestaande windturbines 20

4 Voorkeursalternatief (VKA) 21

4.1 Inleiding 21
4.2 Akoestisch onderzoek 21
4.3 Onderzoek slagschaduw 23

5 Conclusie 26

bijlage 1 Verklarende begrippenlijst 27

bijlage 2 Objecten rekenmodel akoestiek 29

bijlage 3 Situering objecten rekenmodel akoestiek 37

bijlage 4 Rekenresultaten Akoestiek 41

bijlage 5 Geluidcontour 47 dB L_{den} Alternatief 1 44

bijlage 6	Geluidcontour 42 dB L_{den} Alternatief 1	45
bijlage 7	Geluidcontour 41 dB L_{night} Alternatief 1	46
bijlage 8	Geluidcontour 47 dB L_{den} Alternatief 2	47
bijlage 9	Geluidcontour 42 dB L_{den} Alternatief 2	48
bijlage 10	Geluidcontour 41 dB L_{night} Alternatief 2	49
bijlage 11	Geluidcontour 47 dB Lden VKA	50
bijlage 12	Geluidcontour 42 dB Lden VKA	51
bijlage 13	Geluidcontour 41 dB Lnight VKA	52
bijlage 14	Geluidcontour 47 dB Lden VKA met serrated edges	53
bijlage 15	Geluidcontour 42 dB Lden VKA met serrated edges	54
bijlage 16	Geluidcontour 41 dB Lnight VKA met serrated edges	55
bijlage 17	Geluidcontour 47 dB L_{den} Huidige situatie	56
bijlage 18	Geluidcontour 42 dB L_{den} Huidige situatie	57
bijlage 19	Geluidcontour 41 dB L_{night} Huidige situatie	58
bijlage 20	Geluidcontour 47 dB L_{den} Alternatief 1 cumulatief	59
bijlage 21	Geluidcontour 42 dB L_{den} Alternatief 1 cumulatief	60
bijlage 22	Geluidcontour 41 dB L_{night} Alternatief 1 cumulatief	61
bijlage 23	Geluidcontour 47 dB L_{den} Alternatief 2 cumulatief	62
bijlage 24	Geluidcontour 42 dB L_{den} Alternatief 2 cumulatief	63
bijlage 25	Geluidcontour 41 dB L_{night} Alternatief 2 cumulatief	64
bijlage 26	Geluidcontour 47 dB Lden VKA cumulatief	65
bijlage 27	Geluidcontour 42 dB Lden VKA cumulatief	66
bijlage 28	Geluidcontour 41 dB Lnight VKA cumulatief	67
bijlage 29	Geluidcontour 47 dB Lden VKA cumulatief met serrated edges	68
bijlage 30	Geluidcontour 42 dB Lden VKA cumulatief met serrated edges	69
bijlage 31	Geluidcontour 41 dB Lnight VKA cumulatief met serrated edges	70
bijlage 32	In- en uitvoergegevens slagschaduw	71

bijlage 33 Slagschaduwcontouren Alternatief 1 (ondergrens) 88

bijlage 34 Slagschaduwcontouren Alternatief 2 (bovengrens) 89

bijlage 35 Slagschaduwcontouren VKA 90

bijlage 36 Slagschaduwcontouren Huidge turbines 91

bijlage 37 Slagschaduwcontouren Alternatief 1 (ondergrens) Cumulatief 92

bijlage 38 Slagschaduwcontouren Alternatief 2 (bovengrens) Cumulatief 93

bijlage 39 Slagschaduwcontouren VKA CUmulatief 94

1 INLEIDING

In opdracht van Eneco is een akoestisch onderzoek en een onderzoek naar slagschaduw uitgevoerd voor een op te richten windpark in de gemeente Rotterdam, te weten windpark Tweede Maasvlakte.

In het kader van de milieueffectrapportage (m.e.r.) zijn de geluideffecten en slagschaduweffecten onderzocht.

In het kader van het akoestische onderzoek zijn turbines onderzocht met een zeer luide geluiduitstraling voor haar klasse. Voor het onderzoek naar slagschaduwhinder is uitgegaan van maximale afmetingen binnen de turbineklassen en dat alle windparken worden uitgevoerd met gelijke windturbinetypes. Een overzicht van de maximale afmetingen en de voor het akoestisch onderzoek gehanteerde turbine is gegeven in Tabel 1.1. Vanwege de vele hoogteverschillen op de Tweede Maasvlakte is voor zowel het akoestisch als het slagschaduwonderzoek gerekend met de ashoogte in plaats van met de masthoogte. De masthoogte is de hoogte van de windturbinemast zelf, de ashoogte is de hoogte van de rotoras ten opzichte van N.A.P.. Voor de meeste turbines ligt de ashoogte enkele meters hoger dan de masthoogte.

Tabel 1.1 Verschillende alternatieven

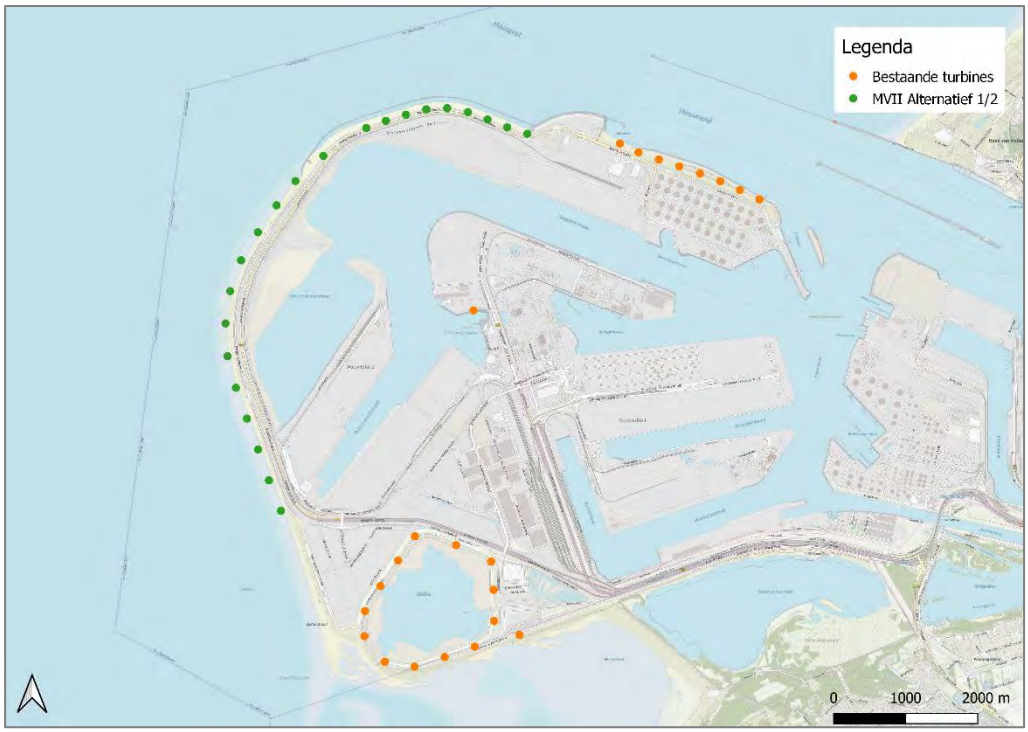
Opstelling	Zeewering	Afkorting	Masthoogte	Rotordiameter	Ref. turbine akoestisch onderzoek
Alternatief 1	Hard	A1.H	67	115	Enercon E115
	Zacht	A1.Z	101	150	Siemens SG 5.0-145
Allternatief 2	Hard	A2.H	76	120	Siemens SWT 3.6 -120
	Zacht	A2.Z	107	162	Vestas V162

Ten behoeve van het MER is zowel getoetst aan de wettelijke geluid- en slagschaduwnormen, als gekeken naar effecten beneden de norm, zoals de ligging van geluidcontouren en slagschaduwcontouren, het aantal gevoelige objecten binnen deze contouren bepaald en de cumulatie met reeds bestaande windturbines berekend.

1.1 Beschrijving van de locatie

Het windpark zal worden gerealiseerd in de gemeente Rotterdam, zie Figuur 1.1. Het plangebied is grotendeels industrieel en er zijn reeds bestaande windturbines operationeel.

Figuur 1.1 Opstellingen Tweede Maasvlakte



1.2 Regelgeving

Een windpark valt onder paragraaf 3.2.3 van het Activiteitenbesluit[1]. Volgens artikel 1.11 derde lid moet bij de melding een rapport van een akoestisch onderzoek worden overlegd. Het akoestisch onderzoek dient te worden uitgevoerd overeenkomstig de ministeriele regeling[2].

Binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter vanaf de locatie van de turbines bevinden zich geen gevoelige bestemmingen, maar voor de volledigheid van het onderzoek zal de slagschaduwduur en de geluidbelasting op enkele representatieve toetspunten in de omgeving worden berekend.

Hetzelfde normstelsel is van toepassing voor een aanvraag voor een omgevingsvergunning.

[1] Activiteitenbesluit milieubeheer, 19 oktober 2007, https://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2019-10-01
[2] Bijlage4 bij Activiteitenregeling milieubeheer, Reken- en meetvoorschrift windturbines, 23 december 2010, https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2019-12-14#Bijlage4

1.3 Gegevens windturbine akoestisch onderzoek

Zoals aangegeven in Tabel 1.1 worden voor de verschillende alternatieven en verschillende delen van het windpark verschillende referentieturbines voor het akoestisch onderzoek gebruikt. De gekozen windturbinetype hebben voor hun afmetingen een zeer hoge geluidemissie. Deze windturbines zijn als representatieve windturbines voor het MER onderzoek gehanteerd.

Siemens Gamesa SG 5.0 – 145

De Siemens Gamesa SG 5.0 – 145 heeft een rotordiameter van 145 m met drie rotorbladen. De turbine zou (afhankelijk van de opstelling) worden geplaatst op een conische buismast op 101 of 105 m hoogte. De tiphoogte bedraagt daarmee maximaal 178 m. In de nacelle zit de generator van 5.000 kW.

Enercon E115

De Enercon E115 heeft een rotordiameter van 115m met drie rotorbladen. De turbine zou worden geplaatst op een conische buismaast op 67 m hoogte. De tiphoogte bedraagt daarmee 125 m. In de nacelle ziet de generator van 3.200 kW.

Siemens Gamesa SWT 120

De Siemens Gamesa SWT 120 heeft een rotordiameter van 120 m met drie rotorbladen. De turbine zou worden geplaatst op een conische buismast op 76 m hoogte. De tiphoogte bedraagt daarmee 136 m. In de nacelle zit de generator van 3.600 kW.

Vestas V162

De Vestas V162 heeft een rotordiameter van 162 m met drie rotorbladen. De turbine zou worden geplaatst op een conische buismast op 107 m hoogte. De tiphoogte bedraagt daarmee 188 m. In de nacelle zit de generator van 5.600 kW.

2 AKOESTISCH ONDERZOEK

2.1 Beoordeling

2.1.1 Normstelling

Volgens artikel 3.14a eerste lid van het Activiteitenbesluit wordt het geluidniveau vanwege een windturbine of een combinatie van windturbines dat optreedt op de gevels van gevoelige bestemmingen en geluidgevoelige terreinen getoetst aan de waarden L_{den}=47 dB en L_{night}=41 dB.

Bij de toepassing van artikel 3.14a, tweede lid van het Activiteitenbesluit, wordt geen rekening gehouden met een windturbine of een combinatie van windturbines die behoort tot een andere inrichting waarvoor onmiddellijk voorafgaand aan het tijdstip van inwerkingtreding van dat artikel een vergunning in werking en onherroepelijk was. Dit overgangsrecht (Activiteitenbesluit artikel 3.14a, vijfde lid) geldt voor windturbines met een vergunning van voor 1 januari 2011. Dit betekent dat geen rekening hoeft te worden gehouden met reeds bestaande windturbines vergund voor 2011.

2.1.2 Overige beoordeling

Cumulatie met andere windturbines

De geluidnormen in het Activiteitenbesluit gelden per inrichting. Het bevoegd gezag kan maatwerk voorschrijven wanneer de geluidbelasting cumulatief boven de waarden Lden=47 dB en Lnight=41 dB komt. Er hoeft enkel rekening te worden gehouden met de bestaande turbines met een vergunning van na 2011.

Cumulatie met andere geluidbronnen

Cumulatie met andere bronnen wordt beschouwd als er sprake is van blootstelling aan meer dan één geluidbron conform de rekenregels uit het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Activiteitenregeling milieubeheer Bijlage 4).

Laagfrequent geluid

Er is geen algemeen geaccepteerd normstelsel voorhanden waarmee laagfrequente geluidhinder kan worden geobjectiveerd. Laagfrequent geluid (LFG) is geluid in het voor mensen laagst hoorbare frequentiegebied, onder 200 Hz. Windturbines stralen, net als de meeste geluidbronnen, ook laagfrequent geluid uit.

Het RIVM heeft op verzoek van de GGD-en de invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden door windturbines onderzocht[3]. Hierin wordt gesteld dat windturbines weliswaar laagfrequent geluid produceren maar dat er geen bewijs bestaat dat dit een factor van belang is. Er is geen aparte beoordeling nodig bovenop de bescherming die de A-gewogen normstelling op basis van dosis-effectrelatie reeds biedt. De mate van bescherming en de normering worden eveneens beschouwd in een literatuuronderzoek[4] naar laagfrequent geluid

[3] Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden, GGD Informatieblad medische milieukunde Update 2013; RIVM-rapport 200000001/2013.
[4] Literatuuronderzoek laagfrequent geluid windturbines, LBP Sight in opdracht van Agentschap NL, projectnummer DENB 138006 september 2013.

van windturbines van Agentschap NL. Ook hier zijn geen aanwijzingen dat het aandeel laagfrequent geluid een bijzondere dan wel belangrijke rol speelt.

Tenslotte is door de Staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu, mede namens de minister van Economische Zaken en de minister van Infrastructuur en Milieu over het onderwerp laagfrequent geluid van windturbines een brief aan de Tweede kamer gestuurd[5]. Deze brief baseert zich onder andere op bovengenoemd onderzoek van het RIVM waarin wordt gesteld dat:

- laagfrequent geluid bij windturbines in samenhang met hogere frequenties wordt gehoord en niet afzonderlijk hiervan;
- dit impliceert tevens dat de effecten van laagfrequent geluid op mensen niet anders zullen zijn dan effecten van geluid met hogere frequenties zoals hinder, slaapverstoring, moeheid, concentratieproblemen en dergelijke;
- voor beweringen dat laagfrequent geluid van windturbines allerlei klinische ziekten bij mensen kan veroorzaken is geen betrouwbare bewijsvoering aangetroffen, hetgeen in lijn is met de voorgaande inzichten;
- het feitelijke aandeel laagfrequent geluid in het brongeluid van een windturbine gering is. Daarom is ook het aandeel in de geluidbelasting op een woninggevel gering;
- bij het groter worden van turbines (tot 5 of 7,5 MW) zal dit aandeel met hooguit 1 à 2 dB toenemen. Het bij de Nederlandse norm voor windturbinegeluid voorgeschreven reken- en meetvoorschrift is goed in staat om hiermee rekening te houden zodat een correcte toetsing aan de norm mogelijk is;
- de Deense norm voor laagfrequent windturbinegeluid in het binnenmilieu van een woning geen extra bescherming biedt ten opzichte van de Nederlandse norm voor de gevelbelasting in geval van een standaard geïsoleerde woning.

Op grond van de brief van de Staatssecretaris kan worden gesteld dat toetsing aan de standaard Nederlandse geluidnormen (zoals in dit rapport gebeurt) tevens voldoende bescherming biedt tegen laagfrequent geluid. Het is dan ook niet noodzakelijk onderzoek uit te voeren naar laagfrequent geluid voor het windpark.

2.2 Invoer rekenmodel

Van de situatie is een akoestisch rekenmodel opgesteld met behulp van het programma Geomilieu® versie V4.50. Hiermee zijn de geluidcontouren berekend. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform het Reken- en meetvoorschrift windturbines.

De geometrie van de omgeving is vastgesteld aan de hand van kaartmateriaal (BAG, TOP10NL), luchtfoto's, aangeleverde documentatie en telefonisch verkregen informatie. In het gebied zijn bodemgebieden, vanwege het industriële karakter van de omgeving, aangeduid als grotendeels akoestisch reflecterend (B=0,2), met uitzondering van relevante wegen, wateroppervlakken en terreinen met een verhard oppervlak welke zijn aangeduid als akoestisch reflecterend (B=0).

[5] Brief d.d. 31 maart 2014, betreft laagfrequent geluid van windturbines, kenmerk IenM/bsk-2014/44564, staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu Wilma J. Mansveld.

Een windturbine is akoestisch gemodelleerd met drie rondom uitstralende puntbronnen (dag, avond en nachtemissie) ter hoogte van de rotoras.

De geluidberekeningen worden uitgevoerd op een raster van rekenpunten op een hoogte van 5 meter boven het maaiveld. Daarmee worden geluidcontouren bepaald, ofwel lijnen waar de geluidbelasting overal dezelfde waarde heeft.

In de omgeving van de turbines zijn geen gevoelige objecten. De dichtstbijzijnde gevoelige objecten bevinden zich op 6 tot 7 kilometer afstand tot de dichtstbijzijnde turbine. Om een beeld te krijgen van de geluid- en slagschaduwbelasting op de omgeving zijn enkele representatieve punten en panden op de Tweede Maasvlakte en net daarbuiten als toetspunten gebruikt. De details van deze toetspunten zijn gegeven in Tabel 2.1.

Details van de invoergegevens van het rekenmodel zijn gegeven in bijlage 2 achter in deze rapportage.

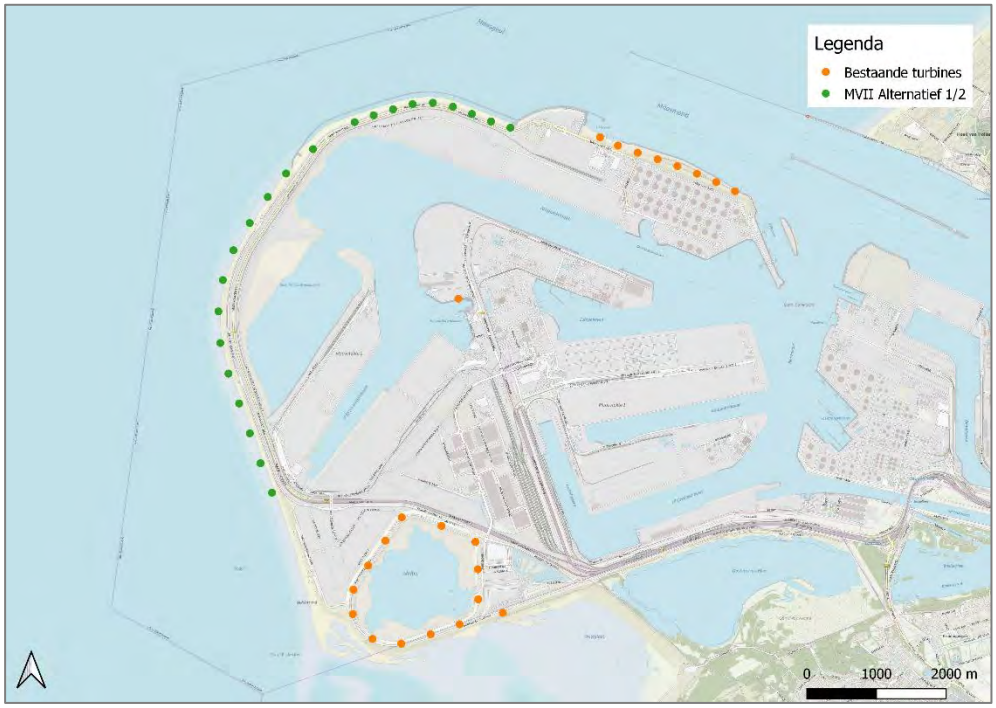
Tabel 2.1 Gebruikte toetspunten

Toetspunt	Naam	Afstand tot dichtstbijzijnde turbine [m]	Windrichting t.o.v. dichtstbijzijnde turbine
A	Brandweer*	500	ONO
B	Maasvlaktestrand*	550	ZZW
C	Rotterdam World Gateway 1*	400	NO
D	Rotterdam World Gateway 2*	350	NO
E	Prinsessenhavenweg*	2000	O
F	Euromax Terminal*	1540	OZO
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	6300	O
H	Krimweg 2, Oostvoorne	8000	ZO
I	Zandweg 81, Oostvoorne	7600	ZO
J	Zeekant 231, Hoek van Holland	5200	O

*: Geen gevoelig object

De windturbinelocaties zijn hieronder weergegeven in Figuur 2.1.

Figuur 2.1 Opstellingen windpark Tweede Maasvlakte



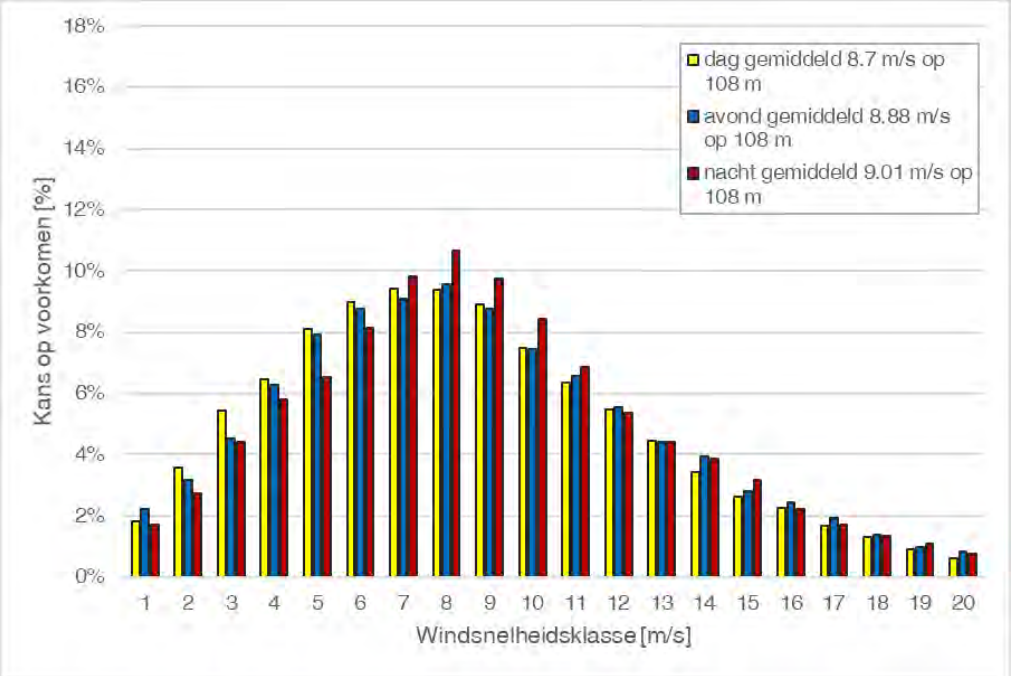
2.3 Windaanbod

De jaargemiddelde bronsterkte L_E van een windturbine is afhankelijk van de optredende windsnelheden op ashoogte. Door het KNMI zijn gegevens gepubliceerd over de distributie van voorkomende windsnelheden op 10 tot 260 m hoogte. Deze KNMI-gegevens zijn gebaseerd op langjarige windstatistiek. Deze distributies zijn gespecificeerd voor de dag-, de avond- en de nachtperiode. De data zijn gebaseerd op het meteo-model van het KNMI en beschikbaar op raster-punten over geheel Nederland[6].

Voor de geluidberekeningen is uitgegaan van de windverdeling op maximale ashoogte ten opzichte van N.A.P. (per alternatief en per harde/zachte zeewering). Als voorbeeld is de windverdeling voor +108m (ashoogte van de turbines op de zachte zeewering in de opstelling alternatief 1) weergegeven in Figuur 2.2, met daarin de jaargemiddelde windsnelheden op +108m voor de dag-, avond- en nacht-periode. Windsnelheden boven 20 m/s zijn hier niet weergegeven omdat de kans dat deze voorkomen erg laag is, echter de berekening houdt er wel rekening mee. De overige windverdelingen zijn terug te vinden in bijlage 2.

[6] Activiteitenregeling milieubeheer Bijlage 4, Reken- en meetvoorschrift windturbines, §3.4.3 bepaling windsnelheidsverdeling.

Figuur 2.2 Voorkomende windsnelheden op ashoogte +108 m.



2.4 Geluidbronnen windturbines

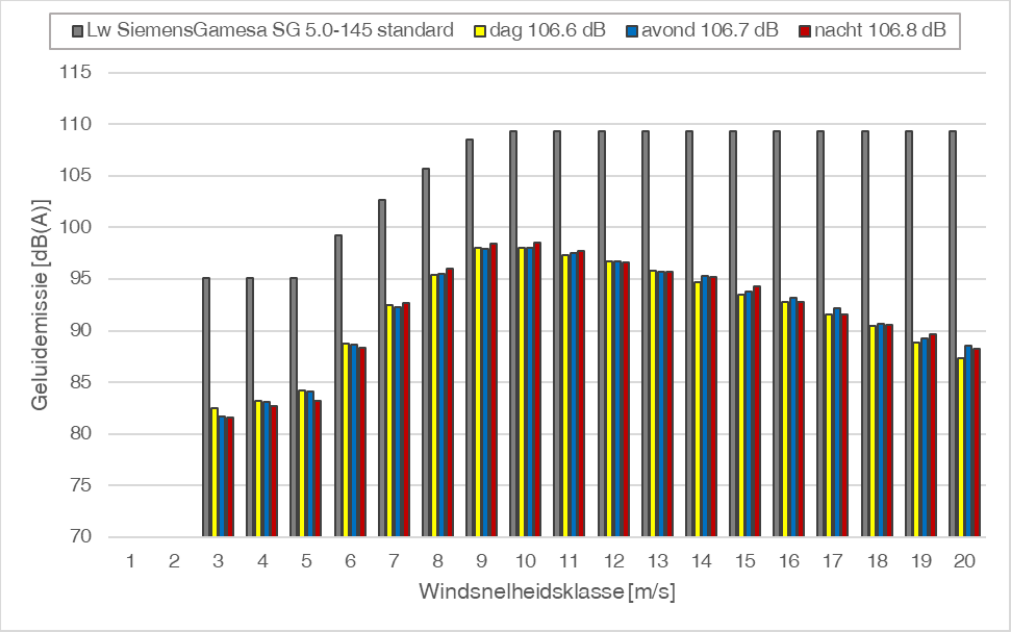
2.4.1 Siemens Gamesa SG 5.0 – 145

Siemens Gamesa heeft geluidgegevens van de Siemens Gamesa SG 5.0 - 145 turbine beschikbaar gesteld[7]. De bronsterkten zijn gerapporteerd bij windsnelheden op ashoogte van 3 tot 18 m/s. Het gebruikte octaafspectrum is gegeven[8] bij een windsnelheid van V_{as}=12 m/s.

De gerapporteerde bronsterkten van de Siemens Gamesa SG 5.0 - 145 turbine (grijze staven in Figuur 2.3 zijn omgerekend naar jaargemiddelde bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op een ashoogte van 108 m.

[7] Developer Package, SG 5.0-145 Document ID: GD410616 R3 2019.06.28, 28-6-2019
[8] Developer Package, SG 5.0-145 Document ID: GD410616 R3 2019.06.28, 28-6-2019

Figuur 2.3 Verdeling bronsterkten Siemens Gamesa SG 5.0-145, ashoogte 107 m.



Ter informatie: in de grafiek zijn ook de gecorrigeerde bronsterkten weergegeven per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. De gele, blauwe en rode staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten op. Deze waarden $L_{w,j}$ variëren en bedragen voor een ashoogte van 108 meter 106,6, 106,7 en 106,8 dB(A) voor respectievelijk de dag, de avond en de nacht.

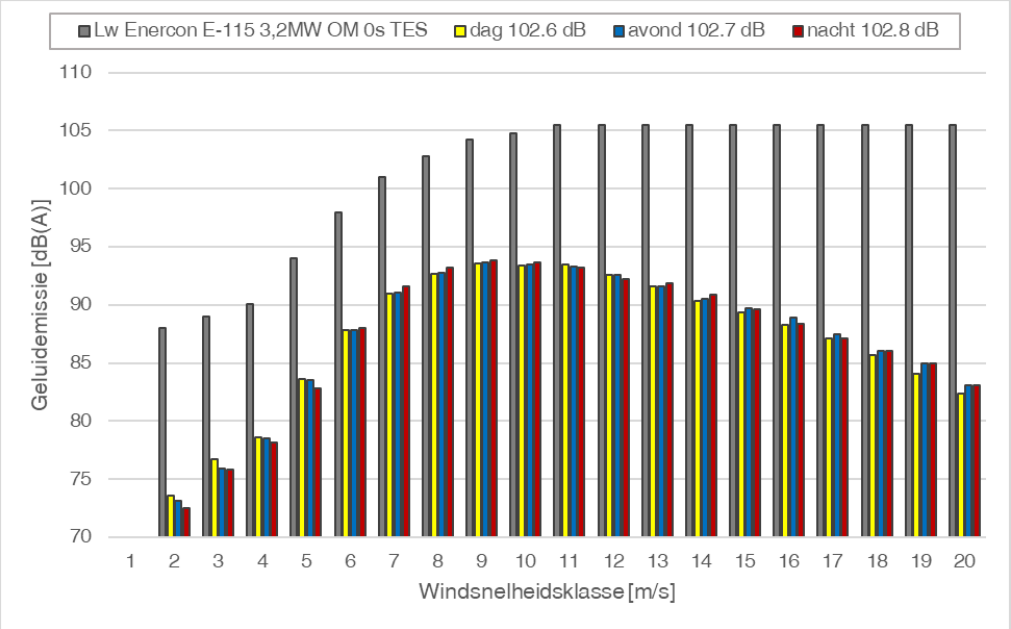
2.4.2 Enercon E115

Enercon heeft geluidgegevens van de Enercon E115 turbine beschikbaar gesteld[9]. De bronsterkten zijn gerapporteerd bij windsnelheden op ashoogte van 2 tot 18 m/s. Het gebruikte octaafspectrum is gegeven[10] bij een windsnelheid van V_{as}=10 m/s.

De gerapporteerde bronsterkten van de Enercon E115 turbine (grijze staven in Figuur 2.4) zijn omgerekend naar jaargemiddelde bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op een ashoogte van 82 m.

[9] Data Sheet ENERCON E-115 E2 Wind Energy Converter Operating Modes 0 s, I s, II s and Power-Reduced Operation with TES (Trailing Edge Serrations), Enercon, 12-4-2016, D0438738-1
[10] Schalltechnischer Bericht, Ermittlung der Schallemissionen einer Windenergieanlage des Typs Enercon E-126, Kötter nr. 212467-01.01, 7-11-2012

Figuur 2.4 Verdeling bronsterkten Enercon E115, ashoogte 82 m.



Ter informatie: in de grafiek zijn ook de gecorrigeerde bronsterkten weergegeven per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. De gele, blauwe en rode staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten op. Deze waarden $L_{w,j}$ variëren en bedragen voor een ashoogte van 82 meter 102,6, 102,7 en 102,8 dB(A) voor respectievelijk de dag, de avond en de nacht.

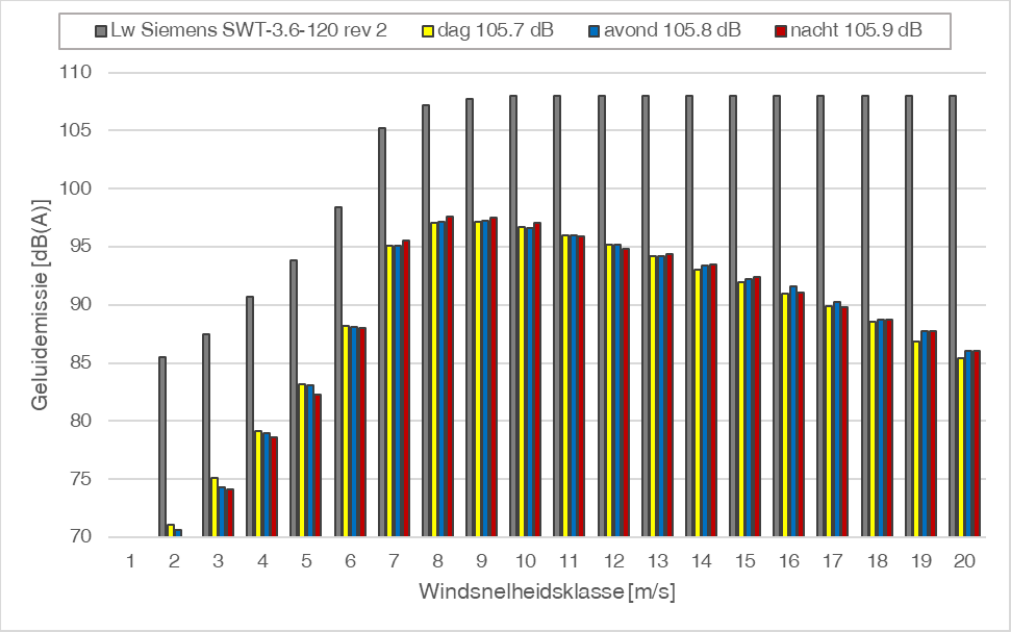
2.4.3 Siemens Gamesa SWT 120

Siemens Gamesa heeft geluidgegevens van de Siemens SWT 120 turbine beschikbaar gesteld[11]. De bronsterkten zijn gerapporteerd bij windsnelheden op ashoogte van 2 tot 18 m/s. Het gebruikte octaafspectrum is gegeven[12] bij een windsnelheid van V_{as}=8 m/s.

De gerapporteerde bronsterkten van de SWT 120 turbine (grijze staven in Figuur 2.5) zijn omgerekend naar jaargemiddelde bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op een ashoogte van 91 m.

[11] Standard acoustic emission, SWT-3.6-120 rev 2, Document nr: E W EN OEN DES TLS 7-10-0000-1051-00, Siemens, 06-06-2013
[12] Standard acoustic emission, SWT-3.6-120 rev 2, Document nr: E W EN OEN DES TLS 7-10-0000-1051-00, Siemens, 06-06-2013

Figuur 2.5 Verdeling bronsterkten Siemens SWT 120, ashoogte 91 m.



Ter informatie: in de grafiek zijn ook de gecorrigeerde bronsterkten weergegeven per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. De gele, blauwe en rode staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten op. Deze waarden $L_{w,j}$ variëren en bedragen voor een ashoogte van 91 meter 105,7, 105,8 en 105,9 dB(A) voor respectievelijk de dag, de avond en de nacht.

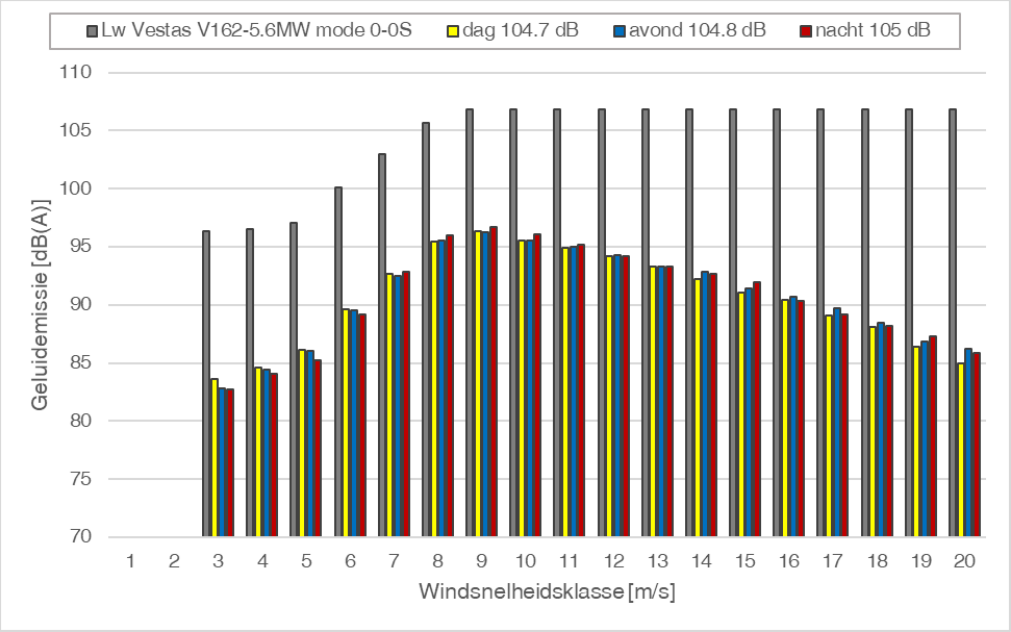
2.4.4 Vestas V162

Vestas heeft geluidgegevens van de Vestas V162 turbine beschikbaar gesteld[13]. De bronsterkten zijn gerapporteerd bij windsnelheden op ashoogte van 3 tot 18 m/s. Het gebruikte octaafspectrum is gegeven[14] bij een windsnelheid van V_{as}=9 m/s.

De gerapporteerde bronsterkten van de Vestas V162 turbine (grijze staven in Figuur 2.6) zijn omgerekend naar jaargemiddelde bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op een ashoogte van 113 m.

[13] Performance Specification EnVentus™ 5 MW V162-5.6 MW 50/60 Hz, 0081-5098 V01, 2019-01-24
[14] V150-4.0/4.2 MW Third octave noise emission, 0067-4767 V05, 09-05-2018

Figuur 2.6 Verdeling bronsterkten Vestas V162, ashoogte 120 m.



Ter informatie: in de grafiek zijn ook de gecorrigeerde bronsterkten weergegeven per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. De gele, blauwe en rode staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten op. Deze waarden $L_{w,j}$ variëren en bedragen voor een ashoogte van 105 meter 104,7, 104,8 en 105,0 dB(A) voor respectievelijk de dag, de avond en de nacht.

2.5 Rekenresultaten

In bijlage 5 tot en met bijlage 10 zijn de berekende geluidscontouren op een waarneemhoogte van +5 m weergegeven voor 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} voor alle opstellingen. De L_{den} is het tijdgewogen gemiddelde van:

- Het jaargemiddelde geluidniveau in de dag L_{day};
- Het jaargemiddelde geluidniveau in de avond L_{even} vermeerderd met 5 dB;
- Het jaargemiddelde geluidniveau in de nacht L_{night} vermeerderd met 10 dB.

In Tabel 2.2 en Tabel 2.3 is de geluidbelasting per toetspunt voor de verschillende opstellingen weergegeven.

Tabel 2.2 Jaargemiddelde geluidniveaus voor opstelling alternatief 1

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	41	47
B	Maasvlaktestrand*	42	49
C	Rotterdam World Gateway 1*	48	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	48	54
E	Prinsessenhavenweg*	35	42
F	Euromax Terminal*	31	37
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	20	27
H	Krimweg 2, Oostvoorne	18	25
I	Zandweg 81, Oostvoorne	19	25
J	Zeekant 241	22	28

*: Geen gevoelig object

Tabel 2.3 Jaargemiddelde geluidniveaus voor opstelling alternatief 2

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	44	51
B	Maasvlaktestrand*	40	46
C	Rotterdam World Gateway 1*	45	52
D	Rotterdam World Gateway 2*	45	52
E	Prinsessenhavenweg*	34	40
F	Euromax Terminal*	34	40
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	21	27
H	Krimweg 2, Oostvoorne	18	24
I	Zandweg 81, Oostvoorne	17	23
J	Zeekant 241	23	29

*: Geen gevoelig object

2.6 Cumulatieve effecten met nabijgelegen windturbines

Bij de toepassing van artikel 3.14a, tweede lid van het Activiteitenbesluit, wordt geen rekening gehouden met een windturbine of een combinatie van windturbines die behoort tot een andere inrichting waarvoor onmiddellijk voorafgaand aan het tijdstip van inwerkingtreding van dat artikel een vergunning in werking en onherroepelijk was. Dit overgangsrecht (Activiteitenbesluit artikel 3.14a, vijfde lid) geldt voor windturbines met een vergunning van voor 1 januari 2011. Voor de toetsing aan het Activiteitenbesluit worden daarom enkel de turbines beschouwd, welke zijn vergund ná 2011 of onderdeel zijn van de autonome ontwikkeling van het gebied.

Voor alle beschouwde toetspunten is tevens de huidige geluidbelasting en de cumulatieve geluidbelasting per opstelling berekend. Hierbij zijn turbines uit de directe omgeving die na 1 januari 2011 gerealiseerd zijn meegenomen. De resultaten per toetspunt zijn te vinden in Tabel

2.4 tot en met Tabel 2.6. In 0 tot en met bijlage 25 zijn de geluidcontouren behorende bij deze situaties weergegeven.

Tabel 2.4 Geluidbelasting windturbines huidige situatie

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	36	43
B	Maasvlaktestrand*	35	42
C	Rotterdam World Gateway 1*	30	37
D	Rotterdam World Gateway 2*	33	39
E	Prinsessenhavenweg*	38	44
F	Euromax Terminal*	47	53
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	24	31
H	Krimweg 2, Oostvoorne	21	27
I	Zandweg 81, Oostvoorne	23	29
J	Zeekant 241	28	34

*: Geen gevoelig object

Tabel 2.5 Geluidbelasting windturbines huidige situatie + opstelling alternatief 1

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	42	48
B	Maasvlaktestrand*	43	49
C	Rotterdam World Gateway 1*	48	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	48	54
E	Prinsessenhavenweg*	40	46
F	Euromax Terminal*	47	53
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	26	32
H	Krimweg 2, Oostvoorne	23	29
I	Zandweg 81, Oostvoorne	24	31
J	Zeekant 241	29	35

*: Geen gevoelig object

Tabel 2.6 Geluidbelasting windturbines huidige situatie + opstelling alternatief 2

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	45	51
B	Maasvlaktestrand*	41	48
C	Rotterdam World Gateway 1*	46	52
D	Rotterdam World Gateway 2*	46	52
E	Prinsessenhavenweg*	39	46
F	Euromax Terminal*	47	53
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	26	32
H	Krimweg 2, Oostvoorne**	23	29
I	Zandweg 81, Oostvoorne**	24	30
J	Zeekant 241	29	35

*: Geen gevoelig object

2.7 Cumulatieve effecten met andere geluidbronnen

Cumulatie met andere bronnen wordt beschouwd als er sprake is van blootstelling aan meer dan één geluidbron conform de rekenregels uit het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Activiteitenregeling milieubeheer Bijlage 4).

Voor de cumulatieve geluidbelasting zijn geen wettelijke normen van kracht, zij wordt gebruikt ter indicatie van het heersende en gewijzigde leefklimaat.

Ook voor de cumulatieve effecten met andere geluidbronnen kan gesteld worden dat de geluidbelasting van de te plaatsen windturbines dusdanig laag is, dat de bijdrage van deze turbines aan de cumulatieve geluidbelasting ter plaatse van de meest nabijgelegen geluidgevoelige gebouwen te verwaarlozen is.

3 ONDERZOEK SLAGSCHADUW

3.1 Normstelling

Schaduweffecten van een draaiende windturbine kunnen hinder veroorzaken bij mensen. De maximale flikkerfrequentie, het contrast en de tijdsduur van blootstelling zijn van invloed op de mate van hinder die ondervonden kan worden. Bekend is dat flikkerfrequenties onder 2,5 Hz niet schadelijk zijn (veroorzaken niet potentieel epileptische aanvallen bij daarvoor gevoelige personen). Flikkerfrequenties tussen 2,5 Hz en 14 Hz kunnen als erg storend worden ervaren. Deze frequenties worden in de praktijk door gangbare windturbines niet bereikt. Een groter verschil tussen licht en donker (meer contrast) wordt als hinderlijker ervaren. Verder speelt de blootstellingsduur een grote rol bij de beleving.

In artikel 3.14 onder 4. van het Activiteitenbesluit wordt verwezen naar de bij de ministeriële regeling te stellen maatregelen. In Activiteitenregeling milieubeheer[15] is in artikel 3.12 voorgeschreven dat een turbine is voorzien van een automatische stilstandsvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voor zover de afstand tussen de turbine en de woning minder bedraagt dan twaalf maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden[16]. In het kader van dit onderzoek wordt dit artikel als volgt geïnterpreteerd:

- Bij de beoordeling worden alleen woningen van derden betrokken;
- De eventuele schaduw van turbines op een grotere afstand dan twaalf maal de rotordiameter wordt verwaarloosd;
- Schaduw bij een zonnestand lager dan vijf graden wordt als niet-hinderlijk beoordeeld. Bij zonsopkomst en zonsondergang is het licht vrij diffuus en wordt de turbine vaak aan het zicht onttrokken door gebouwen en begroeiing;
- Bij een windpark worden de schaduwduren en schaduwdagen van afzonderlijke turbines opgeteld voor zover de schaduwen elkaar niet overlappen;
- Er is geen stilstandsvoorziening op een turbine nodig als de gemiddelde duur van hinderlijke schaduw minder is dan 6 uur per jaar. Dit is een strengere beoordeling dan volgens het volgens het Activiteitenbesluit omdat volgens deze op 17 dagen per jaar de hinderduur van zonsopgang tot zonsondergang meer dan 20 minuten mag bedragen en op alle overige dagen in het jaar de hinderduur door slagschaduw minder dan 20 minuten mag bedragen. Opgeteld kan de norm uit het Activiteitenbesluit dus een langere slagschaduwduur opleveren dan 6 uur per jaar.

3.2 Schaduwgebied

Bij de opkomst en de ondergang van de zon kan de schaduw van een turbine aan de westkant en aan de oostkant ver reiken. Op afstanden groter dan twaalf maal de rotordiameter wordt de slagschaduw echter niet meer als hinderlijk beoordeeld. Aan de noordzijde wordt het

[15] Regeling van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007 nr. DJZ 2007104180 houdende regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).
[16] Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar de regeling.

schaduwgebied begrensd omdat de zon in het zuiden altijd hoog staat. Aan de zuidzijde treedt nooit schaduw op omdat de zon nooit in het noorden staat.

3.3 Potentiële schaduw

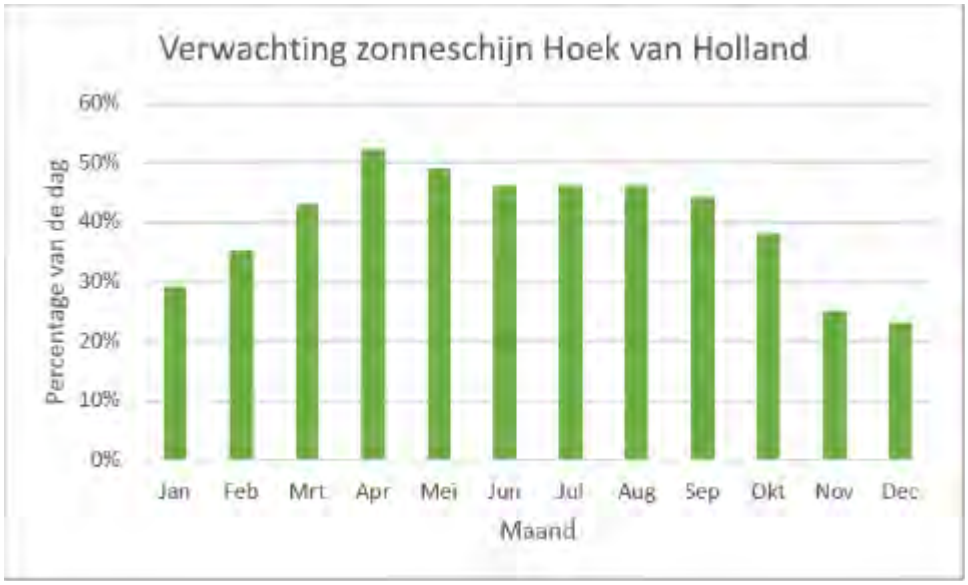
Op basis van de turbineafmetingen, de gang van de zon op deze locatie en een minimale zonshoogte van vijf graden, zijn de dagen en tijden berekend waarop slagschaduw kan optreden. De gang van de zon is voor alle dagen van het jaar bepaald met een astronomisch rekenmodel waarbij rekening is gehouden met de betreffende locatie (noorderbreedte en oosterlengte) op de aarde. De potentiële schaduwduur is een theoretisch maximum. Hieruit is de verwachte hinderduur berekend door het toepassen van correcties. Als gevolg van deze correcties is de verwachte hinderduur aanmerkelijk korter dan de potentiële schaduwduur.

De potentiële schaduwduur is nauwkeurig te berekenen, afhankelijk van de nauwkeurigheid van de invoer van de geometrie (positie en afmeting van de turbine en positie van de woningen) en van de nauwkeurigheid waarmee de zonnestand wordt bepaald. De correcties om te komen tot de verwachte hinderduur zijn echter een voorspelling op basis van de geschiedenis. De meteorologische gegevens zijn bepaald op basis van gemiddelden van gemeten data over twintig jaar. De verwachting is dat in de toekomst deze gemiddelden over langere perioden hier niet in grote mate van af zullen wijken.

3.3.1 Zonneschijn

Schaduw is er alleen als de zon schijnt. Deze correctie is gebaseerd op het percentage van de daglengte dat de zon gemiddeld schijnt in dit gebied en in de betreffende maand. De percentages worden ontleend aan meerjarige data van het nabijgelegen meteorologische station Hoek van Holland.

Figuur 3.1 Verwachte percentage zonneschijn Hoek van Holland



3.3.2 Oriëntatie

Het rotorvlak staat niet altijd haaks op de schaduwrichting waardoor de hinderduur wordt beperkt. Als het rotorvlak evenwijdig staat aan de schaduwrichting treedt er geen of nauwelijks lichtflikkering op. Afhankelijk van de richting waar de windturbine staat ten opzichte van woning ligt de deze correctie tussen circa 55% en 75%. Deze correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windrichtingen. De percentages worden ontleend aan meerjarige data van meteostation Hoek van Holland waarbij alleen de windsnelheden boven 2 m/s (op 10 meter hoogte, overeenkomend met circa 3 m/s op ashoogte) zijn betrokken.

Figuur 3.2 Distributie windrichtingen bij windsnelheid > 2 m/s



3.4 Rekenresultaten

Bij de beoordeling van slagschaduw is geen rekening gehouden obstakels in de omgeving die zich kunnen bevinden tussen de windturbines en de toetsobjecten. In de praktijk kunnen er zich daarnaast nog locatie specifieke beplanting en gebouwen bevinden die de slagschaduw beperken. Een dergelijk detailniveau is hier niet meegenomen. De hoeveelheid slagschaduw is daarmee ‘worst case’ bepaald.

Bij de beoordeling van slagschaduwhinder wordt uitgegaan van de worst-case aanname dat de gehele gevel van een woning boven een hoogte van 50 cm uit raam bestaat. Daarbij is aangenomen dat de gevelhoogte bij woningen 5 m bedraagt en voor de geprojecteerde breedte van het gevelvlak is 8 m aangehouden.

Voor de weergave van contouren op kaart wordt door het rekenprogramma automatisch uitgegaan van een rekenraster waarop per rasterpunt de schaduwduur wordt berekend op een oppervlak van 1 m^2. Daardoor kan het voorkomen dat een woning welke op of net buiten de 6 uurscontour is gelegen meer dan de 6 uur aan slagschaduw ondervindt. Immers, voor de berekeningen op de toetspunten wordt uitgegaan van een veel groter beschenen verticaal oppervlak van 8,0 x 4,5 meter. De ervaring leert dat de contouren van 5 uur per m^2 een goede weergave zijn van 6 uur per gevel/woning. Er wordt tevens gekeken naar de 15-uurscontour (wederom per m^2, dit komt overeen met 16 uur per jaar per gevel) om informatie te geven over de optredende slagschaduwduren binnen de zes uurscontour voor zowel toetspunten als op locaties waar geen toetspunt aanwezig is.

De kaart is dus nadrukkelijk niet geschikt voor het toetsen aan normen, maar voor de woningen die buiten de 5-uur (per m^2) contour liggen kan met zekerheid gesteld dat aan de normen uit het Activiteitenbesluit wordt voldaan. Voor woningen die binnen deze contour liggen kan met een toetspuntberekening worden aangetoond of de hinder voldoet aan de norm.

Voor de vier alternatieven zijn de schaduwduren in het omliggende gebied berekend. In bijlage 33 en bijlage 34 zijn met een groene, rode en grijze isolijn aangegeven waar de totale jaarlijkse verwachte hinderduur respectievelijk 0, 6 of 16 uur bedraagt per gevel.

3.5 Hinderduur bij toetsobjecten

Voor de slagschaduwberekening zijn deels dezelfde toetspunten als voor het akoestisch onderzoek beschouwd. De gevoelige woonobjecten die die bij het akoestisch onderzoek zijn gebruikt worden niet meegenomen in het slagschaduw onderzoek aangezien deze objecten zich ver buiten een afstand van 12 keer de rotordiameter van de turbines bevinden en daarom per definitie geen slagschaduw kunnen ontvangen. Met uitzondering van de brandweerkazerne en het Maasvlaktestrand gaat het om kantoren. Geen van de toetsobjecten voldoet aan de definitie van gevoelig object volgens de Wet Geluidhinder en genieten derhalve geen bescherming voor slagschaduw. Voor de toetsobjecten is voor elk van de alternatieven de verwachte slagschaduw per jaar weergegeven in Tabel 3.1 en Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Slagschaduw WP Maasvlakte II – opstelling alternatief 1

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passageduur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	58:26	94	1:03	15:43
B.	Maasvlaktestrand	--	--	--	--
C.	Rotterdam World Gateway 1	326:38	292	1:26	80:02
D.	Rotterdam World Gateway 2	296:47	255	1:41	75:57
E.	Prinsessenhavenweg	--	--	--	--
F.	Euromax Terminal	--	--	--	--

Tabel 3.2 Slagschaduw WP Maasvlakte II – opstelling alternatief 2

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passageduur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	69:55	97	1:12	18:57
B.	Maasvlaktestrand	--	--	--	--
C.	Rotterdam World Gateway 1	365:45	299	1:32	89:52
D.	Rotterdam World Gateway 2	329:24	264	1:48	84:49
E.	Prinsessenhavenweg	--	--	--	--
F.	Euromax Terminal	--	--	--	--

3.6 Maatregelen

Er zijn geen gevoelige objecten gesitueerd binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter, waardoor er ter plaatse van gevoelige objecten geen hinderlijke slagschaduw optreedt. Maatregelen zijn vanuit dat oogpunt dus niet nodig.

3.7 Cumulatie met bestaande windturbines

Ter plaatse van gevoelige objecten is geen sprake van cumulatie van slagschaduw vanwege de afstand tot windpark Maasvlakte II. Mogelijke cumulatie ter plaatse van de beschouwde (niet-gevoelige) toetspunten kan optreden met de bestaande turbines nabij de Slufter en Zuiswal/Maasmond. De huidige slagschaduw en de cumulatieve slagschaduw op elk toetspunt is per opstelling weergegeven in Tabel 3.3 tot en met Tabel 3.5. De contouren behorende bij deze situaties zijn gegeven in 0 tot en met bijlage 38.

Tabel 3.3 Cumulatieve slagschaduwduur WP Maasvlakte II – huidige turbines

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passageduur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	6:24	28	0:22	1:24
B.	Maasvlaktestrand	6:56	48	0:14	1:10
C.	Rotterdam World Gateway 1	--	--	--	--
D.	Rotterdam World Gateway 2	--	--	--	--
E.	Prinsessenhavenweg	16:04	46	0:32	4:51
F.	Euromax Terminal	85:37	154	0:57	26:27

Tabel 3.4 Cumulatieve slagschaduwduur WP Maasvlakte II – besatand + opstelling alternatief 1

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passageduur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	64:50	94	1:03	17:07
B.	Maasvlaktestrand	6:56	48	0:14	1:10
C.	Rotterdam World Gateway 1	326:38	292	1:26	80:02
D.	Rotterdam World Gateway 2	296:47	255	1:41	75:57
E.	Prinsessenhavenweg	16:04	46	0:32	4:51
F.	Euromax Terminal	85:37	154	0:57	26:27

Tabel 3.5 Cumulatieve slagschaduwduur WP Maasvlakte II – bestaand + opstelling alternatief 2

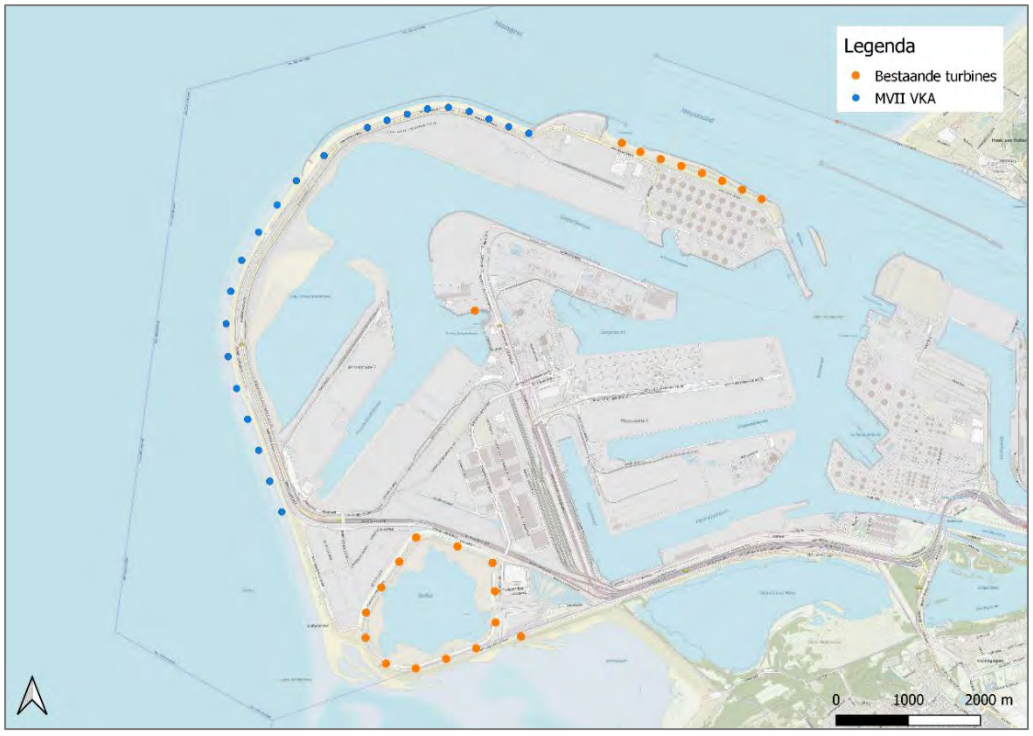
Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passageduur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	76:19	98	1:12	20:21
B.	Maasvlaktestrand	6:56	48	0:14	1:10
C.	Rotterdam World Gateway 1	365:45	299	1:32	89:52
D.	Rotterdam World Gateway 2	329:24	264	1:48	84:49
E.	Prinsessenhavenweg	16:04	46	0:32	4:51
F.	Euromax Terminal	85:37	154	0:57	26:27

4 VOORKEURSALTERNATIEF (VKA)

4.1 Inleiding

Op basis van de analyses van de verschillende alternatieven op grond van geluid en slagschaduw, maar ook op basis van andere afwegingen is een voorkeursalternatief (VKA) gekozen. Dit is grotendeels gelijk aan alternatief 2, met enkele wijzigingen.

Figuur 4.1 Opstelling voorkeursalternatief



In paragraaf 4.2 zullen de akoestische effecten van het VKA worden getoetst aan het Activiteitenbesluit milieubeheer. Daarnaast worden de cumulatieve effecten met andere windturbines beschouwd, evenals de effecten beneden de norm.

Daarna zullen in paragraaf 4.3**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** de slagschaduweffecten van het gekozen VKA worden geanalyseerd.

4.2 Akoestisch onderzoek

4.2.1 Uitgangspunten

Voor het akoestisch onderzoek van het VKA wordt met dezelfde turbines als bij alternatief 2 gerekend. Voor de turbines op de harde zeewering wordt gerekend met een Siemens Gamesa SWT 120, voor de turbines op de zachte zeewering met een Siemens SG 5.0-145[17]. Tevens

[17] De Siemens SG 5.0-145 valt qua rotordiameter buiten de range van turbineafmetingen die voor het VKA beschouwd worden. Deze turbine is echter luider dan de luidste turbine binnen de range van afmetingen van het VKA en is daarmee worst-case.

wordt de geluidbelasting op dezelfde toetspunten berekend als bij voorgaande alternatieven. Ook is een berekening gedaan waarbij de buitenste turbines (HZ1 en ZZ12) zijn voorzien van serrated edges ('uilenveren')[18].

4.2.2 Rekenresultaten geluid VKA

In bijlage 11 tot en met bijlage 16 zijn de berekende geluidscontouren op een waarneemhoogte van +5 m weergegeven voor 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} voor het VKA. In Tabel 4.1 en Tabel 4.2 is de geluidbelasting per toetspunt voor het VKA weergegeven.

Tabel 4.1 Jaargemiddelde geluidniveaus voor het VKA

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	44	51
B	Maasvlaktestrand*	42	49
C	Rotterdam World Gateway 1*	48	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	48	54
E	Prinsessenhavenweg*	36	42
F	Euromax Terminal*	34	40
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	22	28
H	Krimweg 2, Oostvoorne	19	26
I	Zandweg 81, Oostvoorne	19	26
J	Zeekant 241	24	30

*: Geen gevoelig object

Tabel 4.2 Jaargemiddelde geluidniveaus voor het VKA met serrated edges op HZ1 en ZZ12

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	43	50
B	Maasvlaktestrand*	41	47
C	Rotterdam World Gateway 1*	47	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	47	53
E	Prinsessenhavenweg*	36	42
F	Euromax Terminal*	33	40
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	22	28
H	Krimweg 2, Oostvoorne	19	26
I	Zandweg 81, Oostvoorne	19	26
J	Zeekant 241	24	30

*: Geen gevoelig object

In de directe omgeving van de turbines bevinden zich geen gevoelige objecten waar de geluidnormen worden overschreden.

[18] Van de SWT-DD-120 is niet bekend of deze kan worden gerealiseerd met serrated edges. Er is daarom een conservatieve aanname gedaan van 2dB reductie op de jaargemiddelde geluidemissie

4.2.3 Cumulatie met bestaande windturbines

In bijlage 26 tot en met bijlage 31 zijn de berekende geluidscontouren op een waarneemhoogte van +5 m weergegeven voor 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} voor het VKA cumulatief met de bestaande windturbines. In Tabel 4.3 en Tabel 4.4 is de geluidbelasting per toetspunt voor het VKA cumulatief met de bestaande windturbines weergegeven.

Tabel 4.3 Jaargemiddelde geluidniveaus voor het VKA cumulatief met bestaande windturbines

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	45	51
B	Maasvlaktestrand*	43	49
C	Rotterdam World Gateway 1*	48	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	48	54
E	Prinsessenhavenweg*	40	46
F	Euromax Terminal*	47	53
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	26	33
H	Krimweg 2, Oostvoorne	23	30
I	Zandweg 81, Oostvoorne	25	31
J	Zeekant 241	29	36

*: Geen gevoelig object

Tabel 4.4 Jaargemiddelde geluidniveaus voor het VKA met serrated edges op HZ1 en ZZ12 cumulatief met bestaande windturbines

Toetspunt	Naam	L_{night}	L_{den}
A	Brandweer*	44	50
B	Maasvlaktestrand*	42	48
C	Rotterdam World Gateway 1*	47	54
D	Rotterdam World Gateway 2*	47	53
E	Prinsessenhavenweg*	40	46
F	Euromax Terminal*	47	53
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	26	33
H	Krimweg 2, Oostvoorne	23	30
I	Zandweg 81, Oostvoorne	25	31
J	Zeekant 241	29	36

*: Geen gevoelig object

4.3 Onderzoek slagschaduw

4.3.1 Uitgangspunten

Bij het slagschaduwonderzoek voor het VKA worden dezelfde uitgangspunten als bij de berekening voor alternatief 2 gebruikt. In de slagschaduwberekeningen is gerekend met de turbines van maximale afmetingen.

4.3.2 Rekenresultaten

Voor de slagschaduwberekening zijn deels dezelfde toetspunten als voor het akoestisch onderzoek beschouwd. De gevoelige woonobjecten die die bij het akoestisch onderzoek zijn gebruikt worden niet meegenomen in het slagschaduw onderzoek aangezien deze objecten zich ver buiten een afstand van 12 keer de rotordiameter van de turbines bevinden en daarom per definitie geen slagschaduw kunnen ontvangen. Met uitzondering van de brandweerkazerne en het Maasvlaktestrand gaat het om kantoren. Geen van de toetsobjecten voldoet aan de definitie van gevoelig object volgens de Wet Geluidhinder en genieten derhalve geen bescherming voor slagschaduw. Voor de toetsobjecten is de verwachte slagschaduw per jaar weergegeven in Tabel 4.5. De slagschaduwcontour voor deze situatie is gegeven in bijlage 35.

Tabel 4.5 Slagschaduw WP Maasvlakte II – opstelling VKA

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passagedu ur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	69:32	97	1:11	18:50
B.	Maasvlaktestrand	--	--	--	--
C.	Rotterdam World Gateway 1	363:13	300	1:32	89:19
D.	Rotterdam World Gateway 2	330:37	269	1:48	84:51
E.	Prinsessenhavenweg	--	--	--	--
F.	Euromax Terminal	--	--	--	--

4.3.3 Cumulatie met bestaande windturbines

Ter plaatse van gevoelige objecten is geen sprake van cumulatie van slagschaduw vanwege de afstand tot windpark Maasvlakte II. Mogelijke cumulatie ter plaatse van de beschouwde (niet-gevoelige) toetspunten kan optreden met de bestaande turbines nabij de Slufter en Zuiswal/Maasmond. De huidige slagschaduw en de cumulatieve slagschaduw op elk toetspunt is weergegeven in Tabel 4.6 tot en met Tabel 4.7. De slagschaduwcontour behorende bij deze situaties is gegeven in bijlage 39.

Tabel 4.6 Cumulatieve slagschaduwduur WP Maasvlakte II – huidige turbines

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passagedu ur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	6:24	28	0:22	1:24
B.	Maasvlaktestrand	6:56	48	0:14	1:10
C.	Rotterdam World Gateway 1	--	--	--	--
D.	Rotterdam World Gateway 2	--	--	--	--
E.	Prinsessenhavenweg	16:04	46	0:32	4:51
F.	Euromax Terminal	85:37	154	0:57	26:27

Tabel 4.7 Cumulatieve lagschaduw WP Maasvlakte II – opstelling VKA

Toetspunt	Naam	Max. slagschaduw [u:mm per jaar]	# dagen per jaar	Max. passagedu ur [u:mm]	Verwachte slagschaduw [u:mm per jaar]
A.	Brandweer	75:56	98	1:11	20:14
B.	Maasvlaktestrand	10:57	60	0:19	1:51
C.	Rotterdam World Gateway 1	363:13	300	1:32	89:19
D.	Rotterdam World Gateway 2	330:37	269	1:48	84:51
E.	Prinsessenhavenweg	16:04	46	0:32	4:51
F.	Euromax Terminal	88:28	154	0:57	27:17

5 CONCLUSIE

Ten behoeve van het MER zijn voor de twee alternatieve opstellingen voor windpark Tweede Maasvlakte de geluid- en slagschaduweffecten inzichtelijk gemaakt. Op basis van windturbinetypes met een gemiddelde geluidemissie in zijn klasse zijn de 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} geluidcontouren berekend. Voor slagschaduw zijn windturbines met maximale afmetingen binnen de bandbreedte gehanteerd.

De effecten zijn berekend voor de referentiesituatie, de twee alternatieven en voor de alternatieven cumulatief met de referentiesituatie.. Er kan zonder toepassing van geluidvoorzieningen of slagschaduwvoorzieningen worden voldaan aan de geldende normen uit het Activiteitenbesluit.

Voor enkele bedrijven en representatieve locaties (niet gevoelige objecten) op de Tweede Maasvlakte zijn geluidbelastingen en slagschaduwduren berekend.

Tevens is voor het voorkeursalternatief (VKA) de geluidemissie en slagschaduwduur op deze representatieve locaties berekend. Ook hierbij kan geconcludeerd worden dat er zonder toepassing van geluid- of slagschaduwvoorzieningen wordt voldaan aan de geldende normen uit het Activiteitenbesluit.

BIJLAGE 1 VERKLARENDE BEGRIPPENLIJST

Bronsterkte	Het geluid dat de windturbine op ashoogte produceert ter plaatse van de turbine.
Daglengte	De tijd tussen opkomst en ondergang van de zon.
Dosis-effectrelatie	De relatie/ verhouding tussen meer of minder blootstelling aan een bepaalde belasting en het effect hiervan op de hinder/ gezondheid bij een mens.
Flikkerfrequentie	Het aantal passages per seconde van een rotorblad. Flikkerfrequenties boven 2,5 Hz (2,5 passages per seconde) zijn zeer hinderlijk voor mensen maar komen bij grotere windturbines niet voor.
Gevoelige bestemming	Woningen zijn gevoelige bestemmingen, waarbij wettelijk geluidhinder onderzocht moet worden. Onderzoek naar slagschaduwhinder is niet wettelijk verplicht maar wordt geadviseerd indien gevoelige bestemmingen binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter aanwezig zijn. Kantoren en gebouwen op industrieterreinen (geen woningen) zijn geen gevoelige objecten.
Gevelvlak	De slagschaduw wordt niet getoetst op een enkel punt maar op een vlak dat alle ramen van een verblijfsruimte omvat. In dit onderzoek wordt een vlak beoordeeld met een geprojecteerde breedte van acht meter en een hoogte van vijf meter. Dit vlak wordt het gevelvlak genoemd.
Hz, Hertz	Frequentie. 1 Hz is één keer per seconde. 5 Hz is vijf keer per seconde.
Hinderduur	De hinderduur is de verwachte gemiddelde duur per jaar van hinderlijke slagschaduw op de gevel. Hierbij is de potentiële schaduwduur gecorrigeerd voor de maandelijkse kans op zon, de kans op het draaien van de rotor en de richting van het rotorvlak. Als een jaar zonniger is dan gemiddeld kan de hinderduur langer zijn dan de gemiddelde hinderduur.
L_{den}	Het jaargemiddelde geluidniveau.
L_E	Emissieterm, jaargemiddelde bronsterkte.
L_{day}	Het jaargemiddelde geluidniveau in de dag.

L_{even}	Het jaargemiddelde geluidniveau in de avond.
L_{night}	Het jaargemiddelde geluidniveau in de nacht.
V_{10}	De windsnelheid op 10 meter hoogte boven maaiveld.
Vas	De windsnelheid op ashoogte boven maaiveld.
Lichtflikkeringen	Als de schaduw van een rotorblad over het gevelvlak gaat zal verschil in lichtintensiteit optreden. Het aantal lichtflikkeringen per periode bepaalt de flikkerfrequentie.
Meteogegevens	Statistische gegevens van meetstations in de omgeving van de windturbine. De meteogegevens bevatten de distributies van windsnelheden en windrichtingen en de maandelijkse kans op zonneschijn.
Passageduur	De maximale duur op een dag van de schaduw op (een deel van) het gevelvlak. Hierbij wordt uitgegaan van continu zonneschijn en de meest ongunstige richting van het rotorvlak.
Potentiële schaduwduur	De jaarlijkse duur van de schaduw over het gevelvlak indien de zon altijd schijnt, de turbine altijd in werking is en de richting van de rotor altijd dwars staat op de lijn van de turbine naar de woning.
Slagschaduw	Bewegende schaduw van de draaiende rotorbladen. Bij slagschaduw op een raam wordt het afwisselend licht en donker in de verblijfsruimte. Buiten is dit minder hinderlijk omdat het licht dan vanuit meerdere richtingen komt.
Stilstandsvoorziening	Instellingen voor de turbine waardoor deze stilgezet kan worden indien anders de norm voor slagschaduwhinder overschreden zou worden. Een stilstandsvoorziening kan als optie geïnstalleerd worden. De voorziening moet automatisch werken.

BIJLAGE 2 OBJECTEN REKENMODEL AKOESTIEK

Rekenraster

Naam	Omschr.	X-1	Y-1	Hoogte	DeltaX	DeltaY	X-aantal	Y-aantal
grid01		53913.99	447413.57	5.00	50	50	211	201

Bodemgebieden

Standaardbodemfactor = 0,2
Volgens TOP10NL:
Wegen: Bf = 0,0
Water: Bf=0,0

Windturbinelocaties – alternatief 1

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	HZ1	61225.60	444898.90	82.00
2	HZ2	60947.50	444988.80	82.00
3	HZ3	60674.10	445097.10	82.00
4	HZ4	60401.30	445200.80	82.00
5	HZ5	60113.60	445256.00	82.00
6	HZ6	59823.10	445238.40	82.00
7	HZ7	59541.90	445163.60	82.00
8	HZ8	59263.50	445078.70	82.00
9	HZ9	58989.90	444979.70	80.00
10	HZ10	58393.40	444592.50	80.00
11	ZZ1	58007.30	444242.90	107.00
12	ZZ2	57744.50	443905.50	107.00
13	ZZ3	57485.30	443531.90	107.00
14	ZZ4	57251.30	443142.80	107.00
15	ZZ5	57099.30	442714.80	107.00
16	ZZ6	57035.70	442265.20	107.00
17	ZZ7	57063.30	441812.00	107.00
18	ZZ8	57180.30	441373.10	107.00
19	ZZ9	57333.40	440944.80	107.00
20	ZZ10	57486.50	440516.50	107.00
21	ZZ11	57639.60	440088.10	107.00
22	ZZ12	57805.40	439665.40	107.00

Windturbinelocaties – alternatief 2

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	HZ1	61225.60	444898.90	91.00
2	HZ2	60947.50	444988.80	91.00
3	HZ3	60674.10	445097.10	91.00
4	HZ4	60401.30	445200.80	91.00
5	HZ5	60113.60	445256.00	91.00
6	HZ6	59823.10	445238.40	91.00
7	HZ7	59541.90	445163.60	91.00
8	HZ8	59263.50	445078.70	91.00
9	HZ9	58989.90	444979.70	89.00
10	HZ10	58393.40	444592.50	120.00
11	ZZ1	58007.30	444242.90	113.00
12	ZZ2	57744.50	443905.50	113.00
13	ZZ3	57485.30	443531.90	113.00
14	ZZ4	57251.30	443142.80	113.00
15	ZZ5	57099.30	442714.80	113.00
16	ZZ6	57035.70	442265.20	113.00
17	ZZ7	57063.30	441812.00	113.00
18	ZZ8	57180.30	441373.10	113.00
19	ZZ9	57333.40	440944.80	113.00
20	ZZ10	57486.50	440516.50	113.00
21	ZZ11	57639.60	440088.10	113.00
22	ZZ12	57805.40	439665.40	113.00

Windturbinelocaties – VKA

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	HZ1	61225,29	444897,71	91,00
2	HZ2	60947,36	444988,52	91,00
3	HZ3	60673,95	445096,77	91,00
4	HZ4	60401,32	445200,77	91,00
5	HZ5	60113,56	445255,89	91,00
6	HZ6	59823,21	445237,87	91,00
7	HZ7	59542,00	445163,16	91,00
8	HZ8	59263,54	445078,65	91,00
9	HZ9	58990,08	444979,27	89,00
10	HZ10	58390,19	444590,65	118,00
11	ZZ1	58007,29	444242,88	111,00
12	ZZ2	57742,87	443906,67	111,00
13	ZZ3	57485,32	443531,87	111,00
14	ZZ4	57251,22	443142,79	111,00
15	ZZ5	57099,15	442714,88	111,00
16	ZZ6	57035,71	442265,22	111,00
17	ZZ7	57063,31	441811,96	111,00
18	ZZ8	57180,28	441373,14	111,00
19	ZZ9	57333,38	440944,81	111,00
20	ZZ10	57486,47	440516,47	111,00
21	ZZ11	57639,56	440088,14	111,00
22	ZZ12	57805,45	439665,35	111,00

Windturbinelocaties – bestaande turbines

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	vestas 90	63052	444542	80.00
2	vestas 90	62769	444643	80.00
3	vestas 90	62491	444754	80.00
4	vestas 90	63344	444464	80.00
5	vestas 90	63624	444367	80.00
6	vestas 90	63898	444261	80.00
7	vestas 90	64163	444129	80.00
8	vestas 90	64431	444000	80.00
14	V112	60753	438445	94.00
15	V112	60757	438654	94.00
16	V112	60752	438869	94.00
17	V112	60619	439067	94.00
18	V112	60422	439145	94.00
19	V112	60215	439221	94.00
20	V112	60016	439295	94.00
21	V112	59805	439345	94.00
22	V112	59619	439244	94.00
23	V112	59498	439069	94.00
24	V112	59377	438896	94.00
25	V112	59258	438720	94.00
26	V112	59136	438545	94.00
27	V112	59018	438370	94.00
28	V112	58952	438169	94.00
29	V112	58957	437959	94.00
30	V112	59037	437763	94.00
Haliade		60479	442447	135.00

Geluidbron Siemens Gamesa SG 5.0-145

Coördinaten RD	57043	442353
Coördinaten WGS	51.9610	3.9619
Ashoogte [m]		108
Hoogte windprofiel [m]		108
Windturbine	SiemensGamesa SG 5.0-145	
Mode	standard	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	1.81	2.23	1.71				
2	3.56	3.18	2.75				
3	5.43	4.54	4.42	95.1	82.4	81.7	81.6
4	6.46	6.29	5.81	95.1	83.2	83.1	82.7
5	8.11	7.91	6.52	95.1	84.2	84.1	83.2
6	9.00	8.78	8.14	99.2	88.7	88.6	88.3
7	9.42	9.09	9.84	102.7	92.4	92.3	92.6
8	9.40	9.58	10.68	105.7	95.4	95.5	96.0
9	8.91	8.78	9.75	108.5	98.0	97.9	98.4
10	7.47	7.46	8.44	109.3	98.0	98.0	98.6
11	6.37	6.56	6.88	109.3	97.3	97.5	97.7
12	5.48	5.56	5.35	109.3	96.7	96.8	96.6
13	4.45	4.41	4.42	109.3	95.8	95.7	95.8
14	3.43	3.96	3.87	109.3	94.7	95.3	95.2
15	2.62	2.82	3.18	109.3	93.5	93.8	94.3
16	2.25	2.46	2.21	109.3	92.8	93.2	92.7
17	1.68	1.93	1.70	109.3	91.6	92.2	91.6
18	1.32	1.38	1.34	109.3	90.5	90.7	90.6
19	0.90	1.00	1.08	109.3	88.8	89.3	89.6
20	0.63	0.84	0.78	109.3	87.3	88.5	88.2
21	0.46	0.46	0.44	109.3	85.9	85.9	85.7
22	0.30	0.33	0.26	109.3	84.1	84.5	83.4
23	0.23	0.17	0.16	109.3	82.9	81.6	81.3
24	0.13	0.08	0.09	109.3	80.4	78.3	78.8
25	0.20	0.19	0.19	109.3	82.3	82.1	82.1
				Totaal	**106.55**	**106.68**	**106.84**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-29.62	-17.53	-11.89	-8.43	-7.37	-5.58	-6.02	-12.18	-25.69

Geluidbron Enercon E115

Coördinaten RD	60114	445256
Coördinaten WGS	51.9876	4.0058
Ashoogte [m]		82
Hoogte windprofiel [m]		82
Windturbine	Enercon E-115 3,2MW	
Mode	OM 0s TES	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	1.45	2.11	1.75				
2	3.60	3.29	2.81	88	73.6	73.2	72.5
3	5.94	4.95	4.78	89	76.7	75.9	75.8
4	7.23	6.99	6.54	90.0368	78.6	78.5	78.2
5	8.97	8.84	7.47	94.0475	83.6	83.5	82.8
6	9.72	9.54	9.95	97.9942	87.9	87.8	88.0
7	9.98	10.05	11.37	101.014	91.0	91.0	91.6
8	9.67	9.98	10.90	102.808	92.7	92.8	93.2
9	8.67	8.79	9.16	104.2	93.6	93.6	93.8
10	7.27	7.29	7.63	104.809	93.4	93.4	93.6
11	6.23	5.98	5.89	105.5	93.4	93.3	93.2
12	5.15	5.14	4.69	105.5	92.6	92.6	92.2
13	4.05	4.06	4.29	105.5	91.6	91.6	91.8
14	3.06	3.19	3.44	105.5	90.4	90.5	90.9
15	2.44	2.62	2.60	105.5	89.4	89.7	89.6
16	1.88	2.17	1.95	105.5	88.2	88.9	88.4
17	1.46	1.59	1.46	105.5	87.1	87.5	87.1
18	1.05	1.12	1.14	105.5	85.7	86.0	86.1
19	0.72	0.89	0.88	105.5	84.1	85.0	84.9
20	0.49	0.57	0.57	105.5	82.4	83.1	83.1
21	0.36	0.34	0.28	105.5	81.1	80.8	80.0
22	0.21	0.21	0.19	105.5	78.7	78.7	78.3
23	0.16	0.10	0.10	105.5	77.5	75.5	75.5
24	0.07	0.09	0.08	105.5	74.0	75.0	74.5
25	0.15	0.11	0.10	105.5	77.3	75.9	75.5
				Totaal	**102.63**	**102.71**	**102.78**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-26.02	-18.58	-8.87	-7.62	-6.16	-6.77	-9.45	-10.00	-18.19

Geluidbron Siemens SWT 120

Coördinaten RD	60114	445256
Coördinaten WGS	51.9876	4.0058
Ashoogte [m]		82
Hoogte windprofiel [m]		82
Windturbine	Siemens SWT-3.6-120	
Mode	rev 2	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	1.45	2.11	1.75				
2	3.60	3.29	2.81	85.5	71.1	70.7	70.0
3	5.94	4.95	4.78	87.5	75.2	74.4	74.3
4	7.23	6.99	6.54	90.7	79.3	79.1	78.9
5	8.97	8.84	7.47	93.8	83.3	83.3	82.5
6	9.72	9.54	9.95	98.4	88.3	88.2	88.4
7	9.98	10.05	11.37	105.2	95.2	95.2	95.8
8	9.67	9.98	10.90	107.2	97.1	97.2	97.6
9	8.67	8.79	9.16	107.7	97.1	97.1	97.3
10	7.27	7.29	7.63	108	96.6	96.6	96.8
11	6.23	5.98	5.89	108	95.9	95.8	95.7
12	5.15	5.14	4.69	108	95.1	95.1	94.7
13	4.05	4.06	4.29	108	94.1	94.1	94.3
14	3.06	3.19	3.44	108	92.9	93.0	93.4
15	2.44	2.62	2.60	108	91.9	92.2	92.1
16	1.88	2.17	1.95	108	90.7	91.4	90.9
17	1.46	1.59	1.46	108	89.6	90.0	89.6
18	1.05	1.12	1.14	108	88.2	88.5	88.6
19	0.72	0.89	0.88	108	86.6	87.5	87.4
20	0.49	0.57	0.57	108	84.9	85.6	85.6
21	0.36	0.34	0.28	108	83.6	83.3	82.5
22	0.21	0.21	0.19	108	81.2	81.2	80.8
23	0.16	0.10	0.10	108	80.0	78.0	78.0
24	0.07	0.09	0.08	108	76.5	77.5	77.0
25	0.15	0.11	0.10	108	79.8	78.4	78.0
				Totaal	**106.62**	**106.70**	**106.81**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-30.75	-19.42	-10.41	-6.21	-5.11	-5.51	-12.11	-22.41	-35.31

Geluidbron Siemens SWT 120 met uilenveren

Coördinaten RD	60114	445256
Coördinaten WGS	51.9876	4.0058
Ashoogte [m]		91
Hoogte windprofiel [m]		91
Windturbine	Siemens SWT-3.6-120	
Mode	rev 2 STE	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	1.46	2.12	1.76				
2	3.57	3.25	2.75	83.5	69.0	68.6	67.9
3	5.78	4.82	4.60	85.5	73.1	72.3	72.1
4	7.01	6.65	6.20	88.7	77.2	76.9	76.6
5	8.72	8.43	7.07	91.8	81.2	81.1	80.3
6	9.47	9.28	9.22	96.4	86.2	86.1	86.0
7	9.81	9.76	10.82	103.2	93.1	93.1	93.5
8	9.60	9.88	11.00	105.2	95.0	95.1	95.6
9	8.79	9.02	9.66	105.7	95.1	95.3	95.5
10	7.37	7.32	8.05	106	94.7	94.6	95.1
11	6.27	6.28	6.20	106	94.0	94.0	93.9
12	5.27	5.23	4.83	106	93.2	93.2	92.8
13	4.19	4.17	4.32	106	92.2	92.2	92.4
14	3.16	3.45	3.55	106	91.0	91.4	91.5
15	2.48	2.63	2.76	106	89.9	90.2	90.4
16	2.00	2.31	2.04	106	89.0	89.6	89.1
17	1.53	1.69	1.52	106	87.8	88.3	87.8
18	1.13	1.18	1.19	106	86.5	86.7	86.8
19	0.77	0.94	0.94	106	84.9	85.7	85.7
20	0.55	0.64	0.64	106	83.4	84.1	84.1
21	0.38	0.39	0.34	106	81.8	81.9	81.3
22	0.25	0.25	0.21	106	80.0	80.0	79.2
23	0.18	0.14	0.13	106	78.6	77.5	77.1
24	0.09	0.06	0.08	106	75.5	73.8	75.0
25	0.17	0.14	0.13	106	78.3	77.5	77.1
				Totaal	**103.69**	**103.79**	**103.94**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-30.75	-19.42	-10.41	-6.21	-5.11	-5.51	-12.11	-22.41	-35.31

Geluidbron Vestas V162

Coördinaten RD	57036	442265
Coördinaten WGS	51.9602	3.9619
Ashoogte [m]		113
Hoogte windprofiel [m]		113
Windturbine	Vestas V162-5.6MW	
Mode	mode 0-0S	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	1.81	2.20	1.67				
2	3.53	3.16	2.72				
3	5.40	4.50	4.34	96.3	83.6	82.8	82.7
4	6.41	6.22	5.74	96.5	84.6	84.4	84.1
5	8.04	7.78	6.47	97.1	86.2	86.0	85.2
6	8.94	8.75	8.03	100.1	89.6	89.5	89.1
7	9.36	8.96	9.68	103	92.7	92.5	92.9
8	9.35	9.59	10.65	105.7	95.4	95.5	96.0
9	8.92	8.75	9.74	106.8	96.3	96.2	96.7
10	7.49	7.52	8.49	106.8	95.5	95.6	96.1
11	6.41	6.57	6.95	106.8	94.9	95.0	95.2
12	5.50	5.58	5.46	106.8	94.2	94.3	94.2
13	4.48	4.45	4.42	106.8	93.3	93.3	93.3
14	3.46	4.02	3.89	106.8	92.2	92.8	92.7
15	2.64	2.87	3.26	106.8	91.0	91.4	91.9
16	2.29	2.46	2.25	106.8	90.4	90.7	90.3
17	1.70	1.97	1.72	106.8	89.1	89.7	89.2
18	1.35	1.45	1.38	106.8	88.1	88.4	88.2
19	0.92	1.00	1.11	106.8	86.4	86.8	87.3
20	0.65	0.88	0.80	106.8	84.9	86.2	85.8
21	0.48	0.50	0.47	106.8	83.6	83.8	83.5
22	0.32	0.34	0.27	106.8	81.9	82.1	81.1
23	0.23	0.17	0.17	106.8	80.4	79.1	79.1
24	0.14	0.10	0.09	106.8	78.3	76.8	76.3
25	0.21	0.20	0.20	106.8	80.0	79.8	79.8
				Totaal	**104.74**	**104.84**	**106.02**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-31.45	-21.91	-14.52	-9.34	-6.32	-5.48	-6.84	-10.32	-16.04

Geluidbron Vestas V162 met uilenveren

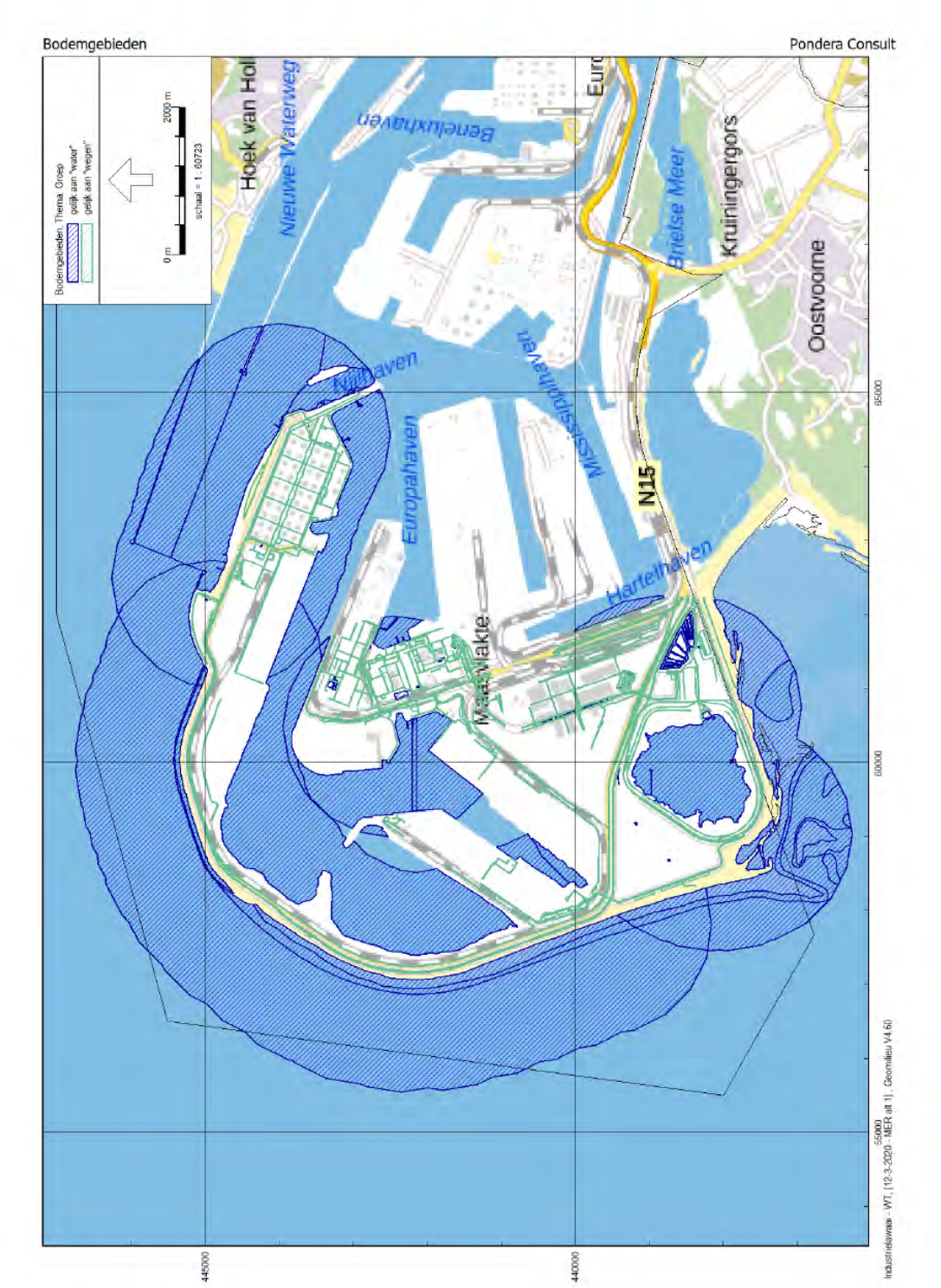
Coördinaten RD	57036	442265
Coördinaten WGS	51.9602	3.9619
Ashoogte [m]		120
Hoogte windprofiel [m]		120
Windturbine	Vestas V162-5.6MW	
Mode	mode 0 STE	

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
				Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)			
1	1.81	2.17	1.62				
2	3.50	3.12	2.68				
3	5.36	4.45	4.24	93.5	80.8	80.0	79.8
4	6.35	6.12	5.64	93.7	81.7	81.6	81.2
5	7.95	7.62	6.41	94.3	83.3	83.1	82.4
6	8.86	8.71	7.89	97.3	86.8	86.7	86.3
7	9.28	8.78	9.47	100.2	89.9	89.6	90.0
8	9.29	9.59	10.62	102.9	92.6	92.7	93.2
9	8.92	8.72	9.72	104	93.5	93.4	93.9
10	7.51	7.59	8.56	104	92.8	92.8	93.3
11	6.45	6.58	7.05	104	92.1	92.2	92.5
12	5.52	5.61	5.61	104	91.4	91.5	91.5
13	4.52	4.51	4.42	104	90.6	90.5	90.5
14	3.51	4.10	3.92	104	89.5	90.1	89.9
15	2.66	2.93	3.36	104	88.2	88.7	89.3
16	2.34	2.45	2.31	104	87.7	87.9	87.6
17	1.73	2.03	1.75	104	86.4	87.1	86.4
18	1.38	1.55	1.44	104	85.4	85.9	85.6
19	0.95	1.00	1.16	104	83.8	84.0	84.6
20	0.68	0.93	0.83	104	82.3	83.7	83.2
21	0.50	0.54	0.51	104	81.0	81.3	81.1
22	0.33	0.35	0.30	104	79.2	79.4	78.8
23	0.23	0.18	0.18	104	77.6	76.6	76.6
24	0.16	0.12	0.10	104	76.0	74.8	74.0
25	0.22	0.21	0.21	104	77.4	77.2	77.2
				Totaal	**101.96**	**102.07**	**102.25**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-29.49	-18.96	-11.34	-6.67	-4.86	-6.00	-10.08	-16.99	-26.88

BIJLAGE 3 SITUERING OBJECTEN REKENMODEL AKOESTIEK




Toetspunten
Pondera Consult
Toetspunten
0 m
2000 m
schaal = 1 : 80723
Hoek van Holland
Nieuwe Waterweg
Calandkanaal
Beneluxhaven
Europoort
A15
Brielse Meer
Kruiningergors
Oostvoorne
Nijlhaven
Europahaven
Massvlakte
N15
Hartelhaven
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
445000
440000
70000
65000
60000
55000
Industrielawaai - VVT, [12-3-2020 - MER beslaand], Geomilieu V4.50


Bestaande turbines
Pondera Consult
Windturbines
0 m
2000 m
schaal = 1 : 60723
Hoek van H
Nieuwe Waterw
Beneluxhaven
Brielse Meer
Kruiningergors
Oostvoorne
Nijlhaven
Mississippihaven
Europahaven
N15
Hartelhaven
Maasvlakte
65000
60000
55000
445000
440000
Industrielawaai - WT, [12-3-2020 - MER bestaand] , Geomilieu V4.50


Alternatief 1/2 + bestaande turbines
Pondera Consult
Windturbines
0 m
2000 m
schaal = 1 : 60723
Hoek van H
Nieuwe Waterw
Beneluxhaven
Brielse Meer
Kruiningergors
Oostvoorne
Nijlhaven
Mississippihaven
Europahaven
N15
Hartelhaven
Maasvlakte
445000
440000
65000
60000
55000
Industrielawaai - WT, [12-3-2020 - MER alt 1] , Geomilieu V4.50

BIJLAGE 4 REKENRESULTATEN AKOESTIEK

Resultaten – alternatief 1

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	40,45	40,52	40,60	46,97
B	Maasvlaktestrand	5,00	41,95	42,06	42,22	48,57
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,22	47,34	47,50	53,84
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	47,23	47,35	47,51	53,85
E	Prinsessenhavenweg	5,00	35,14	35,25	35,40	41,75
F	Euromax Terminal	5,00	30,59	30,67	30,77	37,13
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	20,03	20,12	20,24	26,60
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	18,20	18,30	18,44	24,79
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	18,39	18,50	18,64	24,99
J	Zeekant 241	5,00	21,74	21,84	21,95	28,31

Resultaten – alternatief 2

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	43.91	44.01	44.16	50.51
B	Maasvlaktestrand	5,00	39.80	39.92	40.10	46.44
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	45.08	45.20	45.38	51.72
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	45.10	45.22	45.40	51.74
E	Prinsessenhavenweg	5,00	33.64	33.75	33.93	40.27
F	Euromax Terminal	5,00	33.38	33.48	33.64	39.99
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	20.48	20.58	20.74	27.09
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	17.27	17.38	17.54	23.89
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	16.77	16.88	17.04	23.39
J	Zeekant 241	5,00	22.62	22.72	22.88	29.23

Resultaten – VKA

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	43,94	44,05	44,20	50,55
B	Maasvlaktestrand	5,00	41,97	42,10	42,26	48,60
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,25	47,38	47,54	53,88
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	47,41	47,54	47,70	54,04
E	Prinsessenhavenweg	5,00	35,67	35,79	35,95	42,29
F	Euromax Terminal	5,00	33,67	33,78	33,93	40,28
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	21,64	21,76	21,91	28,26
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	19,21	19,33	19,49	25,83
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	19,12	19,25	19,40	25,75
J	Zeekant 241	5,00	23,58	23,69	23,84	30,19

Resultaten – VKA met uilenveren

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	42,95	43,05	43,20	49,55
B	Maasvlaktestrand	5,00	40,63	40,76	40,92	47,26
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,06	47,19	47,35	53,69
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	46,35	46,48	46,64	52,98
E	Prinsessenhavenweg	5,00	35,60	35,72	35,88	42,22
F	Euromax Terminal	5,00	33,13	33,24	33,39	39,74
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	21,43	21,54	21,69	28,04
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	19,01	19,13	19,29	25,63
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	18,90	19,03	19,18	25,53
J	Zeekant 241	5,00	23,34	23,45	23,61	29,96

Resultaten – huidige turbines

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	36,17	36,21	36,26	42,64
B	Maasvlaktestrand	5,00	35,00	35,05	35,20	41,55
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	30,01	30,09	30,23	36,58
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	32,30	32,37	32,51	38,86
E	Prinsessenhavenweg	5,00	37,58	37,76	37,88	44,23
F	Euromax Terminal	5,00	46,72	46,74	46,77	53,16
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	24,21	24,25	24,30	30,68
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	20,95	21,01	21,12	27,48
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	22,82	22,88	23,02	29,38
J	Zeekant 241	5	27,78	27,81	27,86	34,24

Cumulatief met referentiesituatie

Resultaten – alternatief 1

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	41,82	41,89	41,96	48,33
B	Maasvlaktestrand	5,00	42,74	42,85	43,01	49,36
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,30	47,42	47,58	53,92
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	47,37	47,49	47,65	53,99
E	Prinsessenhavenweg	5,00	39,54	39,70	39,83	46,18
F	Euromax Terminal	5,00	46,82	46,84	46,88	53,26
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	25,61	25,67	25,74	32,11
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	22,80	22,88	22,99	29,35
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	24,16	24,23	24,37	30,72
J	Zeekant 241	5,00	28,75	28,79	28,85	35,23

Resultaten – alternatief 2

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	44,59	44,68	44,81	51,16
B	Maasvlaktestrand	5,00	41,04	41,15	41,32	47,66
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	45,21	45,33	45,51	51,85
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	45,32	45,43	45,61	51,95
E	Prinsessenhavenweg	5,00	39,06	39,22	39,36	45,71
F	Euromax Terminal	5,00	46,91	46,94	46,98	53,36
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	25,74	25,80	25,89	32,26
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	22,50	22,57	22,70	29,06
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	23,78	23,85	23,99	30,34
J	Zeekant 241	5,00	28,93	28,98	29,06	35,43

Resultaten – VKA

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	44,61	44,71	44,84	51,19
B	Maasvlaktestrand	5,00	42,76	42,88	43,04	49,38
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,33	47,46	47,62	53,96
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	47,54	47,67	47,83	54,17
E	Prinsessenhavenweg	5,00	39,74	39,90	40,03	46,38
F	Euromax Terminal	5,00	46,93	46,95	46,99	53,37
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	26,12	26,19	26,28	32,65
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	23,18	23,26	23,39	29,75
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	24,36	24,44	24,59	30,94
J	Zeekant 241	5,00	29,18	29,23	29,31	35,68

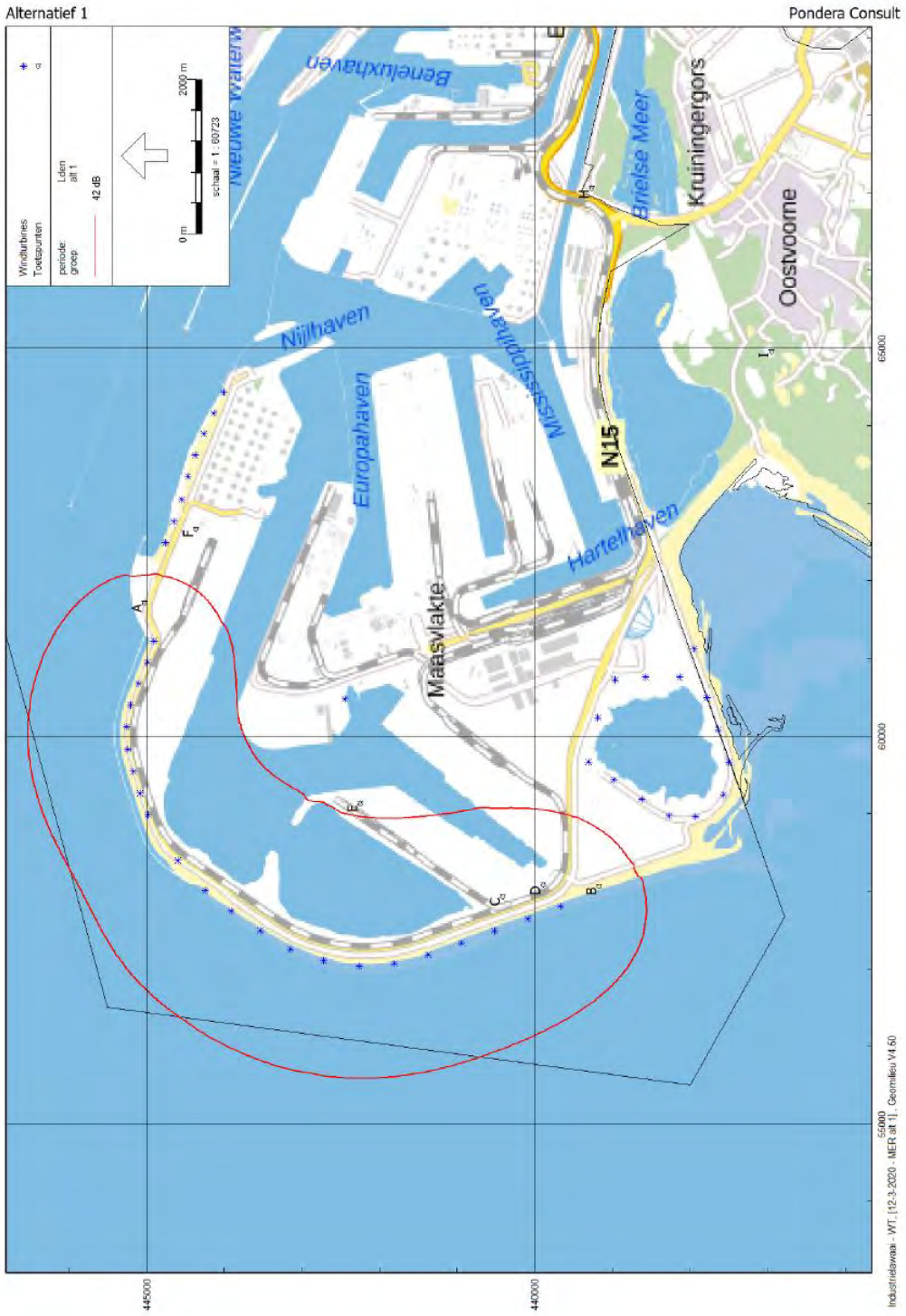
Resultaten – VKA met uilenveren

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
A	Brandweer	5,00	43,77	43,87	44,00	50,35
B	Maasvlaktestrand	5,00	41,68	41,79	41,95	48,30
C	Rotterdam World Gateway 1	5,00	47,15	47,27	47,43	53,77
D	Rotterdam World Gateway 2	5,00	46,52	46,64	46,80	53,14
E	Prinsessenhavenweg	5,00	39,71	39,87	40,01	46,36
F	Euromax Terminal	5,00	46,90	46,93	46,97	53,35
G	Prins Willem Weg 2, Hoek van Holland	5,00	26,05	26,11	26,20	32,57
H	Krimweg 2, Oostvoorne	5,00	23,10	23,18	23,31	29,67
I	Zandweg 81, Oostvoorne	5,00	24,30	24,38	24,52	30,87
J	Zeekant 241	5,00	29,12	29,17	29,24	35,61

BIJLAGE 5 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN ALTERNATIEF 1



BIJLAGE 6 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN ALTERNATIEF 1



BIJLAGE 7 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT ALTERNATIEF 1



BIJLAGE 8 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN ALTERNATIEF 2



BIJLAGE 9 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN ALTERNATIEF 2



BIJLAGE 10 GELUIDCONTOUR 41 DB L_{NIGHT} ALTERNATIEF 2



BIJLAGE 11 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN VKA



BIJLAGE 12 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN VKA



BIJLAGE 13 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT VKA



BIJLAGE 14 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN VKA MET SERRATED EDGES



BIJLAGE 15 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN VKA MET SERRATED EDGES



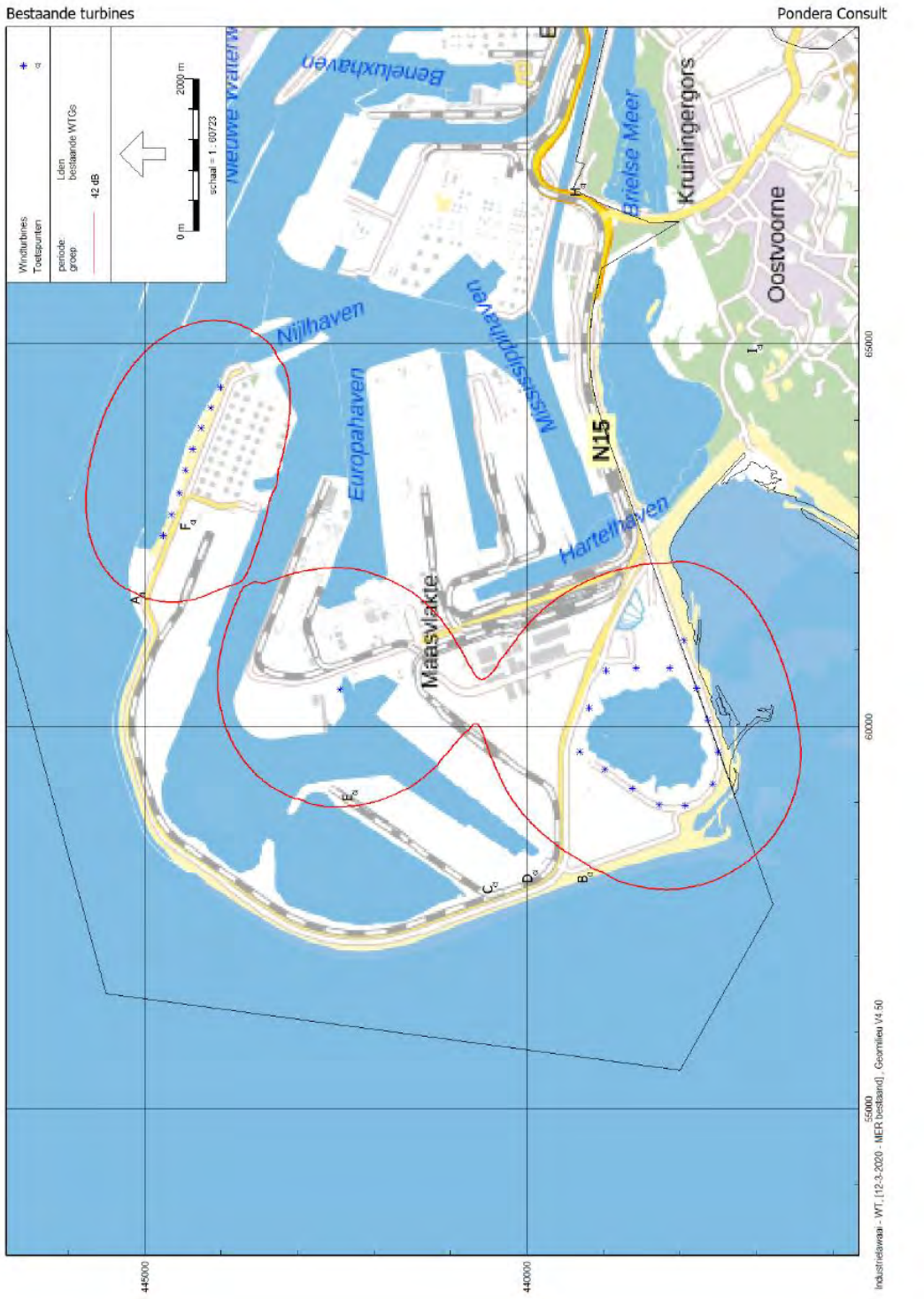
BIJLAGE 16 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT VKA MET SERRATED EDGES



BIJLAGE 17 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN HUIDIGE SITUATIE



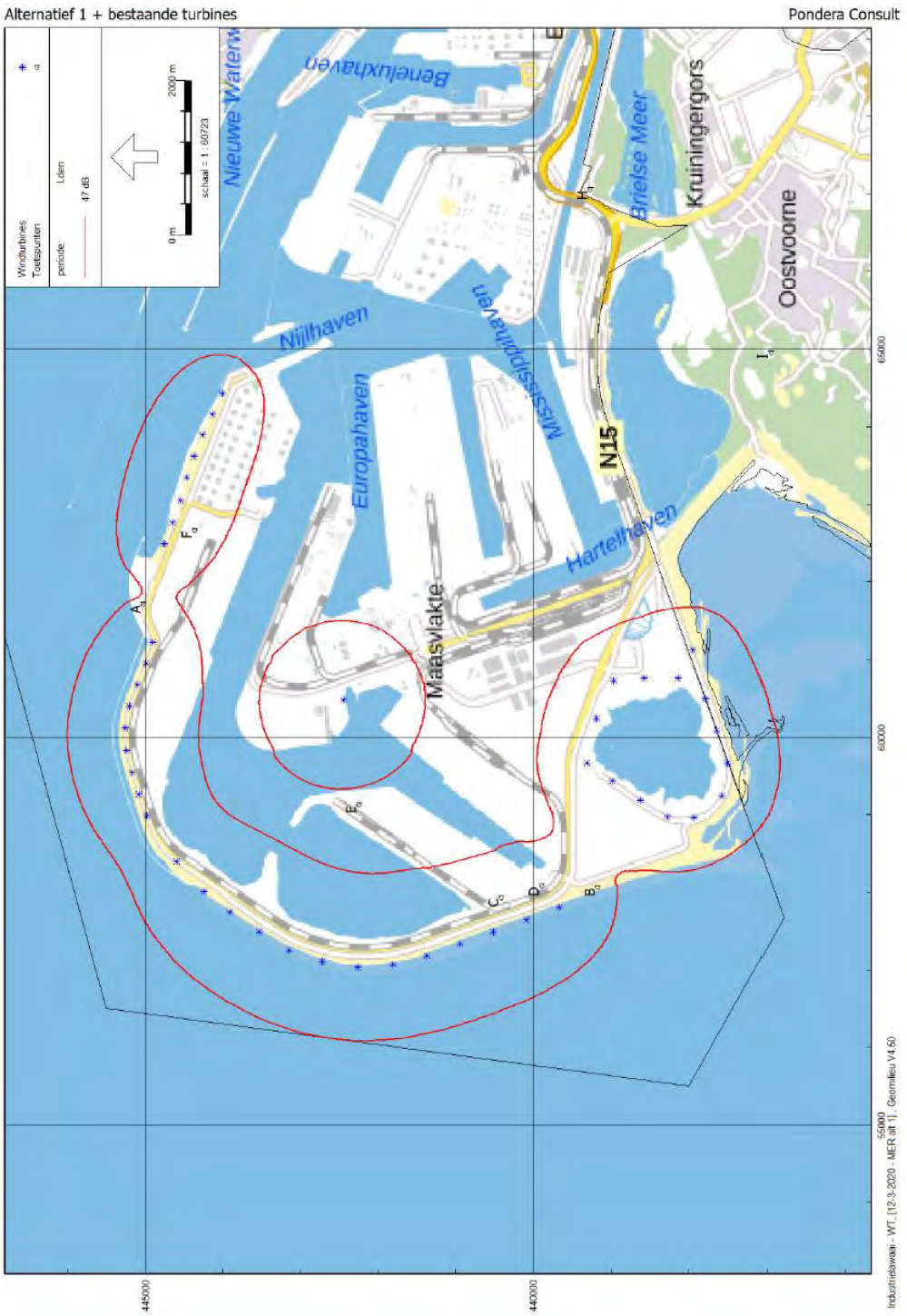
BIJLAGE 18 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN HUIDIGE SITUATIE



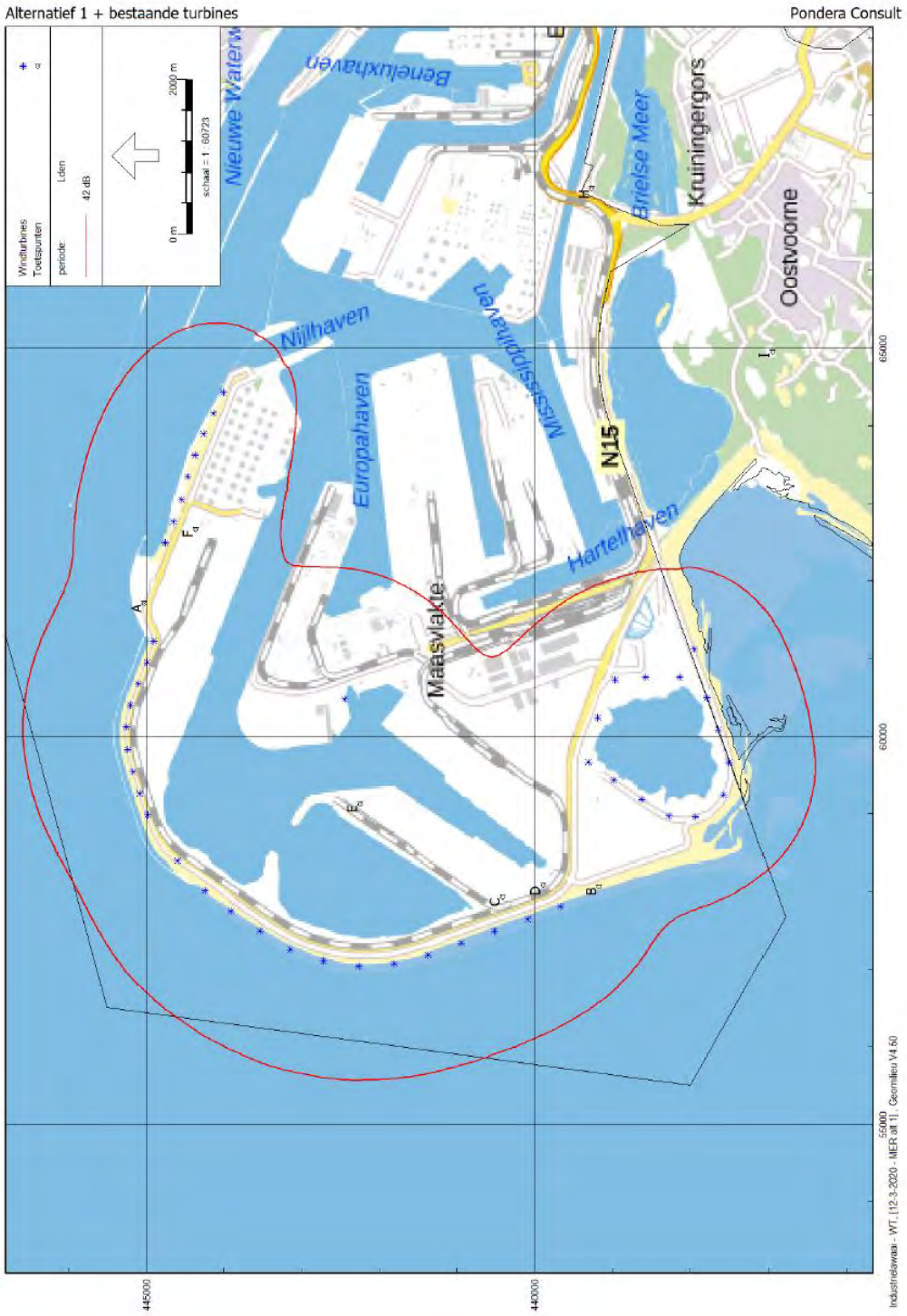
BIJLAGE 19 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT HUIDIGE SITUATIE



BIJLAGE 20 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN ALTERNATIEF 1 CUMULATIEF



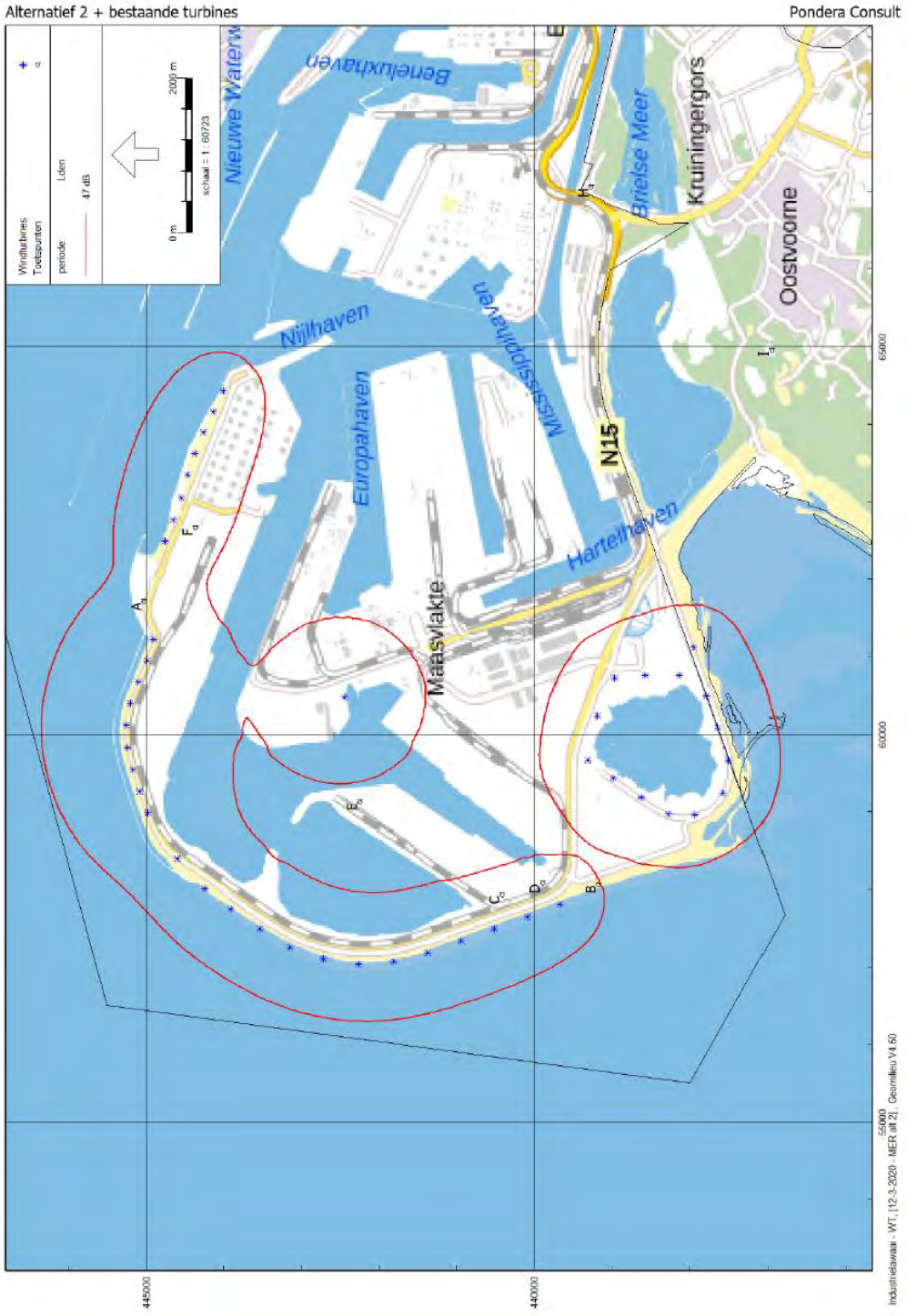
BIJLAGE 21 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN ALTERNATIEF 1 CUMULATIEF



BIJLAGE 22 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT ALTERNATIEF 1 CUMULATIEF



BIJLAGE 23 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN ALTERNATIEF 2 CUMULATIEF



BIJLAGE 24 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN ALTERNATIEF 2 CUMULATIEF



BIJLAGE 25 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT ALTERNATIEF 2 CUMULATIEF



BIJLAGE 26 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN VKA CUMULATIEF



BIJLAGE 27 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN VKA CUMULATIEF



BIJLAGE 28 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT VKA CUMULATIEF



BIJLAGE 29 GELUIDCONTOUR 47 DB LDEN VKA CUMULATIEF MET SERRATED EDGES



BIJLAGE 30 GELUIDCONTOUR 42 DB LDEN VKA CUMULATIEF MET SERRATED EDGES



BIJLAGE 31 GELUIDCONTOUR 41 DB LNIGHT VKA CUMULATIEF MET SERRATED EDGES



BIJLAGE 32 IN- EN UITVOERGEGEVENS SLAGSCHADUW

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

10/04/2020 19:15/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 1

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:125.000
New WTG
Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
1	61.226	444.899	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
2	60.948	444.989	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
3	60.674	445.097	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
4	60.401	445.201	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
5	60.114	445.256	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
6	59.823	445.238	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
7	59.542	445.164	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
8	59.264	445.079	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
9	58.990	444.980	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	80,0	1.380	12,3
10	58.393	444.593	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m)...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	80,0	1.380	12,3
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
12	57.745	443.906	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
20	57.487	440.517	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 18...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]
10/04/2020 19:15/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 1

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow, worst case: Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	58:26	94	1:03	15:43
B	0:00	0	0:00	0:00
C	326:38	292	1:26	80:02
D	296:47	255	1:41	75:57
E	0:00	0	0:00	0:00
F	0:00	0	0:00	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1263)	41:14	10:55
2	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1264)	13:01	3:35
3	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1265)	4:08	1:10
4	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1266)	0:45	0:12
5	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1267)	0:00	0:00
6	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1268)	0:00	0:00
7	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1269)	0:00	0:00
8	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1270)	0:00	0:00
9	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m) (1271)	0:00	0:00
10	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m) (1272)	0:00	0:00
11	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1273)	0:00	0:00
12	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1274)	0:00	0:00
13	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1275)	0:00	0:00
14	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1276)	0:00	0:00
15	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1277)	0:00	0:00
16	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1278)	0:00	0:00
17	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1279)	0:00	0:00
18	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1280)	0:00	0:00
19	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1281)	0:00	0:00
20	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1282)	161:49	42:55
21	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1283)	277:27	64:27
22	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1284)	184:09	45:25

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

10/04/2020 20:26/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 2

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:125.000
New WTG
Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z [m]	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	61.226	444.899	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
2	60.948	444.989	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
3	60.674	445.097	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
4	60.401	445.201	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
5	60.114	445.256	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
6	59.823	445.238	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
7	59.542	445.164	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
8	59.264	445.079	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
9	58.990	444.980	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! ...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	89,0	1.440	13,0
10	58.393	444.593	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 120,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	120,0	1.944	0,0
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
12	57.745	443.906	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
20	57.487	440.517	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (T...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z [m]	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

10/04/2020 20:26/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 2

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	69:55	97	1:12	18:57
B	0:00	0	0:00	0:00
C	365:45	299	1:32	89:52
D	329:24	264	1:48	84:49
E	0:00	0	0:00	0:00
F	0:00	0	0:00	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1285)	47:57	12:47
2	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1286)	16:12	4:30
3	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1287)	5:48	1:39
4	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1288)	1:40	0:28
5	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1289)	0:00	0:00
6	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1290)	0:00	0:00
7	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1291)	0:00	0:00
8	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1292)	0:00	0:00
9	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 89,0 m (TOT: 149,0 m) (1293)	0:00	0:00
10	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 120,0 m (TOT: 201,0 m) (1294)	0:00	0:00
11	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1295)	0:00	0:00
12	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1296)	0:00	0:00
13	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1297)	0:00	0:00
14	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1298)	0:00	0:00
15	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1299)	0:00	0:00
16	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1300)	0:00	0:00
17	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1301)	0:00	0:00
18	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1302)	0:00	0:00
19	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1303)	0:00	0:00
20	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1304)	178:12	47:14
21	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1305)	305:04	71:23
22	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1306)	211:53	52:37

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

12/05/2020 19:26/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200506 VKA

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:125.000

New WTG Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
1	61.225	444.898	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
2	60.947	444.989	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
3	60.674	445.097	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
4	60.401	445.201	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
5	60.114	445.256	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
6	59.823	445.238	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
7	59.542	445.163	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
8	59.264	445.079	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
9	58.990	444.979	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-1...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	89,0	1.440	13,0
10	58.390	444.591	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	118,0	1.944	0,0
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
12	57.743	443.907	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
20	57.486	440.516	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

12/05/2020 19:26/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200506 VKA

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	69:32	97	1:11	18:50
B	0:00	0	0:00	0:00
C	363:13	300	1:32	89:19
D	330:37	269	1:48	84:51
E	0:00	0	0:00	0:00
F	0:00	0	0:00	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1309)	47:37	12:42
2	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1310)	16:08	4:29
3	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1311)	5:48	1:39
4	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1312)	1:40	0:28
5	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1313)	0:00	0:00
6	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1314)	0:00	0:00
7	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1315)	0:00	0:00
8	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1316)	0:00	0:00
9	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 89,0 m (TOT: 149,0 m) (1317)	0:00	0:00
10	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 118,0 m (TOT: 199,0 m) (1318)	0:00	0:00
11	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1319)	0:00	0:00
12	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1320)	0:00	0:00
13	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1321)	0:00	0:00
14	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1322)	0:00	0:00
15	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1323)	0:00	0:00
16	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1324)	0:00	0:00
17	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1325)	0:00	0:00
18	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1326)	0:00	0:00
19	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1327)	0:00	0:00
20	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1328)	177:56	47:13
21	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1329)	305:38	71:24
22	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1330)	210:16	52:06

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.2

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372

Calculated:
15/04/2020 10:46/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Bestaande WTGs

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0.29	0.35	0.43	0.52	0.49	0.46	0.46	0.46	0.44	0.38	0.25	0.23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1,219	1,436	857	613	604	8,754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:200,000

Existing WTG Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
1	62,492	444,756	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
2	62,774	444,642	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
3	63,055	444,538	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
4	63,341	444,447	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
5	63,624	444,347	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
6	63,904	444,240	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
7	64,178	444,118	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
8	64,449	443,989	0.0	VESTAS V90 3000 90.0 !...	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	80.0	1,080	16.1
9	59,666	439,311	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
10	59,431	438,978	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
11	59,184	438,619	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
12	58,972	438,273	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
13	58,964	437,924	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
14	59,247	437,568	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
15	59,660	437,501	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
16	60,080	437,634	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
17	60,497	437,778	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
18	60,764	438,135	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
19	60,758	438,567	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
20	60,723	438,960	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
21	60,236	439,188	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
22	61,117	437,943	0.0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3,600	3,600	112.0	94.0	1,344	14.0
23	60,479	442,447	0.0	GE WIND ENERGY GE H...	No	GE WIND ENERGY	GE Hallade-2-12,000	12,000	220.0	135.0	2,640	0.0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61,712	445,022	3.9	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0
B	58,059	439,169	0.0	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0
C	57,926	440,409	0.0	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0
D	58,074	439,891	0.0	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0
E	59,126	442,250	0.0	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0
F	62,663	444,362	4.9	8.0	4.5	0.5	90.0	"Green house mode"	5.0

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.2

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372

Calculated:
15/04/2020 10:46/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Bestaande WTGs

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	6:24	28	0:22	1:24
B	6:56	48	0:14	1:10
C	0:00	0	0:00	0:00
D	0:00	0	0:00	0:00
E	16:04	46	0:32	4:51
F	85:37	154	0:57	26:27

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (224)	6:24	1:24
2	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (225)	0:00	0:00
3	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (226)	69:03	21:31
4	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (227)	13:24	4:02
5	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (228)	3:10	0:53
6	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (229)	0:00	0:00
7	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (230)	0:00	0:00
8	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80.0 m (TOT: 125.0 m) (231)	0:00	0:00
9	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (232)	0:00	0:00
10	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (233)	0:00	0:00
11	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (234)	2:43	0:33
12	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (235)	4:13	0:37
13	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (236)	0:00	0:00
14	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (237)	0:00	0:00
15	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (238)	0:00	0:00
16	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (239)	0:00	0:00
17	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (240)	0:00	0:00
18	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (241)	0:00	0:00
19	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (242)	0:00	0:00
20	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (243)	0:00	0:00
21	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (244)	0:00	0:00
22	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94.0 m (TOT: 150.0 m) (245)	0:00	0:00
23	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220.0 !-! hub: 135.0 m (TOT: 245.0 m) (246)	16:04	4:51

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]
14/04/2020 16:43/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 1 cumu

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

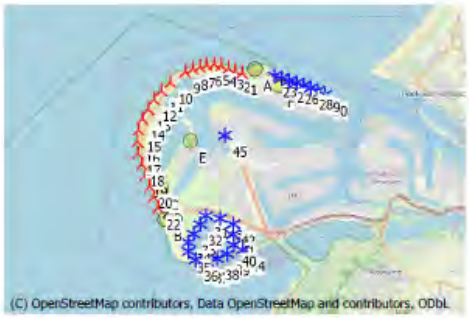
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:200.000
New WTG
Existing WTG
Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z [m]	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	61.226	444.899	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
2	60.948	444.989	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
3	60.674	445.097	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
4	60.401	445.201	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
5	60.114	445.256	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
6	59.823	445.238	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
7	59.542	445.164	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
8	59.264	445.079	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	82,0	1.380	12,3
9	58.990	444.980	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	80,0	1.380	12,3
10	58.393	444.593	0,0	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (T...	Yes	VENSYS	115-4.100	4.100	115,0	80,0	1.380	12,3
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
12	57.745	443.906	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
20	57.487	440.517	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,...	Yes	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	107,0	1.800	10,4
23	62.492	444.756	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
24	62.774	444.642	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
25	63.055	444.538	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
26	63.341	444.447	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
27	63.624	444.347	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
28	63.904	444.240	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
29	64.178	444.118	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
30	64.449	443.989	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
31	59.666	439.311	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
32	59.431	438.978	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
33	59.184	438.619	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
34	58.972	438.273	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
35	58.964	437.924	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
36	59.247	437.568	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
37	59.660	437.501	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
38	60.080	437.634	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
39	60.497	437.778	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
40	60.764	438.135	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
41	60.758	438.567	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

14/04/2020 16:43/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 1 cumu

...continued from previous page

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
42	60.723	438.960	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
43	60.236	439.188	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
44	61.117	437.943	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
45	60.479	442.447	0,0	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220....	No	GE WIND ENERGY	GE Haliade-2-12.000	12.000	220,0	135,0	2.640	0,0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	64:50	94	1:03	17:07
B	6:56	48	0:14	1:10
C	326:38	292	1:26	80:02
D	296:47	255	1:41	75:57
E	16:04	46	0:32	4:51
F	85:37	154	0:57	26:27

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1263)	41:14	10:55
2	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1264)	13:01	3:35
3	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1265)	4:08	1:10
4	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1266)	0:45	0:12
5	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1267)	0:00	0:00
6	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1268)	0:00	0:00
7	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1269)	0:00	0:00
8	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 82,0 m (TOT: 139,5 m) (1270)	0:00	0:00
9	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m) (1271)	0:00	0:00
10	VENSYS 115 4100 115.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 137,5 m) (1272)	0:00	0:00
11	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1273)	0:00	0:00
12	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1274)	0:00	0:00
13	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1275)	0:00	0:00
14	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1276)	0:00	0:00
15	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1277)	0:00	0:00
16	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1278)	0:00	0:00
17	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1279)	0:00	0:00
18	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1280)	0:00	0:00
19	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1281)	0:00	0:00
20	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1282)	161:49	42:55
21	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1283)	277:27	64:27
22	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 107,0 m (TOT: 182,0 m) (1284)	184:09	45:25
23	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (224)	6:24	1:24
24	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (225)	0:00	0:00
25	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (226)	69:03	21:31
26	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (227)	13:24	4:02
27	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (228)	3:10	0:53
28	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (229)	0:00	0:00
29	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (230)	0:00	0:00

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]
14/04/2020 16:43/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 1 cumu

...continued from previous page

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
30	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (231)	0:00	0:00
31	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (232)	0:00	0:00
32	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (233)	0:00	0:00
33	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (234)	2:43	0:33
34	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (235)	4:13	0:37
35	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (236)	0:00	0:00
36	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (237)	0:00	0:00
37	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (238)	0:00	0:00
38	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (239)	0:00	0:00
39	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (240)	0:00	0:00
40	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (241)	0:00	0:00
41	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (242)	0:00	0:00
42	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (243)	0:00	0:00
43	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (244)	0:00	0:00
44	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (245)	0:00	0:00
45	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220.0 !-! hub: 135,0 m (TOT: 245,0 m) (246)	16:04	4:51

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

14/04/2020 17:01/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 2 cumu

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

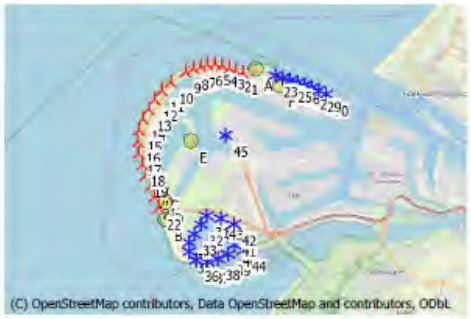
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:200.000

New WTG
Existing WTG
Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z [m]	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	61.226	444.899	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
2	60.948	444.989	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
3	60.674	445.097	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
4	60.401	445.201	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
5	60.114	445.256	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
6	59.823	445.238	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
7	59.542	445.164	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
8	59.264	445.079	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
9	58.990	444.980	0,0	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	89,0	1.440	13,0
10	58.393	444.593	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 120,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	120,0	1.944	0,0
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
12	57.745	443.906	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
20	57.487	440.517	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m ...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	113,0	1.944	0,0
23	62.492	444.756	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
24	62.774	444.642	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
25	63.055	444.538	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
26	63.341	444.447	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
27	63.624	444.347	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
28	63.904	444.240	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
29	64.178	444.118	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
30	64.449	443.989	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TO...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
31	59.666	439.311	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
32	59.431	438.978	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
33	59.184	438.619	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
34	58.972	438.273	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
35	58.964	437.924	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
36	59.247	437.568	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
37	59.660	437.501	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
38	60.080	437.634	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
39	60.497	437.778	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
40	60.764	438.135	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
41	60.758	438.567	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

14/04/2020 17:01/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 2 cumu

...continued from previous page

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
42	60.723	438.960	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
43	60.236	439.188	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
44	61.117	437.943	0,0	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
45	60.479	442.447	0,0	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220....	No	GE WIND ENERGY	GE Haliade-2-12.000	12.000	220,0	135,0	2.640	0,0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case: Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow, expected values: Shadow hours per year [h/year]
A	76:19	98	1:12	20:21
B	6:56	48	0:14	1:10
C	365:45	299	1:32	89:52
D	329:24	264	1:48	84:49
E	16:04	46	0:32	4:51
F	85:37	154	0:57	26:27

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1285)	47:57	12:47
2	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1286)	16:12	4:30
3	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1287)	5:48	1:39
4	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1288)	1:40	0:28
5	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1289)	0:00	0:00
6	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1290)	0:00	0:00
7	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1291)	0:00	0:00
8	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1292)	0:00	0:00
9	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 89,0 m (TOT: 149,0 m) (1293)	0:00	0:00
10	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 120,0 m (TOT: 201,0 m) (1294)	0:00	0:00
11	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1295)	0:00	0:00
12	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1296)	0:00	0:00
13	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1297)	0:00	0:00
14	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1298)	0:00	0:00
15	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1299)	0:00	0:00
16	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1300)	0:00	0:00
17	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1301)	0:00	0:00
18	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1302)	0:00	0:00
19	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1303)	0:00	0:00
20	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1304)	178:12	47:14
21	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1305)	305:04	71:23
22	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 113,0 m (TOT: 194,0 m) (1306)	211:53	52:37
23	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (224)	6:24	1:24
24	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (225)	0:00	0:00
25	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (226)	69:03	21:31
26	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (227)	13:24	4:02
27	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (228)	3:10	0:53
28	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (229)	0:00	0:00
29	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (230)	0:00	0:00

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]

14/04/2020 17:01/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200408 Alt 2 cumu

...continued from previous page

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
30	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (231)	0:00	0:00
31	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (232)	0:00	0:00
32	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (233)	0:00	0:00
33	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (234)	2:43	0:33
34	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (235)	4:13	0:37
35	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (236)	0:00	0:00
36	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (237)	0:00	0:00
37	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (238)	0:00	0:00
38	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (239)	0:00	0:00
39	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (240)	0:00	0:00
40	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (241)	0:00	0:00
41	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (242)	0:00	0:00
42	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (243)	0:00	0:00
43	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (244)	0:00	0:00
44	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (245)	0:00	0:00
45	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220.0 !-! hub: 135,0 m (TOT: 245,0 m) (246)	16:04	4:51

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372

13/05/2020 00:34/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200506 VKA cumu

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence	1. WTG distance circle radius
Minimum sun height over horizon for influence	5 °
Day step for calculation	1 days
Time step for calculation	1 minutes

Sunshine probability S/S0 (Sun hours/Possible sun hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,29	0,35	0,43	0,52	0,49	0,46	0,46	0,46	0,44	0,38	0,25	0,23

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
647	709	571	498	383	398	819	1.219	1.436	857	613	604	8.754

Line-of-sight calculation has been deactivated. This means that sheltering from obstacles, areas or hills are not taken into account.

All coordinates are in
Netherlands RD Amersfoort



Scale 1:200.000

New WTG Existing WTG Shadow receptor

WTGs

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
1	61.225	444.898	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
2	60.947	444.989	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
3	60.674	445.097	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
4	60.401	445.201	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
5	60.114	445.256	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
6	59.823	445.238	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
7	59.542	445.163	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
8	59.264	445.079	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	91,0	1.440	13,0
9	58.990	444.979	0,0	GE WIND ENERGY GE 2...	No	GE WIND ENERGY	GE 2.5-120-2.500	2.500	120,0	89,0	1.440	13,0
10	58.390	444.591	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	118,0	1.944	0,0
11	58.007	444.243	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
12	57.743	443.907	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
13	57.485	443.532	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
14	57.251	443.143	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
15	57.099	442.715	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
16	57.036	442.265	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
17	57.063	441.812	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
18	57.180	441.373	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
19	57.333	440.945	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
20	57.486	440.516	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
21	57.640	440.088	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
22	57.805	439.665	0,0	VESTAS V162 5600 162...	Yes	VESTAS	V162-5.600	5.600	162,0	111,0	1.944	0,0
23	62.492	444.756	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
24	62.774	444.642	3,8	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
25	63.055	444.538	6,5	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
26	63.341	444.447	7,5	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
27	63.624	444.347	15,0	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
28	63.904	444.240	6,6	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
29	64.178	444.118	15,8	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
30	64.449	443.989	11,9	VESTAS V90 3000 90.0 ...	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.080	16,1
31	59.666	439.311	11,9	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
32	59.431	438.978	15,4	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
33	59.184	438.619	15,0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
34	58.972	438.273	19,0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
35	58.964	437.924	19,9	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
36	59.247	437.568	19,4	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
37	59.660	437.501	18,4	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
38	60.080	437.634	15,8	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
39	60.497	437.778	14,1	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]
13/05/2020 00:34/3.3.274

SHADOW - Main Result

Calculation: 20200506 VKA cumu

...continued from previous page

	X(East)	Y(North)	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Shadow data Calculation distance	RPM
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[RPM]
40	60.764	438.135	10,3	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
41	60.758	438.567	16,7	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
42	60.723	438.960	16,5	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
43	60.236	439.188	15,5	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
44	61.117	437.943	5,0	VESTAS V112-3.6 3600 ...	Yes	VESTAS	V112-3.6-3.600	3.600	112,0	94,0	1.344	14,0
45	60.479	442.447	0,0	GE WIND ENERGY GE H...	No	GE WIND ENERGY	GE Haliade-2-12.000	12.000	220,0	135,0	2.640	0,0

Shadow receptor-Input

No.	X(East)	Y(North)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	61.712	445.022	3,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
B	58.059	439.169	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
C	57.926	440.409	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
D	58.074	439.891	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
E	59.126	442.250	0,0	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0
F	62.663	444.362	4,9	8,0	4,5	0,5	90,0	"Green house mode"	5,0

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case Shadow hours per year	Shadow days per year	Max shadow hours per day	Shadow, expected values Shadow hours per year
	[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]
A	75:56	98	1:11	20:14
B	10:57	60	0:19	1:51
C	363:13	300	1:32	89:19
D	330:37	269	1:48	84:51
E	16:04	46	0:32	4:51
F	88:28	154	0:57	27:17

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1309)	47:37	12:42
2	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1310)	16:08	4:29
3	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1311)	5:48	1:39
4	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1312)	1:40	0:28
5	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1313)	0:00	0:00
6	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1314)	0:00	0:00
7	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1315)	0:00	0:00
8	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 91,0 m (TOT: 151,0 m) (1316)	0:00	0:00
9	GE WIND ENERGY GE 2.5-120 2500 120.0 !O! hub: 89,0 m (TOT: 149,0 m) (1317)	0:00	0:00
10	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 118,0 m (TOT: 199,0 m) (1318)	0:00	0:00
11	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1319)	0:00	0:00
12	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1320)	0:00	0:00
13	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1321)	0:00	0:00
14	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1322)	0:00	0:00
15	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1323)	0:00	0:00
16	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1324)	0:00	0:00
17	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1325)	0:00	0:00
18	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1326)	0:00	0:00
19	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1327)	0:00	0:00
20	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1328)	177:56	47:13
21	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1329)	305:38	71:24
22	VESTAS V162 5600 162.0 !O! hub: 111,0 m (TOT: 192,0 m) (1330)	210:16	52:06
23	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (224)	6:24	1:24
24	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (225)	0:00	0:00
25	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (226)	68:03	21:12
26	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (227)	15:24	4:38

To be continued on next page...

Project:
20200316_MV2_MER_SS_v0.1

Licensed user:
Pondera Consult B.V.
Amsterdamseweg 13
NL-6814 CM Arnhem
+31 (0)88 7663372
[redacted]
Calculated:
13/05/2020 00:34/3.3.274

SHADOW - Main Result

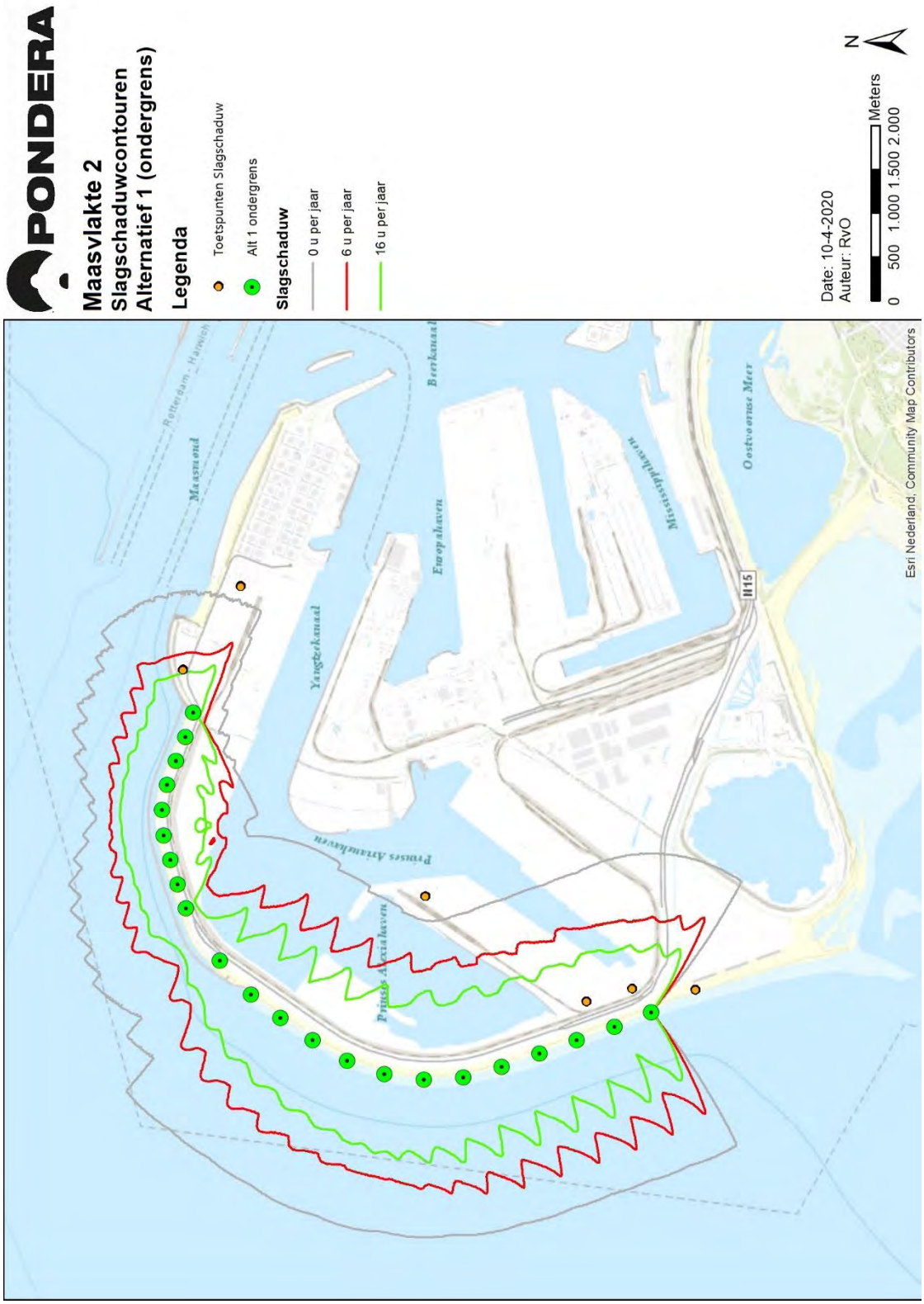
Calculation: 20200506 VKA cumu

...continued from previous page

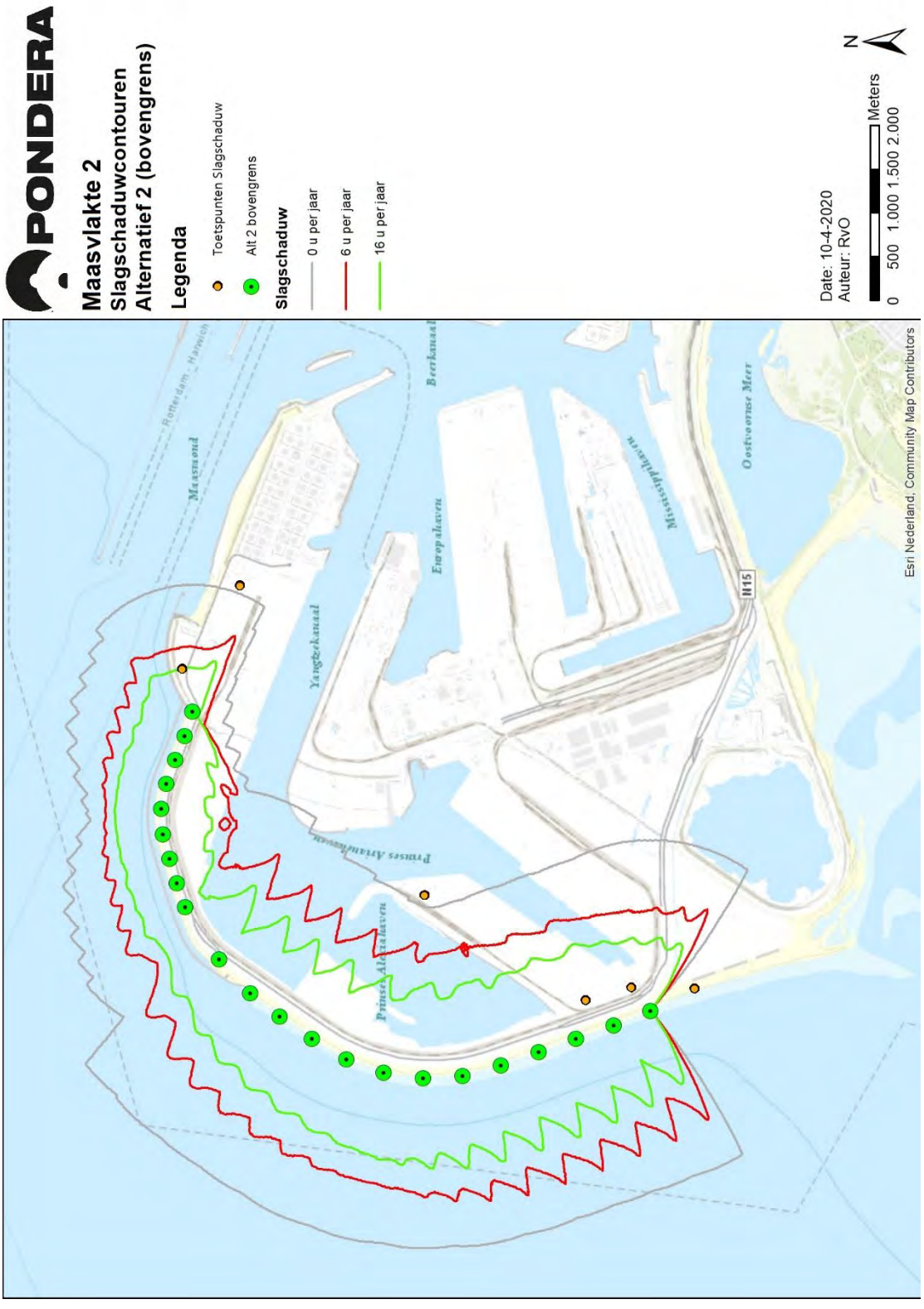
No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
27	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (228)	5:01	1:25
28	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (229)	0:00	0:00
29	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (230)	0:00	0:00
30	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (231)	0:00	0:00
31	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (232)	0:00	0:00
32	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (233)	0:00	0:00
33	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (234)	4:03	0:49
34	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (235)	6:54	1:01
35	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (236)	0:00	0:00
36	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (237)	0:00	0:00
37	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (238)	0:00	0:00
38	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (239)	0:00	0:00
39	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (240)	0:00	0:00
40	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (241)	0:00	0:00
41	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (242)	0:00	0:00
42	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (243)	0:00	0:00
43	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (244)	0:00	0:00
44	VESTAS V112-3.6 3600 112.0 !O! hub: 94,0 m (TOT: 150,0 m) (245)	0:00	0:00
45	GE WIND ENERGY GE Haliade-2 12000 220.0 !-! hub: 135,0 m (TOT: 245,0 m) (246)	16:04	4:51

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

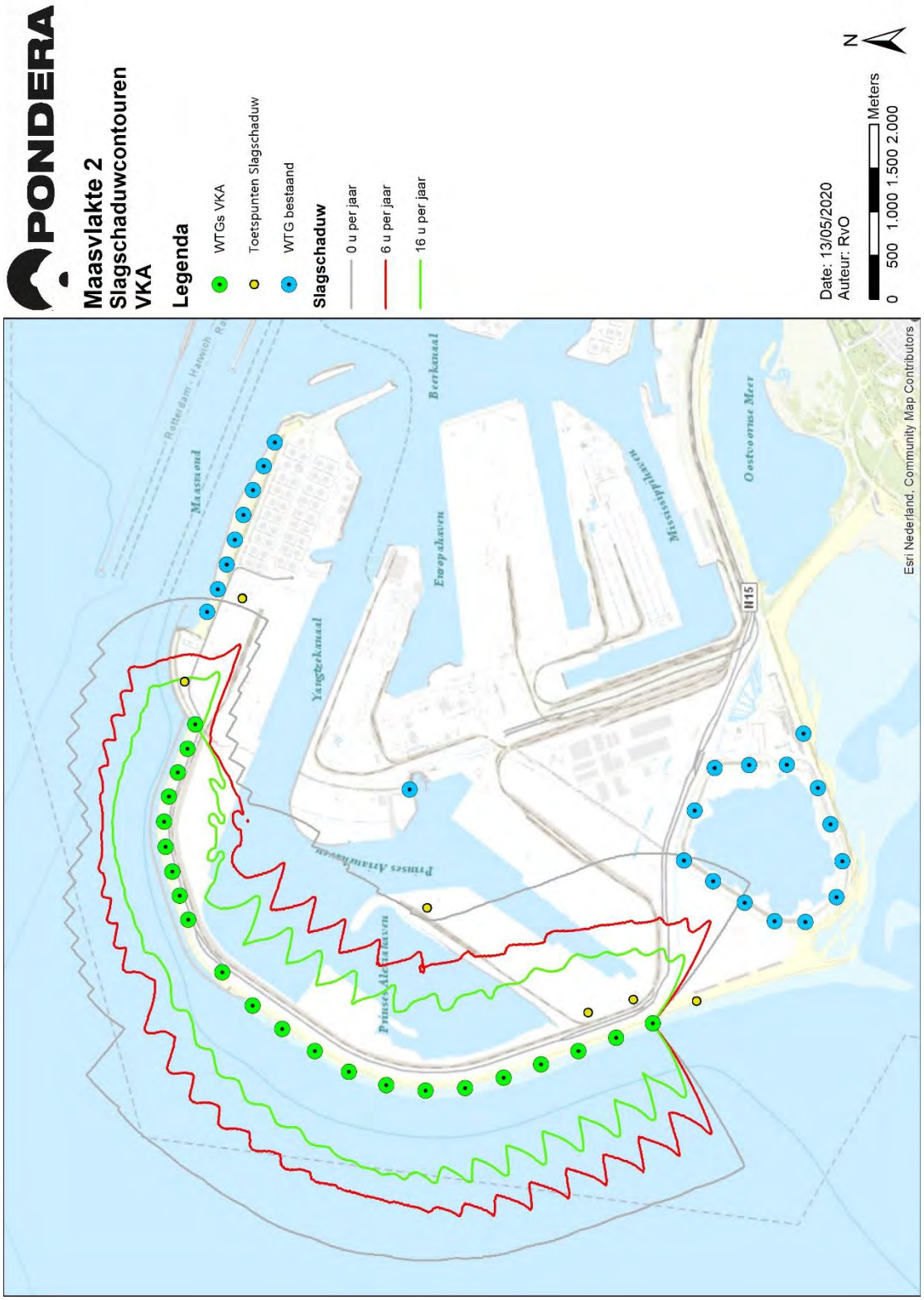
BIJLAGE 33 SLAGSCHADUWCONTOUREN ALTERNATIEF 1 (ONDERGRENS)



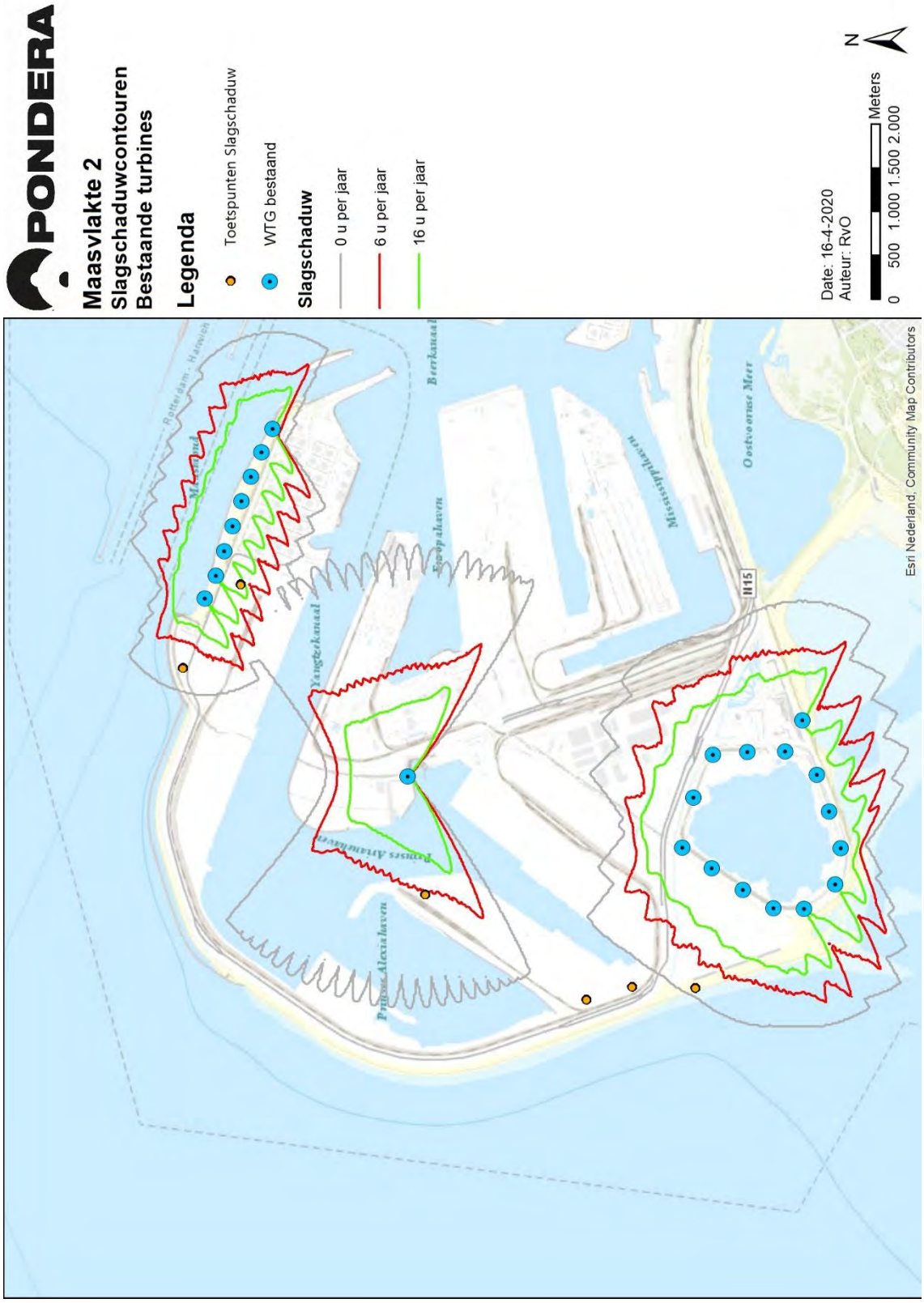
BIJLAGE 34 SLAGSCHADUWCONTOUREN ALTERNATIEF 2 (BOVENGRENS)



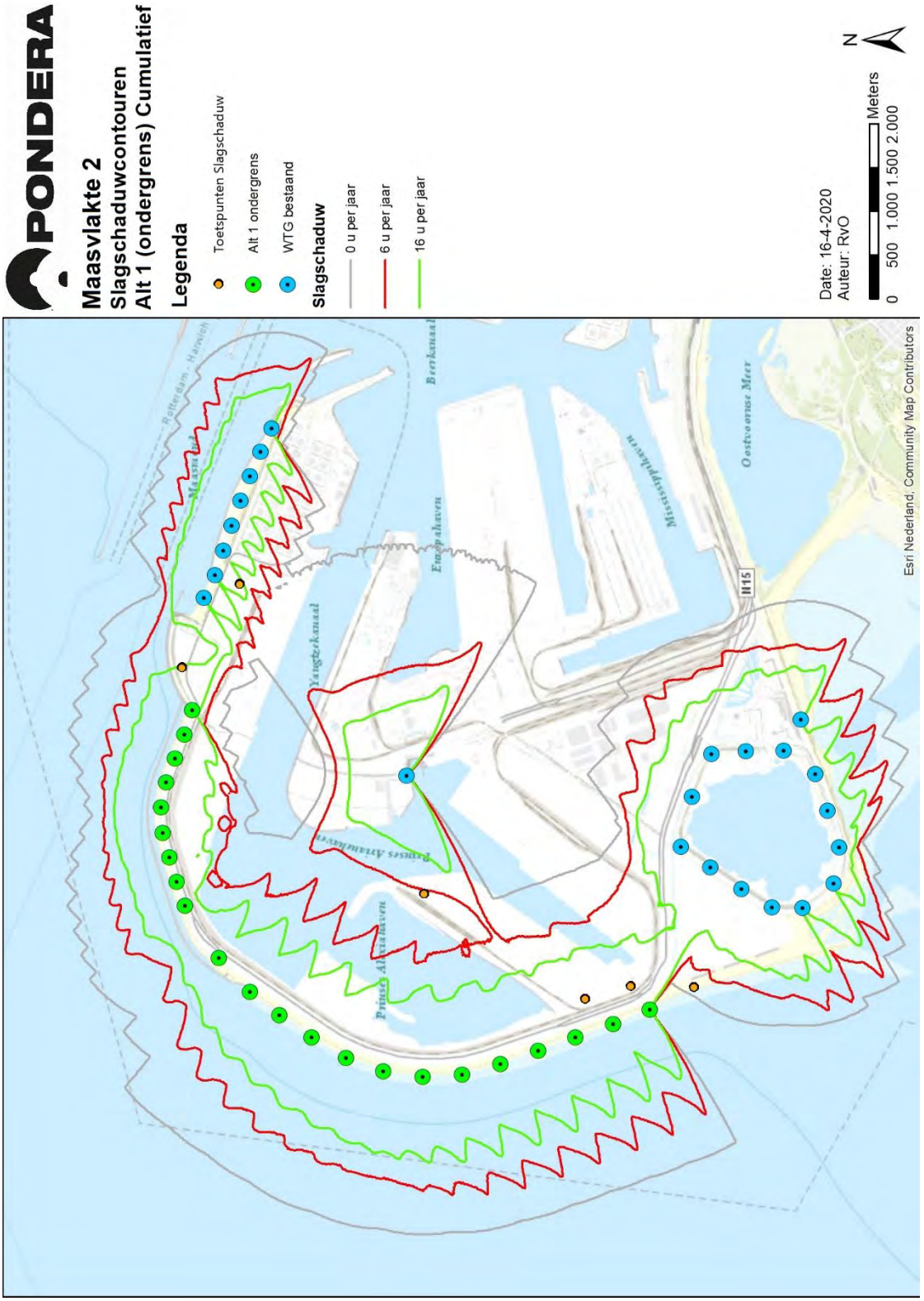
BIJLAGE 35 SLAGSCHADUWCONTOUREN VKA



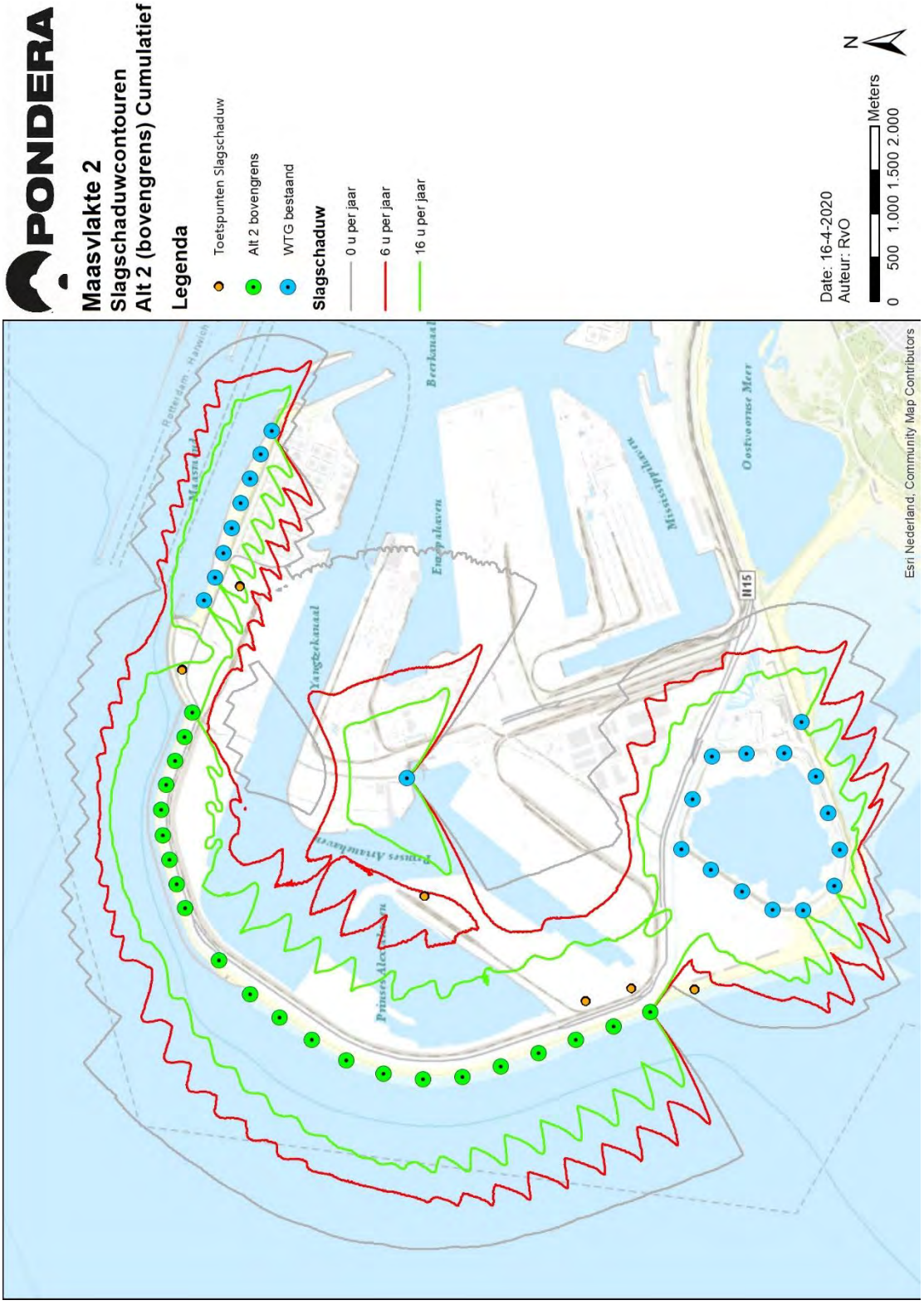
BIJLAGE 36 SLAGSCHADUWCONTOUREN HUIDGE TURBINES



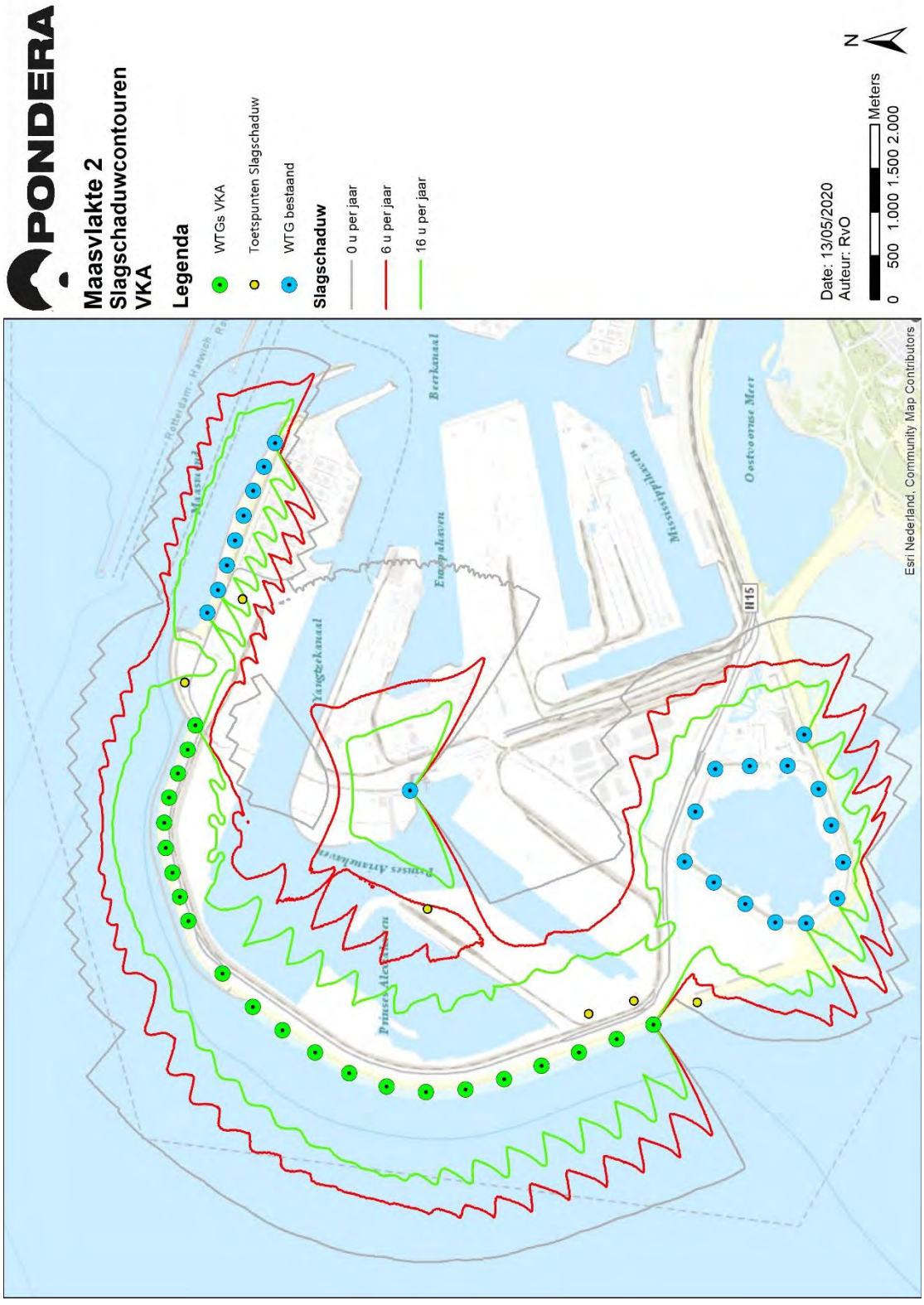
BIJLAGE 37 SLAGSCHADUWCONTOUREN ALTERNATIEF 1 (ONDERGRENS) CUMULATIEF



BIJLAGE 38 SLAGSCHADUWCONTOUREN ALTERNATIEF 2 (BOVENGRENS) CUMULATIEF



BIJLAGE 39 SLAGSCHADUWCONTOUREN VKA CUMULATIEF



BIJLAGE 2.1



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Natuurtoets Windpark Tweede Maasvlakte

Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland

-

[redacted]

Natuurtoets Windpark Tweede Maasvlakte

Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland

[redacted]

Status uitgave: Eindrapport v4

Rapportnummer:	20-082
Projectnummer:	20-0128
Datum uitgave:	18 augustus 2020
Projectleider:	[redacted]
Naam en adres opdrachtgever:	Pondera Amsterdamseweg 13 6814 CM Arnhem
Referentie opdrachtgever:	Mail van [redacted]k met gunning, d.d. 6 maart 2020
Akkoord voor uitgave:	[redacted]
Paraaf:	

[redacted]

Graag citeren als: [redacted], 2020. Natuurtoets Windpark Tweede Maasvlakte. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 20-082. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: natuurtoets, Natura 2000, NNN, Tweede Maasvlakte, vogels, vleermuizen

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.
Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Pondera
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl

Voorwoord

Pondera onderzoekt in opdracht van Eneco de mogelijkheid om een windpark van 22 windturbines te realiseren op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland). De bouw en het gebruik van het windpark kunnen effecten hebben op beschermde soorten planten en dieren, beschermde natuurgebieden en Natuurnetwerk Nederland.

Pondera heeft Bureau Waardenburg opdracht verstrekt om in een natuurtoets de effecten op beschermde natuurwaarden in beeld te brengen en voor twee inrichtingsalternatieven en het voorkeursalternatief (VKA) aan te geven waar eventuele ecologische knelpunten zich voor kunnen doen. Voor het VKA is in voorliggend rapport de onderbouwing verzorgd voor een ontheffingsaanvraag in het kader van de Wet natuurbescherming (Wnb). Separaat van voorliggende natuurtoets, wordt de ecologische onderbouwing van een Wnb-vergunning (in de vorm van een passende beoordeling) verzorgd.

Dit rapport is te beschouwen als de oriëntatiefase van de habitattoets, zoals omschreven in de Wet natuurbescherming (artikelen 2.7 t/m 2.9) en vormt een “nee, tenzij-toets” ten aanzien van Natuurnetwerk Nederland.

Aan de totstandkoming van dit rapport werkten mee:

[redacted]
rapportage
Band modelberekeningen
projectleiding, eindredactie, kwaliteitsborging

Genoemde personen zijn door opleiding, werkervaring en zelfstudie gekwalificeerd voor de door hen uitgevoerde werkzaamheden. Het project is uitgevoerd volgens het kwaliteits-handboek van Bureau Waardenburg. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg is ISO gecertificeerd.

Vanuit Pondera werd de opdracht begeleid door Martijn Edink en Pim Rooijmans. Wij danken hen voor de prettige samenwerking.

Inhoud

	Voorwoord	**3**
1	**Inleiding**	**6**
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Leeswijzer	6
2	**Inrichting windpark en plangebied**	**7**
	2.1 Inrichting windpark	7
	2.2 Plangebied en onderzoeksgebied	7
3	**Aanpak beoordeling i.h.k.v. natuurwetgeving**	**9**
	3.1 Natura 2000-gebieden	9
	3.2 Soortbescherming	10
	3.3 Natuurnetwerk Nederland	11
4	**Beschermde gebieden en afbakening**	**13**
	4.1 Natura 2000-gebieden in de omgeving	13
	4.2 Afbakening effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden	16
	4.3 Natuurnetwerk Nederland	23
	4.4 Provinciaal beleid	24
5	**Materiaal en methoden**	**25**
	5.1 Brongegevens	25
	5.2 Effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden	26
	5.3 Effectbepaling en -beoordeling soortbescherming	35
6	**Vogels in en nabij het plangebied**	**36**
	6.1 Broedvogels	36
	6.2 Niet-broedvogels	42
	6.3 Seizoenstrek	45
7	**Overige beschermde soorten in en nabij het plangebied**	**48**
	7.1 Flora	48
	7.2 Ongewervelden	48
	7.3 Vissen	48
	7.4 Amfibieën	48
	7.5 Reptielen	49
	7.6 Grondgebonden zoogdieren	49
	7.7 Vleermuizen	49
8	**Effecten op vogels in Natura 2000-gebieden**	**52**
	8.1 Aanvaringsslachtoffers	52
	8.2 Verstoring	54

8.3 Barrièrewerking 56
9 Effectbeoordeling Natura 2000-gebieden 57
9.1 Beoordeling van effecten op Habitatrichtlijnsoorten 57
9.2 Beoordeling van effecten op broedvogels 57
9.3 Beoordeling van effecten op niet-broedvogels 60
10 Effecten op overige vogelsoorten 62
10.1 Effecten in de aanlegfase 62
10.2 Aanvaringsslachtoffers in de gebruiksfase 63
10.3 Verstoring in de gebruiksfase 66
10.4 Barrièrewerking in de gebruiksfase 67
11 Effecten op vleermuizen 68
12 Effectbeoordeling beschermde soorten 69
12.1 Vogels 69
12.2 Vleermuizen 71
12.3 Overige beschermde soorten 71
13 Conclusies en aanbevelingen 73
13.1 Natura 2000-gebieden (Wnb Hoofdstuk 2) 73
13.2 Beschermde soorten (Wnb Hoofdstuk 3) 74
14 Voorkeursalternatief 77
14.1 Effecten VKA ten opzichte van eerdere varianten 77
14.2 Natura 2000-gebieden (Wnb Hoofdstuk 2) 78
14.3 Sterfte van vogels in de gebruiksfase 79
14.4 Sterfte van vleermuizen in de gebruiksfase 79
14.5 Overig beschermde soorten 79
Literatuur 80
Bijlage 1 Kader Wet natuurbescherming 87
Bijlage 2 Windturbines en vogels 93
Bijlage 3 Flux-Collision Model 100
Bijlage 4 Band model aalscholver 103
Bijlage 5 Band model zangvogeltrek 106
Bijlage 6 Ruimtelijke variatie vlieggedrag 110
Bijlage 7 Onderbouwing Wnb-ontheffing vogels 117
Bijlage 8 Wnb-ontheffing vleermuizen 135

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Pondera onderzoekt in opdracht van Eneco de mogelijkheid om een windpark van 22 windturbines te realiseren op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland). De bouw en het gebruik van het windpark kunnen effecten hebben op beschermde soorten planten en dieren, beschermde natuurgebieden en Natuurnetwerk Nederland. In dit rapport wordt verslag gedaan van bronnen- en veldonderzoek, bepaling van de effecten op beschermde natuurgebieden (Natura 2000-gebieden), beschermde soorten planten en dieren en op het NNN en mogelijkheden voor mitigatie van deze effecten.

De natuur in Nederland wordt langs een aantal lijnen beschermd: gebieds- en soort-bescherming vallen onder de Wet natuurbescherming (Wnb), het functioneren van ecologisch belangrijke gebieden onder het Natuurnetwerk Nederland (NNN) of provinciaal aangewezen gebieden, zoals ganzenopvang- en weidevogelgebieden.

Het doel is te bepalen of de ingreep kan leiden tot overtredingen van de wetten en regels die zien op bescherming van de natuur. Als dat het geval is, wordt bepaald onder welke voorwaarden ontheffing (Hoofdstuk 3 van de Wnb), vergunning (Hoofdstuk 2 van de Wnb) en/of toestemming (NNN) kan worden verkregen en of mitigatie of compensatie nodig is. In het kader van Hoofdstuk 2. Natura 2000-gebieden van de Wnb, is dit rapport te beschouwen als een oriëntatiefase (voortoets).

1.2 Leeswijzer

Hoofdstukken 2 t/m 5 bevatten een omschrijving van het project, het plangebied, de aanpak van de beoordeling van effecten van Windpark Tweede Maasvlakte in het kader van de natuurwetgeving, de beschermde gebieden in het studiegebied en van de toegepaste methoden en gebruikte bronnen. Vervolgens is in hoofdstuk 6 en 7 het gebiedsgebruik en verspreiding van vogels, vleermuizen en overige beschermde soorten in het studiegebied beschreven. In hoofdstukken 8 en 9 worden in het kader van de Wnb de effecten van twee inrichtingsalternatieven van het windpark op beschermde *gebieden* bepaald respectievelijk beoordeeld. De effecten op beschermde *soorten* worden in het kader van de Wnb in hoofdstuk 10 en 11 bepaald respectievelijk beoordeeld. De overkoepelende conclusies zijn beschreven hoofdstuk 13. Dit hoofdstuk kan eveneens gelezen worden als de samenvatting van het rapport. Hoofdstuk 14 beschrijft tenslotte het voorkeursalternatief (VKA), en de effecten daarvan op natuur, en beschrijft eveneens de verschillen met de eerder besproken inrichtingsalternatieven. In de bijlagen behorende bij hoofdstuk 14 wordt op basis van het VKA tevens een onderbouwing gegeven voor de Wnb-ontheffings-aanvraag.

2 Inrichting windpark en plangebied

2.1 Inrichting windpark

In het MER worden twee inrichtingsalternatieven onderzocht die vergelijkbaar zijn qua posities van de 22 geplande windturbines op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland). Het betreft in beide alternatieven 10 windturbines op de harde zeewering en 12 windturbines op de zachte zeewering (figuur 2.1). Beide alternatieven verschillen wel in de afmetingen van de geplande windturbines (tabel 2.1).

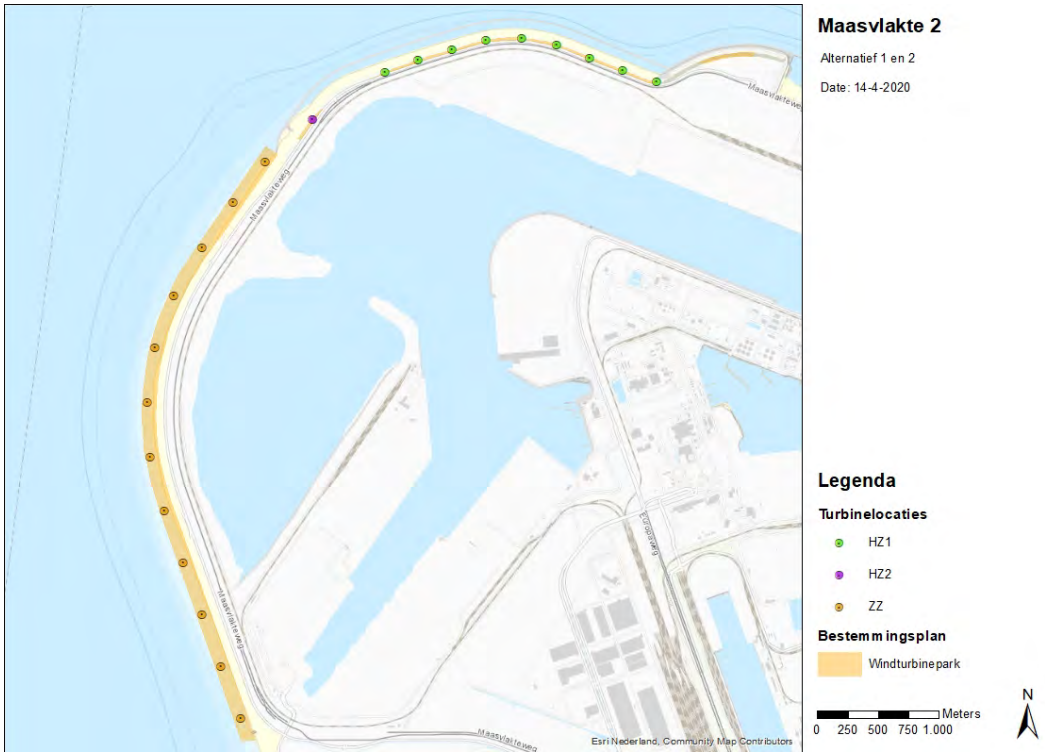
Tabel 2.1 *Inrichtingsalternatieven voor Windpark Tweede Maasvlakte met bijbehorende afmetingen voor ashoogte (m +NAP) en rotordiameter.*

Alternatief	**Ashoogte (m +NAP)**		**Rotordiameter (m)**	
	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)
Alternatief 1	82	107	115	150
Alternatief 2	91	113	120	162

2.2 Plangebied en onderzoeksgebied

In 2012 zijn de eerste delen van de Tweede Maasvlakte in gebruik opgeleverd, waaronder de buitencontour die de zeewering vormt. De zeewering bestaat uit een hard gedeelte (noordelijke deel) van *ca*. 4 kilometer lengte (zie figuur 2.1) en een zacht gedeelte (westelijke deel) van *ca*. 5,5 kilometer lengte. Het windpark is gepland op het binnentalud van de harde zeewering en op het buitentalud/strand van de zachte zeewering.

De harde zeewering bestaat aan de buitenzijde uit een stenige laag. De binnenzijde van de zeewering is met gras ingezaaid. Buitendijks ligt op enkele honderden meters parallel aan de zeewering een blokkendam. Aan de binnenzijde lopen parallel aan de harde zeewering drie geasfalteerde wegen. Op enkele honderden meters landinwaarts van het plangebied ligt de Prinses Alexiahaven die in het oosten verbonden is met de Yangtze-haven. Het plangebied wordt in het oosten begrensd door de Edisonbaai aan de noordkant van de Eerste Maasvlakte. De zachte zeewering bestaat uit een zandstrand met een duinenrij. De duinenrij is beplant met helmgras. Een gedeelte van het strand langs de zachte zeewering is sinds november 2012 in gebruik als activiteitenstrand voor kitesurfers, vliegeraars, zeevissers en andere recreatieactiviteiten. Direct ten oosten van de zachte zeewering ligt de Prinses Alexiahaven.
Het plangebied grenst aan het Natura 2000-gebied Voordelta. Andere Natura 2000-gebieden in de omgeving die mogelijk een effect ondervinden zijn: Voornes Duin, Haringvliet, Grevelingen en Solleveld & Kapittelduinen (Prinsen *et al*. 2019). Het plangebied ligt niet in maar grenst wel aan gebiedsdelen die beschermd zijn als Natuurnetwerk Nederland.



Figuur 2.1 *Locaties van de geplande windturbines op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte; in beide inrichtingsalternatieven staan de windturbines op dezelfde locaties maar verschillen ze van gehanteerde turbineafmetingen (bron: Pondera).*



Figuur 2.3 *Ligging van het plangebied en belangrijkste toponiemen. Groen geeft de indicatieve locatie van de plaatsingszone van de windturbines langs de zachte zeewering, paars van de harde zeewering (waarbij het meest oostelijke paarse blokje op de kaart op de voormalige Eerste Maasvlakte is komen te vervallen).*

3 Aanpak beoordeling i.h.k.v. natuurwetgeving

3.1 Natura 2000-gebieden

Gebiedsbescherming is in de Wet natuurbescherming (kortweg: Wnb) beschreven in 'Hoofdstuk 2. Natura 2000-gebieden'. Voor een samenvatting van dit hoofdstuk uit de Wnb wordt verwezen naar bijlage 1 (Wettelijk kader).

In de ruime omgeving van het plangebied (straal van <30 km) zijn zes Natura 2000-gebieden gelegen die zijn aangewezen als Habitat- en/of Vogelrichtlijngebieden. Vanwege de grote hoeveelheid aan Natura 2000-gebieden binnen deze straal, is ervoor gekozen om hier alleen de Natura 2000-gebieden te benoemen die zijn aangewezen voor soorten die, vanwege hun actieradius tot ver buiten deze gebieden (zie hoofdstuk 4), potentieel een binding kunnen hebben met het plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte of waarvan kwalificerende habitattypen een effect kunnen ondervinden. Het gaat hierbij om de Natura 2000-gebieden Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Grevelingen, Solleveld & Kapittelduinen. In hoofdstuk 4 wordt onderbouwd welke Natura 2000-gebieden en welke instandhoudingsdoelstellingen (kortweg: IHD's) in voorliggende studie nader zijn onderzocht.

Als de bouw of het gebruik van het windpark negatieve effecten heeft op het behalen van IHD's van deze Natura 2000-gebieden, is een vergunning op grond van de Wnb vereist. Ook kunnen maatregelen om negatieve effecten te voorkomen, te verminderen of te compenseren nodig zijn.

In voorliggend rapport zijn de resultaten van een oriëntatiefase van de habitattoets beschreven, dat wil zeggen een verkennend onderzoek naar de effecten op het behalen van de IHD's van Natura 2000-gebieden. De centrale vraag van deze toetsing is: bestaat er een kans op significant negatieve effecten op het behalen van de IHD's van beschermde natuurgebieden of kan het optreden van significant negatieve effecten met zekerheid worden uitgesloten?

Meer in detail geeft deze rapportage antwoord op de volgende vragen:

- Welke beschermde natuurgebieden liggen binnen de invloedssfeer van het windpark? Wat zijn de IHD's voor deze gebieden?
- Wat is de ligging van het plangebied ten opzichte van de habitattypen, de leefgebieden van soorten of andere natuurwaarden waarvoor de betreffende natuurgebieden zijn aangewezen? Welke functies heeft het plangebied en zijn invloedssfeer voor deze beschermde natuurwaarden?
- Welke effecten op beschermde natuurgebieden heeft de bouw en het gebruik van het geplande windpark volgens de twee inrichtingsalternatieven?
- Wat zijn de effecten van het windpark als deze worden beschouwd in samenhang met andere activiteiten en plannen, met andere woorden, wat zijn de cumulatieve effecten?

- Kunnen significante effecten (inclusief cumulatieve effecten) met zekerheid worden uitgesloten?

De effecten van het windpark (twee inrichtingsalternatieven) worden getoetst aan de IHD's die voor genoemde Natura 2000-gebieden gelden. Deze zijn ontleend aan de definitieve aanwijzingsbesluiten.

3.2 Soortbescherming

De bescherming van soorten is in de Wnb beschreven in 'Hoofdstuk 3. soorten'. Voor een samenvatting van dit hoofdstuk uit de Wnb wordt verwezen naar bijlage 1 (Wettelijk kader).

Bij de realisatie van Windpark Tweede Maasvlakte moet rekening worden gehouden met het huidige voorkomen van beschermde soorten planten en dieren in het plangebied. Als het voorgenomen windpark leidt tot het overtreden van verbodsbepalingen betreffende beschermde soorten, zal moeten worden nagegaan of een vrijstelling geldt of dat een ontheffing moet worden verkregen.

De effecten van de bouw en het gebruik van het windpark (drie inrichtingsalternatieven) op beschermde soorten planten en dieren zijn in beeld gebracht en getoetst aan de verbodsbepalingen uit de Wnb. Daarbij is ingegaan op de volgende vragen:

- Welke beschermde soorten planten en dieren komen mogelijk of zeker voor in de invloedssfeer van het windpark?
- Welke effecten op beschermde soorten heeft de realisatie van het windpark (volgens twee inrichtingsalternatieven)?
- Kunnen deze effecten een wezenlijke negatieve invloed op de betrokken soorten hebben?
- Welke verbodsbepalingen worden overtreden en is hiervoor een ontheffing nodig?
- Is er mogelijk sprake van een effect op de Staat van Instandhouding (SvI) van de betrokken soorten?
- Welke maatregelen voor mitigatie en compensatie van schade aan beschermde soorten zijn noodzakelijk?

De Wnb onderscheidt bij de bescherming van soorten drie beschermingsregimes:

- Beschermingsregime soorten Vogelrichtlijn (Wnb § 3.1),
- Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (Wnb § 3.2) en
- Beschermingsregime andere soorten (Wnb § 3.3).

Met het in werking treden van de Wnb (d.d. 1 januari 2017) is het beschermingsregime voor een aantal soorten veranderd dan wel vervallen. Ook zijn een aantal soorten beschermd die dat voorheen niet waren. Voor soorten vallend onder 'Beschermingsregime andere soorten' kan de provincie een vrijstelling verlenen voor handelingen in het kader van de ruimtelijke inrichting of ontwikkeling van gebieden (Wnb Art. 3.10 lid 2a) (zie tabel 3.1). Effecten op deze soorten zijn daarom in de beoordeling niet meegewogen.

Tabel 3.1 *Soorten waarvoor in de provincie Zuid-Holland een vrijstelling verleend is bij ruimtelijke ingrepen.*

bruine kikker	dwergspitsmuis	veldmuis
gewone pad	egel	vos
kleine watersalamander	gewone bosspitsmuis	wezel
meerkikker	haas	woelrat
middelste groene kikker	hermelijn	
aardmuis	huisspitsmuis	
bosmuis	konijn	
bunzing	ree	
dwergmuis	rosse woelmuis	

3.3 Natuurnetwerk Nederland

Het Natuurnetwerk Nederland (kortweg: NNN) is een Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden. In het NNN liggen:

- bestaande natuurgebieden, waaronder de 20 nationale parken;
- gebieden waar nieuwe natuur wordt aangelegd;
- landbouwgebieden, beheerd volgens agrarisch natuurbeheer;
- ruim 6 miljoen hectare grote wateren: meren, rivieren, de kustzone van de Noordzee en de Waddenzee.
- alle Natura 2000-gebieden.

Voor gebieden die zijn begrensd binnen het NNN, ecologische verbindingszones en gebieden met agrarisch natuurbeheer, geldt een planologisch beschermingsregime. Ingrepen in deze gebieden zijn alleen toegestaan als ze geen negatieve effecten hebben op deze gebieden, of als negatieve effecten kunnen worden tegengegaan door het nemen van mitigerende maatregelen. Heeft een ingreep wel een significant negatief effect op de wezenlijke kenmerken en waarden van een gebied dat behoort tot het NNN, dan geldt het ‘nee, tenzij-regime’. Een project kan dan alleen doorgaan als er geen reële alternatieven zijn en als sprake is van een groot openbaar belang. Als een ingreep wordt toegestaan moet de schade zoveel mogelijk worden beperkt door mitigerende maatregelen en moet de resterende schade door de initiatiefnemen worden gecompenseerd. Dit beschermings-regime is verankerd in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR)/ Besluit Algemene regels ruimtelijke ordening (Barro). Dit beschermingsregime is verankerd in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR)/Besluit Algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) en in de Verordening Ruimte van de provincie Zuid-Holland (2014).

Het plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte is niet gelegen in, maar grenst wel direct aan gebieden die zijn aangewezen voor het NNN. In de Verordening Ruimte Zuid-Holland wordt niet gesproken van toetsing aan externe werking van het NNN. Voor Windpark Tweede Maasvlakte is een toets uitgevoerd die antwoord geeft op de volgende vragen:

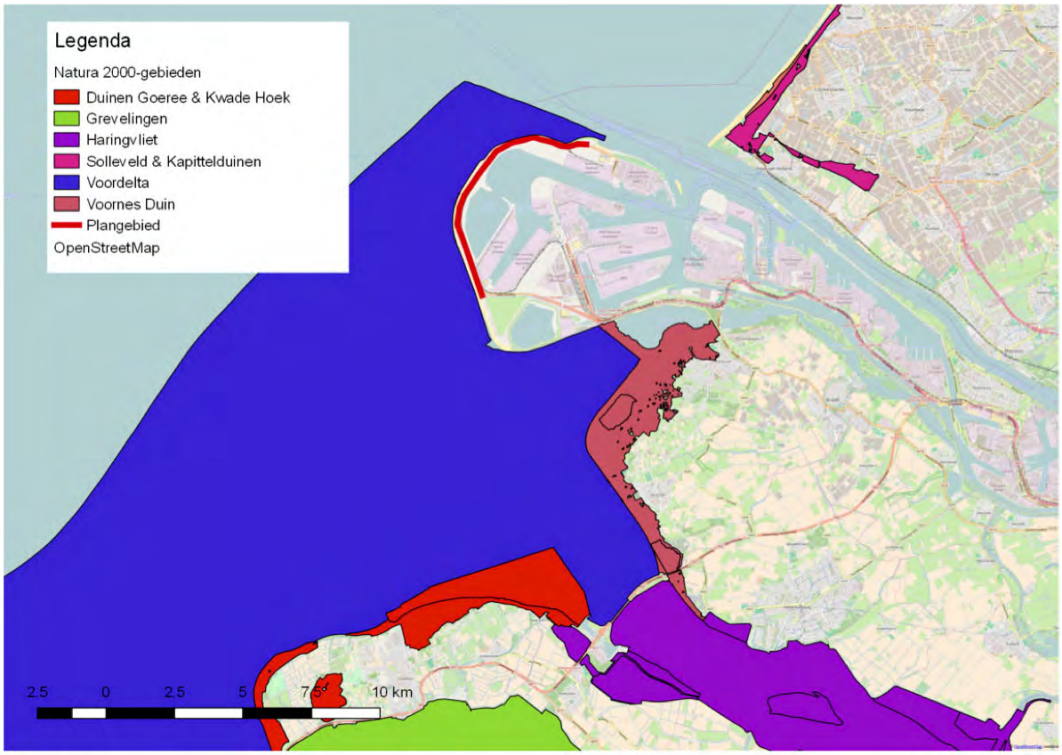
- Welke windturbines zijn nabij het NNN gepland (volgens twee inrichtings-alternatieven)?
- Wat zijn de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN ter plaatse?

- Is er sprake van een significante aantasting van die wezenlijke kenmerken en waarden?
- Wat zijn de mogelijkheden om een eventuele aantasting te beperken?
- Is er een noodzaak voor de compensatie van een eventuele aantasting van het NNN?

4 Beschermde gebieden en afbakening

4.1 Natura 2000-gebieden in de omgeving

In de ruime omgeving van het plangebied (straal van <30 km) zijn een groot aantal Natura 2000-gebieden gelegen die zijn aangewezen als Habitat- en/of Vogelrichtlijngebieden[1]. Het plangebied grenst direct aan het Natura 2000-gebied Voordelta. Vanaf 7 km afstand ten zuidoosten van het plangebied ligt het Voornes Duin, vanaf 20 km ten zuidoosten ligt het Haringvliet. Op 8 km ten noordoosten ligt Solleveld & Kapittelduinen. Dit gebied is alleen aangewezen onder de Habitatrichtlijn. Duinen Goeree & Kwade Hoek ligt vanaf 16 km ten zuiden van het plangebied. Nog verder zuidelijk ligt de Grevelingen (25 km afstand). Alle genoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn.



Figuur 4.1 Ligging van het plangebied en Natura 2000-gebieden.

4.1.1 Voordelta

De Voordelta omhelst het ondiepe zeegedeelte van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. Het gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch

[1] Voor een eerste afbakening van de mogelijke invloedssfeer van het project op Natura 2000-gebieden, is rekening gehouden met de actieradius van de soorten met instandhoudingsdoelstellingen in de omliggende Natura 2000-gebieden (van der Vliet *et al*. 2011, zie hoofdtekst voor gehanteerde afstanden). In dit hoofdstuk wordt vervolgens nader bepaald welke Natura 2000-gebieden en soorten met instandhoudingsdoelstellingen relevant zijn.

milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden, dat een relatief beschutte overgangszone vormt tussen de (voormalige) estuaria en volle zee. Na de afsluiting van de Deltawerken is dit kustgedeelte sterk aan veranderingen onderhevig geweest, waarbij een uitgebreid stelsel van droogvallende en diepere zandbanken is ontstaan met daartussen diepere geulen. Door erosie- en sedimentatieprocessen treden verschuivingen op in de omvang van de intergetijdengebieden. Daarbij heeft onder andere de 'zandhonger' van de Oosterschelde, maar ook de uitbreiding van de arealen door aanslibbing in de Kwade Hoek effect op de Voordelta (zoals de Westplaat). In de randen van het gebied bij Voorne en Goeree ligt een aantal schorren en meer slikkige platen. Verder horen ook de stranden van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, waar plaatselijk duinvorming optreedt, tot het gebied.

Ten behoeve van de aanleg van de Tweede Maasvlakte is in het Natura 2000-gebied Voordelta een landaanwinning van 1.000 ha netto haventerrein aansluitend aan de bestaande Maasvlakte gerealiseerd zoals vastgelegd in de Planologische Kernbeslissing Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PKB PMR). Door de aanleg is 1.916 hectare van het habitattype permanent overstroomde zandbanken (H1110) verloren gegaan (tevens leefgebied van zwarte zee-eend, grote stern en visdief). Dit effect is destijds als significant beoordeeld. Het is niet mogelijk dit habitattype elders opnieuw aan te leggen. Daarom is in de PKB PMR vastgelegd dat het areaalverlies van habitattype en leefgebied wordt gecompenseerd door in de Voordelta voor het habitattype een kwaliteitsverbetering te realiseren. Hieraan is invulling gegeven door het realiseren van een 24.550 ha groot bodembeschermingsgebied in het Natura 2000-gebied Voordelta. Deze maatregel moet ertoe leiden dat de productie van voedsel voor vogels en vissen gelijk blijft aan die vóór de aanleg van Tweede Maasvlakte, waardoor het verlies aan leefgebied van soorten in de Voordelta als gevolg van de aanleg van Tweede Maasvlakte ten minste wordt gecompenseerd.

In voorliggende natuurtoets wordt specifiek aandacht besteed aan de mogelijke effecten van Windpark Tweede Maasvlakte op het functioneren van voornoemde compensatieopgave, zoals bijvoorbeeld verstoring van in de Voordelta foeragerende sterns, barrierewerking en sterfte als gevolg van aanvaring die de aantallen vogels die gebruik kunnen maken van het compensatiegebied kunnen drukken.

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor **10 habitattypen**, **7 Habitatrichtlijnsoorten** en **30 soorten niet-broedvogels** (tabel 4.1).

4.1.2 Voornes Duin

Het Voornes Duin bestaat uit jonge duin- en strandafzettingen met een hoog kalkgehalte. Het duingebied met duinvalleien is grotendeels in de 19e en begin 20e eeuw ontstaan door afsnoering van strandvlakte als gevolg van het ontstaan van nieuwe zeerepen. Het zuidoostelijke deel van het gebied stamt uit de late Middeleeuwen. Het duingebied van Voorne heeft een grote variatie in landschapstypen en heeft daardoor een grote soortenrijkdom, zowel wat betreft flora als fauna. Het bestaat uit een afwisselend duingebied met twee grote duinmeren (Breede water en Quackjeswater) en meerdere kleine

poelen, moerassen, grote oppervlaktes bos en struweel, duingraslanden en natte duinvalleien. Aan de binnenduinrand liggen een aantal landgoedbossen met stinzeflora.

Het Natura 2000-gebied Voornes Duin is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor **15 habitattypen**, **3 Habitatrichtlijnsoorten** en **4 soorten broedvogels** (tabel 4.1).

4.1.3 Haringvliet

Het Haringvliet is een afgesloten zeearm die via een open verbinding met het Hollands Diep deel uitmaakt van de delta van Rijn en Maas. Het Haringvliet vormt nu een groot zoetwaterbekken, dat alleen via Spui, Oude Maas en Nieuwe Waterweg nog in verbinding staat met de Noordzee. Aan de oevers van Voorne-Putten, de Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee bestaat het landschap uit grasgorzen, riet- en biezenvelden, begroeide en onbegroeide zand- en slikplaten grenzend aan het open water. Een aantal voormalige platen zijn door vooroeververdediging en aanvulling met grond uitgegroeid tot uitgestrekte gebieden (Ventjagersplaten en Slijkplaat).

Het Natura 2000-gebied Haringvliet is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor **3 habitattypen**, **8 Habitatrichtlijnsoorten**, **10 soorten broedvogels** en **26 soorten niet-broedvogels** (tabel 4.1).

4.1.4 Duinen Goeree & Kwade Hoek

Het gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek omvat een aantal duingebieden aan de noordwestkant van Goeree plus de aan de zeezijde gelegen Kwade Hoek. De Kwade Hoek is het meest noordelijke deel van het intergetijdengebied van de Voordelta en vormt hier de overgang van kwelder naar strandvlakte. De zandbanken, waaronder een grote haak in het noordoosten, vallen bij eb grotendeels droog en groeien elk jaar nog aan. Het gebied bestaat aan de zeezijde uit strand, waar spontaan duintjes zijn ontstaan, en slikken. Doordat deze modderige platen dagelijks worden overspoeld met zeewater zijn ze nauwelijks begroeid. Meer landinwaarts liggen schorren die doorsneden worden door kronkelige kreken. Achter de duintjes hebben zich vochtige primaire duinvalleien ontwikkeld. Het is dus een afwisselend en dynamisch landschap met primaire duinvorming, slikken, schorren, valleien en duinstruweel.

Het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor **19 habitattypen**, **4 Habitatrichtlijnsoorten**, **1 broedvogel** en **19 soorten niet-broedvogels** (tabel 4.1).

4.1.5 Grevelingen

De Grevelingen is een voormalige zeearm gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Het is sinds de afsluiting door de Deltawerken het grootste zoutwatermeer van Europa en bevat een aantal eilanden waar uitgestrekte, soortenrijke duinvalleibegroeiingen en zilte pioniergemeenschappen voorkomen, alsmede uitgestrekte

oeverlanden met zilte begroeiingen, graslanden, ruigten, struwelen en bos. Krammer-Volkerak

Het Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor **8 habitattypen**, **4 Habitatrichtlijnsoorten** en **7 broedvogels** en **27 soorten niet-broedvogels** (tabel 4.1).

4.1.6 Solleveld & Kapittelduinen

Het tussen Den Haag en Ter Heijde gelegen Solleveld wijkt af van de meeste andere Zuid-Hollandse duingebieden doordat het voor het overgrote deel bestaat uit 'oude duinen'. Het gebied is niet heel reliëfrijk en bestaat uit duinen, duinbossen, graslanden, duinheiden, struwelen, ruigten en plassen. Aan de binnenduinrand liggen een aantal oude landgoedbossen met een rijke stinzeflora. Ten noorden van de oude monding van de Maas liggen de Kapittelduinen. Dit gebied bestaat uit de ten oosten van het strand gelegen duinen, vochtige duinvalleien, duinplassen, duin- en landgoedbossen, graslanden, struwelen, ruigten en een aantal dijktrajecten.

Het Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen is aangewezen als Habitatrichtlijn-gebied voor **11 habitattypen** en **2 Habitatrichtlijnsoorten** (tabel 4.1).

4.2 Afbakening effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden

In deze paragraaf wordt voor de *soorten*, waarvoor de zes hiervoor genoemde Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, beschreven of (mogelijk) sprake is van een relatie met het plangebied. Wanneer dat het geval is wordt dat voor de desbetreffende soorten in hoofdstukken 6 in meer detail beschreven. Voor de habitattypen waarvoor de Natura 2000-gebieden zijn aangewezen is beschreven of deze (mogelijk) binnen de invloedssfeer van het windpark liggen. Wanneer geen sprake is van een relatie met het plangebied, of de habitattypen buiten de invloedssfeer van het windpark liggen, zijn effecten van de bouw en het gebruik van Windpark Tweede Maasvlakte op voorhand uitgesloten, en worden de desbetreffende habitattypen in dit rapport verder niet meer in detail behandeld (zie ook tabel 4.1).

4.2.1 Habitattypen

Alle zes in §4.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor beschermde habitattypen. Omdat de windturbines buiten de begrenzing van de Natura 2000-gebieden gebouwd zullen worden, is met zekerheid geen sprake van verlies van areaal van de beschermde habitattypen door ruimtebeslag. Daarnaast is er geen sprake van relevante emissie van schadelijke stoffen naar water en of bodem (voor stikstof, zie volgende alinea) of van veranderingen in grond- of oppervlaktewateren.

Tijdens de bouw van het windpark wordt onder andere gebruik gemaakt van vracht- en kraanwagens die stikstof kunnen uitstoten. Vanwege de beperkte omvang van de werkzaamheden, de tijdelijkheid van de werkzaamheden, en gezien de grote afstand tot

Natura 2000-gebieden met stikstofgevoelige habitattypen, is de omvang van dergelijke emissie verwaarloosbaar. Dit zal volledigheidshalve voor het VKA nader worden onderbouwd in een passende beoordeling met behulp van een zogenoemde Aerius-berekening, maar vormt geen onderdeel van deze natuurtoets, ook omdat beide alternatieven op voorhand niet onderscheidend zijn voor dit aspect.

4.2.2 Soorten van Bijlage II van de Habitatrichtlijn

Alle zes in §4.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor Habitatrichtlijnsoorten van Bijlage II. Het plangebied ligt buiten de begrenzing van deze Natura 2000-gebieden, maar grenst wel direct aan het Natura 2000-gebied Voordelta. Het overgrote deel van de aangewezen Habitatrichtlijnsoorten zijn gebonden aan habitattypen die voorkomen binnen de begrenzing van de Natura 2000-gebieden. Er bestaat voor deze soorten daarom geen relatie met het plangebied. De geplande windturbines van Windpark Tweede Maasvlakte staan (ruim) buiten voornoemde Natura 2000-gebieden. Hierdoor is gedurende de *gebruiksfase* met zekerheid geen sprake van verstoring (inclusief sterfte) van de betrokken soorten of verslechtering van de kwaliteit van de natuurlijke habitats van deze soorten in de Natura 2000-gebieden als gevolg van het gebruik van het windpark (tabel 4.1).

Gedurende de *aanlegfase* worden de funderingen van de windturbines in de zachte zeewering getrild met behulp van een vibrohamer en in de harde zeewering geschroefd. Dit kan potentieel leiden tot verstoring van onder meer de aangewezen soorten trekvissen **zeeprik**, **rivierprik**, **elft** en **fint** en de zeezoogdiersoorten **grijze zeehond**, **gewone zeehond** en **bruinvis** in het aangrenzende Natura 2000-gebied Voordelta. Effecten op deze soorten zijn hierdoor niet op voorhand uit te sluiten. Effecten op deze soorten dienen daarom nader te worden onderzocht en beoordeeld. Dit wordt los van deze natuurtoets uitgevoerd door Heinis Waterbeheer & Ecologie in samenwerking met TNO. **Habitatrichtlijnsoorten blijven in voorliggende natuurtoets derhalve buiten beschouwing**.

4.2.3 Broedvogels

Zes van de acht in §4.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor een aantal broedvogelsoorten (tabel 4.1). Enkele soorten vogels met een grote actieradius, waarvoor deze Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, kunnen op en nabij de Tweede Maasvlakte foerageren. Door de externe werking van de bescherming van Natura 2000-gebieden, kan de realisatie van een windpark op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte effect hebben op de realisatie van de IHD's van deze vogels in de betreffende gebieden. Voor de verschillende nabijgelegen Natura 2000-gebieden (die zijn aangewezen voor broedvogels) is hieronder in meer detail beschreven welke vogelsoorten in het broedseizoen mogelijk een effect van het geplande windpark ondervinden en voor welke soorten significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van het windpark op voorhand uitgesloten kunnen worden. In tabel 4.1 is samengevat welke vogelsoorten in voorliggende natuurtoets nader worden onderzocht.

Voornes Duin

Natura 2000-gebied Voornes Duin is aangewezen voor vier soorten broedvogels: geoorde fuut, aalscholver, kleine zilverreiger en lepelaar. De **geoorde futen** die in het Voornes Duin broeden, maken (in de broedtijd) geen gebruik van de omgeving van het plangebied. Significante verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de geoorde fuut (als broedvogel) zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

De **aalscholver** broedt in het Breede Water en het Quackjeswater en foerageert in de wijde omgeving van het Natura 2000-gebied Voornes Duin. De aalscholver kan binnen het broedseizoen tot 70 km afstand van de broedkolonie foerageren (Van Dam *et al*. 1995) en de soort wordt dan ook regelmatig in het plangebied waargenomen (zie hoofdstuk 6). De effecten van de ingreep op de aalscholver in het Voornes Duin worden in voorliggende natuurtoets nader bepaald en beoordeeld.

De **kleine zilverreiger** en de lepelaar broeden in het Quackjeswater. Beide soorten foerageren in de ruime omgeving van de kolonie onder andere in ondiep water bij stranden en zandplaten. Voor de kleine zilverreiger ligt het plangebied buiten de actieradius van ca. 10 kilometer in het broedseizoen (Fasola *et al*. 2002). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van de kleine zilverreiger in het Voornes Duin zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

De **lepelaar** kan in het broedseizoen tot op een afstand van 40 km van de kolonie foerageren (Van der Winden *et al*. 2004; Prinsen *et al*. 2009a) en dus in theorie het plangebied gebruiken en/of passeren. Voor de lepelaar geldt echter dat er nauwelijks geschikt foerageergebied nabij of ten noorden van het plangebied ligt. Ook ligt het gebied niet op een vliegroute tussen de broedkolonie en foerageergebied waaronder Midden-Delfland (zie hoofdstuk 6). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van de lepelaar in het Voornes Duin zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

Duinen Goeree & Kwade Hoek

De **strandplevier** is de enige broedvogel waarvoor het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen. De strandplevieren die in dit Natura 2000-gebied broeden hebben in het broedseizoen een beperkte actieradius (maximaal 3 km, Van der Hut *et al*. 2007) en hebben dus zeker geen relatie met het plangebied op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulatie van de strandplevier in het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

Haringvliet

Het Haringvliet is aangewezen voor tien broedvogelsoorten: **bruine kiekendief**, **kluut**, **bontbekplevier**, **strandplevier**, **zwartkopmeeuw**, **grote stern**, **visdief**, **dwergstern**, **blauwborst** en **rietzanger**. Met uitzondering van de grote stern, is de actieradius van deze soorten in het broedseizoen niet groot genoeg om de afstand van >15 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van voornoemde soorten (exclusief grote stern) in

het Natura 2000-gebied Haringvliet zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

De uitzondering wordt gevormd door de **grote stern**. De grote sterns die broeden in het Haringvliet kunnen tot 30 km afstand van de broedkolonie foerageren (Van der Hut *et al*. 2007). De effecten van de ingreep op de grote stern in het Haringvliet worden in voorliggende natuurtoets nader bepaald en beoordeeld.

Grevelingen
Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen voor zeven soorten broedvogels: **bruine kiekendief**, **kluut**, **bontbekplevier**, **strandplevier**, **grote stern**, **visdief** en **dwergstern**. Net als voor het Haringvliet geldt dat alleen de actieradius van de grote stern in het broedseizoen groot genoeg is om de afstand tot het plangebied, van in dit geval ongeveer 30 km, (dagelijks) af te leggen. De effecten van de ingreep op de **grote stern** in het Grevelingen worden in voorliggende natuurtoets nader bepaald en beoordeeld. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van voornoemde overige zes soorten in het Natura 2000-gebied Grevelingen zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

4.2.4 Niet-broedvogels

Vier van de zes in §4.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor een aantal niet-broedvogelsoorten (tabel 4.1). Enkele soorten vogels met een grote actieradius, waarvoor deze Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, kunnen in theorie op en nabij de Tweede Maasvlakte foerageren. Door de externe werking van de bescherming van Natura 2000-gebieden, kan de realisatie van een windpark op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte effect hebben op de realisatie van de IHD's van deze vogels in de betreffende gebieden. Voor de verschillende nabijgelegen Natura 2000-gebieden (die zijn aangewezen voor niet-broedvogels) is hieronder in meer detail beschreven welke vogelsoorten buiten het broedseizoen mogelijk een effect van het geplande windpark ondervinden en voor welke soorten significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van het windpark op voorhand uitgesloten kunnen worden.

Voordelta
Alle niet-broedvogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen (zie tabel 4.1) ondervinden met name in de gebruiksfase mogelijk negatieve effecten van de ingreep in de vorm van verstoring (inclusief sterfte). De effecten van het windpark op niet-broedvogels waarvoor de Voordelta is aangewezen worden in voorliggende natuurtoets nader bepaald en beoordeeld.

Duinen Goeree & Kwade Hoek
Het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen voor 18 soorten niet-broedvogels (tabel 4.1). Alleen aalscholver, grauwe gans en brandgans kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 6) wordt voor de grauwe gans en brandgans op voorhand geconcludeerd dat er geen of

hooguit sporadisch sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied (voornamelijk in het getijdegebied Kwade Hoek) enige binding hebben met het >16 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben vooral binding met de Voordelta en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.
De actieradius van andere soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >16 km tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 18 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

Haringvliet
Het Natura 2000-gebied Haringvliet is aangewezen voor 26 soorten niet-broedvogels (tabel 4.1). Alleen aalscholver, kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 6) wordt voor de kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend op voorhand geconcludeerd dat er geen of hooguit sporadisch sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura 2000-gebied Haringvliet over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied Haringvliet enige binding hebben met het >20 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben vooral binding met de Voordelta en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.
De actieradius van andere soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >20 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 26 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Haringvliet zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

Grevelingen
Het Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen voor 34 soorten niet-broedvogels (zie tabel 4.1). Alleen aalscholver, kolgans, grauwe gans, brandgans en wilde eend kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 6) wordt voor de kolgans, grauwe gans, brandgans en wilde eend op voorhand geconcludeerd dat er geen of hooguit sporadisch sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura 2000-gebied Grevelingen over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied Grevelingen enige binding hebben met het >25 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben vooral binding met de Voordelta en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.
De actieradius van de overige kwalificerende soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >25 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der

Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 34 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Grevelingen zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

4.2.5 Samenvatting

In voorgaande paragrafen is beschreven welke soorten, waarvoor de Natura 2000-gebieden Solleveld & Kapittelduinen, Voornes Duin, Voordelta, Haringvliet, Duinen Goeree & Kwade Hoek en Grevelingen zijn aangewezen, mogelijk een verstorend effect (inclusief sterfte) ondervinden van Windpark Tweede Maasvlakte. In tabel 4.1 is een volledig overzicht opgenomen van de IHD's van voornoemde Natura 2000-gebieden en is weergegeven voor welke soorten de effecten in deze natuurtoets nader bepaald en beoordeeld worden (oranje gearceerd in tabel 4.1). Voor de overige soorten en alle beschermde habitattypen is in voorgaande alinea's beargumenteerd waarom effecten (verstoring of verslechtering) van Windpark Tweede Maasvlakte op voorhand met zekerheid uitgesloten kunnen worden (groen gearceerd in tabel 4.1) of waarom deze IHD's in voorliggende natuurtoets niet aan bod komen (door derden worden getoetst in afzonderlijke rapportages, blauw gearceerd in tabel 4.1). Deze soorten en habitattypen zullen in de voorliggende effectbepaling en -beoordeling buiten beschouwing worden gelaten.

Tabel 4.1 *Overzicht van habitattypen en -soorten, waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, die in voorliggend rapport nader worden behandeld (oranje gemarkeerd). Habitattypen en -soorten die in de tabel groen zijn gemarkeerd worden verder buiten beschouwing gelaten (zie volgende pagina's).*

Instandhoudingsdoelstelling		Voordelta (<100 m)	Voornes Duin (7 km)	Duinen Goeree & Kwade Hoek (16 km)	Haringvliet (20 km)	Grevelingen (25 km)	Solleveld & Kapittelduinen (8 km)
Habitattypen							
H1110A	Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
H1110B	Permanent overstroomde zankbanken (Noordzee-kustzone)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
H1140A	Slik- en zandplaten (getijdengebied)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H1140B	Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H1320	Slijkgrasvelden	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H1330B	Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H2110	Embryonale duinen	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2120	Witte duinen	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2130B	Grijze duinen (kalkarm)	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2130C	Grijze duinen (heischraal)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H2150	Duinheiden met struikhei	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2160	Duindoornstruwelen	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2170	Kruipwilgstruwelen	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H2180A	Duinbossen (droog)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2180B	Duinbossen (vochtig)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt
H2180C	Duinbossen (binnenduinrand)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2190A	Vochtige duinvalleien (open water)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied
H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H2190D	Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H3270	Slikkige rivieroevers	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H6430B	Ruigten en zomen (harig wilgenroosje)	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H6430C	Ruigten en zomen (droge bosranden)	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
H91E0A	Vochtige alluviale bossen (zachthoutooibossen)	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
Habitatsoorten							
H1014	Nauwe Korfslak	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied
H1095	Zeeprik	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1099	Rivierprik	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1102	Elft	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1103	Fint	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1106	Zalm	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1134	Bittervoorn	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1163	Rivierdonderpad	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
H1337	Bever	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
H1340	Noordse woelmuis	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H1364	Grijze zeehond	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H1365	Gewone zeehond	Ja, effect onderzocht door derden	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
H1903	Groenknolorchis	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied

Instandhoudingsdoelstelling		Voordelta (<100 m)	Voornes Duin (7 km)	Duinen Goeree & Kwade Hoek (16 km)	Haringvliet (20 km)	Grevelingen (25 km)	Solleveld & Kapittelduinen (8 km)
Broedvogels							
A008	Geoorde fuut	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt
A017	Aalscholver	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt
A026	Kleine Zilverreiger	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt
A034	Lepelaar	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt
A081	Bruine Kiekendief	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A132	Kluut	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A137	Bontbekplevier	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A138	Strandplevier	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A176	Zwartkopmeeuw	nvt	nvt	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt
A191	Grote stern	nvt	nvt	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt
A193	Visdief	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A195	Dwergstern	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A272	Blauwborst	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A295	Rietzanger	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
Niet-broedvogels							
A001	Roodkeelduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A004	Dodaars	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A005	Fuut	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A007	Kuifduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A008	Geoorde fuut	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A017	Aalscholver	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A026	Kleine Zilverreiger	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A034	Lepelaar	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A037	Kleine Zwaan	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A041	Kolgans	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A042	Dwergganss	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A043	Grauwe Gans	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A045	Brandgans	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A046	Rotgans	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A048	Bergeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A050	Smient	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A051	Krakeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A052	Wintertaling	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A053	Wilde eend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A054	Pijlstaart	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A056	Slobeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A061	Kuifeend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A062	Topper eend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A063	Eider	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A065	Zwarte zee-eend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A067	Brilduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A069	Middelste Zaagbek	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A094	Visarend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A103	Slechtvalk	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A125	Meerkoet	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A130	Scholekster	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A132	Kluut	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A137	Bontbekplevier	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A138	Strandplevier	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A140	Goudplevier	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A141	Zilverplevier	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A142	Kievit	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A144	Drieteenstrandloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
A149	Bonte strandloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A156	Grutto	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A157	Rosse grutto	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A160	Wulp	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A162	Tureluur	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A169	Steenloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A177	Dwergmeeuw	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A191	Grote stern	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A193	Visdief	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

4.3 Natuurnetwerk Nederland

De beoogde turbinelocaties zijn niet gepland in, maar grenzen wel direct aan gebieden die behoren tot het NNN. Een overdraaigebied van de windturbines over deze NNN-gebieden is uitgesloten. Het NNN kent in de provincie Zuid-Holland geen externe werking. Hierdoor kunnen effecten op deze gebieden worden uitgesloten en blijft dit verder in deze rapportage buiten beschouwing.

4.4 Provinciaal beleid

In de ruime omgeving van het plangebied zijn geen gebieden gelegen die provinciaal beleidsmatig beschermd zijn, zoals weidevogel- en ganzenopvanggebieden. Deze blijven daarom in onderstaande rapportage buiten beschouwing.

5 Materiaal en methoden

5.1 Brongegevens

5.1.1 Vogels

Voor de beschrijving van de aantallen en verspreiding van vogels in de omgeving van het plangebied is gebruik gemaakt van gegevens uit de literatuur, kennis opgedaan in eerdere onderzoeken in (de omgeving van) het plangebied door Bureau Waardenburg en opgevraagde telgegevens (zie onder). Deze gegevens zijn aangevuld met gegevens uit veldonderzoeken uitgevoerd in 2012 en 2019 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013, Prinsen *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019, Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020).

Broedvogels
Voor gegevens over de aanwezigheid van broedvogels op de Tweede Maasvlakte is gebruik gemaakt van gegevens van de periode 2013-2018 gepubliceerd in Arts *et al*. (2019a), aangevuld met gegevens uit 2019 gepubliceerd in Lilipaly *et al*. (2020). In hoofdstuk 6 wordt daarnaast kort stilgestaan bij andere recent beschikbaar gekomen informatie over broedvogelaantallen in 2017 (Staro & BEC 2017). Informatie over het aantal broedparen van de grote stern in Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen is afgeleid van Sovon.nl en Strucker *et al*. (2016). Kennis van de vliegbewegingen van grote sterns die broeden in het Haringvliet en het Grevelingenmeer is afgeleid uit Prins *et al*. (2013) en Fijn *et al*. (2016).

Extra gegevens over de vliegbewegingen van aalscholvers die broeden in het Breede Water (Voornes Duin) zijn afkomstig uit onderzoek van Bureau Waardenburg aan gezenderde aalscholvers uit de desbetreffende kolonie (Fijn *et al*. 2014). Het aantal broedparen in het Breede Water is afgeleid van Sovon.nl. De aantallen niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta zijn afgeleid van de rapportenreeks ‘Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta’ (Strucker *et al*. in serie; Arts *et al*. in serie).

Niet-broedvogels
Voor de beschrijving van de verspreiding en het voorkomen van niet-broedvogels in de omgeving van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte is gebruik gemaakt van de gegevens van midwintertellingen in januari van Rijkswaterstaat Waterdienst voor de jaren 2014, 2015, 2016 en 2018 voor het gebied Europoort/Maasvlakte als geheel, gepubliceerd in Arts *et al*. (in serie). Bureau Stadsnatuur heeft op basis van deze midwintertellingen en aanvullende informatie van de tellers het gebiedsgebruik van niet-broedvogels op en langs de buitencontour in kaart gebracht.

In de Voordelta worden ook maandelijks tellingen vanuit het vliegtuig uitgevoerd van zwarte zee-eend en eider. In de periode 2009-2015 zijn voor de kust van de buitencontour geen zwarte zee-eenden en eiders vastgesteld (Fijn *et al*. 2016; resultaten eider zijn hier niet in

gepubliceerd maar zijn wel verzameld en voor deze rapportage gebruikt). De zee-eenden en eiders verblijven doorgaans in meer zuidelijk gelegen gebieden in de Voordelta (Fijn *et al*. 2016; Fijn *et al*. ongepubliceerd).

Voor het beschrijven van het voorkomen van niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta in de seizoenen '13/'14 t/m '17/'18 (seizoensgemiddelde) is gebruik gemaakt van de gegevens van het Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS): www.sovon.nl/gebieden.

Seizoenstrek
De beschrijving van seizoenstrek is gebaseerd op het radaronderzoek op de Tweede Maasvlakte in oktober 2012 door Prinsen *et al*. (2013) en najaar 2019 gerapporteerd in Kleyheeg-Hartman & Potiek (2020a).

5.1.2 Vleermuizen

De beschrijving van de aanwezigheid en gebiedsgebruik van vleermuizen in het plangebied is gebaseerd op veldonderzoek in 2019 gerapporteerd in Boonman (2019). Dit betreft zowel transectonderzoek binnen het plangebied als metingen vanuit de gondel van twee bestaande windturbines bij de Maasmond respectievelijk op de Slufterdam, zie paragraaf 7.7 voor details.

5.1.3 Overige beschermde soorten

De beschrijving van de aanwezigheid en gebiedsgebruik van overige beschermde fauna en beschermde soorten planten in het plangebied is gebaseerd op gegevens beschreven in Wansink *et al*. (2013), aangevuld met resultaten van een recent veldbezoek aan het plangebied gericht op beschermde soorten flora en fauna door Bureau Waardenburg op 16 april 2020. Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens uit de Nationale Database Flora en Fauna (NDFF, geraadpleegd voorjaar 2020) en Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam[2].

5.2 Effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden

5.2.1 Bepaling van effecten op vogels

Aanvaringsslachtoffers
Voor de bepaling van het aantal aanvaringsslachtoffers is gebruik gemaakt van bestaande kennis over slachtofferaantallen bij windparken in Nederland, België, Duitsland en andere (West-) Europese landen (Winkelman 1989, 1992, Musters et al. 1996, Baptist 2005, Schaut et al. 2008, Everaert 2008, Krijgsveld et al. 2009, Krijgsveld & Beuker 2009, Beuker & Lensink 2010, Brenninkmeijer & Van der Weyde 2011, Verbeek et al. 2012, Klop & Brenninkmeijer 2014, Langgemach & Dürr 2020). In deze studies is gecorrigeerd voor factoren zoals zoekefficiëntie, verdwijnen van lijken door aaseters, het aantal zoekdagen

[2] https://www.portofrotterdam.com/nl/onze-haven/onze-themas/een-duurzame-haven/natuurwijzer

en type zoekgebied. Op basis van deze kennis, gecombineerd met kennis van de vliegactiviteit van soorten in het plangebied, is op basis van deskundigenoordeel het toekomstige aantal slachtoffers in het windpark bepaald.

Voor sommige soort(groep)en is uit onderzoek in bestaande windparken een aanvaringskans beschikbaar. Voor deze soorten kan het aantal aanvaringsslachtoffers berekend worden met behulp van het Flux-Collision Model (bijlage 3, Kleyheeg-Hartman *et al*. 2018). De aanvaringskansen (kans dat een langs vliegende vogel botst met een windturbine) zijn gebaseerd op studies in Windpark Wieringermeer, Windpark Sabinapolder, Windpark Oosterbierum, Windpark Slufter, Windpark Distridam en enkele studies in België (Winkelman 1992, Everaert 2008, Fijn *et al*. 2012, Verbeek *et al*. 2012, Gyimesi *et al*. 2013). De aantallen slachtoffers uit deze studies zijn te vertalen naar nieuw geplande windparken, indien rekening gehouden wordt met de windturbineomvang (ashoogte, rotordiameter), windturbineconfiguratie, locatie (landschapstype), vogelaanbod (flux) en betrokken soorten. Deze factoren zijn geformaliseerd in een berekeningswijze die soort(groep)-specifiek is en waarvoor kennis over het vogelaanbod (flux) noodzakelijk is (Flux-Collision Model; versie maart 2016, zie bijlage 3 voor details en Kleyheeg-Hartman *et al*. 2018). De uitkomst van de berekeningen wordt bepaald door de combinatie van de dimensies van het windpark en de eigenschappen en het gedrag van de desbetreffende vogelsoort.

Soorten uit Natura 2000-gebieden
In hoofdstuk 4 is weergegeven welke kwalificerende soorten uit welke Natura 2000-gebieden in deze natuurtoets zijn opgenomen. Hieruit blijkt dat voor alle niet-broedvogels, waarvoor de Voordelta is aangewezen, de effecten in beeld gebracht dienen te worden. De meeste van deze soorten niet-broedvogels vertonen echter geen vliegbewegingen door het windpark zelf, omdat ze geen binding hebben met de omgeving van het plangebied of uitsluitend buitendijks in de Voordelta voorkomen, bijvoorbeeld steltlopersoorten die voornamelijk op de Slikken van Voorne foerageren en overtijen (Wansink *et al*. 2013, Verbeek 2017). Voor deze soorten is in de effectbepaling geen berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers uitgevoerd, omdat dit effect op basis van de verspreiding en het gedrag van de soort als nihil beschouwd kan worden.

De resterende kwalificerende soorten waarvoor wel slachtofferberekeningen zijn uitgevoerd zijn de **scholekster** (niet-broedvogel Voordelta), **visdief** (niet-broedvogel Voordelta) en de **grote stern** die broedt in het Haringvliet en/of het Grevelingenmeer. Voor **aalscholver** (hier beoordeeld als broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta, zie argumentatie in hoofdstuk 4 waarom andere Natura 2000-gebieden niet in beschouwing zijn genomen ten aanzien van aalscholver) is geen aanvaringskans uit eerder onderzoek beschikbaar en kan geen berekening met het Flux-Collision Model worden gedaan. In voorliggende rapportage is daarom een berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers uitgevoerd met een ander rekenmodel dat veel voor offshore windparken wordt gebruikt, het zogenoemde Band model (Band 2012). Voor een bespreking van beide modellen wordt kortheidshalve verwezen naar Kleyheeg-Hartman *et al*. (2018). Als input in het Band model is gebruik gemaakt van informatie over: 1) aantallen vliegbewegingen van aalscholver over het plangebied (flux), 2) het vlieggedrag en enkele biometrische gegevens van aalscholver,

3) vlieghoogte en 4) de afmetingen en configuratie van het geplande windpark. In bijlage 4 is de methode verder uitgeschreven.

Overige soorten in het kader van Wnb soortenbescherming
Aanvullend zijn in het kader van de Wnb soortenbescherming slachtofferberekeningen met Flux-Collision Model uitgevoerd voor de soorten **dwergstern**, **kleine mantelmeeuw** en **zilvermeeuw**. Voor andere broedvogelsoorten dan voornoemde drie soorten zijn in de broedseizoenen 2012 (Gyimesi *et al*. 2013) en 2019 (Leemans *et al*. 2019) relatief weinig vliegbewegingen over de buitencontour waargenomen en worden geen jaarlijkse slachtoffers voorzien.

In de berekeningen is nadrukkelijk de informatie verzameld tijdens veldonderzoek in het plangebied in 2019 meegenomen (Leemans *et al*. 2019). Noodzakelijkerwijs zijn de berekeningen deels gebaseerd op aannames. Deze aannames zijn altijd op zo'n manier gedaan dat in alle gevallen met zekerheid het worst-case scenario is getoetst. Dit betreft o.a. het aantal vogels dat bij het windpark rondvliegt, uitwijkt voor het windpark, en de berekende 1%-mortaliteitsnorm (zie ook hieronder bij flux, uitwijking en 1%-mortaliteits-norm).

Aanvaringskans
In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van o.a. de aanvaringskansen die in de slachtofferberekeningen zijn gehanteerd.

Tabel 5.1 *Aanvaringskansen, flux over de harde zeewering en zachte zeewering (totaal aantal vliegbewegingen per broedseizoen), en percentage macro-uitwijking (voor het gehele windpark) voor de verschillende vogelsoorten in de slachtoffer-berekeningen. 1 = Verbeek et al. (2012); 2 = Winkelman (1992); 3 = Fijn et al. (2012), 4 = Gyimesi et al. 2013, 5 = Everaert (2008).*

soort	**aanvarings-kans (%)**	**flux per seizoen harde zeewering (n vluchten)**	**flux per seizoen zachte zeewering (n vluchten)**	**macro-uitwijken (%)**
scholekster	0,02[2]	330	1.825	20
grote stern	0,0015[4]	11.978	15.642	28
visdief	0,0015[4]	27.699	101.673	28
dwergstern	0,0015[4]	156	12.230	5
kleine mantelmeeuw	0,0055[1], 0,0073[4], 0,0108[4]	178.078	219.526	18
zilvermeeuw	0,0055[1], 0,0274[4], 0,0890[5]	79.553	95.047	18

Voor de **scholekster** is een aanvaringskans gehanteerd (tabel 5.1) die voor steltlopers is vastgesteld in Windpark Oosterbierum (Winkelman 1992). Het onderzoek in de Sep-proefwindcentrale in Oosterbierum (Winkelman 1992) is tot nu toe het enige onderzoek waarin aanvaringskansen voor steltlopers zijn bepaald. Winkelman (1992) heeft de aanvaringskans op verschillende manieren berekend, uitgaande van uiteenlopende fluxen en verschillende, al dan niet gecorrigeerde, aantallen aanvaringsslachtoffers. De gehanteerde aanvaringskans van 0,02% voor steltlopers is door Winkelman (1992) berekend op basis van het maximale werkelijke (oftewel gecorrigeerde) aantal aanvarings-slachtoffers. Dit is berekend op basis van de zekere, zeer waarschijnlijke en mogelijke slachtoffers. De flux die Winkelman (1992) heeft gebruikt voor de berekening van deze aanvaringskans, betreft het minimale aantal geschatte vliegbewegingen door (of net over) het windpark in de namiddag/avond, nacht en ochtend. Dit betreft waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke flux, omdat de fluxen in het onderzoek van Winkelman (1992) veelal visueel/auditief zijn gemeten, waardoor mogelijk vogels zijn gemist. De belangrijkste redenen voor het hanteren van specifiek deze aanvaringskansen zijn: 1) omdat de aanvaringskansen berekend zijn op basis van het maximale werkelijke aantal slachtoffers, waarin ook de mogelijke aanvaringsslachtoffers zijn meegenomen, betreft de aanvaringskans met zekerheid een worst-case scenario, 2) de flux waarop de aanvarings-kansen zijn gebaseerd (vliegbewegingen in de avond, nacht en ochtend) komt het best overeen met de manier waarop de flux over het algemeen in de slachtofferberekeningen voor de te beoordelen windparken wordt bepaald.

Voor de **kleine mantelmeeuw** zijn soortspecifieke aanvaringskansen beschikbaar uit Windpark Slufterdam en Windpark Distridam (Gyimesi *et al*. 2013). Beide aanvarings-kansen zijn gebruikt voor de berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers van de kleine mantelmeeuw in Windpark Tweede Maasvlakte. Naast deze twee soortspecifieke aanvaringskansen is ook gebruik gemaakt van de generieke aanvaringskans die in Windpark Sabinapolder voor meeuwen is bepaald (Verbeek *et al*. 2012). Het in dit rapport gepresenteerde aantal aanvaringsslachtoffers betreft het gemiddelde van de drie uitkomsten berekend met de aanvaringskansen uit deze drie referentiewindparken. De afzonderlijke windparken tellen even zwaar mee in de berekening van het gemiddelde.

Voor de **zilvermeeuw** is de soortspecifieke aanvaringskans gebruikt vastgesteld tijdens onderzoek in Windpark Slufterdam (Gyimesi *et al*. 2013). Naast deze soortspecifieke aanvaringskans uit Windpark Slufterdam is ook gebruik gemaakt van de generieke aanvaringskans die in Windpark Sabinapolder voor meeuwen is bepaald (Verbeek *et al*. 2012) en van de aanvaringskansen die in de Belgische windparken Kleine Pathoekeweg en Boudewijnkanaal voor grote meeuwen zijn bepaald (Everaert 2008). Het in dit rapport gepresenteerde aantal aanvaringsslachtoffers betreft het gemiddelde van de vier uitkomsten berekend met de aanvaringskansen uit voornoemde vier geselecteerde referentiewindparken. De afzonderlijke windparken tellen even zwaar mee in de berekening van het gemiddelde.

Voor de **visdief**, **grote stern** en **dwergstern** is de aanvaringskans gehanteerd (tabel 5.1) vastgesteld voor visdief in het nabijgelegen Windpark Slufter op de Eerste Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013). Er is hier gekozen om niet te vergelijken met aanvaringskansen

berekend in een windpark in Zeebrugge, omdat die situatie daar te sterk afwijkt (relatief kleine turbines en sternkolonies zeer dichtbij de windturbines) van voorliggende situatie.

Bepaling soortspecifieke flux
De totale soortspecifieke flux door het windpark (tabel 5.1) is bepaald aan de hand van de resultaten van het veldwerk in 2019 (Leemans *et al*. 2019). Voor de harde zeewering is hiertoe, vanwege verschillen in flux over deelgebieden binnen de harde zeewering, de *gemiddelde* flux berekend voor drie deelgebieden die samenvallen met de meest westelijke turbine, de vijf middelste turbines respectievelijk de vier oostelijke turbines. Voor de zachte zeewering is gerekend met een *gemiddelde* flux berekend over de gehele zachte zeewering

In alle gevallen is bij de berekening van de totale flux rekening gehouden met het aantal uur dat er op een dag vliegactiviteit van de betreffende soort zal zijn. Dit laatste verschilt tussen de maanden aangezien er sprake is van een uitgesproken verschil in daglengte. Tenslotte is de flux gemeten in maanden mei t/m juli 2019 geëxtrapoleerd naar de maanden dat geen veldonderzoek heeft plaatsgevonden maar de soorten nog wel in en rond de broedkolonie (en dus het windpark) actief zijn. Kleine mantelmeeuwen komen bijvoorbeeld pas in de loop van april in de kolonie aan en zijn in september alweer goeddeels vertrokken.

Voor de **grote stern** is aangenomen dat alle vogels die in de maanden april t/m juli de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren, tot de broedkolonies in het Haringvliet en Grevelingenmeer behoren. Voor de maanden april t/m juli is de flux afgeleid van de flux zoals tijdens het veldwerk in juli 2019 is vastgesteld. Aan het eind van het broedseizoen, in juli, passeerden duidelijk veel meer grote sterns de dijk dan tijdens het veldwerk in de maanden mei en juni. Aan het eind van het broedseizoen passeerden regelmatig groepjes volwassen grote sterns vergezeld van hun jongen de buitencontour (Leemans *et al*. 2019). Voor de maanden april, mei en juni bedraagt de flux een 1/8e, 1/4e respectievelijk 1/4e van de flux gemeten in juli, dit is een worst-case-scenario.

Voor de **visdief** is aangenomen dat alle vogels die in de maanden april t/m juli de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren, tot de broedkolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte behoren. Dit is voor de visdief een worst-case-scenario, omdat bij de fluxmetingen van het veldonderzoek van 2019 (Leemans *et al*. 2019) vermoedelijk ook visdieven passeerden die niet tot de kolonies van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte behoorden maar uit kolonies elders in de noordelijke Delta afkomstig zijn. De gemeten flux is toegepast voor de maanden mei t/m juli, wat voor de visdief de belangrijkste maanden van het broedseizoen zijn. Voor april (de maand dat visdieven weer arriveren in de broedkolonies in Nederland) is de helft van de flux gehanteerd die is vastgesteld in de maanden mei t/m juli.

Voor de **dwergstern** is, op basis van het veldonderzoek in 2019 (Leemans *et al*. 2019), de gemeten flux alleen toegepast voor de maanden mei t/m juli. In mei waren tijdens beide veldbezoeken nog geen dwergsterns aanwezig. Desondanks is in de berekening voorzichtigheidshalve uitgegaan van de helft van de flux gemeten in de maanden juni en juli.

Voor de **kleine mantelmeeuw** en **zilvermeeuw** is aangenomen dat alle vogels die in de maanden april t/m augustus de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren, tot de broedkolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte en Europoort behoren. Dit is voor beide soorten een worst-case scenario, omdat bij de fluxmetingen van het veldonderzoek van 2019 (Leemans *et al*. 2019) vermoedelijk ook grote meeuwen passeerden die niet tot de voornoemde kolonies behoorden, maar bijvoorbeeld afkomstig waren uit kolonies in het Haringvliet of Grevelingen. De gemeten flux is toegepast voor de maanden april-september, wat voor de beide grote meeuwensoorten de belangrijkste maanden van het broedseizoen zijn. Voor april en augustus is de helft van de vastgestelde flux in de maanden mei t/m juli gehanteerd. Voor september is nog een kwart van de vastgestelde flux in voorgaande maanden toegevoegd, omdat tijdens radaronderzoek in september 2019 dagelijks passages van tientallen volwassen en jonge meeuwen over de buitencontour is vastgesteld. De aantallen broedparen van beide grote meeuwensoorten in de broedkolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte en Europoort zijn sinds 2012 redelijk stabiel (gemiddeld circa 24.000 respectievelijk 3.000 broedparen).

Voor de **aalscholver** is het niet mogelijk om het aantal aanvaringsslachtoffers te berekenen, maar is op basis van het veldwerk in 2019 wel een soortspecifieke flux bepaald. Om de flux van aalscholvers afkomstig uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin te berekenen is aangenomen dat alle aalscholvers die in april t/m juni door het windpark vliegen tot de kolonies in Voornes Duin behoren.
Het Natura 2000-gebied Voordelta is daarnaast aangewezen voor de aalscholver als niet-broedvogel. Om de flux van aalscholvers buiten het broedseizoen te berekenen is voor de maanden juli t/m oktober de helft en voor de maanden november t/m maart 20% van de flux in het broedseizoen gehanteerd. Deze percentages zijn bepaald aan de hand van de lokale verspreiding en ecologie van de soort. Het aantal passages buiten het broedseizoen zal in werkelijkheid (iets) lager liggen (waar telgegevens ook op wijzen, zie Verbeek 2017) en zodoende is met zekerheid een worst-case scenario gehanteerd.

Voor **scholekster** is op basis van het veldonderzoek in voorjaar 2019 (Leemans *et al*. 2019) jaarrond een flux van 60 vogels per dag gehanteerd. Dit bedraagt met zekerheid een worst-case-scenario omdat het niet waarschijnlijk is dat gedurende het hele jaar dergelijke aantallen de buitencontour passeren. In het winterhalfjaar zijn gemiddeld slechts 128 exemplaren aanwezig in het gehele Maasvlakte en Europoort gebied (Arts *et al*. in serie). Het merendeel (84%) van de waargenomen passages vond in voorjaar 2019 plaats over de zachte zeewering. Aangenomen is dat een gering deel (10%) van de totale flux in het donker de buitencontour passeert en alleen dan een risico heeft om met turbines te botsen (afhankelijk van vlieghoogte).

Het plangebied wordt niet of nauwelijks gebruikt door andere (niet)-broedvogelsoorten waarvoor de nabijgelegen Natura 2000-gebieden zijn aangewezen en die ook uit die gebieden afkomstig zijn (zie hoofdstuk 4 en 6). Op basis hiervan is uitgesloten dat het plangebied door meer dan een verwaarloosbaar deel van de betrokken populaties dagelijks gebruikt zal worden als vliegroute.

Uitwijking om het windpark heen
Voor de grote stern is aangenomen dat 28% van de berekende dagelijkse flux over de buitencontour in de toekomst zal uitwijken voor de lijnopstellingen en om of over de lijnopstellingen heen vliegt, gebaseerd op de studie in Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ; Krijgsveld *et al*. 2011). Voor de visdief is uit de literatuur geen uitwijkingspercentage beschikbaar. Voor deze soorten is daarom ook 28% uitwijking aangehouden, gelijk aan de vergelijkbare vogelsoort grote stern in het windpark OWEZ. Voor dwergstern is uitwijken op een laag percentage van 5% gezet, omdat deze vogels in de huidige situatie al nabij het toekomstige windpark op de zachte zeewering broeden (zie hoofdstuk 6) en de verwachting is dat ze, net zoals bijvoorbeeld de visdieven in Windpark Slufter, tussen de turbines door naar zee zullen vliegen en niet kilometers om gaan vliegen.

Voor de kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw is een geringere uitwijking aangehouden; zowel in windparken op zee (Krijgsveld *et al*. 2011) als in windparken op de Eerste Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013) vertoonden aalscholver, grote en kleine meeuwen nauwelijks uitwijking en vlogen ze veelal door het windpark heen. In deze natuurtoets is de 18% overgenomen die empirisch door Krijgsveld *et al*. (2011) voor grote meeuwen in een uitgebreide meerjarige studie naar het effect van de windturbines op zee op (o.a.) vogels is vastgesteld.

Voor de scholekster is er voorzichtigheidshalve rekening mee gehouden dat slechts 20% van de berekende dagelijkse flux over de buitencontour in de toekomst zal uitwijken voor de lijnopstellingen en om of over de lijnopstellingen heen vliegt. De meeste scholeksters die zijn waargenomen tijdens het veldonderzoek in 2019 pendelden heen en weer tussen binnendijkse gebieden in de haven en het buitendijkse strand. Vliegbewegingen van verder weggelegen gebieden (zoals Slikken van Voorne), waarbij meer tijd en ruimte bestaat om uit te wijken, komen waarschijnlijk niet veel voor.

De gehanteerde uitwijkpercentages betreffen in veel gevallen een worst-case benadering aangezien bij bestaande windparken tot nu toe veel hogere uitwijkpercentages (80-95%) zijn gemeten voor een divers aantal soorten (o.a. Dirksen *et al*. 2007, Fijn *et al*. 2007, Poot *et al*. 2001, Tulp *et al*. 1999).

Flux op rotorhoogte
In een berekening met het Flux-Collision Model (versie maart 2016) wordt gecorrigeerd voor een mogelijk verschil in het aandeel van de flux op rotorhoogte tussen het referentiewindpark en het te toetsen windpark. Voor alle voornoemde soorten is in het veldonderzoek in 2019 de vlieghoogte bepaald van de vogels die de buitencontour passeerden (voor methode, zie Leemans *et al*. 2019). De vlieghoogte van de soorten is in voornoemd onderzoek onderverdeeld in hoogteklassen (0-10, 11-20, 21-30, 31-40,41-50, 51-75, 76-100, 101-150, 151-200 en 200-300 m) ten opzichte van de kruin van de dijk (die grotendeels op circa 15 m boven NAP ligt). Per type windturbine is de minimale (tiplaagte) en maximale (tiphoogte) hoogte bepaald. Vervolgens is bepaald hoeveel % van de flux op rotorhoogte zou zijn gepasseerd (tabel 5.2). **Hierbij is rekening gehouden met het feit dat de windturbines op de harde zeewering direct in/op een 15 m hoge dijk staan, wat de ruimte tussen tiplaagte en maaiveld met circa 15 m verkleind.** Voor visdief was

in 2019 een duidelijk verschil zichtbaar in vlieghoogte richting zee en richting land en dit verschil is in de modelberekeningen meegenomen (tabel 5.2). Tenslotte is aangenomen dat er weinig verschil zit in vlieghoogtes gemeten boven de dijk (zoals beschreven door Leemans *et al*. 2019) en boven het strand van de zachte zeewering. In bijlage 6 is dit op basis van radargegevens uit najaar 2019 nader onderbouwd voor de soorten kleine mantelmeeuw, zilvermeeuw en aalscholver.

Tabel 5.2 *Percentage van de flux op rotorhoogte (per type windturbine) van aalscholver, dwergstern, grote stern, visdief, kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw, gebaseerd op veldonderzoek in 2019 (Leemans et al. 2019). Indien slechts een deel van de rotorhoogte zich binnen een bepaalde hoogteklasse bevindt, is het aandeel vogels binnen die hoogteklasse genomen die betrekking heeft op de rotorhoogte. Hierbij is vanuit gegaan dat het aandeel vogels evenredig over die hoogteklasse is verdeeld. Voor de visdief is onderscheid gemaakt tussen vliegbewegingen naar de kolonie en naar zee, omdat hiertussen een substantieel verschil in vlieghoogte bestond. Voor de windturbines op de harde zeewering geldt dat rekening is gehouden met een beperking van de ruimte onder de rotoren als gevolg van een circa 15 m hoge dijk direct onder de turbines (rotorvlak in alternatief 1 op circa 8 - 140 m boven de dijk, in alternatief 2 op circa 16 - 200 m boven de dijk). Voor de zachte zeewering is ermee rekening gehouden dat turbines verder van de dijk staan (rotorvlak in alternatief 1 op 26 - 182 m boven maaiveld, in alternatief 2 op 26 – 194 m boven maaiveld).*

Vogelsoort	**Alternatief 1 harde zeewering (rotor 115 m) (%)**	**Alternatief 1 zachte zeewering (rotor 150 m) (%)**	**Alternatief 2 harde zeewering (rotor 120 m) (%)**	**Alternatief 2 zachte zeewering (rotor 162 m) (%)**
aalscholver	71	27	49	27
scholekster	36	5	18	5
dwergstern	34	2	15	2
grote stern	57	11	32	11
visdief – naar kolonie	63	27	46	27
visdief – naar zee	43	17	29	17
kleine mantelmeeuw	48	17	31	17
zilvermeeuw	29	5	15	5

Verstoring

Verstoring van vogels vindt zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase plaats. De mate van verstoring is dan ook afzonderlijk voor zowel de aanlegfase als de gebruiksfase beschreven. In de gebruiksfase verschilt de verstoringsafstand van windturbines voor vogels tussen soortgroepen en varieert van enkele tientallen tot honderden meters (zie bijlage 2). In de soortspecifieke beoordeling van de verstoring is hier rekening mee gehouden en is gewerkt met een voor de desbetreffende soort toepasselijke verstorings-afstand. Hierbij is aangenomen dat grotere turbines geen evenredig groter of kleiner verstorend effect hebben dan turbines waarbij de verstoringsafstanden zijn vastgesteld.

Barrièrewerking
Voor het inschatten van de mate waarin barrièrewerking een probleem voor vogels vormt is gebruik gemaakt van literatuur en eigen waarnemingen uit veldonderzoek (o.a. Jeninga 2018, Gyimesi *et al*. 2013, Beuker *et al*. 2009, Fijn *et al*. 2007). Op grond hiervan en informatie over de dimensies van de geplande turbineopstellingen is ingeschat of vogels de turbine-opstellingen zullen kruisen of omvliegen, en de mate waarin dat valt te verwachten.

5.2.2 Toelichting op het begrip significantie in relatie tot sterfte door aanvaringen

In het kader van de Wnb moet beoordeeld worden of het gebruik van het windpark op zichzelf, of in samenhang met andere plannen en projecten in de omgeving, (significant) negatieve effecten kan hebben op de nabijgelegen Natura 2000-gebieden (in het kader van Wnb gebiedenbescherming) en/of sprake kan zijn van een effect op de gunstige staat van instandhouding (GSI) (in het kader van de Wnb soortenbescherming).

De basis hiervoor wordt gevormd door het 1%-criterium (verder 1%-mortaliteitsnorm) van het Ornis Comité. Volgens dit criterium kan iedere tol van minder dan 1% van de totale jaarlijkse sterfte van de betrokken populatie (gemiddelde waarde) als kleine hoeveelheid worden beschouwd (zie kader hieronder). Wanneer de voorspelde sterfte onder deze 1%-mortaliteitsnorm blijft kan een effect op het behalen van de IHD's in Natura 2000-gebieden of de GSI van de betrokken populatie met zekerheid uitgesloten worden. Bij de beoordeling is tevens rekening gehouden met de huidige staat van instandhouding van deze populaties.

Berekening 1%-mortaliteitsnorm
De 1%-mortaliteitsnorm is het aantal vogels dat 1% van de jaarlijkse sterfte van de te toetsen populatie representeert. Deze norm is soortspecifiek aangezien de populatie-grootte en de mortaliteit (de twee variabelen die de 1%-mortaliteitsnorm bepalen) voor alle soorten anders is. De norm wordt als volgt berekend:

1%-mortaliteitsnorm (# vogels) = (jaarlijkse sterfte * grootte van de te toetsen populatie) * 0,01

Voor de gegevens over de jaarlijkse sterfte per soort is gebruik gemaakt van de website van de BTO (http://www.bto.org/about-birds/birdfacts). In de berekeningen is de jaarlijkse sterfte van adulte vogels gebruikt, omdat hier meer over bekend is en omdat deze sterfte lager is dan die van juveniele vogels. Hierdoor valt de 1%-mortaliteitsnorm lager uit waardoor met zekerheid het worstcasescenario getoetst is. Als populatiegrootte zijn recente telgegevens gebruikt, waarbij voor niet-broedvogels het aantal exemplaren wordt gebruikt en voor broedvogels het aantal paren maal twee.

Notabene: deze 1%-mortaliteitsnorm wordt hier niet gebruikt om het begrip 'significantie' uit te leggen. Het wordt hier gebruikt om een ordegrootte van effecten aan te geven waarbij zeker geen significante effecten op zullen treden, omdat de sterfte procentueel zeer laag is ten opzichte van de jaarlijkse sterfte. Een veilige 'eerste zeef' dus. De Afdeling Bestuurs-

rechtspraak van de Raad van State achtte dit een acceptabele werkwijze[3]. Een grotere sterfte dan 1% (in cumulatie met andere projecten) noodzaakt een aanvullende toetsing om te bepalen of de IHD en/of de GSI voor de desbetreffende soort in gevaar kan komen. Een dergelijke toetsing kan bijvoorbeeld bestaan uit het doorrekenen van de effecten (additionele sterfte) op de betrokken populatie met behulp van een populatiemodel, zoals uitgevoerd voor effecten van offshore windparken op kleine mantelmeeuwen (Lensink & van Horssen 2012) en recent voor 13 zeevogelsoorten op de Noordzee (Potiek *et al*. 2019).

5.3 Effectbepaling en -beoordeling soortbescherming

De toetsing van de mogelijke effecten van Windpark Tweede Maasvlakte op beschermde soorten betreft een effectbepaling en -beoordeling op hoofdlijnen op basis van de huidige aanwezigheid van beschermde soorten planten en dieren in het plangebied, de functie van het plangebied en de directe omgeving voor deze soorten en de voorgenomen ingreep. De toetsing is opgesteld op basis van:

- Huidige ter beschikking staande kennis en informatie (bronnenonderzoek, zie paragraaf 5.1);
- Inschattingen van deskundigen.

[3] Zie o.a. uitspraak ABRS van 1 april 2009 in zaaknr. 200801465/1/R2 en de uitspraak ABRS van 29 december 2010 in zaaknr. 200908100/1 en de uitspraak ABRS van 8 februari 2012 in zaaknr. 201100875/1/R2.

6 Vogels in en nabij het plangebied

6.1 Broedvogels

6.1.1 Broedvogels in het plangebied relevant in het kader van soortenbescherming

Tweede Maasvlakte

Dwergstern

Op de Tweede Maasvlakte broedden in 2011 in totaal 35 paren van de dwergstern in een kolonie op de westoever van de Prinses Alexiahaven. In 2012 zijn hier twee kolonies van de dwergstern vastgesteld, waarvan één kolonie van 40 nesten. De kolonies bevonden zich op circa 3 km afstand van de meer noordelijk gelegen harde zeewering. In 2017 hebben op de Tweede Maasvlakte geen dwergsterns gebroed, er bevond zich wel een kolonie van 58 broedparen in de Kleine Slufter buitendijks van het Slufterdepot (Staro & BEC 2017, Arts *et al*. 2018). In 2018 waren hier maar 4 broedparen aanwezig (Arts *et al*. 2019a). In 2019, tenslotte, was tijdens het veldonderzoek naar vliegbewegingen duidelijk dat wederom een kolonie aanwezig was op de westoever van de Prinses Alexiahaven. Volgens Lilipaly *et al*. (2020) waren 40 broedparen aan de zuidrand van de Tweede Maasvlakte aanwezig. Tijdens het veldonderzoek in het voorjaar zijn in totaal 129 passages vastgelegd, vrijwel uitsluitend over de zachte zeewering. Gemiddeld 69% van alle dwergsterns passeerden de duinenrij op een hoogte van <10 m (Leemans *et al*. 2019).

Visdief

Tot 2017 broedde de visdief niet op de Tweede Maasvlakte. In 2017 vond een nieuwe vestiging plaats van een kolonie visdieven met 100 broedpaar op de noordelijke oever van de Prinses Alexiahaven, nabij de harde zeewering (Staro & BEC 2017). In 2019 broedden onbekende aantallen visdieven (vermoedelijk meer dan 100 broedpaar) op deze locatie (eigen waarneming Bureau Waardenburg), maar deze kolonie wordt niet vermeld in Lilipaly *et al*. (2020).

Meeuwen

De zilvermeeuw is de eerste meeuw die geprobeerd heeft om op de Tweede Maasvlakte te broeden. Tenminste drie nesten zijn in 2012 aangetroffen op het zuidoostelijke deel van de Tweede Maasvlakte nabij het Distripark. Alle nesten hebben eieren gehad, maar geen van deze eieren is uitgekomen. Twee van de aangetroffen nesten zijn bedolven onder stuifzand (Benders *et al*. 2012). In de jaren 2017 t/m 2019 hebben geen zilvermeeuwen op de Tweede Maasvlakte gebroed (Staro & BEC 2017, Lilipaly *et al*. 2020).

Het is te verwachten dat de Tweede Maasvlakte in de komende jaren door meeuwen (met name kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw) wordt gekoloniseerd. De broedkolonies op de Eerste Maasvlakte staan sterk onder druk door (geplande) ruimtelijke ontwikkelingen op nu nog braakliggende terreinen die door de meeuwen als broedgebied worden gebruikt. Op de Tweede Maasvlakte is daarentegen ruimte gereserveerd voor vestiging van meeuwenkolonies in het komend decennium (mond. med. Havenbedrijf Rotterdam). In

2017 broedden in totaal 62 broedparen van kleine mantelmeeuwen aan de noordzijde van de Prinses Alexiahaven en Prinses Arianahaven (Staro & BEC 2017).

Overige broedvogels
Naast voornoemde soorten zijn in 2012 en 2017 ook de bontbekplevier (2-3 paren, waarvan één in de dwergsternenkolonie) en de scholekster (2 paren) als broedvogel op de Tweede Maasvlakte vastgesteld. In de komende jaren zal de vegetatie op de Tweede Maasvlakte tot ontwikkeling komen, waardoor de geschiktheid als broedgebied voor verschillende soorten toe zal nemen. Van bepaalde vogelsoorten wordt dan ook verwacht dat ze zich in de toekomst als broedvogel op de Tweede Maasvlakte zullen vestigen, wat voor deze soorten een toename van het totaal aantal broedparen in de ruime omgeving op kan leveren. Hierbij moet worden gedacht worden aan soorten als patrijs, veldleeuwerik en kneu. In 2012 zijn nog geen broedgevallen van deze soorten op de Tweede Maasvlakte vastgesteld (Benders *et al*. 2012), in 2017 alleen een territorium van witte kwikstaart (Staro & BEC 2017).

Omgeving Yangtzehaven t.h.v. harde zeewering Eerste Maasvlakte
Het meest oostelijke deel van het plangebied van de harde zeewering grenst aan de Eerste Maasvlakte, bij de Yangtzehaven. Ten zuidoosten van dit gedeelte van de harde zeewering bevindt zich een grote kolonie van kleine mantelmeeuwen (2.700 paren in 2012, c. 3.000 paren in 2017), zilvermeeuwen (100 paren in 2012, waarschijnlijk nul in 2017) en enkele paren stormmeeuwen (iets oostelijker dan de kern van de kolonie). Tot in ieder geval 2018 is deze kolonie nagenoeg ongestoord gebleven, in tegenstelling tot enkele andere kolonies op de Eerste Maasvlakte.

Naast voornoemde meeuwenkolonie broedden in 2012 in dit gebied direct ten zuiden van de harde zeewering van de Eerste Maasvlakte ook bergeend, patrijs, scholekster, bontbekplevier, kievit, houtduif, graspieper, witte kwikstaart, tapuit, bosrietzanger, ekster, kneu en mogelijk torenvalk (Benders *et al*. 2012) en in 2017 kievit, houtduif, grauwe vliegenvanger, heggenmus, grasmus, braamsluiper, fitis, tjiftjaf, ekster en kneu (Staro & BEC 2017).

Broedkolonies sterns en meeuwen Eerste Maasvlakte en Europoort
Verspreid over de Eerste Maasvlakte en in het westelijke deel van de Europoort bevinden zich broedkolonies van meeuwen en sterns. Wanneer de vogels uit deze kolonies, op foerageertochten richting de Noordzee, de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren hebben ze kans om in aanvaring te komen met één van de geplande wind-turbines op de harde en zachte zeewering. In de huidige situatie bevinden zich relatief grote gemengde kolonies van meeuwen op het noordelijke deel van de Eerste Maasvlakte (waaronder de hiervoor genoemde kolonie bij de Yangtzehaven), op het zuidelijke deel van de Eerste Maasvlakte (met name langs het Hartelkanaal) en in het westelijke deel van de Europoort (met name Dintelhaven). De visdief broedt o.a. in de Slufter, en in 2017 ook met 100 broedparen op de Tweede Maasvlakte (Staro & BEC 2017). Een overzicht van het totaal aantal broedparen van sterns en meeuwen op de Maasvlakte/Europoort is weergegeven in tabel 6.1 en gebaseerd op Arts *et al*. (in serie). Naast de soorten die zijn

opgesomd in tabel 6.1, broeden tot voor kort op de Maasvlakte jaarlijks ook enkele zwartkopmeeuwen in de Slufter.

Tabel 6.1 *Totaal aantal broedparen van de kleine mantelmeeuw, zilvermeeuw, kokmeeuw en visdief op de gehele Eerste Maasvlakte en Europoort, in de jaren 2012 - 2018 (Arts et al. in serie).*

Soort	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kleine mantelmeeuw	24.961	25.156	20.332	22.338	27.222	24.751	25.680
Zilvermeeuw	3.162	2.848	3.033	2.166	3.907	3.068	2.874
Kokmeeuw	967	339	757	424	114	110	664
Stormmeeuw	167	212	135	506	753	456	35
Visdief	435	371	771	658	558	753	649

Vliegbewegingen van meeuwen en sterns over de buitencontour

In juni/juli 2012 en in mei t/m juli 2019 is onderzoek gedaan naar vliegbewegingen van koloniebroedvogels over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019). In beide jaren betroffen de meeste vliegbewegingen van de kleine mantelmeeuw, gevolgd door o.a. de zilvermeeuw, visdief, dwergstern en grote stern. Van de kleine mantelmeeuw was de intensiteit van vliegbewegingen het hoogst over het noordelijke deel van de buitencontour (huidige harde zeewering), dit gebied ligt dicht bij de grote broedkolonie op de Eerste Maasvlakte. De flux van de zilvermeeuw nam naar het noordelijke deel van de buitencontour geleidelijk toe, maar bereikte niet zulke hoge waarden als bij de kleine mantelmeeuw. Dit laatste is niet verwonderlijk omdat de zilvermeeuw een veel minder talrijke broedvogel is op de Eerste Maasvlakte dan de kleine mantelmeeuw.
Visdieven passeerden vaker over het zuidelijke en westelijke deel van de buitencontour dan over het noordelijke gedeelte. Dit is gerelateerd aan de locaties van de belangrijkste broedkolonies in de Prinses Alexiahaven en in het Slufterdepot op de Eerste Maasvlakte. Voor grote stern en dwergstern zijn vliegpatronen in voorgaande paragrafen beschreven.

Voor alle voornoemde soorten geldt dat in beide jaren een groot deel van de passages over de buitencontour op lage hoogte plaatsvond, op minder dan 20 meter hoogte boven de zeewering (Gyimesi *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019).

6.1.2 Broedvogels uit Natura 2000-gebieden in relatie tot het plangebied

Natura 2000-gebied Voordelta is niet aangewezen voor broedvogels. Enkele (kolonie)-vogels die broeden in andere nabijgelegen Natura 2000-gebieden hebben echter een dusdanig grote actieradius dat ze op foerageertochten vanuit de kolonie gemakkelijk de buitencontour van de Tweede Maasvlakte kunnen passeren. Het gaat hierbij om de aalscholvers die broeden in het Natura 2000-gebied Voornes Duin en om de grote sterns die broeden in de Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen (zie § 4.2). Voor deze soorten is in deze paragraaf een overzicht van het voorkomen in de betreffende Natura 2000-gebieden gepresenteerd, evenals een beschrijving van het voorkomen en de verspreiding in de omgeving van het plangebied.

Voornes Duin

Aalscholver

In Natura 2000-gebied Voornes Duin broedt de aalscholver op twee plaatsen: in het Breede Water en in het Quackjeswater. De kolonie aalscholvers in het Breede Water vestigde zich in 1984. Het aantal paren nam snel toe tot een maximum in 1998 van 1.510 paren (Aanwijzingsbesluit Voornes Duin; 19 februari 2008). Sindsdien ligt het aantal paren net boven de 1.000. Tabel 6.2 geeft voor de periode 2014 – 2018 een overzicht van het aantal broedparen van de aalscholver in Natura 2000-gebied Voornes Duin. De aalscholvers van het Voornes Duin foerageren zowel in de Natura 2000-gebieden Voordelta en Haringvliet als in andere wateren in de omgeving (Dirksen *et al*. 1989).

Tabel 6.2 *Overzicht van het aantal broedparen van de aalscholver in Natura 2000-gebied Voornes Duin 2014-2018 (Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS, provincies); www.sovon.nl).*

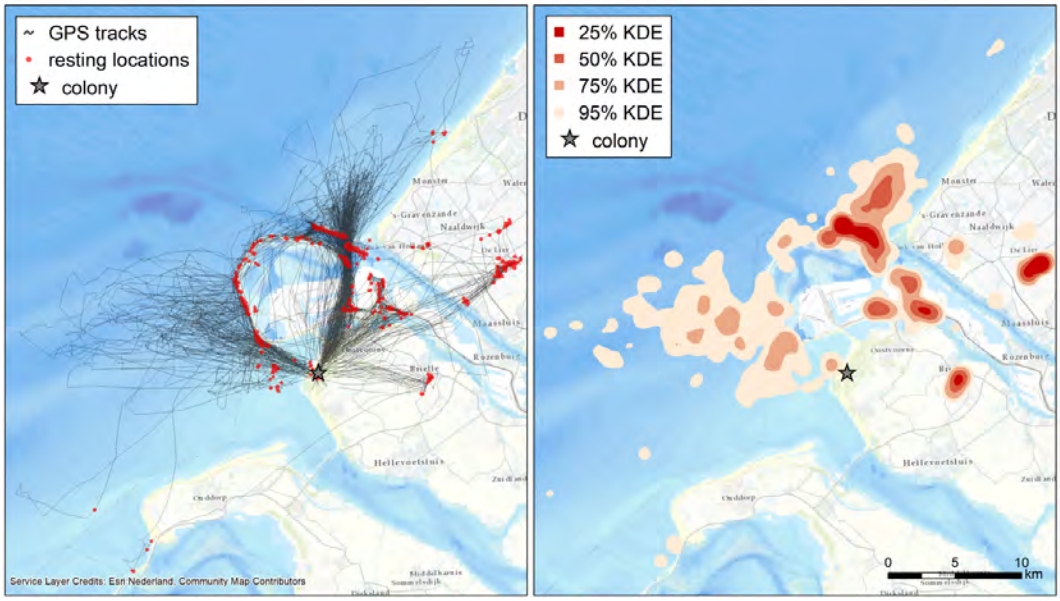
Vogelsoort	2014	2015	2016	2017	2018
Aalscholver	1.199	1.131	1.417	1.217	1.144

In de Voordelta komen de grootste aantallen aalscholvers ter hoogte van de kolonie van het Breede Water voor. Rustende aalscholvers op platen en stranden blijken relatief verstoringsgevoelig te zijn. De vogels vliegen bij nadering van een mens al op een afstand van een paar honderd meter op (Fijn *et al*. 2014).

Aalscholvers foerageren in het broedseizoen tot op 70 kilometer afstand van de kolonie (Van der Vliet *et al*. 2011) en kunnen daarmee met gemak de afstand tussen het Breede Water en de buitencontour van de Tweede Maasvlakte overbruggen. Uit onderzoek aan gezenderde aalscholvers uit de kolonie in het Breede Water is gebleken dat de aalscholvers regelmatig gebruik maken van de stranden van de Tweede Maasvlakte om te rusten en ook regelmatig in het open water voor de harde zeewering van de Tweede Maasvlakte foerageren (figuur 6.1). Ook foerageren de aalscholvers ten noorden van de Tweede Maasvlakte, o.a. in de monding van de Nieuwe-Waterweg. Dit was het geval tijdens bijna de helft van alle met GPS-loggers vastgelegde foerageervluchten. Om deze noordelijke foerageergebieden te bereiken benutten de aalscholvers grofweg twee vliegroutes. De eerste (korte) route loopt dwars over de Eerste Maasvlakte, over het Beerkanaal. De aalscholvers passeren in dat geval ruim ten oosten van het plangebied. De tweede (langere) route loopt langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte, de vogels volgen daarbij grotendeels de kustlijn (figuur 6.1). De aalscholvers die via deze route naar gebieden ten noorden van de Tweede Maasvlakte vliegen, passeren daarbij ook het plangebied (Fijn *et al*. 2014., Prins *et al*. 2013). In de toekomst lopen de aalscholvers daarbij risico om slachtoffer te worden van een aanvaring met de geplande windturbines.

Tijdens veldwerk in juni en juli 2012 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn 348 passages van aalscholvers over de buitencontour vastgesteld (Gyimesi *et al*. 2013). In voorjaar 2019 zijn hier 590 passages vastgesteld (Leemans *et al*. 2019). In beide jaren was een duidelijke ruimtelijke tweedeling zichtbaar in de flux over de buitencontour, met relatief hoge aantallen passages over het noordelijke deel (harde zeewering) en over het uiterste zuiden van de buitencontour. Aan de noordkant van de Tweede Maasvlakte rustten

tijdens het onderzoek regelmatig aalscholvers op de blokkendam die buitendijks parallel aan de harde zeewering loopt, maar nog meer vogels op het strand aan de binnenzijde. Veel van deze vogels foerageerden in 2012 achter de sleephopperzuigers die hier zand aan het spuiten waren. In het midden en noordelijke deel van de buitencontour passeerden de meeste aalscholvers op lage hoogte boven de dijk. De meeste aalscholvers die richting zee vlogen, passeerden de dijk op een hoogte van minder dan 10 m, terwijl de meeste aalscholvers die landinwaarts vlogen de dijk passeerden op een hoogte van 11-20 m. In beide jaren vonden relatief weinig passages (<25%) op rotorhoogte plaats.



Figuur 6.1 Kaart met 264 foerageertochten van 9 gezenderde aalscholvers uit het Breede Water. Links worden de tochten weergegeven, rechts in welke gebieden de meeste GPS-punten liggen (Fijn et al. 2014).

Lepelaar

In het Quackjeswater broedt de lepelaar met gemiddeld 225 paren (periode 2014-2018, sovon.nl). Het foerageergebied van de lepelaar strekt zich uit over een groot gebied, waarbij de vogels uit het Quackjeswater met name in Midden-Delfland en recentelijk ook Tiengemeten hun voedsel zoeken. Ook de Kwade Hoek vormt een foerageergebied voor de lepelaar (provincie Zuid-Holland/Min. v. I&M 2016a,b). Voor de lepelaar geldt dat er nauwelijks geschikt foerageergebied nabij of ten noorden van het plangebied ligt. Ook ligt het gebied niet op een vliegroute tussen de broedkolonie en foerageergebied waaronder Midden-Delfland. Tijdens de veldonderzoeken in 2012 en 2019 zijn geen vliegbewegingen van lepelaars over de buitencontour waargenomen.

Haringvliet en Grevelingen

Grote stern

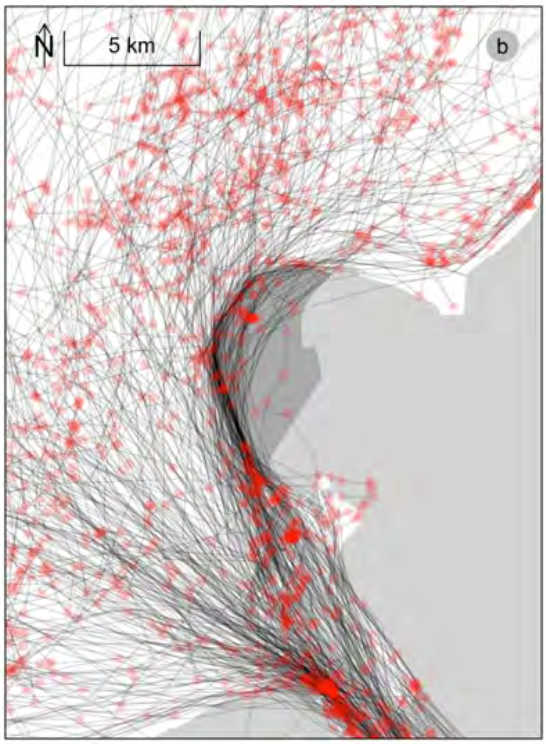
De grote stern broedt verspreid over het Deltagebied in een beperkt aantal kolonies die geregeld van plaats wisselen. Om die reden is voor de grote stern dan ook een regiodoel opgesteld: behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van ten minste 4.000 paren.

Het aantal broedparen van de grote stern in het Deltagebied fluctueert in recente jaren rond de 6.000 paren na een toename in de tweede helft van de jaren negentig. In het noordelijk Deltagebied werd in 2017 en in 2018, in tegenstelling tot voorgaande jaren, niet op het eiland Markenje in het Grevelingenmeer gebroed, maar vestigden alle grote sterns zich op de Scheelhoekeilanden in het Haringvliet (3.175 paar in 2017 en 2.583 paar in 2018)(Arts *et al*. 2018, 2019a).

Aan de hand van vliegtuigtellingen en onderzoek aan gezenderde grote sterns is vastgesteld dat de vogels tot ver buiten de kolonies foerageren (Fijn *et al*. 2016). Foerageerlocaties van gezenderde grote sterns van de kolonie bij de Scheelhoek zijn o.a.: De Verklikkerplaat, Bollen van de Ooster, het zeegebied ten noorden van Ouddorp en het gebied rond de Hinderplaat. De sterns foerageren ook buiten de begrenzing van Natura 2000-gebied Voordelta, o.a. ver op zee en (ver) ten noorden van de Tweede Maasvlakte (Prins *et al*. 2013).

In het broedseizoen foerageren grote sterns tot op 30 kilometer van de kolonie (Van der Hut *et al*. 2007). Net als de aalscholvers uit Voornes Duin kunnen dus ook de grote sterns die in het Haringvliet en het Grevelingenmeer broeden tot in de omgeving van het plangebied foerageren. Uit onderzoek aan gezenderde grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek is gebleken dat broedende grote sterns van deze kolonie inderdaad met regelmaat langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte vliegen (figuur 6.2). Enkele keren zijn ook een passages over de Tweede Maasvlakte vastgelegd. Deze vogels vliegen van en naar foerageergebieden ten noorden van de Tweede Maasvlakte (Fijn *et al*. 2016). Het merendeel van de foerageervluchten vindt plaats in het gebied ten zuiden van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte, maar regelmatig vliegen er dus ook grote sterns uit het Haringvliet en waarschijnlijk ook uit het Grevelingenmeer door het plangebied, waarbij ze risico lopen op een aanvaring met de geplande turbines. Uit tellingen vanuit een vliegtuig naar gebiedsgebruik van grote sterns in de Voordelta in 2016 blijkt dit beeld onveranderd. Wel werd de buitencontour in 2016 slechts incidenteel door kleine aantallen gebruikt als rustplaats, waar dit net na de aanleg van de Tweede Maasvlakte veel vaker en met grotere aantallen gebeurde (Fijn *et al*. 2018). Een logische verklaring is verstoring door de toegenomen menselijke activiteit op de Tweede Maasvlakte.

Tijdens veldwerk in juni en juli 2012 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn 91 passages van grote sterns over de buitencontour vastgesteld (Gyimesi *et al*. 2013). In voorjaar 2019 zijn maar liefst 692 passages geturfd (Leemans *et al*. 2019). In beide jaren vonden veel passages plaats over het zuidelijke deel van de buitencontour (zachte zeewering), maar in 2019 ook over het westelijke deel van de harde zeewering. Veel van de vogels die landinwaarts vlogen hadden vis in de snavel en waren dus op de terugweg naar de kolonie. Deze vogels vliegen dan minder vaak over zee langs de buitencontour, maar kruisen de Tweede Maasvlakte om zo snel mogelijk terug te vliegen naar de kolonie. Bijna 80% van alle passages van grote sterns over de buitencontour vond plaats op een hoogte van <20 meter boven de dijk (Leemans *et al*. 2019).



Figuur 6.2 Vliegpaden van gezenderde grote sterns die vanuit kolonies in het Haringvliet o.a. de omgeving van het plangebied op zee foerageren (Fijn et al. 2018).

6.2 Niet-broedvogels

6.2.1 Niet-broedvogels uit Natura 2000-gebieden in relatie tot het plangebied

Voordelta

Niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen ondervinden mogelijk effecten van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Voor niet-broedvogelsoorten waarvoor in de Voordelta IHD's gelden is daarom een overzicht gegeven van het voorkomen van deze soorten in Natura 2000-gebied Voordelta (tabel 6.3).

Om de effecten van de realisatie van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zo nauwkeurig mogelijk te kunnen bepalen, is tevens een overzicht gemaakt van het voorkomen en de verspreiding van de niet-broedvogels in (de omgeving van) het plangebied. Vogelsoorten die niet in de nabijheid van het plangebied voorkomen zullen niet of nauwelijks effecten van de realisatie van het windpark ondervinden.

Er zijn geen maandelijkse watervogeltelgegevens uit vastgelegde monitoringsgebieden beschikbaar. Wel wordt er ieder jaar in januari vanaf het land een midwintertelling uitgevoerd van de west- en noordrand van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte. Ook de buitenrand van de Tweede Maasvlakte wordt hierbij geteld (tabel 6.4) (Arts *et al*. in serie).

Tabel 6.3 *Overzicht van het voorkomen van niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta. De getallen representeren seizoensgemiddelden of midwinteraantallen (midwinteraantallen aangegeven met een *). - = geen gegevens beschikbaar. Voor alle soorten is alleen het seizoensgemiddelde beschikbaar dat betrekking heeft op de foerageerfunctie van de Voordelta. (Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS); www.sovon.nl; bezocht november 2016).*

Vogelsoort	**13/14**	**14/15**	**15/16**	**16/17**	**17/18**
Aalscholver	453	693	770	679	785
Bergeend	612	804	898	1.327	1.663
Bontbekplevier	131	137	83	198	119
Bonte strandloper	801	686	1.491	2.262	2.350
Brilduiker	127	102	134	63	98
Drieteenstrandloper	660	939	1.575	1.672	2.515
Dwergmeeuw	-	-	-	-	-
Eider*	657	406	47	172	215
Fuut	81	123	149	69	93
Grauwe gans	493	93	68	53	322
Grote stern	-	-	-	-	-
Kluut	71	87	172	155	253
Krakeend	63	98	83	39	104
Kuifduiker	22	18	21	10	16
Lepelaar	38	52	61	77	75
Middelste zaagbek	214	274	236	174	281
Pijlstaart	153	412	423	495	402
Roodkeelduiker	-	-	-	-	-
Rosse grutto	242	116	200	191	291
Scholekster	2.788	3.518	3.289	3.620	5.500
Slobeend	87	64	52	58	131
Smient	246	165	228	106	836
Steenloper	123	132	127	109	195
Topper	2	0	1	11	2
Tureluur	133	233	189	182	345
Visdief	-	-	-	-	-
Wintertaling	190	264	242	635	270
Wulp	1.359	1.497	2.279	2.054	2.500
Zilverplevier	267	131	194	350	328
Zwarte zee-eend*	690	188	326	382	294

Bureau Stadsnatuur heeft op basis van de midwintertellingen (tabel 6.4) en aanvullende informatie van de tellers het gebiedsgebruik van niet-broedvogels op en langs de buitencontour in kaart gebracht. Die beschrijving wordt hieronder samengevat.

De Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter (on)regelmatig gebruikt als rustgebied door kleine aantallen van drieteenstrandloper, zilverplevier, bontbekplevier, grauwe gans en wintertaling. De smient en wulp gebruiken de haven onregelmatig als

rustgebied. Mogelijk wisselen deze regelmatig uit met gebieden binnen de Voordelta die zuidelijk van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte liggen (zoals Westplaat).
De kuifduiker, eider, bergeend, middelste zaagbek, brilduiker, steenloper en drieteen-strandloper, komen in het winterhalfjaar met kleine aantallen op en langs de kust van de buitencontour voor.

Tabel 6.4 *Overzicht van het voorkomen van de niet broedvogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen in deelgebied Europoort/Maasvlakte in 2014 - 2018 op basis van een één jaarlijkse midwintertelling in januari. Eerdere jaren dan 2014 zijn niet opgenomen omdat de ruimtelijke situatie en daarmee het voorkomen van vogelsoorten sterk is veranderd (Arts et al. in serie).*

Vogelsoort	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Roodkeelduiker	23	4	3	0	0
Fuut	129	72	167	132	43
Kuifduiker	1	0	0	2	1
Aalscholver	30	160	457	723	128
Grauwe gans	4	0	6	0	0
Bergeend	52	19	58	0	0
Smient	374	16	280	0	2
Krakeend	38	87	25	16	1
Wintertaling	243	143	818	0	2
Pijlstaart	3	0	0	0	0
Slobeend	136	0	22	0	0
Brilduiker	9	28	5	0	1
Middelste zaagbek	50	16	55	79	19
Scholekster	88	203	94	105	63
Kluut	9	0	7	0	0
Bontbekplevier	5	14	6	0	0
Zilverplevier	9	5	12	0	0
Drieteenstrandloper	120	28	150	0	1
Wulp	16	9	9	0	3
Rosse grutto	0	2	0	0	0
Tureluur	43	8	42	0	0
Steenloper	0	22	11	0	0

De scholekster, fuut en aalscholver komen langs de buitencontour voor met gemiddeld hooguit enkele honderden vogels in het winterhalfjaar. De aalscholvers rust op de harde zeewering en foerageert voor de kust van de buitencontour en in de havens binnen de Tweede Maasvlakte. De scholekster foerageert en rust met aantallen tot een honderdtal exemplaren op en langs de havenbekkens. De havenbekkens van de Tweede Maasvlakte worden door relatief lage aantallen van krakeend gebruikt als rustgebied. In de Voordelta worden ook maandelijks tellingen vanuit het vliegtuig uitgevoerd van zwarte zee-eend en eider. In de winters van 2013/2014 en 2014/2015 zijn voor de kust van de buitencontour geen zwarte zee-eenden en eiders vastgesteld (Fijn *et al*. 2016). De zee-eenden en eiders verblijven doorgaans in meer zuidelijk gelegen gebieden in de Voordelta (Fijn *et al*. 2016).

Andere kwalificerende niet-broedvogels van de Voordelta komen niet of incidenteel op en langs de Tweede Maasvlakte voor.

Duinen Goeree & Kwade Hoek
De aalscholver, grauwe gans en brandgans foerageren en slapen in het binnen het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek (PZH & Min. v. I&M 2016a, b). Deze vogels hebben geen relatie met de Tweede Maasvlakte en de kustzone ten noorden en westen hiervan.

Haringvliet
De kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend foerageren en slapen binnen het Haringvliet (Min. v. I&M 2016a). De aalscholver slaapt ook binnen het Natura 2000-gebied Haringvliet (nabij de Haringvlietbrug; sovon.nl 2016); vogels die overdag foerageren in het Haringvliet zullen hier overnachten. Genoemde vogelsoorten hebben daarom geen relatie met de Tweede Maasvlakte en de kustzone ten noorden en westen hiervan.

6.3 Seizoenstrek

Onderzoek in 80-er jaren
Al in de 80-er jaren is door Buurma & van Gasteren (1989) middels radaronderzoek vastgesteld dat tijdens de seizoenstrek in het najaar belangrijke aantallen vogels over de Eerste Maasvlakte trekken. Nabij Hoek van Holland zijn twee duidelijke trekstromen te onderscheiden: één parallel aan de kust naar het zuidwesten toe en één zeewaarts gericht in westelijke richting. Overdag vindt langs de kust veel stuwing plaats. Stuwing wordt omschreven als de reactie van trekkende vogels op het onderliggende landschap waarbij ‘soortvreemde’ landschappen die in de hoofdtrekrichting liggen worden gemeden (Tinbergen 1956, Alerstam 1990). De stroom vogels steekt bij Hoek van Holland de Nieuwe Waterweg over, waarna in de richting van de westpunt van Voorne wordt gevlogen. In de nacht is er minder stuwing, waarbij de trekstroom parallel aan de kustlijn enkele kilometers breed is (Spaans & Van den Bergh 2001). Uit de studie van Buurma & van Gasteren (1989) kwam naar voren dat ’s nachts in de zeewaarts gerichte trekstroom de vogeldichtheid ruim driemaal zo groot is als in de zuidwestwaarts gerichte trekstroom. In het voorjaar is de vogeltrek in de regio Hoek van Holland een stuk minder intensief en zowel overdag als ’s nachts is dan duidelijk minder sprake van gestuwde trek dan in het najaar. Vogels die in het voorjaar over Nederland naar het noord(oost)en trekken zijn minder geneigd de kustzone te volgen, maar vliegen in een breed front over het binnenland.

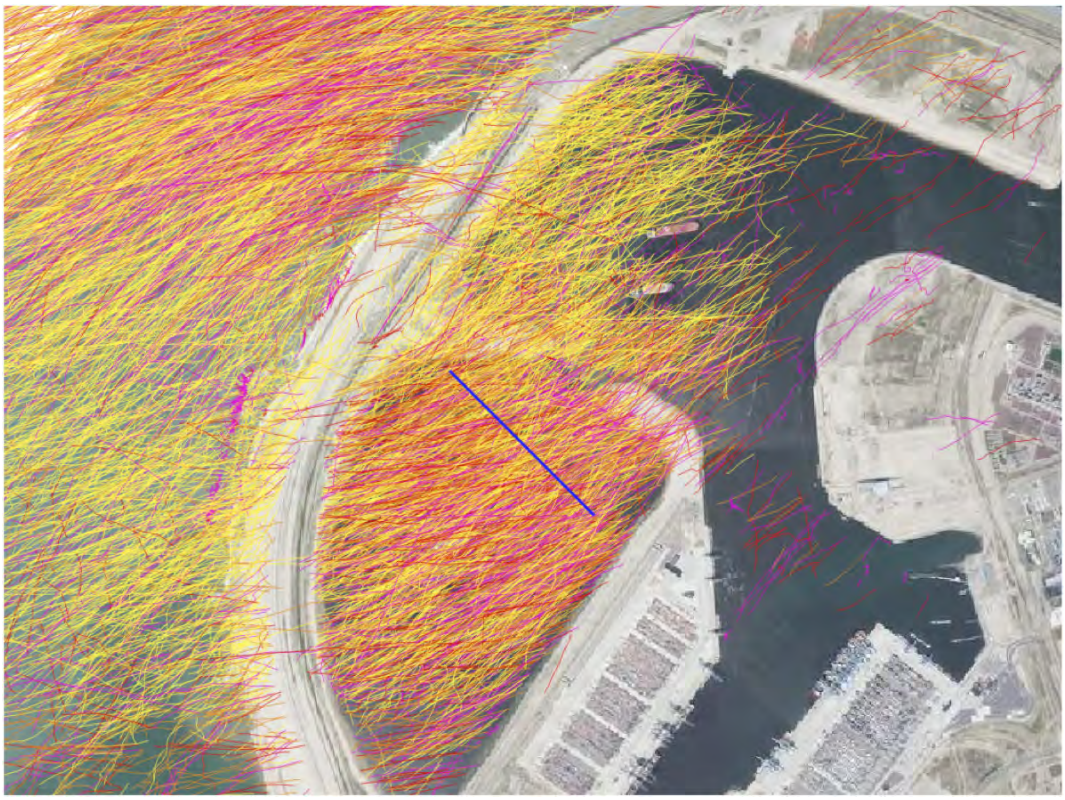
Radaronderzoek in 2012
Onderzoek in najaar 2012 op de Tweede Maasvlakte (Prinsen *et al*. 2013) liet zien dat met name tijdens nachten met gunstige trekomstandigheden in oktober relatief hoge aantallen vogels over de Tweede Maasvlakte kunnen trekken, in ordegrootte gemiddeld zo’n 900 – 1.500 vogels/km/uur. Piekaantallen tijdens enkele nachten bedroegen tot meer dan 4.500 vogels/km/uur voor korte perioden gedurende deze nachten. De hoofdmoot van deze trek betrof lijsterachtigen, vooral koperwiek en in mindere mate zanglijster, merel en kramsvogel. Tijdens de nachtelijke seizoenstrek in oktober 2012 vloog circa één derde van de

passerende vogels op “rotorhoogte” (circa 50-185 m hoogte) van moderne windturbines (Prinsen *et al*. 2013).

Radaronderzoek in 2019
In najaar 2019 is gedurende 2,5 maand de nachtelijke zangvogeltrek continu gemonitord met behulp van een vogelradar op het noordelijke deel van de zachte zeewering (figuur 6.3). Methoden en resultaten zijn gerapporteerd in Kleyheeg-Hartman & Potiek (2020a).

De vogeltrek over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte verliep in het najaar van 2019 zeer gepiekt, veelal tijdens korte droge periodes tussen regenfronten door. Trekpieken in oktober vielen samen met massale lijstertrek (o.a. koperwieken, merels en zanglijsters) over Nederland, deze soorten zijn toen ook veelvuldig opgenomen met een volautomatische audiorecorder bij de radar. In de meeste nachten met sterke trek trad de grootste piek in aantallen op in de eerste helft van de nacht (ca. 5 uur na zonsondergang). Tegen zonsopgang was de trek in al deze nachten alweer sterk afgezwakt. De grootste trekgolven arriveerden over het algemeen enkele uren na zonsondergang. Dit doet vermoeden dat lokale wegtrek niet tot de hoogste lokale fluxen leidt (dan zou de piek dichter bij zonsondergang liggen). De gemeten pieken in gemiddelde en maximale trekintensiteiten (mean traffic rate oftewel MTR) over de Tweede Maasvlakte in najaar 2019 (maximaal >10.000 zangvogels/km/uur), waren hoger dan met een vergelijkbare methode en apparatuur gemeten trekinstensiteit over de Eemshaven in het najaar van 2018 (maximaal >6.500 zangvogels/km/uur). Omdat het een ander jaar en daardoor ook andere (weers)omstandigheden betreft, kunnen de gegevens die in het najaar van 2018 in de Eemshaven zijn verzameld niet 1 : 1 vergeleken worden met de gegevens die in het najaar van 2019 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn verzameld. Het laat in grote lijnen echter wel zien dat de Tweede Maasvlakte in Nederland onder de locaties valt waar in het najaar uitzonderlijk hoge aantallen vogels overtrekken (ervan uitgaande dat de Eemshaven als referentie kan dienen voor een locatie met veel overtrekkende vogels in het najaar; zie ook Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020b).

In najaar 2019 vond een groot deel van de geregistreerde nachtelijke vliegbewegingen over de buitencontour plaats op rotorhoogte. Ditzelfde bleek eerder ook al uit radarmetingen in het najaar van 2018 in de Eemshaven (Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020b) en uit radarmetingen in de Wieringermeer (Krijgsveld *et al*. 2009). Tijdens goede treknachten kunnen weliswaar veel vogels op grote hoogte buiten het bereik van windturbines overtrekken, maar dat neemt niet weg dat zeker in het najaar een belangrijk deel van de trek op dit soort kustlocaties op risicohoogte passeert. Deels kan dit worden verklaard door aankomst van trekvogels na een lange tocht over zee waarbij vogels lager gaan vliegen wanneer land in zicht komt (Eemshaven) of, in het geval van de Tweede Maasvlakte, wegtrek vanaf land in de eerste helft van de nacht waarbij vogels nog relatief laag vliegen.



Figuur 6.3 Vliegpaden van kleine vogels (geel), middelgrote vogels (oranje), grote vogels (rood) en groepen (paars) die op 20 oktober 2019 tussen 19:00 en 19:10 (UTC) op de Tweede Maasvlakte door de vogelradar zijn geregistreerd (uit: Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020a). Met name in de oostelijke helft van dit beeld (en boven de dijk zelf) had de radar geen goed 'zicht' vanwege obstructies en reflecties door bijvoorbeeld hekwerken, schepen, containers etc.). De blauwe lijn heeft een lengte van 1 km en is gebruikt om het aantal passages per uur te onderzoeken en daarmee de MTR vast te stellen. De radar stond bovenop de zachte zeewering op parkeerplaats P6 (in het verlengde van de blauwe lijn).

7 Overige beschermde soorten in en nabij het plangebied

7.1 Flora

Het plangebied beschikt zeer beperkt over geschikt habitat voor strikt beschermde soorten flora. In de bermen van de Prinses Maximaweg en Maasvlakteweg zijn wel over de gehele lengte van de Harde Zeewering en her en der naast de Zachte Zeewering uit het recente verleden (2016 t/m 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam) groeiplaatsen bekend van glad biggenkruid (Wnb overige soorten en Rode Lijst).

In het plangebied zijn geen andere waarnemingen van strikt beschermde flora bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam). Daarnaast zijn in de afgelopen vijf jaar ook geen soorten van de Rode Lijst in het plangebied aangetroffen. Door de geëxponeerde ligging biedt de planlocatie voor beschermde plantensoorten geen geschikte groeiplaats-condities en heeft het, met uitzondering voor hiervoor genoemde glad biggenkruid, voor beschermde plantensoorten geen functie.

7.2 Ongewervelden

Het plangebied beschikt niet of hooguit zeer beperkt over geschikt habitat voor strikt beschermde soorten ongewervelden. In het plangebied zijn ook geen waarnemingen van strikt beschermde ongewervelden bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam). De planlocaties hebben voor ongewervelden geen functie.

7.3 Vissen

Op de planlocaties bevindt zich geen open water dat geschikt habitat voor beschermde vissoorten vormt. In het plangebied zijn ook geen waarnemingen van strikt beschermde vissen bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam). De Noordzee bevindt zich aan de westzijde van het plangebied. Hier kunnen meerdere soorten beschermde vissen passeren, zoals houting en steur, maar er bevinden zich geen lig- of paaiplaatsen.

7.4 Amfibieën

Het plangebied beschikt niet over geschikte wateren voor voortplanting en/of overwintering voor strikt beschermde amfibieën. Tijdens het veldbezoek zijn geen beschermde reptielen in of in de omgeving van het plangebied waargenomen. In het plangebied zijn ook geen waarnemingen van strikt beschermde amfibieën bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam). In de nabijheid van het plangebied is het voorkomen van rugstreeppad bekend (*ca.* 1 km ten oosten van de meest zuidelijke windturbine).

7.5 Reptielen

Het plangebied vervult geen functie voor beschermde reptielen. Tijdens het veldbezoek zijn geen beschermde reptielen in of in de omgeving van het plangebied waargenomen. In het plangebied zijn ook geen waarnemingen van strikt beschermde reptielen bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam).

7.6 Grondgebonden zoogdieren

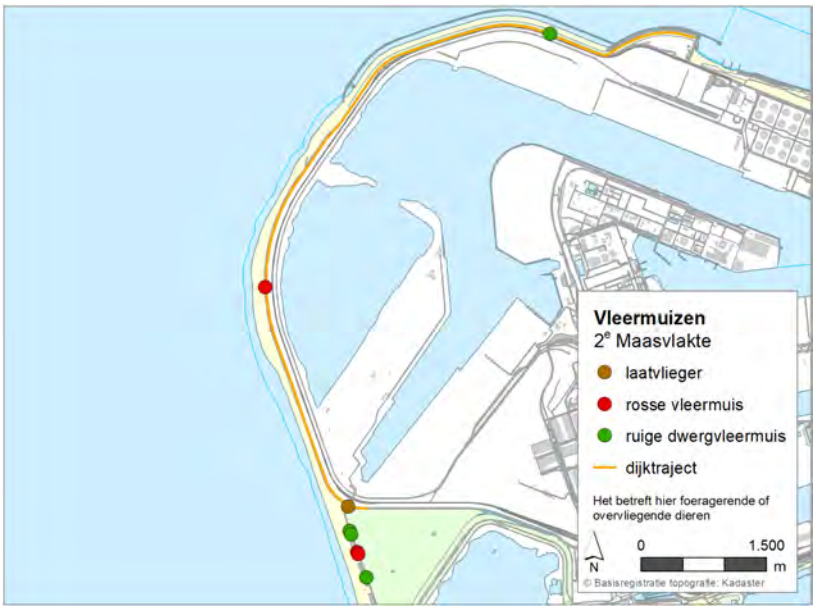
Het plangebied vervult weinig tot geen functie voor beschermde grondgebonden zoogdieren. Het voorkomen van algemene soorten als konijn, ree en verschillende muizensoorten is bekend (NDFF 2020, Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam), maar voor deze soorten geldt een vrijstelling voor ruimtelijke ingrepen in de provincie Zuid-Holland.

7.7 Vleermuizen

7.7.1 Resultaten transectmetingen 2019

Het plangebied betreft een open verlichte omgeving zonder opgaande vegetatie. Op voorhand kan gesteld worden dat het plangebied niet beschikt over landschappelijke elementen, zoals water, vegetatie en of gebouwen die een verhoogde aantrekkende werking kunnen hebben op vleermuizen. De aanwezigheid van verblijfplaatsen van gebouw- en/of boombewonende soorten zoals gewone dwergvleermuis, ruige dwergvleermuis en laatvlieger is in het plangebied uit te sluiten door het ontbreken van gebouwen en opgaande begroeiing binnen het plangebied.

Tussen 11 juni en 23 september 2019 is viermaal het plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte onderzocht op aanwezigheid van vleermuizen. De resultaten van dit onderzoek zijn gepubliceerd in Boonman (2019). Tijdens de vier veldbezoeken zijn slechts acht geluidsopnames van vleermuizen verzameld. Tijdens de ronde op 6 augustus 2019 is geen enkele vleermuis gedetecteerd. Tijdens de ronde op 11 juni 2019 is slechts één laatvlieger opgenomen. Tijdens de twee rondes in september zijn vier keer een ruige dwergvleermuis en drie keer een rosse vleermuis opgenomen. In figuur 7.1 zijn deze opnames weergegeven. De meeste waarnemingen zijn verzameld net ten zuiden van het plangebied.



Figuur 7.1 *Vleermuiswaarnemingen langs het vaste transect gedurende vier veldbezoeken in 2019. Laatvlieger op 11 juni 2019, overige waarnemingen in september 2019.*

7.7.2 Activiteit op ashoogte vanuit twee bestaande windturbines

Vanuit een bestaande windturbine langs de Maasmond (de meest westelijke windturbine van Windpark Maasmond) op de Eerste Maasvlakte juist ten oosten van het geplande windpark op de harde zeewering, zijn de periode mei - november 2019 slechts twee opnames gemaakt van rosse vleermuis (Boonman 2019). Deze opnames vonden kort na elkaar plaats op 4 augustus 2019 net na middernacht en hebben daarom waarschijnlijk betrekking op hetzelfde individu.

Vanuit een bestaande windturbine in Windpark Slufter zijn in twee maanden tijd (september en oktober 2019) in totaal 12 vleermuisopnames verzameld (Boonman 2019). Rosse vleermuis is 11 keer opgenomen, in drie 10 minuten intervallen. De ruige dwergvleermuis is één keer opgenomen.

Alle opnames vonden plaats bij relatief lage windsnelheden (2,5 tot 6 m/s) en hoge temperatuur (13 tot 27 °C). Door het lage aantal waarnemingen is het niet zinvol om een nauwkeurige vergelijking te maken met de weersomstandigheden gedurende de studie-periode.

7.7.3 Discussie

Zowel het vleermuisonderzoek langs het vaste transect op grondhoogte als de metingen vanuit de nacelle van twee bestaande windturbines laten zien dat in het plangebied weinig vleermuizen voorkomen. Het aantal opnames ligt vele malen lager dan in bijvoorbeeld windparken in intensief gebruikt agrarisch gebied. De meest waarschijnlijke verklaringen voor de lage aantallen zijn:

- Laag voedselaanbod: De kleine oppervlakte aan pioniervegetaties, zout oppervlaktewater en de industriële omgeving hebben naar verwachting geen hoge insecten dichtheid;
- Weinig potentieel geschikte verblijfplaatsen: Er zijn geen oude bomen aanwezig en gebouwen zijn ongeschikt of pas zeer recentelijk aangelegd;
- Het grootste deel van de waarnemingen bestaat uit soorten waarvan lange afstandsmigratie bekend is (ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis). Wanneer het voedselaanbod laag is, hebben trekkende vleermuizen geen reden om lange tijd in het plangebied door te brengen.

De activiteit op ashoogte rond de twee onderzochte windturbines heeft een incidenteel karakter. Vleermuizen zijn slechts enkele keren vastgesteld. Door het lage aantal waarnemingen is het moeilijk om uitspraken te doen over bijvoorbeeld het soorten-spectrum, de omstandigheden waarbij slachtoffers optreden en het aantal slachtoffers. Opvallend is dat het onderzoek in Windpark Slufter in 2015 (Boonman & Prinsen 2016) een wat hogere vleermuisactiviteit liet zien. Dit is enigszins verklaarbaar door de lagere hoogte waarop destijds in de toenmalige kleinere windturbines is gemeten. De vleermuisactiviteit neemt namelijk sterk af met toenemende hoogte. Bij de Maasmond turbine met een ashoogte die slechts 15 m hoger is dan de oude turbines van toenmalig Windpark Slufter lijkt toeval een rol gespeeld te hebben. Ook in 2015 was bij een van de drie onderzochte turbines slechts sprake van vleermuisactiviteit gedurende drie 10 minuten intervallen (waarschijnlijk slechts drie individuen) terwijl de twee andere turbines een hogere vleermuisactiviteit lieten zien (Boonman & Prinsen 2016).

8 Effecten op vogels in Natura 2000-gebieden

In dit hoofdstuk wordt op basis van beschikbare kennis over voorkomen en gedrag een overzicht gegeven van de effecten van het geplande windpark op een selectie van vogelsoorten die kwalificeren voor nabijgelegen Natura 2000-gebieden (selectie beschreven in hoofdstuk 4). De effecten zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Bij deze kwantificering moet echter in aanmerking worden genomen dat, hoewel ze gebaseerd zijn op het meest recente onderzoek, de nodige aannames gedaan zijn en dat ruime marges realistisch zijn rondom de gepresenteerde aantallen. Dat betekent dat de aantallen in absolute zin niet 100% nauwkeurig zijn, maar goed bruikbaar om een ordegrootte van effecten in te schatten.

Visdief
De visdief is voor de **Voordelta** aangewezen als niet-broedvogel. De instandhoudingsdoelstelling ziet op 'behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie' voor de *broedvogels* in nabijgelegen Natura 2000-gebieden en Deltawateren. In de toelichting op de instandhoudingsdoelstelling is gesteld dat als voorwaarde voor de aanleg en aanwezigheid van Tweede Maasvlakte voor de visdief compenserende maatregelen in het beheerplan zijn uitgewerkt. De instandhoudingsdoelstelling voor visdief is opgenomen om het foerageergebied (waar compenserende maatregelen zijn genomen) in kwaliteit en kwantiteit te behouden. In het Beheerplan Voordelta (2015-2021) (Min. v. I&M 2016b) zijn een aantal maatregelen binnen de Natura 2000-begrenzing (instellen rustgebieden) opgenomen. De aanname in voorliggende analyse is dat sterfte onder visdief als gevolg van *aanvaringsslachtoffers* in het broedseizoen een (indirect) effect zou kunnen hebben op de kwaliteit en kwantiteit van het foerageergebied in de Voordelta. Aanvaringsslachtoffers onder broedende visdieven (afkomstig van de broedkolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte en die voornamelijk foerageren in de Voordelta), zijn daarom berekend en beoordeeld in het kader van gebiedenbescherming. Ondanks dat de IHD's voor de Voordelta zien op niet-broedvogels (de Voordelta kent geen IHD's voor broedvogels) wordt de compensatieopgave in richting tot visdief algemeen geïnterpreteerd te gelden voor broedvogels in de Delta (buiten het broedseizoen zijn beide soorten maar beperkt aanwezig en dan vooral als doortrekker, in het winterhalfjaar verblijven beide soorten vooral in de kustwateren van Afrika).

8.1 Aanvaringsslachtoffers

Voor het bepalen van de effecten van het windpark in de gebruiksfase op vogels is het van belang om voor de soorten die er in het kader van de Wnb (onderdeel gebiedenbescherming) toe doen een inschatting te maken van het aantal aanvaringsslachtoffers. De berekeningen hiervoor zijn conform de door Bureau Waardenburg ontwikkelde methodiek (Flux-Collision Model, versie maart 2016) uitgevoerd (zie bijlage 3 en Kleyheeg-Hartman *et al*. 2018). Een overzicht van de gehanteerde getallen (o.a. aanvaringskansen) en aannames is opgenomen in hoofdstuk 5. In tabel 8.1 zijn de berekende of geschatte aantallen slachtoffers weergegeven.

Aalscholver (broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta)
Voor de aalscholver is geen aanvaringskans beschikbaar, waardoor de sterfte niet berekend kan worden met behulp van het Flux-Collision Model. In voorliggende studie is het aantal slachtoffers berekend met het zogenoemde Band model (zie bijlage 4), een model dat veel in ecologische effectstudies voor offshore windparken wordt toegepast.

Tabel 8.1 Aantal berekende aanvaringsslachtoffers (per deelgebied) per jaar van aalscholver (broedvogel en niet-broedvogel), scholekster en grote stern. Voor een totaal aantal slachtoffers per jaar voor de gehele opstelling (hard + zacht), dient het aantal slachtoffers bij de zachte zeewering te worden opgeteld bij totaal van de harde zeewering. Zie hoofdstuk 5 voor rekenmethode en aannames.

Vogelsoort	**Alternatief 1**		**Alternatief 2**	
	harde zeewering	zachte zeewering	harde zeewering	zachte zeewering
aalscholver brv*	2,2	0,8	1,6	0,8
aalscholver n-brv*	1,7	0,6	1,2	0,6
scholekster	0,0	0,0	0,0	0,0
visdief	1,2	1,6	0,9	1,6
grote stern	1,5	0,3	0,7	0,3

* aantal berekend met Band model (zie bijlage 4), overige soorten met Flux-Collision Model (zie bijlage 3).

De aalscholver is (nog) niet (Everaert 2008, Krijgsveld *et al*. 2009, Brenninkmeijer & Van der Weyde 2011, Verbeek *et al*. 2012) of in relatief lage aantallen (Klop & Brenninkmeijer 2014, Langgemach & Dürr 2020) als aanvaringsslachtoffer aangetroffen in slachtoffer-onderzoeken in windparken in Nederland, België, Duitsland of elders in NW-Europa. In recente jaren zijn echter jaarlijks wel meerdere aanvaringsslachtoffers in het nieuwe Windpark Noordoostpolder vastgesteld (totaal 22 exemplaren in de periode 2015-2019, Pot & Klop *in prep.*).

Uitgaande van de input gegevens (zie bijlage 4) is te voorzien dat op jaarbasis zowel in het broedseizoen als buiten het broedseizoen enkele (2-3) slachtoffers onder aalscholvers kunnen vallen. De verwachte verdeling van slachtoffers is grofweg 67:33 bij harde zeewering en zachte zeewering (tabel 8.1). In een worst-case scenario behoren alle slachtoffers in het broedseizoen (2-3 exemplaren) tot aalscholvers afkomstig uit Natura 2000-gebied Voornes Duin en buiten het broedseizoen (circa 2 exemplaren) tot het Natura 2000-gebied Voordelta. Gezien de aannames zijn de twee alternatieven niet onderscheidend voor dit aspect.

Scholekster (niet-broedvogel Voordelta)
Voor scholekster worden op jaarbasis geen aanvaringsslachtoffers voorzien (tabel 8.1). De soort is relatief schaars en bovendien vinden de meeste vliegbewegingen niet op rotorhoogte plaats (hoofdstuk 5). Dit geldt voor beide alternatieven.

Visdief (niet-broedvogel Voordelta)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de visdief bedraagt circa 2-3 aanvarings-slachtoffer per jaar voor beide alternatieven (tabel 8.1). Gezien de aannames zijn beide alternatieven hierin niet of nauwelijks onderscheidend.

Grote stern (broedvogel Haringvliet en Grevelingen)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de grote stern bedraagt circa 2 aanvaringsslachtoffer per jaar voor alternatief 1 en één aanvaringsslachtoffer per jaar voor alternatief 2 (tabel 8.1). Gezien de aannames zijn beide alternatieven hierin niet of nauwelijks onderscheidend.

Overige soorten
De kleine zilverreiger en lepelaar (beiden broedvogel Voornes Duin) vliegen niet of incidenteel over de buitencontour. Aanvaringslachtoffers zijn uitgesloten.

Enkele andere soorten kwalificerende niet-broedvogels van de Voordelta (o.a. bergeend, krakeend, diverse soorten steltlopers) komen met kleine aantallen voor langs of in de directe nabijheid van de buitencontour. De aantallen zijn dermate laag dat weinig vliegbewegingen door het windpark zullen plaatsvinden. Aanvaringsslachtoffers zijn niet voorzienbaar.

8.2 Verstoring

De aanwezigheid van windturbines kan een verstorende werking hebben op vogels in de vorm van geluid, beweging of aantasting van de openheid van het landschap. Ook de verhoogde menselijke activiteit nabij windturbines door onderhoudswerkzaamheden, kan een verstorende werking hebben op vogels. Wanneer in onderstaande paragrafen over verstoring (in de gebruiksfase) wordt gesproken, wordt de totale verstorende werking van windturbines op vogels bedoeld, die veroorzaakt wordt door de combinatie van voornoemde factoren.

Aanlegfase
De aanleg van een windpark gaat gepaard met veel lokale activiteiten. De verstorende invloed op vogels die uitgaat van deze activiteiten moet minstens zo groot worden ingeschat als die van de aanwezigheid van de turbines, maar bestrijkt een groter gebied. Daar staat tegenover dat het een tijdelijke verstoring betreft, die alleen optreedt in de periode waarin de werkzaamheden worden uitgevoerd. De werkzaamheden vinden volledig buiten de begrenzing van Natura 2000-gebied Voordelta plaats. De tijdelijke verstoring van leefgebied (in de aanlegfase) binnen het Natura 2000-gebied is dan ook zeer beperkt. Binnen het Natura 2000-gebied is voldoende mogelijkheid voor vogels om gedurende de werkzaamheden elders in het gebied een tijdelijke plek te zoeken. De verstorende effecten van de aanleg van de turbines van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn daarom verwaarloosbaar; er is met zekerheid ook geen sprake van maatgevende verstoring waarbij vogels permanent het Natura 2000-gebied verlaten. Beide alternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

Gebruiksfase

In het kader van Natura 2000 is in de omgeving van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte alleen verstoring van rustende en pleisterende (water)vogels van belang. Voor lokaal foeragerende en rustende vogels varieert de verstoringsafstand tussen soorten en soortgroepen van enkele tientallen tot maximaal enkele honderden meters (bijlage 2). Binnen de verstoringsafstand zullen niet alle vogels van een bepaalde soort verdwijnen, maar zal een bepaald percentage van de vogels verstoord worden. Het uiteindelijke effect van deze verstoring op populaties is afhankelijk van de beschikbaarheid van geschikte alternatieve foerageergebieden en/of rustgebieden in de nabije omgeving.

Het aantal niet-broedvogels op en langs de buitencontour wat (mogelijk) een binding heeft met het Natura 2000-gebied Voordelta is zeer laag. Alleen de **aalscholver** en de **scholekster** zijn met redelijke aantallen (gemiddeld tot tientallen per maand) in en nabij het plangebied aanwezig. Deze soorten zijn weinig verstoringsgevoelig voor windturbines (aalscholvers rusten in offshore windparken bijvoorbeeld regelmatig op de platforms aan de voet van de turbines) en zullen daarom geen noemenswaardige hinder ondervinden van de aanwezigheid van de turbines.

Onder andere langs de zachte zeewering wordt binnen het Natura 2000-gebied Voordelta gefoerageerd door **visdief** (afkomstig van de kolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte) en **grote stern** (afkomstig van de kolonies in het Haringvliet en/of Grevelingen). Zoals in hoofdstuk 5 beschreven is in het Natura 2000-gebied Voordelta voor beide soorten een IHD opgenomen, die is gekoppeld aan de compensatieopgave voor de Tweede Maasvlakte. Ondanks dat de IHD's voor de Voordelta zien op niet-broedvogels (de Voordelta kent geen IHD's voor broedvogels) wordt de compensatieopgave in richting tot visdief en grote stern algemeen geïnterpreteerd te gelden voor broedvogels in de Delta (buiten het broedseizoen zijn beide soorten maar beperkt aanwezig en dan vooral als doortrekker, in het winterhalfjaar verblijven beide soorten vooral in de kustwateren van Afrika).

De afstand van de windturbines tot het Natura 2000-gebied Voordelta is klein en bedraagt op de zachte zeewering hooguit enkele tientallen meters. De verstoringsafstand van windturbines op foeragerende visdieven en grote sterns is niet precies bekend, maar in eerdere effectstudies is 50 m als veilige afstand gehanteerd (zie bijvoorbeeld Prinsen *et al.* 2009). De geplande windturbines kunnen daarom *in theorie* een verstorende invloed hebben op de visdieven en grote sterns die foerageren binnen het Natura 2000-gebied Voordelta. Om de volgende redenen is hier het standpunt ingenomen dat van verstoring van foeragerende sterns binnen het Natura 2000-gebied Voordelta geen sprake is (beide alternatieven zijn ook niet onderscheidend voor dit aspect):

- in Windpark Slufter broeden visdieven al jarenlang binnen het windpark op een ponton (zie ook hoofdstuk 6) en worden de windturbines dagelijks op korte afstand gepasseerd zonder zichtbare hinder of reactie in de vliegbewegingen (Gyimesi *et al*. 2013);
- hetzelfde was het geval in een windpark in Zeebrugge, waar zowel visdief, grote stern als dwergstern op korte afstand (30 m of meer voor perifere nesten, 50-100 m of meer voor de rest van de kolonie) van de windturbines broedden en deze dagelijks op (zeer) korte afstand passeerden (Everaert 2007);

- ook offshore windparken worden vaak bezocht of doorkruist door sterns (o.a. Krijgsveld *et al*. 2011), waarbij soms zelfs wordt gevist nabij de palen van de turbines (observaties Bureau Waardenburg);
- indien een verstoringscontour van 50 m wordt gehanteerd, overlapt deze nauwelijks met het Natura 2000-gebied: het betreft een verwaarloosbare fractie van de gehele kustlijn langs de Tweede Maasvlakte en het foerageergebied van visdief en grote stern (zie figuur 6.2).

8.3 Barrièrewerking

Realisatie van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte volgens de voorziene opstellingsvariant resulteert niet in barrièrewerking voor vogels. Op de Eerste Maasvlakte vliegen bijvoorbeeld veel vogels (o.a. aalscholver, visdief, meeuwen) zonder uit te wijken door het Windpark Slufter (Gyimesi *et al*. 2013). Dit is voor meeuwen ook vastgelegd in o.a. Windpark Landtong Rozenburg en Windpark Piet de Wit op Goeree-Overflakkee (Jeninga 2018).
De tussenruimte tussen de windturbines in Windpark Slufter bedroeg destijds circa 250 m bedroeg (van mast tot mast). Bovendien stonden de windturbines op de Slufterdam in een halve cirkel opgesteld, wat op een afstand voor een naar het windpark vliegende vogel resulteert in een ogenschijnlijk dichter netwerk van turbines. De tussenruimte van de windturbines op de buitencontour bedraagt circa 291 m op de harde zeewering tot circa 454 m op de zachte zeewering en deze staan in een lijnopstelling (figuur 2.1). Indien rekening wordt gehouden met de omvang van de rotoren, is in het windpark op de Tweede Maasvlakte een vergelijkbare of grotere ruimte tussen de turbines om tussendoor te vliegen dan in het toenmalige Windpark Slufter. Een windpark op de harde en zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte zal er daarom niet toe leiden dat rust- en/of foerageergebieden onbereikbaar worden of in belangrijke mate minder functioneel zijn. Op dit vlak zal de ingreep dus geen effect hebben op vogelsoorten waarvoor omliggende Natura 2000-gebieden zijn aangewezen. Beide alternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

9 Effectbeoordeling Natura 2000-gebieden

9.1 Beoordeling van effecten op Habitatrichtlijnsoorten

Van alle soorten van Bijlage II van de Habitatrichtlijn waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het geplande windpark op de Tweede Maasvlakte zijn aangewezen, ondervinden alleen trekvissen en zeezoogdieren (gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvos) (mogelijk) een effect van het windpark. De andere soorten komen niet binnen de invloedssfeer van de ingreep waardoor het optreden van verstorende effecten en of verslechtering van de habitats van deze soorten in het Natura 2000-gebied op voorhand met zekerheid kan worden uitgesloten (zie hoofdstuk 4). Effecten op trekvissen en zeezoogdieren worden bepaald en beoordeeld door een externe partij (Heinis Waterbeheer & Ecologie in samenwerking met TNO).

9.2 Beoordeling van effecten op broedvogels

Van alle broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, passeren alleen de **aalscholvers** die broeden in het Voornes Duin en de **grote sterns** die broeden in Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen (mogelijk) met enige regelmaat het plangebied. Voor alle andere broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen zijn verstorende effecten (inclusief sterfte) van de het geplande windpark op voorhand met zekerheid uit te sluiten (zie hoofdstuk 4). In voorliggende natuurtoets worden effecten op **visdieven** die broeden op de Maasvlakte (of elders in het noordelijke deel van de Delta) ook beoordeeld in het kader van de gebiedenbescherming voor Natura 2000-gebied Voordelta (zie hoofdstuk 4 en 8).

9.2.1 Aanlegfase

In hoofdstuk 8 is beschreven dat verstorende effecten van de aanleg van de windturbines verwaarloosbaar is; er is met zekerheid geen sprake van maatgevende verstoring. Het windpark zal met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD's van voornoemde kwalificerende (broed)vogelsoorten in de betrokken Natura 2000-gebieden Voornes Duin, Haringvliet, Grevelingen of Voordelta. Dit geldt voor beide alternatieven.

9.2.2 Gebruiksfase

Aalscholver (Voornes Duin)

Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de aalscholver in het broedseizoen bedraagt 3 aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark voor alternatief 1 en 2-3 aanvaringsslachtoffers per jaar voor alternatief 2. Dit betreft in een worst-case-scenario allemaal aalscholvers uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin (zie hoofdstuk 8). Om te beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populaties in het Natura 2000-gebied Voornes Duin, is eerst de bijbehorende 1%-morta-

liteitsnorm bepaald (tabel 9.1). In hoofdstuk 4 is de bepaling van de 1%-mortaliteitsnorm in detail beschreven.

Tabel 9.1 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor aalscholver die een binding hebben met het Natura 2000-gebied Voornes Duin, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnormen van de betrokken populatie. De 1%-mortaliteitsnorm is gebaseerd op het aantal broedpaar in Voornes Duin in de jaren 2014 t/m 2018 (Sovon.nl), vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).

Soort	**Populatiegrootte**	**1%-mortaliteitsnorm**	**Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)**	
			Alternatief 1	Alternatief 2
aalscholver	2.443	2,9	3,0	2,4

De sterfte van de aalscholver in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt net boven (alternatief 1) of net onder (alternatief 2) de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin (tabel 9.1). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is daarom niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen en is mogelijk van invloed op behoud van de omvang van deze populatie.

In een passende beoordeling dient nader te worden onderzocht of een significant negatief effect op het behalen van de IHD van deze soort in het Natura 2000-gebied Voornes Duin met zekerheid is uit te sluiten. Het effect dient in de passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere projecten in (de omgeving van) het Voornes Duin beoordeeld te worden. Hierbij kan in meer detail dan nu is gedaan het aantal aanvaringsslachtoffers worden berekend door bijvoorbeeld op maandbasis rekening te houden met rotatiesnelheid en percentage voorziene stilstand van de windturbines (waarschijnlijk allebei lager in het zomerhalfjaar dan nu is toegepast). Ook kan in de passende beoordeling, indien nodig, ook rekening worden gehouden met mitigerende maatregelen, zoals een tijdelijke stilstand op momenten met verhoogde flux. Tenslotte zou het effect van de additionele sterfte op de betrokken populatie kunnen worden doorgerekend met behulp van een populatiemodel, zoals recent is uitgevoerd voor effecten van offshore windparken op de Noordzee op een aantal zeevogelsoorten (Potiek *et al*. 2019), mits voldoende informatie beschikbaar is over populatie-dynamische parameters van de broedpopulatie, zoals reproductie- en sterfte-cijfers (o.a. overleving per jaarklasse).

Grote stern (Haringvliet en Grevelingen)

Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de grote stern in het broedseizoen bedraagt bijna twee aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark voor alternatief 1 en één aanvaringsslachtoffers per jaar voor alternatief 2. Om te beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populaties in de Natura 2000-gebieden Grevelingen en Haringvliet, is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald (tabel 9.2).

De sterfte van de grote stern in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt ruim onder de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie van de gehele Delta (tabel 9.2). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine

hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populatie. Het windpark zal op zichzelf met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in de betrokken Natura 2000-gebieden. Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven. Het effect dient nog wel in een passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de Delta beoordeeld te worden.

Tabel 9.2 *Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor grote stern die een binding hebben met de Natura 2000-gebieden Grevelingen en Haringvliet, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. Conform de IHD van deze soort in deze gebieden, is gewerkt met de populatiegrootte in de Delta (alleen kolonies binnen de gebieden Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde en Westerschelde & Saeftinghe) in de seizoenen 2014-2018 (Arts et al.* 2019a), *vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).*

Soort	**Populatiegrootte**	**1%-mortaliteitsnorm**	**Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)**	
			Alternatief 1	Alternatief 2
grote stern	11.068	11,3	1,8	1,0

Visdief (Voordelta)

Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de visdief in het broedseizoen bedraagt bijna drie aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark voor alternatief 1 en 2-3 aanvaringsslachtoffers per jaar voor alternatief 2. Om te beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populatie die gebruik kan maken van het bodembeschermingsgebied in de Voordelta (zie hoofdstuk 4 en 8), is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald (tabel 9.3). Hierbij is aangenomen dat het merendeel van de visdieven die op de Maasvlakte en in het Haringvliet, Grevelingen en westelijke deel van de Oosterschelde broeden in het Natura 2000-gebied Voordelta kunnen foerageren en gebruik kunnen maken van het bodembeschermingsgebied. NB: waarschijnlijk zullen vooral visdieven die op de Eerste en Tweede Maasvlakte broeden het windpark regelmatig passeren, kolonies in bijvoorbeeld het Haringvliet liggen waarschijnlijk op te grote afstand.

Tabel 9.3 *Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor visdief die een binding hebben met Natura 2000-gebied Voordelta, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. De populatiegrootte is gebaseerd op de aantallen die broeden op de Maasvlakte en in het Haringvliet, Grevelingen en westelijke deel van de Oosterschelde in de seizoenen 2014-2018 (Arts et al.* 2019a), *vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).*

Soort	**Populatiegrootte**	**1%-mortaliteitsnorm**	**Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)**	
			Alternatief 1	Alternatief 2
visdief	7.199	7,2	2,8	2,5

De sterfte van de visdief in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt onder de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie die gebruik kan maken van het noordelijke deel van de Voordelta (tabel 9.3). Een dergelijk

aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populatie. Het windpark zal op zichzelf met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in het Natura 2000-gebied Voordelta. Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven. Het effect dient in een passende beoordeling nog wel in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de Voordelta beoordeeld te worden.

9.3 Beoordeling van effecten op niet-broedvogels

Van alle niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, passeren alleen de aalscholver en scholekster, die een mogelijke binding hebben met het Natura 2000-gebied Voordelta, (mogelijk) met enige regelmaat het plangebied. Voor alle andere niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen zijn verstorende effecten (inclusief sterfte) van de het geplande windpark op voorhand met zekerheid uit te sluiten (zie hoofdstuk 4).

9.3.1 Aanlegfase

In hoofdstuk 8 is beschreven dat verstorende effecten van de aanleg van de windturbines verwaarloosbaar is; er is met zekerheid geen sprake van maatgevende verstoring. Het windpark zal met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD's van voornoemde kwalificerende (niet-broed)vogelsoorten in Natura 2000-gebied Voordelta. Dit geldt voor beide alternatieven.

9.3.2 Gebruiksfase

Aalscholver (Voordelta)

Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de aalscholver buiten het broedseizoen bedraagt circa 2 aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark voor beide alternatieven. Dit betreft in een worst-case scenario allemaal aalscholvers uit het Natura 2000-gebied Voordelta (zie hoofdstuk 6). Om te beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populaties in het Natura 2000-gebied Voordelta, is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald (tabel 9.4).

Tabel 9.4 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor aalscholver die een binding hebben met het Natura 2000-gebied Voordelta, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnormen van de betrokken populatie. De 1%-mortaliteitsnorm is gebaseerd op het gemiddelde seizoensmaximum genoemd in Arts et al. in serie (seizoenen 2013/2014 – 2017/2018).

Soort	**Populatiegrootte**	**1%-mortaliteitsnorm**	**Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)**	
			Alternatief 1	Alternatief 2
aalscholver	1.941	2,3	2,3	1,8

De sterfte van de aalscholver in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt op (alternatief 1) of net onder (alternatief 2) de 1%-mortaliteits-

norm van de betrokken populatie uit het Natura 2000-gebied Voordelta (tabel 9.4). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is daarom niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen en is mogelijk van invloed op behoud van de omvang van deze populatie.

In een passende beoordeling dient nader te worden onderzocht of een significant negatief effect op het behalen van de IHD van deze soort in het Natura 2000-gebied Voordelta met zekerheid is uit te sluiten. Het effect dient in de passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere projecten in (de omgeving van) het Voordelta beoordeeld te worden. Hierbij kan in meer detail dan nu is gedaan het aantal aanvaringsslachtoffers worden berekend door bijvoorbeeld op maandbasis rekening te houden met rotatiesnelheid en percentage voorziene stilstand van de windturbines. Ook kan in de passende beoordeling, indien nodig, ook rekening worden gehouden met mitigerende maatregelen, zoals een tijdelijke stilstand op momenten met verhoogde flux.

Scholekster (Voordelta)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de scholekster bedraagt bij beide inrichtingsalternatieven nul exemplaren per jaar in het gehele windpark. Het windpark heeft met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in de Natura 2000-gebied Voordelta.

10 Effecten op overige vogelsoorten

In dit hoofdstuk wordt op basis van beschikbare kennis over de aanwezigheid en gedrag in het kader van de Wnb-soortenbescherming een overzicht gegeven van de effecten op overige vogelsoorten als gevolg van de bouw en het gebruik van Windpark Tweede Maasvlakte. De volgende effecten op vogels kunnen in theorie optreden (zie bijlage 2):

- aantasting van nesten in de aanlegfase;
- verstoring in de aanlegfase;
- verstoring in de gebruiksfase;
- sterfte in de gebruiksfase;
- barrièrewerking in de gebruiksfase.

De effecten zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Bij deze kwantificering moet echter in acht worden genomen dat, hoewel ze gebaseerd zijn op het meest recente onderzoek, de nodige aannames gedaan zijn en dat ruime marges realistisch zijn rondom de gepresenteerde aantallen. Dat betekent dat de aantallen in absolute zin niet 100% nauwkeurig zijn, maar wel zeer goed bruikbaar om een ordegrootte van effecten te geven. De aannames in de berekeningen zijn op zo'n manier gedaan dat in alle gevallen met zekerheid het worst-case scenario is getoetst (zie hoofdstuk 5).

10.1 Effecten in de aanlegfase

Tijdens de aanleg van de windturbines zijn verschillende effecten op vogels mogelijk. Vogelaanvaringen door windturbines zijn dan nog niet aan de orde, maar verstoring (als gevolg van o.a. geluid, beweging, trillingen) kan wel optreden bij de aanleg van windturbines. Er moeten mogelijk ontsluitingswegen worden aangelegd of verbreed, er wordt geregeld heen en weer gereden met vrachtwagens en personenauto's, gewerkt met draglines en grote kranen, en in het veld wordt heen en weer gelopen door landmeters en bouwers. Zo kunnen bouwwerkzaamheden leiden tot de verstoring van vogels en de vernietiging of verstoring van hun nesten en/of eieren. Op beperkte schaal kunnen deze werkzaamheden ook (tijdelijk) habitatverlies opleveren voor vogels. Overtreding van verbodsbepalingen, zoals bijvoorbeeld het opzettelijk vernielen of beschadigen van nesten (Art. 3.1 lid 2) kan voorkomen worden door de werkzaamheden buiten het broedseizoen uit te voeren of, wanneer het niet mogelijk is om buiten het broedseizoen te werken, het plangebied voor aanvang van het broedseizoen ongeschikt te maken als broedlocatie. Binnen de invloedssfeer van de werkzaamheden zijn overigens geen broedkolonies gelegen welke door de activiteiten wezenlijk kunnen worden verstoord.

De verstorende invloed op rustende en foeragerende vogels die uitgaat van de hiervoor genoemde activiteiten moet minstens zo groot worden ingeschat als die van de aanwezigheid van de windturbines, maar bestrijkt een groter gebied. Daar staat tegenover dat het een tijdelijke verstoring betreft, die alleen optreedt in de periode waarin de werkzaamheden worden uitgevoerd.

Voor vogels is het mogelijk om elders in (de directe omgeving van) het plangebied een alternatieve foerageer- of rustplek te benutten als ze tijdens een bepaalde fase op een bepaalde plek worden verstoord. **Er is daarom geen sprake van wezenlijke verstoring**: vogels zullen (de directe omgeving van) het plangebied niet verlaten zodat in dit geval ook geen verslechtering van de kwaliteit van het leefgebied optreedt. De twee inrichtingsalternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

10.2 Aanvaringsslachtoffers in de gebruiksfase

10.2.1 Globaal overzicht van het aantal aanvaringsslachtoffers

De twee alternatieven van het windpark op de buitencontour bestaan uit 22 windturbines met verschillende afmetingen (tabel 2.1). Voor het bepalen van het worst-case (of maximaal) aantal aanvaringsslachtoffers per windturbine per jaar is gebruik gemaakt van de best beschikbare kennis over slachtofferaantallen in windparken in Nederland en andere (West-)Europese landen (zie hoofdstuk 4). Op basis van deze kennis, gecombineerd met de kennis over de afmetingen en configuratie van het windpark, en de aanwezigheid, verspreiding, habitat en vliegroutes van soorten in het plangebied (zie hoofdstuk 6), is het deskundigenoordeel dat sprake is van *maximaal 30-40 slachtoffers per windturbine per jaar*. Voor het totaal aan toekomstige windturbines op de buitencontour gaat het dan om **een ordegrootte van 660 - 880 vogelslachtoffers per jaar**. De twee inrichtingsalternatieven zijn niet of nauwelijks onderscheidend voor dit aspect.

Bovenstaande schatting van ordegrootte aantal aanvaringsslachtoffers voorziet niet in een verdeling van het aantal slachtoffers over verschillende soortgroepen. Wel kan op basis van het voorkomen van soorten in het plangebied, het gebiedsgebruik door deze soorten en beschikbare kennis over aanvaringskansen van verschillende soortgroepen, een inschatting gemaakt worden van de soorten die naar verwachting relatief vaak of juist minder vaak slachtoffer zullen worden van een grootschalig windpark in het plangebied.

Tijdens eerder slachtofferonderzoek in vergelijkbare habitats in Nederland zijn vooral eenden, meeuwen, sterns en zangvogels als aanvaringsslachtoffer gevonden (o.a. Krijgsveld & Beuker 2009, Krijgsveld *et al.* 2009, Beuker & Lensink 2010, Brenninkmeijer & van der Weyde 2011, Verbeek *et al.* 2012, Klop & Brenninkmeijer 2014). Op basis van deze onderzoeken en de kennis over de vogelsoorten in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 6), is het te verwachten dat bij de geplande windturbines in het plangebied vooral meeuwen, sterns en zangvogels slachtoffer zullen worden van een aanvaring met de geplande windturbines. Meeuwen en sterns blijken zowel overdag als ’s nachts gevoelig te zijn voor aanvaringen met windturbines. Op de Maasvlakte zijn grote broedkolonies aanwezig en vinden veel lokale vliegbewegingen plaats, waardoor deze vogels slachtoffer kunnen worden van een aanvaring. Zangvogels worden waarschijnlijk voornamelijk slachtoffer tijdens de nachtelijke seizoenstrek. Aangezien tijdens de seizoenstrek grote aantallen zangvogels over het plangebied trekken (Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020a, Prinsen *et al*. 2013), kunnen er in absolute zin relatief veel slachtoffers vallen. Ten opzichte van de populaties van betrokken soorten zijn de aantallen slachtoffers van zangvogels

echter niet opvallend hoog. Van andere soortgroepen (o.a. ganzen, zwanen, eenden, roofvogels en steltlopers) vinden geen grote aantallen vliegbewegingen over het plangebied plaats en zijn op jaarbasis hooguit incidenteel aanvaringsslachtoffers te verwachten. Hieronder worden per soortgroep de risico's beschreven.

10.2.2 Aanvaringsslachtoffers onder lokale (niet-)broedvogels

Van het totale aantal aanvaringslachtoffers dat voor het windpark (beide alternatieven) op jaarbasis wordt geschat, zal een relatief beperkt aandeel (enkele tientallen slachtoffers voor alle soorten samen) lokale (niet)-broedvogels betreffen. Voor het merendeel van deze vogelsoorten in en nabij het plangebied gaat het op jaarbasis om incidentele slachtoffers, oftewel minder dan één slachtoffer op jaarbasis in het gehele windpark. Dit geldt zowel voor broedvogelsoorten, zoals stormmeeuw, graspieper en witte kwikstaart, als voor niet-broedvogelsoorten, zoals bergeend, krakeend, grote mantelmeeuw, wulp en steenloper, waarvan het aanbod vliegbewegingen op rotorhoogte door het plangebied (zeer) klein is. Lokale vogelsoorten waarvoor op jaarbasis wel één of meer slachtoffers vallen, zijn soorten die geregeld in de hogere luchtlagen verkeren, zoals enkele sternsoorten en grote meeuwen.

In het kader van de Wnb-gebiedenbescherming is in hoofdstuk 8 voor het windpark op de harde zeewering en zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte berekend dat onder de (niet)-broedvogelsoorten aalscholver, scholekster, visdief en grote stern op jaarbasis hooguit enkele aanvaringsslachtoffers vallen (tabel 8.1). Met eenzelfde rekenwijze is het aantal aanvaringsslachtoffers berekend voor de dwergstern, kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw (tabel 10.1), dit zijn soorten die in het broedseizoen dagelijks in relatief grote aantallen over het plangebied vliegen. Voor de dwergstern wordt op jaarbasis in het gehele windpark hooguit incidenteel een slachtoffer voorzien. De beide alternatieven zijn hierin niet onderscheidend. Voor kleine mantelmeeuw bestaat wel een klein verschil tussen beide alternatieven in het aantal aanvaringsslachtoffers, 11-12 respectievelijk 8-9 slachtoffers per jaar in het gehele windpark. Voor zilvermeeuw is dit verschil nog duidelijker, namelijk bijna 20 slachtoffers per jaar in het gehele windpark in alternatief 1 versus circa 11 slachtoffers in alternatief 2.

Tabel 10.1 Aantal berekende aanvaringsslachtoffers (per deelgebied) per jaar van dwergstern, kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw. Voor een totaal aantal slachtoffers per jaar voor de gehele opstelling (hard + zacht), dient het aantal slachtoffers bij de zachte zeewering te worden opgeteld bij totaal van de harde zeewering. Zie hoofdstuk 5 voor rekenmethode en aannames.

Vogelsoort	Alternatief 1		Alternatief 2	
	harde zeewering	zachte zeewering	harde zeewering	zachte zeewering
dwergstern	0,0	0,1	0,0	0,1
kleine mantelmeeuw	8,6	2,8	5,6	2,9
zilvermeeuw	17,1	2,7	8,3	2,8

10.2.3 Aanvaringsslachtoffers onder seizoenstrekkers

Seizoenstrek vindt over het algemeen op grote hoogte plaats waardoor het aanvaringsrisico voor vogels met windturbines dan relatief laag is. Bepaalde weersomstandigheden, zoals sterke tegenwind of mist, kunnen er wel voor zorgen dat de vlieghoogte van vogels op trek afneemt, waardoor het risico op een aanvaring toeneemt. Het onderzoek naar nachtelijke seizoenstrek op de Tweede Maasvlakte (Prinsen *et al*. 2013 en Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020) heeft echter aangetoond dat op dit soort kustlocaties een aanzienlijk deel van de trek met regelmaat op rotorhoogte passeert. Vanwege het grote aantal vogels dat tijdens seizoenstrek het plangebied passeert, zullen tijdens dergelijke risicovolle omstandigheden grotere aantallen vogels met de turbines kunnen botsen, vooral in het donker wanneer de turbines minder goed zichtbaar zijn.

Op jaarbasis worden naar schatting (vele) honderden aanvaringsslachtoffers onder vogels verwacht (zie paragraaf 10.2.1). Het overgrote deel van deze slachtoffers zal vallen onder vogels tijdens hun seizoenstrek. Het gaat hierbij om een groot aantal soorten, op basis van deskundigenoordeel en gegevens gepubliceerd op de website trektellen.nl, trekken jaarlijks minimaal 100 soorten over het plangebied. Voor algemene soorten, die in zeer grote aantallen het plangebied passeren, zoals lijsters (Prinsen *et al*. 2013, Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020), worden op jaarbasis per soort (vele) tientallen vogels slachtoffer van een aanvaring in het geplande windpark. Voor schaarse soorten, die in kleine aantallen het plangebied passeren, zoals roerdomp, kwartel en ransuil, zal jaarlijks <1 individu slachtoffer worden van een aanvaring met een windturbine in het windpark of zijn aanvaringen in het geheel niet te voorzien.

De geplande windturbines langs de zachte zeewering zullen naar verwachting (per turbine) iets meer slachtoffers veroorzaken dan de geplande windturbines op de harde zeewering. Dit komt doordat een groot deel van de overtrekkende vogels op relatief lage hoogte vliegt en het rotoroppervlak van de windturbines die langs de zachte zeewering zijn voorzien aanzienlijk groter is dan het rotoroppervlak van de windturbines die op de harde zeewering zijn voorzien. Dit leidt tot een grotere flux op risicohoogte door dit deel van het windpark. In bijlage 5 wordt een verkennende rekenexercitie gepresenteerd naar het totaal aantal slachtoffers onder nachtelijk trekkende zangvogels in het windpark, gebaseerd op de meetgegevens met de vogelradar in najaar 2019. Uit deze rekenexercitie komt ook naar voren dat de geplande windturbines op de zachte zeewering in beide alternatieven ongeveer 2x zoveel slachtoffers onder nachtelijk trekkende zangvogels maken dan de geplande windturbines op de harde zeewering. Op jaarbasis worden in het gehele windpark in ordegrootte 600 - 900 aanvaringsslachtoffers onder zangvogels voorzien, waarbij in alternatief 2 iets meer slachtoffers worden voorzien dan in alternatief 1 maar gezien alle aannames in de modellering vormt dit geen onderscheidend aspect.

10.3 Verstoring in de gebruiksfase

De aanwezigheid van windturbines kan een verstorende werking hebben op vogels in de vorm van geluid, beweging of aantasting van de openheid van het landschap. Ook de verhoogde menselijke activiteit nabij windturbines door onderhoudswerkzaamheden, kan een verstorende werking hebben op vogels. Wanneer in onderstaande paragrafen over verstoring (in de gebruiksfase) wordt gesproken, wordt de totale verstorende werking van windturbines op vogels bedoeld, die veroorzaakt wordt door de combinatie van voornoemde factoren. Door de verstorende werking wordt het leefgebied in de directe omgeving van windturbines minder geschikt. Hierdoor kunnen vogels een bepaald gebied rond de windturbine c.q. het windpark verlaten. De verstoringsafstand verschilt per soort. Ook de mate waarin vogels verstoord worden verschilt tussen soorten. Dergelijke effecten zijn met name aangetoond voor rustende vogels, maar ook voor foeragerende watervogels (zie bijlage 2).

10.3.1 Verstoring broedvogels

Uit onderzoek is gebleken dat windturbines in het algemeen slechts in beperkte mate een verstorende invloed hebben op vogels die broeden (zie bijlage 2). Bij veel soorten zijn in het geheel geen verstorende effecten in de broedperiode aangetoond, en waar dat wel het geval is zijn de effectafstanden geringer dan die buiten de broedperiode. Doordat vogels doorgaans in ruimtelijk verspreide territoria voorkomen zijn de aantallen beïnvloede vogels daarnaast veelal kleiner in vergelijking met buiten het broedseizoen. Het plangebied heeft weinig betekenis als broedgebied voor vogels.

De (zeer) beperkte verstoringseffecten in de gebruiksfase van het windpark zullen de gunstige staat van instandhouding van landelijk algemene(re) broedvogelsoorten niet beïnvloeden. Maatgevende verstoringseffecten, waarbij vogels permanent een gebied verlaten, zijn uitgesloten. De twee inrichtingsalternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

10.3.2 Verstoring niet-broedvogels

Het plangebied en de directe omgeving daarvan wordt door kleine aantallen vogels gebruikt. Grote aantallen watervogels bevinden zich voornamelijk op grote afstand op de Slikken van Voorne of op zee (hoofdstuk 6).
Windturbines kunnen tot op ruim 400 m afstand een verstorende werking hebben op niet-broedvogels (zie bijlage 2). In theorie betekent dit dat delen van de kustlijn van de Tweede Maasvlakte nabij de windturbines door deze vogels kunnen worden gemeden. In het geval van Windpark Tweede Maasvlakte betekent dit geen of nauwelijks veranderingen in terrein-gebruik van niet-broedvogels, omdat in de huidige situatie reeds sprake is van een verstoorde situatie (recreatie op het strand, scheepvaartroute buitenlangs de harde zeewering, industriële activiteit). Er is dus geen sprake van additionele verstoringseffecten waarbij een deel van de aanwezige vogels hun verspreidingspatroon aanpassen.

De (zeer) beperkte verstoringseffecten in de gebruiksfase van het windpark zullen de gunstige staat van instandhouding van landelijk algemene(re) niet-broedvogelsoorten niet beïnvloeden. Maatgevende verstoringseffecten, waarbij vogels permanent een gebied verlaten, zijn uitgesloten. De twee inrichtingsalternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

10.4 Barrièrewerking in de gebruiksfase

Realisatie van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte volgens de voorziene inrichtingsalternatieven resulteert niet in barrièrewerking voor vogels. Kortheidshalve wordt verwezen naar de argumentatie uiteengezet in paragraaf 8.3, dit geldt evengoed voor de overige vogelsoorten die regelmatig uitwisselen tussen de Noordzee en binnendijkse gebiedsdelen op en nabij de Tweede Maasvlakte. De twee inrichtingsalternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

11 Effecten op vleermuizen

Door het lage aantal waarnemingen kan op basis van de gegevens uit 2019 weinig gezegd worden over de te verwachten aantallen slachtoffers in het toekomstig windpark. De modellen (Korner Nievergelt 2013) berekenen ook voor nachten waarin geen vleermuizen zijn waargenomen een beperkt slachtofferrisico. Dit is niet geheel onlogisch omdat met een detector niet alle vleermuizen in het rotorbereik kunnen worden opgenomen. Het toevoegen van een beperkt risico voor nachten waarin activiteit verwacht kan worden maar niet werd vastgesteld, zorgt dan in feite voor een kleine correctie voor gemiste dieren waardoor het model beter in staat is om het aantal dode vleermuizen te voorspellen. Wanneer het model zou worden toegepast op locaties waar vleermuizen maar enkele keren zijn opgenomen, dan zou het berekende aantal slachtoffers voor het overgrote deel uit deze 'correcties' bestaan. De kans is daarom groot dat het aantal aanvaringsslachtoffers in zo'n geval overschat zou worden.

Door gebruik te maken van de gegevens uit 2015 uit het nabijgelegen Windpark Slufter (Boonman & Prinsen 2016) kan toch iets gezegd worden over de verwachte aanvaringsslachtoffers.

Het aantal aanvaringslachtoffers is op basis van de gegevens uit 2015 berekend op één tot maximaal twee slachtoffers per turbine per jaar (totaal 22 - 44 vleermuisslachtoffers op jaarbasis in het gehele windpark). Waarbij op basis van de activiteitsmetingen in 2015 iets minder dan de helft van de slachtoffers naar verwachting bestaat uit gewone dwergvleermuizen, een derde uit ruige dwergvleermuizen en een kwart uit rosse vleermuizen. Beide inrichtingsalternatieven zijn niet onderscheidend voor dit aspect.

12 Effectbeoordeling beschermde soorten

12.1 Vogels

12.1.1 Effecten in de aanlegfase

Tijdens de aanleg van het windpark zijn verschillende effecten op vogels mogelijk. Zo kunnen bouwwerkzaamheden leiden tot de verstoring van broedvogels en de vernietiging van hun nesten en/of eieren. Het aanleggen van een windpark van deze omvang is een hele onderneming. Bij opstellingen op het land moeten er veelal ontsluitingswegen tijdelijk worden aangelegd of verbreed, er wordt geregeld heen en weer gereden met vrachtwagens en personenauto's, gewerkt met draglines en grote kranen, en in het veld heen en weer gelopen door landmeters en bouwers.

De verstorende invloed op rustende en foeragerende vogels die uitgaat van de hiervoor genoemde activiteiten moet minstens zo groot worden ingeschat als die van de aanwezigheid van de turbines, maar bestrijkt een groter gebied (Pearce-Higgins *et al*. 2012). Daar staat tegenover dat het een tijdelijke verstoring betreft, die alleen optreedt in de periode waarin de werkzaamheden worden uitgevoerd.

Overtreding van verbodsbepalingen in de Wnb (onderdeel soortenbescherming) is te voorkomen door de windturbines buiten het broedseizoen te bouwen. Het broedseizoen verschilt per vogelsoort, maar loopt globaal van maart tot en met augustus. Is dit niet mogelijk dan kunnen de werkzaamheden alleen worden uitgevoerd indien is vastgesteld dat er met de werkzaamheden geen nesten van broedvogels worden vernietigd of verstoord. Dit kan door voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden het plangebied te controleren op nesten.

Voor de werkzaamheden buiten het broedseizoen geldt dat in de nabije omgeving voldoende alternatieve rust- en foerageergebieden aanwezig, waar eventueel buiten het broedseizoen verstoorde vogels tijdelijk naar uit kunnen wijken. In de aanlegfase is maatgevende verstoring voor niet-broedvogels uitgesloten.

12.1.2 Effecten in de gebruiksfase

Op jaarbasis zal het geplande windpark resulteren in naar schatting 660 - 880 vogelslachtoffers (zie hoofdstuk 10). Het merendeel van deze slachtoffers betreft algemene vogelsoorten op seizoenstrek. Omdat de trek over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in het najaar zeer intensief kan zijn, zal het absolute aantal slachtoffers van nachtelijk trekkende (zang)vogels bij de realisatie van een windpark op de buitencontour relatief hoog zijn (zie hoofdstuk 10). Dit zegt nog niets over het effect van deze sterfte op de staat van instandhouding van de betrokken populaties. Deze populaties zijn over het algemeen zeer groot, waardoor de sterfte in (individuele) windparken over het algemeen niet hoog genoeg is om een effect op de populatie te hebben.

Daarnaast zal een kleiner deel van de slachtoffers bestaan uit lokale broed- en niet-broedvogels. Voor alle soorten waarvoor de sterfte als gevolg van het windpark voorzienbaar is, dient in het kader van de Wnb een ontheffing van verbodsbepalingen in artikel 3.1 lid 1 te worden aangevraagd. In de aanvraag moet o.a. worden onderbouwd voor welke soorten ontheffing wordt gevraagd, om welke aantallen slachtoffers het per soort gaat en of deze voorzienbare aantallen de gunstige staat van instandhouding (GSI) van betrokken soorten niet aantasten. Dit is onderdeel van de vervolgfase(n). Hieronder worden de effecten op een aantal lokale broedvogelsoorten beoordeeld.

In hoofdstuk 8 is kenvoor een aantal vogelsoorten het aantal aanvaringsslachtoffers berekend in Windpark Tweede Maasvlakte. In hoofdstuk 9 is deze sterfte beoordeeld in het licht van de Wnb-gebiedenbescherming. In dit hoofdstuk wordt aanvullend in het kader van de Wnb-soortenbescherming het effect van de additionele sterfte op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van enkele andere betrokken soorten beoordeeld. Ter beoordeling van het effect van het aantal aanvaringsslachtoffers op de GSI van de populatie van iedere soort, is 1% van de gemiddelde jaarlijkse sterfte van de populatie (1%-mortaliteitsnorm) toegepast als een eerste 'grove zeef' (zie hoofdstuk 5 voor details). Bij de beoordeling is tevens rekening gehouden met de huidige staat van instandhouding van deze populaties. Het effect van de sterfte op de GSI van vogelsoorten die in de broedperiode in het plangebied verblijven en dan slachtoffer kunnen worden, is getoetst aan de regionale broedvogelpopulatie van de soort in de Delta (cf grote stern in hoofdstuk 9 maar nu rekening houdend met alle kolonies in de gehele Delta). In tabel 12.1 zijn deze populaties weergegeven als aantal individuen (broedparen *2) en bijbehorende 1%-mortaliteits-normen.

Tabel 12.1 *Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor dwergstern, kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw met de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm van de totale regionale populatie van de betrokken soorten in het Deltagebied (seizoenen 2014-2018, Arts et al. in serie). De aantallen zijn vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren) om een minimale populatiegrootte te bepalen.*

Soort	**Populatiegrootte**	**1%-mortaliteitsnorm**	**Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)**	
			Alternatief 1	Alternatief 2
dwergstern	1.008	1	0,1	0,1
kleine mantelmeeuw	83.708	73	11,4	8,5
zilvermeeuw	31.156	37	19,8	11,1

Voor de drie genoemde soorten in tabel 12.1 geldt dat de berekende aantallen aanvaringsslachtoffers in het gehele windpark (harde + zachte zeewering) beneden de 1%-mortaliteitsnorm liggen. De additionele sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte kan daarom gezien worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de regionale populatie. Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven. In de vervolgfase(n) dient bij het aanvragen van een Wnb-ontheffing voor het VKA nog wel te worden ingegaan op cumulatieve effecten met andere ingrepen op de relevante populaties.

12.2 Vleermuizen

12.2.1 Effecten in de aanlegfase

Binnen de invloedssfeer van Windpark Tweede Maasvlakte zijn geen (potentiële) verblijfplaatsen van vleermuizen aanwezig (zie §7.7). Aantasting van verblijfplaatsen als gevolg van realisatie van het windpark kan worden uitgesloten.

12.2.2 Effecten in de gebruiksfase

In de gebruiksfase van het windpark kan sterfte optreden van vleermuizen als gevolg van aanvaringen met de draaiende rotorbladen en als gevolg van een barotrauma bij bijnaaanvaringen. In hoofdstuk 7 is aangegeven dat het plangebied weinig betekenis heeft voor vleermuizen, maar op jaarbasis kunnen enkele tientallen vleermuizen slachtoffer worden van een aanvaring met de turbines. De beide inrichtingsalternatieven zijn hierin niet onderscheidend. Voor de drie vleermuissoorten (gewone dwergvleermuis, ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis) waarvoor de sterfte als gevolg van het windpark voorzienbaar is, dient in het kader van de Wnb een ontheffing van verbodsbepalingen in artikel 3.1 lid 1 te worden aangevraagd. In de aanvraag moet o.a. worden onderbouwd om welke aantallen slachtoffers het per soort gaat en of deze voorzienbare aantallen de gunstige staat van instandhouding (GSI) van betrokken soorten niet aantasten. Dit is voor het VKA nader uitgewerkt in hoofdstuk 14 en bijlage 8.

12.3 Overige beschermde soorten

Flora

Het plangebied heeft geen betekenis voor onder de Wnb beschermde plantensoorten, met uitzondering van de soort glad biggenkruid (zie hoofdstuk 7). Exemplaren van deze soort zijn bijvoorbeeld ter hoogte van parkeerplaats P6 op de Zachte Zeewering en ter hoogte van de geplande windturbines HZ02 en HZ04 in augustus 2019 respectievelijk juni 2017 aangetroffen langs de Prinses Maximaweg en/of Maasvlakteweg. Bij aanleg van het kabeltracé voor het windpark langs deze wegen dient rekening te worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van deze soort. Havenbedrijf Rotterdam N.V. beschikt over een Wnb-ontheffing voor werkzaamheden op haar terreinen, waar voorliggend initiatief in afstemming met het Havenbedrijf gebruik van kan maken. In het begeleidende ecologische werkprotocol (zie Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam) is het volgende voorschrift opgenomen, waarin de beschermende maatregelen worden beschreven waaraan de werkzaamheden dienen te voldoen:

- Wanneer het niet mogelijk is om een groeiplaats van glad biggenkruid te ontzien en een substantieel deel wordt aangetast dan dient de bovenste 15 centimeter van de grond (toplaag) apart in depot te worden gezet en na afloop van de werkzaamheden op de oorspronkelijke locatie terug te worden gebracht;
- Als het niet mogelijk is om de toplaag op de oorspronkelijke locatie terug te brengen moet een vervangend geschikt terrein worden aangewezen. Het vergraven en verplaatsen van groeiplaatsen van glad biggenkruid vindt plaats onder begeleiding van een ter zake kundige.

Effecten van de voorgenomen ingreep op overige beschermde soorten planten zijn uitgesloten, zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase.

Ongewervelden, amfibieën, reptielen, vissen
Het plangebied heeft geen betekenis voor onder de Wnb beschermde ongewervelden, amfibieën, reptielen en vissen (zie hoofdstuk 7). Effecten van de voorgenomen ingreep op beschermde soorten ongewervelden, amfibieën, reptielen en vissen zijn uitgesloten, zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase.

Grondgebonden zoogdieren
Het plangebied heeft geen betekenis voor onder de Wnb beschermde landzoogdieren (zie hoofdstuk 7). Effecten van de voorgenomen ingreep op beschermde soorten landzoogdieren zijn uitgesloten, zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase.

13 Conclusies en aanbevelingen

13.1 Natura 2000-gebieden (Wnb Hoofdstuk 2)

13.1.1 Habitattypen

Tijdens de bouw van het windpark wordt gebruik gemaakt van vracht- en kraanwagens die stikstof kunnen uitstoten. Vanwege de tijdelijkheid van de werkzaamheden wordt verwacht dat dergelijke emissie verwaarloosbaar klein is. Dit zal nader worden onderzocht en middels een Aeriusberekening worden onderbouwd voor het voorkeursalternatief.

13.1.2 Habitatrichtlijnsoorten

In de aanlegfase van het windpark kan enige hinder voor trekvissen en zeezoogdieren ontstaan door geluid en trillingen en andere bouwwerkzaamheden. Echter, de funderingen van de windturbines van Windpark Tweede Maasvlakte zullen worden getrild dan wel geschroefd, waardoor effecten op trekvissen en zeezoogdieren, die mogelijk aanwezig zijn in het aangrenzende Natura 2000-gebied Voordelta, naar verwachting beperkt zijn. Dit wordt los van deze natuurtoets onderzocht en beoordeeld door een externe partij. Effecten op het behalen van de IHD's van overige soorten van Bijlage II van de Habitatrichtlijn zijn voor alle andere nabijgelegen Natura 2000-gebieden met zekerheid uitgesloten. Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven.

13.1.3 (Niet-)broedvogels

Verstoring, barrièrewerking en verlies leefgebied
De aanleg en gebruik van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zal ten aanzien van verstoring, barrièrewerking en verlies aan leefgebied geen effecten hebben op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedvogels en niet-broedvogels van de nabijgelegen Natura 2000-gebieden:

- Binnen de inloedsfeer van de geplande windturbines ligt geen leefgebied van niet-broedvogels in de Voordelta dan wel het aandeel leefgebied van niet-broedvogels dat binnen de invloedssfeer van de geplande windturbines ligt is verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal beschikbare areaal in de Voordelta. Er zal geen verslechtering van het leefgebied optreden;
- De plaatselijk grote ruimten tussen de turbines maakt dat het windpark voor vogels geen barrière vormt. Er komen geen foerageer- en rustgebieden buiten bereik te liggen.

Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven.

Sterfte
Significant negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor aalscholver als kwalificerende broedvogel van Natura 2000-gebied Voornes Duin en als kwalificerende niet-broedvogel voor Natura 2000-gebied Voordelta zijn

niet met zekerheid uit te sluiten. Dit geldt voor beide inrichtingsalternatieven. Dit dient nader te worden onderzocht in een passende beoordeling.

De twee inrichtingsalternatieven van Windpark Tweede Maasvlakte hebben ten aanzien van sterfte in de gebruiksfase met zekerheid geen significante effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van overige kwalificerende vogelsoorten uit nabijgelegen Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet en Grevelingen):

- Voor grote stern (broedvogel Haringvliet en Grevelingen) en visdief (kwalificerend voor Voordelta) is wel jaarlijks sterfte voorzien van enkele exemplaren. Beide inrichtingsalternatieven zijn hierin niet onderscheidend. De sterfte in beide inrichtingsalternatieven ligt echter beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties. Daarom is deze sterfte als verwaarloosbaar op de populatie te beschouwen. Het effect dient nog wel in een passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de Delta beoordeeld te worden.
- Voor andere kwalificerende vogelsoorten is voor het gehele windpark berekend dat er jaarlijks geen of (veel) minder dan één exemplaar slachtoffer zal worden van een aanvaring. Dit is een verwaarloosbaar klein effect, wat niet nader hoeft te worden onderzocht in een passende beoordeling.

13.2 Beschermde soorten (Wnb Hoofdstuk 3)

13.2.1 Vogels

Verstoring, barrièrewerking en verlies leefgebied
Tijdens de werkzaamheden dient verstoring van broedvogels en vernietiging van hun eieren te worden voorkomen. Dit kan door buiten het broedseizoen te werken. Het broedseizoen verschilt per soort. Voor het broedseizoen wordt in het kader van de Wnb geen standaard periode gehanteerd. Globaal moet rekening gehouden worden met de periode half maart tot en met half augustus. Indien de werkzaamheden binnen dit seizoen zijn gepland kunnen deze worden uitgevoerd indien door een ecologisch deskundige is vastgesteld dat er met de werkzaamheden geen nesten van broedvogels worden verstoord. Dit kan door voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden het plangebied te controleren op nesten.

Sterfte
Op jaarbasis worden in het gehele windpark in ordegrootte 660 - 880 slachtoffers onder vogels voorzien. Beide alternatieven zijn hierin niet of nauwelijks onderscheidend. Het merendeel van deze slachtoffers betreft algemene zangvogelsoorten op seizoenstrek (zoals lijsters). De populaties van de betrokken soorten zijn over het algemeen zeer groot, waardoor de sterfte in (individuele) windparken over het algemeen niet hoog genoeg is om een effect op de populatie te hebben. In ieder geval blijft de sterfte voor soorten op seizoenstrek altijd (ruim) beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties. Voor de betrokken lokale (niet-)broedvogelsoorten geldt dat de berekende aantallen aanvaringsslachtoffers bij Windpark Tweede Maasvlakte op zichzelf beneden de 1%-

mortaliteitsnorm van de betrokken populaties liggen. Dit betekent dat de additionele sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de betrokken populaties.

Voor alle vogelsoorten waarvoor de sterfte als gevolg van het windpark voorzienbaar is, dient in het kader van de Wnb een ontheffing van verbodsbepalingen in artikel 3.1 lid 1 te worden aangevraagd. Dit is voor het VKA nader uitgewerkt in het volgende hoofdstuk. In de aanvraag moet o.a. worden onderbouwd voor welke soorten ontheffing wordt gevraagd, om welke aantallen slachtoffers het per soort gaat en of deze voorzienbare aantallen de gunstige staat van instandhouding (GSI) van betrokken soorten niet aantasten. Gezien de relatief beperkte aantallen slachtoffers per soort, ligt het in de lijn der verwachting dat een Wnb-ontheffing verkregen kan worden.

13.2.2 Vleermuizen

Binnen de invloedssfeer van Windpark Tweede Maasvlakte zijn geen (potentiële) verblijfplaatsen van vleermuizen aanwezig. Aantasting van verblijfplaatsen als gevolg van realisatie van het windpark kan worden uitgesloten.

In de gebruiksfase van het windpark kan sterfte optreden van vleermuizen als gevolg van aanvaringen met de draaiende rotorbladen en als gevolg van een barotrauma bij bijna-aanvaringen. Het plangebied heeft weinig betekenis voor vleermuizen, maar op jaarbasis kunnen in het gehele windpark enkele tientallen vleermuizen slachtoffer worden van een aanvaring met de turbines. De beide inrichtingsalternatieven zijn hierin niet onderscheidend. Voor drie vleermuissoorten (gewone dwergvleermuis, ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis), waarvoor de sterfte als gevolg van het windpark voorzienbaar is, dient in het kader van de Wnb een ontheffing van verbodsbepalingen in artikel 3.5 lid 1 te worden aangevraagd. Net als hiervoor voor vogels is beschreven, ligt het in de lijn der verwachting dat een Wnb-ontheffing verkregen kan worden, temeer omdat voor vleermuizen middels toepassing van een stilstandvoorziening sterfte in windparken relatief eenvoudig tot een zeer laag aantal kan worden teruggebracht. In het volgende hoofdstuk wordt dit voor het VKA verder uitgewerkt.

13.2.3 Overige soorten

Bij aanleg van het kabeltracé voor het windpark dient rekening te worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van de plantensoort glad biggenkruid langs de Prinses Maximaweg en de Maasvlakteweg. Havenbedrijf Rotterdam N.V. beschikt over een Wnb-ontheffing voor werkzaamheden op haar terreinen, waar voorliggend initiatief in afstemming met het Havenbedrijf gebruik van kan maken. In het begeleidende ecologische werkprotocol (zie Natuurwijzer Havenbedrijf Rotterdam) is het volgende voorschrift opgenomen, waarin de beschermende maatregelen worden beschreven waaraan de werkzaamheden dienen te voldoen:

- Wanneer het niet mogelijk is om een groeiplaats van glad biggenkruid te ontzien en een substantieel deel wordt aangetast dan dient de bovenste 15 centimeter van de

grond (toplaag) apart in depot te worden gezet en na afloop van de werkzaamheden op de oorspronkelijke locatie terug te worden gebracht;
- Als het niet mogelijk is om de toplaag op de oorspronkelijke locatie terug te brengen moet een vervangend geschikt terrein worden aangewezen. Het vergraven en verplaatsen van groeiplaatsen van glad biggenkruid vindt plaats onder begeleiding van een ter zake kundige.

Het plangebied heeft geen betekenis voor overige onder de Wnb beschermde flora, ongewervelden, amfibieën, reptielen, vissen en grondgebonden zoogdieren. Effecten van het windpark op deze beschermde soorten zijn uitgesloten, zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase.

14 Voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief (VKA) is inmiddels gekozen, en betreft dezelfde windturbine-posities als onderzocht voor inrichtingsalternatief 1 en 2 (zie figuur 2.1). Het VKA omvat echter een *range* van turbineafmetingen. Deze range wordt gedefinieerd door inrichtings-alternatief 1 als ondergrens en inrichtingsalternatief 2 als bovengrens (tabel 2.1), waarbij de windturbines op de Zachte Zeewering (ZZ) een maximale masthoogte van 111 m +NAP hebben (dus 2 m lager dan gehanteerd voor inrichtingsalternatief 2). Ook is het mogelijk dat het uiteindelijk ontwerp een combinatie van beide inrichtingsalternatieven is, bijvoor-beeld op de Harde Zeewering (HZ) volgens inrichtingsalternatief 1 en op de ZZ volgens inrichtingsalternatief 2.

In het kader van de beoordeling van ecologische effecten van het VKA wordt hier rekening gehouden met een worst-case-scenario waarbij op de HZ windturbines worden ontwikkeld met de laagst mogelijke tiplaagte (cf inrichtingsalternatief 1) gecombineerd met wind-turbines op de ZZ met de grootste rotor (cf inrichtingsalternatief 2 omdat tiplaagte in beide inrichtingsalternatieven hetzelfde is). Best-case-scenario is een VKA met zowel op de HZ en ZZ windturbines met zo hoog mogelijke tiplaagte en op de ZZ de kleinste rotor (tabel 14.1). Een lage tiplaagte wordt hier als worst-case-scenario aangehouden omdat voor lokale vogels, die vooral op lagere hoogte vliegen, in die situatie de minste ruimte resteert om veilig onder de rotoren door te vliegen.

Tabel 14.1 *VKA voor Windpark Tweede Maasvlakte met bijbehorende afmetingen voor ashoogte (m +NAP) en rotordiameter voor een, vanuit ecologische effecten bezien, worst-case-scenario en best-case-scenario .*

VKA (bandbreedte)	**Ashoogte (m +NAP)**		**Rotordiameter (m)**	
	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)
Worst-case-scenario	82	111	115	162
Best-case-scenario	91	105	120	150

In dit hoofdstuk wordt beknopt ingegaan op de effecten van het VKA op natuur volgens voornoemde twee scenario's. Voor aanvullende achtergrondinformatie over zowel de gebruikte methoden als de inhoud over de bepaling en beoordeling van effecten wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken. Derhalve wordt hier voornamelijk ingegaan op de onderdelen van het VKA die inhoudelijk relevant zijn en/of anderzijds onderschei-dend zijn ten aanzien van de bevindingen uit de vergelijking van de twee inrichtings-alternatieven.

14.1 Effecten VKA ten opzichte van eerdere varianten

Ten opzichte van de eerder onderzochte inrichtingsalternatieven leidt het VKA (beide scenario's) **niet** tot andere effecten op Natura 2000-gebieden, Natuurnetwerk Nederland,

provinciaal beleidsmatig beschermde gebieden of, in het kader van de Wet natuurbescherming beschermde dier- en plantensoorten. **Voor deze aspecten gelden dezelfde conclusies als voor de inrichtingsalternatieven (zie hoofdstuk 13).** Hieronder wordt daarom kortheidshalve alleen stilgestaan voor aspecten die voor onderbouwing van de Wnb-vergunning en/of -ontheffing van belang zijn.

14.2 Natura 2000-gebieden (Wnb Hoofdstuk 2)

Sterfte onder kwalificerende vogelsoorten
Significant negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor **aalscholver** als kwalificerende broedvogel van Natura 2000-gebied Voornes Duin en als kwalificerende niet-broedvogel voor Natura 2000-gebied Voordelta zijn voor het VKA (beide scenario's) op voorhand niet met zekerheid uit te sluiten.

De sterfte van de aalscholver in de gebruiksfase van het windpark volgens het VKA (beide scenario's) ligt rond de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties uit de Natura 2000-gebieden Voornes Duin respectievelijk Voordelta (tabel 14.1). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is daarom niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen en is mogelijk van invloed op behoud van de omvang van deze populatie. In een passende beoordeling dient nader te worden onderzocht of een significant negatief effect op het behalen van de IHD van deze soort in de Natura 2000-gebieden Voornes Duin respectievelijk Voordelta met zekerheid is uit te sluiten. Het effect wordt in een passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere projecten in (de omgeving van) het Voornes Duin respectievelijk Voordelta beoordeeld.

Tabel 14.1 *Berekend aantal aanvaringsslachtoffers per jaar voor het VKA (ondergrens en bovengrens) van Windpark Tweede Maasvlakte, voor een selectie van kwalificerende vogelsoorten met de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm van de relevante populatie (voor afbakening zie hoofdstuk 9). Berekeningen zijn uitgevoerd met het Flux-Collision Model. Brv = broedvogel, N-Brv = niet-broedvogel.*

Soort	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in VKA / jaar
Aalscholver (brv)	2,9	2,5 - 3,1
Aalscholver (n-brv)	2,3	1,9 - 2,4
Grote stern (brv)	11,3	1,0 - 1,8
Visdief (brv)	7,2	2,5 - 2,8

De sterfte van de **grote stern** en **visdief** in de gebruiksfase van het windpark volgens het VKA (beide scenario's) ligt duidelijk onder de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties (tabel 14.1). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van de desbetreffende populaties. Het windpark zal op zichzelf met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soorten in de betrokken Natura 2000-gebieden. Het effect wordt in een passende beoordeling in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de betrokken Natura 2000-gebieden beoordeeld.

Effecten op habitattypen en soorten van Bijlage II Habitatrichtlijn
Effecten van het VKA (beide scenario's) op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van alle habitattypen en soorten van Bijlage II Habitatrichtlijn van Natura 2000-gebieden in de omgeving worden nader onderzocht en beoordeeld in een passende beoordeling.

14.3 Sterfte van vogels in de gebruiksfase

Het gebruik van Windpark Tweede Maasvlakte leidt op jaarbasis naar schatting tot 660-880 aanvaringsslachtoffers onder vogels in het gehele windpark. Het VKA (beide scenario's) is hierin niet onderscheidend van de inrichtingsalternatieven. In bijlage 7 is een overzicht gegeven van de lijst van de betrokken vogelsoorten waarvoor sterfte in het windpark voorzienbaar is en wordt beschreven hoe deze lijst tot stand is gekomen. Het windpark leidt tot een voorzienbare jaarlijkse sterfte van **15 lokale vogelsoorten** die binding hebben met het plangebied en **126 vogelsoorten op seizoenstrek**. In bijlage 7 wordt tevens onderbouwd dat de voorzienbare sterfte voor geen van de betrokken soorten een effect kan hebben op de gunstige staat van instandhouding.

14.4 Sterfte van vleermuizen in de gebruiksfase

Het VKA (beide scenario's) leidt jaarlijks tot circa 22 - 44 vleermuisslachtoffers in het gehele windpark, dit is verdeeld over drie soorten: gewone dwergvleermuis (circa 10 - 19 exemplaren), ruige dwergvleermuis (circa 7 - 14 exemplaren) en rosse vleermuis (circa 5 - 11 exemplaren). Dit vormt een overtreding van artikel 3.5 lid 1 van de Wet natuurbescherming waarvoor ontheffing nodig is. De gunstige staat van instandhouding van deze soorten is niet in het geding, mits een stilstandvoorziening wordt toegepast. Voor de onderbouwing van deze conclusie wordt verwezen naar bijlage 8.

14.5 Overig beschermde soorten

Het plangebied heeft geen betekenis voor onder de Wnb beschermde flora, ongewervelden, amfibieën, reptielen, vissen en grondgebonden zoogdieren. Effecten van het windpark op deze beschermde soorten zijn uitgesloten, zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase.

Literatuur

Alerstam, T., 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Londen.

Arcadis, 2015. Draadslachtofferonderzoek Flora- en faunawet Zuid-West 380 kV Borssele - Rilland (ZW380 West). Rapport met kenmerk 078022337:E. Arcadis, 's Hertogenbosch.

Arts, F.A., M.S.J. Hoekstein, S.J. Lilipaly, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2019a. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2018. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 19.07. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2019-05, Vlissingen.

Arts, F.A., S.J. Lilipaly, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter & P. A. Wolf, 2019b. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2017/2018. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 19.08. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2019-04. Deltamilieu Projecten, Vlissingen.

Arts, F.A., K.D. Hoekstein, S.J. Lilipaly, M.S.J. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2018a. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2017. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 18.14. Delta ProjectManagement Rapportnr. 2018-04. DPM, Vlissingen Rapportnr. 2018-04. DPM, Vlissingen.

Arts, F.A., S.J. Lilipaly, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2018b. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta in 2016/2017. RWS, Centrale informatievoorziening BM 18.13. Delta ProjectManagement Rapportnr. 18-003. DPM, Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2016. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015. RWS Centrale informatievoorziening BM 16.09. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2015. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2013/2014. RWS Centrale informatievoorziening BM 15.08. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2014. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013. RWS Centrale informatievoorziening BM 14.11. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Band, W., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. SOSS, The Crown Estate, London, UK. http://www.bto.org/science/wetland-and-marine/soss/projects.

Baptist, H., 2014. Windpark Krammer. Flora- en faunawet. Rapport 2013/14. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

Baptist, H., 2010. Natuureffect plaatsing windturbines Bouwdokken, Neeltje Jans. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

Baptist, H., 2005. Vogelslachtofferonderzoek Roggenplaat, rapportage 2004-2005. Rapport 2005/3. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

Benders, M., E. Van der Staak & K. Küsters, 2012. Broedvogelmonitoring Europoort en Maasvlakte 2012. Staro Natuur en Buitengebied, Gemert.

Beuker, D. & R. Lensink, 2010. Monitoring windpark windturbines Echteld. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers onder lokale en trekkende vogels. Rapport 10- 033. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Boonman, M. & H.A.M. Prinsen, 2016. Vleermuizen in Windpark Slufterdam. Activiteitsmetingen en aanvaringsslachtoffers. Rapport 15-239. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Brenninkmeijer, A. & C. Van der Weyde, 2011. Monitoring vogelaanvaringen Windpark Delfzijl-Zuid 2006-2011. A&W rapport 1656. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.

Buurma, L.S. & H. van Gasteren, 1989. Trekvogels en obstakels langs de Zuidhollandse kust. Provincie Zuid-Holland, DWEB, DRG, Den Haag.

De Bakker, J., J. Dooper & S. Velthuijsen, 2015. Milieueffectrapport Windpark Hogezandse Polder. Omniplan en Bosch & Van Rijn, Utrecht.

Dirksen, S., A.L. Spaans & J. Van der Winden, 2007. Collision risks for diving ducks at semi-offshore wind farms in freshwater lakes: A case study. In: M. de Lucas,G.F.E. Janss &M. Ferrer (eds). Birds and wind farms. Risk Assessment and Mitigation. Blz. 275. Quercus. Madrid, Spain.

Dirksen, S., T.J. Boudewijn & L.K. Slager, 1989. Voedselkeus van aalscholvers in zeven Nederlandse broedkolonies in 1987/1988. Ecoland-rapport 89-9. Bureau Ecoland, Utrecht.

Engels, B.W.R., 2016. Onderbouwing aanvraag Ffwet-ontheffing en resultaten veldonderzoek, windpark Haringvliet Goeree-Overflakkee. Notitie met kenmerk 14-927/16.04122/BasEn. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Everaert, J., 2008. Effecten van windturbines op de fauna in Vlaanderen. Onderzoeksresultaten, discussie en aanbevelingen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2008 (rapportnr. INBO.R.2008.44). Insituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Fijn, R.C., W. Courtens, E.W.M. Stienen & I. Tulp, 2018. Hoofdstuk 7 Sterns. In: Tulp, I., T.C. Prins, J.A.M. Craeymeersch, S. IJff & M.T. van der Sluis (eds). Syntheserapport PMR NCV. Uitgave van Wageningen Marine Research en Deltares. Wageningen Marine Research rapportnummer C014/18.

Fijn, R.C. J. de Jong, R.J. Jonkvorst, B. Engels, A. Gyimesi, C. Heunks, J. de Jong, T.J. Boudewijn, M.J.M. Poot, W. Courtens, H. Verstraete, N. Vanermen, E.W.M. Stienen, P.A. Wolf, M.S.J. Hoekstein & S.J. Lilipaly, 2016. PMR-NCV Jaarrapport Vogels 2015 - Voortgang onderzoek sterns & zee-eenden in de Voordelta en Delta. Rapport 16-029. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., A. Gyimesi, J.C. Kleyheeg-Hartman, M. Boonman & J.W. de Jong 2015. Achtergronddocument ten behoeve van MER en PB windenergiegebied Borssele. Kavel III en IV: vogels en vleermuizen. Rapport 14-263. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., S.H.M. van Rijn, M.J.M. Poot, M.R. van Eerden, P.W. Van Horssen & T.J. Boudewijn, 2014. Verspreiding & aantallen, broedecologie, foerageer-ecologie en gebiedsgebruik van aalscholvers uit het Breede Water. Onderzoek op basis van tellingen, braakbalanalyse en het gebruik van GPS-loggers. Rapport 13-254. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, W. Tijsen, H.A.M. Prinsen & S. Dirksen, 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans Cygnus columbianus wintering near a wind farm in the Netherlands. Wildfowl 62: 97–116.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, H.A.M. Prinsen, W. Tijsen & S. Dirksen, 2007. Effecten op zwanen en ganzen van het ECN windturbine testpark in de Wieringermeer. Aanvaringsrisico's en verstoring van foeragerende vogels. Rapport 07- 094. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Gyimesi, A., J.C. Hartman, D. Beuker, L.S.A. Anema & H.A.M. Prinsen, 2013. Vliegbewegingen van kolonievogels bij (toekomstige) windparken op de Eerste en Tweede Maasvlakte. Veldonderzoek naar flux, vlieghoogtes en aanvaringsslachtoffers. Rapport 12-194. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Hartman, J.C., & H.A.M. Prinsen, 2013. Beoordeling effecten opschaling en uitbreiding Windpark Slufter. Oriëntatiefase Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 12-179. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Heijligers, W., 2014. Voortoets, cumulatietoets en passende beoordeling. Een weg vol valkuilen. Toets (01), pp: 6-10.

Jeninga, S.K., 2018. De invloed van windturbines op het vlieggedrag van vogels. Onderzoek naar uitwijkingsgedrag, met aandacht voor de kleine mantelmeeuw. Stageverslag. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Jonkvorst, R.J., 2017. Ecologische onderbouwing ontheffingsaanvraag Wnb Windpark Moerdijk. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Jonkvorst, R.J. & H.A.M. Prinsen, 2016. Effecten van windpark Bernhardweg, gemeente Middelburg, op beschermde soorten. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapportnr. 16-134. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Kleyheeg-Hartman, J.C. & A. Potiek, 2020a. Seizoenstrek van vogels over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Radaronderzoek in najaar 2019. Rapportnr. 20-059. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Kleyheeg-Hartman, J.C. & A. Potiek, 2020b. Analyse nachtelijke vogeltrek met behulp van 3D-vogelradar: Showcase Eemshaven. Resultaten najaar 2018 en voorjaar 2019. Rapportnr. 19-176. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Kleyheeg-Hartman, J.C., K.L. Krijgsveld, M.P. Collier, M.J.M. Poot, A.R. Boon, T.A. Troost & S. Dirksen, 2018. Predicting bird collisions with wind turbines: Comparison of the new empirical Flux Collision Model with the SOSS Band model. Ecological Modelling 387, 144–153.

Klop, E., & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014. Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.

Krijgsveld, K.L. & D. Beuker, 2009. Vogelslachtoffers bij windpark Anna Vosdijk op Tholen. Onderzoek naar aanvaringen onder trekkende steltlopers en overwinterende smienten. Rapport 09-072. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Krijgsveld, K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horssen, C. Heunks, M.P. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen, 2011. Effect Studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Rapport 10-219. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Krijgsveld, K.L., K. Akershoek, F. Schenk, F. Dijk, H. Schekkerman & S. Dirksen, 2009. Collision risk of birds with modern large wind turbines: reduced risk compared to smaller turbines. Ardea 97(3): 357-366.

Krijgsveld, K.L., R.R. Smits & J. Van der Winden, 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport 08-173. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Langgemach, T. & T. Dürr, 2020. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel, Stand 07. Januar 2020, Aktualisierungen ausser Fundzahlen hervorgehoben. Landesamt für Umwelt Brandenburg. Staatliche Vogelschutzwarte, Buckow.

Leemans, J.J., P.J. de Gier, R.E. Van der Vliet & H.A.M. Prinsen, 2019. Actualisatie vliegbewegingen van kolonievogels over buitencontour Tweede Maasvlakte. Rapport 19-175. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Lensink, R. & P.W. Van Horssen, 2012. Een matrixmodel om effecten op een populatie te voorspellen van slachtoffers door windturbines. Rapport 11-198, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Lensink R. & R.G. Verbeek, 2015. Windpark Bouwdokken en effecten op Natura 2000-gebieden; actualisatie van Passende Beoordeling in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 15-064. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Lilipaly S.J., F.A. Arts, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P.A. Wolf, 2020. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2019. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.04. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2020-04, Vlissingen.

Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2016a. Natura 2000 Deltawateren. Beheerplan 2016-2022 Haringvliet. Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2016b. Beheerplan Natura 2000 Voordelta 2015-2021 Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Musters, C.J.M., M.A.W. Noordervliet & W.J.T. Keurs, 1996. Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. Bird Study 43, 124-126.

Oosterbaan, J., 2015. Natuuronderzoek Flora- en faunawet en Natuurbeschermings¬wet t.b.v. realisatie Energiepark Hogezandse Polder te Numansdorp. GroenTeam.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, A. Douse & R.H.W. Langston, 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. Journal of Applied Ecology 49(2): 386-394.

Poot, M.J.M., I. Tulp, L.M.J. van den Bergh, H. Schekkerman & J. Van der Winden, 2001. Effect van mist-situaties op vogelvlieggedrag bij het windpark Eemmeerdijk. Zijn er aanwijzingen voor verhoogde aanvaringsrisico's? Rapport 01-072. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Pot, M. & E. Klop, in prep. Vogelmonitoring Windpark Noordoostpolder. Tussenrapportage 2019. A&W-rapport 2343-19-1 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Potiek, A., M.P. Collier, H. Schekkerman & R.C. Fijn, 2019. Effects of turbine collision mortality on population dynamics of 13 bird species. Report 18-342, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prins, T.C., G.H. Van der Kolff, A.R. Boon, H. Holzhauer, C. Kuijper, V.T. Langenberg & G. Hendriksen, 2013. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta. Deel A: Jaarrapport 2012. Deltares rapport 1200672-000.

Prinsen, H.A.M. & R.G. Verbeek, 2019. Effecten op vogels van windpark buitencontour Tweede Maasvlakte, Rotterdam. Risico-analyse in het kader van de Wet natuurbescherming. Rapport 18-197. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., R.R. Smits & M. Boonman, 2016a. Effecten op beschermde soorten van Windpark Blaakweg, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-227. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., R.R. Smits & M. Boonman, 2016b. Effecten op beschermde soorten van Windpark Suyderlandt, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-237. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., R.R. Smits & A. Gyimesi, 2013. Nachttrek van vogels over de Tweede Maasvlakte in najaar 2012. Radaronderzoek naar flux en vlieghoogte over de buitencontour. Rapport 13-040. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., C. Heunks, J. Van der Winden & P.W. van Horssen, 2009. Effecten van vijf windparken op vogels langs de dijken van de Noordoostpolder. Effectbeoordeling ten behoeve van het MER Windparken Noordoostpolder. Rapport 09-090. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Provincie Zuid-Holland & Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2015. Beheerplan bijzondere natuurwaarden Duinen Goeree & Kwade Hoek. Provincie Zuid-Holland, Den Haag / Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Radstake, Y.N. & H.A.M. Prinsen, 2018. Natuurtoets Windpark Landtong Rozenburg. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-225. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Radstake, Y.N., R.E. Van der Vliet & H.A.M. Prinsen, 2018. Natuurtoets Windpark Kroningswind. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 17-128. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Schaut, C., K. Aper & C. Derde, 2008. Aanvaring van vogels met MW-windturbines in de haven van Antwerpen. Rapport 2008-CS1. Fortech Studie bvba, Vrasene.

Smits, R.R., R. Lensink & K.D. van Straalen, 2016. Effecten op beschermde soorten van Windpark Oostflakkee, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-253. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Smits, R.R., G.F.J. Smit & D. van Straalen, 2014. Effecten beschermde soorten Windpark Sagro, gemeente Borsele. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 14-161. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Spaans, A.L. & L.M.J. van den Bergh, 2001. De mogelijke hinder van een windparkopstelling langs de Slufterdam, Distridam en Slag Dobbelsteen op de Maasvlakte, gemeente Rotterdam, voor vogels, met toetsing van de effecten aan de beschermingsmaatregelen van de EG-habitatrichtlijn. Alterra, afdeling ecologie en milieu, Wageningen.

Staro Natuur en Buitengebied & Buijs Eco Consult, 2017. Monitoren broedvogels en adviseren broedvrij houden in 2017. Staro, Gemert.

Steunpunt Natura 2000, 2010. Leidraad bepaling significantie. Nadere uitleg van het begrip ‘significante gevolgen’ uit de Natuurbeschermingswet. versie 27 mei 2010. RegieBureau Natura 2000, Utrecht.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2016. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2015. RWS Centrale Informatievoorziening BM 16.06. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & M.S.J. Hoekstein, 2015. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2014. RWS Centrale Informatievoorziening BM 15.07. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2014. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2013. RWS Centrale Informatievoorziening BM 14.12. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lilipaly, 2013a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2011/2012. RWS Waterdienst BM 13.19. RWS Waterdienst, Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2013b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2012. RWS Centrale Informatievoorziening BM 13.18. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lilipaly, 2012a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst BM 12.07. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2012b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2011. RWS Centrale Informatievoorziening BM 12.22. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Tinbergen, L., 1956. Field observations of migration and their significance for the problems of navigation. Ardea 44: 231-235.

Tulp, I., H. Schekkerman, J.K. Larsen, J. Van der Winden, R.J.W. van de Haterd, P.W. van Horssen, S. Dirksen & A.L. Spaans, 1999. Nocturnal flight activity of sea ducks near the wind park Tunø Knob in the Kattegat. Rapport 99.64. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Hut, R.G.M., M. Kersten, F. Hoekema & A. Brenninkmeijer, 2007. Kustvogels in het Wadden- en Deltagebied. Verspreidingskaarten van kustvogels voor het calamiteitensysteem CALAMARIS. A&W-rapport 907. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden.

Van der Vliet, R.E., 2019. Aanvaringsslachtoffers vogels in Windpark Oeverwind. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R.E. & Y.N. Radstake, 2018. Natuurtoets Windpark Karolinapolder. Rapport 18-171. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R.E. & M. Boonman, 2017. Natuurtoets Windpark Piet de Wit. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 17-105, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R., W. Heijligers & J. Tilborghs, 2011. Maximale foerageerafstanden: op een rij gezet voor 97 beschermde vogelsoorten. Toets 2011/4.

Van Straalen, K.D., R.G. Verbeek, M. Boonman & R. Lensink, 2016. Effecten op beschermde soorten windpark Spui, gemeente Korendijk. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet en achtergrond-informatie voor het MER. Rapport 13-210. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van Vliet, F., K.D. van Straalen & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2015. Effecten op beschermde soorten van Windpark Noord-Beveland. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-134. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2018. Natuurtoets windturbines Uniper Maasvlakte. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-230. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2018b. Ecologische verkenning windenergie terrein SIF group, Tweede Maasvlakte. Bureau Waardenburg Rapport 18-110. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek R.G., 2018c. Onderbouwing aanvraag Wnb-ontheffing sterfte van vogels Windpark A16. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2017. Passende beoordeling windplan buitencontour Maasvlakte 2, Rotterdam. Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming. Rapport 16-244. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2016. Effecten van windturbine Krabbegors, Dordrecht, op beschermde soorten. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Bureau Waardenburg Rapportn 16-131. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G. & R. Lensink, 2015. Effecten op beschermde gebieden windpark Hartelbrug II, Rotterdam. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-130. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., K.D. van Straalen & M. van de Valk, 2015a. Natuurtoets Windpark Westerse Polder. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-250. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G. & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2015b. Oriëntatiefase Windpark Noord-Beveland. Toetsing in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 15-136. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., D. Beuker, J.C. Hartman & K.L. Krijgsveld, 2012. Monitoring vogels Windpark Sabinapolder. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers. Rapport 11-189. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Wansink, D.E.H., J.C. Hartman, K.D. van Straalen & H.A.M. Prinsen, 2013. Effecten op beschermde soorten windpark harde zeewering Tweede Maasvlakte. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 13-091. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Winkelman, J.E., 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. RIN-rapp. 89/15. RIN, Arnhem.

Winkelman, J.E., 1992. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvaringsslachtoffers. RIN-rapp. 92/2. IBN-DLO, Arnhem.

Bijlage 1 Kader Wet natuurbescherming

1.1 Inleiding

Vanaf 1 januari 2017 is de Wet natuurbescherming (kortweg: Wnb) in werking. Deze wet vervangt de Flora- en faunawet, de Natuurbeschermingswet 1998 en de Boswet. Met de inwerkingtreding van de Wnb zijn de provincies het bevoegde gezag voor de ontheffing- en vergunningverlening voor plannen en projecten en voor het vaststellen van vrijstellingsregelingen. Bij provincie overschrijdende projecten is dit de minister van EZ.

Deze bijlage vat het wettelijk kader samen voor toetsing van ruimtelijke ingrepen en andere handelingen. In paragraaf 1.2 komen algemene bepalingen van de wet aan de orde. Gebiedsbescherming is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 2 Natura 2000-gebieden' en is hier samengevat in paragraaf 1.3. De bescherming van soorten is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 3 Soorten' en in deze bijlage samengevat in paragraaf 1.4. De bescherming van bomen en bos is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 4 Houtopstanden, hout en houtproducten' en is hier samengevat in paragraaf 1.5. Andere onderdelen van de Wnb zoals jacht, schadebestrijding, overlastbestrijding, faunabeheer en omgang met exoten maken geen deel uit van deze bijlage.

1.2 Algemene bepalingen

Art 1.10 De Wet natuurbescherming is gericht op:

- het beschermen en ontwikkelen van de natuur, mede vanwege de intrinsieke waarde, en het behouden en herstellen van de biologische diversiteit;
- het doelmatig beheren, gebruiken en ontwikkelen van de natuur ter vervulling van maatschappelijke functies, en
- het verzekeren van een samenhangend beleid gericht op het behoud en beheer van waardevolle landschappen, vanwege hun bijdrage aan de biologische diversiteit en hun cultuurhistorische betekenis, mede ter vervulling van maatschappelijke functies.

Art 1.11 Een ieder neemt voldoende zorg in acht voor Natura 2000-gebieden, bijzondere nationale natuurgebieden en voor in het wild levende dieren en planten en hun directe leefomgeving. Deze zorgplicht houdt in elk geval in dat handelingen waarvan redelijkerwijs verwacht mag worden dat ze nadelige gevolgen kunnen hebben voor een Natura 2000-gebied, een bijzonder nationaal natuurgebied of voor in het wild levende dieren en planten achterwege blijven, dan wel dat noodzakelijke maatregelen worden getroffen om negatieve gevolgen te voorkomen, of voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen ze beperkt of ongedaan worden gemaakt.

Art 1.12 Gedeputeerde staten van de provincies dragen zorg voor:

- het nemen van de nodige maatregelen voor de bescherming, de instandhouding of het herstel van biotopen en leefgebieden in voldoende gevarieerdheid voor alle van nature in het wild levende vogelsoorten en

planten en dieren en hun habitats van bijlagen II, IV en V bij de Habitatrichtlijn en habitattypen van bijlage I van de Habitatrichtlijn;
- het behoud of het herstel van een gunstige staat van instandhouding van de met uitroeiing bedreigde of speciaal gevaar lopende van nature in het wild voorkomende dier- en plantensoorten;
- de totstandkoming en instandhouding van een samenhangend landelijk ecologisch netwerk, genaamd Natuurnetwerk Nederland.

Gedeputeerde staten kunnen gebieden buiten het Natuurnetwerk Nederland aanwijzen die van provinciaal belang zijn vanwege hun natuurwaarden of landschappelijke waarden, met inachtneming van hun cultuurhistorische kenmerken. Deze gebieden worden aangeduid als ‘bijzondere provinciale natuurgebieden’ en ‘bijzondere provinciale landschappen’.

1.3 Natura 2000-gebieden

De Wnb heeft tot doel het beschermen en in stand houden van Natura 2000-gebieden.

Relevante wettelijke bepalingen
De beoordeling van projecten en andere handelingen wordt geregeld in artikel 2.7 tot en met artikel 2.9. Aanwijzingsbesluiten geven de instandhoudingsdoelstellingen ten aanzien van de leefgebieden voor vogels van de Vogelrichtlijn, de natuurlijke habitats en de habitats van soorten van de Habitatrichtlijn. De instandhoudingsmaatregelen zijn voor elk gebied beschreven in het beheerplan. Tevens beschrijft het beheerplan welke handelingen en ontwikkelingen in het gebied en daarbuiten het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen niet in gevaar brengen. Voor het uitvoeren van plannen of projecten kan GS de verplichting opleggen tot preventieve of herstelmaatregelen. Dit is niet van toepassing indien voor het plan of project een (omgevings)vergunning is verleend.

Beoordeling van plannen en projecten
Art. 2.7 Voor een plan dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, en dat afzonderlijk of in combinatie (in cumulatie) met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, is een passende beoordeling noodzakelijk.
Er is een vergunning nodig van GS voor projecten of andere handelingen die de kwaliteit van de natuurlijke habitats of de habitats van soorten in dat gebied kunnen verslechteren of een significant verstorend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen. De bevoegdheid ten aanzien van de vergunningverlening ligt bij GS van de provincie waarin het project wordt uitgevoerd.
Er geldt een uitzondering op de vergunningprocedure op grond van de Wet natuurbescherming: als via een andere wettelijke bepaling een passende beoordeling verplicht is (bijvoorbeeld op grond van de Tracéwet of de Spoedwet wegverbreding) voor de besluitvorming.

Art. 2.9 Géén vergunning is nodig:

- Als het project of de handeling is opgenomen in een Natura 2000-beheerplan of in een vastgesteld programma voor Natura 2000-gebieden. Voorwaarde is dat 1) ten aanzien van het plan of het programma een passende beoordeling van projecten is uitgevoerd waaruit de zekerheid is verkregen dat het project de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet zal aantasten, en 2) dat het bestuursorgaan dat het plan of programma heeft vastgesteld, tevens bevoegd gezag is voor vergunningverlening of dat dit bestuursorgaan heeft ingestemd heeft met het plan of programma.
- Als het project of de handeling al bestond of bekend was op de referentiedatum 31 maart 2010 of later als het gebied later is aangewezen (ook wel bekend als bestaand gebruik).
- Als het project of de handeling behoort tot door PS bij verordening aangewezen categorieën van gevallen.

Toelichting op begrippen

Habitattoets
De habitattoets is de verzamelnaam van toetsingen van effecten van plannen en projecten op de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied. In beginsel worden de effecten van plannen en projecten op Natura 2000-gebieden 'passend beoordeeld'. Als er kans is op significant negatieve effecten en mitigerende maatregelen bij de beoordeling zijn betrokken wordt gesproken over een '**passende beoordeling'**. Om procedurele redenen kan er voor worden gekozen om een **oriëntatiefase** – soms ook wel '**voortoets'** genoemd – te doorlopen. De inhoudelijke studie is in de oriëntatiefase in grote lijnen identiek aan een passen de beoordeling, echter mitigerende maatregelen zijn bij de oriëntatiefase niet bij de beoordeling betrokken. Als de conclusie is dat significante negatieve effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten en maatregelen nodig zijn om significant negatieve effecten met zekerheid te voorkomen, zal alsnog een passende beoordeling nodig zijn.

Mitigerende maatregelen
Mitigerende maatregelen zijn maatregelen ter voorkoming of beperking van het (mogelijke) effect van het project of andere handeling en deze maatregelen zijn onlosmakelijk verbonden zijn met een project / andere handelingen

Cumulatieve effecten
Voor de habitattoets geldt uitdrukkelijk dat voor elke activiteit onderzocht moet worden of er mogelijke significante effecten zijn als gevolg van de activiteit afzonderlijk *en* in combinatie met andere plannen en projecten. In het laatste geval moeten de gezamenlijke ofwel cumulatieve effecten beoordeeld worden in het licht van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied. Het gaat daarbij om alle plannen en projecten die op bestuurlijk niveau zijn goedgekeurd en die nog niet (volledig) zijn gerealiseerd.

Significantie
Van significante effecten kan sprake zijn als ten gevolge van het plan of project realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen wordt bemoeilijkt of onmogelijk wordt gemaakt. In de Leidraad bepaling Significantie is het begrip 'significante gevolgen' toegelicht.[4]

Externe werking
Ook activiteiten buiten het Natura 2000-gebied kunnen vergunningplichtig zijn als die activiteiten negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor het gebied (kunnen) veroorzaken. Dit wordt de 'externe werking' van de bescherming genoemd.

1.4 Soorten

Verbodsbepalingen
De Wnb onderscheid bij de bescherming van soorten drie beschermingsregimes:

Art. 3.1 *Beschermingsregime soorten Vogelrichtlijn*

1. Het is verboden opzettelijk in het wild levende vogels (VR artikel 1) te doden of te vangen.
2. Het is verboden opzettelijk nesten, rustplaatsen en eieren van vogels als bedoeld onder 1 te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen.
3. Het is verboden eieren van vogels als bedoeld onder 1 te rapen en deze onder zich te hebben.
4. Het is verboden vogels als bedoeld onder 1 opzettelijk te storen.
5. Het verbod, opzettelijk storen, is niet van toepassing indien de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort.

Het ministerie heeft een lijst gemaakt van soorten vogels die hun nest doorgaans het hele jaar door of telkens opnieuw gebruiken. Deze nesten zijn jaarrond beschermd[5]. Voor andere soorten geldt dat de nesten alleen beschermd zijn wanneer zij (in het broedseizoen) in gebruik zijn.

Art. 3.5 *Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn*

1. Het is verboden in het wild levende **dieren** (HR bijlage IV, VvBern Bijlage II, VvBonn Bijlage I) opzettelijk te doden of te vangen.
2. Het is verboden dieren als bedoeld onder 1 opzettelijk te verstoren.
3. Het is verboden eieren van dieren als bedoeld onder 1 in de natuur opzettelijk te vernielen of te rapen.
4. Het is verboden voortplantingsplaatsen of rustplaatsen van dieren als bedoeld onder 1 te beschadigen of te vernielen.

[4] Leidraad bepaling significantie. Nadere uitleg van het begrip 'significante gevolgen' uit de Natuurbeschermingswet. Publicatie Steunpunt Natura 2000, versie 27 mei 2010.
[5] Zie de Aangepaste lijst jaarrond beschermde vogelnesten ontheffing Flora- en faunawet ruimtelijke ingrepen, ministerie van LNV, augustus 2009.

5. Het is verboden **planten** (HR bijlage IV, VvBern Bijlage I) in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken, te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.

Art. 3.10 *Beschermingsregime andere soorten*

1. Het is verboden in het wild levende **zoogdieren, amfibieën, reptielen, vissen, dagvlinders, libellen en kevers** van de soorten, genoemd in de bijlage bij de Wet, onderdeel A, natuurbescherming opzettelijk te doden of te vangen.
2. Het is verboden de vaste voortplantingsplaatsen of rustplaatsen van dieren als bedoeld onder 1 opzettelijk te beschadigen of te vernielen.
3. Het is verboden **vaatplanten** genoemd in de bijlage, onderdeel B, bij de Wet natuurbescherming, in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken, te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.

Ontheffingen en vrijstellingen

Gedeputeerde staten kunnen een ontheffing verlenen van verboden die gelden voor Beschermingsregime soorten Vogelrichtlijn (Art 3.3), Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (Art 3.8) en Beschermingsregime andere soorten (Art 3.10 lid 2). Provinciale staten en de Minister kunnen bij verordening vrijstelling verlenen van deze verboden (Art 3.3, Art 3.8)

Een ontheffing of een vrijstelling wordt uitsluitend verleend als aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- er bestaat geen andere bevredigende oplossing,
- er is voldaan aan een in Art 3.3 dan wel Art 3.8 genoemd belang,
- er is geen sprake van een verslechtering van de (gunstige) staat van instandhouding van de desbetreffende soort.

Aan een ontheffing kunnen voorwaarden worden gesteld om schade te beperken of te compenseren zodat er geen afbreuk wordt gedaan aan de SvI.

Art 3.3, Art 3.8 De verboden voor zijn niet van toepassing op handelingen ten behoeve van instandhoudingsmaatregelen en handelingen in het kader van een Natura 2000-beheerplan of een vastgesteld programma.

Art. 3.10 Voor soorten vallend onder '*Beschermingsregime andere soorten*' kan de provincie een vrijstelling verlenen voor handelingen in het kader van de **ruimtelijke inrichting of ontwikkeling** van gebieden en **bestendig beheer of onderhoud**.

Art. 3.31 De hierboven genoemde verboden onder de drie beschermingsregimes zijn niet van toepassing op handelingen die zijn beschreven in en aantoonbaar worden uitgevoerd overeenkomstig een door Onze Minister goedgekeurde **gedragscode** en die plaatsvinden in het kader van bestendig beheer of onderhoud en ruimtelijke ontwikkeling en inrichting.

1.5 Houtopstanden

Hoofdstuk 4, paragraaf 4.1 van de Wnb regelt de verbodsbepalingen ten aanzien van houtopstanden. De Wet natuurbescherming beschermt houtopstanden met een oppervlakte van minimaal 1000 m2 en rijbeplantingen die bestaan uit meer dan 20 bomen (art. 1.1).

Art. 4.1 De bepalingen in § 4.1 hebben o.a. geen betrekking op houtopstanden binnen de bebouwde kom, op erven of in tuinen, wegbeplantingen, beplanting langs rijkswegen, boomsingels en in het geval van het dunnen van een houtopstand.

Art. 4.2 Het is verboden een houtopstand geheel of gedeeltelijk te vellen of te doen vellen, met uitzondering van het periodiek vellen van griend- of hakhout, zonder voorafgaande melding daarvan bij gedeputeerde staten.

Art. 4.3 Als een houtopstand geheel of gedeeltelijk is geveld, met uitzondering van het periodiek vellen van griend- of hakhout, geldt een plicht tot herbeplanten van dezelfde grond binnen drie jaar na het vellen.

Art. 4.4 De bepalingen in § 4.1 zijn eveneens niet van toepassing als het vellen van houtopstanden en herbeplanten wordt gerealiseerd overeenkomstig een door Onze Minister goedgekeurde gedragscode.

In de artikelen van § 4.1 zijn meer uitzonderingen aangegeven.

Bijlage 2 Windturbines en vogels

Onderzoek naar effecten van windturbines op vogels heeft drie verschillende typen effecten laten zien, namelijk aanvaringen van vliegende vogels, habitatverlies of verstoring van broedende, foeragerende of rustende vogels en barrièrewerking voor vliegende vogels.

Aanvaringen
Vogels kunnen door aanvaringen met de rotorbladen en mast of door lucht-wervelingen in het zog achter de windturbine gewond raken of sterven. Het aantal aanvaringen is afhankelijk van de intensiteit van vliegbewegingen en het aanvaringsrisico.

Vliegintensiteit
Het aantal slachtoffers wordt in belangrijke mate bepaald door de vliegintensiteit van vogels op rotorhoogte (Desholm *et al.* 2006). Variatie in deze vliegintensiteit wordt veroorzaakt door het aantal vogels dat in het gebied voorkomt of doorkruist, de soortensamenstelling van deze vogels, hun vlieggedrag en vlieghoogte en mate van uitwijking (Hötker *et al.* 2006; Gove *et al.* 2013; Grünkorn *et al.* 2016). Het aantal slachtoffers varieert daarmee sterk per locatie. Zo vallen in en nabij vogelrijke gebieden, zoals wetlands en nabij broedkolonies, significant meer slachtoffers dan in en nabij minder vogelrijke gebieden (Hötker *et al.* 2006; Everaert 2014; Grünkorn *et al.* 2016).

Een deel van het aantal aanvaringsslachtoffers wordt gevormd door vogels op de jaarlijkse seizoenstrek in voorjaar en najaar, doordat dan sprake is van de verplaatsing van tientallen miljoenen individuen en dus een hoge vliegintensiteit (Erickson *et al.* 2014). Afhankelijk van de weersomstandigheden, zullen de meeste vogels op seizoenstrek een windpark op grote hoogte passeren, maar tijdens tegenwind vliegt een deel hiervan ook op rotorhoogte. Hierdoor kan het percentage ‘s nachts trekkende zangvogels onder aanvaringsslachtoffers variëren van nihil (Grünkorn *et al.* 2016), tot 9% op een Duits eiland in de Oostzee (Welcker *et al.* 2016), 13% in de Eemshaven (Klop & Brenninkmeijer 2014) en 29% in de Wieringermeer (Krijgsveld *et al.* 2009). Deze onderzoeken suggereren dat ’s nachts langstrekkende vogelsoorten niet per sé een groter aanvaringsrisico hebben dan overdag actieve vogelsoorten. Een groot deel van de lokale vogels vliegt laag, vaak zelfs onder rotorhoogte, maar bepaalde soortgroepen, zoals roofvogels, meeuwen, duiven en zwaluwen vliegen regelmatig op rotorhoogte en worden ook vaker slachtoffer (Grünkorn *et al.* 2016). Kiekendieven vormen een uitzondering onder de roofvogels omdat ze maar een beperkt deel van de tijd op rotorhoogte vliegen en daarom van alle soorten roofvogels het minst vaak aanvaringsslachtoffer van windturbines worden (Whitfield & Madders 2006; Hötker *et al.* 2013; Oliver 2013).

Het verschil in het aantal aanvaringsslachtoffers tussen soorten wordt voor een groot deel ook bepaald door de mate van uitwijking voor windturbines. Ganzen en kraanvogels mijden zowel het hele windpark (macro-uitwijking) als individuele turbines (micro-uitwijking: Fijn *et al.* 2012; Grünkorn *et al.* 2016). Ook steltlopers, waaronder de soorten kievit en wulp, worden relatief weinig als aanvarings-slachtoffer gevonden, waarschijnlijk vanwege hun sterke uitwijkgedrag (Hötker *et al.* 2006; Winkelman *et al.* 2008). Daarentegen houden

bijvoorbeeld roofvogels en meeuwen, en soorten zoals wilde eend, houtduif, veldleeuwerik en spreeuw, zich meer op in en nabij windparken dan andere soorten en worden daardoor ook vaker slachtoffer van een aanvaring met een windturbine (Everaert 2014; Morinha *et al.* 2014; Grünkorn *et al.* 2016).

Aanvaringsrisico

Het aanvaringsrisico is de kans op aanvaring met een windturbine voor een vogel die door een windpark vliegt. Dit aspect is minder goed onderzocht dan het aantal slachtoffers zelf. In het algemeen wordt aangenomen dat het aanvaringsrisico het hoogst is tijdens de nacht en onder slechte zichtomstandigheden (mist, regen). Winkelman (1992) berekende een gemiddeld aanvaringsrisico van 0,02% voor alle vogels (niet soortspecifiek) die overdag en 's nachts het windpark passeerden. Voor de soorten die alleen 's nachts passeerden bedroeg dit gemiddeld 0,17%. Krijgsveld *et al.* (2009) vonden voor drie windparken in Nederland een gemiddeld aanvaringsrisico voor nachtactieve soorten van 0,14% (niet soort-specifiek). Voor sommige dagactieve soorten, zoals meeuwen-, stern- en enkele roofvogelsoorten, zijn echter ook relatief hoge aanvaringsrisico's vastgesteld (Everaert *et al.* 2002; Krijgsveld *et al.* 2009; Langgemach & Dürr 2015). Dit komt mogelijk doordat deze soorten overdag al vliegend op zoek gaan naar voedsel, en dan meer op de grond onder hen gefocust zijn dan op de omgeving die voor hen ligt (Martin 2011).

Aantal aanvaringen

Het aantal aanvaringsslachtoffers per turbine per jaar vertoont veel variatie, zowel binnen een windpark als tussen windparken onderling. In België varieerde het aantal slachtoffers in acht windparken bijvoorbeeld tussen 0 en de 45 vogelslachtoffers per turbine per jaar, met een maximum van 125 en een *overall* gemiddelde van 21 slachtoffers per turbine per jaar (Everaert 2014). De grote variatie in het aantal slachtoffers per turbine wordt ook geïllustreerd door een recent onderzoek in de Eemshaven, een 'hot spot' voor vogels op seizoenstrek en lokale vogels die dagelijks heen en weer vliegen van en naar de Waddenzee. Op deze locatie met 66 onderzochte windturbines varieerden de aantallen slachtoffers per windturbine tussen de 1 en 213 vogels per jaar (Klop & Brenninkmeijer 2014). Voornoemde voorbeelden betroffen windparken in veelal vogelrijke gebieden in de kuststreek met veel vliegbewegingen van watervogels, koloniebroedende vogelsoorten en/of vogelsoorten op seizoenstrek. In windparken met lagere aantallen vliegbewegingen van vogels, zoals in het binnenland, liggen de gemiddelde aantallen slachtoffers beduidend lager, beneden de 10 vogelslachtoffers per turbine per jaar (Zimmerling *et al.* 2013; De Lucas & Perrow 2017).

Onderzoek bij windparken met windturbines van ≥1,5 MW heeft aangetoond dat de slachtofferaantallen per windturbine vergelijkbaar of kleiner zijn met de aantallen bij kleinere windturbines (Krijgsveld *et al.* 2009; Smallwood & Karas 2009). Het aantal aanvaringen per windturbine neemt dus niet lineair met het rotoroppervlak toe. Dit impliceert een vermindering van het aantal aanvaringsslachtoffers met een toename van de omvang van windturbines (Smallwood 2013; Everaert 2014). Daarnaast is er geen lineair verband tussen turbinehoogte en het aantal aanvaringen (Barclay *et al.* 2007; Erickson *et al.* 2014). Grotere windturbines staan verder uit elkaar en de rotoren draaien op grotere hoogte boven

de grond en vaak ook langzamer, waardoor vogels er makkelijker tussendoor en onderdoor kunnen vliegen, zoals in bovengenoemde studies het geval was.

Effecten op populatieniveau
Effecten op populatieniveau zijn voor de meeste soorten niet aan de orde (Zimmerling *et al.* 2013; Erickson *et al.* 2014; Grünkorn *et al.* 2016). Aanwijzingen voor populatie-effecten zijn tot nu toe vooral gevonden voor langzaam reproducerende soorten, wanneer die in relatief hoge aantallen aanvaringsslachtoffer worden. Voorbeelden hiervan zijn sommige zeevogelsoorten (Stienen *et al.* 2007) en roofvogelsoorten (Bellebaum *et al.* 2013; Dahl *et al.* 2013; Grünkorn *et al.* 2016). In het algemeen geldt dat effecten op populatieniveau verwacht kunnen worden wanneer een windpark gesitueerd is op een locatie met veel vliegbewegingen van soorten die een hoog aanvaringsrisico kennen, zoals in bovengenoemde studies het geval was. Een passende locatiekeuze, zowel van het windpark als van de individuele windturbines daarbinnen, is daarmee een belangrijke factor om negatieve effecten op vogelpopulaties te verkleinen (Balotari-Chiebao *et al.* 2016; Grünkorn *et al.* 2016).

Verstoring
Verstoringsreacties kunnen zich uiten in verandering in locatiekeuze, fysiologie en gedrag. Door de aanwezigheid van de windturbine en/of het geluid en de beweging van de draaiende rotorbladen, of door de verhoogde menselijke aanwezigheid (doorgaans voor onderhoud), kan een bepaald gebied rond de windturbine c.q. het windpark in lagere dichtheden worden benut, of als habitat in zijn geheel verloren gaan. Een dergelijke verstoring kan effect hebben op de reproductie en de overleving van individuen, met als gevolg veranderingen in populatieomvang (Whalen 2015; Zwart *et al.* 2015; Hötker 2017).

Factoren die een rol spelen bij verstoringseffecten
De verstoringsafstand en de mate waarin vogels verstoord worden verschilt per soort, seizoen, locatie en functie van het gebied voor de vogels en is ook afhankelijk van de omvang en lay-out van het windpark. Verder geldt dat in de meeste gevallen niet alle vogels binnen de beschreven verstoringsafstanden verdwijnen, maar dat de aantallen lager zijn in vergelijking met soortgelijke gebieden zonder de verstoringsbron. Voor de meeste soorten wordt aangenomen dat buiten het broedseizoen de verstoringsafstand toeneemt met de omvang van het windpark. Voor ganzen, smient, kievit en goudplevier is deze relatie statistisch significant (Hötker 2017). Sommige studies tonen aan dat vogels gewend kunnen raken aan windturbines (Madsen & Boertmann 2008; Fijn *et al.* 2012), terwijl bij andere juist een afname in vogeldichtheden in de tijd is geconstateerd (Hötker 2017). Daarnaast is voor verschillende soorten, waaronder verschillende zangvogel- en roofvogelsoorten, aangetoond dat ze niet of weinig beïnvloed worden door de aanwezigheid van de windturbines (Hötker *et al.* 2013; Stevens *et al.* 2013; Hale *et al.* 2014; Hernández-Pliego *et al.* 2015). Grotere, langzaam draaiende turbines zouden, doordat ze rustiger lijken, een minder verstorend effect kunnen hebben. Ze zijn echter veel groter, hetgeen even goed tot meer verstoring kan leiden. Een studie bij 1 MW turbines duidde in ieder geval niet op een verstoring die wezenlijk anders was dan bij kleinere turbines (Schekkerman *et al.* 2003). Ook in een omvangrijke meerjarige studie in Schotland (met 18 windparken en 12 referentie gebieden) kon geen verband worden gevonden tussen de omvang van de windturbines op de mate

van verstoring (Pearce-Higgins *et al.* 2012). Volgens laatstgenoemde auteurs kan tijdens de bouwfase van een windpark meer verstoring optreden dan tijdens de operatiefase.

Broedvogels
In de gebruiksfase hebben windturbines in het algemeen een beperkte verstorende invloed op broedvogels (Pearce-Higgins *et al.* 2009; Hötker 2017). Bij veel soorten zijn in het geheel geen verstorende effecten in de broedperiode aangetoond, en waar dat wel het geval is, zijn de effectafstanden geringer dan die buiten de broedperiode. Doordat vogels in het broedseizoen doorgaans in ruimtelijk verspreide territoria voorkomen zijn de aantallen beïnvloede vogels daarnaast veelal kleiner dan buiten het broedseizoen.

De meeste soorten roofvogels vertonen geen vermijding van windparken. In verschillende studies konden geen statistisch aantoonbare effecten worden gevonden van windturbines op het aantal nesten, nestplaatskeuze en/of foerageer-en -areaal in het broedseizoen (Bellebaum *et al.* 2013; Hötker *et al.* 2013; Hernández-Pliego *et al.* 2015; Balotari-Chiebao *et al.* 2016; Grünkorn *et al.* 2016).

Steltlopers die in de open agrarische gebieden van NW-Europa broeden (o.a. kievit, wulp en scholekster), mijden windparken veelal tot maximaal 100 m (Steinborn *et al.* 2011; Steinborn & Steinmann 2014). Voor broedende zangvogels in dezelfde gebieden (o.a. veldleeuwerik, gele kwikstaart, roodborsttapuit) zijn tot nu toe geen of slechts geringe (< 50 m) verstoringseffecten vastgesteld (cf. Pearce-Higgins *et al.* 2012). Alleen voor de graspieper laten verschillende onderzoeken uiteenlopende resultaten zien en kan op basis hiervan niet worden uitgesloten dat de soort tot circa 100 m verstoord wordt (Steinborn *et al.* 2011).

Voor broedvogels van bos en halfopen gebied zijn geen of in slechts beperkte mate effecten van windturbines op de aantallen en ruimtelijke verspreiding vastgesteld (Garcia *et al.* 2015; Reichenbach *et al.* 2015). De dichtheid van vogels in de directe omgeving van windturbines in bossen verschilde niet van die in nabijgelegen ongestoorde referentiegebieden. Tijdens de aanleg vond wel een tijdelijke terugval in aantal territoria plaats, maar in de gebruiksfase namen alle soorten weer in aantal toe (Garcia *et al.* 2015). Daarnaast werd een (niet significant) verstoringseffect op vijf soorten spechten (maar niet de algemene grote bonte specht) gevonden tot 250 m afstand (Reichenbach *et al.* 2015).

Foeragerende en rustende vogels buiten het broedseizoen
Onder een aantal vogelsoorten van agrarische gebieden (o.a. zaadeters, kraaiachtigen en leeuweriken) konden ook buiten het broedseizoen geen significante verstoringseffecten van windturbines worden vastgesteld (Devereux *et al.* 2008; Steinborn *et al.* 2011). Echter, voor veel vogelsoorten zijn wel verstorende effecten van windturbines buiten de broedperiode vastgesteld. Als maximum verstoringsafstand van windturbines op niet-broedende vogels wordt over het algemeen 600 m gebruikt (Birdlife Europe 2011), maar dit is sterk soort-specifiek en bedraagt meestal kleinere afstanden. De gemiddelde verstoringsafstand voor zwanen-, ganzen- en enkele steltlopersoorten, zoals wulp, kievit en goudplevier, ligt bijvoorbeeld tussen 150-400 m (Hötker *et al.* 2006; Steinborn *et al.* 2011; Langgemach & Dürr 2015). Voor de meeste andere soort(groep)en die buiten het broedseizoen in groepen rusten of foerageren (o.a. eenden, meeuwen, duiven, spreeuw), vormen verstorings-

afstanden van 100-200 m veelal de bovengrens (Winkelman 1989; Hötker *et al.* 2006; Steinborn *et al.* 2011). Alle voornoemde soortgroepen vertonen soms gewenning voor windparken. Zo is bij kleine rietganzen in een tienjarige studie vastgesteld dat de vogels steeds dichterbij windturbines zijn gaan foerageren en op een gegeven moment tussen de windturbines verbleven (Madsen & Boertmann 2008). Verder lijkt de omvang van het effect ook afhankelijk te zijn van het voedselaanbod. Bijvoorbeeld, voor brandganzen en kleine zwanen is vastgesteld dat beide soorten een grotere afstand tot de windturbines aanhouden aan het begin van de winter, wanneer meer voedsel beschikbaar is, dan aan het eind van de winter (Percival 2005; Fijn *et al.* 2012). Ook is aangetoond dat een relatief grotere verplaatsing van vogels kan optreden als in de directe omgeving alternatieve foerageergebieden aanwezig zijn. Zo vermeed ongeveer 75% van de kieviten een graslandpolder na de plaatsing van vier windturbines en verbleef in een nieuw aangelegd natuurgebied enkele kilometers verderop (Beuker & Lensink 2010).

Barrièrewerking

Bij nadering van een windpark passen vrijwel alle vogels hun vliegroutes aan, ofwel door het gehele windpark, ofwel door individuele turbines te vermijden. Dit gedrag vermindert weliswaar de kans op een aanvaring, maar kan leiden tot een verhoogd energieverbruik. De reacties zijn afhankelijk van het type windturbine en de omvang van het windpark, en verschillen ook binnen een soort en tussen soorten. Als het windpark in een groot cluster of in een lange lijn is opgesteld, kan het door de verhoogde vliegkosten voor vogels een barrière in een vliegroute worden. Dit zou kunnen leiden tot het onbereikbaar of onbruikbaar worden van foerageer- of rustgebieden, hiervan zijn tot dusver in onderzoeken geen bewijzen gevonden (Hötker 2017). Om barrièrewerking te minimaliseren kunnen windparken zo ontworpen worden dat lange lijnopstellingen van turbines voorkomen worden of op bepaalde afstanden met openingen onderbroken worden. Het opschalen van windparken heeft een gunstig effect, omdat bij een toename van de turbineomvang de tussenafstand tussen turbines ook groter wordt (Smallwood & Karas 2009; Everaert 2014).

Literatuurlijst

Balotari-Chiebao, F., J.E. Brommer, T. Niinimäki & T. Laaksonen, 2016. Proximity to wind-power plants reduces the breeding success of the white-tailed eagle. Animal Conservation 19(3): 265-272.

Barclay, R.M.R., E.F. Baerwald & J.C. Gruver, 2007. Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie 85(3): 381-387.

Bellebaum, J., F. Korner-Nievergelt, T. Dürr & U. Mammen, 2013. Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. Journal for Nature Conservation 21(6): 394-400.

Beuker, D. & R. Lensink, 2010. Monitoring windpark windturbines Echteld. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers onder lokale en trekkende vogels. Rapport 10-033. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Birdlife Europe, 2011. Meeting Europe's Renewable Energy Targets in Harmony with Nature. The RSPB, Sandy, UK.

Dahl, E.L., R. May, P.L. Hoel, K. Bevanger, H.C. Pedersen, E. Røskaft & B.G. Stokke, 2013. White-tailed eagles (Haliaeetus albicilla) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines. Wildlife Society Bulletin 37(1): 66-74.

De Lucas, M. & M.R. Perrow, 2017. Birds: collision. in M.R. Perrow (Ed.). Wildlife and Wind Farms-Conflicts and Solutions, Volume 1: Onshore: Potential Effects. Blz. 57. Pelagic Publishing. Exeter, UK.

Desholm, M., A.D. Fox, P.D.L. Beasley & J. Kahlert, 2006. Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. Ibis 148: 76-89.

Devereux, C.L., M.J.H. Denny & M.J. Whittingham, 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. Journal of Applied Ecology 45(6): 1689-1694.

Erickson, W.P., M.M. Wolfe, K.J. Bay, D.H. Johnson & J.L. Gehring, 2014. A comprehensive analysis of small-passerine fatalities from collision with turbines at wind energy facilities. PloS one 9(9): e107491.

Everaert, J., 2014. Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. Bird Study 61(2): 220-230.

Everaert, J., K. Devos & E. Kuijken, 2002. Windturbines en vogels in Vlaanderen. Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Rapport 2002.3. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, W. Tijsen, H.A.M. Prinsen & S. Dirksen, 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans Cygnus columbianus bewickii wintering near a wind farm in the Netherlands. Wildfowl 62: 91-116.

Garcia, A.D., G. Canavero, F. Ardenghi & M. Zambon, 2015. Analysis of wind farm effects on the surrounding environment: Assessing population trends of breeding passerines. Renewable Energy 80: 190-196.

Gove, B., R. Langston, A. McCluskie, J.D. Pullan & I. Scrase, 2013. Windfarms and birds: an updated analysis of the effect of wind farm on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. BirdLife International on behalf of the Bern Convention, Strasbourg.

Grünkorn, T., J. Blew, T. Coppack & O. Krüger, G. Nehls, A. Potiek, M. Reichenbach, J. von Rönn, H. Timmermann & S. Weitekamp, 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS.

Hale, A.M., E.S. Hatchett, J.A. Meyer & V.J. Bennett, 2014. No evidence of displacement due to wind turbines in breeding grassland songbirds. The Condor 116(3): 472-482.

Hernández-Pliego, J., M. de Lucas, A.-R. Muñoz & M. Ferrer, 2015. Effects of wind farms on Montagu's harrier (Circus pygargus) in southern Spain. Biological Conservation 191: 452-458.

Hötker, H., 2017. Birds: displacement. in M.R. Perrrow (Ed.). Wildlife and wind farms, conflicts and solutions. Volume 1 Onshore: Potential Effects. Pelagic Publishing. Exeter, UK.

Hötker, H., K.-M. Thomsen & H. Köster, 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Hötker, H., O. Krone & G. Nehls, 2013. Greifvogel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt. Naturschutz und Reaktorsicherheit. Michael-Otto-Institut im NABU, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtier- forschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.

Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014, Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Krijgsveld, K.L., K. Akershoek, F. Schenk, F. Dijk, H. Schekkerman & S. Dirksen, 2009. Collision risk of birds with modern large wind turbines: reduced risk compared to smaller turbines. Ardea 97(3): 357-366.

Langgemach, T. & T. Dürr, 2015. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Landesamt für Umwelt Brandenburg, Nennhausen.

Madsen, J. & D. Boertmann, 2008. Animal behavioral adaptation to changing landscapes: spring-staging geese habituate to wind farms. Landscape ecology 23(9): 1007-1011.

Martin, G.R., 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. Ibis 153(2): 239-254.

Morinha, F., P. Travassos, F. Seixas, A. Martins, R. Bastos, D. Carvalho, P. Magalhães, M. Santos, E. Bastos & J.A. Cabral, 2014. Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. Bird Study 61(2): 255-259.

Oliver, P., 2013. Flight heights of Marsh Harriers in a breeding and wintering area. British Birds 106: 405-408.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, A. Douse & R.H.W. Langston, 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. Journal of Applied Ecology 49(2): 386-394.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, R.H.W. Langston, I.P. Bainbridge & R. Bullman, 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. Journal of Applied Ecology.

Percival, S.M., 2005. Birds and wind farms - what are the real issues? British Birds 98: 194-204.

Reichenbach, M., R. Brinkmann, A. Kohnen, J. Köppel, K. Menke, H. Ohlenburg, H. Reers, H. Steinborn & M. Warnke, 2015. Bau- und Betriebsmonitoring von Windenergieanlagen im Wald. Abschlussbericht 30.11.2015. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Schekkerman, H., L.M.J. van de Bergh, K.L. Krijgsveld & S. Dirksen, 2003. Effecten van moderne, grote windturbines op vogels. Onderzoek naar verstoring van watervogels bij het windpark Eemmeerdijk. Alterra, Wageningen.

Smallwood, K.S., 2013. Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. Wildlife Society Bulletin 37(1): 19-33.

Smallwood, K.S. & B. Karas, 2009. Avian and Bat Fatality Rates at Old-Generation and Repowered Wind Turbines in California. Journal of Wildlife Management 73(7): 1062-1071.

Steinborn, H. & P. Steinmann, 2014. 13 Jahre später – wie entwickeln sich die Wiesenvogelbestände im Windpark Hinrichsfehn? ARSU GmbH, Oldenburg.

Steinborn, H., M. Reichenbach & H. Timmerman, 2011. Windkraft – Vögel – Lebensräume. Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. ARSU Gmbh

Stevens, T.K., A.M. Hale, K.B. Karsten & V.J. Bennett, 2013. An analysis of displacement from wind turbines in a wintering grassland bird community. Biodiversity and Conservation 22(8): 1755-1767.

Stienen, E.W.M., J. van Waeyenberge, E. Kuijken & J. Seys, 2007. Trapped within the corridor of the Southern North Sea: The potential impact of offshore windfarms and seabirds. in M. de Lucas,G.F.E. Janss &M. Ferrer (Ed.). Birds and wind farms. Risk assessment and mitigation. Quercus. Madrid.

Welcker, J., M. Liesenjohann, J. Blew, G. Nehls & T. Grünkorn, 2016. Nocturnal migrants do not incur higher collision risk at wind turbines than diurnally active species. Ibis 159(2): 366-373.

Whalen, C.E., 2015. Effects of Wind Turbine Noise on Male Greater Prairie-Chicken Vocalizations and Chorus. Dissertations & eses in Natural Resources. Paper 127.

Whitfield, D.P. & M. Madders, 2006. Deriving collision avoidance rates for red kites Milvus milvus. Natural Research Information Note 3. Natural Research Ltd, Banchory, UK.

Winkelman, J.E., 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. RIN-rapp. 89/15. RIN, Arnhem.

Winkelman, J.E., 1992. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvaringsslachtoffers. RIN-rapp. 92/2. IBN-DLO, Arnhem.

Winkelman, J.E., F.H. Kistenkas & M.J. Epe, 2008. Ecologische en natuurbeschermingsrechtelijke aspecten van windturbines op land. Alterra, Wageningen.

Zimmerling, J.R., A.C. Pomeroy, M.V. d'Entremont & C.M. Francis, 2013. Canadian Estimate of Bird Mortality Due to Collisions and Direct Habitat Loss Associated with Wind Turbine Developments. Avian Conservation and Ecology 8(2): 10.

Zwart, M.C., J.C. Dunn, P.J.K. McGowan & M.J. Whittingham, 2015. Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird. Behavioral Ecology. arv128.

Bijlage 3 Flux-Collision Model

Het Flux-Collision Model voor de berekening van soortspecifieke aantallen vogelslachtoffers bij windturbines

© Bureau Waardenburg, 31 maart 2016

Jonne Kleyheeg-Hartman, Karen Krijgsveld, Mark Collier & Bas Engels

Met behulp van het zogenaamde Flux-Collision Model kan voor een bepaalde soort(groep) voorspeld worden hoeveel aanvaringsslachtoffers er ongeveer in een (gepland) windpark zullen vallen. Om deze berekening uit te kunnen voeren zijn gegevens nodig van de vogelflux door het windpark, de configuratie van het windpark en de afmetingen van de windturbines. Daarnaast is voor de betreffende soort(groep) een aanvaringskans nodig die vastgesteld is door veldonderzoek naar flux en aanvaringsslachtoffers in een ander al bestaand zogenaamd 'referentiewindpark'. Om de berekening volledig uit te kunnen voeren zijn ook van dit referentiewindpark gegevens nodig van de configuratie van het windpark en de afmetingen van de windturbines.

Voor de berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers via het Flux-Collision Model wordt onderstaande formule gebruikt die eerder door Troost (2008) is beschreven en die op enkele punten door Bureau Waardenburg is aangepast:

c = b * h * (1-a_macro) * h_cor * (r/r_ref) * (e/e_ref) * p_cor * p

Waarin:

c = aantal slachtoffers in het windpark
b = vogelflux
h = fractie vogels die op turbinehoogte vliegt (tussen grond en tiphoogte)
a_macro = fractie vogels die om of over het windpark heen vliegt
h_cor = correctie voor het verschil in het aandeel vogels op rotorhoogte tussen het te beoordelen windpark en het referentiewindpark
r = fractie van het vlak waarin de rotoren draaien, dat bedekt wordt door de rotor (berekend voor 1 turbine)
r_ref = fractie van het vlak waarin de rotoren draaien, dat bedekt wordt door de rotor in het referentiewindpark (berekend voor 1 turbine)
e = gemiddeld aantal turbines dat per passage van het windpark gepasseerd wordt
e_ref = gemiddeld aantal turbines dat per passage van het referentiewindpark gepasseerd wordt
p_cor = correctie van de aanvaringskans voor het verschil in het formaat van de rotor (en daaraan gerelateerde rotorsnelheid en breedte van de rotorbladen) tussen het referentiewindpark en het te beoordelen windpark
p = aanvaringskans

b, h en a_macro

De factoren b, h en a_macro bepalen samen de vogelflux door het windpark. De vogelflux (b) betreft het totaal aantal vogels dat in een bepaalde tijdsperiode (jaar, maand, dag) over de locatie van het (geplande) windpark vliegt. Afhankelijk van de manier waarop de flux (b) is gemeten of ingeschat (zowel in het plangebied als in het referentiewindpark), wordt gebruik gemaakt van de factoren h en a_macro om de totale flux op een bepaalde locatie naar beneden bij te stellen tot de flux die daadwerkelijk door het windpark vliegt. Als de flux van vogels (b) tot op grote hoogte boven het windpark bekend is (bijvoorbeeld inclusief seizoenstrek), kan met de factor h aangegeven worden welke fractie van deze flux (ongeveer) op turbinehoogte passeert. Vaak is de vogelflux bepaald in een (nul)situatie zonder windturbines. In een situatie met windturbines zal over het algemeen een deel van de flux uitwijken voor de turbines door om het windpark heen te vliegen. De fractie van de flux die op deze manier uitwijkt voor het windpark wordt aangegeven met de factor a_macro. De factoren h en a_macro betreffen dus altijd getallen tussen 0 en 1. In sommige gevallen heeft de flux (b) al specifiek betrekking op het windpark en is in dit getal ook al rekening gehouden met uitwijking. In dat geval kan voor h 1 en voor a_macro 0 ingevuld worden.

h_cor

De factor a_macro omvat geen uitwijking onder de rotoren door, want deze uitwijking is al verwerkt in de aanvaringskans omdat deze (over het algemeen) berekend is op basis van de vogelflux door het totale referentiewindpark. Wanneer echter het aandeel vogels op rotorhoogte in het te beoordelen windpark sterk afwijkt van het aandeel vogels op rotorhoogte in het referentiewindpark is het wenselijk om hiervoor te corrigeren.

Voorbeeld: In windparken met kleine turbines (waaronder sommige referentiewindparken) is de flux over het algemeen evenredig over het verticale vlak van het windpark verdeeld. In windparken met grotere turbines (waar bijvoorbeeld veel vliegbewegingen van lokale vogels plaatsvinden) kan het echter zo zijn dat relatief meer vogels onder de rotoren door vliegen dan door het vlak waar de rotoren in draaien. Wanneer er in het te beoordelen windpark relatief gezien weinig vogels door de rotoren vliegen, zal de aanvaringskans die in het referentiewindpark is vastgesteld (waar een groter aandeel van de vogels op rotorhoogte vloog) te hoog zijn en dus omlaag gecorrigeerd moeten worden.

h_cor wordt berekend volgens de volgende formule:

> h_cor = fractie van de flux op rotorhoogte / fractie van de flux op rotorhoogte in referentiewindpark

De fractie van de flux op rotorhoogte in het te beoordelen windpark betreft het aandeel van de flux die volgt uit de berekening (b * h * (1-a_macro)). Er hoeft hier dus niet nogmaals gecorrigeerd te worden voor vogels die (hoog) over het windpark heen vliegen.

r en r_ref

Deze twee factoren worden op dezelfde manier berekend op basis van de configuratie en afmetingen van het te beoordelen windpark (r) en het referentiewindpark (r_ref). De formule is voor beide factoren als volgt:

r(_ref) = rotoroppervlak / (rotordiameter * gemiddelde afstand tussen turbines)

e en e_ref

Het aantal turbines dat een vogel tijdens een passage van het windpark gemiddeld passeert is afhankelijk van de configuratie van het windpark en de hoofdvliegrichting van de vogels door het windpark. De aanname voor e(_ref) is gekoppeld aan de manier waarop de flux (b) is bepaald. Bij het bepalen van deze flux is namelijk al nagedacht over de manier waarop vogels door het windpark vliegen. Voor een lijnopstelling wordt er vaak van uitgegaan dat de flux dwars door het windpark gaat (hoofdvliegrichting haaks op de lijnopstelling). In het geval van een lijnopstelling wordt dan ook over het algemeen aangenomen dat vogels één windturbine passeren, tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn dat dit niet het geval is. Wanneer de configuratie van het windpark min of meer vierkant is (en vogels over het algemeen vanuit alle richtingen door het windpark vliegen) wordt e(_ref) vaak berekend als de wortel van het totaal aantal turbines.

p_cor

Met deze factor wordt gecorrigeerd voor het verschil in rotoroppervlak (en de daaraan gerelateerde rotorsnelheid en breedte van de rotorbladen) tussen de turbines van het te beoordelen windpark en de turbines van het referentiewindpark. Bij een grotere rotor (die relatief langzamer draait en bredere rotorbladen heeft) is de aanvaringskans per vierkante meter rotoroppervlak kleiner dan bij een kleinere rotor. De formule voor p_cor is gebaseerd op de theoretische relatie tussen aanvaringskans en rotoroppervlak, afgeleid van het Band Model (Band *et al.* 2007). p_cor wordt berekend op basis van de volgende formule:

$$p\_cor = 0{,}9785 * (O / Oref)^{-0{,}26}$$

Waarin:

O = rotoroppervlak van de windturbines van het te beoordelen windpark (m^2)

Oref = rotoroppervlak van de windturbines van het referentiewindpark (m^2)

p

Deze factor betreft de aanvaringskans die voor de betreffende soort(groep) is vastgesteld in een referentiewindpark. Indien voor een soort(groep) meerdere aanvaringskansen beschikbaar zijn wordt met al deze aanvaringskansen het aantal aanvaringsslachtoffers berekend en wordt in de rapportage de gemiddelde uitkomst gepresenteerd. Sommige in de literatuur beschikbare aanvaringskansen zijn gebaseerd op een te beperkt onderzoek m.b.t. flux of aantallen slachtoffers, waardoor de onzekerheidsmarge te groot wordt. Deze aanvaringskansen worden door Bureau Waardenburg daarom niet gebruikt in het Flux-Collision Model. De gebruikte aanvaringskans(en) worden in de rapportage gepresenteerd.

Literatuur

Band, W., M. Madders & D.P. Whitfield, 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In De Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M., eds. Birds and Wind Power. Barcelona., Spain: Lynx Edicions.

Troost, T., 2008. Estimating the frequency of bird collisions with wind turbines at sea. Guidelines for using the spreadsheet 'Bird collisions Deltares v1-0.xls'. Appendix to report Z4513. Deltares, Delft.

Bijlage 4 Band model aalscholver

The SOSS Band model (Band, 2012) has been applied to estimate the potential number of collisions for cormorant with wind turbines in the planned onshore wind farm 'buitencontour Tweede Maasvlakte'. This note presents the results and outlines how these have been derived using the SOSS Band model.

The SOSS Band model

The SOSS Band model has been developed for assessing bird collisions at offshore wind farms and is based around a theoretical model of a wind turbine and a bird. The model has been developed for offshore wind farms where no reference data on collisions can be gathered, but it can also be used at onshore wind farms. The probability of collision for a bird making a single transit through the rotor-swept area of an active wind turbine is calculated, which is then scaled up for the number of transits and number of turbines to give the number of collisions for the given period. Importantly, the model assumes no avoiding action by the bird, and avoidance action is applied at the end.

Model parameters

Collision rate modelling was carried out using the SOSS Band basic (option 1) model and for birds passing through in one direction (i.e., flights from land to sea and vice versa), due to the suitability of the flight height and bird abundance data. Collision rates were estimated for cormorant and for two variants along each part of the wind farm: 'Zachte Zeewering (ZZ)' and 'Harde Zeewering (HZ)'. These were summed to give overall estimates for two variants.

Biometric data for cormorant were taken from Svensson et al. (1999) and flight speed from Alerstam et al. (2007). Nocturnal activity was taken from Garthe & Hüppop (2004) (table 1). Avoidance rate was based on Maclean et al. (2009) and Cook et al. (2012).

Table 1 Input parameters related to cormorant as used in the SOSS Band model.

Parameter	Cormorant
Length (m)	0.855
Wingspan (m)	1.350
Flight speed (m/s)	15.2
Flapping (0) or gliding (1)	0
Nocturnal activity factor (1-5)	1
Avoidance rate	0.99

Wind farm data including turbine model, number of turbines, rotor radius, minimum rotor height, proportion of time in operation and pitch were provided by Pondera (table 2). Figures for rotation speed and maximum blade width were estimated based on similar turbines.

Table 2 Input parameters related to wind farm used in the SOSS Band model.

Parameter	**Variant 1**		**Variant 2**	
Part	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'
Turbine model	E115	V150	SWT120	V162
Latitude (decimal degrees)	51.95	51.95	51.95	51.95
Number of turbines	10	12	10	12
Number of blades	3	3	3	3
Rotor radius (m)	57.5	75	60	81
Minimum rotor height (m)	24.5	32	31	32
Maximum blade width (m)	3.8	4.2	3.8	4.3
Rotation speed (rpm)[6]	8.7	8.75	9.1	8.2
Pitch (degrees)	5	5	5	5
Proportion of time in operation per month	0.90 - 0.95	0.90 - 0.95	0.90 - 0.95	0.90 - 0.95

Flight height data were recorded at location during May, June and July 2019 (Leemans et al., 2019). Data were categorised into height bands and the proportions at rotor height was taken as those in the relevant bands with a proportional correction being applied for those bands partly coinciding with rotor height (table 3).

Table 3 Input parameters of cormorant related to wind farm used in the SOSS Band model.

Parameter	Variant 1		Variant 2	
Part	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'
Proportion at rotor height	0.71	0.27	0.49	0.27
Monthly flux (birds/km)				
Jan	187	132	187	132
Feb	226	159	226	159
Mar	250	176	250	176
Apr	1.512	1.062	1.512	1.062
May	1.875	1.317	1.875	1.317
Jun	2.117	1.487	2.117	1.487
Jul	1.094	768	1.094	768
Aug	937	658	937	658
Sep	756	531	756	531
Oct	250	176	250	176
Nov	181	127	181	127
Dec	187	132	94	94

[6] Rotation speed used was the midpoint for the operations speeds provided. When only the maximum rotation speed was known this was adjusted based on the figures from the other turbines.

Hourly fluxes of cormorants passing through the future line of the wind farm were converted into monthly fluxes per km for both wind farm areas. Fluxes for the breeding season (April, May and June) were taken from data collected on-site (Leemans et al., 2019) and those for the non-breeding season (July – March) were estimated based on results from monthly monitoring of water birds in the general area published by the Dutch government (see chapter 5 for details). In both seasons fluxes were based on hourly fluxes and on cormorant activity only during daylight hours (10 hours per day in April, 12 hours per day in May and 14 hours per day in June in breeding season and 6 hours per day in November, December and January, 8 hours in February, March and August, 10 hours in September, 12 hours in August and 14 hours in July for non-breeding season).

Results of the collisions rate modelling

The results of the collision rate modelling are shown in table 4.

Table 4 Estimated number of collisions per season for each part of the wind farm.

Season	Variant 1		Variant 2	
Part	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'
Breeding season (Apr – Jun)	2,2	0,8	1.6	0,8
Non-breeding season (Jul – Mar)	1.7	0,6	1.2	0,6
Total	**5**		**4**	

References

Alerstam. T., Rosén, M., Bäckman, J., Ericson, P.G.P. & Hellgren, O. (2007) Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects. PLoS Biol. 5(8): e197. doi:10.1371/journal.pbio.0050197.

Band, W. (2012) Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. SOSS, The Crown Estate, London, UK. www.bto.org/science/wetland-and-marine/soss/projects.

Cook, A.S.C.P., Johnston, A., Wright, L.J. & Burton, N.H.K. (2012) A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms. BTO Research Report Number 618, BTO, Thetford, UK.

Garthe, S. & Huppop, O. (2004) Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. Journal of Applied Ecology (2004) 41, 724–734.

Maclean, I.M.D., Wright, L.J., Showler, D.A. & Rehfisch, M.M. (2009) A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms. BTO report commissioned for Cowrie Ltd. COWRIE METH-08-08.

Leemans, J.J., P.J. de Gier & H.A.M. Prinsen, 2019. Actualisatie vliegbewegingen van kolonievogels over buitencontour Tweede Maasvlakte. Rapport 19-175. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Svensson, L., Grant, P.J., Mullarney, K. & Zetterström, D. (1999) Collins Bird Guide. Harper Collins, London. ISBN 0 00 2197286.

Bijlage 5 Band model zangvogeltrek

Collision estimates for nocturnally migrating passerines using the SOSS Band model (2012).

The SOSS Band model (Band 2012) has been applied to estimate the potential number of collisions for nocturnally migrating passerines with wind turbines in the planned onshore wind farm 'buitencontour Tweede Maasvlakte' during autumn. This note presents the results and outlines how these have been derived using the SOSS Band model.

The SOSS Band model for estimating the potential number of bird collisions at offshore wind farms

The SOSS Band model has been developed for assessing bird collisions at offshore wind farms and is based around a theoretical model of a wind turbine and a bird. The model has been developed for offshore wind farms where no reference data on collisions can be gathered, but it can also be used at onshore wind farms. The probability of collision for a bird making a single transit through the rotor-swept area of an active wind turbine is calculated, which is then scaled up for the number of transits and number of turbines to give the number of collisions for the given period. Importantly, the model assumes no avoiding action by the bird, and avoidance is applied at the end.

Model parameters

Collision rate modelling was carried out using the SOSS Band extended (option 3) model and for birds on migration (migrant collision risk) during night-time, between 1 September and 17 November. Collision rates were estimated for passerines (for which the common nocturnal migrant species redwing [koperwiek, red.] was used as a proxy) and for two wind farm variants, each consisting of two types of wind turbines.

Biometric data for redwing were taken from Svensson *et al*. (1999) and Snow & Perrins (1998), and flight speed from Alerstam *et al*. (2007) (table 1). Avoidance rate was based on figures in Bouten *et al*. (2020).

Table 1 Input parameters related to redwing as used in the SOSS Band model.

Parameter	Redwing
Length (m)	0.21
Wingspan (m)	0.34
Flight speed (m/s)	13.8
Flapping (0) or gliding (1)	0
Avoidance rate	0.9765

Wind farm data including turbine model, number of turbines, rotor radius, minimum rotor height, rotation speed, maximum blade width, pitch and proportion of time in operation were provided by Pondera (table 2).

Table 2 Input parameters related to wind farm used in the SOSS Band model.

Parameter	Alternatief 1		Alternatief 2	
Turbine model	E115 (harde zeewering)	V150 (zachte zeewering)	SWT120 (harde zeewering)	V162 (zachte zeewering)
Number of turbines	10	12	10	12
Number of blades	3	3	3	3
Rotation speed nominal (rpm)	13.1	12.6	13.4	12.1
Rotor radius (m)	57.5	75	60	81
Hub height t.o.v. NAP (mode) (m)	82	107	91	113
Maximum blade width (m)	3.8	4.2	3.8	4.3
Pitch (degrees)	45	45	45	45
Proportion of time in operation	0.97	0.95	0.97	0.95

Flight height distributions were calculated from radar data collected on location during autumn 2019. Data were for small birds and flocks (where flocks were taken to be one bird). The height is corrected against NAP and the proportions at 1 metre intervals is used in the collision rate modelling. The flight height distribution is presented in figure 1.

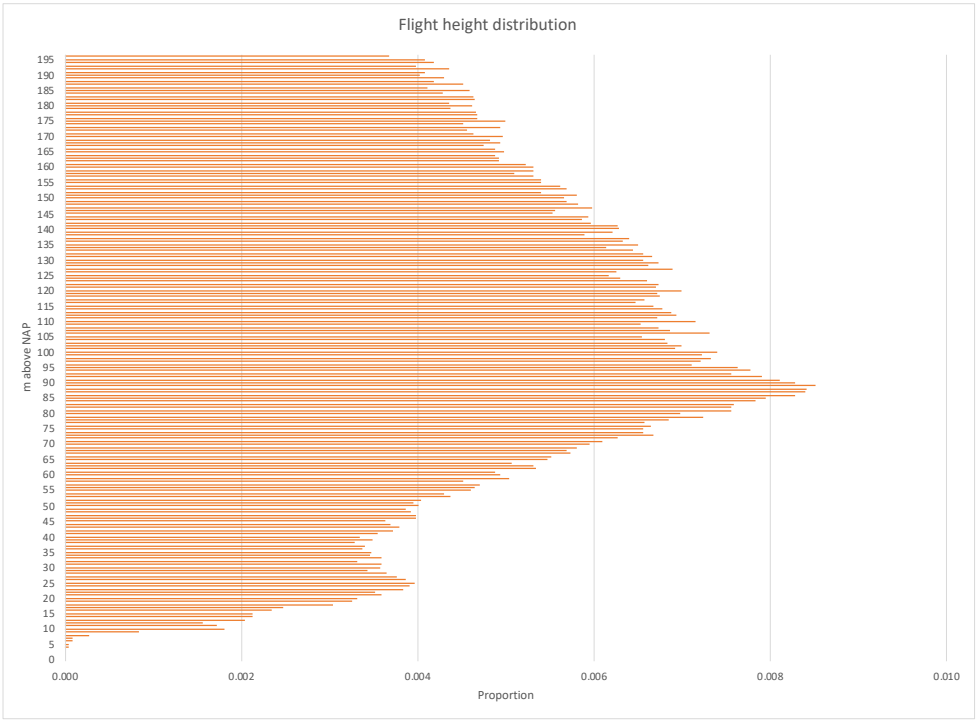


Figure 1 Flight height distribution of small birds and flocks combined from 0-196 m above NAP.

Monthly passages of nocturnal passerines were calculated from radar data collected on location during autumn 2019 (Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020). The total monthly passages consisted of the sum of small birds and flocks (where flocks were taken to be one bird) recorded during the hours of darkness up to 196 m above NAP and across a 1 km line and corrected for flight direction and for periods when no data were collected (table 3) assuming zero migration during periods with rain when a radar is not able to detect birds. Total passages were summed by month from 1 September to 17 November.

Table 3 Monthly passages of small birds and flocks combined used in the SOSS Band model.

Month	Migration passages per km
September	74.952
October	202.502
November (1-17)	37.699

Results of the collisions rate modelling

The results of the collision rate modelling are shown in table 4.

Table 4 Estimated number of collisions per season for each part of the wind farm for two different wind farm lay-outs.

Parameter	Variant 1		Variant 2	
Turbine model	E115 (hard)	V150 (zacht)	SWT120 (hard)	V162 (zacht)
Number of collisions 1 Sep - 17 Nov				
With maximum rotation speed	256	578	301	652
Per variant	**834**		**953**	
With 75% rotation speed	178	399	209	450
Per variant	**576**		**659**	

Due to the assumptions of the model and data used the results do not give the absolute number of collisions but rather a comparison of the expected numbers of collisions between each variant. Nonetheless, the numbers indicated are in the same order for those estimated for a wind farm at another migration hotpot in Eemshaven in the north of the Netherlands (Bouten *et al*. 2020) and can therefore be expected to be a first approximate indication as to the potential number of collisions for nocturnally migrating passerines during autumn migration. Furthermore, the estimated collision rate of 0.41 - 0.56 per turbine per night for variant 1 and 0.28 - 0.38 per turbine per night for variant 2 are also higher than the calculated collision rate of 0.19 nocturnally migrating passerines per turbine per night in Eemshaven in autumn 2018 based on actual carcass searches (Bouten *et al*. 2020). Possibly this is a result of the assumptions made in the model or is due to a (slightly) higher flux at Tweede Maasvlakte compared to Eemshaven.

The turbine data delivered by Pondera gave a range of rotation speeds. The collision rate modelling is based on a single rotation speed, for which we selected the maximum. This gives a higher collision rate and can be viewed as a worst-case scenario. To illustrate the effect of a slower rotation speed we also present results for a rotation speed 75% of the maximum. In reality, rotation speed will vary during time based on environmental conditions and turbine settings.

The number of migration passages used highly influences the results of the collision rate modelling. Migration passage were based on radar data collected on location during the autumn of 2019. A number of assumptions with these data, such as to the species/species-groups concerned, whether or not these were all on migration and numbers within tracks marked as flocks limit the confidence around the actual numbers of collisions. Similarly, avoidance rate is important in determining the numbers of birds at risk. Avoidance rate is expected to alter depending on the species concerned, wind farm location and conditions such as visibility, lighting and weather. The choice of avoidance rate can also limit confidence around these figures.

Apart from being able to compare scenario's, the modelling results also show that the collision rate of nocturnally migrating passerines in autumn is potentially very high in the planned wind farm Tweede Maasvlakte. Mitigation to reduce the number of casualties is therefore advised.

References

Alerstam. T., M. Rosén, J. Bäckman, P.G.P. Ericson & O. Hellgren, 2007. Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects. PLoS Biol. 5(8): e197. doi:10.1371/journal.pbio.0050197.

Band, W., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. SOSS, The Crown Estate, London, UK. www.bto.org/science/wetland-and-marine/soss/projects.

Bouten, W., J. Kleyheeg-Hartman, E. Klop. S. Shinneman & E. van Loon, 2020. Haalbaarheidsstudie naar een voorspellend vogeltrekmodel en een stilstandvoorziening om vogelsterfte te beperken in Windpark Eemshaven. Universiteit van Amsterdam, Bureau Waardenburg, Altenburg & Wymenga report.

Garthe, S. & O. Huppop, 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. Journal of Applied Ecology (2004) 41, 724–734.

Kleyheeg-Hartman, J.C. & A. Potiek, 2020. Seizoenstrek van vogels over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Radaronderzoek in najaar 2019. Rapportnr. 20-059. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Snow, D.W. & C. M. Perrins, 1998. The Birds of the Western Palearctic. (Concise Edition). Oxford University Press. ISBN 978-0198540991.

Svensson, L., P.J Grant, K. Mullarney & D. Zetterström, 1999. Collins Bird Guide. Harper Collins, London. ISBN 0 00 2197286.

Bijlage 6 Ruimtelijke variatie vlieggedrag

Vlieggedrag van zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw en aalscholver bestudeerd met 3D vogelradar MAX®

Dr. A. Potiek, juni 2020

Aanleiding voor deze notitie

In voorliggende natuurtoets zijn voor een selectie van vogelsoorten de aantallen aanvaringsslachtoffers in het geplande windpark op de Tweede Maasvlakte berekend met behulp van het Flux-Collision Model (zie bijlage 5) en het Band model (zie bijlage 6). Binnen deze modellen spelen onder andere vlieghoogte respectievelijk vlieghoogte en vliegsnelheid een rol. Om de uitgangspunten ten aanzien van deze parameters te toetsen (is er een duidelijk verschil in vlieghoogte en vliegsnelheid boven de dijk, waar Leemans *et al*. (2019) gegevens verzamelden, versus boven het strand waar de windturbines op de zachte zeewering komen te staan), is gebruik gemaakt van radargegevens verzameld in najaar 2019 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Op basis van visuele observaties in het veld is een selectie van radartracks gedetermineerd op soortniveau, zodat soortspecifieke informatie ten aanzien van vlieghoogte en vliegsnelheid uit de database van de radar kon worden gehaald.

Binnen deze notitie analyseren we voor zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw en aalscholver of het vlieggedrag (vlieghoogte en vliegsnelheid) op de Tweede Maasvlakte varieert tussen punten boven zee, buitendijks, boven de dijk en binnendijks. Voor andere soorten zijn onvoldoende radartracks in het veld visueel gevalideerd.

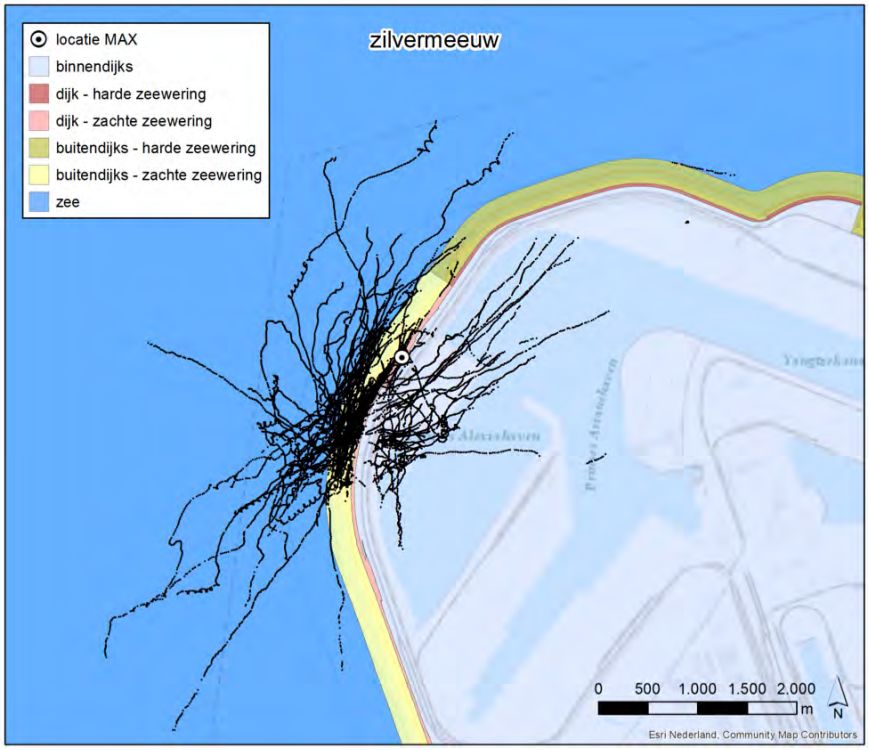
Aanpak

Selectie van tracks

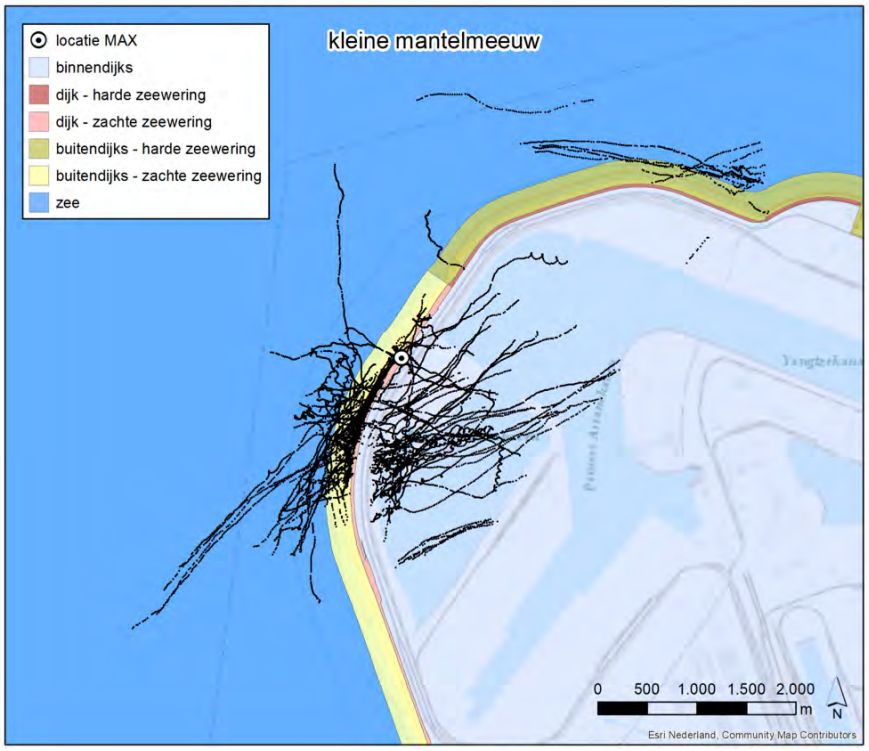
Op basis van visuele observaties in het veld zijn vliegbewegingen van zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw en aalscholver geselecteerd uit de database van de radar. Dit leverde een database op met 167 tracks van zilvermeeuwen, 221 tracks van kleine mantelmeeuwen, en 21 tracks van aalscholvers. Iedere track bestaat uit meerdere datapunten. Voor elk datapunt is bepaald in welk deelgebied dit punt ligt waarbij onderscheid is gemaakt tussen boven zee, buitendijks (strand), boven de dijk en binnendijks. Gezien het lage aantal datapunten boven en nabij de harde zeewering (figuur 1 t/m 3), is geen onderscheid gemaakt tussen vogels die boven de dijk van de harde zeewering of zachte zeewering vlogen, maar zijn deze samengevoegd als ‘dijk’. Hetzelfde geldt voor vogels die buitendijks bij de harde zeewering of boven het strand van de zachte zeewering vlogen, deze zijn allen samengevoegd tot ‘buitendijks’.

Vlieghoogte en vliegsnelheid

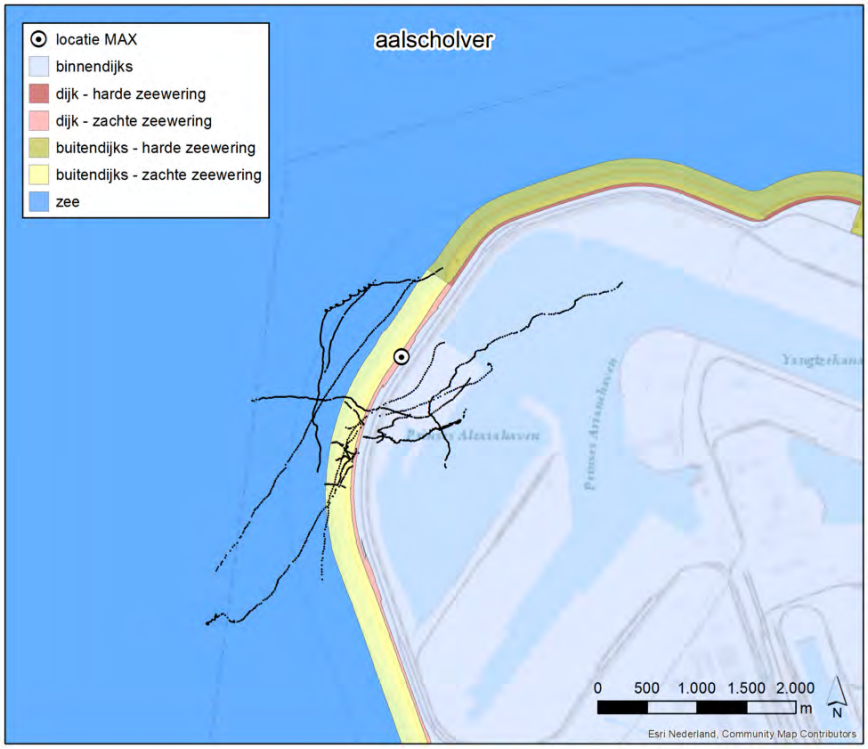
Binnen deze notitie presenteren we resultaten voor vlieghoogte en vliegsnelheid per deelgebied (zee, buitendijks, dijk, binnendijks). De gepresenteerde vlieghoogte is altijd ten opzichte van de hoogte van de locatie waarop de radar gepositioneerd is (in dit geval P6 op de zachte zeewering). Hierbij komt een hoogte van 0 meter gemeten door de radar overeen met circa 12 meter boven NAP.



Figuur 1 *Vliegbewegingen gedetecteerd door de radar op de Tweede Maasvlakte, die op basis van visuele observaties zijn geïdentificeerd als zilvermeeuw.*



Figuur 2 *Vliegbewegingen gedetecteerd door de radar op de Tweede Maasvlakte, die op basis van visuele observaties zijn geïdentificeerd als kleine mantelmeeuw.*



Figuur 3 *Vliegbewegingen gedetecteerd door de radar op de Tweede Maasvlakte, die op basis van visuele observaties zijn geïdentificeerd als aalscholver.*

Voor iedere track is per deelgebied dat wordt doorkruist een gemiddelde vlieghoogte en vliegsnelheid berekend. Op deze manier wegen tracks met meer datapunten (voor langere tijd gevolgd door de radar) niet zwaarder mee dan andere tracks. Wanneer bijvoorbeeld een vliegbeweging vanuit het binnenland de dijk passeert, en daarna niet meer opgepikt wordt, is voor deze vliegbeweging een gemiddelde vlieghoogte en vliegsnelheid boven het binnenland, en een gemiddelde vlieghoogte en vliegsnelheid boven de dijk berekend.

Voor alle drie de soorten presenteren we een vierluik met resultaten voor vlieghoogte, gevolgd door een vierluik met resultaten voor vliegsnelheid. In de eerste figuur van beide vierluiken geeft een boxplot de gemiddelde vlieghoogte respectievelijk -snelheid van alle tracks boven elk van de deelgebieden. Dit geeft een eerste indruk van verschillen in vlieghoogte en -snelheid in de verschillende deelgebieden. Wanneer echter de detectie-capaciteit afhangt van de vlieghoogte en het deelgebied, kan dit een vertekend beeld geven. Uit Kleyheeg-Hartman & Potiek (2020) blijkt dat de detectiecapaciteit boven de dijk (dichtbij de radar) daadwerkelijk verschilt met de detectiecapaciteit verder van de radar af. Om deze reden presenteren we in de andere drie figuren van beide vierluiken per soort de resultaten van tracks die in twee aangrenzende gebieden zijn gedetecteerd. Dit geeft inzicht in de verandering van gemiddelde vlieghoogte en -snelheid voor individuele vliegbewegingen. In deze figuren is van individuele vliegbewegingen de vlieghoogte en -snelheid in de twee betreffende deelgebieden weergegeven. De stippellijn geeft de 1:1 relatie weer: punten op deze lijn hebben dezelfde gemiddelde vlieghoogte of -snelheid in de twee weergegeven deelgebieden terwijl punten boven deze lijn een hogere vlieghoogte of -snelheid hebben in het deelgebied dat op de y-as weergegeven wordt, en punten onder de lijn hebben een hogere vlieghoogte of -snelheid in het deelgebied dat op de x-as weergegeven wordt.

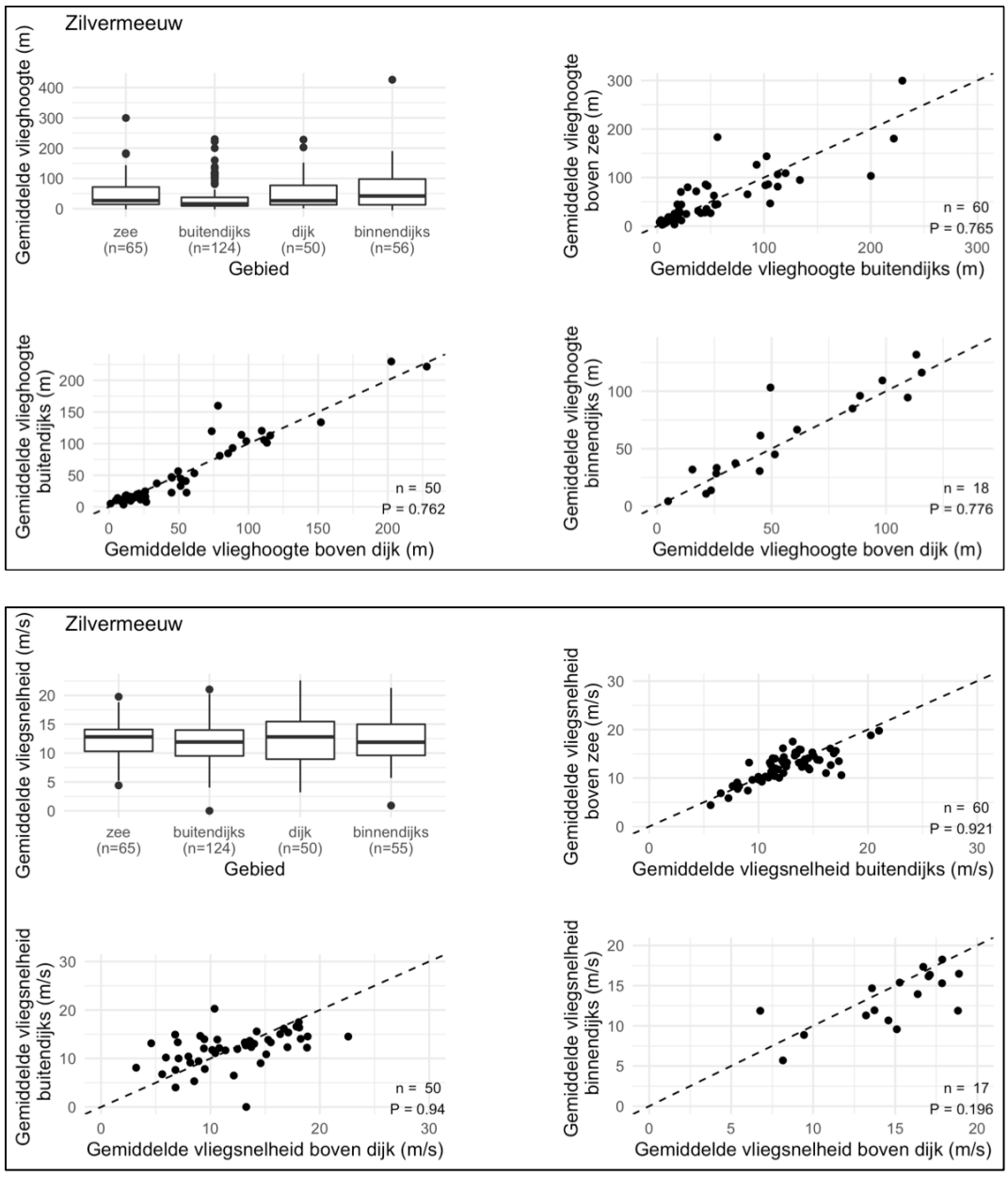
Voor alle tracks met waarnemingen in (minstens) twee aangrenzende deelgebieden is statistisch getoetst of de gemiddelde vlieghoogte en snelheid in de twee gebieden van elkaar verschilt. Hiervoor is een Kruskal Wallis test uitgevoerd (non-parametrische toets voor het testen van meerdere groepen, in dit geval twee gebieden). De P-waarden (statistische significantie) van deze tests zijn weergegeven in de betreffende figuren van de resultaten (figuur 4 t/m 6).

Conclusie

Uit de resultaten voor zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw en aalscholver (zie volgende pagina's) blijkt geen duidelijk verschil in vlieghoogte of vliegsnelheid tussen de verschillende deelgebieden. Uit statistische tests op basis van deze gegevens blijkt dat vogels niet structureel hoger of lager respectievelijk sneller of langzamer vliegen in een aangrenzend deelgebied. Hoewel een deel van de individuele vogels verschillen in hoogte en/of snelheid tussen de deelgebieden laten zien, is hierin op basis van voorliggende data geen duidelijk patroon te ontdekken. Dit is met name duidelijk te zien aan de figuren waarin voor individuele vliegbewegingen de gemiddelde vlieghoogte en -snelheid binnen twee aangrenzende deelgebieden tegen elkaar is uitgezet. In deze figuren liggen de punten niet structureel onder of boven de 1:1-lijn, wat erop duidt dat vogels niet structureel hoger/lager respectievelijk sneller/langzamer vliegen in een van de deelgebieden.

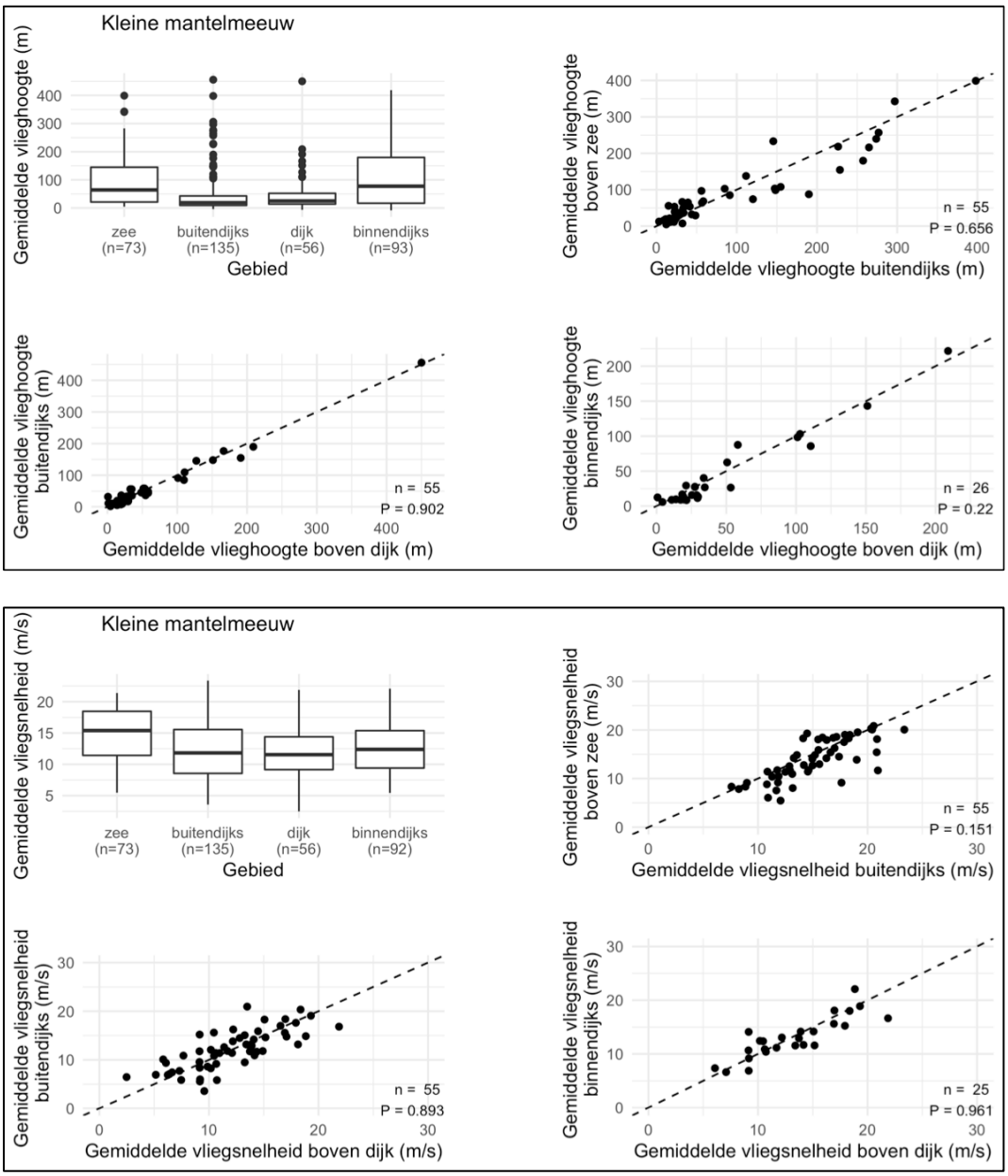
Resultaten

Zilvermeeuw



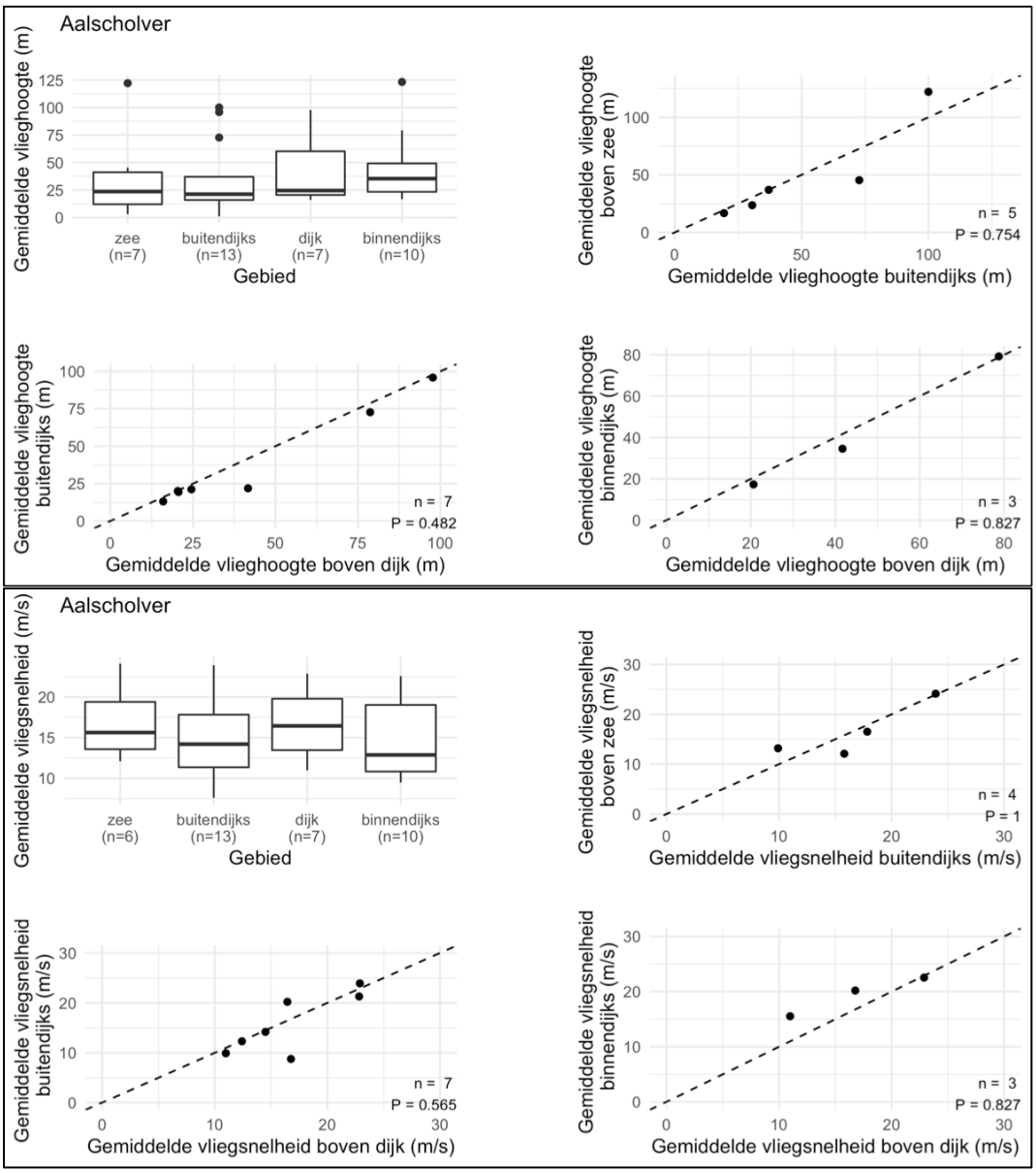
Figuur 4 *Gemiddelde vlieghoogte (vierluik boven) en vliegsnelheid (vierluik onder) per gebied van zilvermeeuwen op de Tweede Maasvlakte. De figuur linksboven in ieder vierluik geeft een boxplot weer met de verdeling van de gemiddelden per track en per gebied, met onder de aslabels het aantal vliegbewegingen binnen het betreffende gebied (n). Binnen de andere drie figuren is voor individuele tracks de vlieghoogte en -snelheid tussen gebieden vergeleken, en zijn alleen tracks gebruikt met datapunten in beide betreffende twee gebieden. Rechtsonder wordt hierbij het aantal puntenparen (n) en de statistische significantie van een Kruskal Wallis test (P) weergegeven.*

Kleine mantelmeeuw



Figuur 5 *Gemiddelde vlieghoogte (vierluik boven) en vliegsnelheid (vierluik onder) per gebied van kleine mantelmeeuwen op de Tweede Maasvlakte. De figuur linksboven in ieder vierluik geeft een boxplot weer met de verdeling van de gemiddelden per track en per gebied, met onder de aslabels het aantal vliegbewegingen binnen het betreffende gebied (n). Binnen de andere drie figuren is voor individuele tracks de vlieghoogte en -snelheid tussen gebieden vergeleken, en zijn alleen tracks gebruikt met datapunten in beide betreffende twee gebieden. Rechtsonder wordt hierbij het aantal puntenparen (n) en de statistische significantie van een Kruskal Wallis test (P) weergegeven.*

Aalscholver



Figuur 6 *Gemiddelde vlieghoogte (vierluik boven) en vliegsnelheid (vierluik onder) per gebied van aalscholvers op de Tweede Maasvlakte. De figuur linksboven in ieder vierluik geeft een boxplot weer met de verdeling van de gemiddelden per track en per gebied, met onder de aslabels het aantal vliegbewegingen binnen het betreffende gebied (n). Binnen de andere drie figuren is voor individuele tracks de vlieghoogte en -snelheid tussen gebieden vergeleken, en zijn alleen tracks gebruikt met datapunten in beide betreffende twee gebieden. Rechtsonder wordt hierbij het aantal puntenparen (n) en de statistische significantie van een Kruskal Wallis test (P) weergegeven.*

Bijlage 7 Onderbouwing Wnb-ontheffing vogels

Inleiding

De jaarlijks voorspelde sterfte onder vogels in Windpark Tweede Maasvlakte bedraagt maximaal 880 slachtoffers (zie hoofdstuk 10). Het merendeel hiervan zijn vogels op seizoenstrek. Een kleiner deel betreft lokale vogels, en dan met name enkele sternsoorten en grote meeuwen. In deze bijlage zijn lijsten opgenomen van lokale en niet-lokale soorten waarvan aanvaringslachtoffers gedurende de looptijd van Windpark Tweede Maasvlakte zijn voorzien, het aantal slachtoffers dat wordt voorzien (berekening/ordegrootte) en een onderbouwing of deze sterfte een effect heeft op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de betrokken populaties.

Methode soortselectie

Bij een windturbine sterven ieder jaar gemiddeld enkele tot tientallen vogels als gevolg van een aanvaring met de draaiende rotor. Deze slachtoffers behoren meestal tot verschillende vogelsoorten. Het opzettelijk doden van vogels is bij wet verboden (artikel 3.1 lid 1 Wet natuurbescherming). Voor ieder nieuw te bouwen windpark dient daarom voor de vogelsoorten waarvan sterfte in het geplande windpark voorzienbaar is, ontheffing aangevraagd te worden vanwege overtreding van deze verbodsbepaling. Sterfte is voorzienbaar als het aannemelijk is dat er tijdens de looptijd van het project een aanmerkelijke kans bestaat dat een of meer slachtoffers van de desbetreffende soort vallen (althans dit is de lijn die provincie Zuid-Holland hanteert). Bij de afweging of de sterfte van een soort in het geplande windpark voorzienbaar is spelen vier factoren een belangrijke rol:

- de aanwezigheid van de soort in (de omgeving van) het plangebied;
- de functie die het plangebied voor de soort vervult;
- de omvang van het geplande windpark, en;
- de gevoeligheid van de soort voor aanvaringen met windturbines.

Met dit laatste wordt de combinatie van de morfologie (uiterlijke kenmerken) en het (vlieg)gedrag van een soort bedoeld, die van invloed is op de kans dat een vogel bij passage van een windpark of windturbine slachtoffer wordt van een aanvaring.

Vogelslachtoffers in een windpark kunnen betrekking hebben op ‘lokale vogels’ of op ‘trekvogels’, waarbij sommige soorten tot beide groepen kunnen behoren. Lokale vogels betreffen die vogels die in het plangebied broeden, overwinteren of anderszins gedurende langere tijd van het gebied gebruik maken. De trekvogels hebben geen specifieke relatie met het plangebied, maar vliegen één- of tweemaal per jaar over het plangebied wanneer zij onderweg zijn van hun broedgebieden in het noorden naar hun overwinteringsgebieden in het zuiden. Hiervoor hanteert Bureau Waardenburg de term seizoenstrek om onderscheid te maken met bijvoorbeeld dagelijkse slaaptrek.

Opstellen soortenlijst voorzienbare sterfte

Voor de samenstelling van de lijst met vogelsoorten waarvoor de sterfte in een gepland windpark voorzienbaar is, maakt Bureau Waardenburg gebruik van een gestandaardiseerde selectiemethodiek. Deze methodiek houdt rekening met de hiervoor besproken vier (hoofd)factoren die van invloed zijn op het aanvaringsrisico van vogelsoorten in het windpark en houdt tevens rekening met de twee groepen: lokale vogels en vogels op seizoenstrek. Dit onderscheid is van belang, omdat dit bepalend is voor de populatieomvang waaraan de voorziene sterfte wordt getoetst.

Stap 1: Onderscheid in vogelsoorten die redelijkerwijs als aanvaringsslachtoffer in Nederland verwacht mogen worden en soorten waarvan in geen enkel windpark in Nederland slachtoffers voorzienbaar zijn.

Deze eerste selectiestap heeft betrekking op zowel lokale vogels als vogels op seizoenstrek.

1.a – Input	Nederlandse avifauna (521 soorten, per 1 januari 2019).
1.b	Wegstrepen van 218 soorten die afgelopen 5 jaar gemiddeld ≤10x / jaar in Nederland zijn waargenomen[1], zonder dat Nederland een onderdeel vormt van de functionele jaarcyclus fase.
1.c	Wegstrepen van 32 zeldzame soorten die afgelopen 5 jaar gemiddeld <100x / jaar in Nederland zijn waargenomen[1], waarvan het voorkomen zeer verspreid is over Nederland en zonder dat Nederland een onderdeel vormt van een functionele jaarcyclus fase.

Het resultaat van stap 1 is een lijst van **271 soorten** (soorten 1a (521) minus soorten 1b (218) minus soorten 1c (32)) die talrijk genoeg zijn om redelijkerwijs ergens in Nederland aanvaringsslachtoffer te kunnen worden. Dit resultaat wordt ook genoemd de landelijke groslijst.

Uit deze lijst met 271 vogelsoorten wordt vervolgens de soortenlijst voor het geplande windpark samengesteld. Voor ieder windpark betekent dit dat er nog een (groot) aantal soorten af zal vallen, afhankelijk van de locatie en omvang van het geplande windpark. De tweede en tevens laatste selectiestap bestaat uit twee delen (A en B) die samen resulteren in een lijst met soorten waarvoor geadviseerd wordt om ontheffing aan te vragen. Stap 2A heeft betrekking op de lokale vogels en stap 2B op de vogels op seizoenstrek. Sommige soorten zullen zowel na stap 2A als na stap 2B overblijven. Dat betekent dat bij deze soorten zowel onder lokale vogels als onder vogels op seizoenstrek sprake is van voorzienbare sterfte in het windpark. De sterfte van deze soorten wordt daarom zowel aan de omvang van de relevante lokale populatie(s) getoetst als aan de *flyway*-populatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar slachtofferaantallen onder lokale vogels (broedvogels of niet-broedvogels) en onder vogels op seizoenstrek.

[1] Het aantal waarnemingen van een soort in Nederland is beschouwd als een goede afspiegeling van het daadwerkelijk voorkomen. Dus soorten met weinig waarnemingen zijn daadwerkelijk zeldzaam.

Stap 2A: Selectie van vogelsoorten waarvan aanvaringsslachtoffers onder lokale vogels in de gebruiksfase van het windpark in het plangebied, voorzienbaar zijn.

2A.a – Input: Landelijke groslijst met 271 soorten (als resultaat van stap 1).

2A.b: Wegstrepen van soorten die de afgelopen 5 jaar niet of nauwelijks (gemiddeld ≤10 ex/jaar) in het plangebied aanwezig waren, omdat:

- het soorten betreft die geen binding hebben met het habitattype(n) dat in het plangebied voorkomt (bijvoorbeeld zeevogels die niet of zelden boven land aanwezig zijn), of;
- het soorten zijn die landelijk (zeer) schaars en verspreid voorkomen en hooguit incidenteel in het plangebied verblijven.

Soorten die in deze stap worden weggestreept, komen in zulke lage aantallen in het plangebied voor dat slachtoffers in het geplande windpark niet voorzienbaar zijn.

2A.c: Wegstrepen van soorten die in het plangebied voorkomen, maar waarvan de kans op aanvaring zeer klein is, omdat:

- het soorten zijn die (in de broedtijd) sterk aan een specifiek habitat gebonden zijn en niet op risicovolle hoogte rondvliegen, of:
- het soorten zijn die buiten de broedtijd weinig risicovolle vlieg-bewegingen in relatie tot windparken kennen (bijvoorbeeld soorten die vrijwel uitsluitend op lage hoogte, onder het bereik van de rotoren, vliegen).

Voor soorten die in deze stap worden weggestreept, is de aanvaringskans dermate klein dat sterfte in het geplande windpark niet voorzienbaar is.

Resultaat van stap 2A is een lijst met **15** soorten waarvan sterfte onder *lokale* vogels (bijvoorbeeld broedvogels of wintervogels) gedurende de gebruiksfase van het geplande windpark voorzienbaar is.

Stap 2B: Selectie van vogelsoorten waarvan aanvaringsslachtoffers onder vogels op seizoenstrek in de gebruiksfase van het windpark in het plangebied voorzienbaar zijn.

Van de vogels die in het voorjaar en najaar over Nederland trekken, is in grote lijnen bekend welke routes ze volgen. Sommige vogels trekken in een breed front over ons land, andere soorten volgen vooral de kust of vliegen juist vooral over het oosten van ons land. Ook bestaat voor de meeste soorten een grof idee van de aantallen vogels die jaarlijks over ons land trekken. Voor sommige soorten gaat het om maximaal enkele honderden exemplaren, maar voor andere soorten kan het om miljoenen vogels gaan. Om de aanpak binnen deze selectiestap verder te standaardiseren is Nederland opgedeeld in vier regio's (figuur B1). Voor ieder van deze regio's is volgens onderstaand selectiecriterium (2B.b) bepaald van welke soorten bij exploitatie van een windpark in deze regio in de gebruiksfase van het windpark sterfte onder trekvogels voorzienbaar is. Om te bepalen hoeveel exemplaren van een soort gemiddeld per jaar over de verschillende regio's vliegen is gebruik gemaakt van

het boek 'Vogeltrek over Nederland' (LWVT/SOVON 2002), aangevuld met informatie van trektellen.nl (telposten voor de dagtrek en ringstations voor de nachttrek).

2B.a – Input Landelijke groslijst (zie resultaat stap 1).

2B.b Wegstrepen van soorten die de afgelopen 5 jaar niet of slechts in kleine aantallen (gemiddeld ≤1000 ex/jaar) op seizoenstrek over de desbetreffende regio gevlogen zijn, omdat:

- het soorten zijn die überhaupt niet of nauwelijks (over Nederland) trekken, of;
- het soorten zijn die hoofdzakelijk over andere delen van Nederland trekken (zie figuur 1).

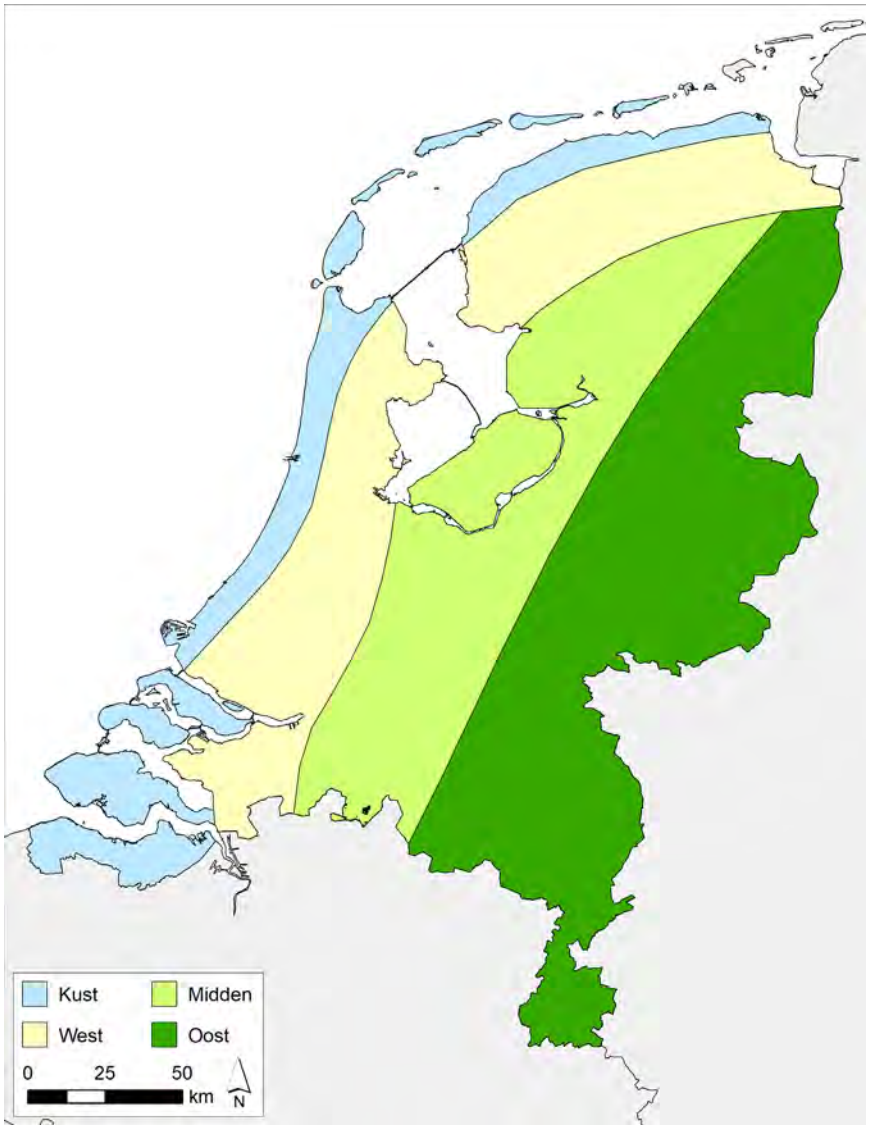
Soorten die in deze stap worden weggestreept trekken in zulke lage aantallen over de regio waarin het plangebied ligt dat slachtoffers in het geplande windpark niet voorzienbaar zijn.

Het resultaat van stap 2B is een lijst met **126** soorten waarvan sterfte onder vogels op seizoenstrek gedurende de gebruiksfase van het geplande windpark in een bepaalde regio voorzienbaar is.

Inschatten van de sterfte

Voor iedere soort op de lijst wordt voor alle populaties waarvan sterfte van de desbetreffende soort wordt voorzien, een inschatting gemaakt van de omvang van de jaarlijkse sterfte in het windpark. In sommige gevallen zal voor één soort dus meerdere malen een inschatting gemaakt worden van de sterfte in het windpark om de effectbepaling op de relevante populatie te kunnen verrichten. Voor een windpark in agrarisch gebied zou voor bijvoorbeeld de kievit sterfte voorzienbaar kunnen zijn voor lokale broedvogels, voor lokaal overwinterende vogels en voor vogels op seizoenstrek. In dat geval wordt voor de kievit voor alle drie de populaties waarvan slachtoffers voorzien worden een inschatting van de jaarlijkse sterfte gemaakt; waarbij het totaal aantal slachtoffers op jaarbasis over deze drie groepen wordt verdeeld.

Om eenduidigheid in de ontheffingsaanvragen te waarborgen, wordt de voorziene sterfte ingeschat in de volgende klassen: <1, 1-2, 3-6, 7-15, 16-50, 51-100, 101-300, >300 ex/jaar. Deze getallen betreffen de sterfte in het gehele windpark per hiervoor genoemde relevante populatie van die soort per jaar. Voor sommige soorten zijn resultaten van modelberekeningen van de aantallen slachtoffers beschikbaar (zie hoofdstuk 8 en 10 in de natuurtoets). Deze resultaten zijn dan hier overgenomen. Voor het inschatten van de omvang van de sterfte is de talrijkheid en verspreiding van de soort in het plangebied van belang, evenals de functie die het plangebied voor de soort vervult. Daarnaast spelen ook de omvang, configuratie en locatie van het windpark een rol.



Figuur B1 *Indeling van Nederland in vier regio's: Kust, West, Midden en Oost. Voor iedere regio is aan de hand van selectiestap 2B een standaardlijst samengesteld met vogelsoorten waarvan sterfte in een windpark in de desbetreffende regio's onder trekkende exemplaren van die soort voorzienbaar is, omdat de soort in voldoende hoge aantallen over de regio trekt.*

Soortenlijst voor de ontheffingsaanvraag

Als uitgangspunt voor voorzienbare sterfte is hier gehanteerd als gedurende de looptijd van het project (gebruiksfase van het windpark) het optreden van één of meer slachtoffers van een soort niet met zekerheid kan worden uitgesloten. Dit betreft de gehele soortenlijst resulterend uit selectiestappen 1, 2A en 2B, inclusief de soorten waarvoor <1 slachtoffer per jaar wordt voorzien.

Vaststellen van de betrokken populatie(s)

Voor de soorten op de lijst resulterend uit stap 2B (vogels op seizoenstrek) wordt de voorziene sterfte getoetst aan de omvang van de zogenoemde *flyway*-populatie. Dit betreft de populatie waartoe de vogels behoren die over Nederland trekken. Voor veel soorten is de precieze omvang van deze flyway-populatie niet bekend. In dat geval wordt een inschatting gemaakt van de minimale omvang van deze populatie, zodat met zekerheid een worst-case-scenario wordt getoetst (omdat een bepaalde sterfte voor een kleine populatie een groter effect heeft dan voor een grote populatie).

Voor de soortenlijst als resultaat van stap 2A (lokale vogels) wordt nader bepaald aan welke populatie de voorzienbare sterfte getoetst dient te worden. Dit kan bijvoorbeeld de broedpopulatie zijn, maar ook de populatie overwinterende vogels of vogels die zich in de nazomer voorbereiden op de trek (beide laatstgenoemden vallen in de categorie niet-broedvogels). Voor sommige soorten kan in de loop van een jaar ook sprake zijn van sterfte onder vogels uit twee populaties (bijvoorbeeld de broedpopulatie en de winterpopulatie). Per soort wordt beoordeeld of er sprake is van een geïsoleerde, duidelijk te begrenzen lokale (broed)populatie. Wanneer dat niet het geval is wordt de sterfte getoetst aan de landelijke populatie.

Toetsen van het effect op de GSI

1%-mortaliteitsnorm

Voor alle soorten (en alle betrokken populaties per soort) dient vervolgens het effect van de voorzienbare sterfte op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de betrokken populatie getoetst te worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de 1%-mortaliteitsnorm, wat gelijk staat aan 1% van de jaarlijkse sterfte van de betrokken populatie. Deze 1%-mortaliteitsnorm wordt toegepast als een eerste 'grove zeef' (Steunpunt Natura 2000, 2010). Wanneer de voorziene sterfte onder deze 1%-mortaliteitsnorm blijft kan een effect op de GSI van de betrokken populatie met zekerheid uitgesloten worden. De ABRS acht dit een acceptabele werkwijze[2]. Wanneer de voorziene sterfte de 1%-mortaliteitsnorm overschrijdt is er niet per definitie sprake van een effect op de GSI van de betrokken populatie, maar dient het effect wel nader beschouwd te worden.

De 1%-mortaliteitsnorm wordt als volgt berekend:
1%-mortaliteitsnorm (# vogels) = (jaarlijkse sterfte * omvang van de te toetsen populatie) * 0,01

Voor informatie over de jaarlijkse sterfte per soort wordt gebruik gemaakt van de website van de BTO (http://www.bto.org/about-birds/birdfacts), of van resultaten uit soort-specifiek onderzoek vastgelegd in (wetenschappelijke) artikelen of rapporten. In de berekeningen wordt de sterfte van adulte vogels gebruikt, omdat hier meer over bekend is en omdat deze sterfte lager is dan die van juveniele vogels. Hierdoor valt de 1%-mortaliteitsnorm lager uit waardoor met zekerheid een worst-case-scenario wordt getoetst. Voor soorten waarvoor geen gegevens met betrekking tot de jaarlijkse sterfte beschikbaar zijn, wordt gebruik gemaakt van de gegevens van een (sterk) gelijkende soort.

[2] Zie o.a. uitspraken ABRS van 1 april 2009 in zaaknr. 200801465/1/R2, van 29 december 2010 in zaaknr. 200908100/1, van 8 februari 2012 in zaaknr. 201100875/1/R2 en van 11 juli 2018 in zaaknr. 201608248/1/R6.

Informatie over de omvang van de flyway-populaties is voor de watervogels afgeleid van de Waterbird Population Estimates uit 2012 (WPE5 zoals gepresenteerd op wpe.wetlands.org) en voor de overige soorten (voornamelijk roofvogels en zangvogels) uit het boek *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status* (Birdlife International 2004). De omvang van de landelijke (broed)vogelpopulaties is afgeleid uit de Vogelatlas (Sovon 2018) of van recentere tellingen uitgevoerd in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM; afgeleid van www.sovon.nl). Voor de omvang van een broedpopulatie wordt het aantal broedparen met twee vermenigvuldigd. Ook dit is weer een worst-case-scenario omdat op die manier geen rekening wordt gehouden met de jonge en/of niet-broedende vogels in een populatie. Voor enkele meeuwen- en sternsoorten is de sterfte in de broedtijd getoetst aan de regionale broedpopulatie (Deltapopulatie).

Aanvaringsslachtoffers Windpark Tweede Maasvlakte en effect op GSI

Lokale vogels

Onder **15 lokale vogelsoorten** (stap 2A) worden gedurende de looptijd van het project één of meer slachtoffers voorzien in de gebruiksfase van Windpark Tweede Maasvlakte. Voor een selectie van deze soorten, waarvan bekend is dat ze een binding hebben met het plangebied, is voor het voorkeursalternatief (VKA) een ordegrootte van het jaarlijks aantal aanvaringsslachtoffers berekend met behulp van het Flux-Collision Model (hier wordt een range gepresenteerd gebaseerd op een ondergrens en bovengrens van het VKA, zie inleiding). Voor de meeuwen komt dit per soort uit op een tiental tot maximaal 20 slachtoffers op jaarbasis in het gehele windpark (Tabel B1 en B2). Voor sterns betreft de sterfte hooguit enkele exemplaren per soort op jaarbasis. Voor alle soorten blijft de sterfte onder de 1%-mortaliteitsnorm (getoetst aan de relevante populatie). Daarnaast zijn op basis van verspreidingsgegevens, gebiedskenmerken en deskundigenoordeel inschattingen gemaakt van de additionele sterfte onder andere soorten lokale vogels (tabel B2). Voor al deze soorten is de sterfte als incidenteel bepaald (<1 slachtoffer per jaar in het gehele windpark) en blijft dit zodoende onder de 1%-mortaliteitsnorm (getoetst aan landelijke (broed)populatie).

Dit betekent dat voor alle lokale soorten met binding met het plangebied geldt dat de sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de desbetreffende populatie (mogelijke cumulerende effecten worden verderop in deze notitie behandeld).

Tabel B1 *Berekend aantal aanvaringsslachtoffers per jaar voor het VKA van Windpark Tweede Maasvlakte, voor een selectie van lokale soorten met de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm van de relevante populatie: 1. Deltapopulatie (Arts et al. in serie), 2. Broedpopulatie Nederland (Sovon.nl), 3. Niet-broedvogel populatie Nederland (Sovon.nl). Voor 1%-mortaliteitsnorm broedpopulatie zijn aantallen broedparen vermenigvuldigd met 2 om het aantal individuen te verkrijgen. Berekeningen zijn uitgevoerd met het Flux-Collision Model. Br = broedvogel, NBr = niet-broedvogel.*

Soort	Br/NBr?	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in VKA / Jaar
Aalscholver	Br	41.200[2]	49	2,5 - 3,1
Aalscholver	NBr	33.500[3]	40	1,9 - 2,4
Grote stern	Br	12.266[1]	12,5	1,0 - 1,8
Visdief	Br	10.359[1]	10,6	2,5 - 2,8
Dwergstern	Br	1.008[1]	1	0,1 - 0,1
Kleine mantelmeeuw	Br	83.708[1]	73	8 - 12
Zilvermeeuw	Br	31.156[1]	37	11 - 20

Tabel B2 *Voorziene sterfte (schatting) onder overige lokale vogelsoorten volgens stap 2A (aantal exemplaren per jaar) in de gebruiksfase van Windpark Tweede Maasvlakte met de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm van de totale landelijke populatie (Sovon.nl). Voor 1%-mortaliteitsnorm broedpopulatie zijn aantallen broedparen vermenigvuldigd met 2 om het aantal individuen te verkrijgen. Br = broedvogel, NBr = niet-broedvogel.*

Soort	Br / NBr?	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in VKA / jaar
Bergeend	NBr	87.500	100	<1
Buizerd	Nbr	40.000	40	<1
Fuut	NBr	22.500	56	<1
Kokmeeuw	Br	210.500	211	<1
Kokmeeuw	NBr	400.000	400	<1
Krakeend	NBr	65.500	183	<1
Scholekster	Br	78.800	94	<1
Scholekster	NBr	180.000	216	<1
Stormmeeuw	Br	7.650	11	<1
Stormmeeuw	NBr	390.00	546	<1
Torenvalk	Br	4.500	14	<1
Wilde eend	NBr	700.000	2.611	<1
Zilvermeeuw	NBr	115.000	138	<1

Seizoenstrek

Onder **126 soorten** trekvogels (stap 2B) worden gedurende de looptijd van het project één of meer slachtoffers voorzien in de gebruiksfase van Windpark Tweede Maasvlakte (tabel B3). Deze vogels passeren het plangebied tijdens seizoenstrek en hebben geen binding met (de omgeving van) het plangebied. Voor het merendeel van de soorten wordt slechts incidenteel of enkele slachtoffers op jaarbasis voorzien in het gehele windpark. Na toetsing van de sterfte van deze soorten aan de relevante flyway-populaties blijkt dat voor geen van de soorten sprake is van voorzienbare sterfte die de 1%-mortaliteitsnorm overschrijdt (tabel

B3). Dit betekent dat voor alle soorten op seizoenstrek geldt dat de sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de desbetreffende populatie.

Tabel B3 Voorzienbare sterfte onder 126 soorten op seizoenstrek (stap 2B) voor Windpark Tweede Maasvlakte, getoetst aan de 1%-mortaliteitsnorm voor alle relevante soorten (minimale populatiegrootte: [1]Wetlands International 2012, [2] Birdlife International 2004,[3] Sovon.nl, geschat maximale doortrek).

Soort	Populatie-grootte (in ex.)	1%-mortaliteits-norm	Voorzien aantal slachtoffers Jaarlijks
Rotgans	200.000[1]	200	<1
Brandgans	770.000[1]	693	1-2
Grote Canadese Gans	52.100[3]	144	<1
Grauwe Gans	610.000[1]	1.037	1-2
Toendrarietgans	160.000[3]	274	<1
Kleine Rietgans	63.000[1]	108	<1
Kolgans	1.200.000[1]	3.312	1-2
Eider	976.000[1]	1.757	<1
Grote Zee-eend	450.000[1]	720	<1
Zwarte Zee-eend	550.000[1]	1.194	<1
Middelste Zaagbek	170.000[1]	306	<1
Bergeend	300.000[1]	342	<1
Topper	310.000[1]	1.612	<1
Slobeend	40.000[1]	168	<1
Smient	1.500.000[1]	7.050	1-2
Wilde Eend	4.500.000[1]	16.785	3-6
Pijlstaart	60.000 [1]	202	<1
Wintertaling	500.000[1]	2.350	<1
Fuut	290.000[1]	725	1-2
Houtduif	1.000.000[2]	3.930	3-6
Gierzwaluw	1.000.000[2]	1.920	3-6
Koekoek	1.000.000[2]	3.250	<1
Waterral	100.000[1]	500	1-2
Waterhoen	2.700.000[1]	10.179	3-6
Meerkoet	1.750.000[1]	5.233	3-6
Roodkeelduiker	150.000[1]	240	<1
Blauwe Reiger	263.000[1]	705	1-2
Lepelaar	11.300[1]	19	<1
Jan-van-gent	500.000[2]	405	<1
Aalscholver	120.000[1]	144	1-2
Scholekster	820.000[1]	984	3-6
Kluut	73.000[1]	161	<1
Zilverplevier	250.000[1]	350	1-2
Goudplevier	500.000[1]	1.350	7-15

Soort	Populatie-grootte (in ex.)	1%-mortaliteits-norm	Voorzien aantal slachtoffers Jaarlijks
Bontbekplevier	73.000[1]	166	<1
Kievit	5.500.000[1]	16.225	1-2
Regenwulp	190.000[1]	209	<1
Wulp	700.000[1]	1.848	1-2
Grutto	160.000[1]	96	<1
Rosse Grutto	120.000[1]	342	<1
Steenloper	100.000[1]	140	<1
Kanoet	450.000[1]	716	<1
Kemphaan	1.000.000[1]	4.760	<1
Drieteenstrandloper	120.000[1]	204	<1
Bonte Strandloper	1.330.000[1]	3.458	1-2
Oeverloper	1.500.000[1]	2.340	1-2
Witgat	1.000.000[1]	1.560	<1
Zwarte Ruiter	60.000[1]	156	<1
Groenpootruiter	190.000[1]	494	<1
Tureluur	200.000[1]	520	1-2
Houtsnip	10.000.000[1]	39.000	1-2
Watersnip	2.500.000[1]	9.750	1-2
Drieteenmeeuw	6.600.000[1]	7.788	1-2
Kokmeeuw	3.700.000[1]	3.700	7-15
Dwergmeeuw	72.000[1]	72	<1
Zwartkopmeeuw	50.000[1]	80	<1
Stormmeeuw	1.200.000[1]	1.680	3-6
Kleine Mantelmeeuw	325.000[1]	283	1-2
Zilvermeeuw	1.300.000[1]	1.560	7-15
Grote Mantelmeeuw	330.000[1]	231	<1
Zwarte Stern	500.000[1]	755	1-2
Visdief	640.000[1]	640	1-2
Noordse Stern	1.000.000[1]	1.000	1-2
Grote Stern	166.000[1]	169	<1
Bruine Kiekendief	100.000[2]	260	<1
Sperwer	500.000[2]	1.550	1-2
Torenvalk	100.000[2]	310	1-2
Kauw	1.000.000[2]	3.060	1-2
Zwarte Kraai	1.000.000[2]	4.800	1-2
Goudhaan	1.000.000[2]	8.510	7-15
Vuurgoudhaan	1.000.000[2]	8.510	3-6
Pimpelmees	1.000.000[2]	4.680	3-6
Koolmees	1.000.000[2]	4.580	3-6
Boomleeuwerik	500.000[2]	2.000	<1
Veldleeuwerik	1.000.000[2]	4.870	1-2
Oeverzwaluw	1.000.000[2]	7.000	1-2

Soort	Populatie-grootte (in ex.)	1%-mortaliteits-norm	Voorzien aantal slachtoffers Jaarlijks
Boerenzwaluw	1.000.000[2]	6.260	3-6
Huiszwaluw	1.000.000[2]	5.900	1-2
Tjiftjaf	1.000.000[2]	6.940	7-15
Fitis	1.000.000[2]	5.400	7-15
Zwartkop	1.000.000[2]	5.640	7-15
Tuinfluiter	1.000.000[2]	5.000	3-6
Braamsluiper	1.000.000[2]	6.710	1-2
Grasmus	1.000.000[2]	6.090	1-2
Sprinkhaanzanger	1.000.000[2]	5.300	<1
Spotvogel	1.000.000[2]	5.000	<1
Bosrietzanger	1.000.000[2]	5.300	1-2
Kleine Karekiet	1.000.000[2]	5.300	3-6
Rietzanger	1.000.000[2]	7.760	1-2
Winterkoning	1.000.000[2]	6.810	<1
Spreeuw	1.000.000[2]	3.130	7-15
Beflijster	100.000[2]	580	<1
Merel	1.000.000[2]	3.500	16-50
Kramsvogel	1.000.000[2]	5.900	16-50
Zanglijster	1.000.000[2]	4.370	16-50
Koperwiek	1.000.000[2]	5.700	16-50
Grote Lijster	1.000.000[2]	3.790	1-2
Grauwe Vliegenvanger	1.000.000[2]	5.070	<1
Roodborst	1.000.000[2]	5.810	7-15
Nachtegaal	1.000.000[2]	5.370	<1
Blauwborst	1.000.000[2]	3.400	<1
Bonte Vliegenvanger	1.000.000[2]	5.300	<1
Gekraagde Roodstaart	1.000.000[2]	6.200	<1
Paapje	1.000.000[2]	5.300	<1
Roodborsttapuit	1.000.000[2]	6.810	<1
Tapuit	1.000.000[2]	5.400	1-2
Heggenmus	1.000.000[2]	5.270	1-2
Ringmus	1.000.000[2]	5.670	1-2
Gele Kwikstaart	1.000.000[2]	4.670	1-2
Noordse Kwikstaart	500.000[2]	2.335	<1
Grote Gele Kwikstaart	100.000[2]	467	<1
Witte Kwikstaart	1.000.000[2]	5.150	1-2
Boompieper	1.000.000[2]	5.800	<1
Graspieper	1.000.000[2]	4.570	1-2
Oeverpieper	100.000[2]	457	<1
Waterpieper	100.000[2]	457	<1
Keep	1.000.000[2]	4.110	1-2
Vink	1.000.000[2]	4.110	7-15

Soort	Populatie-grootte (in ex.)	1%-mortaliteits-norm	Voorzien aantal slachtoffers Jaarlijks
Groenling	1.000.000[2]	5.570	1-2
Kneu	1.000.000[2]	6.290	1-2
Grote Barmsijs	1.000.000[2]	5.750	1-2
Kruisbek	1.000.000[2]	5.370	1-2
Putter	1.000.000[2]	6.290	1-2
Sijs	1.000.000[2]	5.390	1-2
Sneeuwgors	100.000[2]	370	<1
Rietgors	1.000.000[2]	4.580	1-2

Cumulatie

Anders dan het beschermingsregime onder de Wnb gebiedenbescherming, kent het beschermingsregime onder de Wnb soortenbescherming geen verplichting om seperaat cumulatie van een project met andere projecten inzichtelijk te maken. De Afdeling bestuursrechtspraak heeft namelijk geoordeeld dat mogelijke cumulatieve effecten deel uitmaken van de staat van instandhouding van een soort. Dit volgt uit de begripsbepaling voor de staat van instandhouding in artikel 1.1 Wnb. Voor deze staat van instandhouding moet het effect van de som van de invloeden die op de betrokken soort inwerken en op lange termijn een verandering kunnen bewerkstelligen in de verspreiding en de grootte van de populaties van die soort op het grondgebied, bedoeld in artikel 2 van de Habitatrichtlijn, worden vastgesteld. Gelet op deze begripsbepaling maken mogelijke cumulatieve effecten deel uit van de staat van instandhouding en worden in die zin bij het verlenen van een ontheffing betrokken. Aan de hand van het effect van de aangevraagde activiteit op de staat van instandhouding moet worden bepaald of ontheffing kan worden verleend.[3] Voor Windpark Tweede Maasvlakte is hiervoor geconcludeerd dat de sterfte veroorzaakt door het windpark op zichzelf gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de desbetreffende populatie.

Volledigheidshalve is toch een expliciete cumulatiestudie uitgevoerd. Daarbij is gekeken naar projecten binnen de Delta waarvoor een ontheffing in het kader van de toenmalige Flora- en faunawet of huidige Wnb is verleend èn die na 2015 (of nog niet) gerealiseerd zijn[4] èn die ook zorgen voor sterfte van de **aalscholver**, **grote stern**, **visdief**, **kleine mantelmeeuw** of **zilvermeeuw**. Voor overige lokale soorten (zie tabel B1 en B2) en voor vogels op seizoenstrek (tabel B3) is de sterfte incidenteel en/of valt ruim onder de 1%-

[3] ABRvS 29 april 2020, ECLI:NL:RVS:2020:1160, ov. 16.2.
[4] Let op dat hierbij ook windparken worden betrokken die al een paar jaar in gebruik zijn (na 2015). De sterfte in deze windparken is mogelijk nog niet of maar ten dele in de te toetsen populatie (uit 2014 t/m 2018) verdisconteerd, zodat de sterfte in deze windparken in onderhavige studie voorzichtigheidshalve volledig is meegenomen. Hiermee vindt mogelijk een overschatting van het effect van de cumulatieve sterfte plaats, voor zover de sterfte van deze windparken wel al deels of geheel in de populatie is verdisconteerd. Deze sterfte wordt dan tweemaal meegenomen in de effectbeoordeling, namelijk eerst bij de bepaling van de populatie en daarna in de cumulatieve aantallen slachtoffers.

mortaliteitsnorm van de betreffende soorten. Voor deze soorten is geen cumulatiestudie uitgevoerd.[5]

Er zijn ons geen projecten bekend waarvoor een Wnb-ontheffing is afgegeven, die nog niet (volledig) zijn gerealiseerd én die leiden tot sterfte van de **aalscholver** of **grote stern**. Er zijn in de nabijheid van de Voordelta (waar vliegbewegingen van voornoemde soorten plaatsvinden) drie windparken die sinds 2015 onder de toenmalige Natuurbeschermingswet 1998 of Wnb vergund zijn en nog niet (geheel) gerealiseerd zijn. Dit gaat om Windpark Bouwdokken (Neeltje Jans), Windpark Slufterdam en Windpark Noord-Beveland. In de passende beoordeling/oriëntatiefase van deze windparken in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 of Wnb is aangegeven dat geen sterfte plaatsvindt van aalscholver of grote stern (Hartman & Prinsen 2013 voor Windpark Slufter; Baptist 2010 en Lensink & Verbeek 2015 voor Windpark Bouwdokken; Verbeek & Kleyheeg-Hartman 2015 voor Windpark Noord-Beveland). Cumulatie met deze drie windparken voegt daarom niets toe aan de voorspelde sterfte van aalscholver of grote stern in het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Ook in cumulatie zijn effecten op de GSI van de betrokken populaties van aalscholver (zowel broedvogel als niet-broedvogel) en grote stern (broedvogel) met zekerheid uitgesloten.

Voor de **visdief** is uitsluitend voor Windpark Slufter sterfte berekend van circa 8 tot 10 aanvaringsslachtoffers (Smits *et al*. 2014a). Een berekening van het aantal slachtoffers op basis van de eigenschappen van het windpark zoals dat recent is gerealiseerd, komt op 9 slachtoffers per jaar. Voor Windpark Bouwdokken bedraagt dit ruim minder dan 1 slachtoffer op jaarbasis (Lensink & Verbeek 2015). Er zijn ons geen andere projecten bekend waarvoor een Wnb-ontheffing is afgegeven, die na 2015 of nog niet (volledig) zijn gerealiseerd én die ook leiden tot jaarlijkse sterfte van de visdief. Het cumulatieve effect voor de visdief bedraagt derhalve 11-12 aanvaringsslachtoffers per jaar. Dit is net boven de 1%-mortaliteitsnorm (11 exemplaren), gebaseerd op huidige populatiecijfers van de Deltapopulatie (tabel B1). Een dergelijk cumulatief aantal aanvaringsslachtoffers is derhalve niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen en is mogelijk van invloed op behoud van de omvang van de Deltapopulatie. Nader onderzoek met behulp van een populatiemodel (cf Potiek 2019, maar met een geactualiseerde populatieomvang van 5.180 broedparen) laat zien dat een dergelijke cumulatieve sterfte de GSI van de Deltapopulatie niet in gevaar brengt. Voor de visdief zijn de uitkomsten van het scenario zonder voornoemde windparken en het scenario met geschatte extra sterfte in de windparken sterk vergelijkbaar. De kans op een 10% afname binnen 30 jaar is voor visdief in beide scenario's 49%. De cumulatieve additionele sterfte in windparken resulteert in een hooguit 1,5% lagere populatieomvang in 30 jaar tijd in vergelijking tot de situatie zonder deze windparken. Dit geeft aan dat de voorspelde cumulatieve sterfte in windparken in de Delta niet leidt tot een wezenlijk effect op de populatietrend in de komende 30 jaar en daarmee geen verslechtering van de staat van instandhouding optreedt.

[5] Vergelijk hierbij ook ABRvS 29 januari 2020, ECLI:NL:RVS:2020:301, ov. 58, waarin de Afdeling heeft geoordeeld dat bij sterfte die ver onder de grens van de 1%-mortaliteitsnorm ligt uitgesloten kan worden geacht dat de sterfte in combinatie met andere windparken tot een verslechtering van de staat van instandhouding kan leiden.

Voor de **kleine mantelmeeuw** en **zilvermeeuw** zijn voor een twintigtal windparken in de Delta in de bijbehorende natuurtoetsen aanvaringsslachtoffers berekend (tabel B4). Hoe het cumulatieve aantal slachtoffers precies uitpakt is afhankelijk van het gehanteerde aantal voor ieder windpark (optelsom van bijvoorbeeld minimum- of maximumwaarden). Ongeacht de wijze van cumuleren, laat tabel B4 zien dat de 1%-mortaliteitsnorm in ieder scenario van cumuleren voor zowel zilvermeeuw als kleine mantelmeeuw ruimschoots wordt overschreden. De 1%-mortaliteitsnorm wordt overigens al cumulatief overschreden door voornoemde windparken zonder rekening te houden met de sterfte in Windpark MV2.

In de optelling van de aantallen slachtoffers in tabel B4 is geen rekening gehouden met het feit dat voor sommige windparken sprake is van opschaling (ook wel *repowering* genoemd). Voorbeelden hiervan zijn Windpark Slufter en Windpark Landtong Rozenburg; dergelijke windparken zijn al lange(re) tijd aanwezig, maar de bestaande windturbines zijn vervangen door nieuwe windturbines. In de optelling van het aantal slachtoffers is voor deze windparken het totaal aantal slachtoffers in de nieuwe situatie (na opschaling) gehanteerd. In deze windparken was in de situatie voor opschaling echter ook al sprake van sterfte, waarvan (zo mogen we aannemen) het effect reeds zijn uitwerking heeft gehad op de staat van instandhouding van de betrokken populaties. Door in de optelling in tabel B4 voor deze windparken met het totale aantal slachtoffers in de nieuwe situatie te rekenen, zonder rekening te houden met zogenaamde saldering, is de cumulatieve additionele sterfte overschat en is een (zeer) worst case inschatting gegeven van de cumulatieve effecten. Daarom is in de beoordeling zowel het berekende minimale als maximale cumulatieve aantal slachtoffers in beschouwing genomen. De werkelijke additionele sterfte zal voor beide soorten (met saldering) ergens binnen deze range liggen.

Gesteld kan worden dat de bijdrage van de additionele sterfte in Windpark MV2 relatief gering is (c. 7% van de totale cumulatieve sterfte voor kleine mantelmeeuw en c. 12% voor zilvermeeuw). Gezien de overschrijding van de 1%-mortaliteitsnormen dient echter geconcludeerd te worden dat het cumulatief aantal aanvaringsslachtoffers onder kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw niet op voorhand als een kleine hoeveelheid is te beschouwen en mogelijk van invloed is op de GSI van de Deltapopulatie. Daarom is nader onderzoek uitgevoerd met behulp van een populatiemodel (cf Potiek 2019, maar met een geactualiseerde populatieomvang en cumulatieve sterftecijfers, zie tabel B1 respectievelijk B4).

Tabel B4 *Aantal aanvaringsslachtoffers voor kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw bij recent (>2015) gerealiseerde of vergunde windparken in het Deltagebied en hoogspanningsverbinding ZW380. * Uit het berekend aantal slachtoffers in Gyimesi et al. (2018) is een selectie gemaakt van slachtoffers in de broedtijd. Aangenomen is dat 90% van deze slachtoffers vogels betreft uit broedkolonies in de Delta (zowel broedende adulten en subadulte 'loafers').*

Windpark	**kleine mantel-meeuw**	**zilver-meeuw**	**bron**
Buitencontour (Tweede Maasvlakte)	8-12	11-20	deze notitie
Slufter (Eerste Maasvlakte)	33	23	Smits *et al*. 2014a (herberekend)
Uniper (Eerste Maasvlakte)	3 - 10	3 - 10	Verbeek 2018a
SIF (Tweede Maasvlakte)	1 - 2	1 - 2	Verbeek 2018b
Landtong Rozenburg (Rotterdam)	2 - 12	4 - 15	Radstake & Prinsen 2018
Oeverwind (Vlaardingen)	0	0	Van der Vliet 2019
Nieuwe Waterweg	10	1	Arcadis 2014
Kroningswind (Goeree-Overflakkee)	3	<1	Radstake *et al*. 2018
Haringvliet (Goeree-Overflakkee)	1 - 2	1 - 2	Engels 2016
Piet de Wit (Goeree-Overflakkee)	<1	0	Van der Vliet & Boonman 2017
Oostflakkee (Goeree-Overflakkee)	2	1	Smits *et al*. 2016
Battenoord (Goeree-Overflakkee)	0	0	Prinsen *et al.* 2016a,b
Krammer (Tholen)	0	1 - 2	Baptist 2014
Spui (Hoeksche Waard)	0	<1	Van Straalen *et al.* 2016
Hogezandse Polder (Hoeksche Waard)	0	0	Bakker *et al*. 2015, Oosterbaan 2015
Westerse Polder (Hoeksche Waard)	3 - 10	3 - 10	Verbeek *et al.* 2015
Krabbegors (Dordrecht)	1 - 2	0	Verbeek 2016
Moerdijk industrieterrein	3 - 10	3 - 10	Jonkvorst 2017
A16 (Drimmelen)	3 - 10	3 - 10	Verbeek 2018c
Karolinapolder (Steenbergen)	1 - 2	0	Van der Vliet & Radstake 2018
Bouwdokken Neeltje Jans	3 - 9	8 - 27	Lensink & Verbeek 2015
Noord-Beveland	3 - 10	3 - 10	Van Vliet *et al*. 2015
Bernhardweg (Vlissingen)	0	0	Jonkvorst & Prinsen 2016
Sagro (Vlissingen)	1-2	1-2	Smits *et al*. 2014b
Offshore windpark Borssele*	26	13	Gyimesi *et al*. 2018 (herberekend)
Hoogspanningsverbinding ZW380	0	4	Arcadis 2015
cumulatief minimaal	107	84	
cumulatief maximaal	167	162	
1%-mortaliteitsnorm in de Delta (zie tabel B1)	73	37	

Voor de **kleine mantelmeeuw** zijn de uitkomsten van het scenario zonder voornoemde windparken en het scenario met geschatte extra sterfte in de windparken sterk vergelijkbaar. Uitgaande van een additionele cumulatieve sterfte van 167 kleine mantelmeeuwen per jaar (bovengrens), neemt de kans op een 10% afname binnen 30 jaar met slechts 1% toe van 54 naar 55%. De cumulatieve additionele sterfte in windparken resulteert in een hooguit 2,9% lagere populatieomvang in 30 jaar tijd in vergelijking tot de situatie zonder deze windparken. De kans dat de populatie in 30 jaar tijd afneemt is dus relatief groot, maar de relatieve invloed van de realisatie van windparken in de Delta (en zeker van alleen Windpark MV2) in deze mogelijke populatieafname is (zeer) beperkt. Daarbij blijft de populatie ook met de toevoeging van de cumulatieve effecten van de windparken over de periode van 30 jaar een levensvatbare component van de natuurlijke habitats waarin hij voorkomt. Dit geeft aan dat de voorspelde cumulatieve sterfte van kleine mantelmeeuwen in windparken in de Delta niet leidt tot een wezenlijk effect op de populatietrend in de komende 30 jaar. Een effect van de realisatie van Windpark MV2 op de GSI van de regionale broedpopulatie van de kleine mantelmeeuw is ook met inbegrip van cumulatie uitgesloten; de cumulatieve effecten van de windparken leiden niet tot verslechtering van de staat van instandhouding.

Voor de **zilvermeeuw** is de voorspelde impact op populatieniveau iets groter dan voor de kleine mantelmeeuw, maar in ordegrootte vergelijkbaar. De kans op een 10% afname binnen 30 jaar is in de huidige situatie met 70% al relatief hoog. Uitgaande van een additionele cumulatieve sterfte van 84-162 zilvermeeuwen per jaar neemt de kans op een 10% afname binnen 30 jaar met respectievelijk 1-2% toe naar 71-72% Als gevolg van deze extra sterfte is de mediane voorspelde populatiegrootte na 30 jaar met extra sterfte respectievelijk 3,3-6,5% lager dan in het scenario zonder extra windparken in de Delta. De kans dat de populatie in 30 jaar tijd afneemt is dus aanzienlijk, maar de relatieve invloed van de realisatie van windparken in de Delta (en zeker van alleen Windpark MV2) in deze mogelijke populatieafname is beperkt. Daarbij blijft de populatie ook met de toevoeging van de cumulatieve effecten van de windparken over der periode van 30 jaar een levensvatbare component van de natuurlijke habitats waarin hij voorkomt. Dit geeft aan dat de voorspelde cumulatieve sterfte van zilvermeeuw in windparken in de Delta niet leidt tot een wezenlijk effect op de populatietrend in de komende 30 jaar. Een effect van de realisatie van Windpark MV2 op de GSI van de regionale broedpopulatie van de zilvermeeuw is ook met inbegrip van cumulatie uitgesloten; de cumulatieve effecten van de windparken leiden niet tot verslechtering van de staat van instandhouding.

Conclusie

Voor Windpark Tweede Maasvlakte geldt dat voor de soorten op seizoenstrek sprake is van een voorzienbare sterfte die ruim beneden de 1%-mortaliteitsnorm ligt. Dit betekent dat voor alle 126 soorten geldt dat de additionele sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de betrokken flyway-populaties.

Voor de lokale soorten geldt ook dat de voorziene sterfte in Windpark Tweede Maasvlakte onder de 1%-mortaliteitsnorm blijft van de betrokken populaties. Dit betekent dat voor alle 15 lokale soorten, waarvoor sterfte in het windpark voorzienbaar is, geldt dat de additionele sterfte veroorzaakt door Windpark Tweede Maasvlakte gezien kan worden als een kleine hoeveelheid die niet zal leiden tot een negatief effect op de GSI van de betrokken populaties.

Ook wanneer rekening wordt gehouden met de cumulatie van sterfte in andere recent vergunde windparken in de Delta, blijkt de realisatie van Windpark MV2 niet te leiden tot een verslechterend effect op de GSI van de betrokken populaties.

Literatuur

Arcadis, 2015. Draadslachtofferonderzoek Flora- en faunawet Zuid-West 380 kV Borssele - Rilland (ZW380 West). Rapport met kenmerk 078022337:E. Arcadis, 's Hertogenbosch.

Arcadis, 2014. Aanvulling MER windpark Nieuwe Waterweg (trekvogels en kleine mantelmeeuw). Memo in project B02044.000181.0300.

Baptist, H., 2014. Windpark Krammer. Flora- en faunawet. Rapport 2013/14. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

Baptist, H., 2010. Natuureffect plaatsing windturbines Bouwdokken, Neeltje Jans. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

De Bakker, J., J. Dooper & S. Velthuijsen, 2015. Milieueffectrapport Windpark Hogezandse Polder. Omniplan en Bosch & Van Rijn, Utrecht.

Engels, B.W.R., 2016. Onderbouwing aanvraag Ffwet-ontheffing en resultaten veldonderzoek, windpark Haringvliet Goeree-Overflakkee. Notitie met kenmerk 14-927/16.04122/BasEn. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Gyimesi, A., J.W. de Jong, A. Potiek & E.L. Bravo Rebolledo, 2018. Actualisatie van KEC vogelaanvaring berekeningen volgens Routekaart 2030. Rapport 18-290, Rapport. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Gyimesi, A., J.C. Hartman, D. Beuker, L.S.A. Anema & H.A.M. Prinsen, 2013. Vliegbewegingen van kolonievogels bij (toekomstige) windparken op de Eerste en Tweede Maasvlakte. Veldonderzoek naar flux, vlieghoogtes en aanvaringsslachtoffers. Rapport 12-194. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Hartman, J.C., & H.A.M. Prinsen, 2013. Beoordeling effecten opschaling en uitbreiding Windpark Slufter. Oriëntatiefase Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 12-179. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Jonkvorst, R.J., 2017. Ecologische onderbouwing ontheffingsaanvraag Wnb Windpark Moerdijk. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Jonkvorst, R.J. & H.A.M. Prinsen, 2016. Effecten van windpark Bernhardweg, gemeente Middelburg, op beschermde soorten. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapportnr. 16-134. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Lensink R. & R.G. Verbeek, 2015. Windpark Bouwdokken en effecten op Natura 2000-gebieden; actualisatie van Passende Beoordeling in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 15-064. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Oosterbaan, J., 2015. Natuuronderzoek Flora- en faunawet en Natuurbeschermingswet t.b.v. realisatie Energiepark Hogezandse Polder te Numansdorp. GroenTeam.

Potiek, A., 2019. Populatiemodellen kleine mantelmeeuw, zilvermeeuw en visdief in de Delta. Analyse van de impact van aanvaringen met windturbines op populatietrends. Update november 2019. Rapport 19-121. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., R.R. Smits & M. Boonman, 2016a. Effecten op beschermde soorten van Windpark Blaakweg, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-227. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prinsen, H.A.M., R.R. Smits & M. Boonman, 2016b. Effecten op beschermde soorten van Windpark Suyderlandt, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-237. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Radstake, Y.N. & H.A.M. Prinsen, 2018. Natuurtoets Windpark Landtong Rozenburg. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-225. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Radstake, Y.N., R.E. Van der Vliet & H.A.M. Prinsen, 2018. Natuurtoets Windpark Kroningswind. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 17-128. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Smits, R.R., R. Lensink & K.D. van Straalen, 2016. Effecten op beschermde soorten van Windpark Oostflakkee, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-253. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Smits, R.R., D.E.H. Wansink J.C. Hartman & H.A.M. Prinsen, 2014a. Beoordeling effecten opschaling Windpark Slufter op beschermde soorten. Onderzoek effecten gebruiksfase in het kader van artikel 9 van de Flora- en faunawet. Rapport 13-118. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Smits, R.R., G.F.J. Smit & D. van Straalen, 2014b. Effecten beschermde soorten Windpark Sagro, gemeente Borsele. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 14-161. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van Straalen, K.D., R.G. Verbeek, M. Boonman & R. Lensink, 2016. Effecten op beschermde soorten windpark Spui, gemeente Korendijk. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet en achtergrond-informatie voor het MER. Rapport 13-210. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R.E., 2019. Aanvaringsslachtoffers vogels in Windpark Oeverwind. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R.E. & Y.N. Radstake, 2018. Natuurtoets Windpark Karolinapolder. Rapport 18-171. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Vliet, R.E. & M. Boonman, 2017. Natuurtoets Windpark Piet de Wit. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 17-105, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van Vliet, F., K.D. van Straalen & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2015. Effecten op beschermde soorten van Windpark Noord-Beveland. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-134. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2018a. Natuurtoets windturbines Uniper Maasvlakte. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-230. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2018b. Ecologische verkenning windenergie terrein SIF group, Tweede Maasvlakte. Bureau Waardenburg Rapport 18-110. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek R.G., 2018c. Onderbouwing aanvraag Wnb-ontheffing sterfte van vogels Windpark A16. Notitie. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2016. Effecten van windturbine Krabbegors, Dordrecht, op beschermde soorten. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Bureau Waardenburg Rapportn 16-131. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G. & R. Lensink, 2015. Effecten op beschermde gebieden windpark Hartelbrug II, Rotterdam. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-130. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., K.D. van Straalen & M. van de Valk, 2015. Natuurtoets Windpark Westerse Polder. Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-250. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bijlage 8 Wnb-ontheffing vleermuizen

Inleiding

In de *gebruiksfase* van het windpark kan sterfte optreden van vleermuizen als gevolg van aanvaringen met de draaiende rotorbladen Dit vormt een overtreding van artikel 3.5 lid 1 van de Wet natuurbescherming waarvoor ontheffing nodig is.

De jaarlijks voorspelde sterfte onder vleermuizen in Windpark Tweede Maasvlakte bedraagt circa 22 - 44 slachtoffers (zie hoofdstuk 11). Op basis van onderzoek in het nabijgelegen Windpark Slufter in 2015 (Boonman & Prinsen 2015) is het deskundigen-oordeel dat iets minder dan de helft van dit aantal slachtoffers (10- 19 exemplaren) de soort gewone dwergvleermuis zal betreffen, een derde (circa 7 - 14 exemplaren) de ruige dwergvleermuis en een kwart (circa 5 - 11 exemplaren) de rosse vleermuis. Voor andere vleermuissoorten wordt geen jaarlijkse sterfte voorzien, maar voor de soort laatvlieger is gedurende de looptijd van het windpark een enkele of enkele slachtoffers niet uitgesloten (incidentele sterfte: <1 slachtoffer per jaar in het gehele windpark). Gezien het uiterst geringe aantal slachtoffers op jaarbasis is een effect op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de betrokken populatie van laatvlieger op voorhand uitgesloten. Wij bevelen wel aan ook voor deze soort een ontheffing aan te vragen.

In deze bijlage wordt voor de vleermuissoorten waarvoor jaarlijks in Windpark Tweede Maasvlakte slachtoffers zijn voorzien, een onderbouwing gegeven of deze sterfte een effect heeft op de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de betrokken populaties.

Beoordeling effect op GSI

Methode

Het risico op aantallen slachtoffers in de gebruiksfase wordt getoetst aan de staat van instandhouding van de relevante vleermuissoorten.

De staat van instandhouding van een populatie wordt volgens de Habitatrichtlijn als gunstig beschouwd als:

- uit populatie dynamische gegevens blijkt dat de soort nog steeds een levensvatbare component is van de natuurlijke habitat waarin hij voorkomt, en dat vermoedelijk op langere termijn zal blijven, en
- het natuurlijk verspreidingsgebied van de soort niet kleiner wordt of binnen afzienbare tijd lijkt te zullen worden, en
- er een voldoende groot habitat bestaat en waarschijnlijk zal blijven bestaan om de populatie van de soort op lange termijn in stand te houden.

Voor de landelijke staat van instandhouding is gebruik gemaakt van het European Topic Centre on Biological Diversity[6] De rapportage geeft tevens de omvang van referentie-

[6] http://bd.eionet.europa.eu/article17/reports2012/.

populaties weer. Dit is te beschouwen als de minimale populatieomvang van een soort op basis van beschikbare gegevens en deskundigen oordeel. De lokale instandhouding is in de voorliggende rapportage gebaseerd op de landelijke referentiepopulatie. Bij de betreffende soorten (zie hieronder) is weergegeven hoe deze is bepaald.

Om een eerste indicatie te krijgen voor de effecten van sterfte op populaties wordt vaak het 1%-criterium gebruikt (zie hoofdstuk 5). In de voorliggende rapportage zijn de berekende/geschatte risico's gerelateerd aan de 'lokale populatie' en vergeleken 1% van de natuurlijke sterfte bij de lokale populatie.

Populaties
Het gaat in de Habitatrichtlijn en de Flora- en faunawet om de bescherming van de soort. De vraag is op welk niveau de staat van instandhouding bepaald of beoordeeld moet en kan worden, m.a.w. wat is de relevante populatie?

Het EU Gidsdocument over de toepassing van de Habitatrichtlijn (Europese Commissie 2007) stelt over de relevante populatie (voetnoot 17, p. 10):
""Population" is defined here as a group of individuals of the same species living in a geographic area at the same time that are (potentially) interbreeding (i.e. sharing a common gene pool)."

In voetnoot 34, p. 18 wordt dit nader gepreciseerd:
"Regarding the definition of 'population', a group of spatially separated populations of the same species which interact at some level (meta-populations) might be used as a biologically meaningful reference unit. This approach needs to be adapted to the species in question, taking account of its biology/ecology."

De vleermuizen die in het plangebied voorkomen, met uitzondering van de ruige dwergvleermuis, kennen in Nederland een populatiestructuur als volgt. Vrouwtjes vormen in de zomer kraamgroepen, variërend in grootte van enkele exemplaren tot vele honderden. In die groepen worden de jongen grootgebracht tot ze vliegvlug zijn. Kraamgroepen maken gedurende een jaar gebruik van verschillende verblijven, die kilometers uiteen kunnen liggen. In de nazomer vallen de kraamgroepen uiteen, waarna het paringsseizoen begint. De vrouwtjes blijven vaak in dezelfde kraamgroep, bij sommige soorten is dat het sterk het geval, bij andere veel minder (Dietz *et al*. 2011). De jonge mannetjes zwermen meer uit. De mannetjes zitten soms in hetzelfde leefgebied of op kleine afstand van de kraamgroepen. In het najaar bezetten de mannetjes van soorten territoria, waarin ze een paarverblijf hebben. Deze paarverblijven liggen soms in concentraties. Bij andere soorten wordt er vermoedelijk vooral gepaard in of bij zwermlocaties, die niet zelden ook dienstdoen als winterverblijf.

Zoals hierboven beschreven zijn vleermuispopulaties aldus netwerkpopulaties, waarbij lokale kraamgroepen meer of minder sterk verbonden zijn met andere kraamgroepen in het netwerk. Het is vaak niet goed mogelijk om daarin duidelijk grenzen te trekken. Binnen een netwerkpopulatie zijn er doorgaans delen waar meer (vliegvlugge) jongen geproduceerd worden dan nodig is voor de instandhouding (sources) en plekken waar er

minder jongen groot komen dan nodig om de groep in stand te houden (sinks). Dit wordt gecompenseerd door uitwisseling (emigratie/immigratie). Voor de genetische uitwisseling zijn vooral de concentraties van paarverblijven c.q. de zwermlocaties van belang. Dieren die dezelfde paargebieden delen, hebben een gemeenschappelijke genenpool. Het gebied van waaruit vleermuizen naar zo'n paargebied trekken (de "*catchment area*") is de kleinste geografische eenheid waarop een populatie zinvol gedefinieerd kan worden. Dit gebied kan aanzienlijk groter zijn dan dat van de lokale kraamgroep.

De soortenstandaarden voor de hier besproken vleermuizen geven aan dat voor het beoordelen van het effect op de gunstige staat van instandhouding uitgegaan moet worden van de lokale populatie. Zij geven tevens aan dat het zeer moeilijk te bepalen is in hoeverre de gunstige staat van instandhouding wordt aangetast (Ministerie van EZ 2014a, b, c). Populaties van vleermuizen zijn moeilijk te begrenzen. Soorten als gewone dwergvleermuis en rosse vleermuizen leven in netwerkpopulaties. De soortenstandaard van beide soorten gaat met name in op het beoordelen van effecten op de functionaliteit van voortplantingsplaatsen of vaste rust- of verblijfplaatsen.
De populatie van de ruige dwergvleermuis bestaat uit in ons land verblijvende mannetjes en daarnaast vrouwtjes die tijdelijk ons land binnen trekken. De soortenstandaard vermeldt dat het in veel gevallen effectiever is uit te gaan van een minimaal aantal dieren waaruit de lokale populatie kan bestaan en van daaruit te redeneren wat het effect is op de lokale populatie (Ministerie van EZ 2014c).
Deze laatste benadering lijkt ook geschikt om het effect van sterfte in het algemeen te beoordelen. Deze aanpak wordt daarom in deze bijlage voor alle drie de soorten toegepast.

De soortenstandaarden geven geen eenduidige indicatieve aantallen voor een populatie. Hieronder is daarom op basis van beschikbare literatuur voor relevante soorten beargumenteerd wat de omvang van de lokale populatie is voor het beoordelen van effecten op de gunstige staat van instandhouding.

Gewone dwergvleermuis
De gewone dwergvleermuis is in Nederland veruit de meest algemene vleermuissoort. De landelijke staat van instandhouding wordt als gunstige beschouwd. De omvang van de populatie wordt geschat op minimaal 300.000 dieren, maar is waarschijnlijk aanzienlijk groter[1].

Om inzicht te krijgen in het effect op de GSI van de lokale populatie van de gewone dwergvleermuis, moet er in beeld gebracht worden hoe groot de populatie van de gewone dwergvleermuis ter plekke is (Ministerie van EZ 2014a). Hieronder wordt de populatie op basis van literatuur (zie kader) ruimtelijk afgebakend op basis van een cirkelvormige *catchment area*.

Populatiestructuur

Zoals ook bij andere Europese vleermuizen het geval is, krijgen gewone dwergvleermuizen hun jongen in kraamgroepen van vrouwtjes. De kraamgroepen bestaan uit 50 tot meer dan 100, soms zelfs oplopend tot 250 vrouwtjes (Dietz *et al.* 2011). Simon *et al*. (2004) vonden gemiddeld 88 vrouwtjes per kraamgroep. Deze zijn in een netwerkstructuur met elkaar verbonden.

In voorliggende notitie wordt de lokale populatie op het niveau van massa-overwinteringsverblijven annex zwerm- en voortplantingsplaatsen beschouwd. Dit wordt als volgt onderbouwd. De lokale kraamgroepen zijn (genetisch) met elkaar verbonden door uitwisseling van vrouwtjes (Simon *et al*. 2004), dispersie van jonge dieren en door genetische uitwisseling in de overwinterings/paar-verblijven. Volgens ringonderzoek zijn de populaties in Midden-Europa gestructureerd rond grote overwinteringsverblijven. De dieren zijn afkomstig uit een gebied (de *catchment area*) tot circa 50 kilometer van deze verblijven (Dietz *et al*. 2011, Simon *et al*. 2004). Simon *et al*. (2004) vonden geen toename in de genetische verschillen tussen groepen gewone dwergvleermuizen tot op een afstand van ca. 40 kilometer (grotere afstanden werden niet onderzocht). Dat wijst erop dat tenminste op deze schaal er regelmatige genetische uitwisseling plaatsvindt, dus dat deze vleermuizen tot één lokale deelpopulatie moeten worden gerekend. Ook in Nederland zijn massa-overwinterings-verblijven bekend, o.a. in Utrecht, Fort Honswijk en Tilburg. Deze liggen hemelsbreed ca. 13 km en ca. 44 km uiteen. Daarom wordt aangenomen dat de hiervoor beschreven populatiestructuur ook in Nederland bestaat.

Hoe groot het gebied is waaruit de dieren samen komen (oftewel de lokale populatie volgens een netwerkstructuur, zie kader) is niet met zekerheid bekend, op basis van de huidige kennis betreft de bovengrens hiervan een cirkelvormig gebied met een straal van circa 50 km (zie kader). Afhankelijk van bijvoorbeeld de 'connectiviteit' van landschaps-elementen, waarlangs vleermuizen zich verplaatsen, zal dit echter in de ene richting vanuit een verblijfplaats groter of kleiner kunnen zijn dan in een andere richting, zodat gemiddeld sprake zal kunnen zijn van een kleinere afstand waarbinnen uitwisseling tussen verschillende verblijfplaatsen plaatsvindt. In open landschappen in Nederland, waar de connectiviteit tussen verschillende verblijfplaatsen mogelijk lager is dan in hiervoor genoemde voorbeelden uit Duitsland, zal het totale gebied kleiner kunnen zijn. Voorzichtigheidshalve hanteren wij daarom als ondergrens een cirkelvormig gebied met een straal van 30 km (tabel 1).

Bij de berekening wordt verder uitgegaan van de eerdergenoemde schatting van de Nederlandse populatiegrootte van minimaal 300.000 exemplaren. Dat komt overeen met een gemiddelde dichtheid van ca. 9 vleermuizen per vierkante kilometer (landoppervlak). Dit komt overeen met andere waarden uit de literatuur. De dichtheid van gewone dwergvleermuis is 8 adulten/km^2 in overwegend open terrein in het noorden van Engeland en Schotland (Speakman *et al.* 1991, Jones *et al*., 1991). Er is uitgegaan van een jaarlijkse natuurlijke sterfte van ca. 20% (Sendor & Simon 2003) ofwel ongeveer een vijfde. Om te bepalen of een effect op de populatie mogelijk zou kunnen zijn is tenslotte gebruik gemaakt van het 1%- mortaliteitscriterium. Dit is gebaseerd op de aanname dat bij een toename van minder dan 1% van de jaarlijkse natuurlijke sterfte, populatie-effecten zijn uitgesloten.

Tabel 1 *Inschatting van de bijdrage van extra sterfte van Windpark Tweede Maasvlakte aan de totale sterfte van de gewone dwergvleermuis, voor verschillende stralen r van de catchment area (in km) en een gemiddelde dichtheid van 9 vleermuizen km^2.*

	r = 30 km	r = 40 km	r = 50 km
Landoppervlak (km^2)	c. 950	c. 1.600	c. 2.700
Aantal gewone dwergvleermuizen	8.550	14.400	24.300
Jaarlijkse sterfte (20%)	1.710	2.880	4.860
1% grens	17	29	49
Sterfte in WP MV2	10-19	10-19	10-19
Idem, met stilstandvoorziening	2-4	2-4	2-4

Tabel 1 laat het effect van de additionele sterfte zien voor verschillende groottes van de catchment area. De additionele sterfte door de windturbines ligt op of net onder de 1% grens. Een effect van het windpark op de gunstige staat van instandhouding van de lokale populatie van de gewone dwergvleermuis is daarom niet op voorhand uitgesloten. Wanneer, zoals gepland, een stilstandvoorziening wordt toegepast in de windturbines (zie hieronder) dan wordt de 1%-mortaliteitsnorm niet langer overschreden. Een negatief effect op de GSI kan dan worden uitgesloten. Effecten op regionale en landelijke populatie zijn op voorhand uitgesloten. Voor cumulatieve effecten wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

Ruige dwergvleermuis

In Nederland is de ruige dwergvleermuis de op één na talrijkste soort. De landelijke SvI wordt als gunstig beschouwd. Ruige dwergvleermuizen staan niet op de Nederlandse Rode Lijst. Er zijn in Nederland geen aanwijzingen voor een negatieve trend. In Duitsland is sprake van een stabiele trend, in Zweden en twee Baltische staten is sprake van een positieve trend (European Topic Centre on Biological Diversity). Het verspreidingsgebied van de soort in Europa breidt zich uit (Dietz *et al*. 2011). Het aantal ruige dwergvleermuizen dat zich jaarlijks in de nazomer in Nederland bevindt werd in 1997 geschat op 50.000 – 100.000 dieren (Limpens *et al.* 1997). Meer recente schattingen voor (delen van) Nederland ontbreken.

Het aantal aanwezige dieren varieert sterk in de loop van het jaar. In de eerste helft van de zomer is het aantal relatief laag. Er worden in Nederland (vrijwel) geen ruige dwergvleermuizen geboren. Er is de afgelopen 25 jaar slechts één kraamverblijfplaats van de soort in Nederland gevonden (Jisp, NH; Kapteyn 1995). De meeste kraamverblijven van de ruige dwergvleermuis zijn bekend van de Baltische staten, alsmede het voormalige Oost-Duitsland, Polen en Wit-Rusland (Dietz *et al*. 2011). Aan het eind van de zomer en begin van de herfst trekken de dieren in zuidwestelijke richting. De ruige dwergvleermuizen die als slachtoffer zijn gevonden in Duitse windparken waren allen afkomstig uit Estland of Rusland (Voigt *et al*. 2012). Het is waarschijnlijk dat dit ook voor de Nederlandse slachtoffers geldt. Over Nederland vindt (massaal) trek plaats. Daarnaast overwinteren ook ruige dwergvleermuizen in Nederland. Slachtoffers in windparken zijn met name gevonden in het najaar, tijdens de balts- en trekperiode (Brinkmann *et al.* 2011). Dan passeren grote aantallen ruige dwergvleermuizen, waarvan het grootste deel slechts korte tijd in Nederland verblijft. De trek door Nederland vindt vermoedelijk vooral plaats in een brede zone (50 –

100 km) langs de kust. Een deel vliegt gestuwd over de Afsluitdijk naar het Robbenoordbos en andere delen van Noord-Holland. Een ander deel vliegt waarschijnlijk langs de oostelijke zijde van IJsselmeergebied en langs de grote rivieren naar zuidwest Nederland. Ook vindt breedfronttrek plaats over grote delen van Nederland waaronder de grote meren.

Volgens de Soortenstandaard dienen effecten van ruimtelijke ontwikkelingen op de ruige dwergvleermuis getoetst te worden aan de lokale populatie (Ministerie EL&I 2013b). Zoals hierboven is aangegeven, is het niet mogelijk om een lokale populatie (in de zin van een helder te onderscheiden groep dieren) geografisch goed af te bakenen. Door Bureau Waardenburg wordt de lokale populatie daarom op de volgende wijze ingevuld.

Als lokale populatie wordt het aantal dieren genomen dat zich in een cirkel met een zekere afstand van het plangebied bevindt, de *catchment area*. Gelet op de doortrekpatronen en de schaal waarop de trek plaatsvindt, nemen wij een gebied met een straal van 30 km als grond voor de lokale populatie.

Het aantal ruige dwergvleermuizen dat van het gebied van 30 km (en anderen stralen) rond het plangebied gebruik maakt wordt gebaseerd op de referentiepopulatie van 100.000 dieren. Dit is de bovengrens van het geschatte aantal in Nederland aanwezige ruige dwergvleermuizen in de nazomer (Limpens *et al.* 1997). Er is gebruik gemaakt van de bovengrens omdat (zoals hierboven uiteengezet) het verspreidingsgebied van de soort in Noordoost Europa is toegenomen sinds 1997. Hierdoor zullen ook meer dieren in zuidwestelijke richting trekken om in gebieden met een gematigd klimaat (zoals Nederland) te kunnen overwinteren.
Voor de berekening wordt daarom uitgegaan van een Nederlandse populatiegrootte van 100.000 exemplaren. Dit komt overeen met een dichtheid van 3,0 ruige dwergvleermuizen per km^2 (100.000 dieren gelijkmatig over het Nederlandse landoppervlak verspreid). De jaarlijkse natuurlijke sterfte is 33% (Schmidt 1994). Voor het bepalen van een mogelijk effect is gebruik gemaakt van de 1%-mortaliteitsnorm (zie hoofdstuk 5).

Tabel 2 *Inschatting van de bijdrage van extra sterfte van Windpark Tweede Maasvlakte aan de totale sterfte van de ruige dwergvleermuis, voor verschillende stralen r van de catchment area (in km) en een gemiddelde dichtheid van 3,0 vleermuizen/km^2.*

	r = 30 km	**r = 40 km**	**r = 50 km**
Landoppervlak (km^2)	c. 950	c. 1.600	c. 2.700
Aantal ruige dwergvleermuizen	2.850	4.800	8.100
Jaarlijkse sterfte (33%)	941	1.584	2.673
1% grens	9	16	27
Sterfte in WP MV2	7-14	7-14	7-14
Idem, met stilstandvoorziening	1-3	1-3	1-3

Zoals weergegeven in tabel 2 bedraagt de additionele sterfte van ruige dwergvleermuizen door Windpark Tweede Maasvlakte meer dan 1% van de natuurlijke sterfte. Wanneer, zoals gepland, een stilstandvoorziening wordt toegepast in de windturbines (zie hieronder) dan wordt de 1%-mortaliteitsnorm niet langer overschreden. Een negatief effect op de GSI kan

dan worden uitgesloten. Effecten op regionale en landelijke populatie zijn op voorhand uitgesloten. Voor cumulatieve effecten wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

Rosse vleermuis
In Duitsland is de rosse vleermuis het meest frequent aangetroffen vleermuisslachtoffer in windparken. Onder de tientallen openbaar gerapporteerde vleermuisslachtoffers die tot op heden in Nederland zijn gevonden is er echter slechts een enkele rosse vleermuis. De reden voor dit verschil is nog onduidelijk.

De rosse vleermuis komt in grote delen van Nederland voor, maar doorgaans in lage dichtheden. Op grond van een afname in de waargenomen verspreiding is de soort op de Nederlandse Rode Lijst (2006) geplaatst in de categorie kwetsbaar. De omvang van de populatie wordt geschat op minimaal 4.000 en maximaal 6.000 voortplantende dieren (bron: European Topic Centre on Biological Diversity, Zoogdiervereniging VZZ 2007).

In Nederland worden jongen geboren en vindt paring plaats. De meeste Nederlandse rosse vleermuizen lijken hier ook te overwinteren. Een beperkt deel trekt weg in ZZW richting (Bels 1952). Daarnaast is het waarschijnlijk dat dieren uit Noordoost Europa in Nederland overwinteren. De winters zijn daar te koud om veilig in boomholtes te kunnen overwinteren. Uit recent onderzoek aan rosse vleermuis slachtoffers in Duitse windparken is gebleken dat de herkomst niet alleen lokaal is. Bijna een derde (28%) van de dieren kwam uit het noordoostelijk deel van Europa (Rusland, Baltische Staten, Wit-Rusland; Lehnert *et al*. 2014).

Volgens de Soortenstandaard dienen effecten van ruimtelijke ontwikkelingen op de rosse vleermuis getoetst te worden aan de lokale populatie (Ministerie van EZ 2014b). De standaard geeft niet weer hoe die lokale groep afgebakend dient te worden. Door Bureau Waardenburg wordt de lokale populatie daarom op de volgende wijze ingevuld.

Rosse vleermuizen leggen in vergelijking met andere vleermuissoorten grote afstanden af. Ze foerageren tot op meer dan 10 km afstand van hun verblijfplaats (Kapteyn 1995) en wisselen regelmatig van verblijfplaats. Hierdoor worden gebieden zoals het Gooi en Kennemerland doorgaans als populatie benoemd waarbinnen tellingen simultaan uitgevoerd moeten worden om dubbeltellingen te voorkomen (Kapteyn 1995). Voor bijvoorbeeld het Gooi is de populatiegrootte geschat op 700 – 1.000 dieren aan de hand van zulke tellingen. Voor het grootste deel van Nederland is echter onduidelijk hoeveel dieren er verblijven. Landelijk wordt het aantal dieren geschat op 4.000 - 6.000 (Limpens *et al*. 1997).

Als schatting voor de lokale populatie hanteren wij het aantal dieren dat zich in een cirkel met een zekere afstand van het plangebied bevindt, de *catchment area*. Gelet op de afstanden waarbinnen uitwisseling plaatsvindt, nemen wij een gebied met een straal van 30 km als grond voor de lokale populatie. Binnen dit gebied vallen de landgoederen bij Wassenaar/Voorschoten, waar veel verblijfplaatsen van rosse vleermuizen voorkomen. Daarnaast zijn er nog van verschillende locaties verblijfplaatsen van de soort bekend zoals het Kralingse bos, en landgoederen op Voorne. Hier bevinden zich naar verwachting tenminste enkele honderden rosse vleermuizen. Het aantal rosse vleermuizen dat van het

gebied van 30 km (en andere stralen) rond het plangebied gebruik maakt wordt gebaseerd op de bovengenoemde schatting van het aantal dieren dat in Nederland verblijft van 6.000 dieren. Dit komt overeen met een dichtheid van circa 0,2 rosse vleermuizen per vierkante kilometer (6.000 dieren gelijkmatig over het Nederlandse landoppervlak verspreid). Om het effect op de lokale populatie te bepalen gaan we ervan uit dat ongeveer een derde deel van de slachtoffers betrekking heeft op dieren uit het noordoostelijk deel van Europa (Rusland, Baltische Staten, Wit-Rusland) net zoals in voormalig Oost-Duitsland (Lehnert *et al*. 2014). Dit betekent dat van het totale aantal slachtoffers vanwege Windpark Tweede Maasvlakte, zijnde 5 tot 11, er 3 tot 7 slachtoffers worden toegerekend aan de lokale populatie.

Tabel 3 *Inschatting van de bijdrage van extra sterfte van Windpark Tweede Maasvlakte aan de totale sterfte van de rosse vleermuis, voor verschillende stralen r van de catchment area (in km). Bij het bepalen van de sterfte van 'lokale' dieren is ervan uitgegaan dat een derde deel van de slachtoffers geen lokale origine heeft (zie tekst). Tussen haakjes is de totale sterfte weergegeven.*

	Lokale populatie (r = 30 km)	**Landelijk**
Populatie rosse vleermuizen	190	4.000-6.000
Jaarlijkse sterfte (44%)	84	1.800-2.600
1% grens	c. 1	18-26
Sterfte in WP MV2	3-7 (5-11)	
Idem, met stilstandvoorziening	0-1 (1-2)	

Tabel 3 laat zien dat de jaarlijkse additionele sterfte onder de lokale populatie als gevolg van de toekomstige turbines groter zal zijn dan de 1%-mortaliteitsnorm. Wanneer, zoals gepland, een stilstandvoorziening wordt toegepast in de windturbines (zie hieronder) dan wordt de 1%-mortaliteitsnorm niet langer overschreden. Een negatief effect op de GSI kan dan worden uitgesloten. Effecten op regionale en landelijke populatie zijn op voorhand uitgesloten. Voor cumulatieve effecten wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

Voor de volledigheid dienen ook de slachtoffers die geen lokale oorsprong hebben te worden getoetst (2-4 exemplaren, zonder stilstandvoorziening). De oorsprong van deze slachtoffers ligt in Oost-Europa. Het European Topic Centre on Biological Diversity geeft voor enkele Oost-Europese landen binnen de EU weer hoe groot de populatie is. Voor bijvoorbeeld Polen is dit 50.000. Wanneer we uitsluitend met dit aantal rekenen dan ligt de 1%-mortaliteitsnorm op 220. Het verwachte aantal slachtoffers uit Oost-Europa ligt daarmee ver onder de 1%-mortaliteitsnorm. Een negatief effect op de GSI kan dan worden uitgesloten.

Overige vleermuissoorten

Laatvlieger is niet jaarlijks als slachtoffer te verwachten maar wel binnen de gehele looptijd van het windpark. De incidentele sterfte heeft geen effect op de betrokken populaties.

Cumulatieve sterfte

Anders dan in bijlage 7 voor vogels is gedaan, is voor vleermuizen geen uitgebreide cumulatiestudie uitgevoerd. Uit het vorige hoofdstuk blijkt namelijk dat met toepassing van een stilstandvoorziening (hieronder nader uitgewerkt) de sterfte in Windpark Tweede Maasvlakte (ruim) onder de 1%-mortaliteitsnorm ligt. In een cumulatiestudie zou gekeken worden naar de sterfte in andere recent vergunde windparken binnen een straal van 30 km (afbakening lokale populatie) van Windpark Tweede Maasvlakte. Echter, ieder windpark dat in een dergelijke cumulatiestudie wordt betrokken heeft een eigen '*catchment area*' van 30 km die de lokale populatie van dat windpark begrenst. Dit catchment zal deels overlappen met dat van Windpark Tweede Maasvlakte maar deels ook niet. In een cumulatiestudie voor vleermuizen wordt derhalve de lokale populatie gedefinieerd door het cumulatieve areaal van alle catchment areas van de betrokken windparken. Dit resulteert automatisch in een veel grotere populatie waaraan wordt getoetst dan nu voor het windpark op zichzelf is gedaan. Kortheidshalve kan hiervoor worden gekeken naar de 1%-mortaliteitsnormen voor regionale populaties bij een 40-50 km straal in tabellen 1 en 2 voor beide dwergvleermuissoorten. Voor rosse vleermuis kan een veelvoud van de lokale populatie worden gehanteerd, resulterend in een 1%-mortaliteitsnorm van 2-3 dieren. Het is uitgesloten dat de cumulatieve sterfte van vleermuizen in de betrokken windparken binnen 30 km van Windpark Tweede Maasvlakte de GSI in het geding brengt, temeer omdat in de meeste moderne windparken een stilstandvoorziening wordt gebruikt en/of sprake is van '*repowering*' waarbij een groter aantal relatief kleine windturbines is vervangen door een lager aantal grotere windturbines zodat per saldo geen sprake is van een toename van sterfte, maar eerder van een afname (cf. Radstake & Prinsen 2018, Boonman & Prinsen 2016).

Mitigerende maatregelen - stilstandvoorziening

Er is een reductie van ongeveer 80% respectievelijk 40% nodig om effecten op de GSI bij rosse vleermuis en ruige dwergvleermuis (en daarmee automatisch ook gewone dwergvleermuis) uit te sluiten (zie voorgaande paragrafen).
In Boonman & Prinsen (2016) en Radstake & Prinsen (2018) is voor nabijgelegen Windpark Slufter respectievelijk Windpark Landtong Rozenburg beschreven gedurende welke, vanuit de gondels van bestaande windturbines gemeten, omstandigheden de kans op slachtoffers bij genoemde soorten het grootst is. Deze informatie is gebruikt voor het formuleren van onderstaande stilstandvoorziening. Omdat de stilstandvoorziening hiermee is afgestemd op in nabijgelegen windparken vastgestelde vleermuisactiviteit leidt de toepassing van deze voorziening voor het windpark met zekerheid tot een reductie van het aantal slachtoffers van zeker 80%. In tabel 1 t/m 3 is inzichtelijk gemaakt dat de gereduceerde sterfte met een stilstandvoorziening in dat geval (ruim) beneden de 1%-mortaliteitsnorm ligt.

Vleermuizen zijn vrijwel uitsluitend op rotorhoogte in windparken aanwezig bij lage windsnelheden. In algemene zin is de meest efficiënte manier om het aantal vleermuisslachtoffers te reduceren het voorkomen van een hoge draaisnelheid (< 1 rpm) gedurende

lage windsnelheden. Dit betekent een verhoging van de startwindsnelheid (cut-in speed) en het 90 graden pitchen van de bladen gedurende vrijloop (idling).

Dit is uitsluitend nodig wanneer vleermuizen in het windpark te verwachten zijn:
- tussen zonsondergang en zonsopkomst;
- bij temperatuur groter dan 11 graden Celsius;
- bij droog weer;

Daarnaast geldt voor beide vleermuissoorten het volgende:

Rosse vleermuis
Periode: tussen 20 juli en 1 september.
Bij windsnelheid beneden de 5 m/s.

Ruige dwergvleermuis
Periode: tussen 20 augustus en 10 oktober.
Bij windsnelheid beneden de 5 m/s voor alle windrichtingen.
Bij windsnelheid tussen de 5,0 en 6,0 m/s bij wind uit N tot O (0 tot 90 graden) richting.

Hiermee is de stilstandvoorziening voor beide soorten samen uitsluitend nodig:
- *tussen zonsondergang en zonsopkomst.*
- *bij temperatuur hoger dan 11 graden Celsius (gemeten op ashoogte).*
- *bij droog weer.*
- *bij windsnelheid lager dan 5 m/s (gemeten op ashoogte) voor de periode tussen 20 juli en 10 oktober.*
- *bij windsnelheid tussen de 5,0 en 6,0 m/s (gemeten op ashoogte) voor de periode tussen 20 augustus en 10 oktober maar dan uitsluitend wanneer sprake is van wind uit N tot O richting (0 tot 90 graden).*

Verdere verfijning van de stilstandvoorziening is pas mogelijk wanneer door akoestische monitoring vanuit de nieuwe windturbines een grotere dataset is verkregen.

Literatuur

Bels, L., 1952. Fifteen years of bat banding in the Netherlands. Publicaties van het Natuurhistorisch genootschap in Limburg,. Reeks V, Maastricht.

Boonman, M. & H.A.M. Prinsen, 2016. Vleermuizen in windpark Slufterdam. Activiteitsmetingen en aanvaringsslachtoffers. Rapport 15-239. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Brinkmann R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich, 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen, volume 4 Umwelt und Raum. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Dietz, C., O. von Helversen & D. Nill, 2011. Handbuch der Fledermause Europas und Nordwestafrikas. Kosmos Naturfuhrer, Stuttgart.

Jones, G.E., J.D. Altringham & R. Deaton, 1991. Distribution and population densities of seven species of bats in northern England. J. Zool. Lond. 240:788-798.

Kapteyn, K., 1995. Vleermuizen in het landschap. Over hun ecologie, gedrag en verspreiding. Schuyt & Co, Haarlem.

Lehnert LS, Kramer-Schadt S, Schönborn S, Lindecke O, Niermann I, et al., 2014. Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. PLoS ONE 9(8): e103106. doi:10.1371/journal.pone.0103106.

Limpens, H., K. Mostert & W. Bongers, 1997. Atlas van de Nederlandse Vleermuizen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Ministerie van EZ, 2014a. Soortenstandaard gewone dwergvleermuis pipistrellus pipistrellus. Ministerie van EZ, Den Haag.

Ministerie van EZ, 2014b. Soortenstandaard rosse vleermuis Nyctalus noctula. Ministerie van EZ, Den Haag.

Ministerie van EZ, 2014c. Soortenstandaard ruige dwergvleermuis. Pipistrellus nathusii. Ministerie van EZ, Den Haag.

Radstake, Y.N. & H.A.M. Prinsen, 2018. Natuurtoets Windpark Landtong Rozenburg. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-225. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Schmidt, A., 1994. Phanologisches Verhalten und Populationseigenschaften der Rauhautfledermaus Pipistrellus nathusii, In Ostbrandenburg. Nyctalus 5:77-100.

Simon, M., S. Huttenbugel & J. Smit-Viergutz, 2004. Ecology and Conservation of bats in villages and towns. Schriftenreihe fur Landschaftspflege und Naturschutz Heft 77.

Sendor T. & M. Simon, 2003. Population dynamics of the pipistrelle bat: effects of sex, age and winter weather on seasonal survival. Journal of Animal Ecology. Volume 72, Issue 2, pages 308–320.

Voigt, C.C., A.G. Popa-Lisseanu, I. Niermann & S. Kramer-Schadt, 2012. The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. Biological Conservation 153 (2012) 80–86.

Zoogdiervereniging VZZ, 2007. Basisrapport voor de Rode Lijst Zoogdieren volgens Nederlandse en IUCN-criteria. VZZ rapport 2006.027. Tweede, herziene druk. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.

Tabel 1. Beoordeelsoorten Natura 2000 in het kader van MER Maasvlakte II

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
a001	Roodkeelduiker	*Gavia stellata*	wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied.	De soort gebruikt de kustzone van de Voordelta en van Maasvlakte 2 als foerageergebied in de wintermaanden. In gemiddelde jaren bevindt de grootste concentratie zich op zee ter hoogte van de Brouwersdam. Bij lokale beschikbaarheid van scholen vis kunnen groepen, soms tot vele honderden exemplaren, zich ook noordelijker ophouden. Individuen van de soort worden incidenteel in het binnenwater, zoals de havenbekkens van Maasvlakte 2, waargenomen. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied blijft naar verwachting ongewijzigd.
a005	Fuut	*Podiceps cristatus*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 280 vogels (seizoensgemiddelde).	De soort gebruikt de kustzone van de Voordelta en van Maasvlakte 2 als foerageer- en rustgebied in de wintermaanden. Concentraties van tientallen en soms honderden vogels gebruiken de havenbekkens van Maasvlakte 2 als rustgebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 77 en valt daarmee steevast lager uit dan de instandhoudingsdoelstelling, waarschijnlijk vooral vanwege de relatief korte periode waarin de aantallen een piek bereiken (midwinter). De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied blijft naar verwachting ongewijzigd.
a007	Kuifduiker	*Podiceps auritus*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 6 vogels (seizoensgemiddelde).	De soort gebruikt de kustzone van de Voordelta en van Maasvlakte 2 als foerageergebied in de wintermaanden. In gemiddelde jaren bevindt de grootste concentratie zich op zee ter hoogte van de Brouwersdam. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 15 en valt daarmee hoger uit dan de instandhoudinsgdoelstelling. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied blijft naar verwachting ongewijzigd.
a008	Geoorde fuut	*Podiceps nigricollis*	Jaarrond aanwezig	Voor Voornes Duin geldt een instandhoudingsdoelstelling van 5 broedparen.	Het plangebied is in de periode 2010-14 nauwelijks van betekenis gebleken voor de Geoorde fuut. Enkele exemplaren zijn waargenomen in de Prinses Alexiahaven. Na het broedseizoen concentreren honderden exemplaren zich op het Grevelingenmeer, ten zuiden van Voornes Duin. Ontwikkelingen in het plangebied hebben derhalve geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a017	Aalscholver	*Phalacrocorax carbo*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 480 vogels (seizoensgemiddelde). Voor Voornes Duin is een instandhoudingsdoelstelling van 1100 paren geformuleerd.	Het plangebied fungeert als jaarrond foerageergebied en rustgebied. De soort gebruikt de kustzone van de Voordelta en van Maasvlakte 2 als rust- en foerageergebied. Concentraties van honderden vogels gebruiken de havenbekkens van Maasvlakte 2 als rustgebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 427 en valt daarmee iets lager uit dan de instandhoudingsdoelstelling. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied zal naar verwachting afnemen door het verdwijnen van onverstoorde

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
					zandplaten, met name in de Prinses Alexiahaven.
a026	Kleine zilverreiger	*Egretta garzetta*	Jaarrond aanwezig	De instandhoudingsdoelstelling voor Voornes Duin is behoud van 15 broedparen.	Het plangebied is in de periode 2010-14 niet van betekenis gebleken voor de Kleine zilverreiger. Foeragerende exemplaren afkomstig uit de kolonie in Voornes Duin zijn hoofdzakelijk aangetroffen in gebieden ten zuiden van het plangebied. Ontwikkelingen in het plangebied hebben derhalve naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstelling voor deze soort.
a034	Lepelaar	*Platalea leucorodia*	Zomergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 10 vogels (seizoensgemiddelde). Voor Voornes Duin is voor een instandhoudingsdoelstelling geformuleerd van 110 broedparen.	Het plangebied is in de periode 2010-14 niet van betekenis gebleken voor de Lepelaar. Foeragerende exemplaren afkomstig uit de kolonie in Voornes Duin zijn hoofdzakelijk aangetroffen in gebieden ten zuiden van het plangebied. Ontwikkelingen in het plangebied hebben derhalve naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a043	Grauwe gans	*Anser anser*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 70 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied is in de periode 2010-14 niet van betekenis gebleken voor de Grauwe gans. In gebieden ten zuiden van het plangebied is de soort talrijk. Ontwikkelingen in het plangebied hebben derhalve naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a048	Bergeend	*Tadorna tadorna*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 360 vogels (seizoensgemiddelde).	Jaarrond worden Bergeenden waargenomen in het plangebied, zij het in relatief lage aantallen. Met name onverstoorde zandplaten en oevers in de Prinses Alexiahaven vormen een geschikt rustgebied. Veel grotere aantallen zijn aanwezig in de Voordelta, met name op de Westplaat en op de Kwade Hoek. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 352 en ligt daarmee nagenoeg op het niveau van de instandhoudingsdoelstelling (waarbij moet worden opgemerkt dat data voor het jaar 2010-11 ontbreekt). Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a050	Smient	*Mareca penelope*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 380 vogels (seizoensgemiddelde).	De Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter onregelmatig gebruikt als rustgebied door Smienten. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 287 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a051	Krakeend	*Anas strepera*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 90 vogels (seizoensgemiddelde).	De soort gebruikt de kustzone van de Voordelta en van Maasvlakte 2 als foerageer- en rustgebied. De Kwade Hoek vormt het kerngebied voor de soort in de Voordelta. De havenbekkens van Maasvlakte 2 worden door relatief lage aantallen gebruikt als rustgebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
					Voordelta in de periode 2010-14 is 91, wat vrijwel gelijk is aan de instandhoudingsdoelstelling. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied blijft naar verwachting ongewijzigd.
a052	Wintertaling	*Anas crecca*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 210 vogels (seizoensgemiddelde).	De Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter onregelmatig gebruikt als rustgebied door een relatief klein aantal Wintertalingen. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 111 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a054	Pijlstaart	*Anas acuta*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 250 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 vooralsnog niet gebruikt als rustgebied door Pijlstaarten. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 168 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de het feit dat het plangebied nagenoeg niet bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a056	Slobeend	*Anas clypeata*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 90 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 vooralsnog niet gebruikt als rustgebied door Slobeenden. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden. Daarnaast vormt het Sluftermeer een belangrijk concentratiegebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 54 (waarbij opgemerkt dat voor 2011-12 teldata ontbreekt) en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de het feit dat het plangebied nagenoeg niet bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a062	Toppereend	*Aythya marila*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 80 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 niet structureel gebruikt als rustgebied door Toppers. In de Voordelta vormen de zeegebieden ter hoogte van Brouwersdam en de Haringvlietsluizen de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 9 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de het feit dat het plangebied nagenoeg niet bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a063	Eidereend	*Somateria mollissima*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 niet structureel gebruikt als rustgebied door Eiders. Op 18 september

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
				populatie van gemiddeld 2.500 vogels (midwinter aantal).	2016 werd echter een concentratie van 130 exemplaren vastgesteld, rustend op een zandplaat in de Prinses Alexiahaven. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de soort op korte afstand van deze locatie broedt, met name op het eiland 'Kleine Beer' in de Nieuwe Waterweg. In de Voordelta vormen de buitengaatse zandplaten ter hoogte van de Brouwersdam, Westplaat en de Haringvlietsluizen de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 1621 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied zal naar verwachting afnemen door het verdwijnen van onverstoorde zandplaten, met name in de Prinses Alexiahaven.
a065	Zwarte zee-eend	*Melanitta nigra*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 9.700 vogels (midwinter aantal).	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 niet structureel gebruikt als rustgebied door Zwarte zee-eenden. In de Voordelta vormen de zeegebieden ter hoogte van Brouwersdam en de Haringvlietsluizen de kerngebieden. Het gemiddelde midwintertotaal voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 1361 en ligt daarmee zeer ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de het feit dat het plangebied nagenoeg niet bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a067	Brilduiker	*Bucephala clangula*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 330 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied wordt in de winter in beperkte mate gebruikt als rust- en foerageergebied door relatief kleine aantallen Brilduikers. In de Voordelta vormen de Westplaat en de zeegebieden ter hoogte van de Haringvlietsluizen en Brouwerdam de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 133 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a069	Middelste zaagbek	*Mergus serrator*	Wintergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 120 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied wordt in de winter in beperkte mate gebruikt als rust- en foerageergebied door relatief kleine aantallen Middelste Zaagbekken. In de Voordelta vormen de de zeegebieden ter hoogte van de Haringvlietsluizen en Brouwerdam de kerngebieden. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 173 en ligt daarmee boven het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a130	Scholekster	*Haematopus ostralegus*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld	Het plangebied fungeert voor de Scholekster als broedgebied, foerageergebied en rustgebied. De soort gebruikt ook de kustzone van de

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
				2.500 vogels (seizoensgemiddelde).	Voordelta als broed-, rust- en foerageergebied. Kerngebieden vormen de Westplaat en de Kwade Hoek, waar vele honderden exemplaren zijn geteld. Concentraties van tientallen tot honderden vogels gebruiken ook de havenbekkens van Maasvlakte 2 als rustgebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 1868 en valt daarmee lager uit dan de instandhoudingsdoelstelling. De omvang en kwaliteit van het leefgebied in het plangebied zal naar verwachting afnemen door de ingebruikname van terreinen die thans worden gebruikt als broedgebied, alsmede door het verdwijnen van rustgebied in de vorm van onverstoorde zandplaten en oevers, met name in de Prinses Alexiahaven.
a132	Kluut	*Recurvirostra avocetta*	Zomergast	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 150 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied werd in de winters van 2010-14 niet structureel gebruikt als rustgebied door Kluten. De soort is bovendien niet vastgesteld als broedvogel. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden. Daarnaast vormt het Sluftermeer een belangrijk broedgebied. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 72 en ligt daarmee ruim onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de het feit dat het plangebied nagenoeg niet bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a137	Bontbekplevier	*Charadrius hiaticula*	Zomergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 70 vogels (seizoensgemiddelde).	De oevers en zandplaten in de Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter onregelmatig gebruikt als rust- en foerageergebied door Bontbekplevieren. Daarnaast broeden jaarlijks enkele paren op nog uit te geven terreinen op wisselende plaatsen in het plangebied. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 95 en ligt daarmee boven het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.Wel moet worden opgemerkt dat met de ontwikkeling van terreinen bestaande broedgebieden van de soort verloren kunnen gaan. De soort kent een ongunstige staat van instandhouding als broedvogel in Nederland en heeft slechts een kleine broedpopulatie die zicht ovewegend beperkt tot het Deltagebied en het Waddengebied.
a141	Zilverplevier	*Charadrius squatarola*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 210 vogels (seizoensgemiddelde).	De oevers en zandplaten in de Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter onregelmatig gebruikt als rust- en foerageergebied door een relatief klein aantal Zilverplevieren. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
					wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 181 en ligt daarmee onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a144	Drieteenstandloper	*Calidris alba*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 350 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied wordt in de winter regelmatig gebruikt als rust- en foerageergebied door een relatief klein aantal Drieteenstrandlopers. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 412 en ligt daarmee boven het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a149	Bonte strandloper	*Calidris alpina*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 620 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied is in de periode 2010-14 niet van betekenis gebleken voor de Bonte strandloper, al zijn kleine aantallen waargenomen op de zandplaten in de Prinses Alexiahaven. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 685 en ligt daarmee boven het niveau van de instandhoudingsdoelstelling.Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a157	Rosse grutto	*Limosa lapponica*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 190 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied is in de periode 2010-14 vrijwel niet van betekenis gebleken voor de Rosse grutto, een enkele waarneming is gedaan in de buurt van de Prinses Amaliahaven. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 128 en ligt daarmee onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling.Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a160	Wulp	*Numenius arquata*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 980 vogels (seizoensgemiddelde).	De oevers en zandplaten in de Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter onregelmatig gebruikt als rust- en foerageergebied door een relatief klein aantal Wulpen. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 1013 en ligt daarmee boven het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de beperkte mate waarin het plangebied bij

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
					zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a162	Tureluur	*Tringa totanus*	Jaarrond aanwezig	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 460 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied is in de periode 2010-14 vrijwel niet van betekenis gebleken voor de Tureluur; een enkele waarneming is gedaan in de Prinses Alexiahaven. Mogelijk komt jaarlijks een klein aantal tot broeden op nog uitgeefbare terreinen in het plangebied, maar vanwege problemen met de toegankelijkheid van terreinen zijn hier geen betrouwbare data over beschikbaar. In de Voordelta zijn de Westplaat en de Kwade Hoek de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 232 en ligt daarmee ruimschoots onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen invloed op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort.
a169	Steenloper	*Arenaria interpres*	Wintergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 70 vogels (seizoensgemiddelde).	Het plangebied wordt in de winter regelmatig gebruikt als rust- en foerageergebied door een relatief groot aantal Steenlopers. In de Voordelta zijn de Westplaat, de Kwade Hoek de Brouwersdam de kerngebieden voor doortrekkers en wintergasten. Het gemiddelde seizoensgemiddelde voor de Voordelta in de periode 2010-14 is 61 en ligt daarmee iets onder het niveau van de instandhoudingsdoelstelling. Gelet op de relatief grote mate waarin het plangebied bij zou dragen aan de totalen, hebben ontwikkelingen alhier naar verwachting mogelijk een effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a177	Dwergmeeuw	*Hydrocoloeus minutus*	doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied.	Op willekeurige plaatsen in het plangebied worden zo nu en dan doortrekkende Dwergmeeuwen waargenomen die soms kortdurend foeragerend ter plaatse verblijven. Hoewel er duizenden exemplaren passeren boven de Noordzee, deels binnen het plangebied, in voor- en najaar, hebben ontwikkelingen alhier zeker geen effect op het halen van de instandhoudingsdoelstelling.
a191	Grote stern	*Sterna sandvicensis*	Zomergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.	De Grote Stern is geen broedvogel in het plangebied en ontbreekt in de wintermaanden. De functionaliteit beperkt zich tot foerageergebied, en dan hoofdzakelijk van het zeegebied voor de kust binnen het plangebied. De populatie in het plangebied heeft betrekking op de kolonies op eilanden in het Haringvliet en Grevelingenmeer. Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen effect op de gunstige staat van instandhouding van deze kolonies, die voor hun voedselvoorziening in hoofdzaak afhankelijk zijn van concentraties vis buiten het plangebied.
a193	Visdief	*Sterna hirundo*	Zomergast, doortrekker	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie.	De Visdief is waarschijnlijk een schaarse broedvogel in het plangebied, op zandplaten in de Prinses Alexiahaven. Door slechte toegankelijkheid van deze terreinen zijn gegevens hierover summier

nummer in aanwijzingsbesluit Voordelta/Voornes Duin	soortnaam	wetenschappelijke naam	status	Instandhoudingsdoel N2000	functionaliteit plangebied Maasvlakte II
					en vrijwel zeker onvolledig. Een grote kolonie van de soort bevindt zich direct buiten het plangebied op een drijvende ponton in het Sluftermeer. De soort ontbreekt in de wintermaanden. De functionaliteit beperkt zich verder tot die van tot foerageergebied, en dan hoofdzakelijk van het zeegebied voor de kust binnen het plangebied en de Nieuwe Waterweg. Ontwikkelingen in het plangebied hebben naar verwachting geen effect op de gunstige staat van instandhouding van deze foerageergebieden; aangezien lokale broedvogels voor hun voedselvoorziening in hoofdzaak afhankelijk zijn van concentraties vis buiten het plangebied, met name voor de Haringvlietsluizen.

BIJLAGE 2.2



Betreft : Begeleidend schrijven Passende Beoordeling Windpark Maasvlakte 2
Datum : 19-08-2020

Inleiding

De Passende Beoordeling (PB) voor Windpark Maasvlakte 2 valt uiteen in drie delen:

- Vogels
- Zeezoogdieren
- Stikstof

Hieronder volgt in het kort de conclusies van de verschillende rapporten. Dit begeleidend schrijven en de drie genoemde rapporten vormen samen de complete Passende Beoordeling Windpark Maasvlakte 2.

Vogels[1]

De aanleg en gebruik van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zal ten aanzien van verstoring, barrièrewerking en verlies aan leefgebied geen effecten hebben op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor aangewezen broedvogels en niet-broedvogels van de nabijgelegen Natura 2000-gebieden:

- het aandeel leefgebied van niet-broedvogels in de Voordelta dat binnen de invloedssfeer van de geplande windturbines ligt is afwezig of verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal beschikbare areaal in de Voordelta. Er zal geen verslechtering van het leefgebied optreden;
- de plaatselijk grote ruimten tussen de turbines maakt dat het windpark voor vogels geen barrière vormt. Er komen geen foerageer- en rustgebieden buiten bereik te liggen.

- Windpark Tweede Maasvlakte leidt ten aanzien van sterfte in de gebruiksfase met zekerheid niet tot significant negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen van de kwalificerende vogelsoorten uit nabijgelegen Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet en Grevelingen):

- voor aalscholver (broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta) worden op jaarbasis 4-5 slachtoffers voorzien, waarvan 2-3 exemplaren in het broedseizoen en circa 2 exemplaren buiten het broedseizoen. Deze additionele sterfte ligt rond de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties in Voornes Duin en Voordelta. In hoofdstuk 7 is onderbouwd waarom dit met zekerheid (ook in cumulatie) niet leidt tot significante effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen;

- voor grote stern (broedvogel Haringvliet en Grevelingen) is jaarlijks sterfte voorzien van 1-2 exemplaren. De sterfte ligt ruim beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties en er is geen sprake van cumulatieve effecten. Daarom is deze sterfte als verwaarloosbaar te beschouwen;

[1] Passende Beoordeling Windpark Tweede Maasvlakte. Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming. (Bureau Waardenburg)

- voor visdief (kwalificerend voor Voordelta) is jaarlijks sterfte voorzien van 2-3 exemplaren. Deze sterfte ligt ruim beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie maar de cumulatieve additionele sterfte ligt wel boven de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. In hoofdstuk 7 is onderbouwd waarom dit met zekerheid niet leidt tot significante effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen;

- voor andere kwalificerende vogelsoorten is voor het gehele windpark berekend dat er jaarlijks geen of (veel) minder dan één exemplaar slachtoffer zal worden van een aanvaring. Dit is een verwaarloosbaar klein effect.

Zeezoogdieren[2]
Tijdens de aanleg van het windpark ontstaat tijdens het verankeren van de funderingen voor de windturbines op de harde en zachte zeewering en het trillen van de damwanden onderwatergeluid dat kan uitstralen naar het water van het Natura 2000-gebied Voordelta en daar tot effecten op zeezoogdieren en (trek)vissen leiden. In de Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de zeezoogdieren grijze zeehond, de gewone zeehond en de bruinvis en voor vier soorten trekvissen (rivierprik, zeeprik, elft en fint).

De conclusie is dat de kwaliteit van het leefgebied voor vissen in de Voordelta niet wordt aangetast of tijdens heiwerkzaamheden voor de gevoeligste soorten hoogstens in een verwaarloosbaar klein deel van het gebied. Vanwege het tijdelijke karakter van de effecten en de aanwezigheid van voldoende alternatief leefgebied in de directe omgeving zijn nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen in de Voordelta uit te sluiten.

Voor de grijze zeehond betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de gewone zeehond is een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied geformuleerd. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren. Voor de bruinvis is het doel: behoud omvang en verbetering leefgebied voor behoud populatie. Voor de vier trekvissoorten geldt in de Voordelta een behoudsdoelstelling (behoud omvang en behoud kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie).

De conclusie is dat vanwege de beperkte omvang van het gebied waar de kwaliteit van het leefgebied wordt aangetast, het tijdelijke karakter van de effecten en de aanwezigheid van voldoende alternatief leefgebied in de directe omgeving nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van bruinvissen, gewone en grijze zeehonden in de Voordelta zijn uit te sluiten.

Stikstof[3]
In de nabijheid van Windpark Maasvlakte II bevinden zich diverse Natura 2000-gebieden, waarbij Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen de voornaamste zijn. In deze gebieden zijn habitattypen gelegen die gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Bij de bouw van het windpark komt stikstof in de vorm van NOx en NH3 vrij die hier kan neerslaan.

[2] Effecten van onderwatergeluid door de aanleg van windpark Maasvlakte 2 op zeezoogdieren en vissen (HWE en TNO)
[3] 20200616 Stikstofplan MVII def-incl bijlagen (Pondera)

Een deel van de habitattypen is gevoelig voor stikstof en kent een lage grenswaarde waarboven negatieve effecten kunnen optreden (de kritische depositiewaarde, KDW). De KDW geldt als grens waarboven negatieve effecten niet bij voorbaat zijn uit te sluiten. Een habitattype als Grijze Duinen (heischraal) heeft bijvoorbeeld een KDW van 714 mol/ha/jr, wat gelijk staat aan een depositie van ~10 kg stikstof per hectare per jaar. Dergelijke lage KDW-waardes zijn een aandachtspunt omdat de achtergronddepositie van met name de zeescheepvaart veelal tot reeds hogere belastingen leidt dan de KDW waardoor een toevoeging ten gevolge van het project leidt tot mogelijk significant negatieve effecten.

Met de uitspraak van de Raad van State d.d. 29 mei 2019 is het Programma Aanpak Stikstof (PAS) ongeldig verklaard, waardoor deze niet meer mag worden gebruikt om een Wnb-vergunning (Wet natuurbescherming) te verlenen voor nieuwe activiteiten. Dit betekent dat projecten, ook met een tijdelijke kleine depositie, moeten beoordelen of voor deze depositie significant negatieve effecten zijn uit te sluiten of weg te nemen.

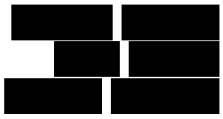
Voor Windpark Tweede Maasvlakte leiden de aanlegwerkzaamheden, zoals gekwantificeerd in de onderhavige stikstofdepositieberekening, tot een 0,01 mol/ha/jr. toename in stikstofdepositie op vijf habitattypen in het stikstofgevoelige Natura 2000 gebied Voordelta. Deze toename vindt plaats op habitatten waar de ADW ruim onder de KDW ligt en een overschrijding van de KWD als gevolg van de aanleg uitgesloten is. Significante negatieve effecten op omliggende Natura 2000-gebieden kunnen op basis van deze studie worden uitgesloten.

Deel 1 Vogels

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Passende Beoordeling Windpark Tweede Maasvlakte

Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming



Passende Beoordeling Windpark Tweede Maasvlakte

Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming

[redacted]

Status uitgave: Eindrapport, versie 3.0

Rapportnummer:	20-105
Projectnummer:	20-0128
Datum uitgave:	4 augustus 2020
Projectleider:	Drs. [redacted]
Naam en adres opdrachtgever:	Pondera Amsterdamseweg 13 6814 CM Arnhem
Referentie opdrachtgever:	Mail van [redacted] met gunning, d.d. 27 maart 2020
Akkoord voor uitgave:	Drs. [redacted]
Paraaf:	



Graag citeren als: [redacted], 2020. Passende Beoordeling Windpark Tweede Maasvlakte. Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming. Rapport 20-105. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: passende beoordeling, Natura 2000, Tweede Maasvlakte, vogels, Voordelta

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.
Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Pondera
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl

Voorwoord

Pondera onderzoekt in opdracht van Eneco de mogelijkheid om een windpark van 22 windturbines te realiseren op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland). De bouw en het gebruik van het windpark kunnen effecten hebben op beschermde natuurgebieden.

In het MER zijn de milieueffecten in beeld gebracht die Windpark Tweede Maasvlakte met zich meebrengt. Pondera heeft Bureau Waardenburg opdracht verstrekt om in een passende beoordeling de effecten van het voorkeursalternatief van het windpark op het behalen van instandhoudingsdoelstellingen in nabijgelegen Natura 2000-gebieden in beeld te brengen, te beoordelen en, indien nodig, aan te geven op welke wijze mogelijke negatieve effecten kunnen worden beperkt en/of gecompenseerd.

Aan de totstandkoming van dit rapport werkten mee:

[redacted]	rapportage
[redacted]	Band modelberekeningen
[redacted]	projectleiding, eindredactie, kwaliteitsborging

Genoemde personen zijn door opleiding, werkervaring en zelfstudie gekwalificeerd voor de door hen uitgevoerde werkzaamheden. Het project is uitgevoerd volgens het kwaliteits-handboek van Bureau Waardenburg. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg is ISO gecertificeerd.

Vanuit Pondera werd de opdracht begeleid door [redacted] en [redacted]. Wij danken hen voor de prettige samenwerking.

Inhoud

Voorwoord **3**

1 Inleiding **5**

1.1 Aanleiding 5

1.2 Opzet van deze passende beoordeling 5

1.3 Leeswijzer 6

2 Inrichting windpark en plangebied **8**

2.1 Inrichting windpark 8

2.2 Plangebied 10

3 Beschermde gebieden en afbakening **11**

3.1 Natura 2000-gebieden in de omgeving 11

3.2 Afbakening effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden 14

4 Materiaal en methoden **19**

4.1 Brongegevens 19

4.2 Effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden 20

5 Vogels in en nabij het plangebied **28**

5.1 Broedvogels 28

5.2 Niet-broedvogels 32

6 Effecten op vogels in Natura 2000-gebieden **36**

6.1 Aanvaringsslachtoffers 36

6.2 Verstoring 38

6.3 Barrièrewerking 40

7 Effectbeoordeling Natura 2000-gebieden **41**

7.1 Beoordeling van effecten op broedvogels 41

7.2 Beoordeling van effecten op niet-broedvogels 44

7.3 Cumulatieve effecten 46

8 Conclusies **49**

8.1 Habitattypen 49

8.2 Habitatrichtlijnsoorten 49

8.3 (Niet-)broedvogels 49

Literatuur **51**

Bijlage 1 Kader Wet natuurbescherming **56**

Bijlage 2 Windturbines en vogels **60**

Bijlage 3 Flux-Collision Model **68**

Bijlage 4 Band model aalscholver **71**

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Pondera onderzoekt in opdracht van Eneco de mogelijkheid om een windpark van 22 windturbines te realiseren op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland). De bouw en het gebruik van het windpark kunnen effecten hebben op beschermde natuurgebieden (Natura 2000-gebieden). In dit rapport wordt verslag gedaan van de bepaling en beoordeling van de effecten van de bouw en het gebruik van de geplande windturbines (volgens het voorkeursalternatief uit het MER) en hoe dit zich verhoudt tot Natura 2000-gebieden.

In voorliggend rapport wordt verslag gedaan van bronnenonderzoek, bepaling van de effecten op beschermde natuurgebieden (Natura 2000-gebieden) en, waar nodig, mogelijkheden voor mitigatie en/of compensatie van de effecten. **Het rapport beperkt zich tot uitsluitend effecten op het behalen van instandhoudingsdoelstellingen van vogels (broedvogels en niet-broedvogels).** Effecten op het behalen van andere instandhoudingsdoelstellingen (habitattypen, soorten van Bijlage II Habitatrichtlijn) worden afzonderlijk van voorliggende toets in de 'overall' passende beoordeling (Pondera *in prep*. 2020) beoordeeld.

Het doel van deze studie is te bepalen of de voorziene windturbineopstelling op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte kan leiden tot de verplichting tot het opstellen van een passende beoordeling op grond van Hoofdstuk 2 van de Wet natuurbescherming (bescherming van Natura 2000-gebieden). Als dat het geval is, wordt bepaald onder welke voorwaarden vergunning (Wnb) kan worden verkregen.

1.2 Opzet van deze passende beoordeling

De Tweede Maasvlakte grenst aan het Natura 2000-gebied Voordelta. In de ruime omgeving liggen o.a. de Natura 2000-gebieden Voornes Duin, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Haringvliet en Grevelingen (figuur 3.1). Als het project negatieve effecten heeft op de habitattypen en soorten waarvoor deze Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, is mogelijk een vergunning op grond van de Wet natuurbescherming (kortweg: Wnb) vereist (zie hieronder en bijlage 1). Ook kunnen mitigerende dan wel compenserende maatregelen nodig zijn. De effecten van het project dienen in het kader van de Wnb te worden getoetst aan de instandhoudingsdoelstellingen (hierna: IHD's) van voornoemde Natura 2000-gebieden.

Voorliggende rapportage beschrijft de resultaten van een passende beoordeling in het kader van de Wnb (zie bijlage 1). Op basis van de beste wetenschappelijke kennis zijn de effecten[1] van het Windpark Tweede Maasvlakte (voorkeursalternatief oftewel VKA uit het

[1] Waar in dit rapport wordt gesproken over 'effecten' wordt in het kader van de Wnb bedoeld: het verslechteren van de kwaliteit van natuurlijke habitats en of habitats van soorten in een Natura 2000-gebied en of verstoring

MER) op de **kwalificerende vogelsoorten** in kaart gebracht en beoordeeld. De effecten zijn op zichzelf en waar nodig in samenhang met de effecten van andere plannen en projecten (cumulatief) beoordeeld.

De centrale vraag van deze toetsing is: heeft de bouw en exploitatie van de geplande windturbines van Windpark Tweede Maasvlakte, afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten, significante negatieve effecten op het behalen van de IHD's van broedvogels en niet-broedvogels van Natura 2000-gebieden of kan het optreden van significant negatieve effecten met zekerheid worden uitgesloten? Meer in detail geeft deze rapportage antwoord op de volgende vragen:

- Welke Natura 2000-gebieden liggen binnen de invloedssfeer van het project?
- Wat zijn de IHD's van broedvogels en niet-broedvogels voor deze natuur-gebieden?
- Wat is de ligging van het plangebied ten opzichte van de leefgebieden van de vogels waarvoor de desbetreffende natuurgebieden zijn aangewezen? Welke functies heeft het plangebied en zijn invloedssfeer voor deze beschermde natuurwaarden?
- Welke effecten op het behalen van IHD's van broedvogels en niet-broedvogels van beschermde Natura 2000-gebieden heeft het VKA van Windpark Tweede Maasvlakte?
- Wat zijn de effecten van het project als deze waar nodig worden beschouwd in samenhang met andere activiteiten en plannen, met andere woorden, wat zijn de cumulatieve effecten?
- Welke maatregelen kunnen worden genomen om eventuele effecten te vermijden of te verminderen? Hoe effectief zijn deze mitigerende maatregelen?
- Kunnen significante effecten (inclusief waar nodig cumulatieve effecten) met zekerheid worden uitgesloten, al dan niet na toepassing van mitigerende maat-regelen?

De effecten van de ingreep worden getoetst aan de IHD's van broedvogels en niet-broedvogels die voor de Natura 2000-gebieden Voordelta, Voornes Duin, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Haringvliet en Grevelingen gelden. Deze zijn ontleend aan de aanwijzingsbesluiten en wijzigingsbesluiten.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een omschrijving van het project en het plangebied. **Hoofdstuk 3** beschrijft de relatie van het plangebied met nabijgelegen beschermde gebieden en geeft een afbakening van de voor dit project relevante IHD's. In **hoofdstuk 4** wordt de aanpak beschreven van de effectbepaling en -beoordeling, alsmede de gebruikte bronnen. Vervolgens beschrijft **hoofdstuk 5** de verspreiding en het gebiedsgebruik van relevante vogelsoorten in en om het plangebied. In **hoofdstuk 6** en **7** zijn de effecten van het windpark op beschermde gebieden bepaald respectievelijk beoordeeld in het kader van de Wnb, dit is inclusief een cumulatietoets. De overkoepelende conclusies zijn beschreven in

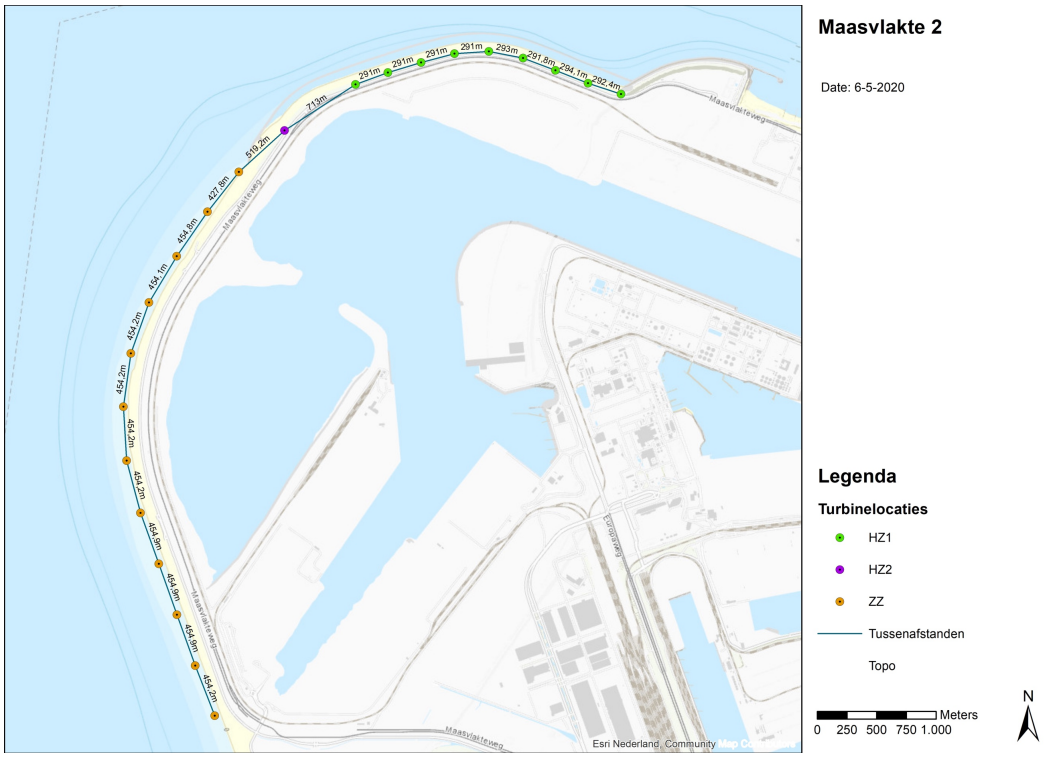
(inclusief sterfte) van soorten waarvoor het gebied is aangewezen. De context van de tekst licht toe of sprake is van 'verslechtering' dan wel 'verstoring' in de zin van de Wnb.

hoofdstuk 8. Dit hoofdstuk kan eveneens gelezen worden als de samenvatting van dit rapport.

2 Inrichting windpark en plangebied

2.1 Inrichting windpark

De buitencontour van de Tweede Maasvlakte in de gemeente Rotterdam (provincie Zuid-Holland) bestaat uit een harde en een zachte zeewering. Het VKA van het windpark is gepland op en langs de harde en zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte (figuur 2.1).



Figuur 2.1 *Locaties van de geplande windturbines (met tussenafstanden) in het VKA op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte; de groen en paars gemarkeerde turbinelocaties staan op de harde zeewering, de oranje gemarkeerde turbinelocaties op het strand ten westen van de zachte zeewering (bron: Pondera).*

Op de harde zeewering zijn turbines voorzien in het binnentalud. In totaal worden op de harde zeewering 10 windturbines geplaatst: negen turbines uit de kleine windturbineklasse en één windturbine uit de grote windturbineklasse (figuur 2.1 en tabel 2.1).

Op de zachte zeewering zijn 12 windturbines uit de grote windturbineklasse voorzien buitendijks van het talud, oftewel op het strand (figuur 2.1 en tabel 2.1).

In het kader van de beoordeling van ecologische effecten van het VKA wordt hier rekening gehouden met een worst-case-scenario waarbij op de harde zeewering windturbines worden ontwikkeld met de laagst mogelijke tiplaagte (cf inrichtingsalternatief 1 in het MER) gecombineerd met windturbines op de zachte zeewering met de grootste rotor (cf

inrichtingsalternatief 2 in het MER omdat tiplaagte in beide inrichtingsalternatieven hetzelfde is). Best-case-scenario is een VKA met zowel op de harde- als zachte zeewering windturbines met zo hoog mogelijke tiplaagte en op de zachte zeewering de kleinste rotor (tabel 2.2). De tiplaagte is de meest kritische factor in deze, omdat dit bepaalt hoeveel van de vliegbewegingen van lokale vogelsoorten nog (net) wel en niet veilig onderdoor kunnen passeren.

Tabel 2.1 *VKA uit het MER voor Windpark Tweede Maasvlakte met bijbehorende range van afmetingen van windturbines voor ashoogte (m +NAP) en rotordiameter.*

Type windturbine	**Ashoogte (m +NAP)**		**Rotordiameter (m)**	
	Harde zeewering	Zachte zeewering	Harde zeewering	Zachte zeewering
Kleine turbineklasse	82 - 91 (n=9)	nvt	115 - 120 (n=9)	nvt
Grote turbineklasse	120 (n=1)	107 - 111 (n=12)	162 (n=1)	150 - 162 (n=12)

Tabel 2.2 *VKA voor Windpark Tweede Maasvlakte met bijbehorende afmetingen voor ashoogte (m +NAP) en rotordiameter voor een, vanuit ecologische effecten bezien, worst-case-scenario en best-case-scenario.*

VKA (bandbreedte)	**Ashoogte (m +NAP)**		**Rotordiameter (m)**	
	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)	Harde zeewering (n= 10)	Zachte zeewering (n= 12)
Worst-case-scenario	82	111	115	162
Best-case-scenario	91	105	120	150

2.1.1 Aanleg onderhoudswegen en kraanopstelplaatsen

- op de harde zeewering worden de fundatiepalen geschroefd, op de zachte zeewering worden de fundatiepalen de grond in getrild of geheid. De duur van de fundatie-werkzaamheden per windturbine bedragen ca. 50 dagen voor de harde zeewering en enkele dagen voor de zachte zeewering;
- aan te leggen onderhoudswegen:
  - per windturbine op de harde zeewering wordt een een toegangsweg gemaakt. Dit betreffen tijdelijke wegen ten behoeve van de bouwfase. De lengte van deze wegen verschilt per windturbine, maar bedraagt per weg circa 60 meter;
  - voor het bereiken van de windturbines op de zachte zeewering wordt gebruik gemaakt van duinovergangen, waarvan 1 bestaande en 3 nieuw aan te leggen. Op het strand worden tijdelijke toegangswegen middels rijplaten aangelegd.
- wegbreedte bedraagt ca. 4 m, de graafdiepte bij de aanleg van de wegen en de wegen zelf ligt niet dieper dan - 30 cm;
- aan te leggen tijdelijke kraanopstelplaatsen 50 bij 40 m, 2.000 m^2 per stuk;

- toename verhard oppervlak permanente situatie: ca. 2.600 m^2;
- aanpassingen aan waterpeilen geen en tijdelijke bemaling tijdens aanleg: nog niet bekend;
- aanpassingen aan waterpeilen/tijdelijke bemaling na aanleg: geen;
- de totale bouwtijd bedraagt circa 6 - 9 maanden.

2.1.2 Bekabeling

Tussen de windturbines wordt bekabeling aangebracht. De bekabeling wordt samengebracht in een inkoopstation. In het inkoopstation wordt tevens de aansluiting met het regionale net gerealiseerd.

2.2 Plangebied

In 2012 zijn de eerste delen van de Tweede Maasvlakte in gebruik opgeleverd, waaronder de buitencontour die de zeewering vormt. De zeewering bestaat uit een hard gedeelte (noordelijke deel) van *ca*. 4 kilometer lengte en een zacht gedeelte (westelijke deel) van *ca*. 5,5 kilometer lengte (zie figuur 2.1). Het windpark is gepland op het binnentalud van de harde zeewering en op het strand van de zachte zeewering.

De harde zeewering bestaat aan de buitenzijde uit een stenige laag. De binnenzijde van de zeewering is met gras ingezaaid. Buitendijks ligt op enkele honderden meters parallel aan de zeewering een blokkendam. Aan de binnenzijde lopen parallel aan de harde zeewering drie geasfalteerde wegen. Op enkele honderden meters landinwaarts van het plangebied ligt de Prinses Alexiahaven die in het oosten verbonden is met de Yangtze-haven. Het plangebied wordt in het oosten begrensd door de Edisonbaai aan de noordkant van de Eerste Maasvlakte.

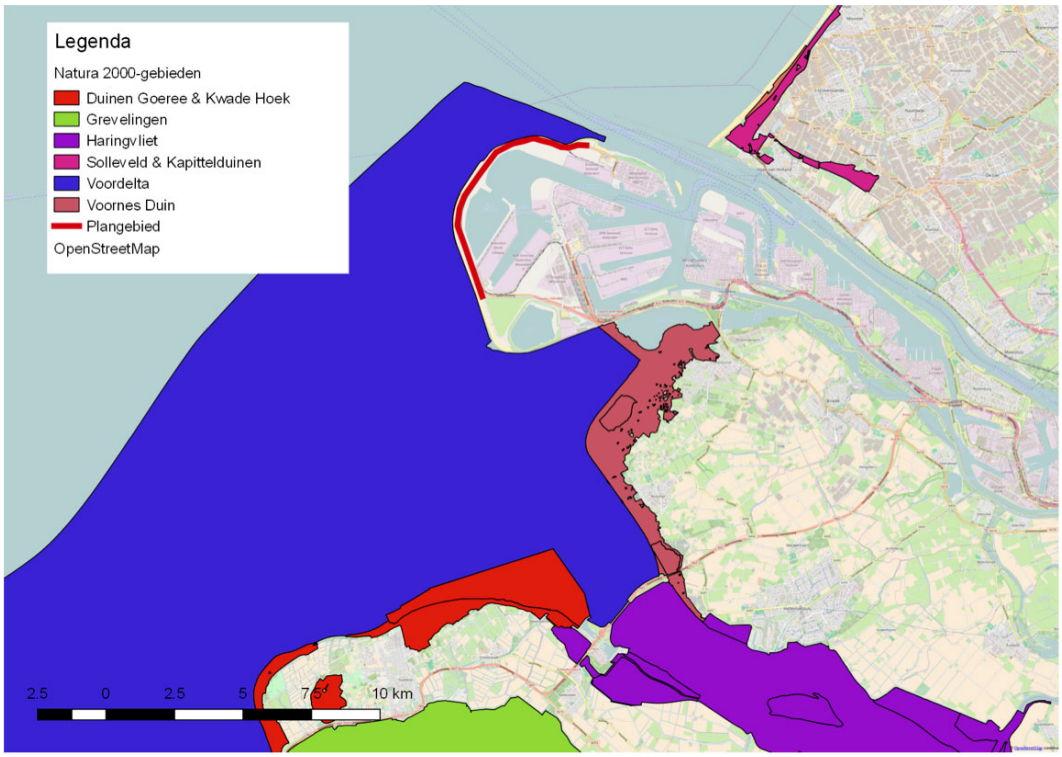
De zachte zeewering bestaat uit een zandstrand met een duinenrij. De duinenrij is beplant met helmgras. Een gedeelte van het strand langs de zachte zeewering is sinds november 2012 in gebruik als activiteitenstrand voor kitesurfers, vliegeraars, zeevissers en andere recreatieactiviteiten. Direct ten oosten van de zachte zeewering ligt de Prinses Alexiahaven.

Het plangebied grenst aan het Natura 2000-gebied Voordelta. Andere Natura 2000-gebieden in de omgeving die mogelijk een effect op het behalen van de IHD's voor kwalificerende vogelsoorten ondervinden zijn: Voornes Duin, Haringvliet en Grevelingen (Engels *et al*. 2020).

3 Beschermde gebieden en afbakening

3.1 Natura 2000-gebieden in de omgeving

In de ruime omgeving van het plangebied (straal van <30 km) zijn een groot aantal Natura 2000-gebieden gelegen die zijn aangewezen als Vogelrichtlijngebied[2]. Het plangebied grenst direct aan het Natura 2000-gebied Voordelta. Vanaf 7 km afstand ten zuidoosten van het plangebied ligt het Voornes Duin, vanaf 20 km ten zuidoosten ligt het Haringvliet. Duinen Goeree & Kwade Hoek ligt vanaf 16 km ten zuiden van het plangebied. Nog verder zuidelijk ligt de Grevelingen (25 km afstand). Alle genoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn.



Figuur 3.1 Ligging van het plangebied en Natura 2000-gebieden.

3.1.1 Voordelta

De Voordelta omhelst het ondiepe zeegedeelte van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. Het gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden, dat een relatief beschutte overgangszone vormt tussen de (voormalige) estuaria en volle zee. Na de afsluiting van

[2] Voor een eerste afbakening van de mogelijke invloedssfeer van het project op Natura 2000-gebieden, is rekening gehouden met de actieradius van de soorten met instandhoudingsdoelstellingen in de omliggende Natura 2000-gebieden (van der Vliet *et al*. 2011, zie hoofdtekst voor gehanteerde afstanden). In dit hoofdstuk wordt vervolgens nader bepaald welke Natura 2000-gebieden en soorten met instandhoudingsdoelstellingen relevant zijn.

de Deltawerken is dit kustgedeelte sterk aan veranderingen onderhevig geweest, waarbij een uitgebreid stelsel van droogvallende en diepere zandbanken is ontstaan met daartussen diepere geulen. Door erosie- en sedimentatieprocessen treden verschuivingen op in de omvang van de intergetijdengebieden. Daarbij heeft onder andere de 'zandhonger' van de Oosterschelde, maar ook de uitbreiding van de arealen door aanslibbing in de Kwade Hoek effect op de Voordelta (zoals de Westplaat). In de randen van het gebied bij Voorne en Goeree ligt een aantal schorren en meer slikkige platen. Verder horen ook de stranden van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, waar plaatselijk duinvorming optreedt, tot het gebied.

Ten behoeve van de aanleg van de Tweede Maasvlakte is in het Natura 2000-gebied Voordelta een landaanwinning van 1.000 ha netto haventerrein aansluitend aan de bestaande Maasvlakte gerealiseerd zoals vastgelegd in de Planologische Kernbeslissing Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PKB PMR). Door de aanleg is 1.916 hectare van het habitattype permanent overstroomde zandbanken (H1110) verloren gegaan (tevens leefgebied van zwarte zee-eend, grote stern en visdief). Dit effect is destijds als significant beoordeeld. Het is niet mogelijk dit habitattype elders opnieuw aan te leggen. Daarom is in de PKB PMR vastgelegd dat het areaalverlies van habitattype en leefgebied wordt gecompenseerd door in de Voordelta voor het habitattype een kwaliteitsverbetering te realiseren. Hieraan is invulling gegeven door het realiseren van een 24.550 ha groot bodembeschermingsgebied in het Natura 2000-gebied Voordelta. Deze maatregel moet ertoe leiden dat de productie van voedsel voor vogels en vissen gelijk blijft aan die vóór de aanleg van Tweede Maasvlakte, waardoor het verlies aan leefgebied van soorten in de Voordelta als gevolg van de aanleg van Tweede Maasvlakte ten minste wordt gecompenseerd.

In voorliggende passende beoordeling wordt specifiek aandacht besteed aan de mogelijke effecten van Windpark Tweede Maasvlakte op het functioneren van voornoemde compensatieopgave, zoals bijvoorbeeld verstoring van in de Voordelta foeragerende sterns, barrierewerking en sterfte als gevolg van aanvaring die de aantallen vogels die gebruik kunnen maken van het compensatiegebied kunnen drukken.

Het Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor 10 habitattypen, 7 Habitatrichtlijnsoorten en **30 soorten niet-broedvogels** (tabel 3.1).

3.1.2 Voornes Duin

Het Voornes Duin bestaat uit jonge duin- en strandafzettingen met een hoog kalkgehalte. Het duingebied met duinvalleien is grotendeels in de 19e en begin 20e eeuw ontstaan door afsnoering van strandvlakte als gevolg van het ontstaan van nieuwe zeerepen. Het zuidoostelijke deel van het gebied stamt uit de late Middeleeuwen. Het duingebied van Voorne heeft een grote variatie in landschapstypen en heeft daardoor een grote soortenrijkdom, zowel wat betreft flora als fauna. Het bestaat uit een afwisselend duingebied met twee grote duinmeren (Breede water en Quackjeswater) en meerdere kleine poelen, moerassen, grote oppervlaktes bos en struweel, duingraslanden en natte duinvalleien. Aan de binnenduinrand liggen een aantal landgoedbossen met stinzeflora.

Het Natura 2000-gebied Voornes Duin is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor 15 habitattypen, 3 Habitatrichtlijnsoorten en **4 soorten broedvogels** (tabel 3.1).

3.1.3 Haringvliet

Het Haringvliet is een afgesloten zeearm die via een open verbinding met het Hollands Diep deel uitmaakt van de delta van Rijn en Maas. Het Haringvliet vormt nu een groot zoetwaterbekken, dat alleen via Spui, Oude Maas en Nieuwe Waterweg nog in verbinding staat met de Noordzee. Aan de oevers van Voorne-Putten, de Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee bestaat het landschap uit grasgorzen, riet- en biezenvelden, begroeide en onbegroeide zand- en slikplaten grenzend aan het open water. Een aantal voormalige platen zijn door vooroeververdediging en aanvulling met grond uitgegroeid tot uitgestrekte gebieden (Ventjagersplaten en Slijkplaat).

Het Natura 2000-gebied Haringvliet is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor 3 habitattypen, 8 Habitatrichtlijnsoorten, **10 soorten broedvogels** en **26 soorten niet-broedvogels** (tabel 3.1).

3.1.4 Duinen Goeree & Kwade Hoek

Het gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek omvat een aantal duingebieden aan de noordwestkant van Goeree plus de aan de zeezijde gelegen Kwade Hoek. De Kwade Hoek is het meest noordelijke deel van het intergetijdengebied van de Voordelta en vormt hier de overgang van kwelder naar strandvlakte. De zandbanken, waaronder een grote haak in het noordoosten, vallen bij eb grotendeels droog en groeien elk jaar nog aan. Het gebied bestaat aan de zeezijde uit strand, waar spontaan duintjes zijn ontstaan, en slikken. Doordat deze modderige platen dagelijks worden overspoeld met zeewater zijn ze nauwelijks begroeid. Meer landinwaarts liggen schorren die doorsneden worden door kronkelige kreken. Achter de duintjes hebben zich vochtige primaire duinvalleien ontwikkeld. Het is dus een afwisselend en dynamisch landschap met primaire duinvorming, slikken, schorren, valleien en duinstruweel.

Het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor 19 habitattypen, 4 Habitatrichtlijnsoorten, **1 broedvogelsoort** en **19 soorten niet-broedvogels** (tabel 3.1).

3.1.5 Grevelingen

De Grevelingen is een voormalige zeearm gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Het is sinds de afsluiting door de Deltawerken het grootste zoutwatermeer van Europa en bevat een aantal eilanden waar uitgestrekte, soortenrijke duinvalleibegroeiingen en zilte pioniergemeenschappen voorkomen, alsmede uitgestrekte oeverlanden met zilte begroeiingen, graslanden, ruigten, struwelen en bos. Krammer-Volkerak

Het Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen als Vogel- en Habitatrichtlijngebied voor 8 habitattypen, 4 Habitatrichtlijnsoorten en **7 broedvogelsoorten** en **27 soorten niet-broedvogels** (tabel 3.1).

3.2 Afbakening effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden

In deze paragraaf wordt voor de **vogelsoorten**, waarvoor de vijf hiervoor genoemde Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, beschreven of (mogelijk) sprake is van een relatie met het plangebied. Wanneer dat het geval is wordt dat voor de desbetreffende vogelsoorten in hoofdstuk 5 in meer detail beschreven.

3.2.1 Broedvogels

Vier van de vijf in §3.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor een aantal broedvogelsoorten (tabel 3.1). Enkele soorten vogels met een grote actieradius, waarvoor deze Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, kunnen op en nabij de Tweede Maasvlakte foerageren. Door de externe werking van de bescherming van Natura 2000-gebieden, kan de realisatie van een windpark op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte effect hebben op de realisatie van de IHD's van deze vogels in de betreffende gebieden. Voor de verschillende nabijgelegen Natura 2000-gebieden (die zijn aangewezen voor broedvogels) is hieronder in meer detail beschreven welke vogelsoorten in het broed-seizoen mogelijk een effect van het geplande windpark ondervinden en voor welke soorten significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van het windpark op voorhand uitgesloten kunnen worden. In tabel 3.1 is samengevat welke vogelsoorten in voorliggende passende beoordeling nader worden onderzocht.

Voornes Duin
Natura 2000-gebied Voornes Duin is aangewezen voor vier soorten broedvogels: geoorde fuut, aalscholver, kleine zilverreiger en lepelaar. De geoorde futen die in het Voornes Duin broeden, maken (in de broedtijd) geen gebruik van de omgeving van het plangebied. Significante verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de geoorde fuut (als broedvogel) zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.
De **aalscholver** broedt in het Breede Water en het Quackjeswater en foerageert in de wijde omgeving van het Natura 2000-gebied Voornes Duin. De aalscholver kan binnen het broedseizoen tot 70 km afstand van de broedkolonie foerageren (Van Dam *et al*. 1995). De effecten van de ingreep op de aalscholver in het Voornes Duin worden in voorliggende passende beoordeling nader bepaald en beoordeeld.
De kleine zilverreiger en de lepelaar broeden in het Quackjeswater. Beide soorten foerageren in de ruime omgeving van de kolonie onder andere in ondiep water bij stranden en zandplaten. Voor de kleine zilverreiger ligt het plangebied buiten de actieradius van ca. 10 kilometer in het broedseizoen (Fasola *et al*. 2002) voor vogels afkomstig van de broedkolonie binnen het Voornes Duin. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van de kleine zilverreiger in het Voornes Duin zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

De lepelaar kan in het broedseizoen tot op een afstand van 40 km van de kolonie foerageren (Van der Winden *et al*. 2004; Prinsen *et al*. 2009a) en dus in theorie het plangebied gebruiken en/of passeren. Voor de lepelaar geldt echter dat er geen geschikt foerageergebied nabij of ten noorden van het plangebied ligt. Ook ligt het gebied niet op een vliegroute tussen de broedkolonie en foerageergebied waaronder Midden-Delfland (zie hoofdstuk 5). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van de lepelaar in het Voornes Duin zijn dan ook op voorhand met zekerheid uit te sluiten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

Duinen Goeree & Kwade Hoek
De strandplevier is de enige broedvogel waarvoor het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen. De strandplevieren die in dit Natura 2000-gebied broeden hebben in het broedseizoen een beperkte actieradius (maximaal 3 km, Van der Hut *et al*. 2007) en hebben dus zeker geen relatie met het plangebied op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulatie van de strandplevier in het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soort blijft verder buiten beschouwing.

Haringvliet
Het Haringvliet is aangewezen voor tien broedvogelsoorten: bruine kiekendief, kluut, bontbekplevier, strandplevier, zwartkopmeeuw, grote stern, visdief, dwergstern, blauwborst en rietzanger. Met uitzondering van de grote stern, is de actieradius van deze soorten in het broedseizoen niet groot genoeg om de afstand van >15 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van voornoemde soorten (exclusief grote stern) in het Natura 2000-gebied Haringvliet zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

De uitzondering wordt gevormd door de **grote stern**. De grote sterns die broeden in het Haringvliet kunnen tot 30 km afstand van de broedkolonie foerageren (Van der Hut *et al*. 2007). De effecten van de ingreep op de grote stern in het Haringvliet worden in voorliggende passende beoordeling nader bepaald en beoordeeld.

Grevelingen
Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen voor zeven soorten broedvogels: bruine kiekendief, kluut, bontbekplevier, strandplevier, grote stern, visdief en dwergstern. Net als voor het Haringvliet geldt dat alleen de actieradius van de grote stern in het broedseizoen groot genoeg is om de afstand tot het plangebied, van in dit geval ongeveer 30 km, (dagelijks) af te leggen. De effecten van de ingreep op de **grote stern** in het Grevelingen worden in voorliggende passende beoordeling nader bepaald en beoordeeld. Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de broedpopulaties van voornoemde overige zes soorten in het Natura 2000-gebied Grevelingen zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

3.2.2 Niet-broedvogels

Vier van de vijf in §3.1 benoemde Natura 2000-gebieden zijn aangewezen voor een aantal niet-broedvogelsoorten (tabel 3.1). Enkele soorten vogels met een grote actieradius, waarvoor deze Natura 2000-gebieden zijn aangewezen, kunnen in theorie op en nabij de Tweede Maasvlakte foerageren. Door de externe werking van de bescherming van Natura 2000-gebieden, kan de realisatie van een windpark op en langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte effect hebben op de realisatie van de IHD's van deze vogels in de betreffende gebieden. Voor de verschillende nabijgelegen Natura 2000-gebieden (die zijn aangewezen voor niet-broedvogels) is hieronder in meer detail beschreven welke vogelsoorten buiten het broedseizoen mogelijk een effect van het geplande windpark ondervinden en voor welke soorten significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van het windpark op voorhand uitgesloten kunnen worden.

Voordelta

Alle niet-broedvogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen (zie tabel 3.1) ondervinden met name in de gebruiksfase mogelijk negatieve effecten van de ingreep in de vorm van verstoring (inclusief sterfte). De effecten van het windpark op niet-broedvogels waarvoor de Voordelta is aangewezen worden in voorliggende natuurtoets nader bepaald en beoordeeld.

Duinen Goeree & Kwade Hoek

Het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek is aangewezen voor 18 soorten niet-broedvogels (tabel 3.1). Alleen aalscholver, grauwe gans en brandgans kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 5) wordt voor de grauwe gans en brandgans op voorhand geconcludeerd dat er geen sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied (voornamelijk in het getijdegebied Kwade Hoek) enige binding hebben met het >16 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben binding met de Voordelta (deskundigenoordeel) en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.

De actieradius van andere soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >16 km tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 18 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

Haringvliet

Het Natura 2000-gebied Haringvliet is aangewezen voor 26 soorten niet-broedvogels (tabel 3.1). Alleen aalscholver, kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 5) wordt voor de kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend op voorhand geconcludeerd dat er geen sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura

2000-gebied Haringvliet over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied Haringvliet enige binding hebben met het >20 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben binding met de Voordelta (deskundigenoordeel) en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.
De actieradius van andere soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >20 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 26 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Haringvliet zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

Grevelingen
Het Natura 2000-gebied Grevelingen is aangewezen voor 34 soorten niet-broedvogels (zie tabel 3.1). Alleen aalscholver, kolgans, grauwe gans, brandgans en wilde eend kunnen op basis van de maximale foerageerafstand het plangebied in potentie bereiken. Op basis van geringe aanwezigheid en/of gebiedsgebruik in en nabij het plangebied (zie hoofdstuk 5) wordt voor de kolgans, grauwe gans, brandgans en wilde eend op voorhand geconcludeerd dat er geen of sprake is van vliegbewegingen **vanuit** Natura 2000-gebied Grevelingen over het plangebied. Voor aalscholver is het uitgesloten dat de niet-broedvogels die foerageren en verblijven in het Natura 2000-gebied Grevelingen enige binding hebben met het >25 km verderop gelegen plangebied van Windpark Tweede Maasvlakte. De aalscholvers die daar buiten het broedseizoen worden gezien hebben binding met de Voordelta (deskundigen-oordeel) en worden voor dat Natura 2000-gebied beoordeeld.
De actieradius van de overige kwalificerende soorten niet-broedvogels is niet groot genoeg om de afstand van >25 kilometer tot het plangebied (dagelijks) te overbruggen (Van der Vliet *et al*. 2011). Significant verstorende effecten (inclusief sterfte) van de ingreep op de populaties van alle 34 soorten niet-broedvogels in het Natura 2000-gebied Grevelingen zijn op voorhand met zekerheid uitgesloten. Deze soorten blijven verder buiten beschouwing.

3.2.3 Samenvatting

In voorgaande paragrafen is beschreven welke vogelsoorten, waarvoor de Natura 2000-gebieden Voornes Duin, Voordelta, Haringvliet, Duinen Goeree & Kwade Hoek en Grevelingen zijn aangewezen, mogelijk een verstorend effect (inclusief sterfte) ondervinden van Windpark Tweede Maasvlakte. In tabel 3.1 is een volledig overzicht opgenomen van de IHD's (**vogelsoorten**) van voornoemde Natura 2000-gebieden en is weergegeven voor welke soorten de effecten in deze passende beoordeling nader bepaald en beoordeeld worden (oranje gearceerd in tabel 3.1). Voor de overige vogelsoorten is in voorgaande alinea's beargumenteerd waarom effecten (verstoring of verslechtering) van Windpark Tweede Maasvlakte op voorhand met zekerheid uitgesloten kunnen worden (groen gearceerd in tabel 3.1). Deze vogelsoorten zullen in de voorliggende passende beoordeling verder buiten beschouwing worden gelaten.

Tabel 3.1 *Overzicht van broedvogel- en niet-broedvogelsoorten, waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, die in voorliggende passende beoordeling nader worden behandeld (oranje gemarkeerd). Vogelsoorten die in de tabel groen zijn gemarkeerd worden verder buiten beschouwing gelaten.*

Instandhoudingsdoelstelling		Voordelta (<100 m)	Voorne s Duin (7 km)	Duinen Goeree & Kwade Hoek (16 km)	Haringvliet (20 km)	Grevelingen (25 km)	Solleveld & Kapittelduinen (8 km)
Broedvogels							
A008	Geoorde fuut	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt
A017	Aalscholver	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt
A026	Kleine Zilverreiger	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt	nvt
A034	Lepelaar	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt
A081	Bruine Kiekendief	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A132	Kluut	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A137	Bontbekplevier	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A138	Strandplevier	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A176	Zwartkopmeeuw	nvt	nvt	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt
A191	Grote stern	nvt	nvt	nvt	Ja, mogelijk effect onderzoeken	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt
A193	Visdief	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A195	Dwergstern	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A272	Blauwborst	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A295	Rietzanger	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
Niet-broedvogels							
A001	Roodkeelduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A004	Dodaars	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A005	Fuut	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A007	Kuifduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A008	Geoorde fuut	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A017	Aalscholver	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A026	Kleine Zilverreiger	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A034	Lepelaar	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A037	Kleine Zwaan	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A041	Kolgans	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A042	Dwerggans	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A043	Grauwe Gans	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A045	Brandgans	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A046	Rotgans	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A048	Bergeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A050	Smient	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A051	Krakeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A052	Wintertaling	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A053	Wilde eend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A054	Pijlstaart	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A056	Slobeend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A061	Kuifeend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A062	Topper eend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A063	Eider	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A065	Zwarte zee-eend	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A067	Brilduiker	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A069	Middelste Zaagbek	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A094	Visarend	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A103	Slechtvalk	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A125	Meerkoet	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A130	Scholekster	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A132	Kluut	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A137	Bontbekplevier	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A138	Strandplevier	nvt	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A140	Goudplevier	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A141	Zilverplevier	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A142	Kievit	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A144	Drieteenstrandloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt	nvt
A149	Bonte strandloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A156	Grutto	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	nvt
A157	Rosse grutto	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A160	Wulp	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A162	Tureluur	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A169	Steenloper	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	Nee, (ruim) buiten plangebied	nvt
A177	Dwergmeeuw	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A191	Grote stern	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
A193	Visdief	Ja, mogelijk effect onderzoeken	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

4 Materiaal en methoden

4.1 Brongegevens

4.1.1 Vogels

Voor de beschrijving van de aantallen en verspreiding van vogels in de omgeving van het plangebied is gebruik gemaakt van gegevens uit de literatuur, kennis opgedaan in eerdere onderzoeken in (de omgeving van) het plangebied door Bureau Waardenburg en opgevraagde telgegevens (zie onder). Deze gegevens zijn aangevuld met gegevens uit veldonderzoeken uitgevoerd in 2012 en 2019 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013, Prinsen *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019, Kleyheeg-Hartman & Potiek 2020).

Broedvogels
Voor gegevens over de aanwezigheid van broedvogels op de Tweede Maasvlakte is gebruik gemaakt van gegevens van de periode 2013-2018 gepubliceerd in Arts *et al*. (2019a), aangevuld met gegevens uit 2019 gepubliceerd in Lilipaly *et al*. (2020). In hoofdstuk 5 wordt daarnaast kort stilgestaan bij andere recent beschikbaar gekomen informatie over broedvogelaantallen in 2017 (Staro & BEC 2017). Informatie over het aantal broedparen van de grote stern in Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen is afgeleid van Sovon.nl en Strucker *et al*. (2016). Kennis van de vliegbewegingen van grote sterns die broeden in het Haringvliet en het Grevelingenmeer is afgeleid uit Prins *et al*. (2013) en Fijn *et al*. (2016).

Extra gegevens over de vliegbewegingen van aalscholvers die broeden in het Breede Water (Voornes Duin) zijn afkomstig uit onderzoek van Bureau Waardenburg aan gezenderde aalscholvers uit de desbetreffende kolonie (Fijn *et al*. 2014). Het aantal broedparen in het Breede Water is afgeleid van Sovon.nl. De aantallen niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta zijn afgeleid van de rapportenreeks ‘Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta’ (Strucker *et al*. in serie; Arts *et al*. in serie).

Niet-broedvogels
Voor de beschrijving van de verspreiding en het voorkomen van niet-broedvogels in de omgeving van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte is gebruik gemaakt van de gegevens van midwintertellingen in januari van Rijkswaterstaat Waterdienst voor de jaren 2014, 2015, 2016 en 2018 voor het gebied Europoort/Maasvlakte als geheel, gepubliceerd in Arts *et al*. (in serie). Bureau Stadsnatuur heeft op basis van deze midwintertellingen en aanvullende informatie van de tellers het gebiedsgebruik van niet-broedvogels op en langs de buitencontour in kaart gebracht.

In de Voordelta worden ook maandelijks tellingen vanuit het vliegtuig uitgevoerd van zwarte zee-eend en eider. In de periode 2009-2015 zijn voor de kust van de buitencontour geen zwarte zee-eenden en eiders vastgesteld (Fijn *et al*. 2016; resultaten eider zijn hier niet in

gepubliceerd maar zijn wel verzameld en voor deze rapportage gebruikt). De zee-eenden en eiders verblijven doorgaans in meer zuidelijk gelegen gebieden in de Voordelta (Fijn *et al*. 2016; Fijn *et al*. ongepubliceerd).

Voor het beschrijven van het voorkomen van niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta in de seizoenen '13/'14 t/m '17/'18 (seizoensgemiddelde) is gebruik gemaakt van de gegevens van het Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS): www.sovon.nl/gebieden.

4.2 Effectbepaling en -beoordeling Natura 2000-gebieden

4.2.1 Bepaling van effecten op vogels

Aanvaringsslachtoffers

Voor de bepaling van het aantal aanvaringsslachtoffers is gebruik gemaakt van bestaande kennis over slachtofferaantallen bij windparken in Nederland, België, Duitsland en andere (West-) Europese landen (Winkelman 1989, 1992, Musters *et al*. 1996, Baptist 2005, Schaut *et al*. 2008, Everaert 2008, Krijgsveld *et al*. 2009, Krijgsveld & Beuker 2009, Beuker & Lensink 2010, Brenninkmeijer & Van der Weyde 2011, Verbeek *et al*. 2012, Klop & Brenninkmeijer 2014, Langgemach & Dürr 2020). In deze studies is gecorrigeerd voor factoren zoals zoekefficiëntie, verdwijnen van lijken door aaseters, het aantal zoekdagen en type zoekgebied. Op basis van deze kennis, gecombineerd met kennis van de vliegactiviteit van soorten in het plangebied, is op basis van deskundigenoordeel het toekomstige aantal slachtoffers in het windpark bepaald.

Voor sommige soort(groep)en is uit onderzoek in bestaande windparken een aanvaringskans beschikbaar. Voor deze soorten kan het aantal aanvaringsslachtoffers berekend worden met behulp van het Flux-Collision Model (bijlage 3, Kleyheeg-Hartman *et al*. 2018). De aanvaringskansen (kans dat een langs vliegende vogel botst met een windturbine) zijn gebaseerd op studies in Windpark Wieringermeer, Windpark Sabina-polder, Windpark Oosterbierum, Windpark Slufter, Windpark Distridam en enkele studies in België (Winkelman 1992, Everaert 2008, Fijn *et al*. 2012, Verbeek *et al*. 2012, Gyimesi *et al*. 2013). De aantallen slachtoffers uit deze studies zijn te vertalen naar nieuw geplande windparken, indien rekening gehouden wordt met de windturbineomvang (ashoogte, rotordiameter), windturbineconfiguratie, locatie (landschapstype), vogelaanbod (flux) en betrokken soorten. Deze factoren zijn geformaliseerd in een berekeningswijze die soort(groep)specifiek is en waarvoor kennis over het vogelaanbod (flux) noodzakelijk is (Flux-Collision Model; versie maart 2016, zie bijlage 3 voor details en Kleyheeg-Hartman *et al*. 2018). De uitkomst van de berekeningen wordt bepaald door de combinatie van de dimensies van het windpark en de eigenschappen en het gedrag van de desbetreffende vogelsoort.

Soorten uit Natura 2000-gebieden

In hoofdstuk 3 is weergegeven welke kwalificerende soorten uit welke Natura 2000-gebieden in deze passende beoordeling zijn opgenomen. Hieruit blijkt dat voor alle niet-

broedvogels, waarvoor de Voordelta is aangewezen, de effecten in beeld gebracht dienen te worden. De meeste van deze soorten niet-broedvogels (uitzonderingen scholekster en visdief, zie hierna) vertonen echter geen vliegbewegingen door het windpark zelf, omdat ze geen binding hebben met de omgeving van het plangebied of uitsluitend buitendijks in de Voordelta voorkomen, bijvoorbeeld steltlopersoorten die voornamelijk op de Slikken van Voorne foerageren en overtijen (Wansink *et al*. 2013, Verbeek 2017). Voor deze soorten is in de effectbepaling geen berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers uitgevoerd, omdat dit effect op basis van de verspreiding en het gedrag van de soort als nihil beschouwd kan worden. In het verlengde hiervan zijn effecten op het Natura 2000-gebied Voordelta vanwege aanvaringsslachtoffers onder deze soorten op voorhand met zekerheid uitgesloten.

De resterende kwalificerende soorten die wel nader worden onderzocht en waarvoor wel slachtofferberekeningen met het Flux-Collision Model zijn uitgevoerd zijn de **scholekster** (niet-broedvogel Voordelta), **visdief** (niet-broedvogel Voordelta) en de **grote stern** die broedt in het Haringvliet en/of het Grevelingenmeer. Voor de **aalscholver** (broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta) is geen aanvaringskans uit eerder onderzoek beschikbaar en kan geen berekening met het Flux-Collision Model worden gedaan. In voorliggende rapportage is daarom een berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers uitgevoerd met een ander rekenmodel dat veel voor offshore windparken wordt gebruikt, het zogenoemde Band model (Band 2012). Voor een bespreking van beide modellen wordt kortheidshalve verwezen naar Kleyheeg-Hartman *et al*. (2018). Als input in het Band model is gebruik gemaakt van informatie over: 1) aantallen vliegbewegingen van aalscholver over het plangebied (flux), 2) het vlieggedrag en enkele biometrische gegevens van aalscholver, 3) vlieghoogte en 4) de afmetingen en configuratie van het geplande windpark. In bijlage 4 is de methode verder uitgeschreven.

In de berekeningen is nadrukkelijk de informatie verzameld tijdens veldonderzoek in het plangebied in 2019 meegenomen (Leemans *et al*. 2019). Noodzakelijkerwijs zijn de berekeningen deels gebaseerd op aannames. Deze aannames zijn altijd op zo'n manier gedaan dat in alle gevallen met zekerheid het worst-case-scenario is getoetst. Dit betreft o.a. het aantal vogels dat bij het windpark rondvliegt, uitwijkt voor het windpark, en de berekende 1%-mortaliteitsnorm (zie ook hieronder bij flux, uitwijking en 1%-mortaliteits-norm).

Aanvaringskans

In tabel 4.1 wordt een overzicht gegeven van o.a. de aanvaringskansen die in de slachtofferberekeningen met het Flux-Collision Model zijn gehanteerd.

Voor de **scholekster** is een aanvaringskans gehanteerd (tabel 4.1) die voor steltlopers is vastgesteld in Windpark Oosterbierum (Winkelman 1992). Het onderzoek in de Sep-proefwindcentrale in Oosterbierum (Winkelman 1992) is tot nu toe het enige onderzoek waarin aanvaringskansen voor steltlopers zijn bepaald. Winkelman (1992) heeft de aanvaringskans op verschillende manieren berekend, uitgaande van uiteenlopende fluxen en verschillende, al dan niet gecorrigeerde, aantallen aanvaringsslachtoffers. De gehanteerde aanvaringskans van 0,02% voor steltlopers is door Winkelman (1992)

berekend op basis van het maximale werkelijke (oftewel gecorrigeerde) aantal aanvarings-slachtoffers. Dit is berekend op basis van de zekere, zeer waarschijnlijke en mogelijke slachtoffers. De flux die Winkelman (1992) heeft gebruikt voor de berekening van deze aanvaringskans, betreft het minimale aantal geschatte vliegbewegingen door (of net over) het windpark in de namiddag/avond, nacht en ochtend. Dit betreft waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke flux, omdat de fluxen in het onderzoek van Winkelman (1992) veelal visueel/auditief zijn gemeten, waardoor mogelijk vogels zijn gemist. De belangrijkste redenen voor het hanteren van specifiek deze aanvaringskansen zijn: 1) omdat de aanvaringskansen berekend zijn op basis van het maximale werkelijke aantal slachtoffers, waarin ook de mogelijke aanvaringsslachtoffers zijn meegenomen, betreft de aanvaringskans met zekerheid een worst-case-scenario, 2) de flux waarop de aanvarings-kansen zijn gebaseerd (vliegbewegingen in de avond, nacht en ochtend) komt het best overeen met de manier waarop de flux over het algemeen in de slachtofferberekeningen voor de te beoordelen windparken wordt bepaald.

Tabel 4.1 *Aanvaringskansen, flux over de harde zeewering en zachte zeewering (totaal aantal vliegbewegingen per broedseizoen), en percentage macro-uitwijking (voor het gehele windpark) voor de verschillende vogelsoorten in de slachtoffer-berekeningen met het Flux-Collision Model. 1 = Verbeek et al. (2012); 2 = Winkelman (1992); 3 = Fijn et al. (2012), 4 = Gyimesi et al. 2013, 5 = Everaert (2008).*

soort	aanvarings-kans (%)	flux per seizoen harde zeewering (n vluchten)	flux per seizoen zachte zeewering (n vluchten)	macro-uitwijken (%)
scholekster	0,02[2]	330	1.825	20
grote stern	0,0015[4]	11.978	15.642	28
visdief	0,0015[4]	27.699	101.673	28

Voor de **visdief** en **grote stern** is de aanvaringskans gehanteerd (tabel 4.1) vastgesteld voor visdief in het nabijgelegen Windpark Slufter op de Eerste Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013). Grote stern is qua gedrag goed vergelijkbaar met deze soort. Er is hier gekozen om niet te vergelijken met aanvaringskansen berekend in een windpark in Zeebrugge, omdat die situatie daar te sterk afwijkt (relatief kleine turbines en sternkolonies zeer dichtbij de windturbines) van voorliggende situatie.

Bepaling soortspecifieke flux

De totale soortspecifieke flux door het windpark (tabel 4.1) is bepaald aan de hand van de resultaten van het veldwerk in 2019 (Leemans *et al*. 2019). Voor de harde zeewering is hiertoe, vanwege verschillen in flux over deelgebieden binnen de harde zeewering, de *gemiddelde* flux berekend voor drie deelgebieden die samenvallen met de meest westelijke turbine, de vijf middelste turbines respectievelijk de vier oostelijke turbines. Voor de zachte zeewering is gerekend met een *gemiddelde* flux berekend over de gehele zachte zeewering.

In alle gevallen is bij de berekening van de totale flux rekening gehouden met het aantal uur dat er op een dag vliegactiviteit van de betreffende soort zal zijn. Dit laatste verschilt tussen de maanden aangezien er sprake is van een uitgesproken verschil in daglengte. Tenslotte is de flux gemeten in maanden mei t/m juli 2019 geëxtrapoleerd naar de maanden dat geen veldonderzoek heeft plaatsgevonden, maar de soorten nog wel in en rond de broedkolonie (en dus het windpark) actief zijn. Kleine mantelmeeuwen komen bijvoorbeeld pas in de loop van april in de kolonie aan en zijn in september alweer goeddeels vertrokken.

Voor de **grote stern** is voorzichtigheidshalve en als worst-case-scenario aangenomen dat alle vogels die in de maanden april t/m juli de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren, tot de broedkolonies in het Haringvliet en Grevelingenmeer behoren. Dit is voor de grote stern een worst-case-scenario, omdat bij de fluxmetingen van het veldonderzoek van 2019 (Leemans *et al*. 2019) vermoedelijk ook grote sterns passeerden die mogelijk niet tot de kolonies in het Haringvliet en Grevelingenmeer behoorden, maar uit kolonies elders afkomstig zijn. Voor de maanden april t/m juli is de flux afgeleid van de flux zoals tijdens het veldwerk in juli 2019 is vastgesteld. Aan het eind van het broedseizoen, in juli, passeerden duidelijk veel meer grote sterns de dijk dan tijdens het veldwerk in de maanden mei en juni. Aan het eind van het broedseizoen passeerden regelmatig groepjes volwassen grote sterns vergezeld van hun jongen de buitencontour (Leemans *et al*. 2019). Voor de maanden april, mei en juni bedraagt de flux een 1/8e, 1/4e respectievelijk 1/4e van de flux gemeten in juli, dit is een worst-case-scenario.

Voor de **visdief** is voorzichtigheidshalve en als worst-case-scenario aangenomen dat alle vogels die in de maanden april t/m juli de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren, tot de broedkolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte behoren. Dit is voor de visdief een worst-case-scenario, omdat bij de fluxmetingen van het veldonderzoek van 2019 (Leemans *et al*. 2019) vermoedelijk ook visdieven passeerden die niet tot de kolonies van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte behoorden, maar uit kolonies elders in de noordelijke Delta afkomstig zijn. De gemeten flux is toegepast voor de maanden mei t/m juli, wat voor de visdief de belangrijkste maanden van het broedseizoen zijn. Voor april (de maand dat visdieven weer arriveren in de broedkolonies in Nederland) is de helft van de flux gehanteerd die is vastgesteld in de maanden mei t/m juli.

Voor de **aalscholver** is het niet mogelijk om het aantal aanvaringsslachtoffers met het Flux-Collision Model te berekenen, maar is op basis van het veldwerk in 2019 wel een soort-specifieke flux bepaald ten behoeve van de berekening met het Band model. Om de flux van aalscholvers afkomstig uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin te berekenen is voorzichtigheidshalve en als worst-case-scenario aangenomen dat alle aalscholvers die in april t/m juni door het windpark vliegen tot de kolonies in Voornes Duin behoren.
Het Natura 2000-gebied Voordelta is daarnaast aangewezen voor de aalscholver als niet-broedvogel. Om de flux van aalscholvers buiten het broedseizoen te berekenen is voor de maanden juli t/m oktober de helft en voor de maanden november t/m maart 20% van de flux in het broedseizoen gehanteerd. Deze percentages zijn bepaald aan de hand van de lokale verspreiding en ecologie van de soort. Het aantal passages buiten het broedseizoen

zal in werkelijkheid (iets) lager liggen (waar telgegevens ook op wijzen, zie Verbeek 2017) en zodoende is met zekerheid een worst-case-scenario gehanteerd.

Voor **scholekster** is op basis van het veldonderzoek in voorjaar 2019 (Leemans *et al*. 2019) jaarrond een flux van 60 vogels per dag gehanteerd. Dit bedraagt met zekerheid een worst-case-scenario omdat het niet waarschijnlijk is dat gedurende het hele jaar dergelijke aantallen de buitencontour passeren. In het winterhalfjaar zijn gemiddeld slechts 128 exemplaren aanwezig in het gehele Maasvlakte en Europoort gebied (Arts *et al*. in serie). Het merendeel (84%) van de waargenomen passages vond in voorjaar 2019 plaats over de zachte zeewering. Aangenomen is dat een gering deel (10%) van de totale flux in het donker de buitencontour passeert en alleen dan een risico heeft om met turbines te botsen (afhankelijk van vlieghoogte) De flux overdag heeft dus geen aanvaringsrisico.

Het plangebied wordt niet of hooguit in verwaarloosbare lage aantallen gebruikt door andere (niet)-broedvogelsoorten waarvoor de nabijgelegen Natura 2000-gebieden zijn aangewezen en die ook uit die gebieden afkomstig zijn (zie hoofdstuk 3). Op basis hiervan is uitgesloten dat het plangebied door meer dan een verwaarloosbaar deel van de betrokken populaties dagelijks gebruikt zal worden als vliegroute.

Uitwijking om het windpark heen

Voor de **grote stern** is aangenomen dat 28% van de berekende dagelijkse flux over de buitencontour in de toekomst zal uitwijken voor de lijnopstellingen en om of over de lijnopstellingen heen vliegt, gebaseerd op de meerjarige studie in Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ; Krijgsveld *et al*. 2011). Voor de **visdief** is uit de literatuur geen uitwijkingspercentage beschikbaar. Voor deze soorten is daarom ook 28% uitwijking aangehouden, gelijk aan de vergelijkbare vogelsoort grote stern in het windpark OWEZ.

Voor de scholekster is voorzichtigheidshalve rekening mee gehouden dat slechts 20% van de berekende nachtelijke flux over de buitencontour in de toekomst zal uitwijken voor de lijnopstellingen en om of over de lijnopstellingen heen vliegt. De meeste scholeksters die zijn waargenomen tijdens het veldonderzoek in 2019 pendelden heen en weer tussen binnendijkse gebieden in de haven en het buitendijkse strand. Vliegbewegingen van verder weggelegen gebieden (zoals Slikken van Voorne), waarbij meer tijd en ruimte bestaat om uit te wijken, komen waarschijnlijk niet veel voor.

De gehanteerde uitwijkpercentages betreffen in veel gevallen een worst-case-scenario aangezien bij bestaande windparken tot nu toe veel hogere uitwijkpercentages (80-95%) zijn gemeten voor een divers aantal soorten (o.a. Dirksen *et al*. 2007, Fijn *et al*. 2007, Poot *et al*. 2001, Tulp *et al*. 1999).

Flux op rotorhoogte

In een berekening met het Flux-Collision Model (versie maart 2016) wordt gecorrigeerd voor een mogelijk verschil in het aandeel van de flux op rotorhoogte tussen het referentiewindpark en het te toetsen windpark. Voor alle voornoemde soorten is in het veldonderzoek in 2019 de vlieghoogte bepaald van de vogels die de buitencontour passeerden (voor methode, zie Leemans *et al*. 2019). De vlieghoogte van de soorten is in voornoemd

onderzoek onderverdeeld in hoogteklassen (0-10, 11-20, 21-30, 31-40,41-50, 51-75, 76-100, 101-150, 151-200 en 200-300 m) ten opzichte van de kruin van de dijk (die op circa 15 m boven NAP ligt). Per type windturbine is de minimale (tiplaagte) en maximale (tiphoogte) hoogte bepaald. Vervolgens is bepaald hoeveel % van de flux op rotorhoogte zou zijn gepasseerd (tabel 4.2). **Hierbij is rekening gehouden met het feit dat de windturbines op de harde zeewering direct in/op een 15 m hoge dijk staan, wat de ruimte tussen tiplaagte en maaiveld met circa 15 m verkleind.** Voor visdief was in 2019 een duidelijk verschil zichtbaar in vlieghoogte richting zee en richting land en dit verschil is in de modelberekeningen meegenomen (tabel 4.2).

Tabel 4.2 *Percentage van de flux op rotorhoogte (per type windturbine) van aalscholver, scholekster, grote stern en visdief, gebaseerd op veldonderzoek in 2019 (Leemans et al. 2019). Indien slechts een deel van de rotorhoogte zich binnen een bepaalde hoogteklasse bevindt, is het aandeel vogels binnen die hoogteklasse genomen die betrekking heeft op de rotorhoogte. Hierbij is vanuit gegaan dat het aandeel vogels evenredig over die hoogteklasse is verdeeld. Voor de visdief is onderscheid gemaakt tussen vliegbewegingen naar de kolonie en naar zee, omdat hiertussen een substantieel verschil in vlieghoogte bestond. Voor de windturbines op de harde zeewering geldt dat rekening is gehouden met een beperking van de ruimte onder de rotoren als gevolg van een circa 15 m hoge dijk direct onder de turbines (rotorvlak op circa 16 - 200 m boven de dijk). Voor de zachte zeewering is ermee rekening gehouden dat turbines verder van de dijk staan (rotorvlak op 24 – 192 m boven maaiveld).*

Vogelsoort	Flux op rotorhoogte harde zeewering bij rotordiameter 120 m (%)	Flux op rotorhoogte zachte zeewering bij rotordiameter 162 m (%)
aalscholver	49	30
scholekster	18	5
grote stern	32	11
visdief – naar kolonie	46	27
visdief – naar zee	28	16

Verstoring

Verstoring van vogels vindt zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase plaats. De mate van verstoring is dan ook afzonderlijk voor zowel de aanlegfase als de gebruiksfase beschreven. In de gebruiksfase verschilt de verstoringsafstand van windturbines voor vogels tussen soortgroepen en varieert van enkele tientallen tot honderden meters (zie bijlage 2). In de soortspecifieke beoordeling van de verstoring is hier rekening mee gehouden en is gewerkt met een voor de desbetreffende soort toepasselijke verstorings-afstand. Hierbij is aangenomen dat grotere turbines geen evenredig groter of kleiner verstorend effect hebben dan turbines waarbij de verstoringsafstanden zijn vastgesteld (Schekkerman *et al*. 2003).

Barrièrewerking
Voor het inschatten van de mate waarin barrièrewerking een probleem voor vogels vormt is gebruik gemaakt van literatuur en eigen waarnemingen uit veldonderzoek (o.a. Jeninga 2018, Gyimesi *et al*. 2013, Beuker *et al*. 2009, Fijn *et al*. 2007). Op grond hiervan en informatie over de dimensies van de geplande turbineopstellingen is ingeschat of vogels de turbine-opstellingen zullen kruisen of omvliegen, en de mate waarin dat valt te verwachten.

4.2.2 Toelichting op het begrip significantie in relatie tot sterfte door aanvaringen

In het kader van de Wnb moet beoordeeld worden of het gebruik van het windpark op zichzelf, of in samenhang met andere plannen en projecten in de omgeving, (significant) negatieve effecten kan hebben op de nabijgelegen Natura 2000-gebieden (in het kader van Wnb gebiedenbescherming).

De eerste stap in deze beoordeling wordt gevormd door het 1%-criterium (verder 1%-mortaliteitsnorm) van het Ornis Comité. Volgens dit criterium kan iedere tol van minder dan 1% van de totale jaarlijkse sterfte van de betrokken populatie (gemiddelde waarde) als kleine hoeveelheid worden beschouwd (zie kader hieronder). Wanneer de voorspelde sterfte onder deze 1%-mortaliteitsnorm blijft kan een effect op het behalen van de IHD's in Natura 2000-gebieden met zekerheid uitgesloten worden. Bij de beoordeling is tevens rekening gehouden met de huidige staat van instandhouding van deze populaties.

Berekening 1%-mortaliteitsnorm
De 1%-mortaliteitsnorm is het aantal vogels dat 1% van de jaarlijkse sterfte van de te toetsen populatie representeert. Deze norm is soortspecifiek aangezien de populatie-grootte en de mortaliteit (de twee variabelen die de 1%-mortaliteitsnorm bepalen) voor alle soorten anders is. De norm wordt als volgt berekend:

1%-mortaliteitsnorm (# vogels) = (jaarlijkse sterfte * grootte van de te toetsen populatie) * 0,01

Voor de gegevens over de jaarlijkse sterfte per soort is gebruik gemaakt van de website van de BTO (http://www.bto.org/about-birds/birdfacts). In de berekeningen is de jaarlijkse sterfte van adulte vogels gebruikt, omdat hier meer over bekend is en omdat deze sterfte lager is dan die van juveniele vogels. Hierdoor valt de 1%-mortaliteitsnorm lager uit waardoor met zekerheid het worst-case-scenario getoetst is. Als populatiegrootte zijn recente telgegevens gebruikt, waarbij voor niet-broedvogels het aantal exemplaren wordt gebruikt en voor broedvogels het aantal paren maal twee.

Notabene: deze 1%-mortaliteitsnorm wordt hier niet gebruikt om het begrip 'significantie' uit te leggen. Het wordt hier gebruikt om een ordegrootte van effecten aan te geven waarbij zeker geen significante effecten op zullen treden, omdat de sterfte procentueel zeer laag is ten opzichte van de jaarlijkse sterfte. Een veilige 'eerste zeef' dus. De Afdeling Bestuurs-

rechtspraak van de Raad van State achtte dit een acceptabele werkwijze[3]. Een grotere sterfte dan 1% (in cumulatie met andere projecten) noodzaakt een aanvullende toetsing om te bepalen of de IHD voor de desbetreffende soort in gevaar kan komen. Een dergelijke toetsing kan bijvoorbeeld bestaan uit het doorrekenen van de effecten (additionele sterfte) op de betrokken populatie met behulp van een populatiemodel, zoals uitgevoerd voor effecten van offshore windparken op kleine mantelmeeuwen (Lensink & van Horssen 2012) en recent voor 13 zeevogelsoorten op de Noordzee (Potiek *et al*. 2019).

[3] Zie o.a. uitspraak ABRS van 1 april 2009 in zaaknr. 200801465/1/R2 en de uitspraak ABRS van 29 december 2010 in zaaknr. 200908100/1 en de uitspraak ABRS van 8 februari 2012 in zaaknr. 201100875/1/R2.

5 Vogels in en nabij het plangebied

5.1 Broedvogels

5.1.1 Kwalificerende broedvogels nabij het plangebied

Visdief
Tot 2017 broedde de visdief niet op de Tweede Maasvlakte. In 2017 vond een nieuwe vestiging plaats van een kolonie visdieven met 100 broedpaar op de noordelijke oever van de Prinses Alexiahaven, nabij de harde zeewering (Staro & BEC 2017). In 2019 broedden onbekende aantallen visdieven (vermoedelijk meer dan 100 broedpaar) op deze locatie (eigen waarneming Bureau Waardenburg).

Verspreid over de Eerste Maasvlakte en in het westelijke deel van de Europoort bevinden zich broedkolonies van visdieven. Wanneer de vogels uit deze kolonies, op foerageertochten richting de Noordzee, de buitencontour van de Tweede Maasvlakte passeren hebben ze kans om in aanvaring te komen met één van de geplande windturbines op de harde en zachte zeewering. De visdief broedt o.a. in de Slufter (Staro & BEC 2017). Een overzicht van het totaal aantal broedparen van visdief op de Maasvlakte/Europoort is weergegeven in tabel 5.1 en gebaseerd op Arts *et al*. (in serie).

Tabel 5.1 *Totaal aantal broedparen van de visdief op de gehele Eerste Maasvlakte en Europoort, in de jaren 2012 - 2018 (Arts et al. in serie).*

Soort	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Visdief	435	371	771	658	558	753	649

Vliegbewegingen van sterns over de buitencontour
In juni/juli 2012 en in mei t/m juli 2019 is onderzoek gedaan naar vliegbewegingen van koloniebroedvogels over de buitencontour van de Tweede Maasvlakte (Gyimesi *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019). In beide jaren betroffen de meeste vliegbewegingen van de kleine mantelmeeuw, gevolgd door o.a. de zilvermeeuw, visdief, dwergstern en grote stern. Visdieven passeerden vaker over het zuidelijke en westelijke deel van de buitencontour dan over het noordelijke gedeelte. Dit is gerelateerd aan de locaties van de belangrijkste broedkolonies in de Prinses Alexiahaven en in het Slufterdepot op de Eerste Maasvlakte. Voor grote stern worden vliegpatronen in navolgende paragrafen beschreven.

Voor beide sternsoorten geldt overigens dat in beide jaren een groot deel van de passages over de buitencontour op lage hoogte plaatsvond, op minder dan 20 meter hoogte boven de zeewering (Gyimesi *et al*. 2013, Leemans *et al*. 2019).

5.1.2 Broedvogels uit Natura 2000-gebieden in relatie tot het plangebied

Natura 2000-gebied Voordelta is niet aangewezen voor broedvogels. Enkele (kolonie)-vogels die broeden in andere nabijgelegen Natura 2000-gebieden hebben echter een

dusdanig grote actieradius dat ze op foerageertochten vanuit de kolonie gemakkelijk de buitencontour van de Tweede Maasvlakte kunnen passeren. Het gaat hierbij om de aalscholvers die broeden in het Natura 2000-gebied Voornes Duin en om de grote sterns die broeden in de Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen (zie § 3.2). Voor deze soorten is in deze paragraaf een overzicht van het voorkomen in de betreffende Natura 2000-gebieden gepresenteerd, evenals een beschrijving van het voorkomen en de verspreiding in de omgeving van het plangebied.

Voornes Duin

Aalscholver

In Natura 2000-gebied Voornes Duin broedt de aalscholver op twee plaatsen: in het Breede Water en in het Quackjeswater. De kolonie aalscholvers in het Breede Water vestigde zich in 1984. Het aantal paren nam snel toe tot een maximum in 1998 van 1.510 paren (Aanwijzingsbesluit Voornes Duin; 19 februari 2008). Sindsdien ligt het aantal paren net boven de 1.000. Tabel 5.2 geeft voor de periode 2014 – 2018 een overzicht van het aantal broedparen van de aalscholver in Natura 2000-gebied Voornes Duin. De aalscholvers van het Voornes Duin foerageren zowel in de Natura 2000-gebieden Voordelta en Haringvliet als in andere wateren in de omgeving (Dirksen *et al*. 1989).

Tabel 5.2 *Overzicht van het aantal broedparen van de aalscholver in Natura 2000-gebied Voornes Duin 2014-2018 (Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS, provincies); www.sovon.nl).*

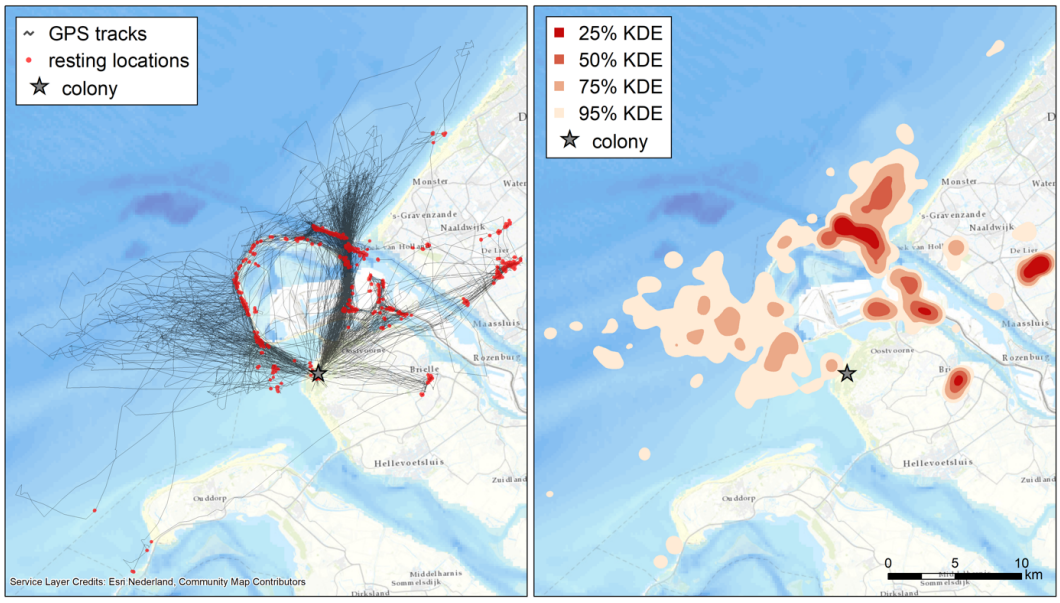
Vogelsoort	2014	2015	2016	2017	2018
Aalscholver	1.199	1.131	1.417	1.217	1.144

In de Voordelta komen de grootste aantallen aalscholvers ter hoogte van de kolonie van het Breede Water voor. Rustende aalscholvers op platen en stranden blijken relatief verstoringsgevoelig te zijn. De vogels vliegen bij nadering van een mens al op een afstand van een paar honderd meter op (Fijn *et al*. 2014).

Aalscholvers foerageren in het broedseizoen tot op 70 kilometer afstand van de kolonie (Van der Vliet *et al*. 2011) en kunnen daarmee met gemak de afstand tussen het Breede Water en de buitencontour van de Tweede Maasvlakte overbruggen. Uit onderzoek aan gezenderde aalscholvers uit de kolonie in het Breede Water is gebleken dat de aalscholvers regelmatig gebruik maken van de stranden van de Tweede Maasvlakte om te rusten en ook regelmatig in het open water voor de harde zeewering van de Tweede Maasvlakte foerageren (figuur 5.1). Ook foerageren de aalscholvers ten noorden van de Tweede Maasvlakte, o.a. in de monding van de Nieuwe-Waterweg. Dit was het geval tijdens bijna de helft van alle met GPS-loggers vastgelegde foerageervluchten. Om deze noordelijke foerageergebieden te bereiken benutten de aalscholvers grofweg twee vliegroutes. De eerste (korte) route loopt dwars over de Eerste Maasvlakte, over het Beerkanaal. De aalscholvers passeren in dat geval ruim ten oosten van het plangebied. De tweede (langere) route loopt langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte, de vogels volgen daarbij grotendeels de kustlijn (figuur 5.1). De aalscholvers die via deze route naar gebieden ten noorden van de Tweede Maasvlakte vliegen, passeren daarbij ook het

plangebied (Fijn *et al*. 2014., Prins *et al*. 2013). In de toekomst lopen de aalscholvers daarbij risico om slachtoffer te worden van een aanvaring met de geplande windturbines.

Tijdens veldwerk in juni en juli 2012 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn 348 passages van aalscholvers over de buitencontour vastgesteld (Gyimesi *et al*. 2013). In voorjaar 2019 zijn hier 590 passages vastgesteld (Leemans *et al*. 2019). In beide jaren was een duidelijke ruimtelijke tweedeling zichtbaar in de flux over de buitencontour, met relatief hoge aantallen passages over het noordelijke deel (harde zeewering) en over het uiterste zuiden van de buitencontour. Aan de noordkant van de Tweede Maasvlakte rustten tijdens het onderzoek regelmatig aalscholvers op de blokkendam die buitendijks parallel aan de harde zeewering loopt, maar nog meer vogels op het strand aan de binnenzijde. Veel van deze vogels foerageerden in 2012 achter de sleephopperzuigers die hier zand aan het spuiten waren. In het midden en noordelijke deel van de buitencontour passeerden de meeste aalscholvers op lage hoogte boven de dijk. De meeste aalscholvers die richting zee vlogen, passeerden de dijk op een hoogte van minder dan 10 m, terwijl de meeste aalscholvers die landinwaarts vlogen de dijk passeerden op een hoogte van 11-20 m. In beide jaren vonden relatief weinig passages (<25%) op rotorhoogte plaats.



Figuur 5.1 Kaart met 264 foerageertochten van 9 gezenderde aalscholvers uit het Breede Water. Links worden de tochten weergegeven, rechts in welke gebieden de meeste GPS-punten liggen (Fijn et al. 2014).

Lepelaar

In het Quackjeswater broedt de lepelaar met gemiddeld 225 paren (periode 2014-2018, sovon.nl). Het foerageergebied van de lepelaar strekt zich uit over een groot gebied, waarbij de vogels uit het Quackjeswater met name in Midden-Delfland en recentelijk ook Tiengemeten hun voedsel zoeken. Ook de Kwade Hoek vormt een foerageergebied voor de lepelaar (provincie Zuid-Holland/Min. v. I&M 2016a,b). Voor de lepelaar geldt dat er nauwelijks geschikt foerageergebied nabij of ten noorden van het plangebied ligt. Ook ligt het gebied niet op een vliegroute tussen de broedkolonie en foerageergebied waaronder

Midden-Delfland. Tijdens de veldonderzoeken in 2012 en 2019 zijn geen vliegbewegingen van lepelaars over de buitencontour waargenomen.

Haringvliet en Grevelingen

Grote stern

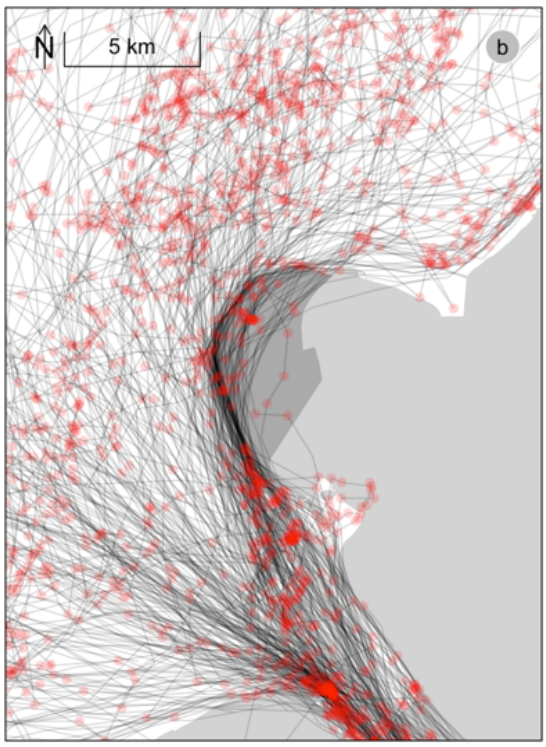
De grote stern broedt verspreid over het Deltagebied in een beperkt aantal kolonies die geregeld van plaats wisselen. Om die reden is voor de grote stern dan ook een regiodoel opgesteld: behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van ten minste 4.000 paren.
Het aantal broedparen van de grote stern in het Deltagebied fluctueert in recente jaren rond de 6.000 paren na een toename in de tweede helft van de jaren negentig. In het noordelijk Deltagebied werd in 2017 en in 2018, in tegenstelling tot voorgaande jaren, niet op het eiland Markenje in het Grevelingenmeer gebroed, maar vestigden alle grote sterns zich op de Scheelhoekeilanden in het Haringvliet (3.175 paar in 2017 en 2.583 paar in 2018)(Arts *et al*. 2018, 2019a).

Aan de hand van vliegtuigtellingen en onderzoek aan gezenderde grote sterns is vastgesteld dat de vogels tot ver buiten de kolonies foerageren (Fijn *et al*. 2016). Foerageerlocaties van gezenderde grote sterns van de kolonie bij de Scheelhoek zijn o.a.: De Verklikkerplaat, Bollen van de Ooster, het zeegebied ten noorden van Ouddorp en het gebied rond de Hinderplaat. De sterns foerageren ook buiten de begrenzing van Natura 2000-gebied Voordelta, o.a. ver op zee en (ver) ten noorden van de Tweede Maasvlakte (Prins *et al*. 2013).

In het broedseizoen foerageren grote sterns tot op 30 kilometer van de kolonie (Van der Hut *et al*. 2007). Net als de aalscholvers uit Voornes Duin kunnen dus ook de grote sterns die in het Haringvliet en het Grevelingenmeer broeden tot in de omgeving van het plangebied foerageren. Uit onderzoek aan gezenderde grote sterns uit de kolonie op de Scheelhoek is gebleken dat broedende grote sterns van deze kolonie inderdaad met regelmaat langs de buitencontour van de Tweede Maasvlakte vliegen (figuur 5.2). Enkele keren zijn ook passages over de Tweede Maasvlakte vastgelegd. Deze vogels vliegen van en naar foerageergebieden ten noorden van de Tweede Maasvlakte (Fijn *et al*. 2016). Het merendeel van de foerageervluchten vindt plaats in het gebied ten zuiden van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte, maar regelmatig vliegen er dus ook grote sterns uit het Haringvliet en waarschijnlijk ook uit het Grevelingenmeer door het plangebied, waarbij ze risico lopen op een aanvaring met de geplande turbines. Uit tellingen vanuit een vliegtuig naar gebiedsgebruik van grote sterns in de Voordelta in 2016 blijkt dit beeld onveranderd is. Wel werd de buitencontour in 2016 slechts incidenteel door kleine aantallen gebruikt als rustplaats, waar dit net na de aanleg van de Tweede Maasvlakte veel vaker en met grotere aantallen gebeurde (Fijn *et al*. 2018). Een logische verklaring is verstoring door de toegenomen menselijke activiteit op de Tweede Maasvlakte.

Tijdens veldwerk in juni en juli 2012 op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn 91 passages van grote sterns over de buitencontour vastgesteld (Gyimesi *et al*. 2013). In voorjaar 2019 zijn maar liefst 692 passages geturfd (Leemans *et al*. 2019). In beide jaren vonden veel passages plaats over het zuidelijke deel van de buitencontour (zachte

zeewering), maar in 2019 ook over het westelijke deel van de harde zeewering. Veel van de vogels die landinwaarts vlogen hadden vis in de snavel en waren dus op de terugweg naar de kolonie. Deze vogels vliegen dan minder vaak over zee langs de buitencontour, maar kruisen de Tweede Maasvlakte om zo snel mogelijk terug te vliegen naar de kolonie. Bijna 80% van alle passages van grote sterns over de buitencontour vond plaats op een hoogte van <20 meter boven de dijk (Leemans *et al*. 2019).



Figuur 5.2 Vliegpaden van gezenderde grote sterns die vanuit kolonies in het Haringvliet o.a. de omgeving van het plangebied op zee foerageren (Fijn et al. 2018).

5.2 Niet-broedvogels

5.2.1 Niet-broedvogels uit Natura 2000-gebieden in relatie tot het plangebied

Voordelta

Niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebied Voordelta is aangewezen ondervinden mogelijk effecten van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte. Voor niet-broedvogelsoorten waarvoor in de Voordelta IHD's gelden is daarom een overzicht gegeven van het voorkomen van deze soorten in Natura 2000-gebied Voordelta (tabel 5.3).

Om de effecten van de realisatie van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zo nauwkeurig mogelijk te kunnen bepalen, is tevens een overzicht gemaakt van het voorkomen en de verspreiding van de niet-broedvogels in (de omgeving van) het

plangebied. Vogelsoorten die niet in de nabijheid van het plangebied voorkomen zullen niet of nauwelijks effecten van de realisatie van het windpark ondervinden.

Tabel 5.3 *Overzicht van het voorkomen van niet-broedvogels in Natura 2000-gebied Voordelta. De getallen representeren seizoensgemiddelden of midwinteraantallen (midwinteraantallen aangegeven met een *). - = geen gegevens beschikbaar. Voor alle soorten is alleen het seizoensgemiddelde beschikbaar dat betrekking heeft op de foerageerfunctie van de Voordelta. (Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, RWS, CBS); www.sovon.nl; bezocht november 2016).*

Vogelsoort	**13/14**	**14/15**	**15/16**	**16/17**	**17/18**
Aalscholver	453	693	770	679	785
Bergeend	612	804	898	1.327	1.663
Bontbekplevier	131	137	83	198	119
Bonte strandloper	801	686	1.491	2.262	2.350
Brilduiker	127	102	134	63	98
Drieteenstrandloper	660	939	1.575	1.672	2.515
Dwergmeeuw	-	-	-	-	-
Eider*	657	406	47	172	215
Fuut	81	123	149	69	93
Grauwe gans	493	93	68	53	322
Grote stern	-	-	-	-	-
Kluut	71	87	172	155	253
Krakeend	63	98	83	39	104
Kuifduiker	22	18	21	10	16
Lepelaar	38	52	61	77	75
Middelste zaagbek	214	274	236	174	281
Pijlstaart	153	412	423	495	402
Roodkeelduiker	-	-	-	-	-
Rosse grutto	242	116	200	191	291
Scholekster	2.788	3.518	3.289	3.620	5.500
Slobeend	87	64	52	58	131
Smient	246	165	228	106	836
Steenloper	123	132	127	109	195
Topper	2	0	1	11	2
Tureluur	133	233	189	182	345
Visdief	-	-	-	-	-
Wintertaling	190	264	242	635	270
Wulp	1.359	1.497	2.279	2.054	2.500
Zilverplevier	267	131	194	350	328
Zwarte zee-eend*	690	188	326	382	294

Er zijn geen maandelijkse watervogeltelgegevens uit vastgelegde monitoringsgebieden beschikbaar. Wel wordt er ieder jaar in januari vanaf het land een midwintertelling uitgevoerd van de west- en noordrand van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte. Ook de buitenrand van de Tweede Maasvlakte wordt hierbij geteld (tabel 5.4) (Arts *et al*. in serie).

Bureau Stadsnatuur heeft op basis van de midwintertellingen (tabel 5.4) en aanvullende informatie van de tellers het gebiedsgebruik van niet-broedvogels op en langs de buitencontour in kaart gebracht. Die beschrijving wordt hieronder samengevat.

Tabel 5.4 *Overzicht van het voorkomen van de niet broedvogelsoorten waarvoor de Voordelta is aangewezen in deelgebied Europoort/Maasvlakte in 2014 - 2018 op basis van een één jaarlijkse midwintertelling in januari. Eerdere jaren dan 2014 zijn niet opgenomen omdat de ruimtelijke situatie en daarmee het voorkomen van vogelsoorten sterk is veranderd (Arts et al. in serie).*

Vogelsoort	2014	2015	2016	2017	2018
Roodkeelduiker	23	4	3	0	0
Fuut	129	72	167	132	43
Kuifduiker	1	0	0	2	1
Aalscholver	30	160	457	723	128
Grauwe gans	4	0	6	0	0
Bergeend	52	19	58	0	0
Smient	374	16	280	0	2
Krakeend	38	87	25	16	1
Wintertaling	243	143	818	0	2
Pijlstaart	3	0	0	0	0
Slobeend	136	0	22	0	0
Brilduiker	9	28	5	0	1
Middelste zaagbek	50	16	55	79	19
Scholekster	88	203	94	105	63
Kluut	9	0	7	0	0
Bontbekplevier	5	14	6	0	0
Zilverplevier	9	5	12	0	0
Drieteenstrandloper	120	28	150	0	1
Wulp	16	9	9	0	3
Rosse grutto	0	2	0	0	0
Tureluur	43	8	42	0	0
Steenloper	0	22	11	0	0

De Prinses Alexiahaven in het plangebied wordt in de winter (on)regelmatig gebruikt als rustgebied door kleine aantallen van drieteenstrandloper, zilverplevier, bontbekplevier, grauwe gans en wintertaling. De smient en wulp gebruiken de haven onregelmatig als rustgebied. Mogelijk wisselen deze regelmatig uit met gebieden binnen de Voordelta die zuidelijk van de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte liggen (zoals Westplaat).
De kuifduiker, eider, bergeend, middelste zaagbek, brilduiker, steenloper en drieteen-strandloper, komen in het winterhalfjaar met kleine aantallen op en langs de kust van de buitencontour voor.

De scholekster, fuut en aalscholver komen langs de buitencontour voor met gemiddeld hooguit enkele honderden vogels in het winterhalfjaar. De aalscholvers rust op de harde zeewering en foerageert voor de kust van de buitencontour en in de havens binnen de Tweede Maasvlakte. De scholekster foerageert en rust met aantallen tot een honderdtal

exemplaren op en langs de havenbekkens. De havenbekkens van de Tweede Maasvlakte worden door relatief lage aantallen van krakeend gebruikt als rustgebied. In de Voordelta worden ook maandelijks tellingen vanuit het vliegtuig uitgevoerd van zwarte zee-eend en eider. In de winters van 2013/2014 en 2014/2015 zijn voor de kust van de buitencontour geen zwarte zee-eenden en eiders vastgesteld (Fijn *et al*. 2016). De zee-eenden en eiders verblijven doorgaans in meer zuidelijk gelegen gebieden in de Voordelta (Fijn *et al*. 2016).

Andere kwalificerende niet-broedvogels van de Voordelta komen niet of incidenteel op en langs de Tweede Maasvlakte voor.

Duinen Goeree & Kwade Hoek
De aalscholver, grauwe gans en brandgans foerageren en slapen binnen het Natura 2000-gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek (PZH & Min. v. I&M 2016a, b). Deze vogels hebben geen relatie met de Tweede Maasvlakte en de kustzone ten noorden en westen hiervan.

Haringvliet
De kolgans, grauwe gans, dwerggans, brandgans en wilde eend foerageren en slapen binnen het Haringvliet (Min. v. I&M 2016a). De aalscholver slaapt ook binnen het Natura 2000-gebied Haringvliet (nabij de Haringvlietbrug; sovon.nl 2016); vogels die overdag foerageren in het Haringvliet zullen hier overnachten. Genoemde vogelsoorten hebben daarom geen relatie met de Tweede Maasvlakte en de kustzone ten noorden en westen hiervan.

6 Effecten op vogels in Natura 2000-gebieden

In dit hoofdstuk wordt op basis van beschikbare kennis over voorkomen en gedrag een overzicht gegeven van de effecten van het VKA (twee scenario's) van het geplande windpark op een selectie van vogelsoorten die kwalificeren voor nabijgelegen Natura 2000-gebieden (selectie beschreven in hoofdstuk 3). De effecten zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Bij deze kwantificering moet echter in aanmerking worden genomen dat, hoewel ze gebaseerd zijn op het meest recente onderzoek, de nodige aannames gedaan zijn en dat ruime marges realistisch zijn rondom de gepresenteerde aantallen. De gekozen aannames zorgen ervoor dat de inschatting van de effecten op de vogelsoorten *worst case* zijn, zodat geen sprake is van een onderschatting van de effecten van het VKA.

Visdief
De visdief is voor de **Voordelta** aangewezen als niet-broedvogel. De instandhoudingsdoelstelling ziet op 'behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie' voor de *broedvogels* in nabijgelegen Natura 2000-gebieden en Deltawateren. In de toelichting op de instandhoudingsdoelstelling is gesteld dat als voorwaarde voor de aanleg en aanwezigheid van Tweede Maasvlakte voor de visdief compenserende maatregelen in het beheerplan zijn uitgewerkt. De instandhoudingsdoelstelling voor visdief is opgenomen om het foerageergebied (waar compenserende maatregelen zijn genomen) in kwaliteit en kwantiteit te behouden. In het Beheerplan Voordelta (2015-2021) (Min. v. I&M 2016b) zijn een aantal maatregelen binnen de Natura 2000-begrenzing (instellen rustgebieden) opgenomen. De aanname in voorliggende analyse is dat sterfte onder visdief als gevolg van *aanvaringsslachtoffers* in het broedseizoen een (indirect) effect zou kunnen hebben op de kwaliteit en kwantiteit van het foerageergebied in de Voordelta. Aanvaringsslachtoffers onder visdieven zijn daarom berekend en beoordeeld in het kader van gebiedenbescherming.

6.1 Aanvaringsslachtoffers

Voor het bepalen van de effecten van het VKA (twee scenario's) van het windpark in de gebruiksfase op vogels is het van belang om voor de soorten die er in het kader van de Wnb (onderdeel gebiedenbescherming) toe doen een inschatting te maken van het aantal aanvaringsslachtoffers. In tabel 6.1 zijn de berekende aantallen slachtoffers weergegeven. Zie hoofdstuk 3 voor rekenmethode en aannames.

Tabel 6.1 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers per jaar voor het VKA (ondergrens en bovengrens) van Windpark Tweede Maasvlakte, voor een selectie van kwalificerende vogelsoorten. Zie hoofdstuk 3 voor rekenmethode en aannames. Brv = broedvogel, N-Brv = niet-broedvogel.

Soort	Sterfte in VKA / jaar
Aalscholver (brv)*	2,5 - 3,1
Aalscholver (n-brv)*	1,9 - 2,4
Scholekster (n-brv)	0,0 - 0,0
Grote stern (brv)	1,0 - 1,8
Visdief (brv)	2,5 - 2,8

* aantal berekend met Band model (zie bijlage 4), overige soorten met Flux-Collision Model (zie bijlage 3).

Aalscholver (broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta)
Voor de aalscholver is geen aanvaringskans beschikbaar, waardoor de sterfte niet berekend kan worden met behulp van het Flux-Collision Model. In voorliggende studie is het aantal slachtoffers berekend met het zogenoemde Band model (zie bijlage 4), een model dat veel in ecologische effectstudies voor offshore windparken wordt toegepast.

De aalscholver is (nog) niet (Everaert 2008, Krijgsveld *et al*. 2009, Brenninkmeijer & Van der Weyde 2011, Verbeek *et al*. 2012) of in relatief lage aantallen (Klop & Brenninkmeijer 2014, Langgemach & Dürr 2020) als aanvaringsslachtoffer aangetroffen in slachtoffer-onderzoeken in windparken in Nederland, België, Duitsland of elders in NW-Europa. In recente jaren zijn echter jaarlijks wel meerdere aanvaringsslachtoffers in het nieuwe Windpark Noordoostpolder vastgesteld (totaal 22 exemplaren in de periode 2015-2019, Pot & Klop *in prep.*).

Uitgaande van de input gegevens (zie bijlage 4) is te voorzien dat op jaarbasis zowel in het broedseizoen als buiten het broedseizoen enkele (2-3) slachtoffers onder aalscholvers kunnen vallen. De verwachte verdeling van slachtoffers is grofweg 67:33 bij harde zeewering en zachte zeewering. In een worst-case-scenario behoren alle slachtoffers in het broedseizoen (2-3 exemplaren) tot aalscholvers afkomstig uit Natura 2000-gebied Voornes Duin en buiten het broedseizoen (circa 2 exemplaren) tot het Natura 2000-gebied Voordelta.

Scholekster (niet-broedvogel Voordelta)
Voor scholekster worden op jaarbasis geen aanvaringsslachtoffers voorzien (tabel 6.1). De soort is relatief schaars en bovendien vinden de meeste vliegbewegingen niet op rotorhoogte plaats (hoofdstuk 4).

Visdief (niet-broedvogel Voordelta)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de visdief bedraagt circa 2-3 aanvarings-slachtoffer per jaar (tabel 6.1).

Grote stern (broedvogel Haringvliet en Grevelingen)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de grote stern bedraagt circa 1-2 aanvaringsslachtoffer per jaar (tabel 6.1).

Overige soorten
De kleine zilverreiger en lepelaar (beiden broedvogel Voornes Duin) vliegen niet of incidenteel over de buitencontour. Aanvaringslachtoffers zijn uitgesloten.

Enkele andere soorten kwalificerende niet-broedvogels van de Voordelta (o.a. bergeend, krakeend, diverse soorten steltlopers) komen met (uiterst) kleine aantallen voor langs of in de directe nabijheid van de buitencontour (zie hoofdstuk 5). De aantallen zijn dermate laag dat weinig vliegbewegingen door het windpark zullen plaatsvinden. Aanvaringsslachtoffers zijn niet voorzienbaar.

6.2 Verstoring

De aanwezigheid van windturbines kan een verstorende werking hebben op vogels in de vorm van geluid, beweging of aantasting van de openheid van het landschap. Ook de verhoogde menselijke activiteit nabij windturbines door onderhoudswerkzaamheden, kan een verstorende werking hebben op vogels. Wanneer in onderstaande paragrafen over verstoring (in de gebruiksfase) wordt gesproken, wordt de totale verstorende werking van windturbines op vogels bedoeld, die veroorzaakt wordt door de combinatie van voornoemde factoren.

Aanlegfase
De aanleg van een windpark gaat gepaard met veel lokale activiteiten. De verstorende invloed op vogels die uitgaat van deze activiteiten moet minstens zo groot worden ingeschat als die van de aanwezigheid van de turbines, maar bestrijkt een groter gebied. Daar staat tegenover dat het een tijdelijke verstoring betreft, die alleen optreedt in de periode waarin de werkzaamheden worden uitgevoerd. De werkzaamheden vinden volledig buiten de begrenzing van Natura 2000-gebied Voordelta plaats. De tijdelijke verstoring van leefgebied (in de aanlegfase) binnen het Natura 2000-gebied is dan ook zeer beperkt. Binnen het Natura 2000-gebied is voldoende mogelijkheid voor vogels om gedurende de werkzaamheden elders in het gebied een tijdelijke plek te zoeken. De verstorende effecten van de aanleg van de turbines van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte zijn daarom verwaarloosbaar; er is met zekerheid ook geen sprake van maatgevende verstoring waarbij vogels permanent het Natura 2000-gebied verlaten.

Gebruiksfase
In het kader van Natura 2000 is in de omgeving van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte alleen verstoring van rustende en pleisterende (water)vogels van belang. Voor lokaal foeragerende en rustende vogels varieert de verstoringsafstand tussen soorten en soortgroepen van enkele tientallen tot maximaal enkele honderden meters (bijlage 2). Binnen de verstoringsafstand zullen niet alle vogels van een bepaalde soort verdwijnen, maar zal een bepaald percentage van de vogels verstoord worden. Het uiteindelijke effect van deze verstoring op populaties is afhankelijk van de beschikbaarheid van geschikte alternatieve foerageergebieden en/of rustgebieden in de nabije omgeving.

Het aantal niet-broedvogels op en langs de buitencontour wat (mogelijk) een binding heeft met het Natura 2000-gebied Voordelta is zeer laag. Alleen de **aalscholver** en de **scholekster** zijn met redelijke aantallen (gemiddeld tot tientallen per maand) in en nabij het plangebied aanwezig. Deze soorten zijn weinig verstoringsgevoelig voor windturbines (aalscholvers rusten in offshore windparken bijvoorbeeld regelmatig op de platforms aan de voet van de turbines) en zullen daarom geen noemenswaardige hinder ondervinden van de aanwezigheid van de turbines.

Onder andere langs de zachte zeewering wordt binnen het Natura 2000-gebied Voordelta gefoerageerd door **visdief** (afkomstig van de kolonies op de Eerste Maasvlakte en Tweede Maasvlakte) en **grote stern** (afkomstig van de kolonies in het Haringvliet en/of Grevelingen). Zoals in hoofdstuk 4 beschreven is in het Natura 2000-gebied Voordelta voor beide soorten een IHD opgenomen, die is gekoppeld aan de compensatieopgave voor de Tweede Maasvlakte. Ondanks dat de IHD's voor de Voordelta zien op niet-broedvogels (de Voordelta kent geen IHD's voor broedvogels) wordt de compensatieopgave voor visdief en grote stern algemeen geïnterpreteerd te gelden voor broedvogels in de Delta (buiten het broedseizoen zijn beide soorten maar beperkt aanwezig en dan vooral als doortrekker, in het winterhalfjaar verblijven beide soorten vooral in de kustwateren van Afrika).

De afstand van de windturbines tot het Natura 2000-gebied Voordelta is klein en bedraagt op de zachte zeewering hooguit enkele tientallen meters. De verstoringsafstand van windturbines op foeragerende visdieven en grote sterns is niet precies bekend, maar in eerdere effectstudies is 50 m als veilige afstand gehanteerd (zie bijvoorbeeld Prinsen *et al.* 2009b). De geplande windturbines kunnen daarom *in theorie* een verstorende invloed hebben op de visdieven en grote sterns die foerageren binnen het Natura 2000-gebied Voordelta. Om de volgende redenen is hier het standpunt ingenomen dat van verstoring van foeragerende sterns binnen het Natura 2000-gebied Voordelta geen sprake is:
- in Windpark Slufter broeden visdieven al jarenlang binnen het windpark op een ponton (zie ook hoofdstuk 5) en worden de windturbines dagelijks op korte afstand gepasseerd zonder zichtbare hinder of reactie in de vliegbewegingen (Gyimesi *et al*. 2013);
- hetzelfde was het geval in een windpark in Zeebrugge, waar zowel visdief, grote stern als dwergstern op korte afstand (30 m of meer voor perifere nesten, 50-100 m of meer voor de rest van de kolonie) van de windturbines broedden en deze dagelijks op (zeer) korte afstand passeerden (Everaert 2007);
- ook offshore windparken worden vaak bezocht of doorkruist door sterns (o.a. Krijgsveld *et al*. 2011), waarbij soms zelfs wordt gevist nabij de palen van de turbines (observaties Bureau Waardenburg);
- indien een verstoringscontour van 50 m wordt gehanteerd, overlapt deze nauwelijks met het Natura 2000-gebied: het betreft een verwaarloosbare fractie van de gehele kustlijn langs de Tweede Maasvlakte en het foerageergebied van visdief en grote stern (zie figuur 5.2).

6.3 Barrièrewerking

Realisatie van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte volgens de voorziene opstellingsvariant resulteert niet in barrièrewerking voor vogels. Op de Eerste Maasvlakte vliegen bijvoorbeeld veel vogels (o.a. aalscholver, visdief, meeuwen) zonder uit te wijken door het Windpark Slufter (Gyimesi *et al*. 2013). Dit is voor meeuwen ook vastgelegd in o.a. Windpark Landtong Rozenburg en Windpark Piet de Wit op Goeree-Overflakkee (Jeninga 2018).

De tussenruimte tussen de windturbines in Windpark Slufter bedroeg destijds circa 250 m bedroeg (van mast tot mast). Bovendien stonden de windturbines op de Slufterdam in een halve cirkel opgesteld, wat op een afstand voor een naar het windpark vliegende vogel resulteert in een ogenschijnlijk dichter netwerk van turbines. De tussenruimte van de windturbines op de buitencontour bedraagt circa 291 m op de harde zeewering tot circa 454 m op de zachte zeewering en deze staan in een lijnopstelling (figuur 2.1). Indien rekening wordt gehouden met de omvang van de rotoren, is in het windpark op de Tweede Maasvlakte een vergelijkbare of grotere ruimte tussen de turbines om tussendoor te vliegen dan in het toenmalige Windpark Slufter. Een windpark op de harde en zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte zal er daarom niet toe leiden dat rust- en/of foerageergebieden onbereikbaar worden of in belangrijke mate minder functioneel zijn. Op dit vlak zal de ingreep dus geen effect hebben op vogelsoorten waarvoor omliggende Natura 2000-gebieden zijn aangewezen.

7 Effectbeoordeling Natura 2000-gebieden

7.1 Beoordeling van effecten op broedvogels

Van alle broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, passeren alleen de **aalscholvers** die broeden in het Voornes Duin en de **grote sterns** die broeden in Natura 2000-gebieden Haringvliet en Grevelingen (mogelijk) met enige regelmaat het plangebied. Voor alle andere broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen zijn verstorende effecten (inclusief sterfte) van de het geplande windpark op voorhand met zekerheid uit te sluiten (zie hoofdstuk 3). In voorliggende passende beoordeling worden effecten op **visdieven** die broeden op de Maasvlakte (of elders in het noordelijke deel van de Delta) ook beoordeeld in het kader van de gebiedenbescherming voor Natura 2000-gebied Voordelta (zie hoofdstuk 3 en 6).

7.1.1 Aanlegfase

In hoofdstuk 6 is beschreven dat verstorende effecten van de aanleg van de windturbines verwaarloosbaar zijn; er is met zekerheid geen sprake van maatgevende verstoring. Het windpark zal met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD's van voornoemde kwalificerende (broed)vogelsoorten in de betrokken Natura 2000-gebieden Voornes Duin, Haringvliet, Grevelingen of Voordelta.

7.1.2 Gebruiksfase

Aalscholver (Voornes Duin)

Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de aalscholver in het broedseizoen bedraagt 2-3 aanvaringsslachtoffers per jaar. Dit betreft in een worst-case-scenario allemaal aalscholvers uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin. Om te beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populaties in het Natura 2000-gebied Voornes Duin, is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald (tabel 7.1). In hoofdstuk 3 is de bepaling van de 1%-mortaliteitsnorm in detail beschreven.

Tabel 7.1 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor het VKA (ondergrens en bovengrens) voor aalscholvers die een binding hebben met het Natura 2000-gebied Voornes Duin, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnormen van de betrokken populatie. De 1%-mortaliteitsnorm is gebaseerd op het aantal broedpaar in Voornes Duin in de jaren 2014 t/m 2018 (Sovon.nl), vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).

Soort	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)
aalscholver	2.443	2,9	2,5 - 3,1

De sterfte van de aalscholver in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt rond de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie uit het Natura 2000-gebied Voornes Duin (tabel 7.1). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is daarom niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen.

Om de volgende redenen wordt ondanks de overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm geconcludeerd dat het windpark *op zichzelf* niet leidt tot significant negatieve effecten op het behalen van de IHD van aalscholver in het Natura 2000-gebied Voornes Duin:

1. de populatie aalscholvers (gemiddeld 1.222 broedparen, zie tabel 5.2) in het Natura 2000-gebied Voornes Duin bevindt zich momenteel ruim boven het aantal (1.100 broedparen) genoemd als IHD in het definitieve aanwijzingsbesluit. De draagkracht van het Natura 2000-gebied voldoet dus voor de IHD. Enige additionele sterfte is toelaatbaar zonder dat dit een effect heeft op het behalen van de IHD.
2. voor de ondergrens of bovengrens van het VKA geldt dat geen of nauwelijks sprake is van overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm. Het is zo goed als uitgesloten dat een dergelijk lage fractie additionele sterfte een effect zal hebben op de langjarige populatieontwikkeling. Berekeningen met populatiemodellen aan vogelsoorten, waarvoor voldoende informatie beschikbaar is over populatie-dynamiek, laat zien dat ook bij hogere percentages additionele sterfte (bijvoorbeeld 5%) geen effecten op de langjarige populatietrends te verwachten zijn (Potiek *et al*. 2019, Potiek 2019, Lensink & van Horssen 2012, Prinsen *et al*. 2009a).
3. er is geen onderscheid gemaakt in ruimtelijke differentiatie van de flux van aalscholver over de harde zeewering. Dit is een worst-case-scenario. Leemans *et al*. (2019) laten zien dat de flux van aalscholvers in het zomerhalfjaar over het oostelijke deel van de harde zeewering meer dan 3x zo laag is dan over het westelijke deel van de harde zeewering. Vanwege de omvangrijke bewerking die nodig is om een dergelijke ruimtelijke differentiatie in het Band model te verwerken, is gekozen om te werken met eenzelfde gemiddelde flux over de gehele harde zeewering (en zachte zeewering). Dit leidt tot een overschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers bij de harde zeewering, omdat voor de vijf oostelijke turbines op de harde zeewering niet met de lokale lage flux, maar met de gemiddelde (hogere) flux over de gehele harde zeewering is gerekend;
4. er is geen rekening gehouden met maatregelen die voor het windpark zijn voorzien om sterfte onder kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen in het broedseizoen te beperken; bij omstandigheden in het broedseizoen van de meeuwen (april t/m augustus waarop een sterk verhoogde flux en aanvaringsrisico voor meeuwen kan optreden, worden windturbines stilgezet, mogelijk aangestuurd door een vogelradar (*shutdown-on-demand*). Naar verwachting leidt toepassing van deze criteria tot gemiddeld 50 uur stilstand per jaar per turbine (Eneco in litt.). Er is op dit moment nog geen nadere uitwerking van dit voornemen/maatregel beschikbaar, maar omdat het broedseizoen van aalscholvers grotendeels overlapt met voornoemde periode, zal stilstand voor meeuwen ook leiden tot een vermindering van het aantal slachtoffers onder aalscholvers. De aalscholver kan dus ‘meeliften’ met de stilstandsvoorziening voor meeuwen, maar deze is nadrukkelijk niet nodig

om significant negatieve effecten op het behalen van de IHD voor aalscholver uit te kunnen sluiten.

In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op cumulatie met de effecten van andere projecten in de omgeving van het Voornes Duin.

Grote stern (Haringvliet en Grevelingen)
Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de grote stern in het broedseizoen bedraagt 1-2 aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark. Om te beoordelen of een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers van invloed kan zijn op de populaties in de Natura 2000-gebieden Grevelingen en Haringvliet, is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald. Deze is afgeleid van de relevante Natura 2000-gebieden in het Deltagebied (tabel 7.2).

Tabel 7.2 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor het VKA (ondergrens en bovengrens) voor grote stern die een binding hebben met de Natura 2000-gebieden Grevelingen en Haringvliet, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. Conform de IHD van deze soort in deze gebieden, is gewerkt met de populatiegrootte in de Delta (alleen kolonies binnen de gebieden Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde en Westerschelde & Saeftinghe) in de seizoenen 2014-2018 (Arts et al. 2019a), *vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).*

Soort	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)
grote stern	11.068	11,3	1,0 - 1,8

De sterfte van de grote stern in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt ruim onder de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie van de gehele Delta (tabel 7.2). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populatie. Het windpark zal *op zichzelf* met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in de betrokken Natura 2000-gebieden. Het effect dient nog wel in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de Delta beoordeeld te worden.

Visdief (Voordelta)
Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de visdief in het broedseizoen bedraagt 2-3 aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark. Om te beoordelen of een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers van invloed kan zijn op de populatie die gebruik kan maken van het bodembeschermingsgebied in de Voordelta (zie hoofdstuk 3 en 6), is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteitsnorm bepaald (tabel 7.3). Hierbij is aangenomen dat het merendeel van de visdieven die op de Maasvlakte en in het Haringvliet, Grevelingen en westelijke deel van de Oosterschelde broeden in het Natura 2000-gebied Voordelta kunnen foerageren en gebruik kunnen maken van het bodembeschermingsgebied. NB: waarschijnlijk zullen vooral visdieven die op de Eerste en Tweede Maasvlakte broeden het windpark regelmatig passeren, kolonies in bijvoorbeeld het Haringvliet liggen op te grote afstand.

De sterfte van de visdief in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt onder de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie die gebruik kan maken van het noordelijke deel van de Voordelta (tabel 7.3). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is een kleine hoeveelheid en niet van invloed op behoud van de omvang van deze populatie. Het windpark zal *op zichzelf* met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in het Natura 2000-gebied Voordelta. Het effect dient nog wel in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in (de omgeving van) de Voordelta beoordeeld te worden.

Tabel 7.3 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor het VKA (ondergrens en bovengrens) voor visdief die een binding hebben met Natura 2000-gebied Voordelta, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. De populatiegrootte is gebaseerd op de aantallen die broeden op de Maasvlakte en in het Haringvliet, Grevelingen en westelijke deel van de Oosterschelde in de seizoenen 2014-2018 (Arts et al. 2019a*), vermenigvuldigd met 2 (aantal individuen in plaats van het aantal paren).*

Soort	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)
visdief	7.199	7,2	2,5 - 2,8

7.2 Beoordeling van effecten op niet-broedvogels

Van alle niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen, passeren alleen de aalscholver en scholekster, die een mogelijke binding hebben met het Natura 2000-gebied Voordelta, (mogelijk) met enige regelmaat het plangebied. Voor alle andere niet-broedvogels waarvoor Natura 2000-gebieden in de omgeving van het plangebied zijn aangewezen zijn verstorende effecten (inclusief sterfte) van de het geplande windpark op voorhand met zekerheid uit te sluiten (zie hoofdstuk 3).

7.2.1 Aanlegfase

In hoofdstuk 6 is beschreven dat verstorende effecten van de aanleg van de windturbines verwaarloosbaar is; er is met zekerheid geen sprake van maatgevende verstoring. Het windpark zal met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD's van voornoemde kwalificerende (niet-broed)vogelsoorten in Natura 2000-gebied Voordelta.

7.2.2 Gebruiksfase

Scholekster (Voordelta)
Het berekende aantal aanvaringsslachtoffers van de scholekster bedraagt nul exemplaren per jaar in het gehele windpark. Het windpark heeft met zekerheid geen negatief effect hebben op het behalen van de IHD van deze soort in de Natura 2000-gebied Voordelta.

Aalscholver (Voordelta)
Het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers van de aalscholver buiten het broedseizoen bedraagt circa 2 aanvaringsslachtoffers per jaar in het gehele windpark. Dit betreft in een worst-case-scenario allemaal aalscholvers uit het Natura 2000-gebied Voordelta. Om te

beoordelen of dergelijke aantallen aanvaringsslachtoffers van invloed kunnen zijn op de populatie in het Natura 2000-gebied Voordelta, is eerst de bijbehorende 1%-mortaliteits-norm bepaald (tabel 7.4).

Tabel 7.4 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers voor het VKA (ondergrens en bovengrens) voor aalscholver die een binding hebben met het Natura 2000-gebied Voordelta, vergeleken met de 1%-mortaliteitsnormen van de betrokken populatie. De 1%-mortaliteitsnorm is gebaseerd op het gemiddelde seizoensmaximum genoemd in Arts et al. in serie (seizoenen 2013/2014 – 2017/2018).

Soort	Populatiegrootte	1%-mortaliteitsnorm	Sterfte in Windpark MV2 (gehele windpark)
aalscholver	1.941	2,3	1,9 - 2,4

De sterfte van de aalscholver in de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte ligt rond de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie uit het Natura 2000-gebied Voordelta (tabel 7.4). Een dergelijk aantal aanvaringsslachtoffers is daarom niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen.

Om de volgende redenen is hier het standpunt ingenomen dat het windpark *op zichzelf* niet leidt tot significant negatieve effecten op het behalen van de IHD van aalscholver in het Natura 2000-gebied Voordelta:

1. de populatie aalscholvers (seizoensgemiddeld 676, zie tabel 5.3) in het Natura 2000-gebied Voordelta bevindt zich momenteel ruim boven het aantal (480 vogels seizoensgemiddelde) genoemd als IHD in het definitieve aanwijzingsbesluit. De draagkracht van het Natura 2000-gebied voldoet dus voor de IHD. Enige additionele sterfte is toelaatbaar zonder dat dit een effect heeft op het behalen van de IHD.
2. voor de ondergrens of bovengrens van het VKA geldt dat er geen of nauwelijks sprake is van overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm. Het is zo goed als uitgesloten dat een dergelijk lage fractie additionele sterfte een effect zal hebben op de langjarige populatieontwikkeling. Berekeningen met populatiemodellen aan vogelsoorten, waarvoor voldoende informatie beschikbaar is over populatie-dynamiek, laat zien dat ook bij hogere percentages additionele sterfte (bijvoorbeeld 5%) geen effecten op de langjarige populatietrends te verwachten zijn (Potiek *et al*. 2019, Potiek 2019, Lensink & van Horssen 2012, Prinsen *et al*. 2009a).
3. er is geen onderscheid gemaakt in ruimtelijke differentiatie van de flux van aalscholver over de harde zeewering. Dit is een worst-case-scenario. Leemans *et al*. (2019) laten zien dat de flux van aalscholvers in het zomerhalfjaar over het oostelijke deel van de harde zeewering meer dan 3x zo laag is dan over het westelijke deel van de harde zeewering. Vanwege de omvangrijke bewerking die nodig is om een dergelijke ruimtelijke differentiatie in het Band model te verwerken, is gekozen om te werken met eenzelfde gemiddelde flux over de gehele harde zeewering (en zachte zeewering). Dit leidt tot een overschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers bij de harde zeewering, omdat voor de vijf oostelijke turbines op de harde zeewering niet met de lokale lage flux, maar met de gemiddelde (hogere) flux over de gehele harde zeewering is gerekend;

4. er is geen rekening gehouden met maatregelen die voor het windpark zijn voorzien om sterfte onder kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen in het broedseizoen te beperken; bij omstandigheden in de periode april t/m augustus waarop een sterk verhoogde flux en aanvaringsrisico voor meeuwen kan optreden, worden windturbines stilgezet, mogelijk aangestuurd door een vogelradar (*shutdown-on-demand*). Naar verwachting leidt toepassing van deze criteria tot gemiddeld 50 uur stilstand per jaar per turbine (Eneco in litt.). Er is op dit moment nog geen nadere uitwerking van dit voornemen/maatregel beschikbaar, maar omdat de periode dat niet-broedende aalscholvers rondvliegen in en over het plangebied (in onze berekening is hiervoor de maanden juli t/m maart gerekend, zie bijlage 4) ten dele overlapt met voornoemde periode, zal stilstand voor meeuwen ook leiden tot enige vermindering van het aantal slachtoffers onder aalscholvers buiten het broedseizoen. De aalscholver kan dus 'meeliften' met de stilstandsvoorziening voor meeuwen, maar deze is nadrukkelijk niet nodig om significant negatieve effecten op het behalen van de IHD voor aalscholver uit te kunnen sluiten.

In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op cumulatie met de effecten van andere projecten in de omgeving van de Voordelta.

7.3 Cumulatieve effecten

In een cumulatiestudie dient rekening gehouden te worden met projecten waarvoor een Wnb-vergunning is afgegeven en die nog niet (volledig) zijn gerealiseerd[4]. Hierbij dient gecumuleerd te worden met projecten die eenzelfde 'type' effect sorteren op het behalen van IHD's waar het te toetsen project ook een effect op heeft (Heijligers 2014). Dit betekent dat voor het windpark alleen gecumuleerd hoeft te worden met nog niet gerealiseerde projecten, waarvoor wel een Wnb-vergunning is afgegeven, die ook zorgen voor sterfte van de aalscholver, grote stern of visdief.

De effecten van het windpark op aalscholver, grote stern en visdief worden in cumulatie met de effecten van andere plannen en projecten in de omgeving van Voornes Duin (aalscholver), de Voordelta (aalscholver, visdief), respectievelijk de Delta (grote stern) beoordeeld.

Aalscholver en grote stern
Er zijn ons geen projecten bekend waarvoor een Wnb-vergunning is afgegeven en die nog niet (volledig) zijn gerealiseerd, die leiden tot sterfte van de aalscholver of grote stern. Er zijn in de nabijheid van de Voordelta (waar vliegbewegingen van voornoemde soorten plaatsvinden) vijf windparken die onder de toenmalige Natuurbeschermingswet 1998 of huidige Wnb vergund zijn en nog niet (geheel) of pas recent gerealiseerd zijn. Dit gaat om Windpark Bouwdokken (Neeltje Jans), Windpark Slufterdam, Windpark Noord-Beveland, Windpark Kroningswind en opschaling Windpark Landtong Rozenburg. In de passende beoordeling/oriëntatiefase van deze windparken in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 of Wnb is aangegeven dat geen sterfte voorzienbaar is voor aalscholver of grote

[4] Zie uitspraak van ABRS van 16 april 2014 in zaaknr.201304768/1/R2

stern (Baptist 2010 en Lensink & Verbeek 2015 voor Windpark Bouwdokken; Hartman & Prinsen 2013 voor Windpark Slufter; Verbeek & Kleyheeg-Hartman 2015 voor Windpark Noord-Beveland; Radstake & Prinsen 2018a voor Windpark Kroningswind; Radstake & Prinsen 2018b voor opschaling Windpark Landtong Rozenburg). Cumulatie draagt daarom niets bij aan de voorspelde sterfte van aalscholver of grote stern als gevolg van de gebruiksfase van het windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte.

Ook in cumulatie zijn daarom significant negatieve effecten op het behalen van de IHD's voor aalscholver (zowel broedvogel als niet-broed-vogel) en grote stern (broedvogel) in betrokken Natura 2000-gebieden met zekerheid uitgesloten.

Visdief

In een eerste risicoanalyse voor Windpark Tweede Maasvlakte is door Prinsen *et al*. (2019) de sterfte voor kleine mantelmeeuw, zilvermeeuw en visdief bij andere recent vergunde windparken in de Delta op een rij gezet. Voor de visdief is binnen de Delta alleen in Windpark Slufter sterfte voorspeld van circa 8 tot 10 aanvaringsslachtoffers. Een berekening van het aantal slachtoffers op basis van de eigenschappen van het windpark zoals dat recent is gebouwd, komt op 9 slachtoffers per jaar (Prinsen *et al*. 2019). De sterfte in dit recent ontwikkelde windpark is nog niet verdisconteerd in de langjarige achtergrondsterfte, zoals bij oudere windparken wel het geval is, en wordt daarom in onderhavige cumulatiestudie meegenomen.

Het cumulatieve effect voor de visdief bedraagt derhalve circa 11-12 aanvaringsslachtoffers per jaar. Dit ligt duidelijk boven de 1%-mortaliteitsnorm (circa 7 exemplaren), gebaseerd op de populatie die in het noordelijke deel van de Voordelta kan foerageren (zie tabel 7.3) en ook boven de 1%-mortaliteitsnorm van 11 exemplaren als van de huidige Deltapopulatie wordt uitgegaan (zie bijlage 7 in Engels *et al*. 2020). Een dergelijk cumulatief aantal aanvaringsslachtoffers is derhalve niet op voorhand als een kleine hoeveelheid te beschouwen en is mogelijk van invloed op behoud van de omvang van de betrokken populatie. Daarom is met behulp van een populatiemodel en op basis van voornoemde sterfte en huidige populatieomvang in meer detail onderzocht of deze cumulatieve additionele sterfte van invloed is op de langjarige populatieontwikkeling. Dit wordt hieronder kort toegelicht, voor meer details over methode verwijzen wij kortheidshalve naar het rapport door Potiek (2019).[5]

Met een Leslie matrix populatiemodel is berekend welk effect een additionele sterfte van 12 visdieven per jaar heeft op de ontwikkeling van de populatie die in het noordelijke deel van de Voordelta kan foerageren (cf tabel 7.3). Voor de visdief zijn de uitkomsten van het scenario *zonder* extra sterfte en het scenario *met* geschatte extra sterfte sterk vergelijkbaar. De kans op een 10% afname binnen 30 jaar is voor visdief in beide scenario's 49%. De cumulatieve additionele sterfte in windparken resulteert in een hooguit 2,6% lagere populatieomvang in 30 jaar tijd in vergelijking tot de situatie zonder deze windparken. Dit

[5] Let op dat in Potiek (2019) het cumulatieve effect voor visdief van een eerdere slachtofferbepaling (10 exemplaren) is doorgerekend op de toenmalig geldende populatieomvang in de Delta. Als input is in voorliggende passende beoordeling gebruik gemaakt van een cumulatieve sterfte van 12 slachtoffers en een populatieomvang voor het noordelijke deel van de Voordelta van 3.600 broedparen.

geeft aan dat de voorspelde cumulatieve sterfte in windparken in de Delta niet leidt tot een wezenlijk effect op de populatietrend in de komende 30 jaar. Een significant negatief effect op het behalen van de IHD van deze soort in het Natura 2000-gebied Voordelta is derhalve ook in cumulatie uitgesloten.

8 Conclusies

8.1 Habitattypen

Tijdens de bouw van het windpark wordt gebruik gemaakt van vracht- en kraanwagens die stikstof kunnen uitstoten. Vanwege de tijdelijkheid van de werkzaamheden wordt verwacht dat dergelijke emissie verwaarloosbaar klein is. Dit zal nader worden onderzocht en middels een Aeriusberekening worden onderbouwd in de complete passende beoordeling (Pondera in prep. 2020).

8.2 Habitatrichtlijnsoorten

In de aanlegfase van het windpark kan enige hinder voor trekvissen en zeezoogdieren ontstaan door geluid en trillingen en andere bouwwerkzaamheden. Echter, de funderingen van de windturbines van Windpark Tweede Maasvlakte zullen worden getrild dan wel geschroefd, waardoor effecten op trekvissen en zeezoogdieren, die mogelijk aanwezig zijn in het aangrenzende Natura 2000-gebied Voordelta, naar verwachting beperkt zijn. Dit wordt los van deze passende beoordeling onderzocht en beoordeeld door een externe partij en wordt beschreven in de complete passende beoordeling (Pondera in prep. 2020).

8.3 (Niet-)broedvogels

Verstoring, barrièrewerking en verlies leefgebied
De aanleg en gebruik van een windpark op de buitencontour van de Tweede Maasvlakte volgens het VKA (twee scenario's) zal ten aanzien van verstoring, barrièrewerking en verlies aan leefgebied geen effecten hebben op het behalen van de IHD's voor broedvogels en niet-broedvogels van de nabijgelegen Natura 2000-gebieden:

- Binnen de invloedsfeer van de geplande windturbines ligt geen leefgebied van niet-broedvogels in de Voordelta dan wel het aandeel leefgebied van niet-broedvogels dat binnen de invloedssfeer van de geplande windturbines ligt is verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal beschikbare areaal in de Voordelta. Er zal geen verslechtering van het leefgebied optreden;
- de plaatselijk grote ruimten tussen de turbines maakt dat het windpark voor vogels geen barrière vormt. Er komen geen foerageer- en rustgebieden buiten bereik te liggen.

Sterfte
Het VKA (twee scenario's) van Windpark Tweede Maasvlakte leidt ten aanzien van sterfte in de gebruiksfase met zekerheid niet tot significant negatieve effecten op het behalen van de IHD's van de kwalificerende vogelsoorten uit nabijgelegen Natura 2000-gebieden (Voordelta, Voornes Duin, Haringvliet en Grevelingen):

- voor **aalscholver** (broedvogel Voornes Duin en niet-broedvogel Voordelta) worden op jaarbasis 4-5 slachtoffers voorzien, waarvan 2-3 exemplaren in het broedseizoen en circa 2 exemplaren buiten het broedseizoen. Deze additionele sterfte ligt rond de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties in Voornes

Duin en Voordelta. In hoofdstuk 7 is onderbouwd waarom dit met zekerheid (ook in cumulatie) niet leidt tot significante effecten op het behalen van de IHD's;

- voor **grote stern** (broedvogel Haringvliet en Grevelingen) is jaarlijks sterfte voorzien van 1-2 exemplaren. De sterfte ligt ruim beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populaties en er is geen sprake van cumulatieve effecten. Daarom is deze sterfte als verwaarloosbaar te beschouwen;
- voor **visdief** (kwalificerend voor Voordelta) is jaarlijks sterfte voorzien van 2-3 exemplaren. Deze sterfte ligt ruim beneden de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie, maar de cumulatieve additionele sterfte ligt wel boven de 1%-mortaliteitsnorm van de betrokken populatie. In hoofdstuk 7 is onderbouwd waarom dit met zekerheid niet leidt tot significante effecten op het behalen van de IHD's;
- Voor andere kwalificerende vogelsoorten is voor het gehele windpark berekend dat er jaarlijks geen of (veel) minder dan één exemplaar slachtoffer zal worden van een aanvaring. Dit is een verwaarloosbaar klein effect en leidt met zekerheid niet tot aantasting van de natuurlijke kenmerken van de betrokken Natura 2000-gebieden.

Literatuur

Arts, F.A., M.S.J. Hoekstein, S.J. Lilipaly, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2019a. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2018. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 19.07. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2019-05, Vlissingen.

Arts, F.A., S.J. Lilipaly, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter & P. A. Wolf, 2019b. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2017/2018. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 19.08. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2019-04. Deltamilieu Projecten, Vlissingen.

Arts, F.A., K.D. Hoekstein, S.J. Lilipaly, M.S.J. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2018a. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2017. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 18.14. Delta ProjectManagement Rapportnr. 2018-04. DPM, Vlissingen Rapportnr. 2018-04. DPM, Vlissingen.

Arts, F.A., S.J. Lilipaly, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2018b. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta in 2016/2017. RWS, Centrale informatievoorziening BM 18.13. Delta ProjectManagement Rapportnr. 18-003. DPM, Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2016. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015. RWS Centrale informatievoorziening BM 16.09. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2015. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2013/2014. RWS Centrale informatievoorziening BM 15.08. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2014. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013. RWS Centrale informatievoorziening BM 14.11. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Band, W., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. SOSS, The Crown Estate, London, UK. http://www.bto.org/science/wetland-and-marine/soss/projects.

Baptist, H., 2010. Natuureffect plaatsing windturbines Bouwdokken, Neeltje Jans. Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.

Benders, M., E. Van der Staak & K. Küsters, 2012. Broedvogelmonitoring Europoort en Maasvlakte 2012. Staro Natuur en Buitengebied, Gemert.

Beuker, D. & R. Lensink, 2010. Monitoring windpark windturbines Echteld. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers onder lokale en trekkende vogels. Rapport 10- 033. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Brenninkmeijer, A. & C. Van der Weyde, 2011. Monitoring vogelaanvaringen Windpark Delfzijl-Zuid 2006-2011. A&W rapport 1656. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.

Dirksen, S., A.L. Spaans & J. Van der Winden, 2007. Collision risks for diving ducks at semi-offshore wind farms in freshwater lakes: A case study. In: M. de Lucas,G.F.E. Janss &M. Ferrer (eds). Birds and wind farms. Risk Assessment and Mitigation. Blz. 275. Quercus. Madrid, Spain.

Dirksen, S., T.J. Boudewijn & L.K. Slager, 1989. Voedselkeus van aalscholvers in zeven Nederlandse broedkolonies in 1987/1988. Ecoland-rapport 89-9. Bureau Ecoland, Utrecht.

Everaert, J., 2008. Effecten van windturbines op de fauna in Vlaanderen. Onderzoeksresultaten, discussie en aanbevelingen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2008 (rapportnr. INBO.R.2008.44). Insituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Fijn, R.C., W. Courtens, E.W.M. Stienen & I. Tulp, 2018. Hoofdstuk 7 Sterns. In: Tulp, I., T.C. Prins, J.A.M. Craeymeersch, S. IJff & M.T. van der Sluis (eds). Syntheserapport PMR NCV. Uitgave van Wageningen Marine Research en Deltares. Wageningen Marine Research rapportnummer C014/18.

Fijn, R.C. J. de Jong, R.J. Jonkvorst, B. Engels, A. Gyimesi, [redacted], J. de Jong, T.J. Boudewijn, M.J.M. Poot, W. Courtens, H. Verstraete, N. Vanermen, E.W.M. Stienen, P.A. Wolf, M.S.J. Hoekstein & S.J. Lilipaly, 2016. PMR-NCV Jaarrapport Vogels 2015 - Voortgang onderzoek sterns & zee-eenden in de Voordelta en Delta. Rapport 16-029. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., A. Gyimesi, J.C. Kleyheeg-Hartman, M. Boonman & J.W. de Jong 2015. Achtergrond-document ten behoeve van MER en PB windenergiegebied Borssele. Kavel III en IV: vogels en vleermuizen. Rapport 14-263. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., S.H.M. van Rijn, M.J.M. Poot, M.R. van Eerden, P.W. Van Horssen & T.J. Boudewijn, 2014. Verspreiding & aantallen, broedecologie, foerageer-ecologie en gebiedsgebruik van aalscholvers uit het Breede Water. Onderzoek op basis van tellingen, braakbalanalyse en het gebruik van GPS-loggers. Rapport 13-254. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, W. Tijsen, [redacted] & S. Dirksen, 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans Cygnus columbianus wintering near a wind farm in the Netherlands. Wildfowl 62: 97–116.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, [redacted], W. Tijsen & S. Dirksen, 2007. Effecten op zwanen en ganzen van het ECN windturbine testpark in de Wieringermeer. Aanvaringsrisico's en verstoring van foeragerende vogels. Rapport 07- 094. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Gyimesi, A., J.C. Hartman, D. Beuker, L.S.A. Anema & [redacted], 2013. Vliegbewegingen van kolonievogels bij (toekomstige) windparken op de Eerste en Tweede Maasvlakte. Veldonderzoek naar flux, vlieghoogtes en aanvaringsslachtoffers. Rapport 12-194. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Jeninga, S.K., 2018. De invloed van windturbines op het vlieggedrag van vogels. Onderzoek naar uitwijkingsgedrag, met aandacht voor de kleine mantelmeeuw. Stageverslag. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Hartman, J.C., & [redacted], 2013. Beoordeling effecten opschaling en uitbreiding Windpark Slufter. Oriëntatiefase Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 12-179. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Heijligers, W., 2014. Voortoets, cumulatietoets en passende beoordeling. Een weg vol valkuilen. Toets (01), pp: 6-10.

Kleyheeg-Hartman, J.C., K.L. Krijgsveld, [redacted], M.J.M. Poot, A.R. Boon, T.A. Troost & S. Dirksen, 2018. Predicting bird collisions with wind turbines: Comparison of the new empirical Flux Collision Model with the SOSS Band model. Ecological Modelling 387, 144–153.

Klop, E., & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014. Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Faenwâlden.

Krijgsveld, K.L. & D. Beuker, 2009. Vogelslachtoffers bij windpark Anna Vosdijk op Tholen. Onderzoek naar aanvaringen onder trekkende steltlopers en overwinterende smienten. Rapport 09-072. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Krijgsveld, K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horssen, [redacted], [redacted], M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen, 2011. Effect Studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Rapport 10-219. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Krijgsveld, K.L., K. Akershoek, F. Schenk, F. Dijk, H. Schekkerman & S. Dirksen, 2009. Collision risk of birds with modern large wind turbines: reduced risk compared to smaller turbines. Ardea 97(3): 357-366.

Krijgsveld, K.L., R.R. Smits & J. Van der Winden, 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport 08-173. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Langgemach, T. & T. Dürr, 2020. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel, Stand 07. Januar 2020, Aktualisierungen ausser Fundzahlen hervorgehoben. Landesamt für Umwelt Brandenburg. Staatliche Vogelschutzwarte, Buckow.

Leemans, J.J., P.J. de Gier, R.E. Van der Vliet & [redacted], 2019. Actualisatie vliegbewegingen van kolonievogels over buitencontour Tweede Maasvlakte. Rapport 19-175. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Lensink, R. & P.W. Van Horssen, 2012. Een matrixmodel om effecten op een populatie te voorspellen van slachtoffers door windturbines. Rapport 11-198, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Lensink R. & R.G. Verbeek, 2015. Windpark Bouwdokken en effecten op Natura 2000-gebieden; actualisatie van Passende Beoordeling in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 15-064. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2016a. Natura 2000 Deltawateren. Beheerplan 2016-2022 Haringvliet. Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2016b. Beheerplan Natura 2000 Voordelta 2015-2021 Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Musters, C.J.M., M.A.W. Noordervliet & W.J.T. Keurs, 1996. Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. Bird Study 43, 124-126.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, A. Douse & R.H.W. Langston, 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. Journal of Applied Ecology 49(2): 386-394.

Poot, M.J.M., I. Tulp, L.M.J. van den Bergh, H. Schekkerman & J. Van der Winden, 2001. Effect van mist-situaties op vogelvlieggedrag bij het windpark Eemmeerdijk. Zijn er aanwijzingen voor verhoogde aanvaringsrisico's? Rapport 01-072. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Pot, M. & E. Klop, in prep. Vogelmonitoring Windpark Noordoostpolder. Tussenrapportage 2019. A&W-rapport 2343-19-1 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Potiek, A., [redacted], H. Schekkerman & R.C. Fijn, 2019. Effects of turbine collision mortality on population dynamics of 13 bird species. Report 18-342, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Prins, T.C., G.H. Van der Kolff, A.R. Boon, H. Holzhauer, C. Kuijper, V.T. Langenberg & G. Hendriksen, 2013. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta. Deel A: Jaarrapport 2012. Deltares rapport 1200672-000.

[redacted], L. Jeninga & R.G. Verbeek, 2019. Effecten op vogels van windpark buitencontour Tweede Maasvlakte, Rotterdam. Aanvullende risicoanalyse in het kader van de Wet natuurbescherming. Update november 2019. Rapport 18-197. Bureau Waardenburg, Culemborg.

[redacted], R.R. Smits & M. Boonman, 2016a. Effecten op beschermde soorten van Windpark Blaakweg, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-227. Bureau Waardenburg, Culemborg.

[redacted], R.R. Smits & M. Boonman, 2016b. Effecten op beschermde soorten van Windpark Suyderlandt, Goeree-Overflakkee. Beoordeling in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 16-237. Bureau Waardenburg, Culemborg.

[redacted], [redacted], R.R. Smits, F.L.A. Brekelmans L.S.A. Anema, D. Emond & S. Dirksen, 2009a. Achtergrondrapport natuur MER Zuidring Randstad380. Rapport 08-003. Bureau Waardenburg, Culemborg.

[redacted], [redacted], [redacted], J. Van der Winden & P.W. van Horssen, 2009b. Effecten van vijf windparken op vogels langs de dijken van de Noordoostpolder. Effectbeoordeling ten behoeve van het MER Windparken Noordoostpolder. Rapport 09-090. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Provincie Zuid-Holland & Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2015. Beheerplan bijzondere natuurwaarden Duinen Goeree & Kwade Hoek. Provincie Zuid-Holland, Den Haag / Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Den Haag.

Radstake, Y.N. & [redacted], 2018a. Passende beoordeling Windpark Kroningswind. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming. Rapport 17-225, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Radstake, Y.N. & [redacted], 2018b. Natuurtoets Windpark Landtong Rozenburg. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 18-225. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Radstake, Y.N., R.E. Van der Vliet & [redacted], 2018. Natuurtoets Windpark Kroningswind. Toetsing in het kader van de Wet natuurbescherming en Natuurnetwerk Nederland. Rapport 17-128. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Schaut, C., K. Aper & C. Derde, 2008. Aanvaring van vogels met MW-windturbines in de haven van Antwerpen. Rapport 2008-CS1. Fortech Studie bvba, Vrasene.

Staro Natuur en Buitengebied & Buijs Eco Consult, 2017. Monitoren broedvogels en adviseren broedvrij houden in 2017. Staro, Gemert.

Steunpunt Natura 2000, 2010. Leidraad bepaling significantie. Nadere uitleg van het begrip ‘significante gevolgen’ uit de Natuurbeschermingswet. versie 27 mei 2010. RegieBureau Natura 2000, Utrecht.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2016. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2015. RWS Centrale Informatievoorziening BM 16.06. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & M.S.J. Hoekstein, 2015. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2014. RWS Centrale Informatievoorziening BM 15.07. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2014. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2013. RWS Centrale Informatievoorziening BM 14.12. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lilipaly, 2013a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2011/2012. RWS Waterdienst BM 13.19. RWS Waterdienst, Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2013b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2012. RWS Centrale Informatievoorziening BM 13.18. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., F.A. Arts & S. Lilipaly, 2012a. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst BM 12.07. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Strucker, R.C.W., M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf, 2012b. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2011. RWS Centrale Informatievoorziening BM 12.22. Delta Project Management, Culemborg / Vlissingen.

Tulp, I., H. Schekkerman, J.K. Larsen, J. Van der Winden, R.J.W. van de Haterd, P.W. van Horssen, S. Dirksen & A.L. Spaans, 1999. Nocturnal flight activity of sea ducks near the wind park Tunø Knob in the Kattegat. Rapport 99.64. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van der Hut, R.G.M., M. Kersten, F. Hoekema & A. Brenninkmeijer, 2007. Kustvogels in het Wadden- en Deltagebied. Verspreidingskaarten van kustvogels voor het calamiteitensysteem CALAMARIS. A&W-rapport 907. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden.

Van der Vliet, R., W. Heijligers & J. Tilborghs, 2011. Maximale foerageerafstanden: op een rij gezet voor 97 beschermde vogelsoorten. Toets 2011/4.

Van Vliet, F., K.D. van Straalen & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2015. Effecten op beschermde soorten van Windpark Noord-Beveland. Onderzoek in het kader van de Flora- en faunawet. Rapport 15-134. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., 2017. Passende beoordeling windplan buitencontour Maasvlakte 2, Rotterdam. Toetsing onderdeel vogels in het kader van de Wet natuurbescherming. Rapport 16-244. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G. & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2015. Oriëntatiefase Windpark Noord-Beveland. Toetsing in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998. Rapport 15-136. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Verbeek, R.G., D. Beuker, J.C. Hartman & K.L. Krijgsveld, 2012. Monitoring vogels Windpark Sabinapolder. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers. Rapport 11-189. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Winkelman, J.E., 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. RIN-rapp. 89/15. RIN, Arnhem.

Winkelman, J.E., 1992. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvaringsslachtoffers. RIN-rapp. 92/2. IBN-DLO, Arnhem.

Bijlage 1 Kader Wet natuurbescherming

1.1 Inleiding

Vanaf 1 januari 2017 is de Wet natuurbescherming (kortweg: Wnb) in werking. Deze wet vervangt de Flora- en faunawet, de Natuurbeschermingswet 1998 en de Boswet. Met de inwerkingtreding van de Wnb zijn de provincies het bevoegde gezag voor de ontheffing- en vergunningverlening voor plannen en projecten en voor het vaststellen van vrijstellingsregelingen. Bij provincie overschrijdende projecten is dit de minister van EZ.

Deze bijlage vat het wettelijk kader samen voor toetsing van ruimtelijke ingrepen en andere handelingen. In paragraaf 1.2 komen algemene bepalingen van de wet aan de orde. Gebiedsbescherming is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 2 Natura 2000-gebieden' en is hier samengevat in paragraaf 1.3. De bescherming van soorten is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 3 Soorten' en in deze bijlage samengevat in paragraaf 1.4. De bescherming van bomen en bos is in de wet beschreven in 'Hoofdstuk 4 Houtopstanden, hout en houtproducten' en is hier samengevat in paragraaf 1.5. Andere onderdelen van de Wnb zoals jacht, schadebestrijding, overlastbestrijding, faunabeheer en omgang met exoten maken geen deel uit van deze bijlage.

1.2 Algemene bepalingen

Art 1.10 De Wet natuurbescherming is gericht op:

- het beschermen en ontwikkelen van de natuur, mede vanwege de intrinsieke waarde, en het behouden en herstellen van de biologische diversiteit;
- het doelmatig beheren, gebruiken en ontwikkelen van de natuur ter vervulling van maatschappelijke functies, en
- het verzekeren van een samenhangend beleid gericht op het behoud en beheer van waardevolle landschappen, vanwege hun bijdrage aan de biologische diversiteit en hun cultuurhistorische betekenis, mede ter vervulling van maatschappelijke functies.

Art 1.11 Een ieder neemt voldoende zorg in acht voor Natura 2000-gebieden, bijzondere nationale natuurgebieden en voor in het wild levende dieren en planten en hun directe leefomgeving. Deze zorgplicht houdt in elk geval in dat handelingen waarvan redelijkerwijs verwacht mag worden dat ze nadelige gevolgen kunnen hebben voor een Natura 2000-gebied, een bijzonder nationaal natuurgebied of voor in het wild levende dieren en planten achterwege blijven, dan wel dat noodzakelijke maatregelen worden getroffen om negatieve gevolgen te voorkomen, of voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen ze beperkt of ongedaan worden gemaakt.

Art 1.12 Gedeputeerde staten van de provincies dragen zorg voor:

- het nemen van de nodige maatregelen voor de bescherming, de instandhouding of het herstel van biotopen en leefgebieden in voldoende gevarieerdheid voor alle van nature in het wild levende vogelsoorten en

planten en dieren en hun habitats van bijlagen II, IV en V bij de Habitatrichtlijn en habitattypen van bijlage I van de Habitatrichtlijn;
- het behoud of het herstel van een gunstige staat van instandhouding van de met uitroeiing bedreigde of speciaal gevaar lopende van nature in het wild voorkomende dier- en plantensoorten;
- de totstandkoming en instandhouding van een samenhangend landelijk ecologisch netwerk, genaamd Natuurnetwerk Nederland.

Gedeputeerde staten kunnen gebieden buiten het Natuurnetwerk Nederland aanwijzen die van provinciaal belang zijn vanwege hun natuurwaarden of landschappelijke waarden, met inachtneming van hun cultuurhistorische kenmerken. Deze gebieden worden aangeduid als ‘bijzondere provinciale natuurgebieden’ en ‘bijzondere provinciale landschappen’.

1.3 Natura 2000-gebieden

De Wnb heeft tot doel het beschermen en in stand houden van Natura 2000-gebieden.

Relevante wettelijke bepalingen
De beoordeling van projecten en andere handelingen wordt geregeld in artikel 2.7 tot en met artikel 2.9. Aanwijzingsbesluiten geven de instandhoudingsdoelstellingen ten aanzien van de leefgebieden voor vogels van de Vogelrichtlijn, de natuurlijke habitats en de habitats van soorten van de Habitatrichtlijn. De instandhoudingsmaatregelen zijn voor elk gebied beschreven in het beheerplan. Tevens beschrijft het beheerplan welke handelingen en ontwikkelingen in het gebied en daarbuiten het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen niet in gevaar brengen. Voor het uitvoeren van plannen of projecten kan GS de verplichting opleggen tot preventieve of herstelmaatregelen. Dit is niet van toepassing indien voor het plan of project een (omgevings)vergunning is verleend.

Beoordeling van plannen en projecten
Art. 2.7 Voor een plan dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, en dat afzonderlijk of in combinatie (in cumulatie) met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, is een passende beoordeling noodzakelijk.
Er is een vergunning nodig van GS voor projecten of andere handelingen die de kwaliteit van de natuurlijke habitats of de habitats van soorten in dat gebied kunnen verslechteren of een significant verstorend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen. De bevoegdheid ten aanzien van de vergunningverlening ligt bij GS van de provincie waarin het project wordt uitgevoerd.
Er geldt een uitzondering op de vergunningprocedure op grond van de Wet natuurbescherming: als via een andere wettelijke bepaling een passende beoordeling verplicht is (bijvoorbeeld op grond van de Tracéwet of de Spoedwet wegverbreding) voor de besluitvorming.

Art. 2.9 Géén vergunning is nodig:

- Als het project of de handeling is opgenomen in een Natura 2000-beheerplan of in een vastgesteld programma voor Natura 2000-gebieden. Voorwaarde is dat 1) ten aanzien van het plan of het programma een passende beoordeling van projecten is uitgevoerd waaruit de zekerheid is verkregen dat het project de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet zal aantasten, en 2) dat het bestuursorgaan dat het plan of programma heeft vastgesteld, tevens bevoegd gezag is voor vergunningverlening of dat dit bestuursorgaan heeft ingestemd heeft met het plan of programma.
- Als het project of de handeling al bestond of bekend was op de referentiedatum 31 maart 2010 of later als het gebied later is aangewezen (ook wel bekend als bestaand gebruik).
- Als het project of de handeling behoort tot door PS bij verordening aangewezen categorieën van gevallen.

Toelichting op begrippen

Habitattoets
De habitattoets is de verzamelnaam van toetsingen van effecten van plannen en projecten op de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied. In beginsel worden de effecten van plannen en projecten op Natura 2000-gebieden 'passend beoordeeld'. Als er kans is op significant negatieve effecten en mitigerende maatregelen bij de beoordeling zijn betrokken wordt gesproken over een '**passende beoordeling'**. Om procedurele redenen kan er voor worden gekozen om een **oriëntatiefase** – soms ook wel '**voortoets'** genoemd – te doorlopen. De inhoudelijke studie is in de oriëntatiefase in grote lijnen identiek aan een passen de beoordeling, echter mitigerende maatregelen zijn bij de oriëntatiefase niet bij de beoordeling betrokken. Als de conclusie is dat significante negatieve effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten en maatregelen nodig zijn om significant negatieve effecten met zekerheid te voorkomen, zal alsnog een passende beoordeling nodig zijn.

Mitigerende maatregelen
Mitigerende maatregelen zijn maatregelen ter voorkoming of beperking van het (mogelijke) effect van het project of andere handeling en deze maatregelen zijn onlosmakelijk verbonden zijn met een project / andere handelingen

Cumulatieve effecten
Voor de habitattoets geldt uitdrukkelijk dat voor elke activiteit onderzocht moet worden of er mogelijke significante effecten zijn als gevolg van de activiteit afzonderlijk *en* in combinatie met andere plannen en projecten. In het laatste geval moeten de gezamenlijke ofwel cumulatieve effecten beoordeeld worden in het licht van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied. Het gaat daarbij om alle plannen en projecten die op bestuurlijk niveau zijn goedgekeurd en die nog niet (volledig) zijn gerealiseerd.

Significantie

Van significante effecten kan sprake zijn als ten gevolge van het plan of project realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen wordt bemoeilijkt of onmogelijk wordt gemaakt. In de Leidraad bepaling Significantie is het begrip 'significante gevolgen' toegelicht.[6]

Externe werking

Ook activiteiten buiten het Natura 2000-gebied kunnen vergunningplichtig zijn als die activiteiten negatieve effecten op het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor het gebied (kunnen) veroorzaken. Dit wordt de 'externe werking' van de bescherming genoemd.

[6] Leidraad bepaling significantie. Nadere uitleg van het begrip 'significante gevolgen' uit de Natuurbeschermingswet. Publicatie Steunpunt Natura 2000, versie 27 mei 2010.

Bijlage 2 Windturbines en vogels

Onderzoek naar effecten van windturbines op vogels heeft drie verschillende typen effecten laten zien, namelijk aanvaringen van vliegende vogels, habitatverlies of verstoring van broedende, foeragerende of rustende vogels en barrièrewerking voor vliegende vogels.

Aanvaringen
Vogels kunnen door aanvaringen met de rotorbladen en mast of door lucht-wervelingen in het zog achter de windturbine gewond raken of sterven. Het aantal aanvaringen is afhankelijk van de intensiteit van vliegbewegingen en het aanvaringsrisico.

Vliegintensiteit
Het aantal slachtoffers wordt in belangrijke mate bepaald door de vliegintensiteit van vogels op rotorhoogte (Desholm *et al.* 2006). Variatie in deze vliegintensiteit wordt veroorzaakt door het aantal vogels dat in het gebied voorkomt of doorkruist, de soortensamenstelling van deze vogels, hun vlieggedrag en vlieghoogte en mate van uitwijking (Hötker *et al.* 2006; Gove *et al.* 2013; Grünkorn *et al.* 2016). Het aantal slachtoffers varieert daarmee sterk per locatie. Zo vallen in en nabij vogelrijke gebieden, zoals wetlands en nabij broedkolonies, significant meer slachtoffers dan in en nabij minder vogelrijke gebieden (Hötker *et al.* 2006; Everaert 2014; Grünkorn *et al.* 2016).

Een deel van het aantal aanvaringsslachtoffers wordt gevormd door vogels op de jaarlijkse seizoenstrek in voorjaar en najaar, doordat dan sprake is van de verplaatsing van tientallen miljoenen individuen en dus een hoge vliegintensiteit (Erickson *et al.* 2014). Afhankelijk van de weersomstandigheden, zullen de meeste vogels op seizoenstrek een windpark op grote hoogte passeren, maar tijdens tegenwind vliegt een deel hiervan ook op rotorhoogte. Hierdoor kan het percentage ‘s nachts trekkende zangvogels onder aanvaringsslachtoffers variëren van nihil (Grünkorn *et al.* 2016), tot 9% op een Duits eiland in de Oostzee (Welcker *et al.* 2016), 13% in de Eemshaven (Klop & Brenninkmeijer 2014) en 29% in de Wieringermeer (Krijgsveld *et al.* 2009). Deze onderzoeken suggereren dat ’s nachts langstrekkende vogelsoorten niet per sé een groter aanvaringsrisico hebben dan overdag actieve vogelsoorten. Een groot deel van de lokale vogels vliegt laag, vaak zelfs onder rotorhoogte, maar bepaalde soortgroepen, zoals roofvogels, meeuwen, duiven en zwaluwen vliegen regelmatig op rotorhoogte en worden ook vaker slachtoffer (Grünkorn *et al.* 2016). Kiekendieven vormen een uitzondering onder de roofvogels omdat ze maar een beperkt deel van de tijd op rotorhoogte vliegen en daarom van alle soorten roofvogels het minst vaak aanvaringsslachtoffer van windturbines worden (Whitfield & Madders 2006; Hötker *et al.* 2013; Oliver 2013).

Het verschil in het aantal aanvaringsslachtoffers tussen soorten wordt voor een groot deel ook bepaald door de mate van uitwijking voor windturbines. Ganzen en kraanvogels mijden zowel het hele windpark (macro-uitwijking) als individuele turbines (micro-uitwijking: Fijn *et al.* 2012; Grünkorn *et al.* 2016). Ook steltlopers, waaronder de soorten kievit en wulp, worden relatief weinig als aanvarings-slachtoffer gevonden, waarschijnlijk vanwege hun sterke uitwijkgedrag (Hötker *et al.* 2006; Winkelman *et al.* 2008). Daarentegen houden

bijvoorbeeld roofvogels en meeuwen, en soorten zoals wilde eend, houtduif, veldleeuwerik en spreeuw, zich meer op in en nabij windparken dan andere soorten en worden daardoor ook vaker slachtoffer van een aanvaring met een windturbine (Everaert 2014; Morinha *et al.* 2014; Grünkorn *et al.* 2016).

Aanvaringsrisico

Het aanvaringsrisico is de kans op aanvaring met een windturbine voor een vogel die door een windpark vliegt. Dit aspect is minder goed onderzocht dan het aantal slachtoffers zelf. In het algemeen wordt aangenomen dat het aanvaringsrisico het hoogst is tijdens de nacht en onder slechte zichtomstandigheden (mist, regen). Winkelman (1992) berekende een gemiddeld aanvaringsrisico van 0,02% voor alle vogels (niet soortspecifiek) die overdag en 's nachts het windpark passeerden. Voor de soorten die alleen 's nachts passeerden bedroeg dit gemiddeld 0,17%. Krijgsveld *et al.* (2009) vonden voor drie windparken in Nederland een gemiddeld aanvaringsrisico voor nachtactieve soorten van 0,14% (niet soort-specifiek). Voor sommige dagactieve soorten, zoals meeuwen-, stern- en enkele roofvogelsoorten, zijn echter ook relatief hoge aanvaringsrisico's vastgesteld (Everaert *et al.* 2002; Krijgsveld *et al.* 2009; Langgemach & Dürr 2015). Dit komt mogelijk doordat deze soorten overdag al vliegend op zoek gaan naar voedsel, en dan meer op de grond onder hen gefocust zijn dan op de omgeving die voor hen ligt (Martin 2011).

Aantal aanvaringen

Het aantal aanvaringsslachtoffers per turbine per jaar vertoont veel variatie, zowel binnen een windpark als tussen windparken onderling. In België varieerde het aantal slachtoffers in acht windparken bijvoorbeeld tussen 0 en de 45 vogelslachtoffers per turbine per jaar, met een maximum van 125 en een *overall* gemiddelde van 21 slachtoffers per turbine per jaar (Everaert 2014). De grote variatie in het aantal slachtoffers per turbine wordt ook geïllustreerd door een recent onderzoek in de Eemshaven, een 'hot spot' voor vogels op seizoenstrek en lokale vogels die dagelijks heen en weer vliegen van en naar de Waddenzee. Op deze locatie met 66 onderzochte windturbines varieerden de aantallen slachtoffers per windturbine tussen de 1 en 213 vogels per jaar (Klop & Brenninkmeijer 2014). Voornoemde voorbeelden betroffen windparken in veelal vogelrijke gebieden in de kuststreek met veel vliegbewegingen van watervogels, koloniebroedende vogelsoorten en/of vogelsoorten op seizoenstrek. In windparken met lagere aantallen vliegbewegingen van vogels, zoals in het binnenland, liggen de gemiddelde aantallen slachtoffers beduidend lager, beneden de 10 vogelslachtoffers per turbine per jaar (Zimmerling *et al.* 2013; De Lucas & Perrow 2017).

Onderzoek bij windparken met windturbines van ≥1,5 MW heeft aangetoond dat de slachtofferaantallen per windturbine vergelijkbaar of kleiner zijn met de aantallen bij kleinere windturbines (Krijgsveld *et al.* 2009; Smallwood & Karas 2009). Het aantal aanvaringen per windturbine neemt dus niet lineair met het rotoroppervlak toe. Dit impliceert een vermindering van het aantal aanvaringsslachtoffers met een toename van de omvang van windturbines (Smallwood 2013; Everaert 2014). Daarnaast is er geen lineair verband tussen turbinehoogte en het aantal aanvaringen (Barclay *et al.* 2007; Erickson *et al.* 2014). Grotere windturbines staan verder uit elkaar en de rotoren draaien op grotere hoogte boven

de grond en vaak ook langzamer, waardoor vogels er makkelijker tussendoor en onderdoor kunnen vliegen, zoals in bovengenoemde studies het geval was.

Effecten op populatieniveau
Effecten op populatieniveau zijn voor de meeste soorten niet aan de orde (Zimmerling *et al.* 2013; Erickson *et al.* 2014; Grünkorn *et al.* 2016). Aanwijzingen voor populatie-effecten zijn tot nu toe vooral gevonden voor langzaam reproducerende soorten, wanneer die in relatief hoge aantallen aanvaringsslachtoffer worden. Voorbeelden hiervan zijn sommige zeevogelsoorten (Stienen *et al.* 2007) en roofvogelsoorten (Bellebaum *et al.* 2013; Dahl *et al.* 2013; Grünkorn *et al.* 2016). In het algemeen geldt dat effecten op populatieniveau verwacht kunnen worden wanneer een windpark gesitueerd is op een locatie met veel vliegbewegingen van soorten die een hoog aanvaringsrisico kennen, zoals in bovengenoemde studies het geval was. Een passende locatiekeuze, zowel van het windpark als van de individuele windturbines daarbinnen, is daarmee een belangrijke factor om negatieve effecten op vogelpopulaties te verkleinen (Balotari-Chiebao *et al.* 2016; Grünkorn *et al.* 2016).

Verstoring
Verstoringsreacties kunnen zich uiten in verandering in locatiekeuze, fysiologie en gedrag. Door de aanwezigheid van de windturbine en/of het geluid en de beweging van de draaiende rotorbladen, of door de verhoogde menselijke aanwezigheid (doorgaans voor onderhoud), kan een bepaald gebied rond de windturbine c.q. het windpark in lagere dichtheden worden benut, of als habitat in zijn geheel verloren gaan. Een dergelijke verstoring kan effect hebben op de reproductie en de overleving van individuen, met als gevolg veranderingen in populatieomvang (Whalen 2015; Zwart *et al.* 2015; Hötker 2017).

Factoren die een rol spelen bij verstoringseffecten
De verstoringsafstand en de mate waarin vogels verstoord worden verschilt per soort, seizoen, locatie en functie van het gebied voor de vogels en is ook afhankelijk van de omvang en lay-out van het windpark. Verder geldt dat in de meeste gevallen niet alle vogels binnen de beschreven verstoringsafstanden verdwijnen, maar dat de aantallen lager zijn in vergelijking met soortgelijke gebieden zonder de verstoringsbron. Voor de meeste soorten wordt aangenomen dat buiten het broedseizoen de verstoringsafstand toeneemt met de omvang van het windpark. Voor ganzen, smient, kievit en goudplevier is deze relatie statistisch significant (Hötker 2017). Sommige studies tonen aan dat vogels gewend kunnen raken aan windturbines (Madsen & Boertmann 2008; Fijn *et al.* 2012), terwijl bij andere juist een afname in vogeldichtheden in de tijd is geconstateerd (Hötker 2017). Daarnaast is voor verschillende soorten, waaronder verschillende zangvogel- en roofvogelsoorten, aangetoond dat ze niet of weinig beïnvloed worden door de aanwezigheid van de windturbines (Hötker *et al.* 2013; Stevens *et al.* 2013; Hale *et al.* 2014; Hernández-Pliego *et al.* 2015). Grotere, langzaam draaiende turbines zouden, doordat ze rustiger lijken, een minder verstorend effect kunnen hebben. Ze zijn echter veel groter, hetgeen even goed tot meer verstoring kan leiden. Een studie bij 1 MW turbines duidde in ieder geval niet op een verstoring die wezenlijk anders was dan bij kleinere turbines (Schekkerman *et al.* 2003). Ook in een omvangrijke meerjarige studie in Schotland (met 18 windparken en 12 referentie gebieden) kon geen verband worden gevonden

tussen de omvang van de windturbines op de mate van verstoring (Pearce-Higgins *et al.* 2012). Volgens laatstgenoemde auteurs kan tijdens de bouwfase van een windpark meer verstoring optreden dan tijdens de operatiefase.

Broedvogels
In de gebruiksfase hebben windturbines in het algemeen een beperkte verstorende invloed op broedvogels (Pearce-Higgins *et al.* 2009; Hötker 2017). Bij veel soorten zijn in het geheel geen verstorende effecten in de broedperiode aangetoond, en waar dat wel het geval is, zijn de effectafstanden geringer dan die buiten de broedperiode. Doordat vogels in het broedseizoen doorgaans in ruimtelijk verspreide territoria voorkomen zijn de aantallen beïnvloede vogels daarnaast veelal kleiner dan buiten het broedseizoen.

De meeste soorten roofvogels vertonen geen vermijding van windparken. In verschillende studies konden geen statistisch aantoonbare effecten worden gevonden van windturbines op het aantal nesten, nestplaatskeuze en/of foerageer-en -areaal in het broedseizoen (Bellebaum *et al.* 2013; Hötker *et al.* 2013; Hernández-Pliego *et al.* 2015; Balotari-Chiebao *et al.* 2016; Grünkorn *et al.* 2016).

Steltlopers die in de open agrarische gebieden van NW-Europa broeden (o.a. kievit, wulp en scholekster), mijden windparken veelal tot maximaal 100 m (Steinborn *et al.* 2011; Steinborn & Steinmann 2014). Voor broedende zangvogels in dezelfde gebieden (o.a. veldleeuwerik, gele kwikstaart, roodborsttapuit) zijn tot nu toe geen of slechts geringe (< 50 m) verstoringseffecten vastgesteld (cf. Pearce-Higgins *et al.* 2012). Alleen voor de graspieper laten verschillende onderzoeken uiteenlopende resultaten zien en kan op basis hiervan niet worden uitgesloten dat de soort tot circa 100 m verstoord wordt (Steinborn *et al.* 2011).

Voor broedvogels van bos en halfopen gebied zijn geen of in slechts beperkte mate effecten van windturbines op de aantallen en ruimtelijke verspreiding vastgesteld (Garcia *et al.* 2015; Reichenbach *et al.* 2015). De dichtheid van vogels in de directe omgeving van windturbines in bossen verschilde niet van die in nabijgelegen ongestoorde referentiegebieden. Tijdens de aanleg vond wel een tijdelijke terugval in aantal territoria plaats, maar in de gebruiksfase namen alle soorten weer in aantal toe (Garcia *et al.* 2015). Daarnaast werd een (niet significant) verstoringseffect op vijf soorten spechten (maar niet de algemene grote bonte specht) gevonden tot 250 m afstand (Reichenbach *et al.* 2015).

Foeragerende en rustende vogels buiten het broedseizoen
Onder een aantal vogelsoorten van agrarische gebieden (o.a. zaadeters, kraaiachtigen en leeuweriken) konden ook buiten het broedseizoen geen significante verstoringseffecten van windturbines worden vastgesteld (Devereux *et al.* 2008; Steinborn *et al.* 2011). Echter, voor veel vogelsoorten zijn wel verstorende effecten van windturbines buiten de broedperiode vastgesteld. Als maximum verstoringsafstand van windturbines op niet-broedende vogels wordt over het algemeen 600 m gebruikt (Birdlife Europe 2011), maar dit is sterk soort-specifiek en bedraagt meestal kleinere afstanden. De gemiddelde verstoringsafstand voor zwanen-, ganzen- en enkele steltlopersoorten, zoals wulp, kievit en goudplevier, ligt bijvoorbeeld tussen 150-400 m (Hötker *et al.* 2006; Steinborn *et al.*

2011; Langgemach & Dürr 2015). Voor de meeste andere soort(groep)en die buiten het broedseizoen in groepen rusten of foerageren (o.a. eenden, meeuwen, duiven, spreeuw), vormen verstoringsafstanden van 100-200 m veelal de bovengrens (Winkelman 1989; Hötker *et al.* 2006; Steinborn *et al.* 2011). Alle voornoemde soortgroepen vertonen soms gewenning voor windparken. Zo is bij kleine rietganzen in een tienjarige studie vastgesteld dat de vogels steeds dichterbij windturbines zijn gaan foerageren en op een gegeven moment tussen de windturbines verbleven (Madsen & Boertmann 2008). Verder lijkt de omvang van het effect ook afhankelijk te zijn van het voedselaanbod. Bijvoorbeeld, voor brandganzen en kleine zwanen is vastgesteld dat beide soorten een grotere afstand tot de windturbines aanhouden aan het begin van de winter, wanneer meer voedsel beschikbaar is, dan aan het eind van de winter (Percival 2005; Fijn *et al.* 2012). Ook is aangetoond dat een relatief grotere verplaatsing van vogels kan optreden als in de directe omgeving alternatieve foerageergebieden aanwezig zijn. Zo vermeed ongeveer 75% van de kieviten een graslandpolder na de plaatsing van vier windturbines en verbleef in een nieuw aangelegd natuurgebied enkele kilometers verderop (Beuker & Lensink 2010).

Barrièrewerking

Bij nadering van een windpark passen vrijwel alle vogels hun vliegroutes aan, ofwel door het gehele windpark, ofwel door individuele turbines te vermijden. Dit gedrag vermindert weliswaar de kans op een aanvaring, maar kan leiden tot een verhoogd energieverbruik. De reacties zijn afhankelijk van het type windturbine en de omvang van het windpark, en verschillen ook binnen een soort en tussen soorten. Als het windpark in een groot cluster of in een lange lijn is opgesteld, kan het door de verhoogde vliegkosten voor vogels een barrière in een vliegroute worden. Dit zou kunnen leiden tot het onbereikbaar of onbruikbaar worden van foerageer- of rust-gebieden, hiervan zijn tot dusver in onderzoeken geen bewijzen gevonden (Hötker 2017). Om barrièrewerking te minimaliseren kunnen windparken zo ontworpen worden dat lange lijnopstellingen van turbines voorkomen worden of op bepaalde afstanden met openingen onderbroken worden. Het opschalen van windparken heeft een gunstig effect, omdat bij een toename van de turbineomvang de tussenafstand tussen turbines ook groter wordt (Smallwood & Karas 2009; Everaert 2014).

Literatuurlijst

Balotari-Chiebao, F., J.E. Brommer, T. Niinimäki & T. Laaksonen, 2016. Proximity to wind-power plants reduces the breeding success of the white-tailed eagle. Animal Conservation 19(3): 265-272.

Barclay, R.M.R., E.F. Baerwald & J.C. Gruver, 2007. Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie 85(3): 381-387.

Bellebaum, J., F. Korner-Nievergelt, T. Dürr & U. Mammen, 2013. Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. Journal for Nature Conservation 21(6): 394-400.

Beuker, D. & R. Lensink, 2010. Monitoring windpark windturbines Echteld. Onderzoek naar aanvaringsslachtoffers onder lokale en trekkende vogels. Rapport 10-033. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Birdlife Europe, 2011. Meeting Europe's Renewable Energy Targets in Harmony with Nature. The RSPB, Sandy, UK.

Dahl, E.L., R. May, P.L. Hoel, K. Bevanger, H.C. Pedersen, E. Røskaft & B.G. Stokke, 2013. White-tailed eagles (Haliaeetus albicilla) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines. Wildlife Society Bulletin 37(1): 66-74.

De Lucas, M. & M.R. Perrow, 2017. Birds: collision. in M.R. Perrow (Ed.). Wildlife and Wind Farms-Conflicts and Solutions, Volume 1: Onshore: Potential Effects. Blz. 57. Pelagic Publishing. Exeter, UK.

Desholm, M., A.D. Fox, P.D.L. Beasley & J. Kahlert, 2006. Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. Ibis 148: 76-89.

Devereux, C.L., M.J.H. Denny & M.J. Whittingham, 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. Journal of Applied Ecology 45(6): 1689-1694.

Erickson, W.P., M.M. Wolfe, K.J. Bay, D.H. Johnson & J.L. Gehring, 2014. A comprehensive analysis of small-passerine fatalities from collision with turbines at wind energy facilities. PloS one 9(9): e107491.

Everaert, J., 2014. Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. Bird Study 61(2): 220-230.

Everaert, J., K. Devos & E. Kuijken, 2002. Windturbines en vogels in Vlaanderen. Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Rapport 2002.3. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Fijn, R.C., K.L. Krijgsveld, W. Tijsen, [redacted] & S. Dirksen, 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans Cygnus columbianus bewickii wintering near a wind farm in the Netherlands. Wildfowl 62: 91-116.

Garcia, A.D., G. Canavero, F. Ardenghi & M. Zambon, 2015. Analysis of wind farm effects on the surrounding environment: Assessing population trends of breeding passerines. Renewable Energy 80: 190-196.

Gove, B., R. Langston, A. McCluskie, J.D. Pullan & I. Scrase, 2013. Windfarms and birds: an updated analysis of the effect of wind farm on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. BirdLife International on behalf of the Bern Convention, Strasbourg.

Grünkorn, T., J. Blew, T. Coppack & O. Krüger, G. Nehls, A. Potiek, M. Reichenbach, J. von Rönn, H. Timmermann & S. Weitekamp, 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS.

Hale, A.M., E.S. Hatchett, J.A. Meyer & V.J. Bennett, 2014. No evidence of displacement due to wind turbines in breeding grassland songbirds. The Condor 116(3): 472-482.

Hernández-Pliego, J., M. de Lucas, A.-R. Muñoz & M. Ferrer, 2015. Effects of wind farms on Montagu's harrier (Circus pygargus) in southern Spain. Biological Conservation 191: 452-458.

Hötker, H., 2017. Birds: displacement. in M.R. Perrrow (Ed.). Wildlife and wind farms, conflicts and solutions. Volume 1 Onshore: Potential Effects. Pelagic Publishing. Exeter, UK.

Hötker, H., K.-M. Thomsen & H. Köster, 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Hötker, H., O. Krone & G. Nehls, 2013. Greifvogel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt. Naturschutz und Reaktorsicherheit. Michael-Otto-Institut im NABU, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtier- forschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum.

Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringsslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014, Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Krijgsveld, K.L., K. Akershoek, F. Schenk, F. Dijk, H. Schekkerman & S. Dirksen, 2009. Collision risk of birds with modern large wind turbines: reduced risk compared to smaller turbines. Ardea 97(3): 357-366.

Langgemach, T. & T. Dürr, 2015. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Landesamt für Umwelt Brandenburg, Nennhausen.

Madsen, J. & D. Boertmann, 2008. Animal behavioral adaptation to changing landscapes: spring-staging geese habituate to wind farms. Landscape ecology 23(9): 1007-1011.

Martin, G.R., 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. Ibis 153(2): 239-254.

Morinha, F., P. Travassos, F. Seixas, A. Martins, R. Bastos, D. Carvalho, P. Magalhães, M. Santos, E. Bastos & J.A. Cabral, 2014. Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. Bird Study 61(2): 255-259.

Oliver, P., 2013. Flight heights of Marsh Harriers in a breeding and wintering area. British Birds 106: 405-408.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, A. Douse & R.H.W. Langston, 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. Journal of Applied Ecology 49(2): 386-394.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, R.H.W. Langston, I.P. Bainbridge & R. Bullman, 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. Journal of Applied Ecology.

Percival, S.M., 2005. Birds and wind farms - what are the real issues? British Birds 98: 194-204.

Reichenbach, M., R. Brinkmann, A. Kohnen, J. Köppel, K. Menke, H. Ohlenburg, H. Reers, H. Steinborn & M. Warnke, 2015. Bau- und Betriebsmonitoring von Windenergieanlagen im Wald. Abschlussbericht 30.11.2015. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Schekkerman, H., L.M.J. van de Bergh, K.L. Krijgsveld & S. Dirksen, 2003. Effecten van moderne, grote windturbines op vogels. Onderzoek naar verstoring van watervogels bij het windpark Eemmeerdijk. Alterra, Wageningen.

Smallwood, K.S., 2013. Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. Wildlife Society Bulletin 37(1): 19-33.

Smallwood, K.S. & B. Karas, 2009. Avian and Bat Fatality Rates at Old-Generation and Repowered Wind Turbines in California. Journal of Wildlife Management 73(7): 1062-1071.

Steinborn, H. & P. Steinmann, 2014. 13 Jahre später – wie entwickeln sich die Wiesenvogelbestände im Windpark Hinrichsfehn? ARSU GmbH, Oldenburg.

Steinborn, H., M. Reichenbach & H. Timmerman, 2011. Windkraft – Vögel – Lebensräume. Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. ARSU Gmbh

Stevens, T.K., A.M. Hale, K.B. Karsten & V.J. Bennett, 2013. An analysis of displacement from wind turbines in a wintering grassland bird community. Biodiversity and Conservation 22(8): 1755-1767.

Stienen, E.W.M., J. van Waeyenberge, E. Kuijken & J. Seys, 2007. Trapped within the corridor of the Southern North Sea: The potential impact of offshore windfarms and seabirds. in M. de Lucas,G.F.E. Janss &M. Ferrer (Ed.). Birds and wind farms. Risk assessment and mitigation. Quercus. Madrid.

Welcker, J., M. Liesenjohann, J. Blew, G. Nehls & T. Grünkorn, 2016. Nocturnal migrants do not incur higher collision risk at wind turbines than diurnally active species. Ibis 159(2): 366-373.

Whalen, C.E., 2015. Effects of Wind Turbine Noise on Male Greater Prairie-Chicken Vocalizations and Chorus. Dissertations & eses in Natural Resources. Paper 127.

Whitfield, D.P. & M. Madders, 2006. Deriving collision avoidance rates for red kites Milvus milvus. Natural Research Information Note 3. Natural Research Ltd, Banchory, UK.

Winkelman, J.E., 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. RIN-rapp. 89/15. RIN, Arnhem.

Winkelman, J.E., 1992. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvaringsslachtoffers. RIN-rapp. 92/2. IBN-DLO, Arnhem.

Winkelman, J.E., F.H. Kistenkas & M.J. Epe, 2008. Ecologische en natuurbeschermingsrechtelijke aspecten van windturbines op land. Alterra, Wageningen.

Zimmerling, J.R., A.C. Pomeroy, M.V. d'Entremont & C.M. Francis, 2013. Canadian Estimate of Bird Mortality Due to Collisions and Direct Habitat Loss Associated with Wind Turbine Developments. Avian Conservation and Ecology 8(2): 10.

Zwart, M.C., J.C. Dunn, P.J.K. McGowan & M.J. Whittingham, 2015. Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird. Behavioral Ecology. arv128.

Bijlage 3 Flux-Collision Model

Het Flux-Collision Model voor de berekening van soortspecifieke aantallen vogelslachtoffers bij windturbines

© Bureau Waardenburg, 31 maart 2016

[redacted], [redacted] & [redacted]

Met behulp van het zogenaamde Flux-Collision Model kan voor een bepaalde soort(groep) voorspeld worden hoeveel aanvaringsslachtoffers er ongeveer in een (gepland) windpark zullen vallen. Om deze berekening uit te kunnen voeren zijn gegevens nodig van de vogelflux door het windpark, de configuratie van het windpark en de afmetingen van de windturbines. Daarnaast is voor de betreffende soort(groep) een aanvaringskans nodig die vastgesteld is door veldonderzoek naar flux en aanvaringsslachtoffers in een ander al bestaand zogenaamd 'referentiewindpark'. Om de berekening volledig uit te kunnen voeren zijn ook van dit referentiewindpark gegevens nodig van de configuratie van het windpark en de afmetingen van de windturbines.

Voor de berekening van het aantal aanvaringsslachtoffers via het Flux-Collision Model wordt onderstaande formule gebruikt die eerder door Troost (2008) is beschreven en die op enkele punten door Bureau Waardenburg is aangepast:

c = b * h * (1-a_macro) * h_cor * (r/r_ref) * (e/e_ref) * p_cor * p

Waarin:

c = aantal slachtoffers in het windpark
b = vogelflux
h = fractie vogels die op turbinehoogte vliegt (tussen grond en tiphoogte)
a_macro = fractie vogels die om of over het windpark heen vliegt
h_cor = correctie voor het verschil in het aandeel vogels op rotorhoogte tussen het te beoordelen windpark en het referentiewindpark
r = fractie van het vlak waarin de rotoren draaien, dat bedekt wordt door de rotor (berekend voor 1 turbine)
r_ref = fractie van het vlak waarin de rotoren draaien, dat bedekt wordt door de rotor in het referentiewindpark (berekend voor 1 turbine)
e = gemiddeld aantal turbines dat per passage van het windpark gepasseerd wordt
e_ref = gemiddeld aantal turbines dat per passage van het referentiewindpark gepasseerd wordt
p_cor = correctie van de aanvaringskans voor het verschil in het formaat van de rotor (en daaraan gerelateerde rotorsnelheid en breedte van de rotorbladen) tussen het referentiewindpark en het te beoordelen windpark
p = aanvaringskans

b, h en a_macro

De factoren b, h en a_macro bepalen samen de vogelflux door het windpark. De vogelflux (b) betreft het totaal aantal vogels dat in een bepaalde tijdsperiode (jaar, maand, dag) over de locatie van het (geplande) windpark vliegt. Afhankelijk van de manier waarop de flux (b)

is gemeten of ingeschat (zowel in het plangebied als in het referentiewindpark), wordt gebruik gemaakt van de factoren h en a_macro om de totale flux op een bepaalde locatie naar beneden bij te stellen tot de flux die daadwerkelijk door het windpark vliegt. Als de flux van vogels (b) tot op grote hoogte boven het windpark bekend is (bijvoorbeeld inclusief seizoenstrek), kan met de factor h aangegeven worden welke fractie van deze flux (ongeveer) op turbinehoogte passeert. Vaak is de vogelflux bepaald in een (nul)situatie zonder windturbines. In een situatie met windturbines zal over het algemeen een deel van de flux uitwijken voor de turbines door om het windpark heen te vliegen. De fractie van de flux die op deze manier uitwijkt voor het windpark wordt aangegeven met de factor a_macro. De factoren h en a_macro betreffen dus altijd getallen tussen 0 en 1. In sommige gevallen heeft de flux (b) al specifiek betrekking op het windpark en is in dit getal ook al rekening gehouden met uitwijking. In dat geval kan voor h 1 en voor a_macro 0 ingevuld worden.

h_cor

De factor a_macro omvat geen uitwijking onder de rotoren door, want deze uitwijking is al verwerkt in de aanvaringskans omdat deze (over het algemeen) berekend is op basis van de vogelflux door het totale referentiewindpark. Wanneer echter het aandeel vogels op rotorhoogte in het te beoordelen windpark sterk afwijkt van het aandeel vogels op rotorhoogte in het referentiewindpark is het wenselijk om hiervoor te corrigeren.

Voorbeeld: In windparken met kleine turbines (waaronder sommige referentiewindparken) is de flux over het algemeen evenredig over het verticale vlak van het windpark verdeeld. In windparken met grotere turbines (waar bijvoorbeeld veel vliegbewegingen van lokale vogels plaatsvinden) kan het echter zo zijn dat relatief meer vogels onder de rotoren door vliegen dan door het vlak waar de rotoren in draaien. Wanneer er in het te beoordelen windpark relatief gezien weinig vogels door de rotoren vliegen, zal de aanvaringskans die in het referentiewindpark is vastgesteld (waar een groter aandeel van de vogels op rotorhoogte vloog) te hoog zijn en dus omlaag gecorrigeerd moeten worden.

h_cor wordt berekend volgens de volgende formule:

> h_cor = fractie van de flux op rotorhoogte / fractie van de flux op rotorhoogte in referentiewindpark

De fractie van de flux op rotorhoogte in het te beoordelen windpark betreft het aandeel van de flux die volgt uit de berekening (b * h * (1-a_macro)). Er hoeft hier dus niet nogmaals gecorrigeerd te worden voor vogels die (hoog) over het windpark heen vliegen.

r en r_ref

Deze twee factoren worden op dezelfde manier berekend op basis van de configuratie en afmetingen van het te beoordelen windpark (r) en het referentiewindpark (r_ref). De formule is voor beide factoren als volgt:

r(_ref) = rotoroppervlak / (rotordiameter * gemiddelde afstand tussen turbines)

e en e_ref

Het aantal turbines dat een vogel tijdens een passage van het windpark gemiddeld passeert is afhankelijk van de configuratie van het windpark en de hoofdvliegrichting van

de vogels door het windpark. De aanname voor e(_ref) is gekoppeld aan de manier waarop de flux (b) is bepaald. Bij het bepalen van deze flux is namelijk al nagedacht over de manier waarop vogels door het windpark vliegen. Voor een lijnopstelling wordt er vaak van uitgegaan dat de flux dwars door het windpark gaat (hoofdvliegrichting haaks op de lijnopstelling). In het geval van een lijnopstelling wordt dan ook over het algemeen aangenomen dat vogels één windturbine passeren, tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn dat dit niet het geval is.

Wanneer de configuratie van het windpark min of meer vierkant is (en vogels over het algemeen vanuit alle richtingen door het windpark vliegen) wordt e(_ref) vaak berekend als de wortel van het totaal aantal turbines.

p_cor

Met deze factor wordt gecorrigeerd voor het verschil in rotoroppervlak (en de daaraan gerelateerde rotorsnelheid en breedte van de rotorbladen) tussen de turbines van het te beoordelen windpark en de turbines van het referentiewindpark. Bij een grotere rotor (die relatief langzamer draait en bredere rotorbladen heeft) is de aanvaringskans per vierkante meter rotoroppervlak kleiner dan bij een kleinere rotor. De formule voor p_cor is gebaseerd op de theoretische relatie tussen aanvaringskans en rotoroppervlak, afgeleid van het Band Model (Band *et al.* 2007). p_cor wordt berekend op basis van de volgende formule:

$p\_cor = 0{,}9785 * (O / Oref)^{-0{,}26}$

Waarin:

O = rotoroppervlak van de windturbines van het te beoordelen windpark (m^2)

Oref = rotoroppervlak van de windturbines van het referentiewindpark (m^2)

p

Deze factor betreft de aanvaringskans die voor de betreffende soort(groep) is vastgesteld in een referentiewindpark. Indien voor een soort(groep) meerdere aanvaringskansen beschikbaar zijn wordt met al deze aanvaringskansen het aantal aanvaringsslachtoffers berekend en wordt in de rapportage de gemiddelde uitkomst gepresenteerd. Sommige in de literatuur beschikbare aanvaringskansen zijn gebaseerd op een te beperkt onderzoek m.b.t. flux of aantallen slachtoffers, waardoor de onzekerheidsmarge te groot wordt. Deze aanvaringskansen worden door Bureau Waardenburg daarom niet gebruikt in het Flux-Collision Model. De gebruikte aanvaringskans(en) worden in de rapportage gepresenteerd.

Literatuur

Band, W., M. Madders & D.P. Whitfield, 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In De Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M., eds. Birds and Wind Power. Barcelona., Spain: Lynx Edicions.

Troost, T., 2008. Estimating the frequency of bird collisions with wind turbines at sea. Guidelines for using the spreadsheet 'Bird collisions Deltares v1-0.xls'. Appendix to report Z4513. Deltares, Delft.

Bijlage 4 Band model aalscholver

The SOSS Band model (Band 2012) has been applied to estimate the potential number of collisions for cormorant with wind turbines in the planned onshore wind farm 'buitencontour Tweede Maasvlakte'. This note presents the results and outlines how these have been derived using the SOSS Band model.

The SOSS Band model

The SOSS Band model has been developed for assessing bird collisions at offshore wind farms and is based around a theoretical model of a wind turbine and a bird. The model has been developed for offshore wind farms where no reference data on collisions can be gathered, but it can also be used at onshore wind farms. The probability of collision for a bird making a single transit through the rotor-swept area of an active wind turbine is calculated, which is then scaled up for the number of transits and number of turbines to give the number of collisions for the given period. Importantly, the model assumes no avoiding action by the bird, and avoidance action is applied at the end.

Model parameters

Collision rate modelling was carried out using the SOSS Band basic (option 1) model and for birds passing through in one direction (i.e., flights from land to sea and vice versa), due to the suitability of the flight height and bird abundance data. Collision rates were estimated for cormorant and for the 'VKA' along each part of the wind farm: 'Zachte Zeewering (ZZ)' and 'Harde Zeewering (HZ)'. These were summed to give overall estimates for VKA.

Biometric data for cormorant were taken from Svensson *et al*. (1999) and flight speed from Alerstam *et al*. (2007). Nocturnal activity was taken from Garthe & Hüppop (2004) (table 1). Avoidance rate was based on Maclean *et al*. (2009) and Cook *et al*. (2012).

Table 1 Input parameters related to cormorant as used in the SOSS Band model.

Parameter	Cormorant
Length (m)	0.855
Wingspan (m)	1.350
Flight speed (m/s)	15.2
Flapping (0) or gliding (1)	0
Nocturnal activity factor (1-5)	1
Avoidance rate	0.99

Wind farm data including turbine model, number of turbines, rotor radius, minimum rotor height, proportion of time in operation and pitch were provided by Pondera (table 2). Figures for rotation speed and maximum blade width were estimated based on similar turbines.

Table 2 Input parameters related to wind farm used in the SOSS Band model.

Parameter	VKA	
Part	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'
Turbine model	SWT120	V162
Latitude (decimal degrees)	51.95	51.95
Number of turbines	10	12
Number of blades	3	3
Rotor radius (m)	60	81
Minimum rotor height (m +NAP)	31	30
Maximum blade width (m)	3.8	4.3
Rotation speed (rpm)[7]	9.1	8.2
Pitch (degrees)	5	5
Proportion of time in operation per month	0.90 - 0.95	0.90 - 0.95

Flight height data were recorded at location during May, June and July 2019 (Leemans *et al*. 2019). Data were categorised into height bands and the proportions at rotor height was taken as those in the relevant bands with a proportional correction being applied for those bands partly coinciding with rotor height (table 3).

Table 3 Input parameters of cormorant related to wind farm used in the SOSS Band model.

Parameter	VKA	
Part	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'
Proportion at rotor height	0.49	0.30
Monthly flux (birds/km)		
Jan	187	132
Feb	226	159
Mar	250	176
Apr	1.512	1.062
May	1.875	1.317
Jun	2.117	1.487
Jul	1.094	768
Aug	937	658
Sep	756	531
Oct	250	176
Nov	181	127
Dec	187	132

[7] Rotation speed used was the midpoint for the operations speeds provided. When only the maximum rotation speed was known this was adjusted based on the figures from the other turbines.

Hourly fluxes of cormorants passing through the future line of the wind farm were converted into monthly fluxes per km for both wind farm areas. Fluxes for the breeding season (April, May and June) were taken from data collected on-site (Leemans *et al*. 2019) and those for the non-breeding season (July – March) were estimated based on results from monthly monitoring of water birds in the general area published by the Dutch government (see chapter 4 for details). In both seasons fluxes were based on hourly fluxes and on cormorant activity only during daylight hours (10 hours per day in April, 12 hours per day in May and 14 hours per day in June in breeding season and 6 hours per day in November, December and January, 8 hours in February, March and August, 10 hours in September, 12 hours in August and 14 hours in July for non-breeding season).

Results of the collisions rate modelling

The results of the collision rate modelling are shown in table 4.

Table 4 *Estimated number of collisions per season for each part of the wind farm for VKA ('ondergrens / best-case-scenarion' and 'bovengrens / worst-case-scenario', see table 2.2).*

Season	**VKA (ondergrens)**		
	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'	Total
Breeding season (Apr – Jun)	1.6	0.9	2.5
Non-breeding season (Jul – Mar)	1.2	0.7	1.9
Season	**VKA (bovengrens)**		
	'Harde zeewering'	'Zachte zeewering'	Total
Breeding season (Apr – Jun)	2.2	0.9	3.1
Non-breeding season (Jul – Mar)	1.7	0.7	2.4

References

Alerstam. T., M. Rosén, J. Bäckman, P.G.P. Ericson & O. Hellgren, 2007. Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects. PLoS Biol. 5(8): e197. doi:10.1371/journal.pbio.0050197.

Band, W., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. SOSS, The Crown Estate, London, UK. www.bto.org/science/wetland-and-marine/soss/projects.

Cook, A.S.C.P., A. Johnston, L.J. Wright & N.H.K. Burton, 2012. A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms. BTO Research Report Number 618, BTO, Thetford, UK.

Garthe, S. & O. Huppop, 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. Journal of Applied Ecology (2004) 41, 724–734.

Maclean, I.M.D., L.J. Wright, D.A. Showler & M.M. Rehfisch, 2009. A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms. BTO report commissioned for Cowrie Ltd. COWRIE METH-08-08.

Leemans, J.J., P.J. de Gier & [redacted], 2019. Actualisatie vliegbewegingen van kolonievogels over buitencontour Tweede Maasvlakte. Rapport 19-175. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Svensson, L., P.J. Grant, K. Mullarney & D. Zetterström, 1999. Collins Bird Guide. Harper Collins, London. ISBN 0 00 2197286.

Deel 2 Zeezoogdieren

HWE onderzoek en advies in waterbeheer en ecologie

Graaf Wichmanlaan 9 – 1405 GV Bussum
tel: (035) 698 9532 – mob: [redacted]
email: [redacted]

Memo

Aan: [redacted] (Pondera)

Van: [redacted]

CC: [redacted] (TNO)

Datum: 12 juni 2020

Betreft: Effecten van onderwatergeluid door de aanleg van windpark Maasvlakte 2 op zeezoogdieren en vissen

---

Uitgangspunten effectbepaling

Tijdens de aanleg van het windpark ontstaat tijdens het verankeren van de funderingen voor de windturbines op de harde en zachte zeewering en het trillen van de damwanden onderwatergeluid dat kan uitstralen naar het water van het Natura 2000-gebied Voordelta en daar tot effecten op zeezoogdieren en (trek)vissen leiden. In de Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de zeezoogdieren grijze zeehond, de gewone zeehond en de bruinvis en voor vier soorten trekvissen (rivierprik, zeeprik, elft en fint).

Voor de grijze zeehond betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de gewone zeehond is een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied geformuleerd. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren. Voor de bruinvis is het doel: behoud omvang en verbetering leefgebied voor behoud populatie. Voor de vier trekvissoorten geldt in de Voordelta een behoudsdoelstelling (behoud omvang en behoud kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie).

Zeezoogdieren
Onderwatergeluid kan zeezoogdieren op verschillende manieren beïnvloeden afhankelijk van het geluidsniveau en de frequentie (Richardson *et al.*, 1995, Kastelein *et al.*, 2008). In de literatuur worden meestal zones van geluidsbeïnvloeding onderscheiden, lopend van een zone waarin ernstige fysieke schade of dood optreedt. Daartussen liggen zones van gedragsbeïnvloeding, waarin het dier van het geluid wegzwemt of op een andere manier in zijn normale gedrag wordt verstoord en een zone waarbij een tijdelijke of permanente verhoging van de gehoordrempel optreedt (TTS = temporary threshold shift en PTS = permanent Threshold shift). Daarnaast kan voor sommige dieren maskering een rol spelen. Dit is de situatie waarin het niet-natuurlijke geluid een vergelijkbaar frequentiebereik en een vergelijkbare geluidssterkte heeft als de door dieren zelf of hun prooien of predatoren geproduceerde geluiden. Dit hindert met name dieren die voor het opsporen van prooien (uitsluitend) van het gehoor afhankelijk zijn. Voor zeehonden speelt dit waarschijnlijk een beperkte rol, aangezien zij hun prooien vooral met hun snorharen en op zicht lokaliseren. Ook voor bruinvissen is dit in het geval van heien of trillen van ondergeschikt belang, omdat bruinvissen voor het opsporen en vangen van hun prooien van echolocatie gebruik maken, waarvan de geluidfrequentie ver boven die van de frequenties van heien of trillen liggen.

Voor het bepalen van effecten van onderwatergeluid is het nodig te beschikken over grenswaarden voor geluidniveaus waarboven bepaalde effecten optreden. Een overzicht van grenswaarden voor het optreden van effecten bij zeehonden en bruinvissen door **heigeluid** is opgenomen in Tabel 1. Hierbij is ervan uitgegaan dat deze voor de gewone en grijze zeehond vergelijkbaar zijn. Deze grenswaarden zijn vastgesteld in de werkgroep onderwatergeluid die op initiatief van Rijkswaterstaat in het kader van het programma Wind op Zee samengesteld en vastgelegd in Heinis *et al.* (2015). Daarbij dient wel opgemerkt worden dat de heigeluidsignalen in de situatie waarbij het geluid eerst door de bodem gaat, voordat het water bereikt relatief minder hoge frequenties bevatten dan de signalen waarvoor deze grenswaarden bepaald zijn (zie figuur 6 in Bijlage TNO). Omdat het gehoor van bruinvissen en zeehonden minder gevoelig is bij lagere frequenties mag verondersteld worden dat het hanteren van deze grenswaarden tot een *worst case* schatting leidt.

Tabel 1 Grenswaarden voor het inschatten van effecten op bruinvissen en zeehonden. SEL_1 = ongewogen geluiddosis als gevolg van een enkele heiklap; SEL_{CUM} = ongewogen gecumuleerde geluiddosis over een langere periode (bijvoorbeeld als gevolg van het heien van een gehele paal); $SEL_{1/CUM,w}$ = M-gewogen SEL voor zeehonden in water.

Soort	type effect	waarde
Bruinvis	Mijding/gedragsverstoring	SEL_1 > 140 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-onset	SEL_{CUM} > 164 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-1 uur	SEL_{CUM} > 169 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	SEL_{CUM} > 179 dB re 1 µPa^{2}s
Zeehonden	Mijding/gedragsverstoring	$SEL_{1,w}$ > 145 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-onset	$SEL_{CUM,w}$ > 171 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-1uur	$SEL_{CUM,w}$ > 176 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,w}$ > 186 dB re 1 µPa^{2}s

Het **trillen** van damwanden en turbinefunderingen veroorzaakt geluid dat een meer continu karakter heeft dan heigeluid. Er zijn geen algemeen geaccepteerde grenswaarden voor het geluidniveau waarboven dieren mijdingsgedrag of een andere verstoring van het gedrag vertonen. Tougaard *et al.* (2015) suggereren dat bruinvissen mijdingsgedrag vertonen wanneer ze worden blootgesteld aan een geluidniveau (SPL = Sound Pressure Level) 40 tot 50 dB boven de gehoordrempel. Het (voorlopige) voorstel is om die bevinding te generaliseren en voor zeezoogdieren van een grenswaarde van 45 dB boven de gehoordrempel uit te gaan.

Voor het beoordelen van de gevoeligheid van het gehoord van zeehonden en bruinvissen voor continu geluid (trillen) is uitgegaan van de grenswaarden voor TTS/PTS uit Southall *et al.* (2019), zie Tabel 2. Deze grenswaarden betreffen een gewogen cumulatieve SEL.

Tabel 2 Grenswaarden voor het inschatten van effecten van continu ('non-impulsive') geluid op bruinvissen en zeehonden. $SEL_{CUM,VHF}$ = voor de gehoorgevoeligheid van bruinvissen ('very high frequency cetaceans'; VHF) gewogen cumulatieve SEL; $SEL_{CUM,PCW}$ = voor de gehoorgevoeligheid van zeehonden ('phocid carnivores in water'; PCW) gewogen cumulatieve SEL.

Soort	type effect	waarde
Bruinvis ('VHF')	TTS-onset	$SEL_{CUM,VHF}$ > 153 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,VHF}$ > 173 dB re 1 µPa^{2}s
Zeehonden ('PCW')	TTS-onset	$SEL_{CUM,PCW}$ > 181 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,PCW}$ > 201 dB re 1 µPa^{2}s

(Trek)vissen
In tegenstelling tot zoogdieren hebben vissen geen extern gehoororgaan. Geluid – in de vorm van drukverschillen onder water – kan door vissen op verschillende manieren worden waargenomen (Thomsen *et al.*, 2006):

- Het zijlijnsysteem, waarmee dichtbij de geluidsbron laagfrequente geluiden (als langzame waterstromen langs het lichaam) worden gedetecteerd. In relatie tot het geluid waarom het in deze Passende Beoordeling gaat, is deze vorm van 'horen' echter ondergeschikt aan die van het hierna genoemde (gevoeliger) binnenoor.
- Het binnenoor (met de zogenaamde gehoorsteentjes), dat in essentie op beweging reageert. Een vis neemt geluiden waar via het lichaam, dat beweegt door kleine veranderingen in de geluidsdruk en/of via drukveranderingen in de zwemblaas die al dan niet via speciale structuren worden doorgegeven aan het gehoororgaan.

Bij vissen wordt onderscheid gemaakt in gehoorspecialisten, waartoe soorten behoren met een relatief lage gehoordrempel en gehoorgeneralisten. Tot de gehoorgeneralisten behoren soorten die geen zwemblaas hebben of waarbij speciale structuren voor een efficiënte geluidsoverdracht ontbreken. De meeste platvissen zijn gehoorgeneralisten, maar ook de in de Voordelta beschermde rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) en zeeprik (*Petromyzon marinus*). Kenmerkend voor gehoorspecialisten is dat zij over een zwemblaas beschikken, waardoor er sprake is van een betere geluidsoverdracht dan bij gehoorgeneralisten. Haringachtigen, waaronder de in de Voordelta beschermde fint (*Alosa fallax*) en Elft (*Alosa alosa*), bezitten een zwemblaas en behoren dus tot de gehoorspecialisten. Vanwege het feit dat gehoorspecialisten over een zwemblaas beschikken, kunnen zij beter horen (zie bijvoorbeeld figuur 1 in Popper & Hawkins, 2019), maar zijn ze, doordat de zwemblaas met lucht is gevuld, ook gevoeliger voor eventuele schadelijke gevolgen van onderwatergeluid.

In het laatste decennium is relatief veel experimenteel onderzoek gedaan naar de effecten van geluid op het gehoor en – in mindere mate – op het gedrag van vissen. In Popper *et al.* (2014), Andersson *et al.* (2017) en Popper & Hawkins (2019) zijn de meest recente resultaten van onderzoek naar de effecten van onderwatergeluid bij elkaar gebracht en gebruikt voor het afleiden van grenswaarden voor het optreden van effecten. Popper *et al.* (2014) en Popper & Hawkins (2019) maken onderscheid tussen soorten met een zwemblaas en soorten zonder zwemblaas, omdat de verschillen hierin bepalend zijn voor de mate waarin een effect optreedt. Vissoorten zonder zwemblaas en soorten met een zwemblaas waarbij de zwemblaas geen rol speelt bij de geluidsoverdracht 'horen' door de detectie van beweging van deeltjes in het medium waarin zij zich bevinden ('particle motion') en niet door detectie van de geluidsdruk (zie https://dosits.org/science/sound/what-is-sound/ voor uitleg). Soorten waarbij de zwemblaas een rol speelt bij de geluidsoverdracht kunnen op beide manieren geluid detecteren, maar voor deze soorten is de detectie van geluidsdruk bij de wat hogere frequenties dominant.

Betrouwbare grenswaarden voor gedragseffecten bij vissen zijn niet beschikbaar; bovendien is onbekend wat de betekenis van een bepaalde gedragsrespons is voor de fitness van vissen (zie discussie in Popper & Hawkins, 2019). In de effectbepaling is daarom uitsluitend naar effecten van het tijdens de aanleg van het windpark geproduceerde onderwatergeluid op het gehoor van vissen gekeken. Er is daarbij uitgegaan van de door Popper *et al.* (2014) afgeleide en door Popper & Hawkins (2019) overgenomen grenswaarden (Tabel 3).

Tabel 3 Grenswaarden voor het inschatten van effecten op vissen (uit: Popper *et al.* 2014[1]). SPL = Gemiddeld geluidsniveau per tijdseenheid; SEL_{CUM} = gecumuleerde geluiddosis over een langere periode (bijvoorbeeld als gevolg van het heien van een hele paal). Het relatieve risico (hoog, matig, laag) wordt gegeven voor drie afstanden tot de bron die in relatieve termen worden gedefinieerd: D, dichtbij, G, gemiddeld; V, ver

Soortgroep	Grenswaarde heigeluid (dB re 1 µPa^{2}s SEL_{CUM})			Grenswaarde continu geluid (trillen) (dB re 1 µPa^2 SPL)		
	Sterfte	Herstelbare schade	TTS	Sterfte	Herstelbare schade	TTS
Geen zwemblaas (detectie geluid door beweging)	> 219	> 216	>> 186	D: Laag G: Laag V: Laag	D: Laag G: Laag V: Laag	D: Matig G: Laag V: Laag
Zwemblaas speelt geen rol bij detectie van geluid (detectie van beweging)	219	203	203	D: Laag G: Laag V: Laag	D: Laag G: Laag V: Laag	D: Matig G: Laag V: Laag
Zwemblaas betrokken bij detectie van geluid (druk)	207	203	203	D: Laag G: Laag V: Laag	170 (48 u)	158 (12 u)

Effecten op instandhoudingsdoelstellingen Voordelta

TNO heeft onderzocht wat de te verwachten onderwatergeluidniveaus zijn tijdens de aanleg van de funderingen voor de windturbines op de buitencontour van Maasvlakte 2 (zie memo TNO bij deze notitie). Er is daarbij zowel gekeken naar de uitstraling van geluid naar het zeewater als gevolg van het heien van funderingen als van het trillen van funderingen en damwanden. De resultaten van deze studie vormen het uitgangspunt voor de bepaling en beoordeling van mogelijke effecten van dit onderwatergeluid op zeezoogdieren en vissoorten met een instandhoudingsdoeltelling in de Voordelta. Er moet hierbij worden aangetekend dat op basis van zeer beperkt beschikbare informatie een zo goed mogelijke inschatting is gemaakt van de te verwachten onderwatergeluidniveaus. De daarbij toegepaste vertaling van deelresultaten van eerdere studies is op zijn best een orde-van-grootte schatting.

Zeehonden en bruinvissen
Een samenvatting van de door TNO uitgevoerde berekening van de effecten van onderwatergeluid als gevolg van de aanleg van het windpark op de buitencontour van Maasvlakte 2 is weergegeven in Tabel 4. Zoals verwacht leidt **heien** van de turbinefunderingen tot grotere effecten op zeehonden en bruinvissen dan wanneer de funderingen worden getrild. De effecten zijn echter beperkt. Met de gehanteerde *worst case* uitgangspunten zouden zeehonden en bruinvissen de kust tot op een afstand van respectievelijk 400 m en 1,2 km kunnen mijden of binnen deze afstand kunnen worden verstoord. Ook is niet uit te sluiten dat kleine, tijdelijke effecten op het gehoor optreden als de dieren niet wegvluchten en tijdens het heien op een afstand van minder dan 2,5 km van de kust blijven. Op een afstand van 300 m of minder wordt de PTS-grenswaarde voor bruinvissen overschreden als het dier zich daar gedurende de totale heitijd verblijft. Het is uiterst onwaarschijnlijk dat een bruinvis dat doet. Voor zeehonden wordt de grenswaarde voor het oplopen van PTS in geen enkel geval niet overschreden. Tijdens het **trillen** van de damwanden is het optreden van enig effect op zeehonden en bruinvissen beperkt (zeehonden) of uiterst onwaarschijnlijk (bruinvissen). Tijdens het trillen van funderingen is niet uit sluiten dat er op korte afstand van de aanleglocatie enige verstoring van het gedrag optreedt. Dit is vooral voor zeehonden het geval. Effecten op het gehoor als gevolg van onderwatergeluid door trillen kunnen worden uitgesloten.

[1] Alle waarden weergegeven als geluidsdruk (*Sound exposure* level of *Sound pressure* level), ook voor vissoorten die geen geluidsdruk kunnen detecteren, aangezien gegevens voor deeltjessnelheid ontbreken. Vanwege het feit dat zeer veel vissoorten geen geluiddruk kunnen waarnemen, benadrukken Popper & Hawkins (2019) het belang van het afleiden van grenswaarden voor de effecten van deeltjesbeweging-component van het geluid.

Tabel 4 Mogelijke effecten van onderwatergeluid door de aanleg van een windpark op de buitencontour van Maasvlakte 2 op zeezoogdieren.

Type effect	Zeehonden			Bruinvis		
	heigeluid	trillen		heigeluid	trillen	
		fundering	damwand		fundering	damwand
Mijdingsafstand	400 m	100-1000 m	beperkt	1200 m	< 100 m	-
	# heiklappen	24 h	24 h	# heiklappen	24 h	24 h
TTS-onset (2,5 km)	3.163	-	-	631	-	-
TTS-1uur (2,5 km)	>> 4.000	-	-	1.995	-	-
PTS (2,5 km)	-	-	-	>> 4.000	-	-

Het verstoorde gebied maakt een verwaarloosbaar aandeel uit van het totale leef- en foerageergebied van bruinvissen, gewone en grijze zeehonden, waarvoor in de Voordelta instandhoudingsdoelstellingen bestaan. Bovendien is de verstoring tijdelijk. Tijdelijke of permanente effecten op het gehoor door heien zijn uit te sluiten: dieren moeten langdurig, zeer dicht onder de kust in de nabijheid van de heilocatie verblijven om dit te ondervinden. Zeezoogdieren zijn voortdurend in beweging en zullen het als hinderlijk ervaren onderwatergeluid al hebben ontvlucht voordat effecten op het gehoor kunnen optreden. De effecten van het trillen van funderingen en damwanden zijn kleiner dan van het heien van funderingen en effecten op het gehoor zullen, zelfs als de dieren 24 uur worden blootgesteld aan het geluid, niet optreden.

De conclusie is dat vanwege de beperkte omvang van het gebied waar de kwaliteit van het leefgebied wordt aangetast, het tijdelijke karakter van de effecten en de aanwezigheid van voldoende alternatief leefgebied in de directe omgeving nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van bruinvissen, gewone en grijze zeehonden in de Voordelta zijn uit te sluiten.

(Trek)vissen
Het gevoeligst voor onderwatergeluid zijn de vissoorten met een zwemblaas en die bovendien over speciale structuren beschikken voor de detectie van onderwatergeluid via de zwemblaas. Hiertoe behoren de in de Voordelta beschermde soorten elft en fint. Uit de berekeningen van TNO blijkt dat voor deze groep soorten de laagste van de drie grenswaarden (TTS) tijdens het **heien** op een afstand van 300 m of verder van de kust niet wordt overschreden. Aangezien de grenswaarde van 186 dB re 1 μPa^2s ver boven de waarde ligt voor een afstand van 300 m van de kust is berekend (147 dB re 1 μPa^2s) is het niet waarschijnlijk dat vissen dichter bij de kust wel enig effect kunnen ondervinden. Overige, tijdelijke of permanente effecten op de zwemblaas of andere weefsels kunnen worden uitgesloten. Dit betekent dat effecten van heien op soorten zonder zwemblaas (rivierprik, zeeprik) of met een zwemblaas die geen functie vervult bij de detectie van onderwatergeluid ook kunnen worden uitgesloten.

Uit de berekeningen van TNO blijkt dat effecten van het **trillen** van turbinefunderingen op vissen eveneens kunnen worden uitgesloten. De hoogste schatting van het SPL (148 dB re μPa^2 op 70 m afstand van een ingetrilde paal in water) ligt namelijk ruim onder de laagste grenswaarde van het SPL (TTS na blootstelling van 12 uur aan SPL = 158 dB re μPa^2). Dit is de grenswaarde voor de gevoeligste groep vissen. Minder gevoelige vissen zullen daarom zeker ook geen negatieve effecten ondervinden.

De conclusie is dat de kwaliteit van het leefgebied voor vissen in de Voordelta niet wordt aangetast of tijdens heiwerkzaamheden voor de gevoeligste soorten hoogstens in een verwaarloosbaar klein deel van het gebied. Vanwege het tijdelijke karakter van de effecten en de aanwezigheid van voldoende alternatief leefgebied in de directe omgeving zijn nadelige effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van vissen in de Voordelta uit te sluiten.

Literatuur

Andersson, M. H., S. Andersson, J. Ahlsen, B.L. Andersson, J. Hammar, L.K. Persson, J. Pihl, P. Sigray & A. Wisstrom, 2017. A framework for regulating underwater noise during pile driving. A technical Vindal report. Stockholm: Environmental Protection agency, Stockholm, Report 6775.

[redacted], C.J. de Jong & Werkgroep Onderwatergeluid, 2015. Cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren. TNO rapport TNO 2015 R10335.

Kastelein, R.A.. P.J. Wensveen, L. Hoek, W.C. Verboom, J.M. Terhune & R. Hille Ris Lambers, 2008. Underwater hearing sensitivity of harbour seals for tonal signals and noise bands. IMARES report C040.08.

Popper, A.N. & A.D. Hawkins, 2019. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. J Fish Biol. 94: 692–713.

Popper, A.N. & A.D. Hawkins, A. D. (eds), 2014. “The effects of noise on aquatic life II,” Springer Science+Business Media, LLC, New York.

Richardson, J.W., C.R. Greene Jr, C.I. Malme & D.H. Thomson, 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press San Diego, California.

Southall et al, 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects’, Aquatic Mammals 45(2): 125-232.

Thomsen, F., K. Lüdemann, R. Kafemann & W. Piper, 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd 62.

Tougaard, J., A.J. Wright & P.T. Madsen, 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. Marine Pollution Bulletin 90: 196–208.

Notitie TNO 2020 M10898

Defensie & Veiligheid
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61

Aan
Dr. [redacted] (HWE)

Van
Dr. ir. [redacted]

Kopie aan
Pondera Consult t.a.v. [redacted]

Onderwerp
Onderzoek onderwatergeluid aanleg windmolens op de zachte zeewering van Maasvlakte 2

Datum
3 juni 2020

Onze referentie
DHW-AS-2020-100332773

E-mail
[redacted]@tno.nl

Doorkiesnummer
+31 88 866 80 34

TNO Projectnummer
060.35787/01.06.01

1 Inleiding

Op de buitencontour van Maasvlakte 2 zullen windturbines worden geplaatst. Het aanleggen van de funderingen voor de windturbines en het daarbij uitgestraalde onderwatergeluid kan mogelijk impact hebben op het dierenleven. In 2013 heeft TNO akoestische input geleverd voor de beoordeling van de mogelijke ecologische effecten van het onderwatergeluid van het heien voor turbines op de harde zeewering, zie referentie 1. In 2016 heeft TNO deze studie uitgebreid naar het onderwatergeluid van het heien voor turbines op de zachte zeewering, zie referentie 2. Daarbij is destijds aangenomen dat de windturbines op de zachte zeewering net zoals op de harde zeewering zullen worden gefundeerd op een soort ‘terp’, bevestigd met 36 (schroef)palen. Inmiddels is dat ontwerp aangepast. In deze notitie worden de consequenties van deze aanpassing voor de mogelijke impact op het zeeleven besproken.

2 Aanpak

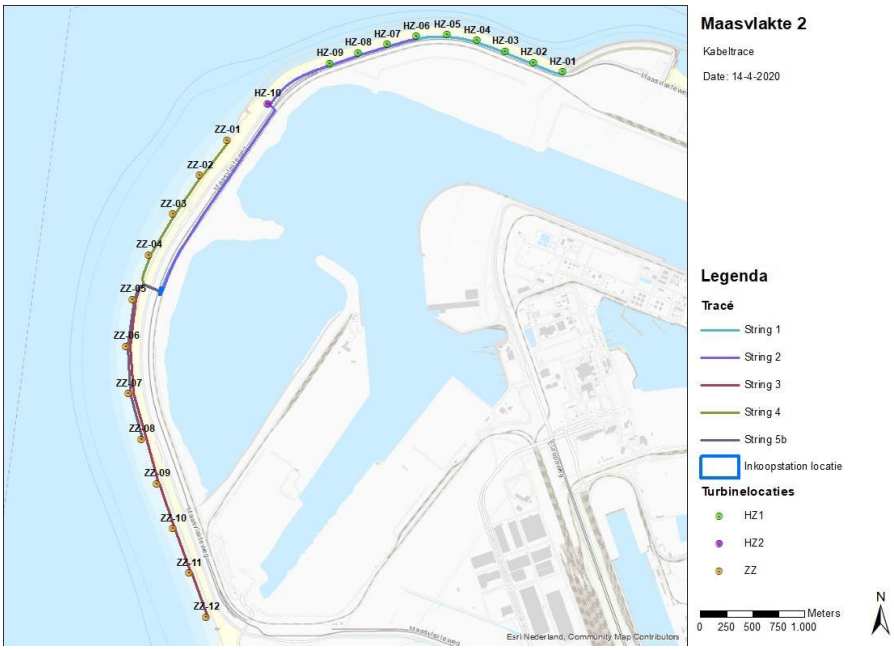
TNO beschikt over modellen voor het berekenen van het onderwatergeluid van offshore heiactiviteiten, maar deze modellen zijn tot op heden niet geschikt voor het berekenen van de geluidoverdracht van een heipaal op land via grondtrillingen naar het water. Daarom is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt op basis van de op dit moment beschikbare informatie. De daarbij toegepaste ‘vertaling’ van deelresultaten van eerdere studies naar de aanleg van windmolens op de zachte zeewering van Maasvlakte 2 is op zijn best een orde-van-grootte schatting. Aanbevolen wordt om het onderwatergeluid tijdens de aanleg te monitoren, zodat desgewenst ingegrepen kan worden wanneer de niveaus hoger zouden zijn dan hier voorspeld. De resultaten van deze monitoring zullen ook bijdragen aan de effectinschatting voor toekomstige projecten.

In de eerdere studie voor de windturbines op de harde zeewering (referenties 1 en 2) is een schatting gemaakt van de te verwachten onderwatergeluidniveaus op basis van een beargumenteerde vertaling van de resultaten van onderwatergeluid-metingen uitgevoerd tijdens heiwerkzaamheden voor de RWE Energiecentrale Eemshaven in 2007 (referentie 3). Voor de huidige studie zijn dezelfde gegevens gebruikt, aangevuld met gegevens van een recente studie naar het onderwatergeluid bij het heien en trillen van meerpalen en damwanden, voor het Havenbedrijf Rotterdam (referentie 4).

De analyse betreft een ‘worst-case’ schatting van het onderwatergeluid dat wordt geproduceerd bij:

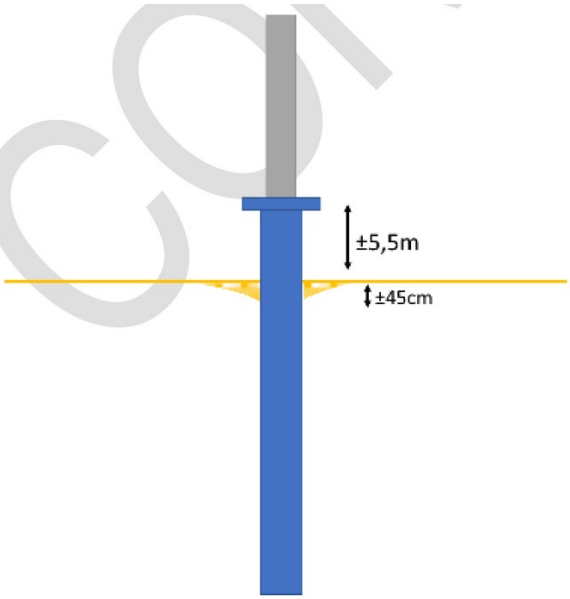
a) het heien van monopiles (max. 5 m diameter)
b) het trillen van monopiles (max. 5 m diameter)
c) het trillen van damwanden (voor de kraan-opstelplaats)

3 Informatie



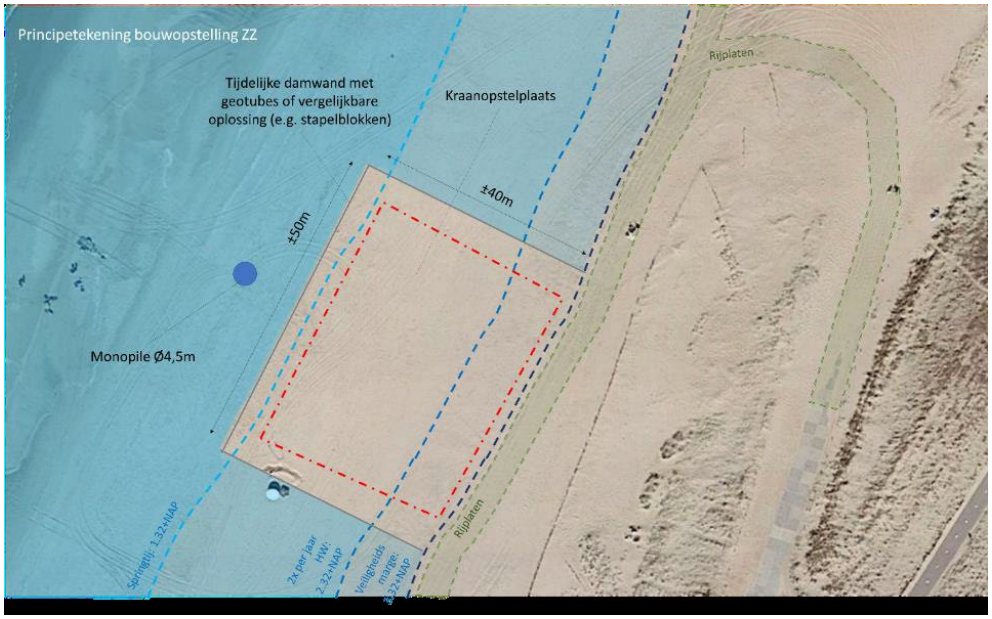
Figuur 1 Plangebied, met 10 windturbinelocaties op de harde zeewering (HZ) en 12 op de zachte zeewering (ZZ).

Voor de **zachte** zeewering geldt dat de windturbines op het strand worden geplaatst; de turbines zullen dus deels in het water (o.a. springtij/ hoogwater) en deels op het droge staan. De turbines worden op een monopaal met een diameter van maximaal 5 meter geplaatst.



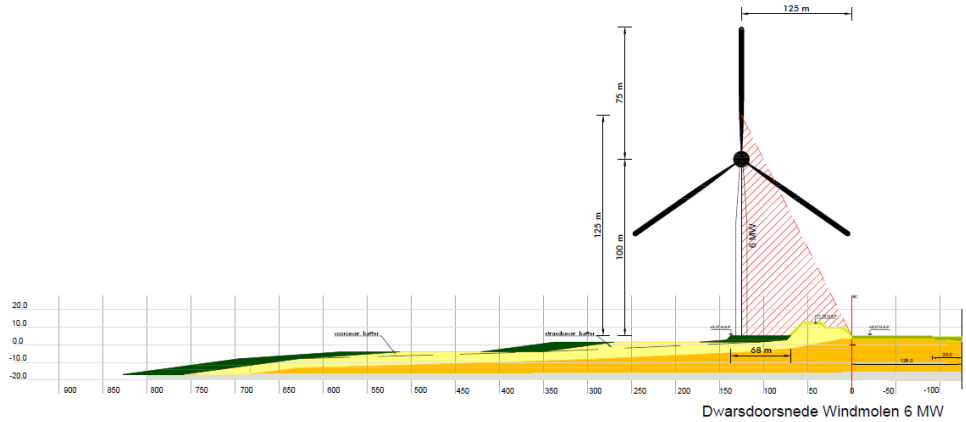
Figuur 2 Monopile fundatie op de zachte zeewering (bron: RHDHV)

Met damwanden wordt een platform gemaakt waar de kraan op komt te staan, die voorzien is van een vibrohamer waarmee de monopile met behulp van trillingen als het ware het zand in wordt geduwd. Er wordt waarschijnlijk niet geheid, maar voor alle zekerheid wordt die optie wel meegenomen in het MER. Het platform wordt na aanleg weer verwijderd.



Figuur 3 Principe bouwopstelling zachte zeewering (bron: RHDHV)

Figuur 4 (uit de eerdere studie, ref.2) toont een karakteristieke doorsnede voor de plaatsing van beide turbinetypes op de zachte zeewering.

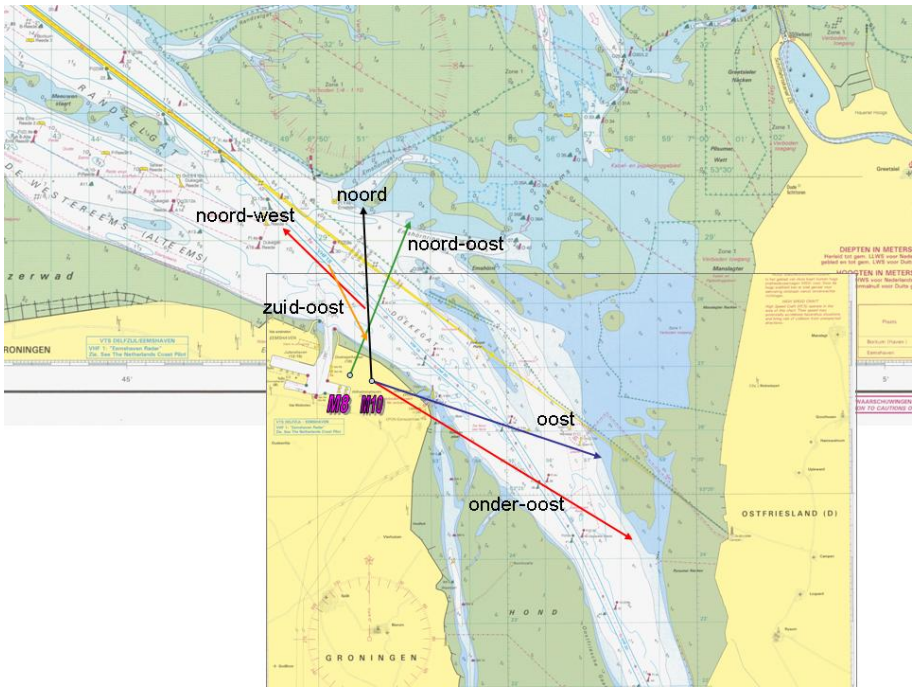


Figuur 4 Karakteristieke dwarsdoorsnede van een 6 MW windturbine op de zachte zeewering van Maasvlakte 2 (bron: referentie 5).

De afstand van de heipalen op de zachte zeewering tot de vooroever (waar de waterdiepte groter dan ca. 5 m is) is ca. 400-500 m.

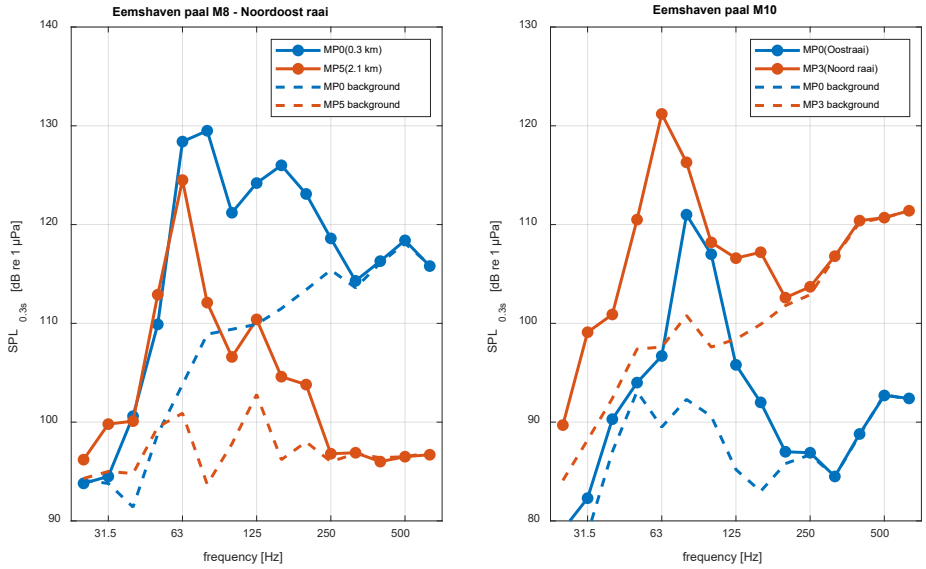
4 Geluidmetingen Eemshaven 2007 (referentie 3)

In 2007 zijn in het Eemshavengebied onderwatergeluidmetingen uitgevoerd op verschillende afstanden van twee heilocaties op land, zie Figuur 5. Op die locaties werden met een IHC S90 hamer palen geheid (diameter 410 mm), bij een gemiddelde klapenergie van 20 kJ.



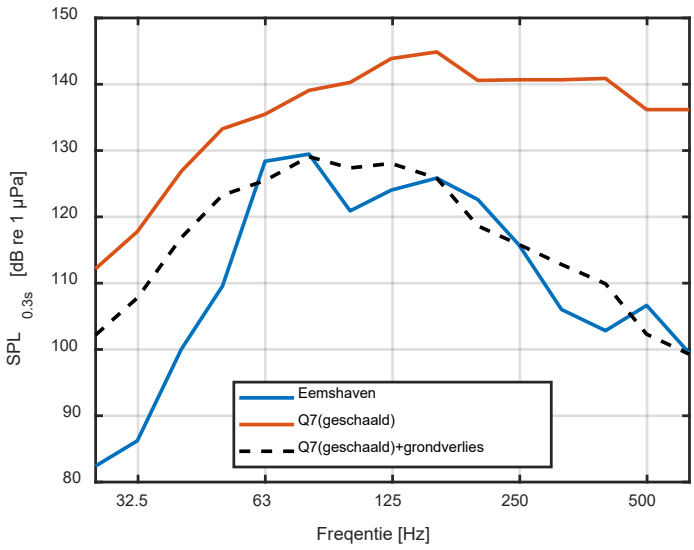
Figuur 5 De in 2007 uitgevoerde onderwatergeluidmetingen nabij Eemshaven zijn uitgevoerd langs verschillende raaien (lijnen). De hei-locaties waren M8 (afstand tot aan de kustlijn in richting Noordoost ca. 440 meter) en M10 (afstand tot de kustlijn in richting Noord ca. 530 meter).

Figuur 6 toont de spectra van het geluid op een aantal representatieve meetlocaties. De maximale afstand waarop het heigeluid onderwater van het achtergrondgeluid onderscheiden kon worden was ca. 3 km van de kustlijn.
Het onderwatergeluid ten gevolge van het heien bij Eemshaven was niet waarneembaar boven het achtergrondgeluid voor frequenties boven ca. 315 Hz. In de grond wordt hoogfrequent geluid sterk gedempt. In het ondiepe water bij de kust zullen juist de laagste frequenties in het geluid minder ver dragen. Figuur 6 illustreert dat het geluidspectrum smaller wordt wanneer de afstand tussen de heipaal en de kustlijn groter is.
Een breedband SEL per klap van 126 dB re 1 μPa^2s werd gemeten tijdens het heien op positie M8 op een meetpositie langs de Noordoost-raai op 0,7 km afstand van de heipaal (0,3 km van de kustlijn). Langs dezelfde raai was de gemeten SEL op een afstand van 2,1 km van de kustlijn 117 dB re 1 μPa^2s.
De afname van het breedband geluid met ongeveer 9 dB tussen 0,3 km en 2,1 km komt redelijk overeen met wat zou worden voorspeld op basis van ‘cilindrische spreiding’ (ref.12).
Bij heien op positie M10 werd langs de Oost-raai op 2 km van de heipaal (1 km van paal tot kustlijn) een SEL van 113 dB re 1 μPa^2s gemeten en langs de Oost-raai op 2 km van de heipaal (0,5 km van paal tot kustlijn) een SEL van 123 dB re 1 μPa^2s. Dat laat zien dat het geluid aanzienlijk sterker afneemt bij propagatie door de grond dan bij propagatie door het water. In dit geval is de afname van de breedband SEL ongeveer 10 dB ten gevolge van propagatie door de grond over ca 500 m.



Figuur 6 Ongewogen SPL (over 0,3 s gemiddeld en in tertsbanden) van het onderwatergeluid van een heiklap,. Links: gemeten langs de Noordoost raai op 0,3 km (MP0) en 2,1 km (MP5) van de kustlijn; Rechts: gemeten op 2 km van de paal, langs de Oost raai (1 km van paal tot kustlijn) en Noord raai (0,5 km van paal tot kustlijn).

Om een idee te krijgen van het propagatieverlies door de grond vergelijken we het onderwatergeluid op MP0 (0,7 km van de paal) met het onderwatergeluid bij het heien van windturbinefundatiepaal op de Noordzee (Q7, zie referentie 13), gemeten op 0,9 km van de paal. Het ongewogen breedband SEL was daar 172 dB re 1 µPa²s. Om de resultaten vergelijkbaar te maken vertalen we de bij Q7 gemeten SEL naar $SPL_{0,3s}$, door er $10\log_{10}(1\mathrm{s}/0{,}3\mathrm{s})$ bij op te tellen, en schalen we met de hei-energie $(+10\log_{10}(20\mathrm{kJ}/800\mathrm{kJ}))$ en afstand $(+10\log_{10}(981\mathrm{m}/720\mathrm{m}))$. Op grond daarvan zouden we bij heien in water bij 20 kJ hamerenergie, zoals bij Eemshaven, een breedband SEL van ruwweg 162 dB verwachten op 720 m afstand. Dat is 36 dB hoger dan de 126 dB die op de afstand bij Eemshaven zijn gemeten. We nemen aan dat dit verschil wordt veroorzaakt door propagatie door de grond tussen paal en waterlijn.
Figuur 7 toont het geschaalde spectrum van het heien op 0,7 km van een offshore turbinepaal in de Noordzee (Q7), vergeleken met het bij Eemshaven gemeten onderwatergeluid. De gestreepte lijn geeft het geschatte effect van een extra verlies ten gevolge van propagatie door de grond over ca 500 m, benaderd als 10 dB voor frequenties beneden 80 Hz en daarboven toenemend met $30\log_{10}(f/80\mathrm{Hz})$.



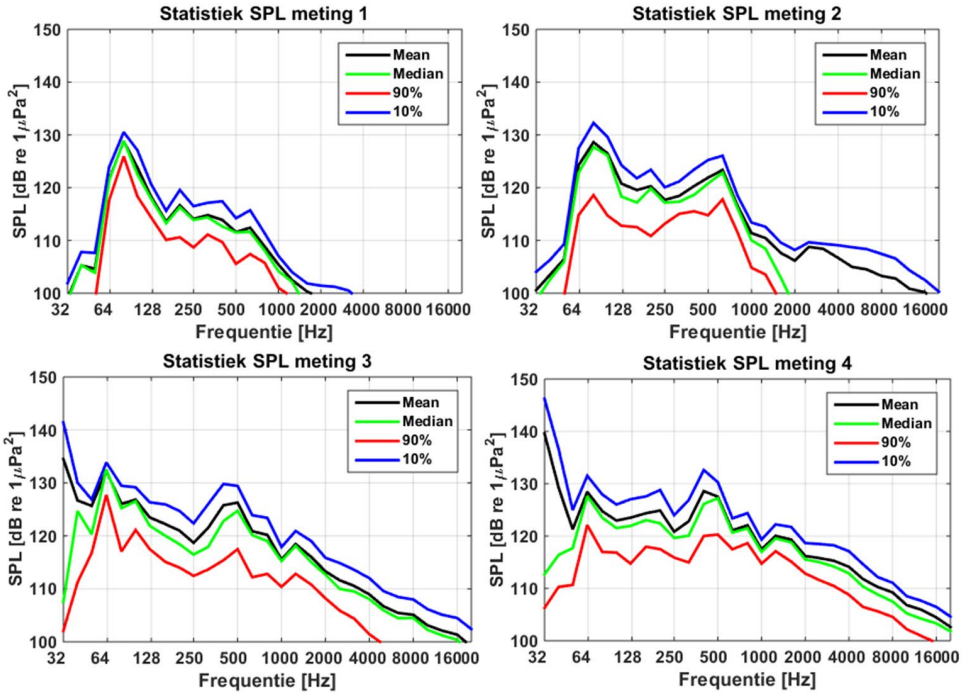
Figuur 7 Bij Eemshaven gemeten geluidniveau (MP0, paal M8, blauwe lijn) vergeleken met het naar dezelfde afstand en hamerenergie geschaalde geluidniveau van het heien van een windturbinefundatie op de Noordzee (rode lijn). De gestreepte lijn geeft het geschatte effect van een extra verlies ten gevolge van propagatie door de grond, zie de tekst.

5 Geluidmetingen Vlissingen en Rotterdam 2018

In 2018 heeft TNO in de havens van Vlissingen en Rotterdam onderwatergeluid-metingen uitgevoerd tijdens het trillen van damwanden en van een trospaal (zie referentie 4):

Quarleshaven Vlissingen-Oost

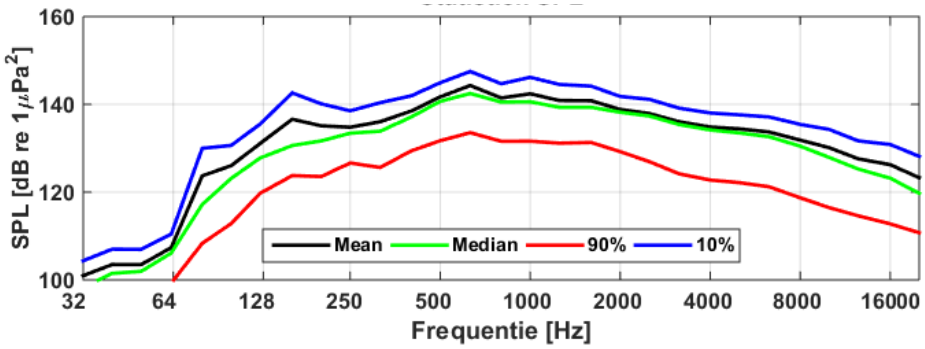
- Trillen van damwanden (AZ23) op de kade (max. 10 m van het water), met een trilblok type 50M (50 kgm, toerental 1700 rpm).
- Figuur 8 geeft een overzicht van de meetresultaten. Het geluid van trilwerkzaamheden is variabel in de tijd en de metingen zijn na elkaar en in verschillende richtingen vanaf de bron gedaan, zodat de relatie tussen afstand en gemeten SPL niet overal eenduidig is.
- Om tot een realistische 'worst-case' schatting te komen gaan we verder uit van het 10% overschrijdingsniveau (het niveau dat in 10% van de tijd wordt overschreden) van de gemeten spectra.
- Op de maximale meetafstand 199 m is het breedband SPL 137 dB re 1 μPa^2



Figuur 8 overzicht van het gemeten onderwatergeluid (SPL, $\Delta t = 0,2482\ s$) op vier locaties in de haven (meetafstand respectievelijk 191, 199, 86 en 77 m) bij het trillen van damwanden op de kade in Vlissingen (ref.4). De breedband $SPL_{10\%}$ is respectievelijk 134, 137, 145 en 149 dB re 1 μPa^2.

Beneluxhaven Rotterdam

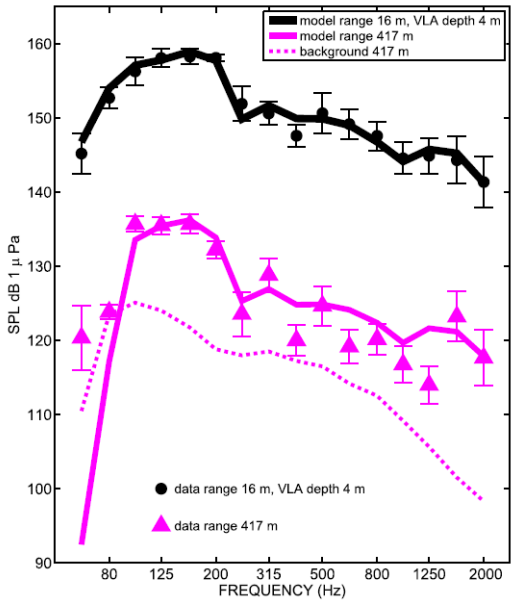
- Trillen trospalen (diameter 1,7 m) in water, met een PVE-110M trilblok (110 kg m, toerental 1350 rpm).



Figuur 9 overzicht van het gemeten onderwatergeluid (SPL, $\Delta t = 0,2482\ s$) op 303 m afstand van het trillen van een trospaal in water in de Beneluxhaven in Rotterdam (ref. 4). De breedband $SPL_{10\%}$ is 155 dB re 1 µPa^2.

6 US, 2015 (referenties 6 en 7)

- trillen van een paal (diameter 0,762 m) voor het ferry dock Port Townsend (Washington State, US) in water, met trilblok APE model 200-6 (840 rpm). SPL(16 m) = 167 dB re 1 µPa^2; SPL(417 m) = 142 dB re 1 µPa^2, zie Figuur 10.



Figuur 10 Gemeten SPL op 16 en 417 m van het trillen van een paal voor het ferry dock Port Townsend (Washington State, US), uit referentie 6.

- Het in Port Townsend gemeten onderwatergeluidniveau (op 16 m afstand) komt in orde van grootte overeen met de schattingen uit Caltrans 2015 rapport (ref.7), zie Tabel 1, die aangeven dat het SPL op 10 m van een paal met een diameter van 1 meter ongeveer 170 dB is.

Tabel 1 geschatte onderwatergeluidniveaus op 10 m afstand van een ingetrilde paal, uit referentie 7

Pile Type and Approximate Size	Relative Water Depth	Average Sound Pressure Measured in dB		
		Peak	RMS*	SEL**
0.30-meter (12-inch) steel H-type	<5 meters	165	150	150
0.30-meter (12-inch) steel pipe pile	<5 meters	171	155	155
1-meter (36-inch) steel pipe pile – typical	~5 meters	180	170	170
0.6-meter (24-inch) AZ steel sheet – typical	~15 meters	175	160	160
0.6-meter (24-inch) AZ steel sheet – loudest	~15 meters	182	165	165
1-meter (36-inch) steel pipe pile – loudest	~5 meters	185	175	175
1.8-meter (72-inch) steel pipe pile – typical	~5 meters	183	170	170
1.8-meter (72-inch) steel pipe pile – loudest	~5 meters	195	180	180

* Impulse level (35 millisecond average)
** Sound exposure level (SEL) for 1 second of continuous driving
dB = Decibels
RMS = Root mean square
SEL = Sound exposure level

- Het geschatte SPL op 10 meter van een paal met een diameter van 1,8 meter is volgens deze tabel typisch ongeveer 170 dB. Uitgaande van ‘damped cylindrical spreading’ (ref.12) leidt dat tot een SPL op 300 m afstand van 155 dB, wat goed overeenkomt met de meting aan de trospaal in de Beneluxhaven.
- Het geschatte SPL op 10 meter van een damwand (‘AZ sheet pile’) in water is volgens Tabel 1 typisch ongeveer 160 dB. Uitgaande van ‘damped cylindrical spreading’ (ref. 12) leidt dat tot een SPL op 200 m afstand van 147 dB. Het op die afstand gemeten niveau bij het trillen van de damwanden in Vlissingen is ongeveer 10 dB lager. Dat suggereert dat de propagatie door de grond tussen de damwand en het water (max. 10m) in dit geval heeft geleid tot 10 dB extra reductie.

7 Wat betekent dat voor de aanleg turbinefundaties op de zachte zeewering van Maasvlakte 2?

het heien van monopiles (max. 5 m diameter)
Het belangrijkste verschil tussen de heiwerkzaamheden waarbij de onderwatergeluidmetingen in de Eems zijn uitgevoerd en de voorgenomen heiwerkzaamheden voor de windmolenfundaties op de zachte zeewering van Maasvlakte 2 is de te gebruiken heiklapenergie. De hamerenergie die nodig is voor het heien van funderingspalen met een diameter van maximaal 5 m (MV2), zal aanzienlijk groter zijn dan de 20 kJ die is toegepast voor het heien van palen met een diameter van 0,4 m bij Eemshaven. Op basis van de maximale hamerenergie die is toegepast bij het heien van de funderingspalen (diameter 5 m) voor het offshore windpark Luchterduinen, schatten we de maximaal benodigde hamerenergie op 1100 kJ.

Door de grotere heiklapenergie kunnen de onderwatergeluidniveaus tijdens het heien op MV2 groter zijn dan de niveaus die bij Eemshaven zijn gemeten. Hoeveel groter is lastig in te schatten, maar een grove eerste schatting zou gemaakt kunnen worden op basis van de 55 maal grotere heiklapenergie.

Deze leidt bij benadering tot een $10\log_{10}(55) \approx 17$ dB hogere geproduceerde SEL per klap.

De afstand van de heipalen voor de windturbines op de zachte zeewering tot de vooroever bij MV2 is vergelijkbaar met de minimale afstand tot de kustlijn bij Eemshaven (ca. 400-500 m tot waar de waterdiepte groter dan ca. 5 m is). Eventuele effecten van het getijde (maximaal 2 m) op de geluidoverdracht zijn verwaarloosbaar.

Daardoor zou de op dezelfde afstand waargenomen SEL per klap bij het heien op de zachte zeewering van MV2 dus ca. 17 dB hoger kunnen zijn dan bij de Eemshaven. Op de meetafstand van ca 0,3 km van de kustlijn (0,7 km van de heipaal) zou de breedband SEL per klap dan maximaal 147 dB re 1 μPa^2s kunnen zijn, en op de afstand van 2,5 km is de zo geschatte SEL per klap maximaal 136 dB re 1 μPa^2s.

het trillen van monopiles (max. 5 m diameter)
De gegevens van de metingen aan het trillen van de trospaal in het water van de Beneluxhaven geven een ruime bovengrens voor het te verwachten onderwatergeluid bij het trillen van monopiles voor de windturbinefundatie op de zachte zeewering van Maasvlakte 2. Omdat de monopiles op land worden geïnstalleerd (400 tot 500 m van de kustlijn), terwijl de trospaal in de Beneluxhaven direct in het water werd geplaatst, zullen de niveaus bij de Maasvlakte aanzienlijk lager zijn, vanwege het propagatieverlies door de zandbodem (400 m). Op grond van de metingen van heigeluid bij Eemshaven mogen we aannemen dat de breedband SEL door demping in de grond met tenminste 10 dB afneemt voor frequenties beneden 80 Hz en daarboven met $-30\log_{10}(f/80\mathrm{Hz})$. Om de grotere diameter van de fundatiepaal in rekening te brengen houden we rekening met een 4 maal hogere benodigde trilenergie door middel van een geschatte verhoging van het onderwatergeluid met 6 dB.

het trillen van damwanden (voor de kraanopstelplaats)
De gegevens van de metingen in Vlissingen geven een bovengrens voor het te verwachten onderwatergeluid bij het trillen van damwanden voor de kraanopstelplaats op de zachte zeewering van Maasvlakte 2. Doordat de afstand tot het water in dit geval veel groter is dan in Vlissingen, nemen we, op basis van de metingen van heigeluid bij Eemshaven, aan dat er boven 80 Hz een extra propagatieverlies zal optreden door de propagatie door de bodem dat met $30\log_{10}(f/80\mathrm{Hz})$ toeneemt naar hogere frequenties.

8 Zijn zeedieren gevoelig voor dit onderwatergeluid?

Heiwerkzaamheden

Bij het beoordelen van de gevoeligheid voor impulsgeluid (heien) gaan we uit van de grenswaarden uit het KEC voor mijdingsgedrag en effecten op het gehoor (tijdelijke en permanente verhoging van de gehoordrempel, respectievelijk TTS en PTS) in referentie 10, zie Tabel 1.

Tabel 1 Grenswaarden (uit referentie 10) voor het inschatten van effecten op bruinvissen en zeehonden. SEL_1 = ongewogen breedband geluiddosis als gevolg van een enkele heiklap; SEL_{CUM} = ongewogen breedband geluiddosis door een zwemmende dier ontvangen als gevolg van het heien van de gehele paal; $SEL_{1/CUM,w}$ = M-gewogen SEL voor zeehonden in water.

Soort	type effect	waarde
Bruinvis	Mijding	SEL_1 > 140 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-onset	SEL_{CUM} > 164 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-1 uur	SEL_{CUM} > 169 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	SEL_{CUM} > 179 dB re 1 µPa^{2}s
Zeehonden	Mijding	$SEL_{1,w}$ > 145 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-onset	$SEL_{CUM,w}$ > 171 dB re 1 µPa^{2}s
	TTS-1uur	$SEL_{CUM,w}$ > 176 dB re 1 µPa^{2}s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,w}$ > 186 dB re 1 µPa^{2}s

Daarbij dient wel opgemerkt worden dat de heigeluidsignalen in deze situaties relatief minder hoge frequenties bevatten dan de signalen waarvoor deze grenswaarden bepaald zijn. Omdat de gehoorgevoeligheid van de bruinvissen en zeehonden minder is bij lagere frequenties mag verondersteld worden dat het hanteren van deze grenswaarden tot een worst case schatting leidt.

Mijding door bruinvissen en zeehonden

De geschatte breedband SEL per klap van 147 dB re 1 µPa^{2}s op een afstand van ca 300 m van de kustlijn ligt boven de grenswaarde voor mijdingsgedrag van bruinvissen (140 dB). Op een afstand van 2,5 km is de geschatte SEL per klap maximaal 136 dB re 1 µPa^{2}s, dus beneden de grenswaarde. Lineaire interpolatie leidt tot een geschatte verstoringsafstand van 1,2 km. Daarbuiten is het niet waarschijnlijk dat bruinvissen de locatie mijden.
Voor zeehonden is de grenswaarde voor mijdingsgedrag 5 dB hoger (de M-weging voor ‘pinnipeds in water’ heeft voor heigeluid in ondiep water nagenoeg geen effect). Deze drempel wordt of een afstand van 300 m van de kustlijn overschreden. Lineaire interpolatie leidt tot een geschatte verstoringsafstand van ca. 400 m.

TTS/PTS bij bruinvissen en zeehonden

De grenswaarden voor TTS en PTS zijn voor de totale geluiddosis waaraan de dieren gedurende 24 uur zijn blootgesteld. Een bruinvis die zich stationair op een

afstand van 2,5 km van de kustlijn nabij de heilocatie bevindt en niet vlucht zal na 631 klappen een dosis $SEL_{CUM} \approx 164$ dB re 1 μPa^2s ontvangen hebben, en dus kans hebben op TTS-onset. Bij een totaal van circa 1995 klappen wordt op deze locatie de grenswaarde bereikt voor TTS gedurende 1 uur. Bij een worst case scenario met circa 4000 klappen per paal is de dosis $SEL_{CUM} \approx 172$ dB re 1 μPa^2s en zal de grenswaarde voor PTS zodoende niet overschreden worden. Op 300 m van de kust is de dosis $SEL_{CUM} \approx 183$ dB re 1 μPa^2s, waardoor de grenswaarde voor PTS overschreden zou worden. Dit scenario is echter hoogst onwaarschijnlijk.

Een zeehond die zich stationair op een afstand van 2,5 km van de kustlijn nabij de heilocatie bevindt en niet vlucht zal na 3163 klappen een dosis $SEL_{CUM} \approx 171$ dB re 1 μPa^2s ontvangen hebben, en dus kans hebben op TTS-onset. Bij een worst case scenario met circa 4000 klappen per paal worden de grenswaarden voor TTS gedurende 1 uur en voor PTS niet overschreden op 2,5 km van de kust. Op 300 m voor de kust zou de grenswaarden voor TTS gedurende 1 uur overschreden worden, maar die voor PTS niet.

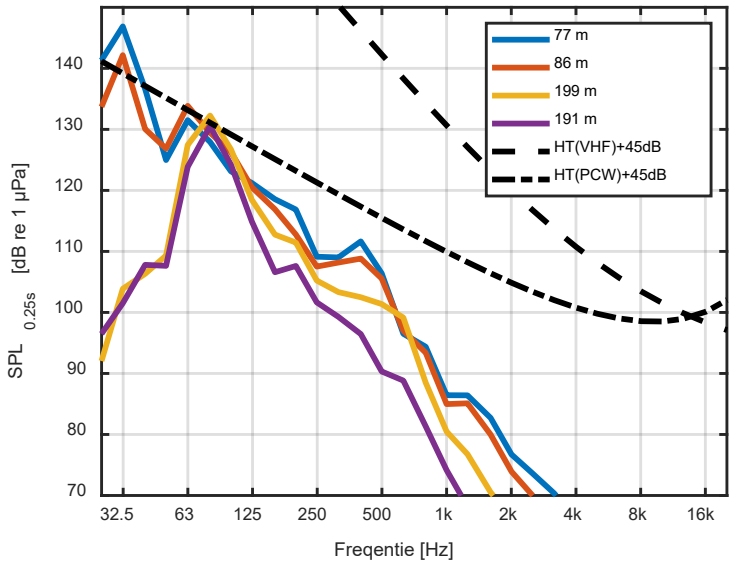
Bij vissen met zwemblaas is de SEL_{CUM} grenswaarde voor TTS (referentie 11) gelijk aan 186 dB re 1 μPa^2s, de grenswaarde voor herstelbare schade 203 dB re 1 μPa^2s en die voor mortaliteit 207 dB re 1 μPa^2s. De laagste (TTS) van deze drie grenswaarden zal niet overschreden worden op een afstand van 300 m of verder van de kust.

Trilwerkzaamheden

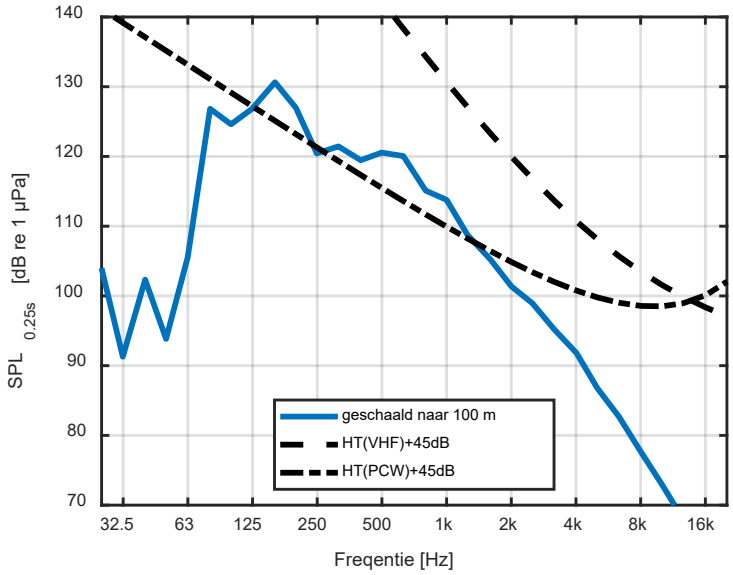
Mijding door bruinvissen en zeehonden
Er zijn geen algemeen geaccepteerde grenswaarden voor het geluidniveau waarboven dieren mijdingsgedrag vertonen. In referentie 9 wordt gesuggereerd dat bruinvissen mijdingsgedrag tonen wanneer ze worden blootgesteld aan een geluidniveau (SPL) 40 tot 50 dB boven de gehoordrempel. Het (voorlopige) voorstel is om die bevinding te generaliseren en voor zeezoogdieren van een drempelwaarde op 45 dB boven de gehoordrempel uit te gaan.

trillen damwanden
Figuur 11 laat zien dat het gemeten onderwatergeluid op 77 tot 199 m van het trillen van damwanden in Vlissingen de drempelwaarde waarschijnlijk niet zal overschrijden. Vanwege de onzekerheid in de gehanteerde schattingsmethode kan niet uitgesloten worden dat er een mijdingseffect zal zijn bij zeehonden, maar voor bruinvissen kan dat vrijwel zeker worden uitgesloten.

trillen monopiles
Figuur 12 geeft het geschatte onderwatergeluid op 100 m van de kustlijn bij het trillen van een turbinefundatie op de zachte zeewering van Maasvlakte 2. Op deze afstand van 100m kan een mijdingseffect optreden bij zeehonden, maar voor bruinvissen kan dat vrijwel zeker worden uitgesloten. Omdat de drempelwaarde voor mijding door zeehonden met minder dan 10 dB wordt overschreden, zal de effectafstand kleiner dan 1 km zijn.



Figuur 11 10% percentiel van het geschatte onderwatergeluid bij het trillen van damwanden op vier afstanden van de kustlijn (zie legenda), geschaald van metingen in Vlissingen naar de Maasvlakte 2 toepassing, vergeleken met een mogelijke drempelwaarde voor gedragsverstoring bij bruinvissen ('very high-frequency cetaceans'; VHF) en zeehonden ('phocid carnivores in water'; PCW) op basis van de composiet audiogrammen uit referentie 8 en de suggestie uit referentie 9 dat verstoring optreedt bij blootstelling aan een SPL waarde 45 dB boven deze gehoordrempel.



Figuur 12 SPL van het geschatte onderwatergeluid op 100 m van de kustlijn, bij het trillen van een trospaal op land, geschaald van metingen in de Beneluxhaven naar de Maasvlakte 2 toepassing, vergeleken met een mogelijke drempelwaarde voor gedragsverstoring bij bruinvissen ('very high-frequency cetaceans'; VHF) en zeehonden ('phocid carnivores in water'; PCW) op basis van de composiet audiogrammen uit referentie 8 en de suggestie uit referentie 9 dat verstoring optreedt bij blootstelling aan een SPL waarde 45 dB boven deze gehoordrempel.

TTS/PTS bij bruinvissen en zeehonden
Voor het beoordelen van de gevoeligheid voor continu geluid (trillen) kunnen we uitgaan van de grenswaarden voor TTS/PTS uit referentie 8, zie Tabel 2

Tabel 2 Grenswaarden (uit referentie 8) voor het inschatten van effecten van continu ('non-impulsive') geluid op bruinvissen en zeehonden. $SEL_{CUM,VHF}$ = voor de gehoorgevoeligheid van bruinvissen ('very high frequency cetaceans'; VHF) gewogen cumulatieve SEL; $SEL_{CUM,PCW}$ = voor de gehoorgevoeligheid van zeehonden ('phocid carnivores in water'; PCW) gewogen cumulatieve SEL;.

Soort	type effect	waarde
Bruinvis ('VHF')	TTS-onset	$SEL_{CUM,VHF}$ > 153 dB re 1 μPa^2s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,VHF}$ > 173 dB re 1 μPa^2s
Zeehonden ('PCW')	TTS-onset	$SEL_{CUM,PCW}$ > 181 dB re 1 μPa^2s
	PTS-onset	$SEL_{CUM,PCW}$ > 201 dB re 1 μPa^2s

Deze grenswaarden betreffen gewogen cumulatieve SEL.

trillen damwanden
Tabel 3 geeft de gemeten SPL waarden, ongewogen en gewogen, bij het trillen van de damwanden in Vlissingen. In het onwaarschijnlijke geval dat een bruinvis gedurende 24 uur zou worden blootgesteld aan het SPL op 77 m van de damwand, zou de SEL, dan ligt de totale blootstelling $SEL_{CUM,VHF}$ = 116 dB re 1 μPa^2s nog steeds ruim beneden de drempelwaarde voor TTS-onset. Ook voor een zeehond ligt de totale blootstelling gedurende 24 uur op die afstand $SEL_{CUM,VHF}$ = 164 dB re 1 μPa^2s ruim beneden de drempelwaarde voor TTS-onset.

Tabel 3 ongewogen en gewogen SPL (10% percentiel in dB re 1 μPa^2) gemeten bij het trillen van de damwanden in Vlissingen

MP	afstand	$SPL_{10\%}$	$SPL_{10\%,VHF}$	$SPL_{10\%,PCW}$
1	191 m	132 dB	58 dB	106 dB
2	199 m	135 dB	62 dB	108 dB
3	86 m	144 dB	65 dB	112 dB
4	77 m	148 dB	67 dB	115 dB

trillen monopiles
Geschatte breedband SPL op 100 m van de kustlijn is 135 dB re 1 μPa^2, na vertaling van trillen van trospaal in water (Benelux-haven) naar trillen in de zachte zeewering van Maasvlakte 2. De schatting van de gehoor-gewogen niveaus op deze afstand is respectievelijk SPL_{VHF}=86 dB en SPL_{PCW} = 118 s=dB re 1 μPa^2. Bij continue blootstelling aan deze niveaus gedurende 24 uur blijft de SELcum ruim beneden de drempelwaarde voor TTS-onset van bruinvissen en zeehonden.

Effect op vissen
Popper et al (referentie 11) geven aan dat vissen met een zwemblaas bij blootstelling aan continu geluid kan leiden tot:

- ‘recoverable injury’, bij blootstelling aan SPL = 170 dB re 1 µPa^2 gedurende 48 uur,
- ‘TTS’, bij blootstelling aan SPL = 158 dB re 1 µPa^2 gedurende 12 uur.

trillen monopiles
Voor de hoogste schatting van het SPL (148 dB op 70 m afstand van een ingetrilde paal in water) ligt ruim beneden deze drempelwaarden. Het risico van verwonding of TTS bij vissen door deze blootstelling is waarschijnlijk verwaarloosbaar.

9 Discussie

Zoals in de ‘aanpak’ aangegeven, is op basis van zeer beperkt beschikbare informatie s een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de te verwachten onderwatergeluidniveaus bij de aanleg van windturbines op de zachte zeewering van Maasvlakte 2. De daarbij toegepaste ‘vertaling’ van deelresultaten van eerdere studies is op zijn best een orde-van-grootte schatting. Aanbevolen wordt om het onderwatergeluid tijdens de aanleg te monitoren, zodat desgewenst ingegrepen kan worden wanneer de niveaus hoger zouden zijn dan hier voorspeld. De resultaten van deze monitoring zullen ook bijdragen aan de effectinschatting voor toekomstige projecten.

10 Referenties

1. [redacted], ‘Onderzoek onderwatergeluid Windpark Maasvlakte 2’, TNO Notitie TNO-060-DHW-2013-01276, 30 mei 2013
2. [redacted], ‘Onderzoek onderwatergeluid Windpark Maasvlakte 2 – deel 2’, TNO Notitie DHW-TS-2016-0100302123, 13 december 2016
3. G. Blacquière et al, ‘Geluidmetingen heiwerkzaamheden Eemshaven inclusief technische bijlagen’, TNO rapport TNO-DV 2008 C038, april 2008
4. B. Binnerts, [redacted], E. Jansen & A. Kruyen, ‘Onderwatergeluids-kaarten voor hei- en trilwerkzaamheden in de Rotterdamse Haven’, TNO rapport TNO 2018 R10256, maart 2018
5. R. Bot, ‘Windturbines zachte zeewering. Dwarsdoorsnedes’, Havenbedrijf Rotterdam tekening 2013-660, uitgave 02, 31 juli 2014
6. P. Dahl, D.R. Dall’Osto & D.M. Farrelll, ‘The underwater sound field from vibratory pile driving’, J. Acoust. Soc. Am. 137 (6), p. 3544–3554, June 2015
7. California Department of Transportation (Caltrans), ‘Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish’, November 2015
8. Southall et al, 2019, ‘Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects’, Aquatic Mammals 2019, 45(2), 125-232
9. J. Tougaard, A.J. Wright & P.T. Madsen, ‘Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises’, Marine Pollution Bulletin 90 (2015) 196–208
10. [redacted], [redacted] & RWS Werkgroep Onderwatergeluid, ‘Cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren’, TNO rapport TNO

2015 R10335, maart 2015 (https://www.noordzeeloket.nl/images/Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol windenergie op zee deelrapport B)
11. A.N. Popper et al, 'Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles', report ASA S3/SC1.4 TR-2014, Springer Briefs in Oceanography, 2014
12. T. Lippert, M.A. Ainslie & O. von Estorff, 'Pile driving acoustics made simple: Damped cylindrical spreading model', J. Acoust. Soc. Am. 143 (1), p. 310–317, January 2018
13. [redacted] & M.A. Ainslie, 'Underwater sound due to piling activities for Prinses Amaliawindpark', rapport TNO 2012 R10081, Mei 2012

Deel 3 Stikstof

719071
16-06-2020

Windpark Tweede Maasvlakte Stikstofplan

Windpark Maasvlakte II B.V.

Definitief

Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 919
6800 AX Arnhem
Telefoon +31 (0)88 PONDERA

Documenttitel	Windpark Tweede Maasvlakte Stikstofplan
Soort document	Definitief
Datum	16-06-2020
Projectnummer	719071
Opdrachtgever	Windpark Maasvlakte II B.V.
Auteur	[redacted], Pondera Consult
Vrijgave	[redacted], Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	**Inleiding**	**1**
1.1	Het initiatief	1
1.2	Kader	1
1.3	Methode	2
1.4	Het heersende verkeersbeeld	3
2	**Stikstofplan**	**4**
3	**Inzet materieel**	**5**
4	**Resultaten**	**7**
5	**Conclusie**	**8**

1 INLEIDING

In dit rapport wordt een stikstofplan beschreven dat de stikstofemissies ten gevolge van de aanlegwerkzaamheden voor Windpark Tweede Maasvlakte beperkt tot de wettelijk toegestane norm zoals geldend op de datum 01-06-2020.

1.1 Het initiatief

Rijkswaterstaat heeft het voornemen om voor 2023 een windpark op de zeewering van Maasvlakte 2 te realiseren. Het project wordt uitbesteed aan de markt. Het park bestaat uit 22 windturbines, onderverdeeld in drie deelgebieden:

- 9 windturbines op de harde zeewering ten noorden van de radartoren. Voor deze windturbines geldt de Vestas V117 met ashoogte 91 m als uitgangspunt.
- 1 windturbines op de harde zeewering ten noorden van de radartoren. Voor deze windturbines geldt de Vestas V150 met ashoogte 122 m als uitgangspunt.
- 12 windturbines aan de zachte zeewering. Voor deze windturbines geldt de Vestas V150 met ashoogte 113 m als uitgangspunt.

Het windpark wordt aangesloten op een transformatorstation dat ook onderdeel uitmaakt van de inrichting. In het voorlopige ontwerp wordt één transformatorstation voorzien, gepositioneerd tussen de windturbines aan de harde en zachte zeewering.

1.2 Kader

In de nabijheid van Windpark Maasvlakte II bevinden zich diverse Natura 2000-gebieden, waarbij Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen de voornaamste zijn (zie Figuur 1.1). In deze gebieden zijn habitattypen gelegen die gevoelig zijn voor stikstofdepositie. Bij de bouw van het windpark komt stikstof in de vorm van NO_x en NH_3 vrij die hier kan neerslaan. In het kader van de vergunningaanvraag op grond van art. 2.7 lid 2 Wnb zal dan ook beoordeeld moeten worden of er sprake kan zijn van significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen voor stikstofgevoelige habitattypen.

Figuur 1.1 Natuurgebieden rondom Tweede Maasvlakte



Een deel van de habitattypen is gevoelig voor stikstof en kent een lage grenswaarde waarboven negatieve effecten kunnen optreden (de kritische depositiewaarde, KDW). De KDW geldt als grens waarboven negatieve effecten niet bij voorbaat zijn uit te sluiten. Een habitattype als Grijze Duinen (heischraal) heeft bijvoorbeeld een KDW van 714 mol/ha/jr, wat gelijk staat aan een depositie van ~10 kg stikstof per hectare per jaar. Dergelijke lage KDW-waardes zijn een aandachtspunt omdat de achtergronddepositie van met name de zeescheepvaart veelal tot reeds hogere belastingen leidt dan de KDW waardoor een toevoeging ten gevolge van het project leidt tot mogelijk significant negatieve effecten.

Met de uitspraak van de Raad van State d.d. 29 mei 2019 is het Programma Aanpak Stikstof (PAS) ongeldig verklaard, waardoor deze niet meer mag worden gebruikt om een Wnb-vergunning (Wet natuurbescherming) te verlenen voor nieuwe activiteiten. Dit betekent dat projecten, ook met een tijdelijke kleine depositie, moeten beoordelen of voor deze depositie significant negatieve effecten zijn uit te sluiten of weg te nemen.

1.3 Methode

Ten behoeve van de beoordeling in het kader van de Wnb worden de te verwachten emissies bepaald met behulp van het Aerius-model, dat geldt als de best beschikbare rekenmethode op dit moment. Op basis van de resultaten kan worden vastgesteld:

- Of er een belasting optreedt bij stikstofgevoelige habitattypen;
- Of in de huidige situatie, of na toevoeging, een overschrijding van de KDW van deze habitattypen geldt.

Uit de berekening volgt of de voorziene bouwactiviteiten leiden tot overschrijding van depositiewaarden. De bouwactiviteiten worden in de volgende twee categorieën ondergebracht:

- Stationaire emissiebronnen: In deze berekening is verondersteld dat de uitstoot van mobiele werktuigen benodigd voor de windturbines alleen plaatsvindt op de locatie van de fundaties. In het AERIUS-model stelt elke windturbinepositie een emissiebron voor.
- Transportbewegingen: De uitstoot door voertuigen als vrachtwagens en bestelbussen wordt in de berekening meegenomen over de weg totdat deze wordt opgenomen in het heersende verkeersbeeld. In paragraaf 1.4 is beschreven hoe het heersende verkeersbeeld is gedefinieerd.

Voor de beoordeling geldt de volgende redeneerlijn:

- Sommige habitattypen zijn gevoelig voor stikstof.
- De kritische depositiewaarde (KDW) geldt als grens waarboven negatieve effecten niet bij voorbaat zijn uit te sluiten.
- Voor een deel van de habitattypen geldt dat de huidige belasting (de achtergronddepositiewaarde, ADW), reeds hoger ligt dan de KDW
- Een negatief effect is uit te sluiten:
    - als de berekening uitwijst dat er 0,00 mol/ha/jr depositie optreedt bij stikstofgevoelige habitattypen, of
    - als er een beperkte depositie is maar de ADW (ruim) lager ligt dan de KDW

1.4 Het heersende verkeersbeeld

Een algemeen criterium voor verkeer van en naar inrichtingen is dat de gevolgen van de bouwactiviteiten op stikstofdepositie niet meer aan de inrichting worden toegerekend wanneer het verkeer is opgenomen in het heersende verkeersbeeld. Dit is het geval op het moment dat het aan- en afvoerende verkeer zich door zijn snelheid en rij- en stopgedrag niet meer onderscheidt van het overige verkeer dat zich op de betrokken weg bevindt.

De aanvoer van materieel zal plaatsvinden over de Maasvlakteweg en de Princes Máximaweg. Over deze wegen vindt doorgaans industrieel verkeer plaats van en naar de verderop gelegen olieraffinaderij en containerterminal. Gezien de aard van de ontwikkeling wordt een tijdelijke toename van de hoeveelheid verkeer tijdens de aanlegfase van windpark verwacht. De hoeveelheid verwachte transportbewegingen is uitgewerkt in hoofdstuk 3. Aangenomen dat in het heersende verkeersbeeld elke minuut 5 voertuigen tussen 06:00 en 18:00 passeren, en aangenomen dat de aanlegwerkzaamheden 365 dagen zullen duren, dan zal de gemiddelde hoeveelheid transportbewegingen per dag met 0,5% toenemen. Dit wordt als een niet-significante toename beschouwd.

Ten behoeve van de dijkveiligheid wordt de toevoeging van nieuwe, tijdelijke verhardingen voorkomen. Princes Máximaweg en het naastgelegen fietspad. Deze wegen worden betreden bij de afslag richting de Maasboulevard of de afslag ten oosten van de Brandweerkazerne. Het Princes Amaliaviaduct is gekozen als het punt waarop de transporten opgaan in het heersende verkeersbeeld (zie Figuur 1.2). In de Aerius-berekening wordt het transport tot dit punt meegerekend.

Figuur 1.2 Begin betrokken transportroute in Aerius-berekening



2 STIKSTOFPLAN

Het is de insteek van de initiatiefnemer de emissie en daarmee ook de stikstofdepositie tot een minimum te beperken. Daarvoor hanteert de initiatiefnemer de volgende maatregelen:

Werktuigen van recent bouwjaar

De aard van de werktuigen, de omvang van het vermogen, de emissie/kWh en de inzet in uren bepalen de uitstoot van stikstof. De werkzaamheden worden uitgevoerd met werktuigen van een recent bouwjaar die voldoen aan de meest recente (lees: strengste) normen.

Voor de berekening van de emissie is in Aerius gebruik gemaakt van de meest recente werktuigen met de bijbehorende default gegevens zoals opgesteld door het RIVM[1]. Omdat de kraan werkzaamheden gecombineerd zijn ingevoerd als hoofd- en hulpkraan is afgeweken van de default motobelasting (20%). De meest recente gegevens zijn afkomstig uit 2015. Het valt niet uit te sluiten dat werktuigen van een recenter bouwjaar een lagere stikstofemissie kennen.

Voertuigen volgens Euro 6-norm

Alle gebruikte transportvoertuigen voldoen aan de Euro 6-norm. Deze norm is een regelgeving van de Europese Unie waarmee de emissiestandaard voor voertuigen is vastgesteld. Ten opzichte van de Euro 5-norm is de maximaal toelaatbare stikstofemissie in Euro 6-motoren sterk gedaald van 2 gram naar 0,4 gram per kilometer. De Euro 6-norm geldt dus zowel voor klein transport, zoals bestelbussen, maar ook voor groot transport zoals opleggers die mastdelen en bladen vervoeren.

[1] RIVM (2015). Addendum Emissiefactoren Mobiele werktuigen obv eigen typering

Optimaliseren bouwmethode

De bouwmethode is geoptimaliseerd door zwaar materieel niet meer in te zetten dan nodig is. Dit gebeurt door het benodigde werktuigvermogen en de benodigde inzet in uren tot een minimum te beperken. Denk hierbij aan het gebruik van een zware (100 kVA) generator bij enkel werkzaamheden die dit vermogen vragen, zoals de commissioning van de windturbine. Voor overige kleine activiteiten worden kleinere generatoren gebruikt.

Monopiles op de zachte zeewering

Aan de zachte zeewering worden windturbines gefundeerd op monopiles. Hierdoor is de hoeveelheid aan- en afvoer van zand en preparatie van een zandbanket niet nodig, wat daar de inzet van rupskranen sterk doet afnemen en de inzet van zanddumpers tot nul reduceert. Wel zullen extra werkzaamheden plaatsvinden m.b.t. het verpompen van water.

3 INZET MATERIEEL

Voor het windpark is een overzicht van inzet en duur van het materieel gemaakt. Dit is bepaald aan de hand van praktijkvoorbeelden met windparken in de directe omgeving en met windparken van een vergelijkbare omvang en grootte. Voor al het materieel wordt 10% aan de inzet toegevoegd om rekening te houden met onvoorziene inzet en transportbewegingen. Met deze marge kan worden aangenomen dat de inzet van het materieel op een realistisch-conservatieve wijze tot stand is gekomen.

In Tabel 3.1 is de verwachte inzet van materieel weergegeven die nodig is voor de aanleg van de windturbines langs de harde zeewering. De mobiele werktuigen zijn de stationaire emissiebronnen en de transportvoertuigen vormen de categorie transportbewegingen.
Tabel 3.2 laat de verwachte inzet van materieel zien benodigd voor de windturbines aan de zachte zeewering. Tot slot geeft Tabel 3.3 een overzicht van de benodigde inzet voor de realisatie van het transformatorstation.

Bijlage 1 bevat een uitgebreid overzicht waarin is aangegeven hoe het materieel wordt toegeschreven aan Aerius-categorieën. Tevens is in de bijlage beschreven welke aannames zijn gemaakt bij de totstandkoming van de inschatte inzet per WTG.

Tabel 3.1 Inzet materieel voor aanleg windturbines aan de zachte zeewering

Emissiebron	Activiteit	Materieel	Inzet per WTG (u)	Inzet totaal + 10% (u)
Stationair	Plaatsen damwanden	Heistelling	24	317
Stationair	Plaatsen damwanden	Rupskraan	8	106
Stationair	Aanbrengen monopile	Heistelling	40	528
Stationair	Hijswerk divers	Kraan (160 ton)	16	211
Stationair	Leggen rijplaten	Shovel	16	211
Stationair	Aanleg opstelpositie	Shovel	8	106
Stationair	Opbouw hoofdkraan	Hulpkraan	10	132

Stationair	Opbouw WTG	Hoofdkraan	9	119
Stationair	Aanleg elektra	Tractorhaspel	16	211
Stationair	Aanleg elektra	Rupskraan	16	211
Stationair	Aanleg elektra	Heftruck	16	211
*Stationair**	*Generator**	*Generator 100 kVA**	*30**	*396**
Emissiebron	**Activiteit**	**Materieel**	**Aantal retour-bewegingen per WTG (X)**	**Aantal bewegingen totaal + 10% (X)**
Transport	Leggen rijplaten - aanvoer	Vrachtwagen	4	53
Transport	Aanbrengen wapening	Vrachtwagen	8	106
Transport	Groot transport (mast + bladen)	Oplegger	10	132
Transport	Aanvoer zand	Vrachtwagen	63	825
Transport	Algemeen transport	Bestelbus	200	2.640
Transport	Vervoer groot materiaal	Oplegger	25	330
Totalen			**Inzet per WTG**	**Inzet total + 10%**
Totale inzet materiaal (u)			179	2.363
Totaal aantal bewegingen			310	8.171

**Handmatig ingevoegd als Stage IV werktuig met een verbruik van 150L diesel.*

Tabel 3.2 Inzet materieel voor aanleg windturbines aan de harde zeewering

Emissiebron	Activiteit	Materieel	Inzet per WTG (u)	Inzet total + 10% (u)
Stationair	Aanpassingen dijk	Rupskraan	16	176
Stationair	Opbouw terp	Rupskraan	80	880
Stationair	Opbouw terp	Shovel	32	352
Stationair	Aanbrengen fundering	Heistelling	40	440
Stationair	Hijswerk	Kraan (160 ton)	16	176
Stationair	Beton storten	Betonpomp	16	176
Stationair	Beton storten	Betonmixer	16	176
Stationair	Aanleg opstelpositie	Shovel	8	88
Stationair	Opbouw hoofdkraan	Hulpkraan	10	110
Stationair	Opbouw WTG	Hoofdkraan	9	99
Stationair	Aanleg elektra	Tractorhaspel	16	176
Stationair	Aanleg elektra	Rupskraan	16	176
Stationair	Aanleg elektra	Heftruck	16	176
*Stationair**	*Generator**	*Generator 100 kVA**	*6**	*66**

Emissiebron	Transport	Materieel	Aantal retour-bewegingen per WTG (X)	Aantal bewegingen totaal + 10% (X)
Transport	Aanbrengen wapening	Vrachtwagen	9	88
Transport	Groot transport (mast + bladen)	Oplegger	11	110
Transport	Algemeen transport	Bestelbus	220	2.200
Transport	Vervoer groot materiaal	Oplegger	28	280
Totalen			**Inzet per WTG**	**Inzet totaal+ 10%**
Totale inzet materiaal (u)			320	3.201
Totaal aantal bewegingen			268	5.346

**Handmatig ingevoegd als Stage IV werktuig met een verbruik van 150L diesel.*

Tabel 3.3 Inzet materieel voor aanleg van het transformatorstation

Activiteit	Materieel	Emissiebron	Inzet totaal+ 10%
Heien palen	Heistelling	Stationair	13
Hijswerkzaamheden	Hijskraan	Stationair	33
Graafwerkzaamheden	Graafmachine	Stationair	47
Aanleg elektra	Graafmachine	Stationair	22
Aanleg elektra	Heftruck	Stationair	22
Activiteit	**Materieel**	**Emissiebron**	**Aantal bewegingen total + 10 (X)**
Algemeen transport	Bestelbus	Transport	590
Algemeen transport	Vrachtwagen	Transport	220

4 RESULTATEN

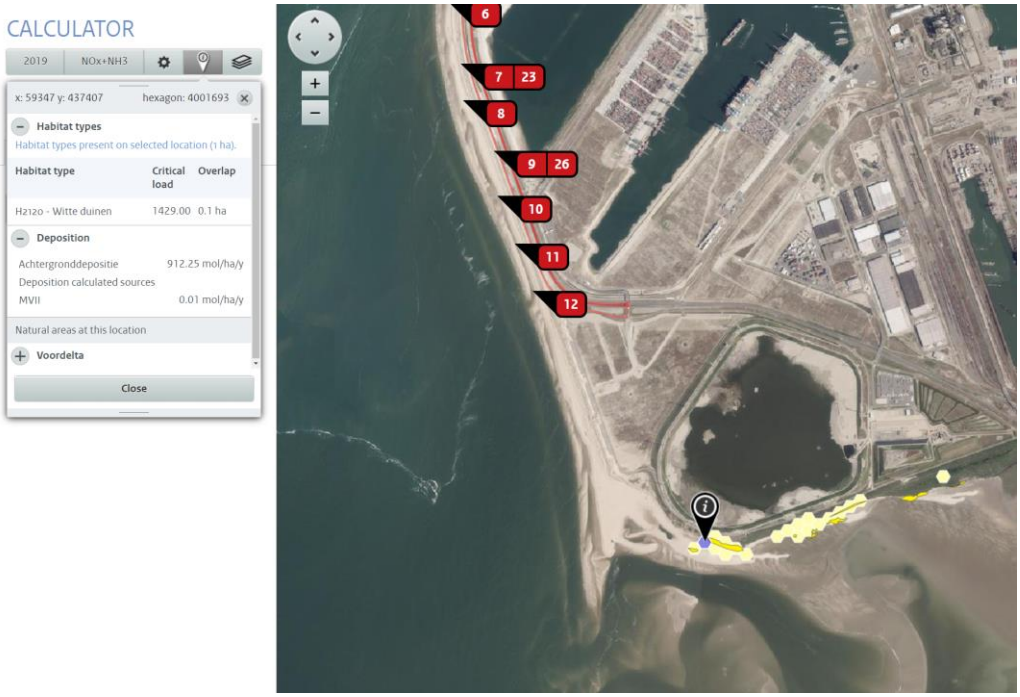
In Tabel 4.1 zijn alle habitattypen weergegeven waarbij sprake is van stikstofdepositie als gevolg van de werkzaamheden voor de aanleg van Windpark Tweede Maasvlakte. Deze habitattypen bevinden allemaal in de Voordelta, een stikstofgevoelig Natura 2000 gebied. De depositiewaarde is hier weliswaar 0,01 mol/ha/jaar, maar geen van de habitattypen kent een (bijna) overbelaste stikstofdepositie. Dat betekent dat de achtergrond depositie waarde (ADW) ruim onder de kritische depositie waarde (KWD) ligt. De rekenresultaten van Aerius zijn weergegeven in Bijlage 2.

Tabel 4.1 Depositie op habitattypen in natuurgebied Voordelta

Habitattype	Maximale depositie (mol/ha/jr)	Percentage belasting van KDW
H2120 Witte duinen	0,01	74,5%
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01	62,4%
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01	72,7%
H2110 Embryonale duinen	0,01	71,8%
H1320 Slijkgrasvelden	0,01	61,8%

Het hexagon waarop de meeste depositie te verwachten valt, is weergegeven in Figuur 4.1. De ADW is hier met 912,25 mol/ha/jaar ruim lager dan de KDW (1.429 mol/ha/jr), waardoor kan worden uitgesloten dat Windpark Tweede Maasvlakte zal leiden tot een overschrijding van de KDW.

Figuur 4.1 Hexagon met grootste effect op achtergronddepositie



5 CONCLUSIE

Voor Windpark Tweede Maasvlakte leiden de aanlegwerkzaamheden, zoals gekwantificeerd in de onderhavige stikstofdepositieberekening, tot een 0,01 mol/ha/jr toename in stikstofdepositie op vijf habitattypen in het stikstofgevoelige Natura 2000 gebied Voordelta. Deze toename vindt plaats op habitatten waar de ADW ruim onder de KDW ligt en een overschrijding van de KWD als gevolg van de aanleg uitgesloten is. Significante negatieve effecten op omliggende Natura 2000-gebieden kunnen op basis van deze studie worden uitgesloten.

BIJLAGEN

Gehanteerde invoer AERIUS berekening

AERIUS Calculator uitdraai

Zachte zeewering				*Inzet per WTG (u)*	Inzet per WTG + 10% (u)	Inzet totaal	
Aantal windturbines	12						
Totale inzet materiaal (u)				179	197	2.363	
Totaal aantal bewegingen				310	367	4.085	8.171
Activiteit	**Materieel**	**Emissiebron**	**Invoer Aerius**	***Inzet per WTG (u)***	***Inzet per WTG (u) +10%***	**Inzet totaal**	**Opmerkingen**
Aanleggen duinovergangen							originele activiteit aanleg elektra gebruikt
Gestuurde boringen							originele activiteit aanleg elektra gebruikt
Plaatsen damwanden	Heistelling	Stationair	*50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015*	***24***	26	317	
Plaatsen damwanden	Rupskraan	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*8*	9	106	
Aanbrengen paalfundering	Heistelling	Stationair	*50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015*	***40***	44	528	
Hijswerk divers	Kraan (160 ton)	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	***16***	18	211	
Leggen rijplaten	Shovel	Stationair	*Laadschop 450 kW 2015*	***16***	18	211	
Aanleg opstelpositie	Shovel	Stationair	*Laadschop 450 kW 2015*	***8***	9	106	
Opbouw hoofdkraan	Hulpkraan	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	***10***	11	132	24u operationeel, 10u effectief
Opbouw WTG	Hoofdkraan	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	***9***	10	119	12 hijsmomenten à 45 min
Aanleg elektra	Tractorhaspel	Stationair	*Vorkheftruck 190 kW 2015*	***16***	18	211	Dit als gestuurde boring meegenomen
Aanleg elektra	Rupskraan	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*16*	18	211	Dit als gestuurde boring meegenomen
Aanleg elektra	Heftruck	Stationair	*Vorkheftruck 190 kW 2015*	***16***	18	211	Dit als gestuurde boring meegenomen
Generator	Generator 100 kVA	Stationair	*Stage IV, 75-130 kW 2014*	*30*	33	396	Effectief 6u piekbelasting voor commissioning en 24u voor verpompen water. Verbruik 25L/h
Transport	**Materieel**	**Emissiebron**	**Aantal bewegingen per WTG (X)**	***Aantal retour-bewegingen per WTG (X)***	**Aantal retour-bewegingen per WTG (X)**	**Aantal bewegingen totaal (X)**	**Opmerkingen**
Leggen rijplaten - aanvoer	Vrachtwagen	Transport	*Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6*	*4*	5	53	2 vrachtwagens per WTG
Aanbrengen wapening	Vrachtwagen	Transport	*Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6*	*8*	9	106	4 vrachten per WTG
Groot transport (mast + bladen)	Oplegger	Transport	*Trekker diesel zwaar - Euro 6*	*10*	24	132	Gelijk aan aantal hijsmomenten
Aanvoer zand	Vrachtwagen	Transport	*Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6*	*63*	69	825	2000m3 per wtg, Per 32m3 vrachtwagen
Diverse transporten	Bestelbus	Transport	*Bestelauto benzine - Euro 6*	*200*	220	2.640	100 enkele ritten per WTG
Vervoer groot materiaal	Oplegger	Transport	*Trekker diesel zwaar - Euro 6*	*25*	40	330	Hoofdkraan, hulpkraan, heistelling, funderingpalen

Harde zeewering							
Aantal windturbines	10						
Totale inzet materiaal (u)				291	320	3.201	
Totaal aantal bewegingen				243	268	2.673	5.346
Activiteit	**Materieel**	**Emissiebron**	**Invoer Aerius**	***Inzet per WTG (u)***	***Inzet per WTG (u) +10%***	**Inzet totaal**	**Opmerkingen**
Aanpassingen dijk	Rupskraan	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*16*	18	176	
Opbouw terp	Rupskraan	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*80*	88	880	2 Rupskranen per WTGs
Opbouw terp	Shovel	Stationair	*Laadschop 450 kW 2015*	*32*	35	352	
Aanleg weg de dijk op	Shovel	Stationair	*Laadschop 450 kW 2015*	*0*	0	-	Nu niet extra meegenomen.
Aanbrengen fundering	Heistelling	Stationair	*50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015*	*40*	44	440	
Hijswerk	Kraan (160 ton)	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	*16*	18	176	
Beton storten	Betonpomp	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*16*	18	176	
Beton storten	Betonmixer	Stationair	*Betonstorter 200 kW 2015*	*16*	18	176	
Aanleg opstelpositie	Shovel	Stationair	*Laadschop 450 kW 2015*	*8*	9	88	
Opbouw hoofdkraan	Hulpkraan	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	*10*	11	110	24u operationeel, 10u effectief
Opbouw WTG	Hoofdkraan	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	*9*	10	99	12 hijsmomenten à 45 min
Aanleg elektra	Tractorhaspel	Stationair	*Vorkheftruck 190 kW 2015*	*16*	18	176	
Aanleg elektra	Rupskraan	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	*16*	18	176	
Aanleg elektra	Heftruck	Stationair	*Vorkheftruck 190 kW 2015*	*16*	18	176	
Generator	Generator 100 kVA	Stationair	*Stage IV, 75-130 kW 2014*	*6*	7	66	Effectief 6u piekbelasting. Verbruik: 25 L/h
Transport	**Materieel**	**Emissiebron**	**Aantal bewegingen per WTG (X)**	***Aantal retour-bewegingen per WTG (X)***	**Aantal retour-bewegingen per WTG (X)**	**Aantal bewegingen totaal (X)**	**Opmerkingen**
Aanbrengen wapening	Vrachtwagen	Transport	*Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6*	*8*	9	88	4 vrachten per WTG
Groot transport (mast + bladen)	Oplegger	Transport	*Trekker diesel zwaar - Euro 6*	*10*	11	110	Gelijk aan aantal hijsmomenten
Algemene transportbewegingen	Bestelbus	Transport	*Bestelauto benzine - Euro 6*	*200*	220	2.200	100 enkele ritten per WTG
Vervoer groot materiaal	Oplegger	Transport	*Trekker diesel zwaar - Euro 6*	*25*	28	275	Hoofdkraan, hulpkraan, heistelling, funderingpalen

Trafostation						
Activiteit	**Materieel**	**Emissiebron**	**Invoer Aerius**	**Inzet totaal**	**Inzet totaal + 10%**	**Opmerkingen**
Algemene transportbewegingen	Personentransport	Transport	*Bestelauto benzine - Euro 6*	536	590	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Algemene transportbewegingen	Vrachttransport	Transport	*Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6*	200	220	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Heien palen	Heistelling	Stationair	*50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015*	12	13	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Hijswerkzaamheden	Hijskraan	Stationair	*Hijskranen 450 kW 2015*	30	33	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Graafwerkzaamheden	Graafmachine	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	43	47	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Aanleg elektra	Graafmachine	Stationair	*Graafmachines 200 kW 2015*	20	22	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken
Aanleg elektra	Heftruck	Stationair	*Vorkheftruck 190 kW 2015*	20	22	Getallen gebaseerd op een lineaire downscaling van offshore windparken

MER 2020

Invoer Aerius ZZ			100%	110%	
Row Labels	**AERIUS naam**	**Sum of Inzet per WTG (u)**		**Sum of Inzet per WTG (u)2**	
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% hijskraan)	32		35	20% motorbelasting
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% laadschop)	32		35	20% motorbelasting
Hijskranen 450 kW 2015	Hoofd- en hulpkraan	35		39	
Stage IV, 75-130 kW 2014	Generator 100 kW			150 liter	
Laadschop 450 kW 2015	Laadschop	24		26	
Vorkheftruck 190 kW 2015	Vorkheftruck	32		35	
Graafmachines 200 kW 2015 (Reachstacker)	Reach stacker	24		26	
Grand Total		**179**		**197**	

		100%	110%
Transport	**Ritten p/j**		**Ritten p/j**
Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6	1788		1967
Trekker diesel zwaar - Euro 6	840		924
Bestelauto benzine - Euro 6	4800		5280

Invoer Aerius HZ			100%	110%
Row Labels	**AERIUS naam**	**Sum of Inzet per WTG (u)**		**Sum of Inzet per WTG (u) +10%**
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% hijskraan)	20		22
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% laadschop)	20		22
Betonstorter 200 kW 2015	Betonstorter 200 kW 2015	16		18
Hijskranen 450 kW 2015	Hoofd- en hulpkraan	35		39
Stage IV, 75-130 kW 2014	Generator 100 kW			150 liter
Laadschop 450 kW 2015	Laadschop	40		44
Vorkheftruck 190 kW 2015	Vorkheftruck	32		35
Graafmachines 200 kW 2015 (Reachstacker)	Reach stacker	128		141
Grand Total		**291**		**320**

		100%	110%
Transport	**Ritten p/j**		**Ritten p/j**
Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6	160		176
Trekker diesel zwaar - Euro 6	700		770
Bestelauto benzine - Euro 6	4000		4400

Invoer Aerius Trafostation			100%	110%
Row Labels	**AERIUS naam**	**Sum of Inzet per WTG (u)**		**Sum of Inzet per WTG (u) +10%**
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% hijskraan)	6		7
50% hijskraan 200 KW 2015 / 50% laadschop 200 kW 2015	Heimachine (als 50% laadschop)	6		7
Hijskranen 200 kW 2015	Hoofd- en hulpkraan	30		33
Vorkheftruck 190 kW 2015	Vorkheftruck	20		22
Graafmachines 200 kW 2015 (Reachstacker)	Reach stacker	63		69
Grand Total		**125**		**138**

		100%	110%
Transport	**Ritten p/j**		**Ritten p/j**
Vrachtauto diesel 10-20 ton - Euro 6	200		220
Bestelauto benzine - Euro 6	536		590

AERIUS CALCULATOR

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH3) en/of stikstofoxide (NOx).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.



Berekening MVII

- Kenmerken
- Samenvatting emissies
- Depositieresultaten
- Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via: https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
Pondera Consult	Nooitgedacht, 3701AN Zeist

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk
WP MV2	S652TSQ24hkz

Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
23 april 2020, 12:30	2019	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1
NOx	323,97 kg/j
NH3	5,42 kg/j

Resultaten

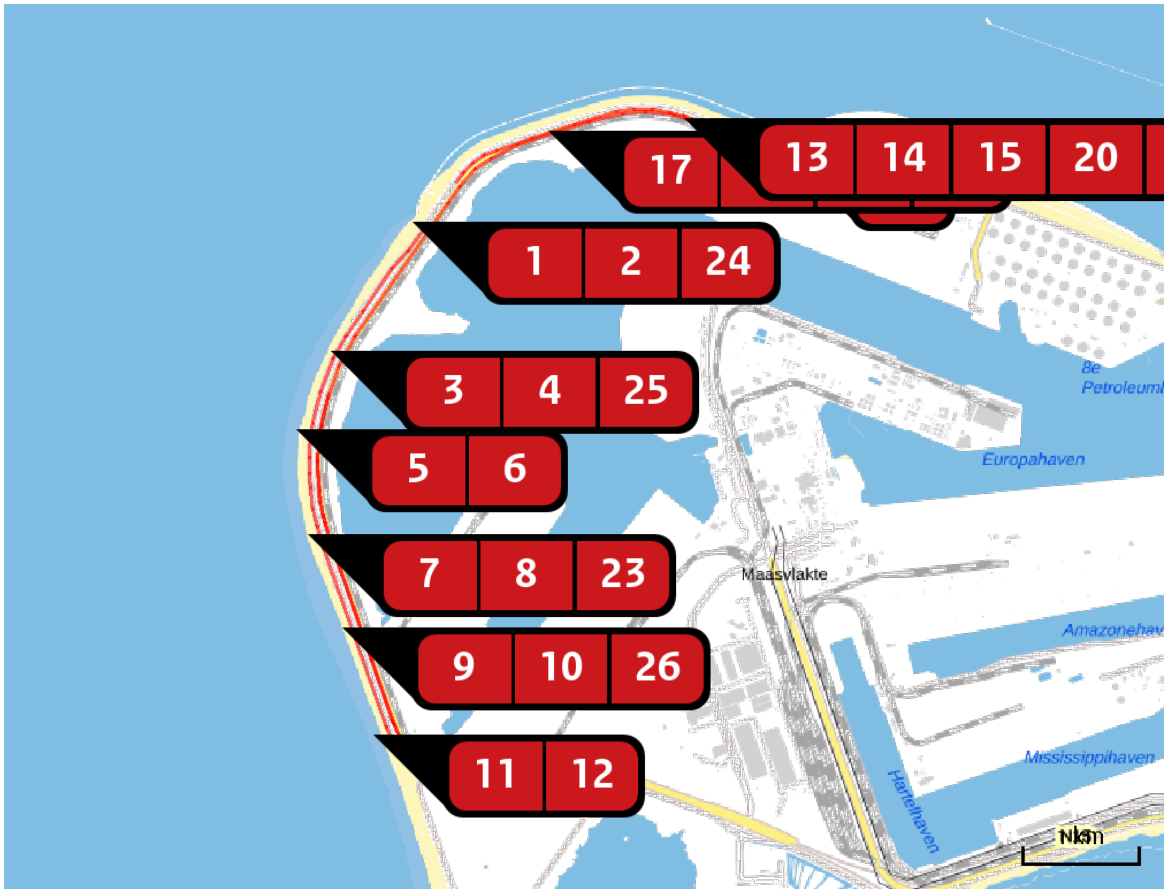
Hectare met hoogste bijdrage (mol/ha/j)

Natuurgebied	Bijdrage
Voordelta	0,01

Toelichting

WP MV2
23-4-2020

Locatie
MVII



Emissie
MVII

	Bron Sector	Emissie NH3	Emissie NOx
1	Z-WT1 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
2	Z-WT2 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
3	Z-WT3 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
4	Z-WT4 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
5	Z-WT5 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
6	Z-WT6 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
7	Z-WT7 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
8	Z-WT8 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
9	Z-WT9 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
10	Z-WT10 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
11	Z-WT11 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
12	Z-WT12 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	10,19 kg/j
13	H-WT1 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
14	H-WT2 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
15	H-WT3 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
16	H-WT4 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
17	H-WT5 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
18	H-WT6 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
19	H-WT7 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
20	H-WT8 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
21	H-WT9 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	15,26 kg/j
22	Transport harde zeewering Wegverkeer | Buitenwegen	2,90 kg/j	24,90 kg/j
23	Transport zachte zeewering Wegverkeer | Buitenwegen	2,38 kg/j	21,79 kg/j
24	H-WT10 Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	11,66 kg/j
25	Trafostation Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	5,17 kg/j
26	Transport Trafostation Wegverkeer | Buitenwegen	< 1 kg/j	< 1 kg/j

Resultaten stikstof gevoelige Natura 2000 gebieden (mol/ha/j)

Natuurgebied	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
Voordelta	0,01	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten per habitattype
(mol/ha/j)

voor de 10 stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden met het hoogste resultaat

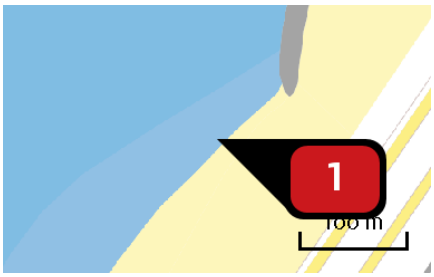
Voordelta

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H2120 Witte duinen	0,01	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01	
H2110 Embryonale duinen	0,01	
H1320 Slijkgrasvelden	0,01	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

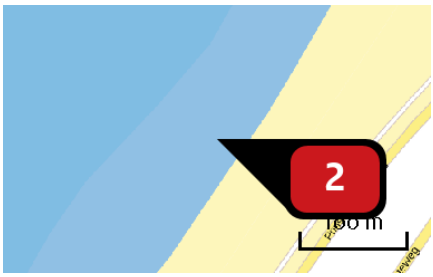
Emissie (per bron)

MVII



Naam	Z-WT1
Locatie (X,Y)	58022, 444264
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



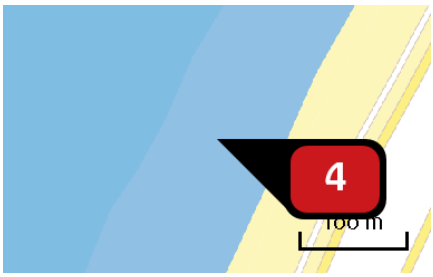
Naam	Z-WT2
Locatie (X,Y)	57744, 443906
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



Naam	Z-WT3
Locatie (X,Y)	57485, 443532
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



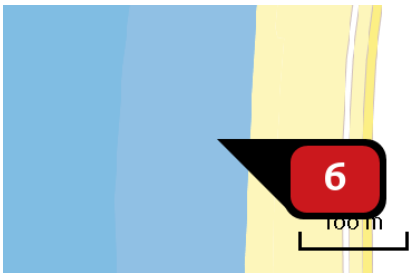
Naam	Z-WT4
Locatie (X,Y)	57251, 443143
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



Naam	Z-WT5
Locatie (X,Y)	57099, 442715
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



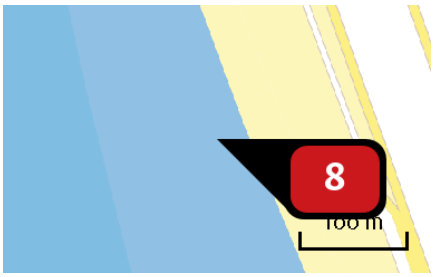
Naam	Z-WT6
Locatie (X,Y)	57036, 442265
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



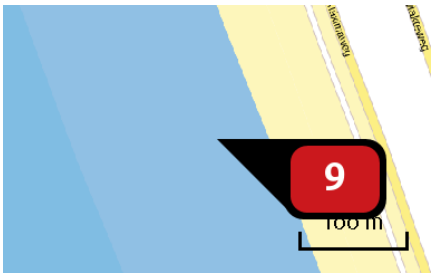
Naam	Z-WT7
Locatie (X,Y)	57063, 441812
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



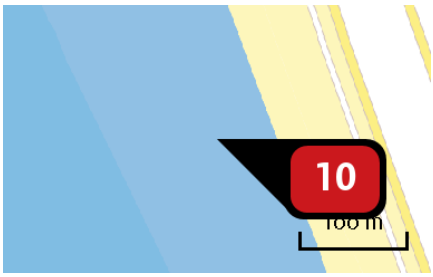
Naam	Z-WT8
Locatie (X,Y)	57180, 441373
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



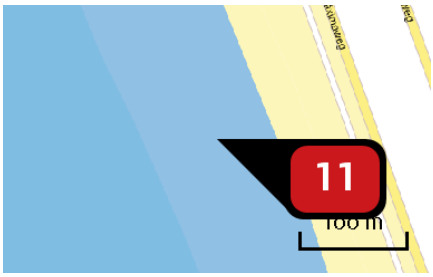
Naam	Z-WT9
Locatie (X,Y)	57333, 440945
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



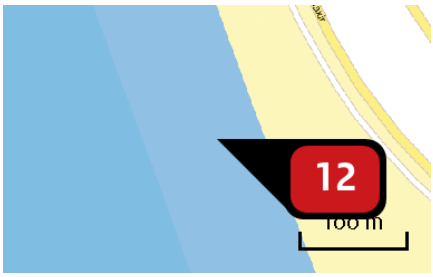
Naam	Z-WT10
Locatie (X,Y)	57486, 440516
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



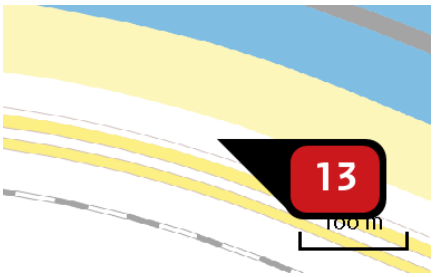
Naam	Z-WT11
Locatie (X,Y)	57640, 440088
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



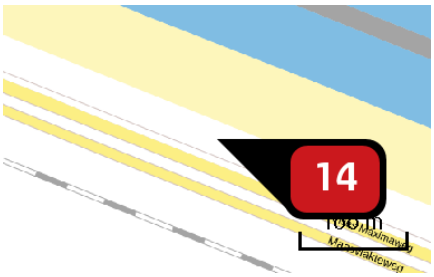
Naam	Z-WT12
Locatie (X,Y)	57805, 439665
NOx	10,19 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,68 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	2,81 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,52 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



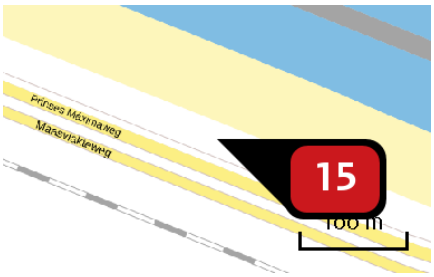
Naam	H-WT1
Locatie (X,Y)	60401, 445201
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



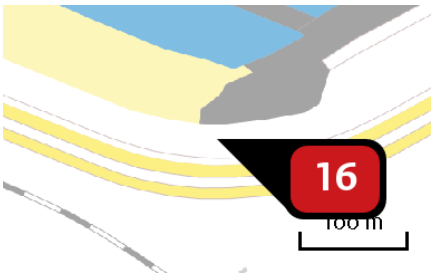
Naam	H-WT2
Locatie (X,Y)	60674, 445097
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



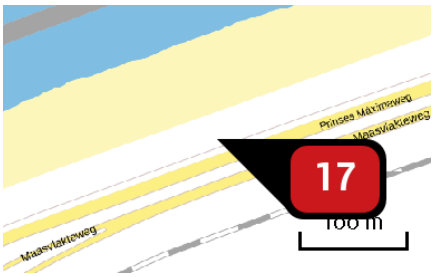
Naam	H-WT3
Locatie (X,Y)	60947, 444989
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



Naam	H-WT4
Locatie (X,Y)	61226, 444899
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



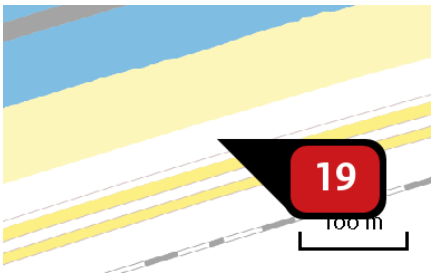
Naam	H-WT5
Locatie (X,Y)	58962, 444967
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



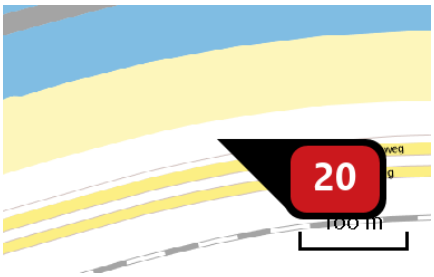
Naam	H-WT6
Locatie (X,Y)	59243, 445072
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



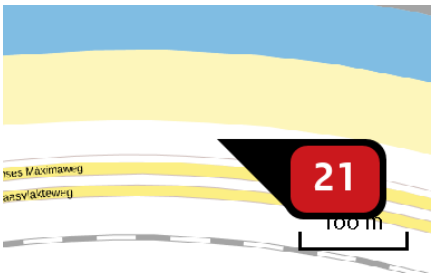
Naam	H-WT7
Locatie (X,Y)	59530, 445160
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



Naam	H-WT8
Locatie (X,Y)	59820, 445238
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



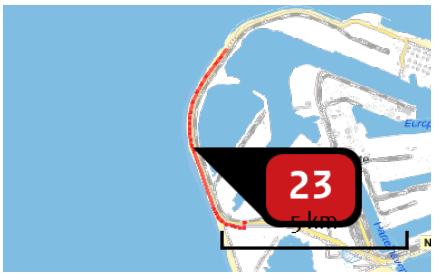
Naam	H-WT9
Locatie (X,Y)	60120, 445256
NOx	15,26 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	5,08 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



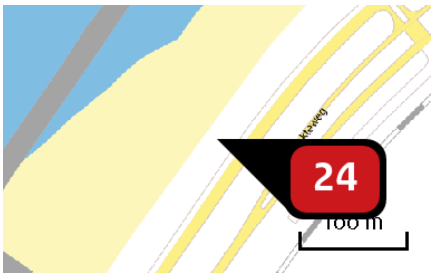
Naam	Transport harde zeewering
Locatie (X,Y)	59186, 444999
NOx	24,90 kg/j
NH3	2,90 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Euroklasse	Trekker diesel zwaar (gemiddeld 43 ton GVW) - Euro 6	770,0 / jaar	NOx NH3	20,66 kg/j < 1 kg/j
Euroklasse	Vrachtauto diesel 10-20 ton GVW - Euro 6	176,0 / jaar	NOx NH3	2,09 kg/j < 1 kg/j
Euroklasse	Bestelauto benzine - Euro 6	4.400,0 / jaar	NOx NH3	2,15 kg/j 1,78 kg/j



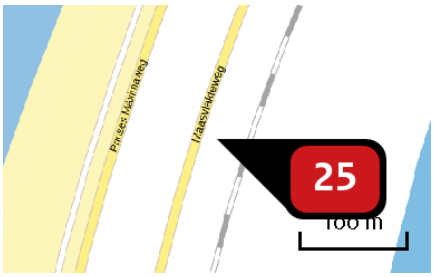
Naam	Transport zachte zeewering
Locatie (X,Y)	57261, 441586
NOx	21,79 kg/j
NH3	2,38 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Euroklasse	Trekker diesel zwaar (gemiddeld 43 ton GVW) - Euro 6	924,0 / jaar	NOx NH3	10,64 kg/j < 1 kg/j
Euroklasse	Vrachtauto diesel 10-20 ton GVW - Euro 6	1.967,0 / jaar	NOx NH3	10,04 kg/j < 1 kg/j
Euroklasse	Bestelauto benzine - Euro 6	5.280,0 / jaar	NOx NH3	1,11 kg/j < 1 kg/j



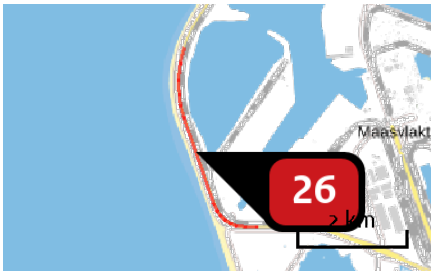
Naam	H-WT10
Locatie (X,Y)	58409, 444625
NOx	11,66 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,40 kg/j
AFW	Betonstorter 200 kW 2015		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	1,06 kg/j
AFW	Laadschop		4,0	4,0	0,0	NOx	4,75 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	1,48 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	1,20 kg/j
STAGE IV, 75 – 130 kW, bouwjaar 2014/01, Cat. R	Generator 100 kW	150				NOx	< 1 kg/j



Naam: Trafostation
Locatie (X,Y): 57360, 442795
NOx: 5,17 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Brandstof verbruik (l/j)	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Heimachine (als 50% hijskraan)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Heimachine (als 50% laadschop)		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Hoofd- en hulpkraan		4,0	4,0	0,0	NOx	1,32 kg/j
AFW	Vorkheftruck		4,0	4,0	0,0	NOx	< 1 kg/j
AFW	Reach stacker		4,0	4,0	0,0	NOx	2,48 kg/j



Naam: Transport Trafostation
Locatie (X,Y): 57573, 440898
NOx: < 1 kg/j
NH3: < 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Euroklasse	Bestelauto benzine - Euro 6	590,0 / jaar	NOx NH3	< 1 kg/j < 1 kg/j
Euroklasse	Vrachtauto diesel 10-20 ton GVW - Euro 6	220,0 / jaar	NOx NH3	< 1 kg/j < 1 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS	versie 2019A_20200403_6c571f9654
Database	versie 2019A_20200403_6c571f9654

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:
https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2019A

BIJLAGE 3



719081
17 juni 2020

ANALYSE EXTERNE VEILIGHEID WINDPARK ZEEWERING TWEEDE MAASVLAKTE

ENECO B.V.

v1.3



Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Analyse externe veiligheid Windpark Zeewering Tweede Maasvlakte
Soort document	v1.3
Datum	17 juni 2020
Projectnummer	719081
Opdrachtgever	Eneco B.V.
Auteur	[redacted], Pondera Consult
Vrijgave	[redacted], Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 1

1.1 Windturbines 2
1.2 Posities windturbines 5

2 Bebouwing 7

2.1 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten 7
2.2 Bestemmingsplanmogelijkheden 11

3 Wegen 13

3.1 Rijkswegen 13
3.2 Waterwegen 17
3.3 Spoorwegen / Container exchange route 17

4 Risicovolle inrichtingen en installaties 21

4.1 Bestaande risicovolle inrichtingen 21
4.2 Toekomstige risicovolle installaties of inrichtingen 24

5 Ondergrondse buisleidingen en bovengrondse gasnetwerk 26

5.1 Buisleiding A-624-10 26
5.2 Buisleiding A-624 29
5.3 Beoordeling ruimtelijke gevolgen schade aan buisleidingen 31
5.4 Mitigerende maatregelen bestaande buisleidingen 32
5.5 Leidingstrook toekomstige buisleidingen 33
5.6 Mitigatie effecten buisleidingstrook 35
5.7 Porthos buisleiding 35

6 Hoogspanningsinfrastructuren 37

6.1 Bovengrondse installatie TenneT voor Windpark HKZ 37
6.2 Domino effect van buisleiding 39
6.3 Toekomstige elektranetwerk IJmuiden Ver 39

7 Waterkeringen 41

8 Beleid en toekomstige ontwikkelingen havenbedrijf Rotterdam 42

8.1 Futureland 42

8.2 High Impact Zone 43

9 Kwalitatieve analyse ijsworp scenario 45

10 Effecten voorkeursalternatief 46

10.1 Bebouwing 46
10.2 Wegen 57
10.3 Risicovolle inrichtingen en installaties 61
10.4 Ondergrondse buisleidingen en bovengrondse gasnetwerk 63
10.5 Hoogspanningsinfrastructuren 73
10.6 Waterkeringen 76
10.7 Beleid en toekomstige ontwikkelingen havenbedrijf Rotterdam 76
10.8 Kwalitatieve analyse ijsworp scenario 83

1 INLEIDING

Eneco B.V. heeft het voornemen om een windpark te realiseren langs de zeewering van de Tweede Maasvlakte. Een deel van het windpark wordt gerealiseerd op de harde zeewering en een deel van het windpark op het strand en duingedeelte (de zachte zeewering). Het gebied rondom het windpark is beoogd als toekomstig havengebied en heeft een waterkerende functie inclusief enkele locaties met recreatieve strandactiviteiten.

Deze analyse onderzoekt wat de mogelijke effecten kunnen zijn in relatie tot het onderwerp externe veiligheid en toetst dit aan huidige wet- en regelgeving voor de veiligheid van de omgeving bij de ontwikkeling, exploitatie en bouw van windturbines. Hierbij worden de windturbines getoetst aan de eisen in het geldende Activiteitenbesluit milieubeheer (Activiteitenbesluit). Tevens wordt, waar relevant, een doorkijk gegeven naar mogelijke effecten voor inrichtingen van derden in de omgeving in relatie tot het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en voor buisleidingen naar het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Additioneel worden ook andere beleidsvraagstukken beschouwd zoals de invloed van de windturbines op de veiligheid van de waterkering, passanten of gevaarlijk vervoer op de snelwegen en gevolgen voor momenteel onderliggende bestemmingen van het havengebied en wordt een doorkijk gegeven naar het beleid wat het havenbedrijf Rotterdam zelf heeft opgesteld.

Alle uitgangspunten, faalscenario's en analyses in deze rapportage zijn gebaseerd op het handboek voor risicozonering van windturbines bestaande uit een handleiding en de handreiking (versie 1.0 – 21 januari 2020)[1], dat een handreiking geeft voor de uitvoering van risicoanalyses bij windturbines in Nederland. De handleiding en de handreiking zijn wijd geaccepteerd als leidraad voor het uitvoeren van dergelijke analyses en meermaals juridisch getoetst in windenergieprojecten. Daarnaast wordt gekeken naar gepubliceerd aanvullend beleid dat betrokken beheerders van infrastructuren, overheden of derden volgen.

In de hierop volgende hoofdstukken wordt per onderwerp de veiligheidssituatie geanalyseerd. In hoofdstuk 10 wordt een overzicht gegeven van de verwachtte effecten van een voorkeursalternatief wat op kleine punten afwijkt van opstellingsalternatief 2.

[1] Vanaf nu samen genaamd: Het HRW of het Handboek risicozonering

Kader 1.1 Nadere toelichting over de relatie van windturbinetypes in de vergunningaanvraag

In deze rapportage wordt de situatie geanalyseerd aan de hand van een bandbreedte voor de eigenschappen en afmetingen van windturbines. Binnen deze bandbreedte is geanalyseerd wat de effecten van generieke windturbinetypes binnen de bandbreedte kunnen zijn. Hierbij worden enkele eigenschappen van windturbines worst-case ingeschat om zo inzicht te krijgen in de maximale effecten die zouden kunnen optreden voor windturbines binnen deze bandbreedte. Voor het indienen van de vergunningsaanvraag is gerekend met de werkelijke effecten van specifieke windturbinetypes die qua gewicht, draaisnelheid en/of eigenschappen van de windturbine kunnen afwijken van de worst-case generieke waardes die voor de bandbreedte in het MER worden aangehouden. Dit betekent dat de specifiekere uitkomsten in de vergunningaanvraag licht kunnen afwijken (kleiner worden) van de uitkomsten zoals beschreven in deze analyse. Dit komt voornamelijk tot uiting in bijvoorbeeld een sterk kleinere werpafstand bij overtoeren voor berekeningen die specifieker per windturbinetype worden opgesteld.

1.1 Windturbines

Om inzicht te geven in de mogelijkheden en risico's wordt gebruik gemaakt van een bandbreedte voor de toe te passen afmetingen van de windturbines. De toegepaste bandbreedten staan vermeld in Tabel 1.1 en Tabel 1.2. Voor het Milieueffectrapport van dit windpark worden twee verschillende opstellingen van verschillende formaten windturbines onderzocht. De posities van de windturbines bij de minimale en maximale alternatieven zijn gelijk.

Tabel 1.1 Uitgangspunten alternatief 1 – Minimale opstelling

Wering	Aantal	Masthoogte	Rotordiameter	Tiphoogte	Tiplaagte t.o.v. maaiveld	Tiplaagte t.o.v. kruin harde zeewering
Harde zeewering A	9	67	115	124,5	24,5	9,5
Harde Zeewering B	1	67	115	124,5	22,5	9,5
Zachte Zeewering	12	101	150	176	26	-

Tabel 1.2 Uitgangspunten alternatief 2 – Maximale opstelling

Wering	Aantal	Masthoogte	Rotordiameter	Tiphoogte	Tiplaagte t.o.v. maaiveld	Tiplaagte t.o.v. kruin harde zeewering
Harde zeewering A	9	76	120	136	31	16
Harde Zeewering B	1	107	162	188	29	26
Zachte Zeewering	12	107	162	188	26	-

In hoofdstuk 3 van het Milieu Effect Rapport voor de Tweede Maasvlakte is aangegeven welke windturbines mogelijk zijn om te plaatsen. De windturbines waarvan de effecten voor dit onderdeel zijn bepaald staan in Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Gehanteerde referentieturbine en afmetingen turbines

Alt.	Deel zeewering	Aantal turbines	Windturbinetype	Ashoogte	Rotordiameter
1	Harde zeewering	10	Enercon E115	67	115
	Zachte zeewering	12	Vestas V150	101	150
2	Harde zeewering noord	9	SG SWT 120	76	120
	Harde Zeewering Zuid	1	Vestas V162	107	162
	Zachte zeewering	12	Vestas V162	107	162

*NB – Het kan zijn dat de uiteindelijke windturbinetypes variëren in vermogen t.o.v. deze lijst. Het vermogen is geen eigenschap die direct invloed heeft op de te bepalen veiligheidseffecten. De hier genoemde vermogens zijn ter indicatie.

1.1.1 Interne veiligheid

De interne veiligheid van windturbines is geregeld via de certificering van het ontwerp en de productie. In Nederland mogen alleen windturbines worden geplaatst die gecertificeerd zijn volgens de veiligheidsnormen NVN 11400-0 en aansluitend NEN-EN-IEC 61400. Deze normen bevatten criteria voor veiligheid, geluidemissies en rendement. De keuring volgens deze normen is gericht op een veilige en betrouwbare werking van een windturbine en wordt verricht door een erkend keuringsinstituut. Het windturbineontwerp wordt o.a. gecontroleerd op sterkte van de constructie, elektrische veiligheid, bliksemafleiding en beveiliging tegen te harde wind. De windturbine wordt ook getest. Zo worden er bijvoorbeeld onder verschillende omstandigheden remproeven uitgevoerd. Ook wordt de brandveiligheid van de constructie in de normen behandeld. Voor uitvoering van deze analyse wordt ervan uitgegaan dat de te plaatsen windturbines NEN-EN-IEC-61400 gecertificeerd zijn. Het onderwerp interne veiligheid wordt verder niet geanalyseerd.

1.1.2 Faalscenario's en bepaling effectafstanden

Windturbines kunnen op vijf manieren een risico veroorzaken voor hun omgeving. Het Handboek risicozonering omschrijft de volgende vijf scenario's:

- Mastfalen
  - Het omvallen vanaf de mast, worst-case weergegeven door omvallen vanaf de voet van de mast.
- Gondelfalen
  - Het naar beneden vallen van de gondel (of rotorhub), weergegeven door het naar beneden vallen van de gondel inclusief de volledige rotor vallend langs de masttoren.
- Bladworp bij nominaal toerental en overtoeren
  - Het afwerpen van een enkel rotorblad tijdens operatie met een nominaal toerental of in een overtoerensituatie[2]. Specifiek voor dit faalscenario is de hoogte van de windturbine

[2] Conform het HRW wordt de overtoeren situatie omschreven als bladworp bij 2x het nominale toerental. Dit is een overschatting van de werkelijk optredende toerentallen bij een overtoeren situatie, welke eerder 1,25x het nominaal toerental bedragen.

ten opzichte van de grond van belang. Voor dit project wordt daarom de hoogte van het fundament van de windturbine ten opzichte van de hoogte van de haven de Maasvlakte als uitgangspunt genomen voor dit faalscenario.

- Vallende kleine onderdelen
  - Het naar beneden vallen van kleine onderdelen zoals bouten en moeren. Dit scenario veroorzaakt vrijwel geen schade of risico voor de externe omgeving door de kleine kans van voorkomen en het relatief beperkte gevolg. Dit scenario wordt niet verder onderzocht in deze analyse.
- Het afwerpen of neervallen van ijsvorming
  - Bij significante ijsvorming aan de bladen kunnen brokstukken van ijs worden afgeworpen. In Hoofdstuk 9 worden over dit scenario adviezen gegeven voor de betrokken locaties.

Per faalscenario hoort een maximale effectafstand. Buiten deze maximale effectafstand is er geen sprake van een significant risico voor het betrokken faalscenario. Voor mastfalen is de maximale effectafstand de afstand van tiphoogte; wat in deze analyse maximaal 188 meter is. Voor gondelfalen omschrijft het HRW een maximale afstand van een halve rotordiameter die in dit geval 81 meter bedraagt. De maximale effectafstanden bij bladworp worden berekend met behulp van:

- de gegeven nominale toerentallen en;
- een generieke zwaartepuntsafstand van 1/3^{e} bladlengte tot het centrum van de as.

Hiervoor worden de formules 2.5 t/m 2.13 in paragraaf “3.2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten” uit de handleiding risicoberekeningen windturbines (versie oktober 2019). Tabel 1.5 geeft de verschillende werpafstanden voor de onderzochte windturbinetypes weer (zie ook Tabel 1.4 en Tabel 2.1 voor de eigenschappen van de windturbines).

Tabel 1.4 Eigenschappen windturbines voor bepaling werpafstanden

Windturbinetype	Zwaartepuntsafstand rotorblad (generiek)	Nominaal toerental (generiek)
Enercon E115	19,17	13,1
Vestas V150	25	12,6
SG SWT 120	20	13,4
Vestas V162	27	10,4

Tabel 1.5 Werpafstanden windturbines onderzocht op potentiële effecten

Windturbinetype	Rotoras hoogte t.o.v. Maaiveld Maasvlakte (5m)	Werpafstand bij nominaal toerental in m	Werpafstand bij overtoeren in m
Enercon E115	77 / 75	128 / 127	352 / 350
Vestas V150	102	189	538
SG SWT 120	86 / 84	144 / 143	399 / 397
Vestas V162	115 / 108	170 / 167	454 / 448

De maximale effectafstanden behorende bij het faalscenario Bladworp bij overtoeren worden gebruikt om alle objecten te identificeren die een risico zouden kunnen ondervinden. Objecten gelegen buiten deze afstand ondervinden geen risico bij realisatie van het betrokken windturbinetype.

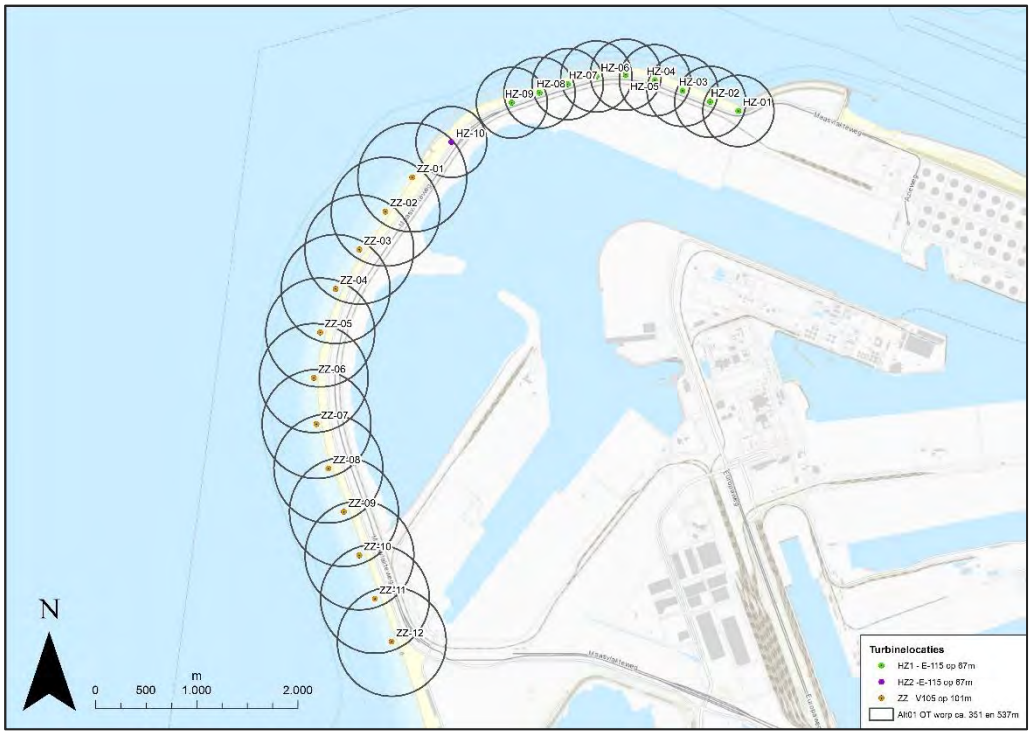
1.2 Posities windturbines

In deze analyse worden 22 windturbineposities onderzocht. De coördinaten van de windturbines staan weergegeven in Tabel 1.6 en de posities zijn zichtbaar in Figuur 1.1.

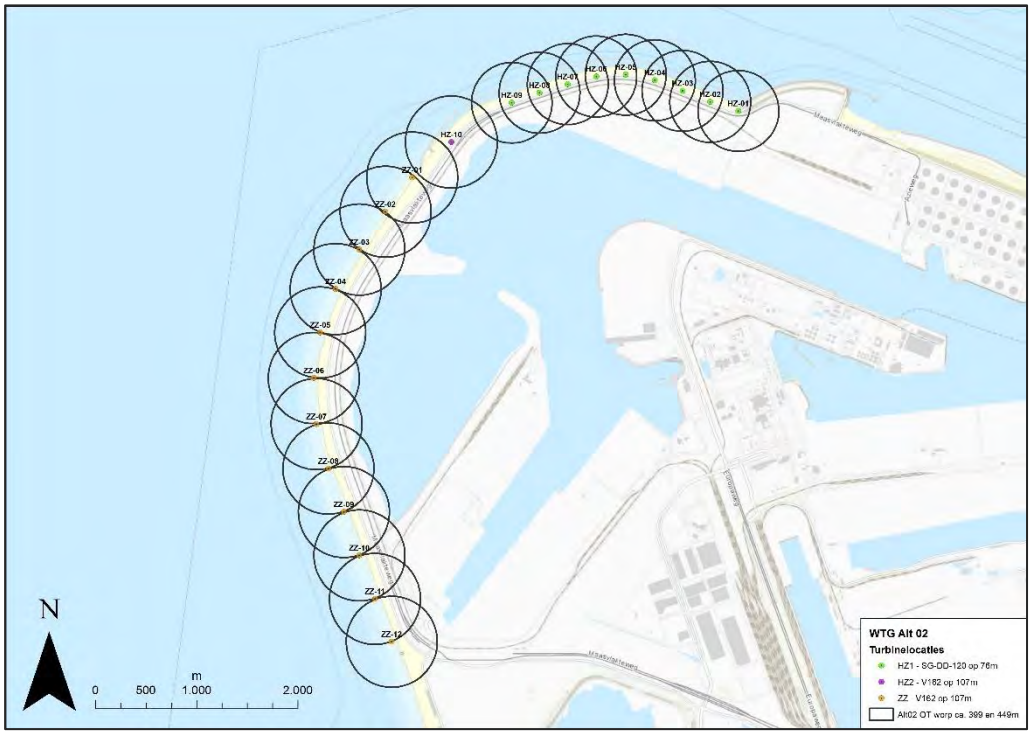
Tabel 1.6 Onderzochte windturbineposities (coördinaten in Rijksdriehoekstel)

Windturbinepositie	X-coördinaat	Y-coördinaat
HZ1 – 1	61225,6	444898,9
HZ1 – 2	60947,5	444988,8
HZ1 – 3	60674,1	445097,1
HZ1 – 4	60401,3	445200,8
HZ1– 5	60113,6	445256,0
HZ1 – 6	59823,1	445238,4
HZ1– 7	59541,9	445163,6
HZ1 – 8	59263,5	445078,7
HZ1 – 9	58989,9	444979,7
HZ2 – 10	58393,4	444592,5
ZZ – 01	58007,3	444242,9
ZZ – 02	57744,5	443905,5
ZZ – 03	57485,3	443531,9
ZZ – 04	57251,3	443142,8
ZZ – 05	57099,3	442714,8
ZZ – 06	57035,7	442265,2
ZZ – 07	57063,3	441812,0
ZZ – 08	57180,3	441373,1
ZZ – 09	57333,4	440944,8
ZZ – 10	57486,5	440516,5
ZZ – 11	57639,6	440088,1
ZZ – 12	57805,4	439665,4

Figuur 1.1 Weergave windturbineposities en identificatieafstand



Figuur 1.2 Weergave windturbineposities en identificatieafstand



De volgende hoofdstukken volgen de opbouw van het Handboek risicozonering.

2 BEBOUWING

2.1 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Windturbines vallen qua toetsing van externe veiligheid onder het Activiteitenbesluit milieubeheer. Hierin is naast algemene regels over onderhoud, inspectie en veiligheid in artikel 3.15a opgenomen dat:

Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10^{-6} per jaar.

Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10^{-5} per jaar.

Op het moment dat de toekomstige omgevingswet wordt ingevoerd vallen windturbines onder het Besluit activiteiten leefomgeving (BAL) in artikel 3.13 geldt een vergunningplicht, waarbij de PR 10^{-05} en 10^{-06} afstanden moeten worden berekend.

De plaatsgebonden risicocontouren van de twee opstellingsalternatieven zijn berekend met behulp van de formules uit de Handleiding Risicoberekeningen Windturbines (versie oktober 2019) met het Ballistisch model zonder luchtkrachten en de formules uit paragrafen 3.3.2, 4.1.1 en 5.1.1. Hierbij is uitgegaan van de eigenschappen van de windturbines zoals weergegeven in de volgende tabel (zie ook Tabel 1.4).

Tabel 2.1 Eigenschappen per windturbine

Eigenschap	Alt 01 – E-115	Alt 01 – V150	Alt 02 – SG-DD-120	Alt 02 – V162
Rotordiameter	115	150	120	162
Masthoogte	67	101	76	107
Rotorashoogte*	75 / 77	102	84 / 86	108 / 115
Dimensies gondel	9,1 x 9,1 x 11,9	6 x 5,6 x 15,6	4,2 x 4,2 x 12,2	7,8 x 7,8 x 25
Breedte mast	4,3	4	4,5	5,3

* Verschil in ashoogte en rotorashoogte is als gevolg van de hogere locatie van bladworp door het hoge fundament op de waterkering

2.1.1 Beperkt kwetsbare objecten

De PR10^{-05} contour is voor alternatief 1 (minimaal) bepaald op maximaal 54 meter voor de Vestas V150 windturbines op de zachte zeewering en op maximaal 63 meter voor de Enercon E-115 windturbines op de Harde Zeewering.

De PR10^{-05} contour is voor alternatief 2 (maximaal) bepaald op maximaal 64 meter voor de Vestas V162 windturbines op de zachte zeewering en op maximaal 52 meter voor de SG-DD-120 windturbines op de Harde Zeewering.

Figuur 2.1 Weergave maximale ligging PR-contouren Noordkant



Figuur 2.2 Weergave maximale ligging PR-contouren Zuidkant



In de nabijheid van de windturbines op de zachte zeewering wordt het strand extensief gebruikt door recreanten. Volgens het bestemmingsplan is hier sprake van ‘Extensieve dagrecreatie’. Dit is recreatie, waarbij relatief weinig mensen aanwezig zijn per oppervlakte-eenheid en waarbij

overnachting is uitgesloten. Dergelijke extensieve recreatie op een strand wordt niet gezien als een beperkt kwetsbaar object (of terrein).

Er zijn geen objecten aanwezig binnen de aangegeven afstanden. Het eerste gebouw van derden is gelegen op een minimale afstand van circa 122 meter. Er kan met zekerheid worden voldaan aan artikel 3.15a lid 1 van het activiteitenbesluit milieubeheer ook als andere windturbinetypes met vergelijkbare dimensies worden geplaatst.

2.1.2 Kwetsbare objecten

De PR10^{-06} contour is voor alternatief 1 (minimaal) bepaald op maximaal 189 meter voor de Vestas V150 windturbines op de zachte zeewering en op maximaal 127 meter voor de Enercon E-115 windturbines op de Harde Zeewering.

De PR10^{-06} contour is voor alternatief 2 (maximaal) bepaald op maximaal 170 meter voor de Vestas V162 windturbines op de zachte zeewering en op maximaal 144 meter voor de SG-DD-120 windturbines op de Harde Zeewering.

Figuur 2.3 Weergave maximale ligging PR-contouren Noordkant



Figuur 2.4 Weergave maximale ligging PR-contouren Zuidkant



Bij windturbinelocaties HZ-04 en HZ-10 is een klein transformatorhuisje gelegen binnen de maximale contouren. Dit zijn geen kwetsbaar objecten en ook geen beperkt kwetsbaar objecten.



Bij HZ-01 is bij beide alternatieven ook een installatiehuisje van ca. 34 m2 aanwezig. Ook dit installatiegebouw wordt niet gezien als een beperkt kwetsbaar of kwetsbaar object.

Er zijn geen gebouwen die kunnen worden gezien als kwetsbare objecten aanwezig binnen de aangegeven afstanden. Het eerste gebouw (Beveiligings- en toegangsgebouw containerhaven) van derden waar personen in aanwezig kunnen zijn is gelegen op een minimale afstand van meer dan 340 meter.



In het bestemmingsplan voor het windpark is echter ook vermeld dat de $PR10^{-06}$ contour niet over de bestemming 'specifiek vorm van recreatie – 2', wat gezien wordt als een intensief gebruikt strand, mag liggen. Er is een overschrijding van 2 meter bij opstellingsalternatief 01 nabij windturbine ZZ-12. Om dit te voorkomen kan de werpafstand bij nominaal toerental worden verkleind door: ashoogteverlaging, aanpassing zwaartepunt blad of sector management van het toerental. Tevens zou de windturbine minimaal 2 meter naar het noorden kunnen worden opgeschoven.

De mogelijke toekomstige ontwikkeling van Futureland op de Maasvlakte II wordt besproken in paragraaf 8.1.

2.2 Bestemmingsplanmogelijkheden

Naast invloed op bestaande objecten kunnen windturbines een invloed hebben op de mogelijkheden van bestemmingen[3] in de nabije omgeving. Binnen de maximale ligging van de $PR10^{-05}$ en $PR10^{-06}$ contour zijn enkel bestemmingen aanwezig die vallen onder:

- Verkeer;
  - Voor deze bestemmingen geldt dat geen gebouwen zijn toegestaan buiten de twee aanduidingen. Er kunnen hier geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Water;
  - Op deze bestemming kunnen geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Waterstaatkundige doeleinden;
  - Op deze bestemming mogen enkel zeer kleine gebouwen worden gerealiseerd ter hoogte van specifieke aanduidingen. Ten zuiden van windturbine ZZ-12 is op 187 meter een terrein aangeduid als 'specifiek vorm van recreatie – 2', hier is intensieve recreatie toegestaan wat kan worden beschouwd als een beperkt kwetsbaar object. De maximale $PR10^{-05}$ contouren (54 en 64 meter) liggen op ruime afstand. In het bestemmingsplan voor het windpark is echter vermeld dat de $PR10^{-06}$ contour niet over de bestemming 'specifiek vorm van recreatie – 2' mag liggen. Er is een overschrijding van 2 meter. Om dit te voorkomen kan de werpafstand bij nominaal toerental worden verkleind door: ashoogteverlaging, aanpassing zwaartepunt blad of sector management van het toerental.
- Bedrijf - 3, Bedrijf – 2, en Bedrijf – 1;
  - Op deze bestemmingen mogen allerlei vormen van bedrijfsvormingen worden gerealiseerd zoals containerhavens, chemische industrie of scheepvaartactiviteiten. Deze bestemmingen zijn enkel aanwezig binnen de $PR10^{-06}$ contour en niet binnen de $PR10^{-05}$ contour van beide opstellingsalternatieven. Voor de oppervlaktes die zijn gelegen binnen de $PR10^{-06}$ contour betekent dit een beperking voor het bouwen van kwetsbare objecten. Gezien de bestemming bedrijf is de komst van kwetsbare objecten binnen deze kleine overlapzones niet waarschijnlijk maar het totale effect op de uitgeefbaarheid van deze percelen kan afgewogen worden door het Havenbedrijf Rotterdam. Binnen de overlapzone wordt alleen voldaan aan het Activiteitenbesluit Milieubeheer als de komst van ‘bedrijfsgebonden kantoren’ groter dan 1.500 m^2 én gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn worden voorkomen.

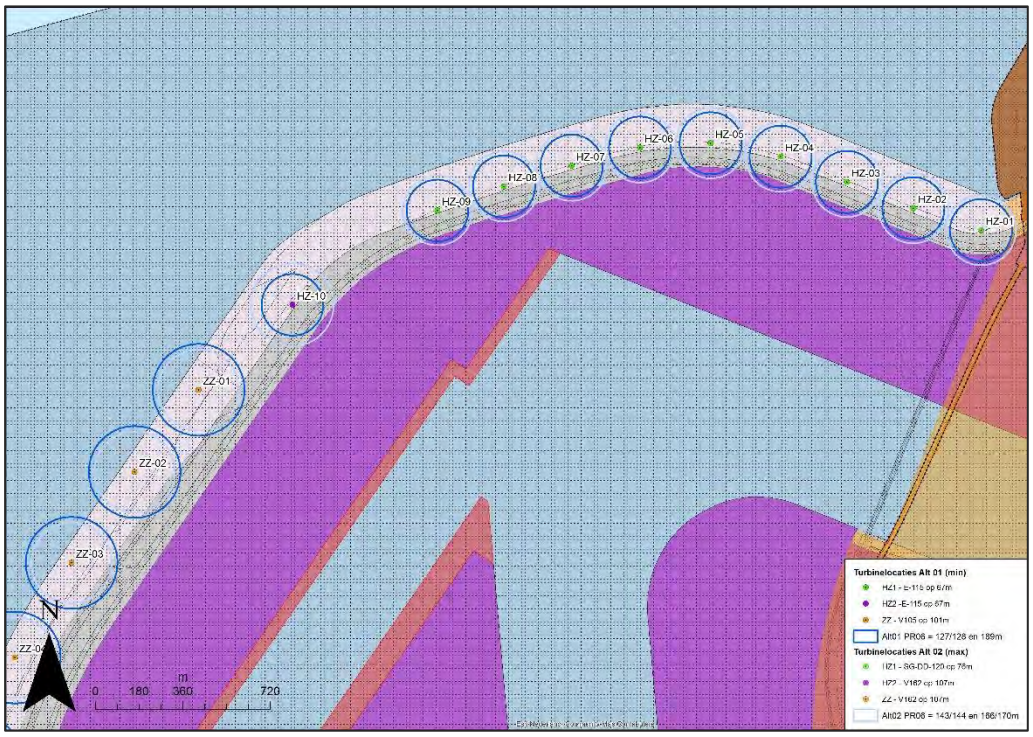
Voor de dubbelbestemmingen of relevante aanduidingen in het bestemmingsplan geldt dat er geen aanduidingen of dubbelbestemmingen zijn geïdentificeerd die de bouw van beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten mogelijk maakt. De windturbines veroorzaken door hun komst geen additionele belemmering voor objecten. Ten behoeve van duidelijkheid en helderheid verdient het aanbeveling om bij het ruimtelijk mogelijk maken van de windturbines een zone

[3] Bestemmingen geraadpleegd in: Bestemmingsplan Buitengebied herziening 2016 vastgesteld op 2019-06-26

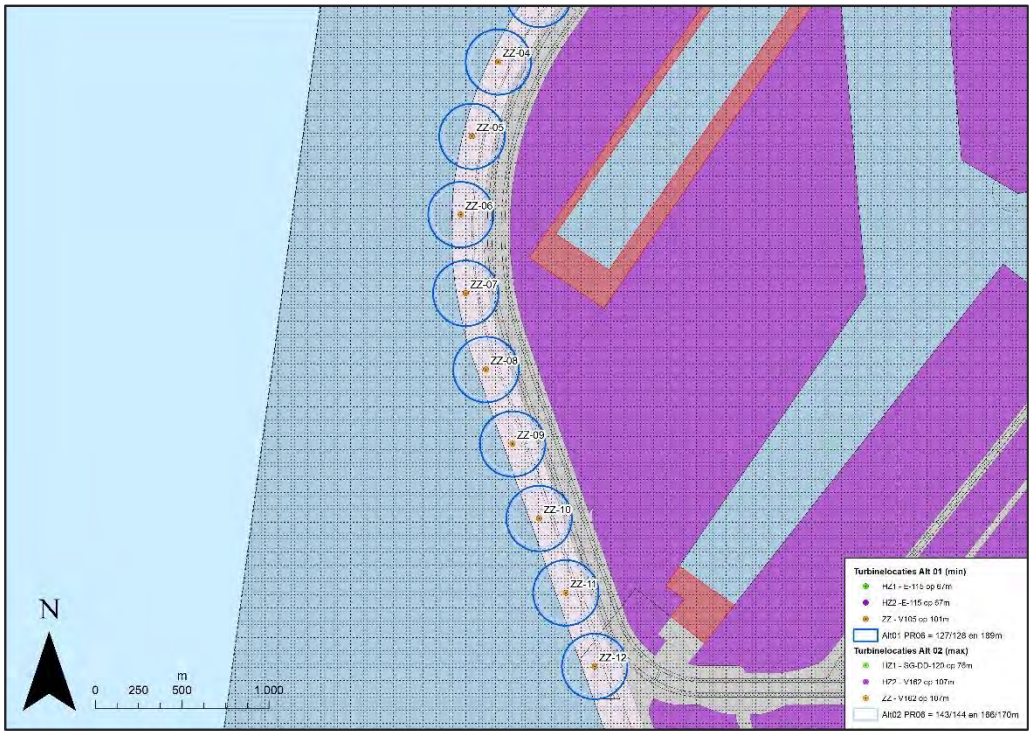
rond de windturbines op te nemen waarin de ontwikkeling van beperkt kwetsbare objecten wordt uitgesloten met een maximale maat gelijk aan de $PR10^{-05}$ contour.

Bij de inwerkingtreding van de omgevingswet dient ook rekening te worden gehouden met de definities voor Beperkt kwetsbare gebouwen, Beperkt kwetsbare locaties, Kwetsbare gebouwen, Kwetsbare locaties en Zeer kwetsbare gebouwen uit bijlage VI het Besluit kwaliteit leefomgeving. De huidige bestemmingen geven geen aanleiding om een verandering van de analyse te verwachten.

Figuur 2.5 Weergave geldend bestemmingsplan t.o.v. maximale ligging PR-contouren



Figuur 2.6 Weergave geldend bestemmingsplan t.o.v. maximale ligging PR-contouren



3 WEGEN

3.1 Rijkswegen

Het HRW stelt dat Rijkswaterstaat een vergunning afgeeft indien windturbines worden geplaatst op, in of over rijkswaterstaatwerken. Voor het verlenen van de vergunning hanteert Rijkswaterstaat een afstandseis van ten minste 30 meter of een halve rotordiameter. Ook dient bij plaatsing binnen een afstand van de werpafstand bij nominaal toerental bij rijkswegen het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) te worden berekend.

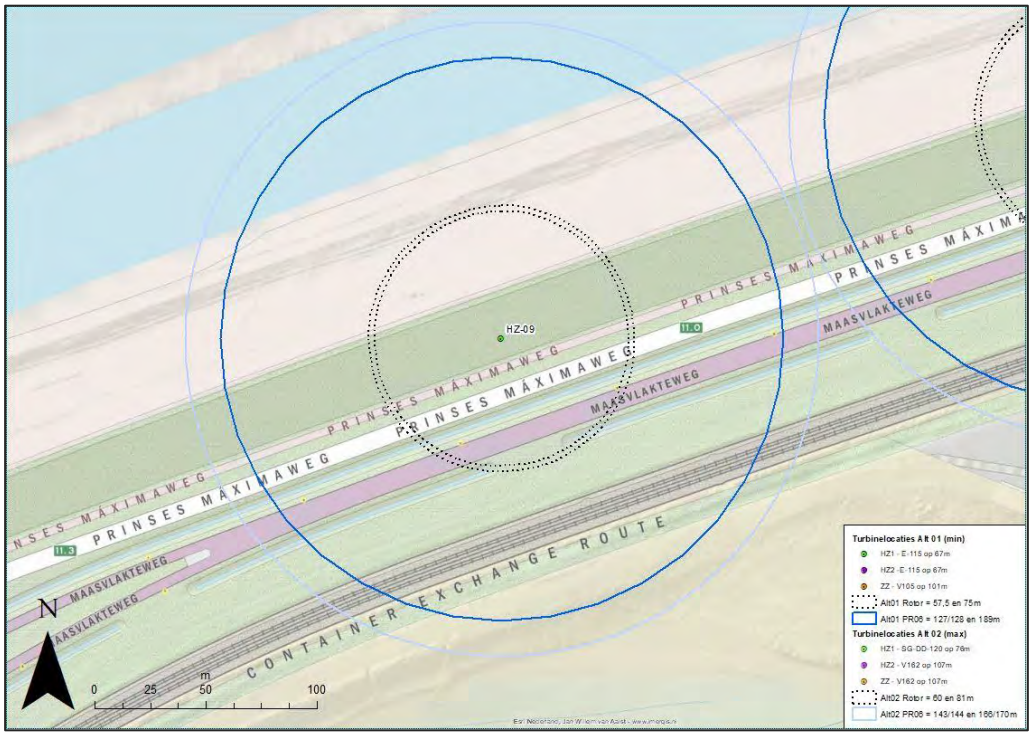
Parallel langs het toekomstige windpark loopt de Maasvlakteweg als doorlopende verkeersader als ontsluiting van de Maasvlakte II met daarnaast de parallelweg genaamd de Pr. Maximaweg voor lokaal verkeer. Beide wegen zijn geen rijkswegen waardoor het beleid van Rijkswaterstaat niet van toepassing is.

Om inzicht te verlenen in de risico's voor passanten over deze twee wegen wordt het IPR en het MR van de dichtstbijzijnde windturbine doorgerekend. Tevens wordt gekeken naar de trefkans van een transport met gevaarlijke stoffen in vergelijking met de ongevalsfrequentie van een transport over de weg.

3.1.1 Alternatief 1 (minimaal)

Windturbine HZ-09 bevindt zich op 20 meter vanaf de Pr. Maximaweg en op 39 meter vanaf de Maasvlakteweg.

Figuur 3.1 Weergave Windturbine HZ-09 i.r.t. tot wegen en spoorbaan



Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de Handleiding risicoberekeningen windturbines gebruikt voor een onbeschermd persoon.

Tabel 3.1 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	20 en 39	[m]
Lengte van voertuig (lo)	12	[m]
Remweg van voertuig	100	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	80	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	22,2	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	250 en 238	[m]
Aantal passages max individu	500	[#/jaar]
Personen per voertuig	1,6	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[4]	1.983.000	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	1	[Tijdseenheid/jaar]

[4] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte voor een werkdag met een intensiteit van 6.000 vte/etmaal met 250 werkdagen en 115 weekenddagen met 70% intensiteit.

Aantal persoonpassages totaal	3.172.800	[#/jaar]
Ashoogte	67*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	57,5	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	4,9 E-08 en 2,3 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (75 meter)

De trefkans voor een onbeschermde passant bedraagt 4,5 x 10^{-12} en 2,1 x 10^{-12} per passage. Dit leidt tot een IPR van 2,2 x 10^{-09} en 1,1 x 10^{-09}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 1,4 x 10^{-05} en 6,7 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 20 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 4,9 x 10^{-08} en het MR 3,1 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat.

De jaarlijkse voertuigpassages op de weg zou moeten toenemen tot meer dan 12 miljoen voertuigpassages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

3.1.2 Alternatief 2 (maximaal)

Windturbine HZ-09 bevindt zich op 20 meter vanaf de Pr. Maximaweg en op 39 meter vanaf de Maasvlakteweg (zie Figuur 3.1)

Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de Handleiding risicoberekeningen windturbines gebruikt voor een onbeschermd persoon.

Tabel 3.2 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	20 en 39	[m]
Lengte van voertuig (lo)	12	[m]
Remweg van voertuig	100	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	80	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	22,2	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	283 en 275	[m]
Aantal passages max individu	500	[#/jaar]
Personen per voertuig	1,6	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[5]	1.983.000	[#/tijdseenheid]

[5] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte voor een werkdag met een intensiteit van 6.000 vte/etmaal met 250 werkdagen en 115 weekenddagen met 70% intensiteit.

Aantal tijdseenheden per jaar	1	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonpassages totaal	3.172.800	[#/jaar]
Ashoogte	76*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	60	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	4,9 E-08 en 2,2 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (84 meter)

De trefkans voor een onbeschermde passant bedraagt 5,4 x 10^{-12} en 2.5 x 10^{-12} en per passage. Dit leidt tot een IPR van 2,7 x 10^{-09} en 1,2 x 10^{-09}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 1,7 x 10^{-05} en 7,8 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 20 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 6,0 x 10^{-08} en het MR 3,8 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat.

De jaarlijkse voertuigpassages op de weg zou moeten toenemen tot meer dan 10 miljoen voertuigpassages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

3.1.3 Gevaarlijke wegtransporten alternatief 1

De Maasvlakteweg wordt ook gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de aanwezigheid van een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.1 maar dan van een voertuig in de plaats van een onbeschermd persoon blijkt dat het risico van de windturbine voor een vrachtwagen per passage van 1,7 x 10^{-10} bedraagt over een weglengte van 250 meter. Conform de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2 is de huidige ongevalsfrequentie van een tankwagen onder druk op een weg buiten de bebouwde kom gelijk aan 1,2 x 10^{-08} per kilometer. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +5,2% bedraagt op 20 meter afstand. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het aanwezige intrinsieke risico van het rijden met gevaarlijke transporten. De gevaarlijke transporten zullen zich echter grotendeels bevinden op de Maasvlakteweg en niet op de op 20 meter afstand gelegen Pr. Maximaweg. Het additionele risico voor een gevaarlijk transport op de Maasvlakteweg op minimaal 39 meter afstand is +3,5%.

Omgerekend naar een kilometer wegtracé waarbij maximaal vier windturbines tegelijk een risico kunnen veroorzaken is het toegevoegde risico +5,2% en +3,3% per kilometer. De toegevoegde risico's zijn zodanig klein vergeleken met de risico's behorende bij het rijden op de weg dat er geen nieuwe risicoanalyse van de transporten op de snelweg hoeft plaats te vinden.

3.1.4 Gevaarlijke wegtransporten alternatief 2

De Maasvlakteweg wordt tevens gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de

aanwezigheid van een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.1 maar dan van een voertuig in de plaats van een onbeschermd persoon blijkt dat het risico van de windturbine voor een vrachtwagen per passage circa 1,7 x 10^{-10} bedraagt over een weglengte van 283 meter. Conform de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2 is de huidige ongevalsfrequentie van een tankwagen onder druk op een weg buiten de bebouwde kom gelijk aan 1,2 x 10^{-08} per kilometer. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +5,1% bedraagt op 20 meter afstand. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het aanwezige intrinsieke risico van het rijden met gevaarlijke stoffen. De gevaarlijke transporten zullen zich echter grotendeels bevinden op de Maasvlakteweg en niet op de op 20 meter afstand gelegen Pr. Maximaweg. Het additionele risico voor een gevaarlijk transport op de Maasvlakteweg op minimaal 39 meter afstand is +3,2%.

Omgerekend naar een kilometer wegtracé waarbij maximaal vier windturbines een risico kunnen veroorzaken is het toegevoegde risico +5,7% en +3,5% per kilometer. De toegevoegde risico's zijn zodanig klein vergeleken met de risico's behorende bij het rijden op de weg dat er geen nieuwe risicoanalyse van de transporten op de snelweg hoeft plaats te vinden.

3.2 Waterwegen

Ook voor waterwegen geldt dat er enkel algemene beleidsregels beschikbaar zijn voor rijkswaterwegen. Voor overige waterwegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing. Conform het bestemmingsplan voor de Tweede Maasvlakte zijn de eerste waterdelen waar actief gevaren mag worden gelegen op minimaal 417 meter afstand gelegen bij windturbine ZZ-07 en op 315 meter van windturbine HZ-08. De waterwegen van de haven kunnen daarmee alleen geraakt worden door het faalscenario bladworp bij overtoeren. De faalfrequentie van het faalscenario bladworp bij overtoeren is 5 x 10^{-06}. De kans op treffen van de waterwegen aan de havenkant op deze afstanden in combinatie met de verblijftijd van een vaartuig direct langs de verwachte locatie van de kade is zodanig klein dat er geen sprake is van een significant risico bij beide opstellingsalternatieven. Aan de zeekant van de waterkering wordt op de betrokken afstanden geen significante aanwezigheid van schepen verwacht op korte afstanden van het strand.

3.3 Spoorwegen / Container exchange route

Parallel aan de windturbineopstelling ligt een transportbaan genaamd de Container Exchange Route die in gebruik is als ontsluiting van de achterliggende haventerreinen van de Maasvlakte. De transportbaan is niet in gebruik voor personentransport maar wordt gebruikt voor de ontsluiting van containers uit de Maasvlakte II. Windturbine HZ-09 op 84 meter bevindt zich het dichtst bij deze transportbaan en wordt gebruikt om het maximale risico te bepalen (zie Figuur 3.1). Om de risico's te bepalen wordt het IPR en het MR gebruikt om de situatie te beoordelen. De situatie is vergelijkbaar met een afgesloten spoorbaan voor goederentreinen en deze situatie wordt gebruikt om het risico inzichtelijk te maken. Ook wordt het additioneel risico op gevaarlijk transporten op de transportbaan bepaald.

3.3.1 Alternatief 1 – Minimaal

Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de handleiding risicoberekening windturbines gebruikt voor een gehele trein van 40 containers achter één containertrekker.

Tabel 3.3 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	84	[m]
Lengte van voertuig (lo)	200	[m]
Remweg van voertuig	300	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	60	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	16,7	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	186	[m]
Aantal passages max individu	250	[#/jaar]
Personen per voertuig	4	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[6]	40	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	365	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonpassages totaal	58.400	[#/jaar]
Ashoogte	67*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	57,5	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	1,1 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (75 meter)

De trefkans voor een gehele trein van containers bedraagt 1,6 x 10^{-10} per passage. Dit leidt tot een IPR van 3,9 x 10^{-08}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar voor een onbeschermd persoon. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 9,1 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 84 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 8,6 x 10^{-07} en het MR 2 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstellingen van Rijkswaterstaat.

De jaarlijkse hoeveelheid passages van volledige treinen op de transportbaan zou moeten toenemen tot meer dan 140.000 passages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen.

[6] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte op het spoor van 14.600 goederentreinen per jaar.

3.3.2 Alternatief 2 – Maximaal

Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de handleiding risicoberekening windturbines gebruikt voor de gehele trein.

Tabel 3.4 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	84	[m]
Lengte van voertuig (lo)	200	[m]
Remweg van voertuig	300	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	60	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	16,7	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	225	[m]
Aantal passages max individu	250	[#/jaar]
Personen per voertuig	4	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[7]	40	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	365	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonpassages totaal	58.400	[#/jaar]
Ashoogte	76*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	60	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	1,1 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (84 meter)

De trefkans voor een gehele containertrein bedraagt 1,6 x 10^{-10} per passage. Dit leidt tot een IPR van 3,9 x 10^{-08}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar voor een onbeschermd persoon. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 9,1 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 84 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 8,6 x 10^{-07} en het MR 2 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstellingen van Rijkswaterstaat.

De jaarlijkse passages van een containertrein met 40 containers zou moeten toenemen tot meer dan 140.000 passages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

3.3.3 Gevaarlijke spoortransporten

De spoorbaan wordt ook gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de aanwezigheid van

[7] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte op het spoor van 14.600 goederentreinen per jaar.

een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.3.1 en 3.3.2 maar dan van een voertuig in de plaats van een onbeschermd persoon blijkt dat het risico van de windturbine voor een gehele spoortrein per passage van $1,6 \times 10^{-10}$ bedraagt over een weglengte van 186 en 225 meter. Voor de bepaling van de ongevalsfrequentie wordt ervan uitgegaan dat de betrokken spoorlijn qua veiligheid nagenoeg gelijk is aan de ongevalsfrequentie van de Havenspoorlijn uit de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2: $1,66 \times 10^{-08}$ per kilometer. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +5,0% bedraagt voor alternatief 01 en +4,2% voor alternatief 02. De trefkansen van vier windturbines samen over een tracélengte van 1 kilometer bedraagt in beide gevallen +3,7%. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het reeds aanwezige risico van het rijden met gevaarlijke spoortransporten.

4 RISICOVOLLE INRICHTINGEN EN INSTALLATIES

Bestaande risicovolle inrichtingen in de omgeving van het windpark kunnen een verhoogde kans op schade ondervinden als gevolg van de plaatsing van de windturbines. Hierbij kan worden gekeken naar zowel de huidige aanwezige risicovolle inrichtingen in de omgeving als naar de plaatsing van fictieve risicovolle inrichtingen op de toekomstige bedrijventerreinen behorende bij de havenactiviteiten van de Tweede Maasvlakte.

De risico's van inrichtingen of installaties met gevaarlijke stoffen is geregeld in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Bij een nieuwe of te wijzigen risicovolle inrichting moet de risicoverhogende werking van bestaande windturbines worden meegenomen in de QRA (Handleiding risicoberekeningen Bevi). Conform het Bevi wordt onder andere getoetst of de risicovolle inrichting voldoet aan de normen voor het PR en wordt het GR verantwoord.

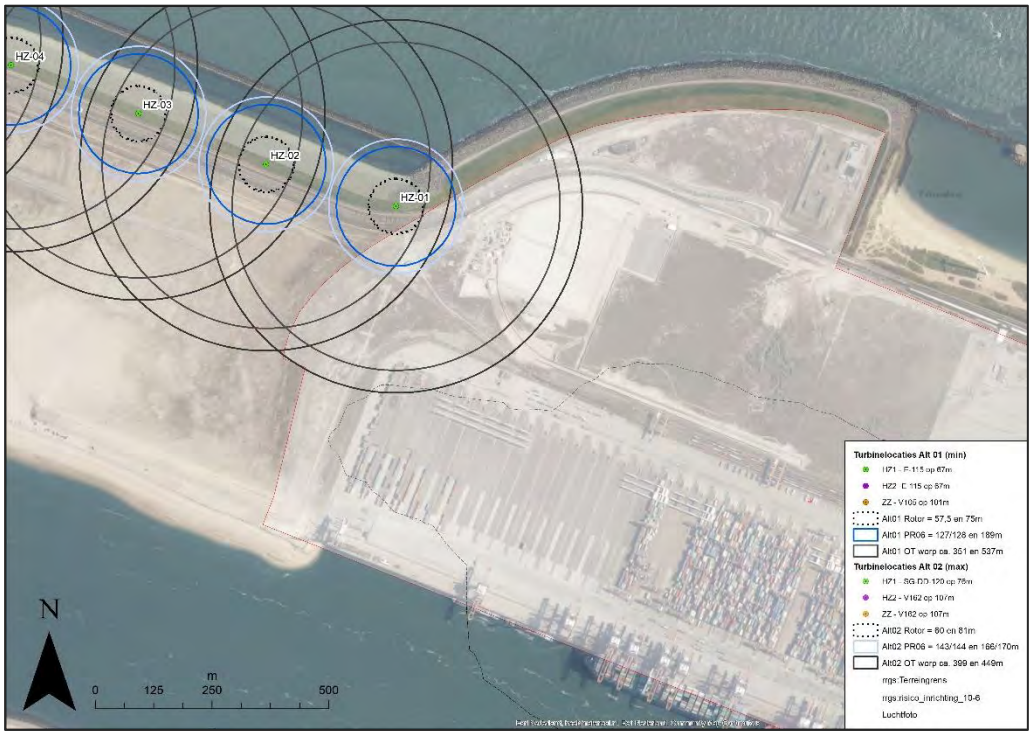
Een windturbine zelf is geen risicovolle inrichting en de toetsing van de toelaatbaarheid van nieuwe windturbines in de buurt van een bestaande risicovolle inrichting is in het Bevi niet geregeld. Een goede ruimtelijke ordening (Wro) houdt wel in dat met risicoverhoging rekening wordt gehouden. Om deze reden wordt in onderstaande paragraaf onderzocht of er bestaande risicovolle inrichtingen in de nabijheid zijn die een significant risico kunnen ondervinden.

In paragraaf 4.2 wordt een doorkijk gegeven naar mogelijke invloeden op eventuele toekomstige risicovolle installaties op bedrijventerrein van de Maasvlakte II.

4.1 Bestaande risicovolle inrichtingen

Aan de zuidoostkant van windturbine HZ-01 is een containerhaven van Euromax Terminal C.V. aanwezig waar conform de gegevens op de risicokaart.nl sprake is van een Bevi inrichtingen voor de overslag van containers inclusief containers met gevaarlijke stoffen. De risicocontour op de kaart is ingegeven vanuit de gemaakte QRA voor Euromax Terminal. Hieraan is te zien dat de oorsprong van de risico contouren zich concentreert rond het bebouwde en verharde gedeelte van de Euromax Terminal. Om de mogelijke trefrisico's op containers op deze delen inzichtelijk te maken wordt een trefkansanalyse uitgevoerd op een enkele (40 feet) container op de rand van het verharde terrein waar containers kunnen staan.

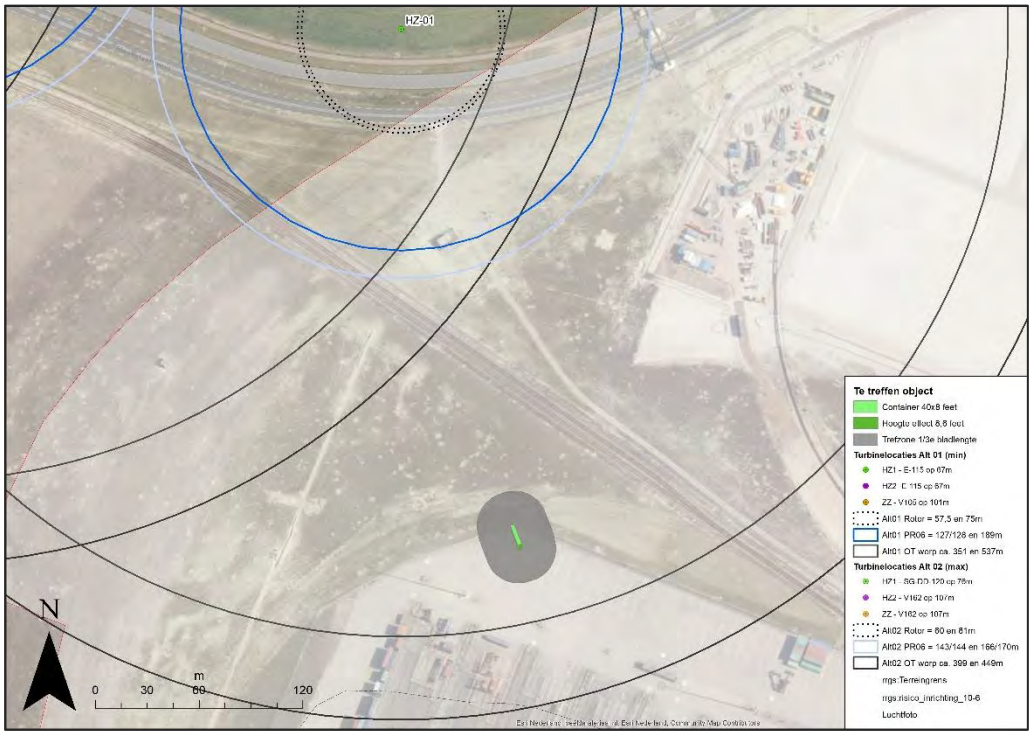
Figuur 4.1 Weergave maximale effectafstanden windturbines in relatie tot risicocontouren Euromax Terminal



4.1.1 Alternatief 01

De maximale werpafstand bij overtoeren voor alternatief 01 bedraagt 350 meter. Er is een fictieve container geplaatst op een afstand van 293 meter met een lengte van 40 feet, een breedte van 8 feet en een hoogte van 8,6 feet wat als extra oppervlakte is toegevoegd aan het oppervlakte van de container als raakzone. Om dit totale oppervlakte heen is een zone van 1/3^{e} van een halve rotordiameter als raakzone getrokken om de maximale trefkans te berekenen. Dit is qua risico overeenkomstig met de berekeningen uit paragraaf 3.3.4.2 van de Handleiding risicoberekeningen.

Figuur 4.2 Locatie fictieve container op rand terrein



De raakzone ligt daarmee tussen de 274 en de 327 meter. De kans op een werpafstand tussen deze afstanden bedraagt volgens het bladworpmodel zonder luchtkrachten 12,5%. Hiervoor dient het blad geworpen te worden binnen een werphoek van 9 graden met een kans van 2,5% bij een uniform verdeelde worprichting. De kans op het faalscenario bladworp bij overtoeren is $5{,}0 \times 10^{-06}$ waardoor de totale trefkans van een fictieve container op rand van dit terrein $1{,}6 \times 10^{-08}$ bedraagt.

Omdat hier wordt uitgegaan van een fictieve container met onbekende stoffen en eigenschappen is niet bekend welke intrinsieke faalfrequentie van de container zelf van toepassing is. Om toch inzicht te verschaffen is uitgegaan van een initiële faalfrequentie van container van $1\text{x}10^{-06}$ per jaar. Dit is vergelijkbaar met een Tankauto onder druk van instantaan falen van $5\text{x}10^{-07}$ + Continue uitstroming van $5\text{x}10^{-07}$. Samen is dit $1\text{x}10^{-06}$ per jaar. Dit is ook een goede faalfrequentie voor de faalfrequentie van catastrofaal falen door intrinsieke oorzaken van een tankcontainer zonder uitwendige oorzaken.

Dit betekent dat de aanwezigheid van de windturbine een maximale risicotoevoeging van +1,6% toevoegt aan een intrinsieke faalfrequentie van $1\text{x}10^{-06}$ als gevolg van een container op deze locatie. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het reeds aanwezige risico van het plaatsen van een container met gevaarlijke stoffen op deze locaties.

4.1.2 Alternatief 02

De maximale werpafstand bij overtoeren voor alternatief 02 bedraagt 539 meter. Er is een fictieve container geplaatst op een afstand van 293 meter met een lengte van 40 feet, een breedte van 8 feet en een hoogte van 8,6 feet wat als extra oppervlakte is toegevoegd aan het oppervlakte van de container als raakzone. Om dit totale oppervlakte heen is een zone van 1/3^{e} van een halve rotordiameter als raakzone getrokken om de maximale trefkans te berekenen. Dit is qua risico overeenkomstig met de berekeningen uit paragraaf 3.3.4.2 van de Handleiding risicoberekeningen.

De raakzone ligt daarmee tussen de 273 en de 329 meter. De kans op een werpafstand tussen deze afstanden bedraagt conform het bladworpmodel zonder luchtkrachten 9,1%. Hiervoor dient het blad geworpen te worden binnen een werphoek van 9 graden met een kans van 2,5% bij een uniform verdeelde worprichting. De kans op het faalscenario bladworp bij overtoeren is 5,0 x 10^{-06} waardoor de totale trefkans van een fictieve container op rand van dit terrein 1,1 x 10^{-08} bedraagt.

Omdat hier wordt uitgegaan van een fictieve container met onbekende stoffen en eigenschappen is niet bekend welke intrinsieke faalfrequentie van de container zelf van toepassing is. Om toch inzicht te verschaffen is uitgegaan van een initiële faalfrequentie van container van 1x10^{-06} per jaar. Dit is vergelijkbaar met een Tankauto onder druk van instantaan falen van 5x10^{-07} + Continue uitstroming van 5x10^{-07}. Samen is dit 1x10^{-06} per jaar. Dit is ook een goede faalfrequentie voor de faalfrequentie van catastrofaal falen door intrinsieke oorzaken van een tankcontainer zonder uitwendige oorzaken.

Dit betekent dat de aanwezigheid van de windturbine een maximale risicotoevoeging van +1,1% toevoegt aan een intrinsieke faalfrequentie van 1x10^{-06} als gevolg van een container op deze locatie. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het reeds aanwezige risico van het plaatsen van een container met gevaarlijke stoffen op deze locaties.

4.2 Toekomstige risicovolle installaties of inrichtingen

Binnen de maximale effectafstand van de windturbines kunnen risicovolle installaties een verhoogd risico ondervinden door de aanwezigheid van de windturbines. Om inzicht te verlenen in wat voor soort installaties een trefkans kleiner dan 10% ervaren wordt voor een locatie binnen de effectafstanden aangegeven hoe groot een object maximaal mag zijn om een trefkans van minder dan 10^{-07} te ervaren. Voor een installatie binnen de werpafstand bij nominaal toerental geldt dat het trefrisico uitgaande van treffen = 100% kans op schade altijd hoger is dan 10^{-06}. Voor deze zones geldt dat er bij de realisaties van risicovolle installaties altijd rekening dient te worden gehouden met de risicotoevoeging van de windturbines. Het ligt dan aan de mate van het gevolgeffect of de totale situatie inclusief de risicotoevoeging van de windturbines acceptabel kan zijn.

Voor een locatie buiten de bladworp bij nominaal toerental afstand speelt enkel het risico van het faalscenario bladworp bij overtoeren.

4.2.1 Alternatief 01

Voor alternatief 01 geldt dat een trefkans van maximaal $1x10^{-07}$ binnen de zone van werpafstand bij overtoeren wordt behaald bij plaatsing van een ronde installatie met een raakoppervlakte van ca. 4.250 m^2. Dit is bijvoorbeeld gelijk aan een rond opslagvat van één meter hoogte met een diameter van 73 meter. Installaties die een groter raakoppervlakte hebben (ook inclusief hoogte effecten) kunnen mogelijk een groter trefrisico dan $1x10^{-07}$ ervaren waarmee hun eventuele risicocontour significant (>10%) kan vergroten door de aanwezigheid van een windturbine. Installaties met een kleiner raakoppervlak dan 4.250 m^2 zullen naar verwachting een trefrisico ondervinden wat kleiner is dan 10% van een eventueel instrinsieke faalfrequentie van $1x10^{-06}$ waarmee hun risico voor de omgeving niet significant verandert als gevolg van de aanwezigheid van een windturbine.

Wanneer bekend wordt welke installaties gebouwd gaan worden kan specifiek aan de hand van de te bouwen risicovolle installatie worden gekeken wat de trefkans is en in hoeverre die invloed heeft op de risicocontouren van de te plaatsen installatie. Het is dan goed om bij plaatsing ook rekening er mee te houden dat de windturbines uitgevoerd worden met veiligheidssystemen met individueel pitchende bladen waarmee het faalscenario van bladworp bij overtoeren bij een toerental van twee maal het nominale toerental niet meer waarschijnlijk wordt geacht.

4.2.2 Alternatief 02

Voor alternatief 02 geldt dat een trefkans van maximaal $1x10^{-07}$ binnen de zone van werpafstand bij overtoeren wordt behaald bij plaatsing van een ronde installatie met een raakoppervlakte van ca. 5.000 m^2. Dit is bijvoorbeeld gelijk aan een rond opslagvat van één meter hoogte met een diameter van 80 meter. Installaties die een groter raakoppervlakte hebben (ook inclusief hoogte effecten) kunnen mogelijk een groter trefrisico dan $1x10^{-07}$ ervaren waarmee hun eventuele risicocontour significant (>10%) kan vergroten door de aanwezigheid van een windturbine. Installaties met een kleiner raakoppervlak dan 5.000 m^2 zullen naar verwachting een trefrisico ondervinden wat kleiner is dan 10% van een eventueel instrinsieke faalfrequentie van $1x10^{-06}$ waarmee hun risico voor de omgeving niet significant verandert als gevolg van de aanwezigheid van een windturbine.

Wanneer bekend wordt welke installaties gebouwd gaan worden kan specifiek aan de hand van de te bouwen risicovolle installatie worden gekeken wat de trefkans is en in hoeverre die invloed heeft op de risicocontouren van de te plaatsen installatie. Het is dan goed om bij plaatsing ook rekening er mee te houden dat de windturbines uitgevoerd worden met veiligheidssystemen met individueel pitchende bladen waarmee het faalscenario van bladworp bij overtoeren bij een toerental van twee maal het nominale toerental niet meer waarschijnlijk wordt geacht.

5 ONDERGRONDSE BUISLEIDINGEN EN BOVENGRONDSE GASNETWERK

Binnen de identificatieafstand van de twee opstellingsalternatieven zijn de volgende te beoordelen objecten zijn aanwezig:

- Buisleiding A-624 van KR-004 tot KR-006-2 nabij windturbine HZ-01;
- Buisleiding A-624-10 van KR-004 tot KR-008 nabij windturbine HZ-01;
- Toekomstige aanwezigheid Porthos CO_2 - buisleiding met ondergrondse tracé en installatie voor drukregeling offshore buisleiding nabij windturbine HZ-01.

5.1 Buisleiding A-624-10

Om te analyseren of buisleiding A-624-10 schade kan ondervinden door vallende windturbineonderdelen worden de rekenformules uit hoofdstuk 6 van de handleiding risicoberekeningen windturbines gebruikt om de kritische afstanden van de verschillende windturbineonderdelen in relatie tot de buisleiding te berekenen. De eigenschappen en ligging van de buisleiding zijn aangeleverd door de Gasunie om een inschatting van de risico's te kunnen maken.

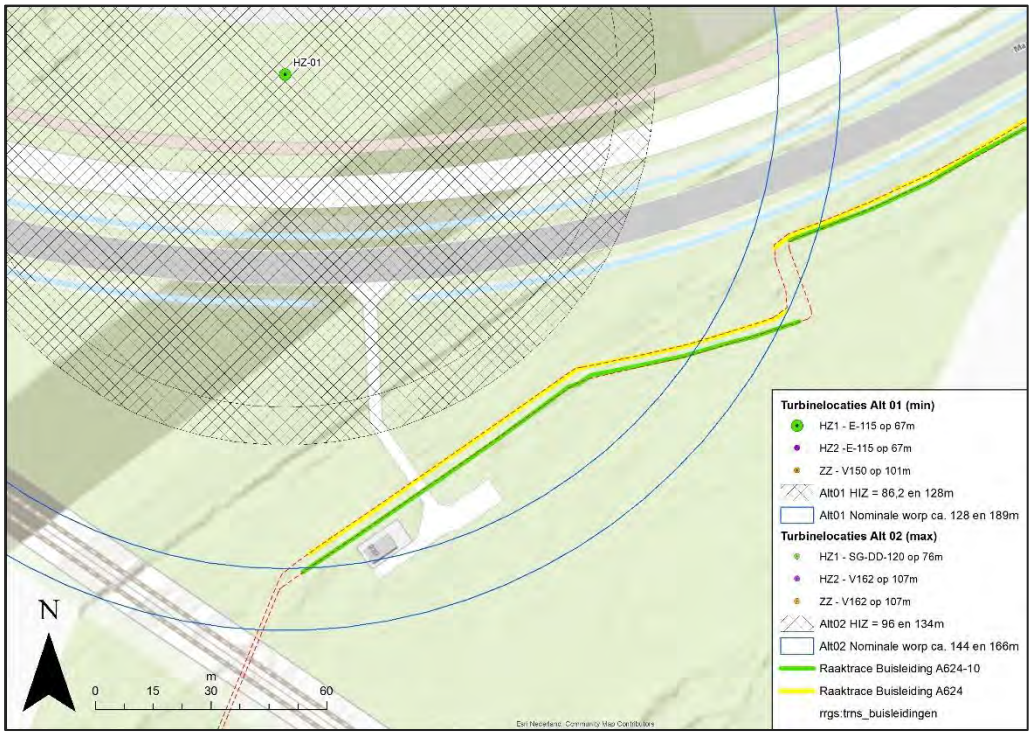
Tabel 5.1 Eigenschappen buisleiding Gasunie A-624-10

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Staalsoort	X60	-
SMYS Staalsoort	$4{,}15 \times 10^{08}$	Pa
Maximale werkdruk leiding	79,9	BAR
Wanddikte leiding	7,1	mm
Minimale dekkingshoogte	1,1*	meter

* er zijn enkele delen van de buisleiding waar de dekkingshoogte aanzienlijk groter is. Hier wordt bij de bepaling van de trefkansen rekening mee gehouden

De buisleiding ligt op een afstand van circa 108 meter vanaf de windturbine. Dit betekent dat de buisleiding ligt buiten de zogenoemde HIZ-afstand en buiten de gondelfaal afstand van beide opstellingsalternatieven. Deze afstand geeft de maximale afstand weer tot waarop het faalscenario mastfalen een risico kan veroorzaken aan buisleiding en is gelijk aan de ashoogte + 1/3^{e} bladlengte. Dit betekent dat enkel de faalscenario's bladworp bij nominaal toerental en bladworp bij overtoeren een risico kunnen veroorzaken aan de buisleiding bij beide opstellingsalternatieven. De Gasunie geeft in het handboek risicozonering windturbines en in de documentatie van hun eigen beleid aan dat de risico's van het faalscenario bladworp bij overtoeren door de kleine kans op voorkomen van dit faalscenario als verwaarloosbaar klein mogen worden gezien. In onderstaande paragrafen wordt het trefrisico van het faalscenario bladworp bij nominaal toerental uitgerekend.

Figuur 5.1 Ligging buisleidingen A-624 en A-624-10 bij HZ-01 en tracés met kans op schade



5.1.1 Alternatief 01

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental voor alternatief 01 bij windturbine HZ-01 bedraagt 128 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,1 meter dekkingshoogte op een afstand van minimaal 108 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.230 en Y: 444.770 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.358 en Y: 444835 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

Tabel 5.2 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 01

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	Enercon E-115	-
Rotordiameter	115	meter
Masthoogte	67*	meter
Nominaal toerental	13,1	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	19,17	meter (1/6^{e} rotordiameter)
Gewicht rotorblad	17	ton (expert judgement)

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 77 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,10 meter is 1,9 meter. Bij een gronddekking van meer dan 2,2 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.
De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 2,2 meter ligt is 5,5 x 10^{-06} over een tracé lengte van 114 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 4,9 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

5.1.2 Alternatief 02

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental voor alternatief 02 bij windturbine HZ-01 bedraagt 144 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,1 meter dekkingshoogte op een afstand van minimaal 108 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.230 en Y: 444.770 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.358 en Y: 444835 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

Tabel 5.3 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 02

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	SG-DD-120	-
Rotordiameter	120	meter
Masthoogte	76*	meter
Nominaal toerental	13,4	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	20	meter (1/6e rotordiameter)
Gewicht rotorblad	15	ton

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 86 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,10 meter is 1,9 meter. Bij een gronddekking van meer dan 2,1 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.

De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 2,1 meter ligt is 4,0 x 10^{-06} over een tracé lengte van 141 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 2,8 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

5.2 Buisleiding A-624

Om te analyseren of buisleiding A-624 schade kan ondervinden door vallende windturbineonderdelen worden de rekenformules uit hoofdstuk 6 van de handleiding risicoberekeningen windturbines gebruikt om de kritische afstanden van de verschillende windturbineonderdelen in relatie tot de buisleiding te berekenen. De eigenschappen en ligging van de buisleiding zijn aangeleverd door de Gasunie om een inschatting van de risico's te kunnen maken.

Tabel 5.4 Eigenschappen buisleiding Gasunie A-624-10

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Staalsoort	L480MB	-
SMYS Staalsoort	4,8 x 10^{08}	Pa
Maximale werkdruk leiding	79,9	BAR
Wanddikte leiding	17,1	mm
Minimale dekkingshoogte	1,,04*	meter

* er zijn enkele delen van de buisleiding waar de dekkingshoogte aanzienlijk groter is. Hier wordt bij de bepaling van de trefkansen rekening mee gehouden

De buisleiding ligt op een afstand van 105,7 meter vanaf de windturbine. Dit betekent dat de buisleiding ligt buiten de zogenoemde HIZ-afstand van beide opstellingsalternatieven. Deze afstand geeft de maximale afstand weer tot waarop het faalscenario mastfalen een risico kan veroorzaken aan buisleiding en is gelijk aan de ashoogte + 1/3^{e} bladlengte. Dit betekent dat enkel de faalscenario's bladworp bij nominaal toerental en bladworp bij overtoeren een risico kunnen veroorzaken aan de buisleiding bij beide opstellingsalternatieven. De Gasunie geeft in het handboek risicozonering windturbines en in de documentatie van hun eigen beleid aan dat de risico's van het faalscenario bladworp bij overtoeren door de kleine kans op voorkomen van dit faalscenario als verwaarloosbaar klein mogen worden gezien. In onderstaande paragrafen wordt het trefrisico van het faalscenario bladworp bij nominaal toerental uitgerekend.

5.2.1 Alternatief 01

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental voor alternatief 01 bij windturbine HZ-01 bedraagt 128 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,04 meter

dekkingshoogte op een afstand van minimaal 105,7 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.231 en Y: 444.774 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.355 en Y: 444837 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

Tabel 5.5 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 01

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	Enercon E-115	-
Rotordiameter	115	meter
Masthoogte	67*	meter
Nominaal toerental	13,1	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	19,17	meter (1/6e rotordiameter)
Gewicht rotorblad	17	ton (expert judgement)

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 77 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,04 meter is 1,5 meter. Bij een gronddekking van meer dan 1,8 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.
De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 1,8 meter ligt is 4,3 x 10^{-06} over een tracé lengte van 116 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 3,7 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

5.2.2 Alternatief 02

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental voor alternatief 02 bij windturbine HZ-01 bedraagt 144 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,1 meter dekkingshoogte op een afstand van minimaal 108 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.230 en Y: 444.770 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.358 en Y: 444835 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

Tabel 5.6 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 02

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	SG-DD-120	-
Rotordiameter	120	meter
Masthoogte	76*	meter
Nominaal toerental	13,4	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	20	meter (1/6e rotordiameter)
Gewicht rotorblad	15	ton

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 86 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,04 meter is 1,8 meter. Bij een gronddekking van meer dan 1,8 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.
De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 1,8 meter ligt is 3,5 x 10^{-06} over een tracé lengte van 141 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 2,5 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

5.3 Beoordeling ruimtelijke gevolgen schade aan buisleidingen

Het additionele risico als gevolg van de trefkans van een windturbine kan zorgen voor een vergroting van de risico contouren. De buisleidingen zouden niet langer aan het Besluit externe veiligheid Buisleidingen kunnen voldoen indien door de vergroting van de PR-contouren kwetsbare objecten binnen de PR10-06 komen te liggen, tevens kan er sprake zijn van de overschrijding van de richtwaarde indien beperkt kwetsbare objecten komen te liggen binnen de PR10-06 contour van de buisleiding.

Om te analyseren of hier sprake van kan zijn is gekeken naar de maximale invloedsafstanden behorende bij dit type buisleidingen. Voor een 12 inch buisleiding op 80 BAR zoals A-624-10 is de 100% letaliteitsafstand circa 90 meter, de 1% letaliteitsafstand is 190 meter. Voor een 36 inch buisleiding op 80 BAR zoals A-624 is de 100% letaliteitsafstand circa 190 meter en de 1% letaliteitsafstand circa 470 meter. In de omgeving is de brandweerkazerne het enige gebouw

wat mogelijk als kwetsbaar object zou kunnen worden gezien. Dit object is gelegen op minstens 359 meter afstand.

Nadere analyses in overleg met de Gasunie dienen aan te tonen waar de plaatsgebonden risicocontouren komen te liggen na plaatsing van de windturbines om te controleren of kan worden voldaan aan de grenswaarden en richtwaarden uit het Besluit externe veiligheid Buisleidingen.

5.4 Mitigerende maatregelen bestaande buisleidingen

Om een mogelijk trefrisico voor beide buisleidingen volledig te voorkomen kunnen de volgende maatregelen worden onderzocht:

- Verplaatsing van de windturbine HZ-01 tot buiten een afstand van de werpafstand bij nominaal toerental (Benodigde verplaatsing minstens 25 meter bij alternatief 01 en 41 meter bij alternatief 02);
- Herberekening van de werpafstand bij toerental door specificering zwaartepuntsafstand van een rotorblad tot ascentrum van de windturbine en/of specificering nominaal toerental per windturbinetype;
- Plaatsing van een windturbinetype met een kleinere werpafstand bij nominaal toerental of toepassing van toerentalverlaging (sector management) in de betrokken werprichtingen;
- Aanbrengen van extra gronddekking tot 1,9 meter totale dekking (+0,9 meter) of equivalente afdoende afscherming met platen.

5.5 Leidingstrook toekomstige buisleidingen

In het bestemmingsplan voor tweede maasvlakte is een leidingstrook aangewezen welke parallel loopt aan de windturbines en de waterkering. Om te analyseren of er bij aanleg van buisleidingen in deze strook rekening te houden is met de effecten van de windturbines zijn de effectafstanden van de windturbine in onderstaande tabel naast de afstanden tot de rand van de buisleidingstrook gelegd.

Figuur 5.2 Weergave effectafstanden in relatie tot buisleidingstrook

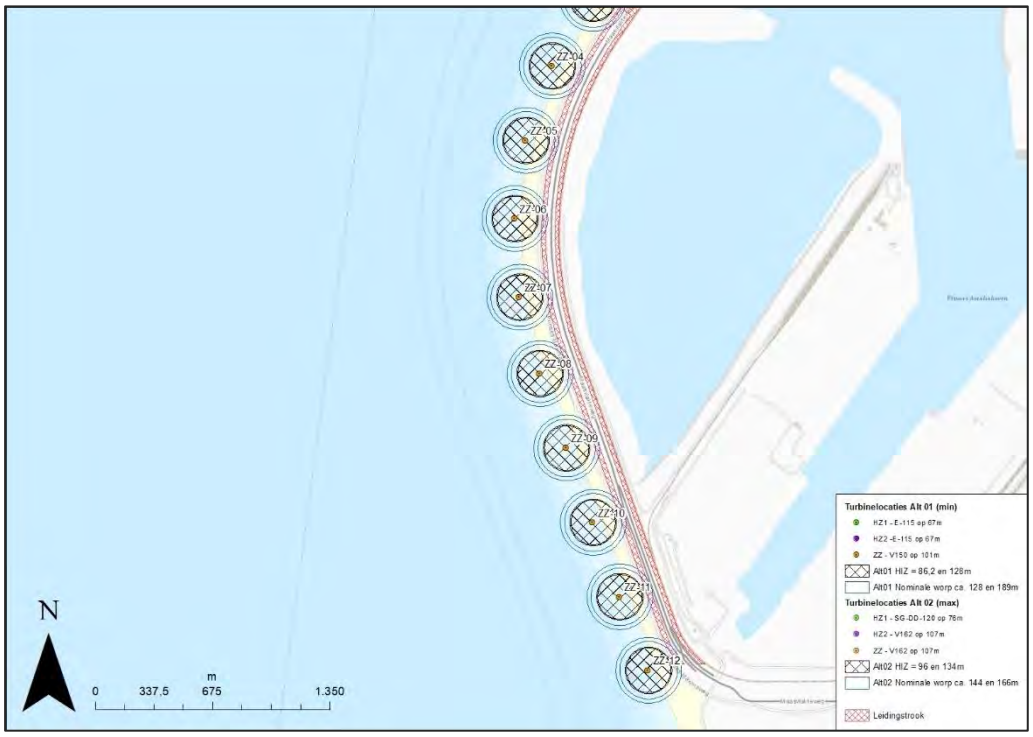
		Maximale effectafstand gondelfalen		maximale effectafstand Mastfalen		Maximale effectafstand bladworp bij	
	Afstand tot	Mastbreedte + Max dimensie gondel + 1/6e RD + 2m	Voldoet?	Ashoogte + 1/6e RD + 2m	Voldoet?	Werpafstand nominaal	Voldoet?
WT	leidingstrook	Alt 01 en Alt 02	Alt 01 en Alt 02	Alt 01 en Alt 02	Alt 01 en Alt 02	Alt 01 en Alt 02	Alt 01 en Alt 02
HZ-01	58m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-02	58m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-03	58m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-04	57m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-05	59m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-06	58m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-07	57m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-08	57m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	128m en 144m	Nee / Nee
HZ-09	51m	39m en 40m	Ja / Ja	89m en 98m	Nee / Nee	127m en 143m	Nee / Nee
HZ-10	76m	39m en 60m	Ja / Ja	89m en 136m	Nee / Nee	127m en 170m	Nee / Nee
ZZ-01	140m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-02	153m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-03	150m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-04	154m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-05	154m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-06	154m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-07	154m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-08	154m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-09	153m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-10	153m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-11	151m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee
ZZ-12	159m	47m en 60m	Ja / Ja	128m en 136m	Ja / Ja	189m en 167m	Nee / Nee

De buisleidingstrook is aanwezig binnen de effectafstand bij mastfalen en de bladworpafstand bij nominaal toerental voor de windturbines op de harde zeewering. Voor de windturbines op de zachte zeewering geldt dat de buisleidingstrook is gesplitst in twee delen waarvan het ene deel ligt binnen de bladworpafstand bij nominaal toerental maar het tweede deel aan de kant van de Tweede Maasvlakte ligt buiten de maximale effectafstanden van de windturbines.

Figuur 5.3 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Noord



Figuur 5.4 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Zuid



5.6 Mitigatie effecten buisleidingstrook

Voor de effecten van de windturbines die plaatsvinden op de buisleidingstrook langs de windturbines van de harde zeewering is een afspraak gemaakt dat eventuele trefrisico's als gevolg hiervan acceptabel zijn tot een vastgestelde einddatum van 1 januari 2040. Na deze einddatum dienen de effecten te worden gemitigeerd of dienen de windturbines te worden verwijderd. Omdat er momenteel geen buisleidingen aanwezig zijn in de buisleidingstrook is er geen sprake van een risico.

Voor de buisleidingstrook langs de zachte zeewering kunnen effecten bij de twee opstellingsalternatieven enkel plaatsvinden als gevolg van het faalscenario bladworp bij nominaal toerental. Bij de plaatsing van toekomstige buisleidingen zijn er meerdere maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat er geen sprake is van een risico op schade aan de buisleidingen als gevolg van de windturbines. Zo kunnen de toekomstige buisleidingen dieper worden aangebracht waarbij voor een rotorblad tot 33 ton circa 2,5 meter aan totale diepteligging benodigd is. Ook kan het oostelijker gelegen tracé worden gebruikt voor de aanleg van buisleidingen. Ook kan een specificatie van de windturbine eigenschappen van de uiteindelijk te plaatsen windturbine in relatie tot de ligging van het zwaartepunt van een rotorblad ten opzichte van het as centrum of een herberekening van de kans op voorkomen van het nominale toerental leiden tot de benodigde verkorting van de werpafstand zodat de buisleidingstrook niet meer geraakt wordt.

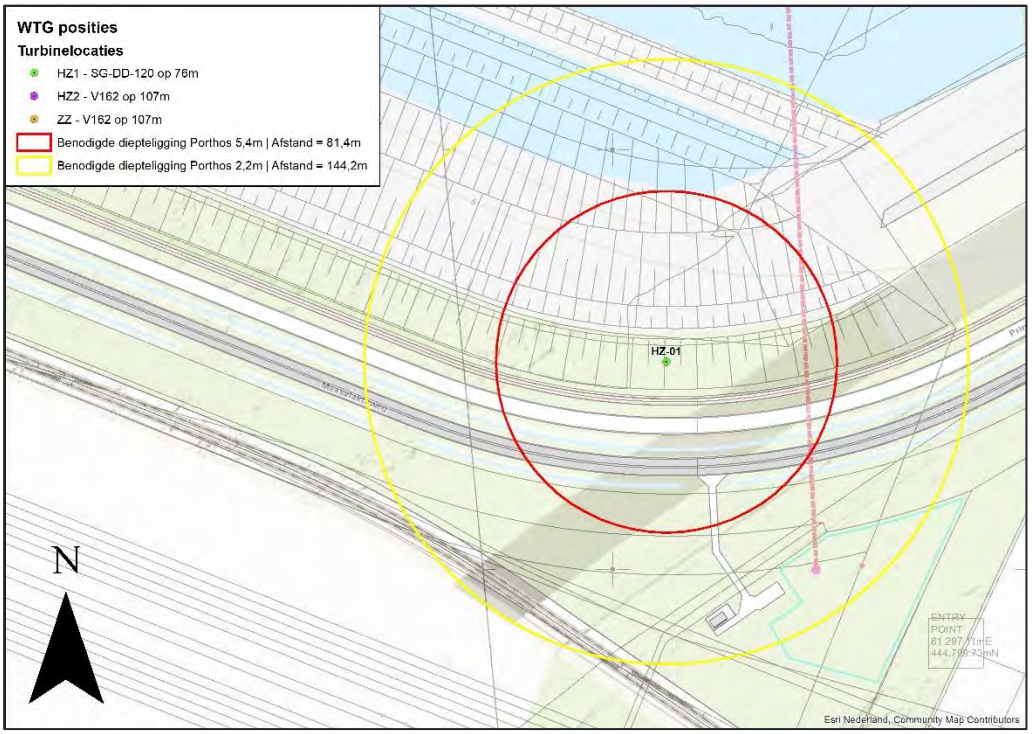
5.7 Porthos buisleiding

Nabij het plangebied ten oosten van HZ-01 is een offshore buisleiding gepland die vanuit de Maasvlakte richting de zee loopt waarin grootschalige hoeveelheden CO_2 zullen worden getransporteerd. Deze grote buisleiding dient nog te worden aangelegd en te worden vergund. Om te onderzoeken of beide ontwikkeling gezamenlijk kunnen worden uitgevoerd heeft er contact plaatsgevonden met het team van de Porthos buisleiding van de Gasunie.

Het beoogde tracé van de buisleiding ligt op een afstand van minstens 65 meter. In de notitie "Analyse benodigde diepteligging Porthos buisleiding i.r.t. Windpark maasvlakte II" van 20 maart 2020 is geanalyseerd dat binnen een straal van 81,4 meter de minimale gronddekking circa 5,4 meter dient te bedragen om effecten te voorkomen. Gezien de ligging van de buisleiding onder de waterkering, onder de betrokken wegen en de spoorbaan is het zeer waarschijnlijk dat deze minimale diepteligging aanwezig is. Binnen een straal van 144 meter dient een diepteligging aanwezig te zijn van minimaal 2,2 meter.

Deze maten en afstanden zijn doorgegeven aan het team van de Porthos buisleiding van de Gasunie.

Figuur 5.5 Locatie beoogde ligging leiding Porthos



6 HOOGSPANNINGSINFRASTRUCTUREN

TenneT is geen vergunningverstrekkende instantie en heeft, behalve de leveringsplicht, geen wettelijk bepaalde criteria op basis waarvan afstandseisen binnen een beheersgebied gesteld kunnen worden. Om het risico van windturbines op hun infrastructuur aanvaardbaar te houden, adviseert TenneT een afstand aan te houden gelijk aan de tiphoogte of de maximale werpafstand bij nominaal toerental indien die groter is.

Wanneer niet wordt voldaan aan deze wens, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT bekijkt op basis van het concrete geval welk risico voor het betreffende object op dat moment kan worden aanvaard. Deze toetsafstanden gelden voor het hoogspanningsnetwerk met voltages boven de 110 kV.

Er wordt door TenneT onderscheid gemaakt naar de grootte van het effect door de netsituatie in de afweging mee te nemen. Waar het effect groter is, wordt door TenneT een kleinere of geen trefkans geaccepteerd. TenneT hanteert een beleid met een berekening van de faalkans per verbinding. Hierdoor hoeft niet meer de autonome faalkans van een verbinding berekend te worden, maar kan met de trefkans van de windturbine direct bepaald worden of de positie van de windturbine acceptabel is voor TenneT.

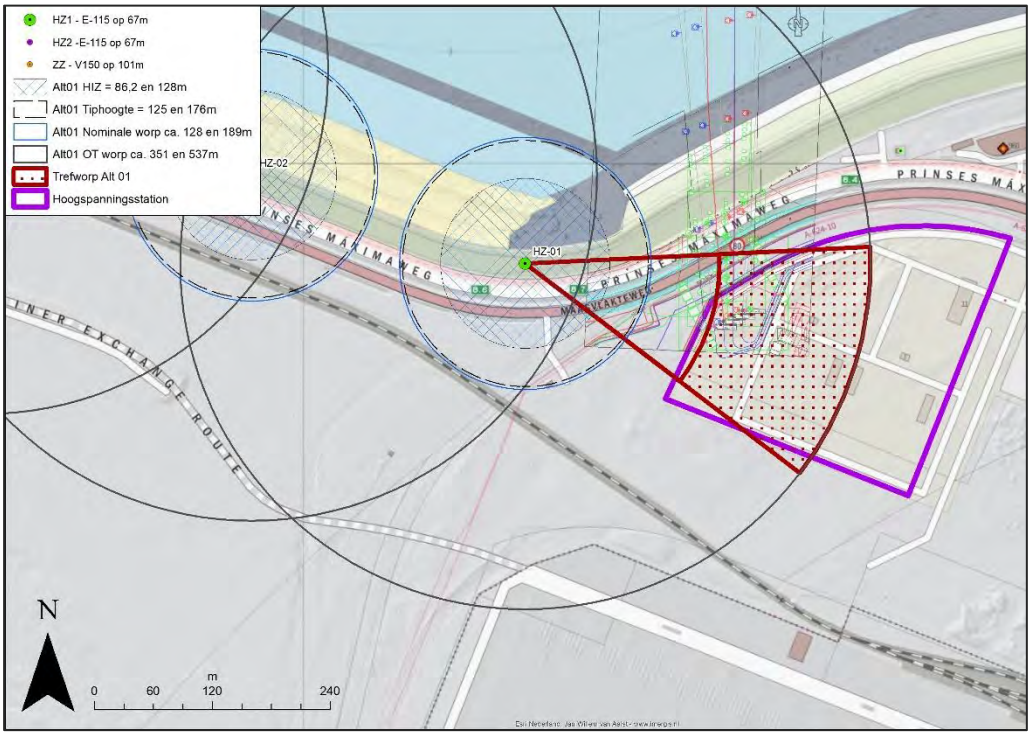
Er zijn geen bovengrondse hoogspanningskabels aanwezig binnen de maximale effectafstanden van de windturbines van beide opstellingsalternatieven. Wel wordt er naast windturbine HZ-01 momenteel een groot bovengronds transformator station gerealiseerd voor de aansluiting van de offshore windparken van Hollandse Kust Zuid. Ook wordt er in de toekomst mogelijk een aansluiting gerealiseerd voor de Windparken IJmuiden Ver waarvoor twee potentiële ondergrondse tracés zijn aangegeven door TenneT en een locatie voor het transformatorstation.

6.1 Bovengrondse installatie TenneT voor Windpark HKZ

De grens van het terrein bevindt zich op een afstand van 187 meter vanaf de windturbinelocatie HZ-01. Dit betekent dat het terrein enkel geraakt kan worden door het faalscenario bladworp bij overtoeren. Om de potentiële risico's op de betrouwbaarheid van dit elektrische netwerk te bepalen wordt de trefkans bij overtoeren van de twee opstellingsalternatieven berekend voor het gehele terrein. Voor de bepaling van de trefkans van het gehele terrein wordt ervan uitgegaan dat het zwaartepunt van een rotorblad op het terrein zelf dient te vallen. Voor de berekening wordt een oppervlakte gelijk aan het oppervlakte van het transformatorstation binnen de werpafstand bij overtoeren genomen en wordt er rekening gehouden met de werprichting van de windturbine.

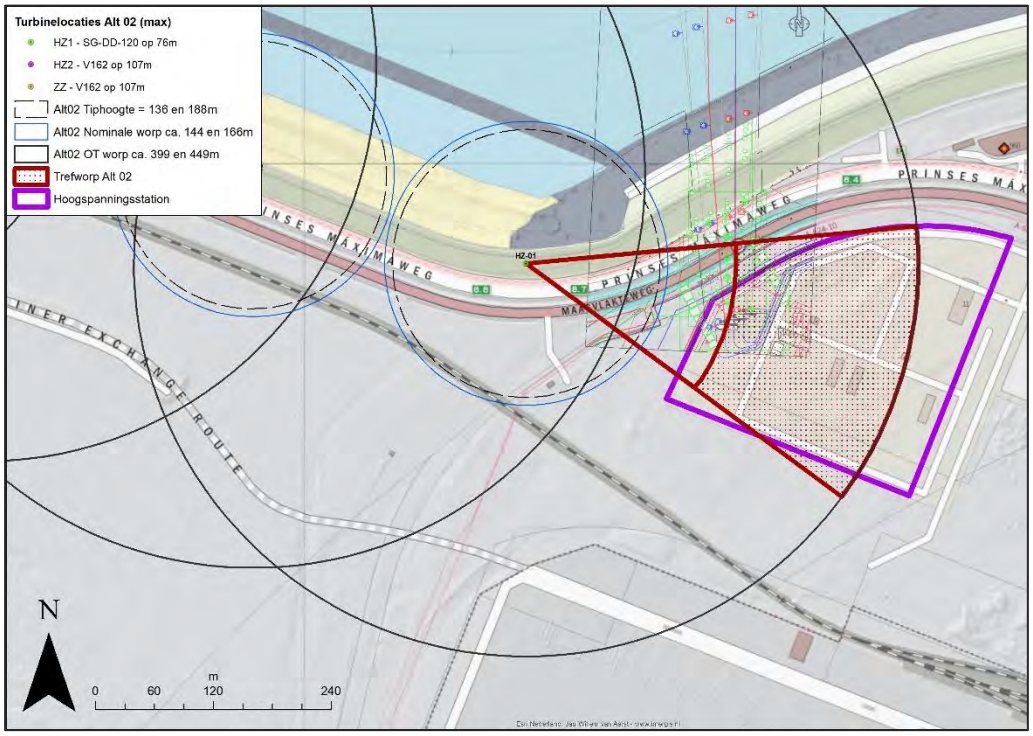
Voor Alternatief 01 bedraagt de werprichting een hoek van 40 graden (11,1%) en de minimale benodigde werpafstand is gemiddeld 197,5 meter. De kans op het behalen van deze werpafstand is volgens het kogelbaanmodel zonder luchtkrachten 40,8%. Met een faalfrequentie van 5×10^{-06} is de totale trefkans van een willekeurige locatie op het terrein daarmee $2,3 \times 10^{-07}$. De kans op het treffen van een willekeurige locatie op het terrein is daarmee ééns in de 4,4 miljoen jaar. Deze trefkans kan gebruikt worden om de invloed op de betrouwbaarheid te bepalen.

Figuur 6.1 Weergave trefzone bladworp bij overtoeren Alt 01



Voor Alternatief 02 bedraagt de werprichting een hoek van 42 graden (11,6%) en de minimale benodigde werpafstand is gemiddeld 213,3 meter. De kans op het behalen van deze werpafstand is volgens het kogelbaanmodel zonder luchtkrachten 41,8%. Met een faalfrequentie van 5 x 10^{-06} is de totale trefkans van een willekeurige locatie op het terrein daarmee 2,4 x 10^{-07}. De kans op het treffen van een willekeurige locatie op het terrein is daarmee ééns in de 4,1 miljoen jaar. Deze trefkans kan gebruikt worden om de invloed op de betrouwbaarheid te bepalen.

Figuur 6.2 Weergave trefzone bladworp bij overtoeren Alt 02



De ondergrondse kabels richting de offshore windparken liggen op minstens 183 meter vanaf de locatie van windturbine HZ-01. Deze kabels kunnen daarmee enkel getroffen worden door bladworp bij overtoeren. Verwacht wordt dat de kabels zodanig diep liggen dat er geen schade wordt verwacht buiten de aanwezige trefkans van het bovengrondse station.

6.2 Domino effect van buisleiding

Op aangeven van TenneT is gevraagd om aandacht te geven aan de kans op schade aan het elektriciteitsnetwerk als gevolg van de verhoogde kans op ontploffingen van de buisleidingen van de Gasunie. Dit effect kan een domino effect of een cascade effect genoemd worden. De trefkans van de Gasunie buisleiding met de hoogste trefkans uitgaande van 100% kans op maximale schade is gesteld op maximaal 5,5 x 10^{-06} voor alternatief 01 en 4,0 x 10^{-06} voor alternatief 02. Deze worst-case trefkans heeft niet direct tot gevolg dat de werking van het transformatorstation met zekerheid wordt aangetast.

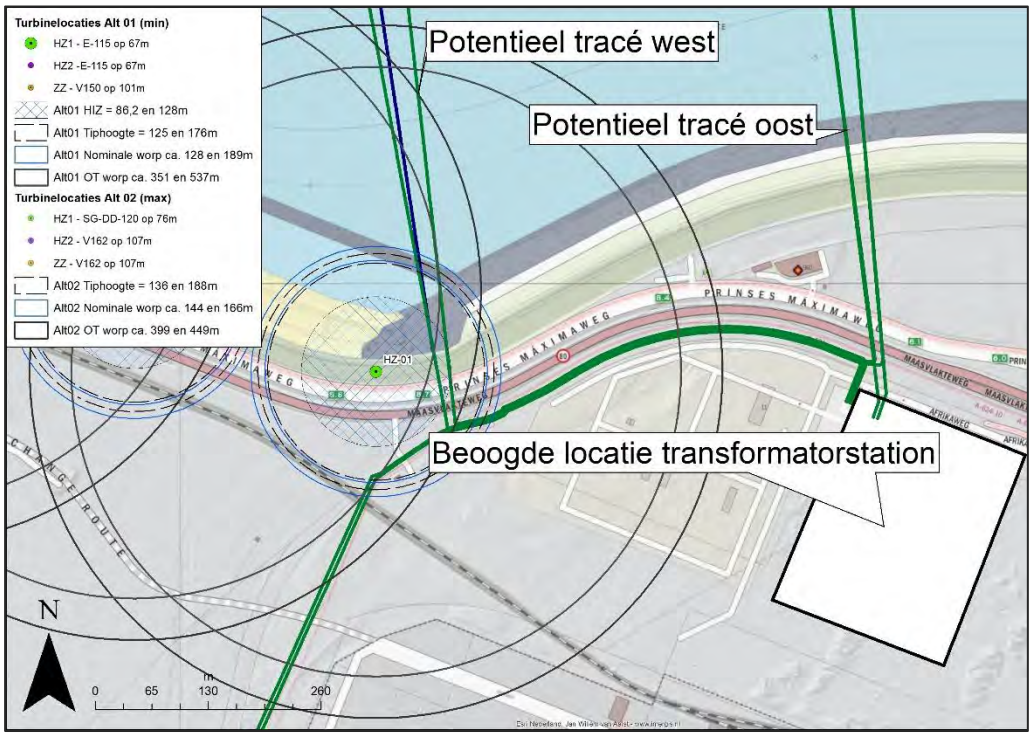
6.3 Toekomstige elektranetwerk IJmuiden Ver

Eén van de beoogde locaties voor het transformatorstation van IJmuiden Ver is gelegen achter het transformatorstation voor de windparken van Hollandse Kust Zuid kan niet geraakt worden door enig faalscenario van de windturbine. Wel zullen er meerdere ondergrondse bekabeling lopen langs de windturbine nabij HZ-01 en zijn er meerdere alternatieven voor de offshore ondergrondse kabels. van de offshore bekabeling wordt geacht dat deze zodanig diep liggen dat er geen schade wordt verwacht bij het treffen van deze tracé's, Voor de beoogde delen die lopen langs windturbine HZ-01 met een beperkte diepteligging is de trefkans uitgerekend. De beoogde tracés liggen op 99 meter vanaf de windturbinepositie van HZ-01. De tracés liggen

buiten de afstand van de High Impact Zone[8] waarmee het faalscenario mastfalen niet van toepassing is. Dit betekent dat de tracés enkel geraakt kunnen worden door de faalscenario's bladworp bij nominaal toerental en bladworp bij overtoeren. De de kritische afstand (de afstand vanaf de kabelligging waar een rotorblad dient te vallen om schade te kunnen veroorzaken) is gesteld op 2 meter.

Voor alternatief 01 is de trefkans van dit tracé 4,6 x 10^{-06} en voor alternatief 02 is de trefkans 3,8 x 10^{-06}. Dit zijn kans op schade per jaar is daarmee ééns in de 216.000 jaar en ééns in de 260.000 jaar.

Figuur 6.3 Weergave potentiele tracés IJmuiden Ver aansluiting TenneT



[8] High Impact Zone = Ashoogte + 1/6x de rotordiameter

7 WATERKERINGEN

De effecten op de waterkerende werking van de zeewering langs de tweede maasvlakte worden beschouwd in een separate rapportage genaamd die als bijlagen bij het MER is opgenomen.

8 BELEID EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN HAVENBEDRIJF ROTTERDAM

8.1 Futureland

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft het voornemen om de huidige locatie van het informatiecentrum Futureland van de Maasvlakte te verplaatsen naar een locatie op de Tweede Maasvlakte. Het beoogde terrein is weergegeven in onderstaand figuur en is gelegen in de buurt van windturbine ZZ-12 van beide opstellingsalternatieven.

Een informatiecentrum en expositie gebouw voor meer dan 50 bezoekers gedurende langere perioden kan worden gezien als een kwetsbaar object en dient daarmee buiten de $PR10^{-06}$ contour van de windturbines te liggen. Zoals te zien in onderstaand figuur ligt het beoogde terrein zowel buiten de $PR10^{-06}$ contour, buiten de werpafstanden bij nominaal toerental en buiten de tiphoogte afstanden. De komst van de windturbines is daarmee geen belemmering voor de ontwikkeling van een kwetsbaar object op deze locatie.

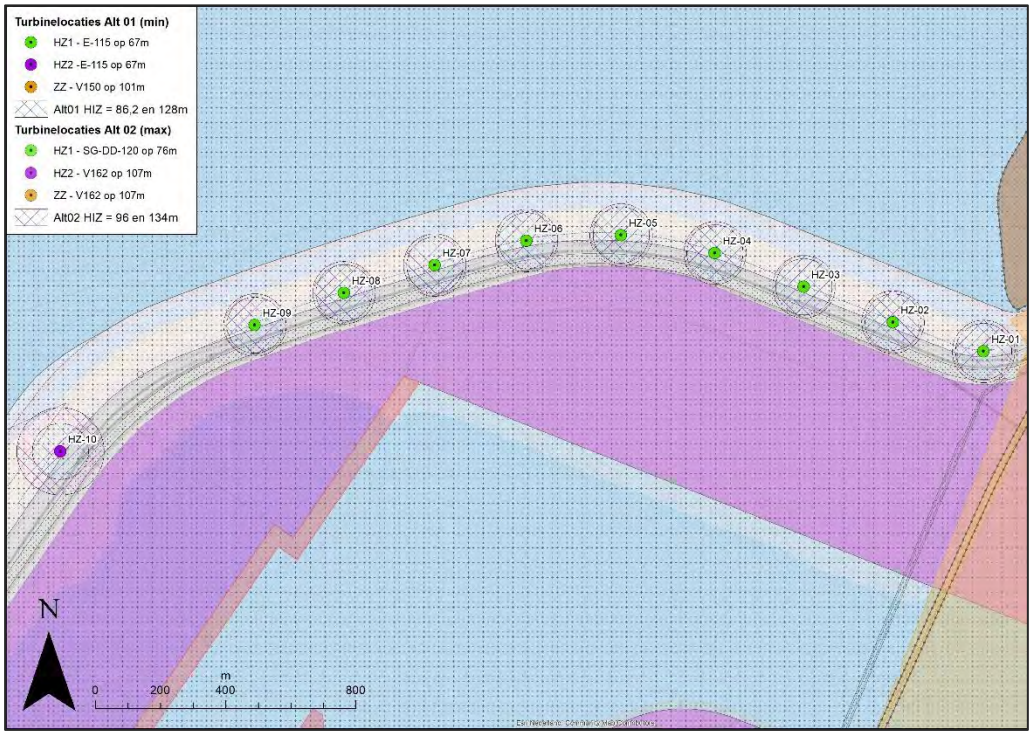
Figuur 8.1 Weergave beoogde locatie Futureland i.r.t. windturbine ZZ-12



8.2 High Impact Zone

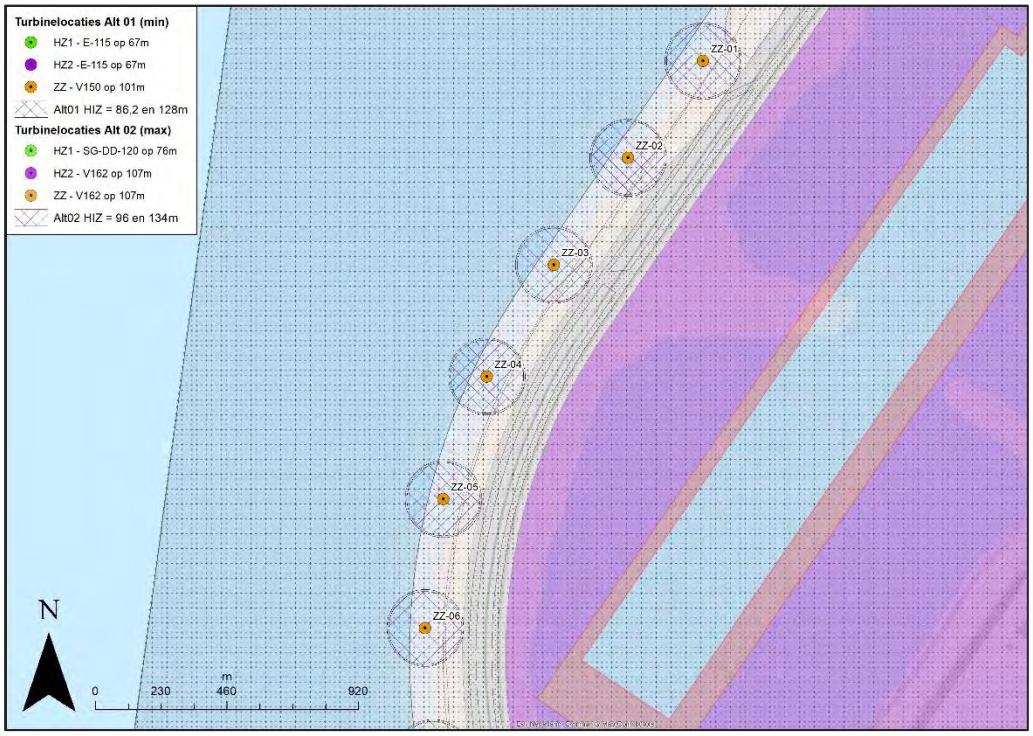
Het Havenbedrijf Rotterdam heeft aangegeven dat de High Impact Zone van de windturbines niet mag zijn gelegen over bepaalde bestemmingen van de Maasvlakte II. De High Impact Zone is gedefinieerd als de masthoogte + 1/6x de rotordiameter. Voor de windturbines op de Harde zeewering geldt dat deze zone enkel mag zijn gelegen over de bestemmingen: “Waterstaatkundige doeleinden, Water - 1' en Verkeer”. In onderstaand figuur is te zien dat hieraan kan worden voldaan.

Figuur 8.2 Weergave HIZ deelgebied Noord

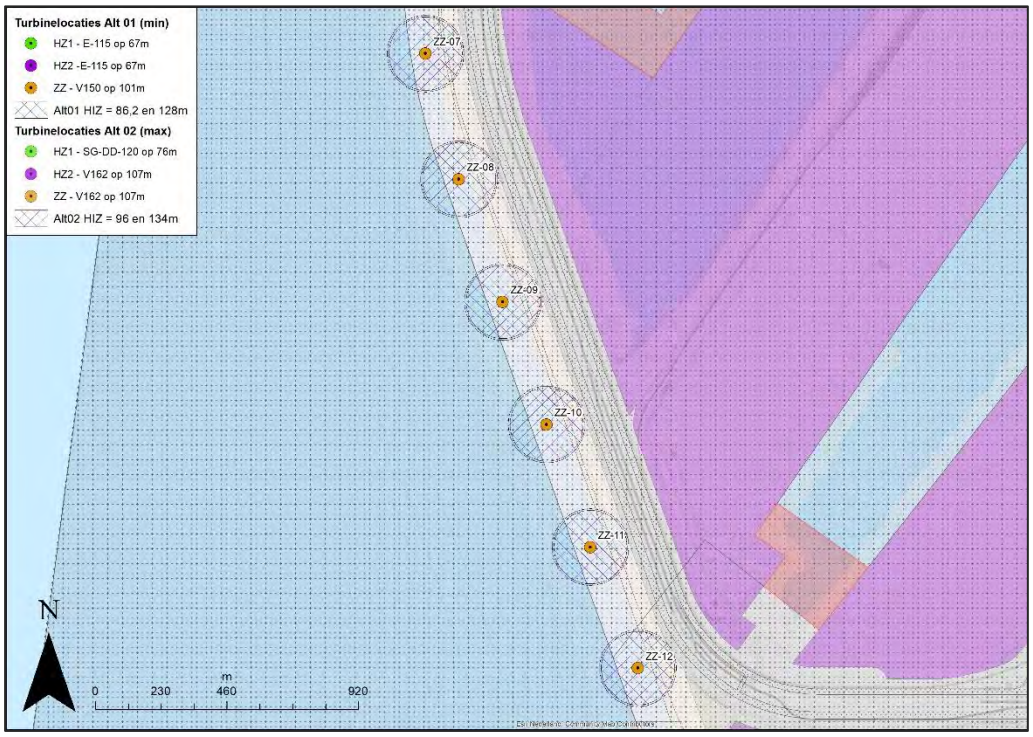


Voor de windturbines op de zachte zeewering geldt dat de High Impact Zone enkel mag zijn gelegen over de bestemmingen: “Waterstaatkundige doeleinden en Water – 1. In onderstaand figuur is te zien dat meerdere windturbines op de zachte zeewering met 2 meter afstand over de bestemming “Verkeer” zijn gelegen. Windturbine ZZ-02 ligt met een afstand van ca. 4 meter over de bestemming “Verkeer”.

Figuur 8.3 Weergave HIZ deelgebied Zuid – ZZ-01 t/m ZZ-05



Figuur 8.4 Weergave HIZ deelgebied Zuid – ZZ-07 t/m ZZ-12



9 KWALITATIEVE ANALYSE IJSWORP SCENARIO

Op 1 tot 2 dagen per jaar kunnen de weeromstandigheden in Nederland zodanig zijn dat er sprake is van significante ijs aangroei aan de windturbinebladen. Bij het loskomen van deze ijsblokken kunnen gevaarlijke situaties ontstaan voor onbeschermde personen of door schrikreacties tijdens transport. Moderne windturbines zijn veelal voorzien van systemen die kunnen detecteren of er sprake is van aangroeiend ijs en/of weersomstandigheden waarbij ijsaangroei kan worden verwacht. Bij het merendeel van de aanwezige windturbines in Nederland hoeven geen specifieke maatregelen te worden genomen om ijsaangroei te voorkomen of het vallen van ijs te voorkomen doordat de meeste windturbines worden geplaatst in open agrarische gebieden waar weinig aanwezigheid van personen worden verwacht. Om ijsworp te voorkomen dient de windturbine te worden stilgezet indien significante ijsaangroei aanwezig is. Het voorkomen van gevaarlijke situaties en het verplicht moeten stilzetten van windturbines is reeds geregeld in de regels van het activiteitenbesluit.

Om te analyseren of de omgeving gevoelig kan zijn voor ijsworp of ijsval wordt gekeken naar de directe omgeving van de windturbines tot aan een afstand gelijk aan de tiphoogte. Binnen deze afstand zijn geen objecten of terreinen aanwezig die gevoelig zijn voor ijsval (zoals kassen).

De windturbines op de zachte zeewering draaien over strand wat toegankelijk is voor personen. Er wordt echter geen significante aanwezigheid verwacht van personen tijdens weersomstandigheden die zorgen voor ijsaangroei. De doorgaande wegen parallel aan het windpark liggen op voldoende afstand om de kans op ijsval zodanig te reduceren dat er geen specifieke maatregelen benodigd zijn. Tevens is de kans op onbeschermde passanten (niet in een voertuig) ten tijde van winterse omstandigheden nihil nabij het windpark of op de lokale wegen.

Er is gezien de niet ijsvalgevoelige omgeving geen aanleiding om additionele maatregelen te nemen om ijsworp of ijsval tegen te gaan bovenop de verplichte wettelijke eisen in het activiteitenbesluit milieubeheer.

10 EFFECTEN VOORKEURSALTERNATIEF

In dit hoofdstuk worden de effecten omschreven van het voorkeursalternatief. Voor alle voorgaande hoofdstukken wordt kort nagegaan of het voorkeursalternatief voor andere effecten zorgt en worden waar nodig berekeningen of conclusies opnieuw getrokken. Het voorkeursalternatief verschilt in beperkte mate van opstellingsalternatief 2 met een 2 meter lagere ashoogte voor de windturbines op de zachte zeewering en enkele beperkte positie verschuivingen (<5 meter) van de windturbines op de harde zeewering.

De windturbinetypes voor het Voorkeursalternatief zijn gelijk aan alternatief 02 waarbij de masthoogte van de windturbines op de zachte zeewering en HZ10 zijn aangepast naar 105 meter

De uitgebreide uitleg voor regelgeving en toetsmaten per te beoordelen onderwerp zijn te vinden in de vorige hoofdstukken.

10.1 Bebouwing

Om de risico's voor bebouwing in de omgeving te bepalen zijn de plaatsgebonden risicocontouren behorende bij het voorkeursalternatief doorgerekend. Windturbines vallen qua toetsing van externe veiligheid onder het Activiteitenbesluit milieubeheer. Hierin is naast algemene regels over onderhoud, inspectie en veiligheid in artikel 3.15a opgenomen dat:

Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10^{-6} per jaar.

Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10^{-5} per jaar.

Op het moment dat de toekomstige omgevingswet wordt ingevoerd vallen windturbines onder het Besluit activiteiten leefomgeving (BAL) in artikel 3.13 geldt een vergunningplicht, waarbij de PR 10^{-05} en 10^{-06} afstanden moeten worden berekend.

10.1.1 Bepaling plaatsgebonden risico contouren

De plaatsgebonden risicocontouren van het voorkeursalternatief zijn berekend met behulp van de formules uit de Handleiding Risicoberekeningen Windturbines (versie oktober 2019) met het Ballistisch model zonder luchtkrachten en de formules uit paragrafen 3.3.2, 4.1.1 en 5.1.1. Hierin worden de vier faalscenario's van windturbines doorberekend en dit resultaat in een bepaald risico per strekkende meter afstand vanaf de windturbine.

Hierbij is uitgegaan van de eigenschappen van de windturbines zoals weergegeven in de volgende tabel. Voor bepaling van de bladworpscenario's is tevens gerekend met bladworp vanaf de hogere ashoogte door plaatsing van de windturbines gedeeltelijk boven op de waterkering.

Tabel 10.1 Eigenschappen per windturbine

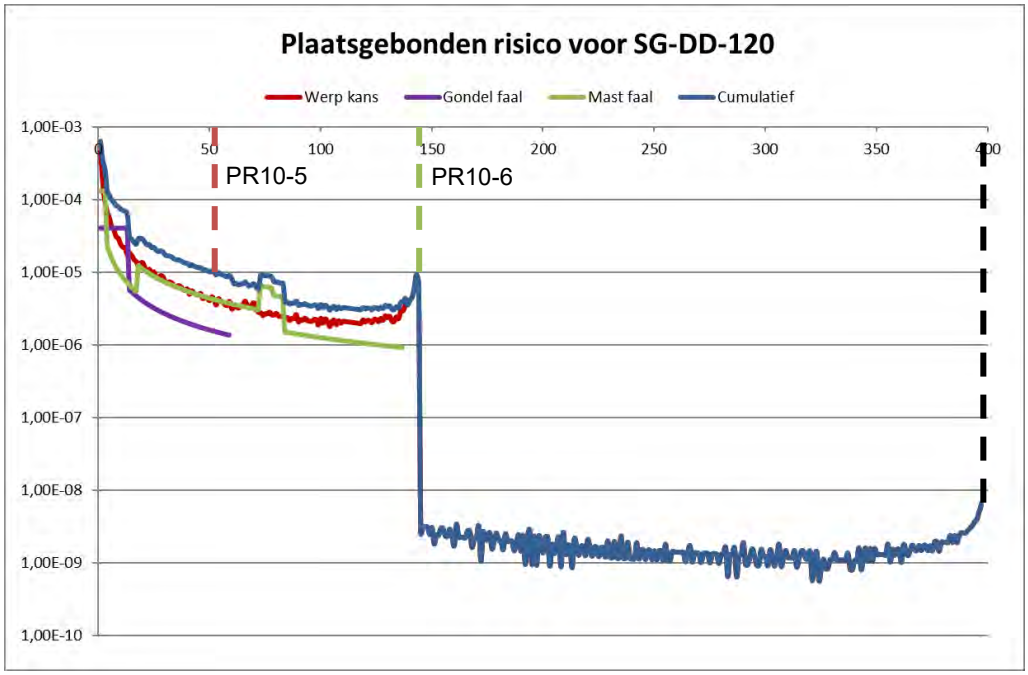
Eigenschap	VKA – SG-DD-120	VKA – V162	Eenheid
Rotordiameter	120	162	meter
Masthoogte	76	105	meter
Rotorashoogte*	84 / 86	106 / 113	meter
Dimensies gondel	4,2 x 4,2 x 12,2	7,8 x 7,8 x 25	meter
Breedte mast	4,5	5,3	meter
Generiek nominaal toerental**	13,4	10,4	rotaties per minuut (rpm)
Generieke Zwaartepuntsafstand rotorblad tot ascentrum**	20	27	meter

* Verschil in ashoogte en rotorashoogte is als gevolg van de hogere locatie van bladworp door het hoge fundament op de waterkering voor de hoogte van de te raken objecten is uitgegaan van de hoogte van het terrein van de Maasvlakte op +5m NAP.

** Beide waarden zijn nu generiek bepaald, deze waarden kunnen ook specifiek per windturbinetype worden bepaald waarmee de werpafstanden bij nominaal toerental worden verkleind.

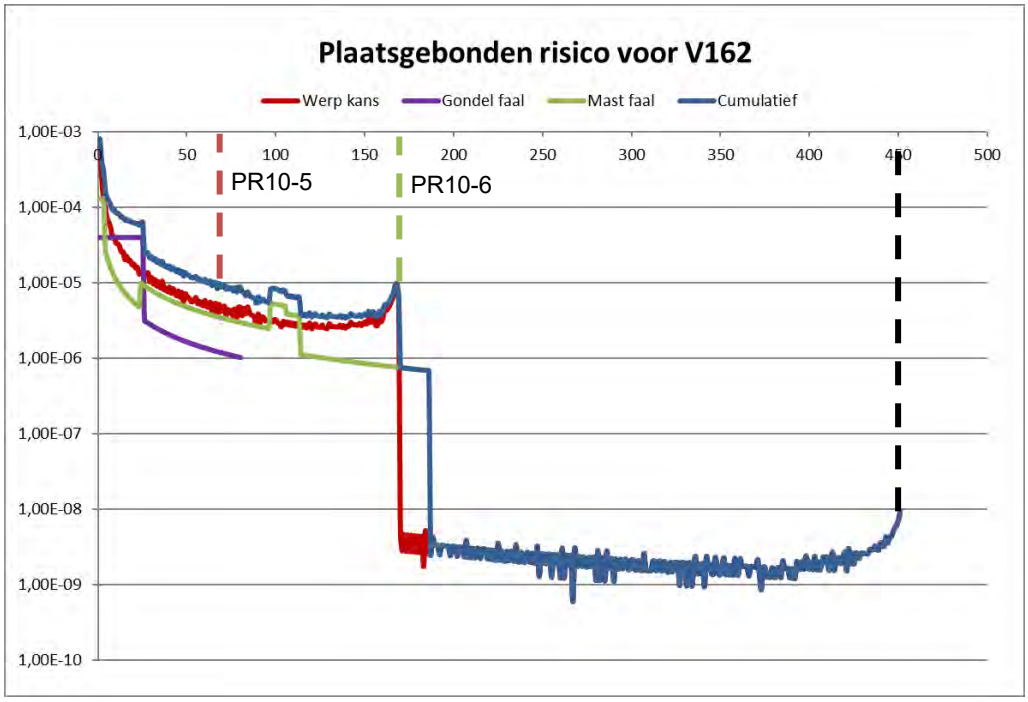
Dit resulteert in de volgende 2 grafieken die het plaatsgebonden risico per strekkende meter afstand vanaf het hart van de windturbine weergeven. Hierin is ook de maximale effectafstand behorende bij het bladworp bij overtoeren faalscenario zoals opgenomen in de handleiding risicoberekeningen windturbines opgenomen.

Figuur 10.1 Weergave plaatsgebonden risico voor SG-DD-120



NB. Bepaald met generieke gegevens voor bladworp

Figuur 10.2 Weergave plaatsgebonden risico voor Vestas V162



NB. Bepaald met generieke gegevens voor bladworp en dit is de grafiek voor bladworp vanaf 113m ashoogte.

De plaatsgebonden risicocontouren zijn daarmee als volgt vastgesteld voor de windturbinetypes van het voorkeursalternatief:

Tabel 10.2 Afstanden behorende bij PR-contouren

Windturbine	PR10-05 contour	PR10-06 contour
HZ01 t/m HZ08	52 meter	144 meter
HZ09	51 meter	143 meter
HZ10	66 meter	169 meter
ZZ01 t/m ZZ12	63 meter	165 meter

10.1.2 Beperkt kwetsbare objecten

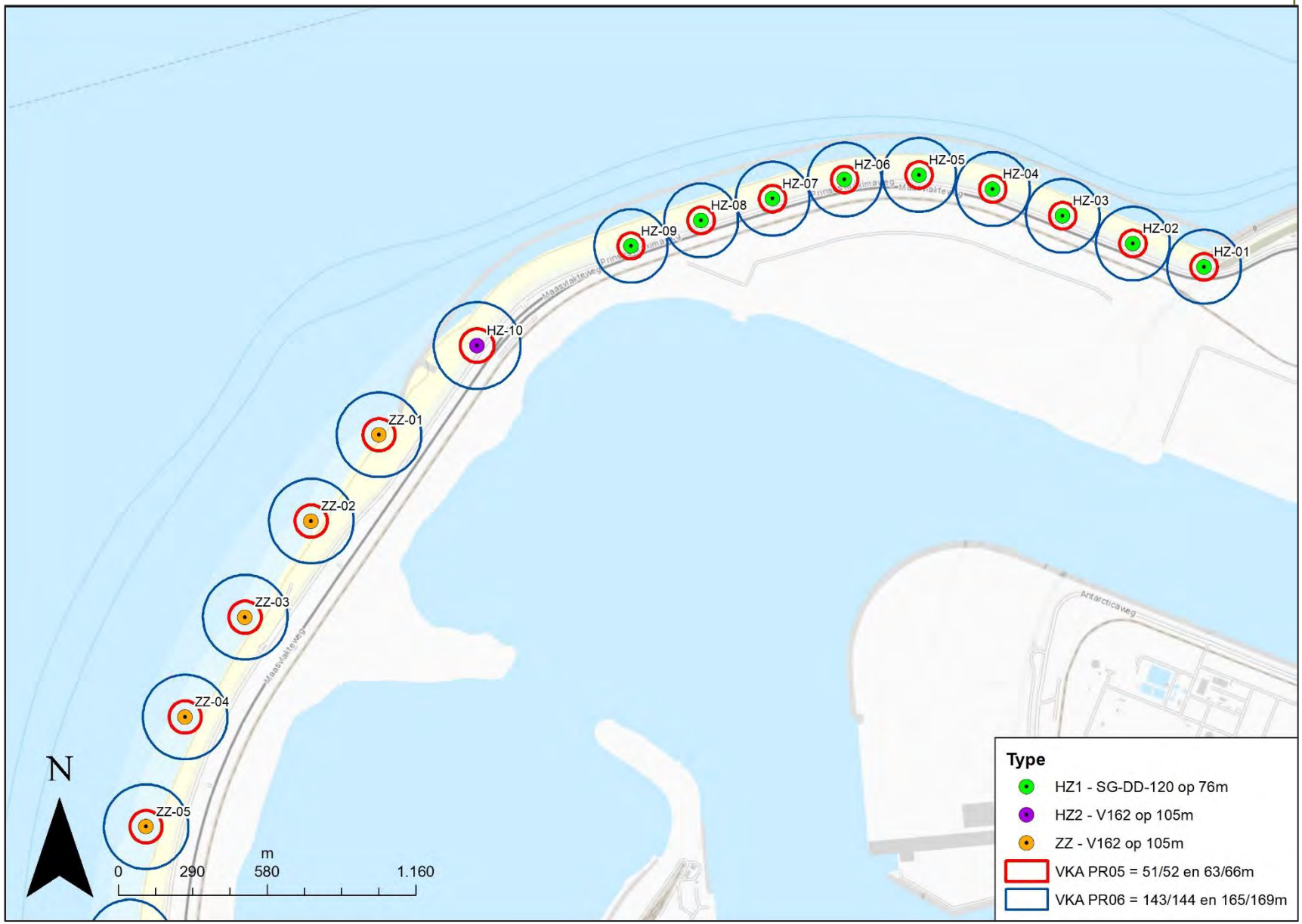
Er zijn geen objecten aanwezig binnen de aangegeven afstanden. Het extensieve strand is geen beperkt kwetsbaar object (zie paragraaf 2.1.1). Het eerste gebouw van derden is gelegen op een minimale afstand van 122 meter. Er kan met zekerheid worden voldaan aan artikel 3.15a lid 1 van het activiteitenbesluit milieubeheer ook als andere windturbinetypes met vergelijkbare dimensies worden geplaatst.

10.1.3 Kwetsbare objecten

Er zijn geen gebouwen die kunnen worden gezien als kwetsbare objecten aanwezig binnen de aangegeven afstanden vanaf het voorkeursalternatief. Het eerste gebouw (Beveiligings- en

toegangsgebouw containerhaven) van derden waar personen in aanwezig kunnen zijn is gelegen op een minimale afstand van meer dan 340 meter.

In het bestemmingsplan voor het windpark is echter ook vermeld dat de $PR10^{-06}$ contour niet over de bestemming 'specifiek vorm van recreatie – 2', wat gezien wordt als een intensief gebruikt strand, mag liggen. De afstand tot de grens van dit strand ligt op 187 meter. De maximale PR10-06 contour van opstellingsalternatief 02 is 165 meter. Voor het windturbinetype V162 op 105 meter ashoogte zijn bij het voorkeursalternatief geen maatregelen benodigd. Zoals uit het resultaat van de Vestas V150 uit opstellingsalternatief 01 is te zien zijn er ook windturbinetypes beschikbaar welke mogelijk wel een PR10-06 contour hebben liggen op meer dan 187 meter. Om te kunnen voldoen aan de eis uit het bestemmingsplan dient de PR10-06 contour van de te plaatsen windturbine kleiner te zijn dan 187 meter. Om dit bij plaatsing van andere windturbinetypes als de V162 te voorkomen kan de werpafstand bij nominaal toerental worden verkleind door: ashoogteverlaging, aanpassing zwaartepunt blad of sector management van het nominaal toerental.


HZ-01
HZ-02
HZ-03
HZ-04
HZ-05
HZ-06
HZ-07
HZ-08
HZ-09
HZ-10
ZZ-01
ZZ-02
ZZ-03
ZZ-04
ZZ-05
Maasvlakteweg
Antarcticaweg
N
0
290
580
1.160
m
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 = 143/144 en 165/169m


ZZ-05
ZZ-06
ZZ-07
ZZ-08
ZZ-09
ZZ-10
ZZ-11
ZZ-12
Prinses Amaliahaven
Maasvlakteweg
N
0
290
580
1.160
m
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 = 143/144 en 165/169m

10.1.4 Bestemmingsplanmogelijkheden

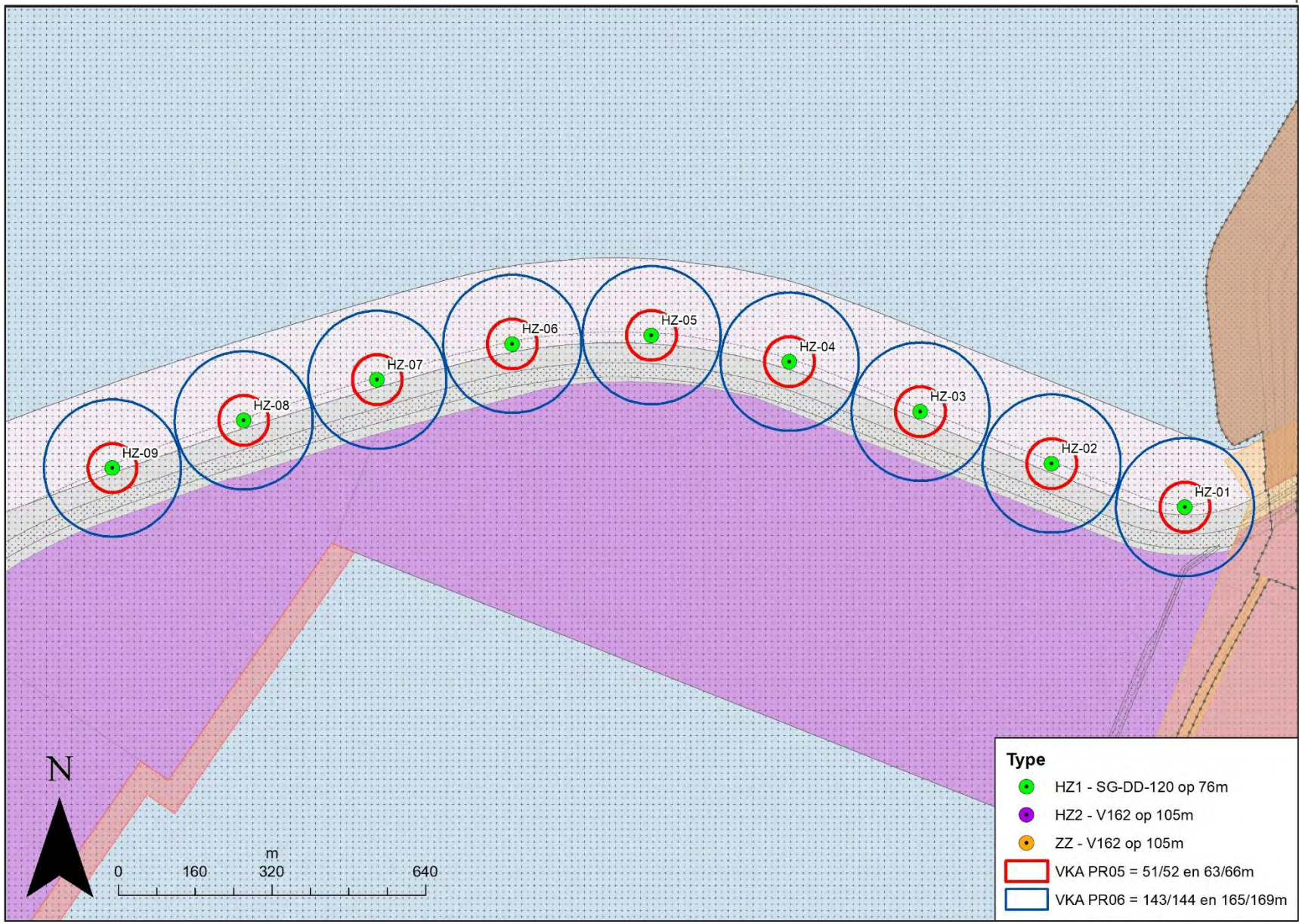
Naast invloed op bestaande objecten kunnen windturbines een invloed hebben op de mogelijkheden van bestemmingen[1] in de nabije omgeving. Binnen de maximale ligging van de $PR10^{-05}$ en $PR10^{-06}$ contour zijn enkel bestemmingen aanwezig die vallen onder:

- Verkeer;
  - Voor deze bestemmingen geldt dat geen gebouwen zijn toegestaan buiten de twee aanduidingen. Er kunnen hier geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Water;
  - Op deze bestemming kunnen geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Waterstaatkundige doeleinden;
  - Op deze bestemming mogen enkel zeer kleine gebouwen worden gerealiseerd ter hoogte van specifieke aanduidingen.
- Bedrijf - 3, Bedrijf – 2, en Bedrijf – 1;
  - Op deze bestemmingen mogen allerlei vormen van bedrijfsvormingen worden gerealiseerd zoals containerhavens, chemische industrie of scheepvaartactiviteiten. Deze bestemmingen zijn enkel aanwezig binnen de $PR10^{-06}$ contour en niet binnen de $PR10^{-05}$ contour van het voorkeursalternatief. Voor de oppervlaktes die zijn gelegen binnen de $PR10^{-06}$ contour betekent dit een beperking voor het bouwen van kwetsbare objecten. Gezien de bestemming bedrijf en de activiteiten die plaatsvinden aan de grens van uitgeefbaar terrein is de komst van kwetsbare objecten binnen deze kleine overlapzones niet waarschijnlijk maar het totale effect op de uitgeefbaarheid van deze percelen kan nader afgewogen worden door het Havenbedrijf Rotterdam. Binnen de overlapzone wordt alleen voldaan aan het Activiteitenbesluit Milieubeheer als de komst van ‘bedrijfsgebonden kantoren’, groter dan 1.500 m^2 én gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, worden voorkomen.

Voor de dubbelbestemmingen of relevante aanduidingen in het bestemmingsplan geldt dat er geen aanduidingen of dubbelbestemmingen zijn geïdentificeerd die de bouw van beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten mogelijk maakt. De windturbines veroorzaken door hun komst geen additionele belemmering voor objecten. Ten behoeve van duidelijkheid en helderheid verdient het aanbeveling om bij het ruimtelijk mogelijk maken van de windturbines een zone rond de windturbines op te nemen waarin de ontwikkeling van beperkt kwetsbare objecten wordt uitgesloten met een maximale maat gelijk aan de $PR10^{-05}$ contour.

Bij de inwerkingtreding van de omgevingswet dient ook rekening te worden gehouden met de definities voor Beperkt kwetsbare gebouwen, Beperkt kwetsbare locaties, Kwetsbare gebouwen, Kwetsbare locaties en Zeer kwetsbare gebouwen uit bijlage VI het Besluit kwaliteit leefomgeving. De huidige bestemmingen geven geen aanleiding om een verandering van de analyse te verwachten.

[1] Bestemmingen geraadpleegd in: Bestemmingsplan Buitengebied herziening 2018 vastgesteld op 2019-06-26


HZ-09
HZ-08
HZ-07
HZ-06
HZ-05
HZ-04
HZ-03
HZ-02
HZ-01
N
m
0
160
320
640
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 = 143/144 en 165/169m

10.2 Wegen

10.2.1 Rijkswegen

Het HRW stelt dat Rijkswaterstaat een vergunning dient af te geven indien windturbines worden geplaatst op, in of over rijkswaterstaatwerken. Voor het verlenen van de vergunning hanteert Rijkswaterstaat een afstandseis van ten minste 30 meter of een halve rotordiameter. Ook dient bij plaatsing binnen een afstand van de werpafstand bij nominaal toerental bij rijkswegen het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) te worden berekend.

Parallel langs het toekomstige windpark loopt de Maasvlakteweg als doorlopende verkeersader als ontsluiting van de Maasvlakte II met daarnaast de parallelweg genaamd de Pr. Maximaweg voor lokaal verkeer. Beide wegen zijn geen rijkswegen waardoor het beleid van Rijkswaterstaat niet van toepassing is.

Om inzicht te verlenen in de risico's voor passanten over deze twee wegen wordt het IPR en het MR van de dichtstbijzijnde windturbine doorgerekend. Ook wordt gekeken naar de trefkans van een transport met gevaarlijke stoffen in vergelijking met de ongevalsfrequentie van een transport over de weg.

Net als bij opstellingsalternatief 2 bevindt windturbine HZ-09 van het voorkeursalternatief zich op 20 meter vanaf de Pr. Maximaweg en op 39 meter vanaf de Maasvlakteweg (zie Figuur 3.1)

Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de Handleiding risicoberekeningen windturbines gebruikt voor een onbeschermd persoon.

Tabel 10.3 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	20 en 39	[m]
Lengte van voertuig (lo)	12	[m]
Remweg van voertuig	100	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	80	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	22,2	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	283 en 275	[m]
Aantal passages max individu	500	[#/jaar]
Personen per voertuig	1,6	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[1]	1.983.000	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	1	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonpassages totaal	3.172.800	[#/jaar]

[1] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte voor een werkdag met een intensiteit van 6.000 vte/etmaal met 250 werkdagen en 115 weekenddagen met 70% intensiteit.

Ashoogte	76*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	60	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	4,9 E-08 en 2,2 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (84 meter)

De trefkans voor een onbeschermde passant bedraagt 5,4 x 10^{-12} en 2.5 x 10^{-12} en per passage. Dit leidt tot een IPR van 2,7 x 10^{-09} en 1,2 x 10^{-09}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 1,7 x 10^{-05} en 7,8 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 20 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 6,0 x 10^{-08} en het MR 3,8 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat.

De jaarlijkse voertuigpassages op de weg zou moeten toenemen tot meer dan 10 miljoen voertuigpassages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

10.2.2 Gevaarlijke wegtransporten

De Maasvlakteweg wordt ook gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de aanwezigheid van een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.1 maar dan van een voertuig in de plaats van een onbeschermd persoon blijkt dat het risico van de windturbine voor een vrachtwagen per passage circa 1,7 x 10^{-10} bedraagt over een weglengte van 283 meter. Conform de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2 is de huidige ongevalsfrequentie van een tankwagen onder druk op een weg buiten de bebouwde kom gelijk aan 1,2 x 10^{-08} per kilometer. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +5,1% bedraagt op 20 meter afstand. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het aanwezige intrinsieke risico van het rijden met gevaarlijke stoffen. De gevaarlijke transporten zullen zich echter grotendeels bevinden op de Maasvlakteweg en niet op de op 20 meter afstand gelegen Pr. Maximaweg. Het additionele risico voor een gevaarlijk transport op de Maasvlakteweg op minimaal 39 meter afstand is +3,2%.

Omgerekend naar een kilometer wegtracé waarbij maximaal vier windturbines een risico kunnen veroorzaken is het toegevoegde risico +5,7% en +3,5% per kilometer.

De toegevoegde risico's zijn zodanig klein vergeleken met de risico's behorende bij het rijden op de weg dat er geen nieuwe risicoanalyse van de transporten op de weg hoeft plaats te vinden.

10.2.3 Spoorwegen / Container exchange route

Parallel aan de windturbineopstelling ligt een transportbaan genaamd de Container Exchange Route die in gebruik is als ontsluiting van de achterliggende haventerreinen van de Maasvlakte.

De transportbaan is niet in gebruik voor personentransport maar wordt gebruikt voor de ontsluiting van containers uit de Maasvlakte II. Windturbine HZ-09 op 84 meter bevindt zich het dichtst bij deze transportbaan en wordt gebruikt om het maximale risico te bepalen (zie Figuur 3.1). Om de risico's te bepalen wordt het IPR en het MR gebruikt om de situatie te beoordelen. De situatie is vergelijkbaar met een afgesloten spoorbaan voor goederentreinen en deze situatie wordt gebruikt om het risico inzichtelijk te maken. Ook wordt het additioneel risico op gevaarlijk transporten op de transportbaan bepaald.
Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules 2.26 t/m 2.29 en 3.4 t/m 3.8 uit de handleiding risicoberekening windturbines gebruikt voor de gehele trein.

Tabel 10.4 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	84	[m]
Lengte van voertuig (lo)	200	[m]
Remweg van voertuig	300	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	60	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	16,7	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	225	[m]
Aantal passages max individu	250	[#/jaar]
Personen per voertuig	4	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid[2]	40	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	365	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonpassages totaal	58.400	[#/jaar]
Ashoogte	76*	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	60	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	1,1 E-08	[#/m2]

*Voor bladworp is uitgegaan van de rotorashoogte t.o.v. Maasvlakte terrein (84 meter)

De trefkans voor een gehele containertrein bedraagt 1,6 x 10^{-10} per passage. Dit leidt tot een IPR van 3,9 x 10^{-08}. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1 x 10^{-06} per jaar voor een onbeschermd persoon. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op 9,1 x 10^{-06} per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2 x 10^{-03}. Als we aan alle 22x windturbines hetzelfde maximale risico op 84 meter afstand toerekenen dan is het totale IPR nog steeds lager dan 8,6 x 10^{-07} en het MR 2 x 10^{-04}. Ook dit is ruim beneden de normstellingen van Rijkswaterstaat.

[2] Getal bepaald op basis van inschatting voor drukte op het spoor van 14.600 goederentreinen per jaar.

De jaarlijkse passages van een containertrein met 40 containers zou moeten toenemen tot meer dan 140.000 passages voordat het MR overschreden zou worden door alle 22 windturbines samen. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

10.2.4 Gevaarlijke transporten container exchange route

De container exchange route wordt ook gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de aanwezigheid van een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.3.1 en 3.3.2 maar dan van een voertuig in de plaats van een onbeschermd persoon blijkt dat het risico van de windturbine voor een gehele spoortrein per passage van $1,6 \times 10^{-10}$ bedraagt over een weglengte van 186 en 225 meter. Voor de bepaling van de ongevalsfrequentie wordt ervan uitgegaan dat de betrokken spoorlijn qua veiligheid nagenoeg gelijk is aan de ongevalsfrequentie van de Havenspoorlijn uit de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2: $1,66 \times 10^{-08}$ per kilometer. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +4,2% bedraagt. De trefkansen van vier windturbines samen over een tracélengte van 1 kilometer bedraagt +3,7%. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het reeds aanwezige risico van het rijden met gevaarlijke transporten. Dit geldt ook als de ongevalsfrequentie wordt vergeleken met de ongevalsfrequentie van wegverkeer in de plaats van spoorverkeer.

10.3 Risicovolle inrichtingen en installaties

Bestaande risicovolle inrichtingen in de omgeving van het windpark kunnen een verhoogde kans op schade ondervinden als gevolg van de plaatsing van de windturbines. Hierbij kan worden gekeken naar zowel de huidige aanwezige risicovolle inrichtingen in de omgeving als naar de plaatsing van fictieve risicovolle inrichtingen op de toekomstige bedrijventerreinen behorende bij de havenactiviteiten van de Tweede Maasvlakte.

De risico's van inrichtingen of installaties met gevaarlijke stoffen is geregeld in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Bij een nieuwe of te wijzigen risicovolle inrichting moet de risicoverhogende werking van bestaande windturbines worden meegenomen in de QRA (Handleiding risicoberekeningen Bevi). Conform het Bevi wordt onder andere getoetst of de risicovolle inrichting voldoet aan de normen voor het PR en wordt het GR verantwoord.

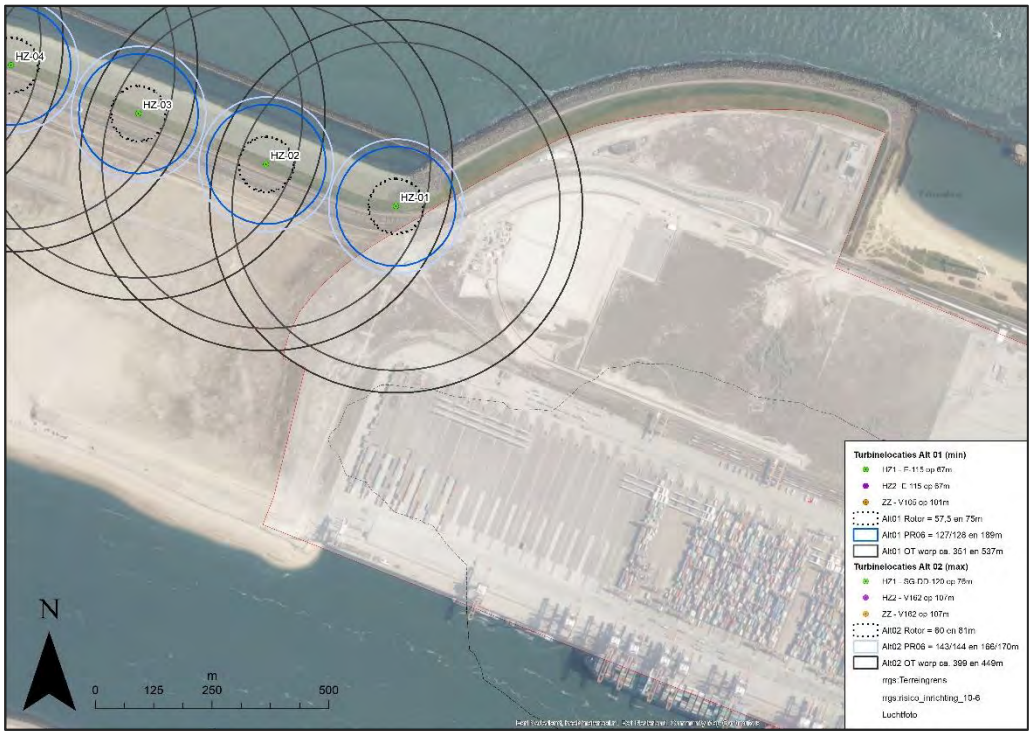
Een windturbine zelf is geen risicovolle inrichting en de toetsing van de toelaatbaarheid van nieuwe windturbines in de buurt van een bestaande risicovolle inrichting is in het Bevi niet geregeld. Een goede ruimtelijke ordening (Wro) houdt wel in dat met risicoverhoging rekening wordt gehouden. Om deze reden wordt in onderstaande paragraaf onderzocht of er bestaande risicovolle inrichtingen in de nabijheid zijn die een significant risico kunnen ondervinden.

Belangrijk voor de bepaling van risico's binnen deze contouren afkomstig uit het faalscenario bladworp bij overtoeren is dat bij moderne windturbines met individuele pitchende rotorbladen overtoeren situatie niet langer voorkomen zoals bij oudere windturbines het geval was. De veiligheidsmaatregelen afkomstig van deze systemen zijn zodanig uitgevoerd dat ook bij uitval van elektriciteit of uitval van één pitch motor de rotorbladen nog steeds aftoeren tot lagere toerentallen dan nominaal toerental. Een situatie van tweemaal het nominaal toerental komt bij moderne windturbines daarmee niet meer voor. De huidige methodieken in de handleiding risicoberekeningen windturbines houden hier nog geen rekening mee.

10.3.1 Bestaande risicovolle inrichtingen

Aan de zuidoostkant van windturbine HZ-01 is een containerhaven van Euromax Terminal C.V. aanwezig waar conform de gegevens op de risicokaart.nl sprake is van een Bevi inrichtingen voor de overslag van containers inclusief containers met gevaarlijke stoffen. De risicocontour op de kaart is ingegeven vanuit de gemaakte QRA voor Euromax Terminal. Hieraan is te zien dat de oorsprong van de risico contouren zich concentreert rond het bebouwde en verharde gedeelte van de Euromax Terminal. Om de mogelijke trefrisico's op containers op deze delen inzichtelijk te maken wordt een trefkansanalyse uitgevoerd op een enkele (40 feet) container op de rand van het verharde terrein waar containers kunnen staan.

Figuur 10.3 Weergave maximale effectafstanden windturbines in relatie tot risicocontouren Euromax Terminal



Effecten voorkeursalternatief

De maximale werpafstand bij overtoeren voor het voorkeursalternatief bedraagt 399 meter. Er is een fictieve container geplaatst op een afstand van 293 meter met een lengte van 40 feet, een breedte van 8 feet en een hoogte van 8,6 feet wat als extra oppervlakte is toegevoegd aan het oppervlakte van de container als raakzone. Om dit totale oppervlakte heen is een zone van 1/3^{e} van een halve rotordiameter als raakzone getrokken om de maximale trefkans te berekenen. Dit is qua risico overeenkomstig met de berekeningen uit paragraaf 3.3.4.2 van de Handleiding risicoberekeningen.

De raakzone ligt daarmee tussen de 273 en de 329 meter. De kans op een werpafstand tussen deze afstanden bedraagt conform het bladworpmodel zonder luchtkrachten 9,1%. Hiervoor dient het blad geworpen te worden binnen een werphoek van 9 graden met een kans van 2,5% bij een uniform verdeelde worprichting. De kans op het faalscenario bladworp bij overtoeren is 5,0 x 10^{-06} waardoor de totale trefkans van een fictieve container op rand van dit terrein 1,1 x 10^{-08} bedraagt.

Omdat hier wordt uitgegaan van een fictieve container met onbekende stoffen en eigenschappen is niet bekend welke intrinsieke faalfrequentie van de container zelf van toepassing is. Om toch inzicht te verschaffen is uitgegaan van een initiële faalfrequentie van container van 1x10^{-06} per jaar. Dit is vergelijkbaar met een Tankauto onder druk van instantaan falen van 5x10^{-07} + Continue uitstroming van 5x10^{-07}. Samen is dit 1x10^{-06} per jaar. Dit is ook een goede faalfrequentie voor de faalfrequentie van catastrofaal falen door intrinsieke oorzaken van een tankcontainer zonder uitwendige oorzaken.

Dit betekent dat de aanwezigheid van de windturbine een maximale risicotoevoeging van +1,1% toevoegt aan een intrinsieke faalfrequentie van $1x10^{-06}$ als gevolg van een container op deze locatie. Een dergelijke risicotoevoeging onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van het reeds aanwezige risico van het plaatsen van een container met gevaarlijke stoffen op deze locaties.

10.3.2 Toekomstige risicovolle installaties of inrichtingen

Voor het voorkeursalternatief geldt dat een trefkans van maximaal $1x10^{-07}$ binnen de zone van werpafstand bij overtoeren wordt behaald bij plaatsing van een ronde installatie met een raakoppervlakte van ca. 5.000 m^2. Dit is bijvoorbeeld gelijk aan een rond opslagvat van één meter hoogte met een diameter van 80 meter. Installaties die een groter raakoppervlakte hebben (ook inclusief hoogte effecten) kunnen mogelijk een groter trefrisico dan $1x10^{-07}$ ervaren waarmee hun eventuele risicocontour significant (>10%) kan vergroten door de aanwezigheid van een windturbine. Installaties met een kleiner raakoppervlak dan 5.000 m^2 zullen naar verwachting een trefrisico ondervinden wat kleiner is dan 10% van een eventueel instrinsieke faalfrequentie van $1x10^{-06}$ waarmee hun risico voor de omgeving niet significant verandert als gevolg van de aanwezigheid van een windturbine.

Wanneer bekend wordt welke installaties gebouwd gaan worden kan specifiek aan de hand van de te bouwen risicovolle installatie worden gekeken wat de trefkans is en in hoeverre die invloed heeft op de risicocontouren van de te plaatsen installatie. Het is dan goed om bij plaatsing ook rekening er mee te houden dat de windturbines uitgevoerd worden met veiligheidssystemen met individueel pitchende bladen waarmee het faalscenario van bladworp bij overtoeren bij een toerental van twee maal het nominale toerental niet meer waarschijnlijk wordt geacht.

10.4 Ondergrondse buisleidingen en bovengrondse gasnetwerk

Binnen de identificatieafstand van het voorkeursalternatief zijn de volgende te beoordelen objecten zijn aanwezig:

- Buisleiding A-624 van KR-004 tot KR-006-2 nabij windturbine HZ-01;
- Buisleiding A-624-10 van KR-004 tot KR-008 nabij windturbine HZ-01;
- Toekomstige aanwezigheid Porthos CO_2 - buisleiding met ondergrondse tracé en installatie voor drukregeling offshore buisleiding nabij windturbine HZ-01.

10.4.1 Buisleiding A-624-10

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental bij windturbine HZ-01 bedraagt 144 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,1 meter dekkingshoogte op een afstand van minimaal 108 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.230 en Y: 444.770 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.358 en Y: 444835 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

Tabel 10.5 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 02

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	SG-DD-120	-
Rotordiameter	120	meter
Masthoogte	76*	meter
Nominaal toerental	13,4	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	20	meter (1/6e rotordiameter)
Gewicht rotorblad	15	ton

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 86 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,10 meter is 1,9 meter. Bij een gronddekking van meer dan 2,1 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.
De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 2,1 meter ligt is 4,0 x 10^{-06} over een tracé lengte van 141 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 2,8 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

10.4.2 Buisleiding A-624

De maximale bladworpafstand bij nominaal toerental voor alternatief 02 bij windturbine HZ-01 bedraagt 144 meter. Binnen deze afstand ligt de buisleiding op minimaal 1,1 meter dekkingshoogte op een afstand van minimaal 108 meter. Er zijn twee stukken van het buisleidingtracé binnen deze afstand waarde buisleiding zodanig diep ligt dat er geen kans is op schade door het bladgewicht. Dit betreft een deel vanaf coördinaat X: 61.230 en Y: 444.770 waar de buisleiding naar het zuiden onder het spoor doorgaat en een deel van het tracé vanaf coördinaten X: 61.358 en Y: 444835 richting het noordoosten.

De kritische afstand is de minimale afstand waarop het zwaartepunt van een rotorblad de grond treft waarbij er schade kan optreden aan de buisleiding.

Om de kritische afstanden te bepalen is uitgegaan van onderstaande windturbine eigenschappen.

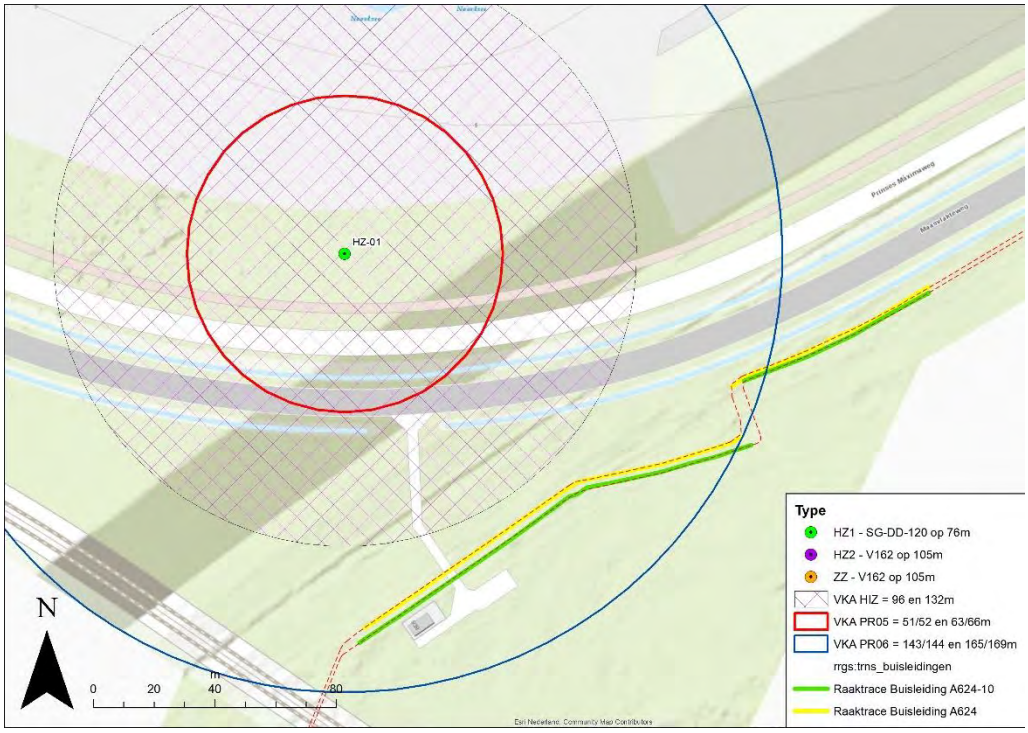
Tabel 10.6 Relevante eigenschappen windturbine van alternatief 02

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Type	SG-DD-120	-
Rotordiameter	120	meter
Masthoogte	76*	meter
Nominaal toerental	13,4	rotaties per minuut
Zwaartepunt van een rotorblad	20	meter (1/6e rotordiameter)
Gewicht rotorblad	15	ton

* Voor de bepaling van de werpafstand is een ashoogte genomen van 86 meter tot aan maaiveld van de Maasvlakte.

De kritische afstand bij een gronddekking van 1,04 meter is 1,8 meter. Bij een gronddekking van meer dan 1,8 meter is er geen sprake meer van een kritische afstand.
De totale trefkans van het tracé binnen de aangegeven coördinaten van het deel wat niet dieper dan 1,8 meter ligt is 3,5 x 10^{-06} over een tracé lengte van 141 meter. Dit komt gemiddeld neer op een trefrisico van 2,5 x 10^{-08} per meter. De invloed op de aanwezige PR-contouren van de buisleidingen dient te worden onderzocht. Er is momenteel geen geaccordeerd rekenprogramma beschikbaar waarmee windturbinerisico's toegevoegd kunnen worden aan de PR-contour risicoberekeningen van buisleidingen. De in deze trefkansanalyse bepaalde trefrisico's kunnen als input gelden voor interne rekenmodellen van de Gasunie om zo het gevolg van dit additionele risico te kunnen bepalen voor dit buisleiding tracé. De gevolgen van deze risicotoevoeging kunnen dan in overleg met de Gasunie worden beoordeeld in het licht van de eisen van de Gasunie in hun eigen beleid en de situatie met betrekking tot de eisen in het Besluit externe veiligheid Buisleidingen voor bestaande buisleidingen.

Figuur 10.4 Weergave raaktracé buisleidingen A-624 en A-624-10



10.4.3 Beoordeling ruimtelijke gevolgen schade aan buisleidingen

Het additionele risico als gevolg van de trefkans van een windturbine kan zorgen voor een vergroting van de risico contouren. De buisleidingen zouden niet langer aan het Besluit externe veiligheid Buisleidingen kunnen voldoen als door de vergroting van de PR-contouren kwetsbare objecten binnen de PR10-06 komen te liggen, tevens kan er sprake zijn van de overschrijding van de richtwaarde indien beperkt kwetsbare objecten komen te liggen binnen de PR10-06 contour van de buisleiding.

Om te analyseren of hier sprake van kan zijn is gekeken naar de maximale invloedsafstanden behorende bij dit type buisleidingen. Voor een 12 inch buisleiding op 80 BAR zoals A-624-10 is de 100% letaliteitsafstand circa 90 meter, de 1% letaliteitsafstand is 190 meter. Voor een 36 inch buisleiding op 80 BAR zoals A-624 is de 100% letaliteitsafstand circa 190 meter en de 1% letaliteitsafstand circa 470 meter. In de omgeving is de brandweerkazerne het enige gebouw wat mogelijk als kwetsbaar object zou kunnen worden gezien. Dit object is gelegen op minstens 359 meter afstand.

Nadere analyses in overleg met de Gasunie dienen aan te tonen waar de plaatsgebonden risicocontouren komen te liggen na plaatsing van de windturbines om te controleren of kan worden voldaan aan de grenswaarden en richtwaarden uit het Besluit externe veiligheid Buisleidingen.

10.4.4 Mitigerende maatregelen bestaande buisleidingen

Om een mogelijk trefrisico voor beide buisleidingen volledig te voorkomen kunnen de volgende maatregelen worden onderzocht:

- Herberekening van de werpafstand bij toerental door specificering zwaartepuntsafstand van een rotorblad tot ascentrum van de windturbine en/of specificering nominaal toerental per windturbinetype;
- Plaatsing van een windturbinetype met een kleinere werpafstand bij nominaal toerental of toepassing van toerentalverlaging (sector management) in de betrokken werprichtingen;
- Aanbrengen van extra gronddekking tot 1,9 meter totale dekking (+0,9 meter) of equivalente afdoende afscherming met platen of andere materialen (beton).

10.4.5 Leidingstrook toekomstige buisleidingen

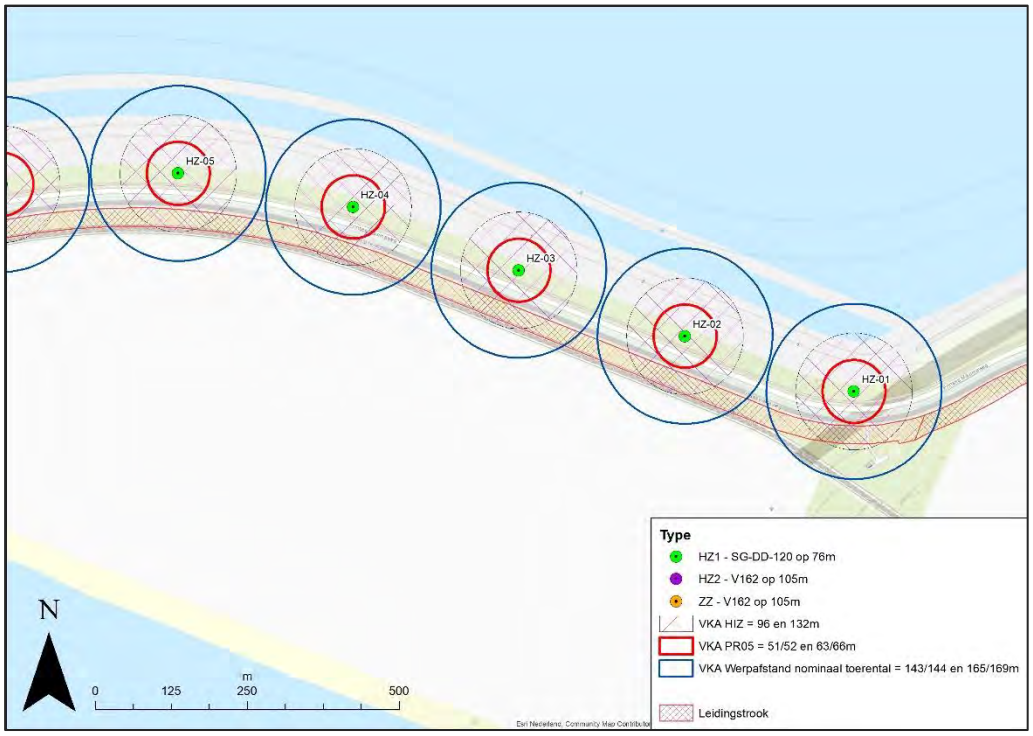
In het bestemmingsplan voor tweede Maasvlakte is een leidingstrook aangewezen welke parallel loopt aan de windturbines en de waterkering. Om te analyseren of er bij aanleg van buisleidingen in deze strook rekening te houden is met de effecten van de windturbines zijn de effectafstanden van de windturbine in onderstaande tabel naast de afstanden tot de rand van de buisleidingstrook gelegd.

Figuur 10.5 Weergave effectafstanden in relatie tot buisleidingstrook

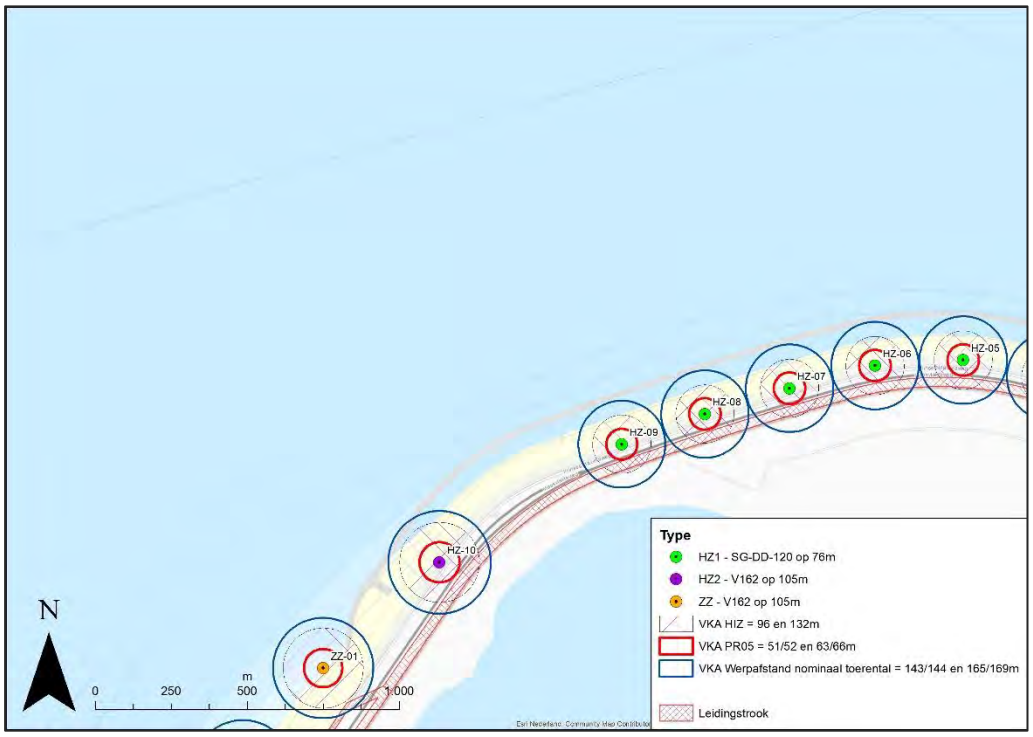
WT	Afstand tot leidingstrook	Maximale effectafstand gondelfalen		maximale effectafstand Mastfalen		Maximale effectafstand bladworp bij	
		Mastbreedte + Max dimensie gondel + 1/6e RD + 2m	Voldoet?	Ashoogte + 1/6e RD + 2m	Voldoet?	Werpafstand nominaal	Voldoet?
		VKA	VKA	VKA	VKA	VKA	VKA
HZ-01	56m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-02	58m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-03	58m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-04	58m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-05	59m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-06	58m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-07	57m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-08	58m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	144m	Nee
HZ-09	52m	40m	Ja / Ja	98m	Nee	143m	Nee
HZ-10	80m	60m	Ja / Ja	134m	Nee	169m	Nee
ZZ-01	139m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+26)
ZZ-02	157m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+8)
ZZ-03	152m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+13)
ZZ-04	154m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+11)
ZZ-05	154m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+11)
ZZ-06	155m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+10)
ZZ-07	155m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+10)
ZZ-08	156m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+9)
ZZ-09	154m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+11)
ZZ-10	153m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+12)
ZZ-11	152m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+13)
ZZ-12	160m	60m	Ja / Ja	134m	Ja / Ja	165m	Nee (+5)

De buisleidingstrook is aanwezig binnen de effectafstand bij mastfalen en de bladworpafstand bij nominaal toerental voor de windturbines op de harde zeewering. Voor de windturbines op de zachte zeewering geldt dat de buisleidingstrook is gesplitst in twee delen waarvan het ene (westelijke) deel ligt binnen de bladworpafstand bij nominaal toerental maar het tweede deel aan de kant van de Tweede Maasvlakte ligt buiten de maximale effectafstanden van de windturbines.

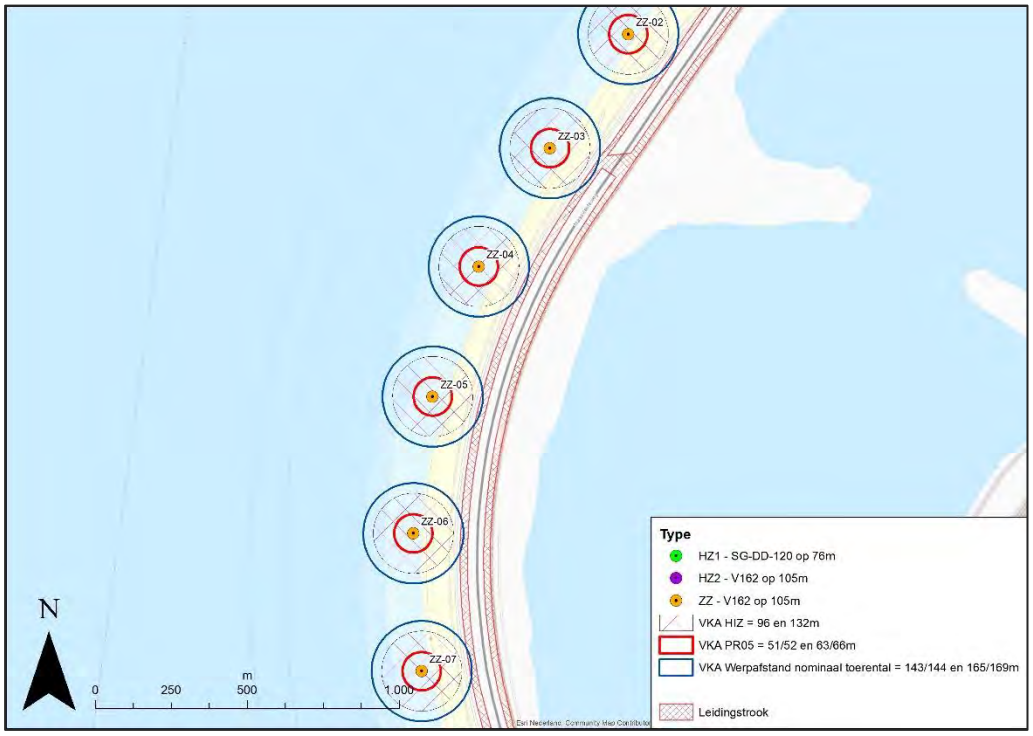
Figuur 10.6 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Noordoost



Figuur 10.7 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Noordwest



Figuur 10.8 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Zuid-1



Figuur 10.9 Weergave buisleidingstrook i.r.t. windpark deelgebied Zuid-2



10.4.6 Mitigatie effecten buisleidingstrook

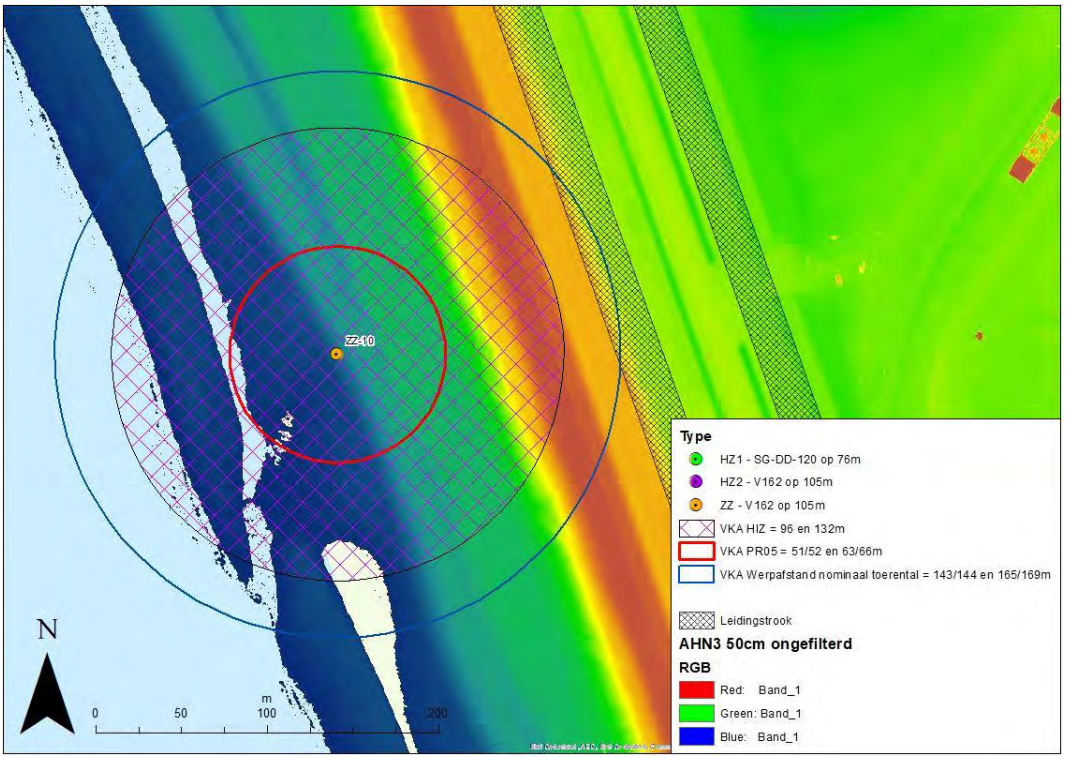
Voor de effecten van de windturbines die plaatsvinden op de buisleidingstrook langs de windturbines van de harde zeewering is een afspraak gemaakt dat eventuele trefrisico's als gevolg hiervan acceptabel zijn tot een vastgestelde einddatum van 1 januari 2040. Na deze einddatum dienen de effecten te worden gemitigeerd of dienen de windturbines te worden verwijderd. Omdat er momenteel geen buisleidingen aanwezig zijn in de buisleidingstrook is er geen sprake van een risico.

Voor de buisleidingstrook langs de zachte zeewering kunnen effecten bij het voorkeursalternatief enkel plaatsvinden als gevolg van het faalscenario bladworp bij nominaal toerental. Bij de plaatsing van toekomstige buisleidingen zijn er meerdere maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat er geen sprake is van een risico op schade aan de buisleidingen als gevolg van de windturbines. Een optie zou kunnen zijn om de toekomstige buisleidingen in eerste instantie aan te leggen in het meer oostelijke gelegen gedeelte van de buisleidingstrook wat niet getroffen kan worden. Buisleidingen voor niet-gevaarlijke stoffen of stoffen met beperkte effectafstanden (CO_2, water, etcetera) kunnen mogelijk wel gelegd worden in het westelijke gedeelte van de buisleidingstrook. Op de meeste locaties van de buisleidingstrook is de cirkel behorende bij de werpafstand bij nominaal toerental tot maximaal 50% over de breedte van de westelijke buisleidingstrook gelegen. Dit gedeelte is direct liggend achter de verhoging van het maaiveld behorende bij de waterkering. Bij de meeste scenario's waarbij het blad in deze richting zal worden geworpen zal de hoogte van de waterkering het grootste gedeelte van de impact verkrijgen waardoor de impact op het buisleidingstrook gedeelte minimaal zal zijn. De lengte van buisleidingstrook binnen de aangegeven cirkel van de werpafstand bij nominaal toerental bedraagt circa 100 meter waarbij een gedeelte van deze buisleidingstrook al deels onder de verhoging van de waterkering ligt (+8m boven NAP i.p.v. +5m boven NAP).

Worst-case gezien zal bij een rotorblad tot maximaal 33 ton een totale diepteligging benodigd zijn van 2,2 meter indien de bladworpafstand bij nominaal toerental is zoals nu berekend. Ook kan een specificatie van de windturbine eigenschappen van de uiteindelijk te plaatsen windturbine in relatie tot de ligging van het zwaartepunt van een rotorblad ten opzichte van het as centrum of een herberekening van de kans op voorkomen van het nominale toerental leiden tot de benodigde verkorting van de werpafstand zodat de buisleidingstrook niet meer geraakt wordt.

Voor de beschikbare windturbinetypes wordt momenteel onderzocht of gronddekking benodigd zou zijn. Momenteel worden de specifieke bladgegevens van de windturbinetypes opgevraagd om te analyseren tot waar de bladworpafstanden daadwerkelijk worden geworpen bij nominaal toerental en wat de betrokken gewichten van de rotorbladen zijn.

Figuur 10.10 Voorbeeld buisleidingstrook i.r.t. windturbine ZZ-10



10.4.7 Porthos buisleiding

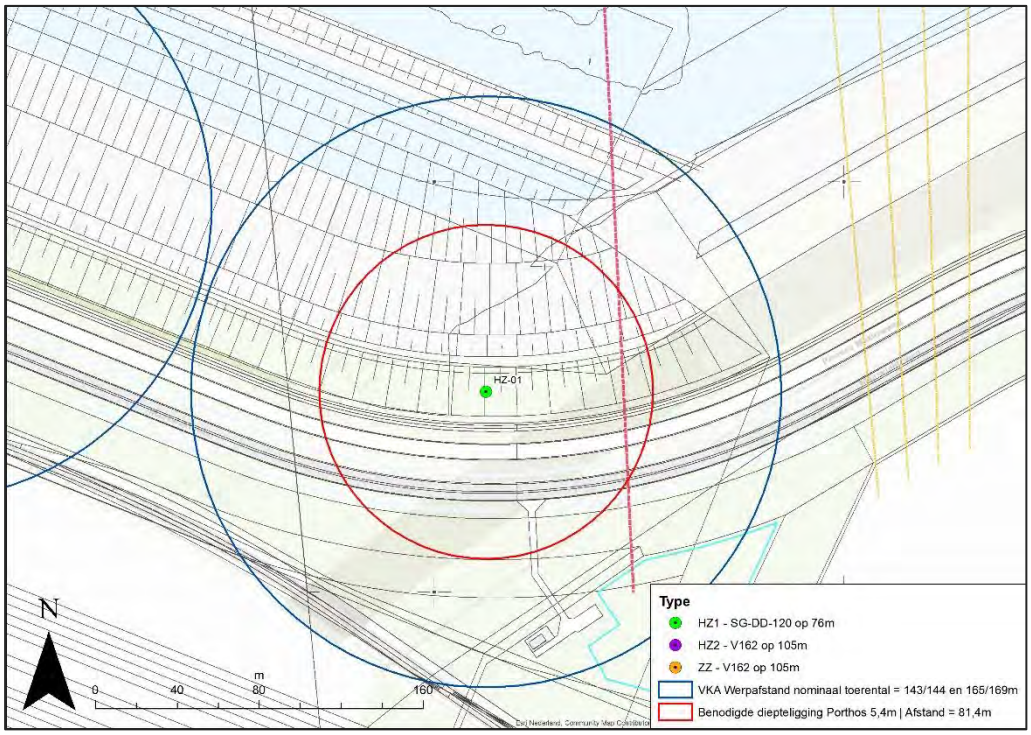
Nabij het plangebied ten oosten van HZ-01 is een offshore buisleiding gepland die vanuit de Maasvlakte richting de zee loopt waarin grootschalige hoeveelheden CO_2 zullen worden getransporteerd. Deze grote buisleiding dient nog te worden aangelegd en te worden vergund. Om te onderzoeken of beide ontwikkeling gezamenlijk kunnen worden uitgevoerd heeft er contact plaatsgevonden met het team van de Porthos buisleiding van de Gasunie.

Het beoogde tracé van de buisleiding ligt op een afstand van minstens 65 meter. In de notitie “Analyse benodigde diepteligging Porthos buisleiding i.r.t. Windpark maasvlakte II” van 20 maart 2020 is geanalyseerd dat binnen een straal van 81,4 meter de minimale gronddekking circa 5,4 meter dient te bedragen om effecten te voorkomen. Gezien de ligging van de buisleiding onder de waterkering, onder de betrokken wegen en de spoorbaan is het zeer waarschijnlijk dat deze minimale diepteligging aanwezig is. Binnen een straal van 144 meter dient een diepteligging aanwezig te zijn van minimaal 2,2 meter.

Deze maten en afstanden zijn doorgegeven aan het team van de Porthos buisleiding van de Gasunie. Uit een eerste reactie blijkt dat een klein deel van de Porthos buisleiding en zijn entry point voor het ondergrondse gedeelte ligt binnen de zone waarbij er schade kan optreden als gevolg van bladworp bij nominaal toerental. De zone van ‘high impact’ rood in onderstaand figuur ligt sowieso diep genoeg om schade te voorkomen. Momenteel wordt onderzocht of de betonnen afdekking van de onderdelen in de zone van ‘low impact’ (bladworp) voldoende kan zijn om schade aan de buisleiding te voorkomen als gevolg van treffen door het gewicht van een bladonderdeel. Deze resultaten worden actief overlegd met het team van Gasunie -

Porthos om tot een acceptabele situatie kunnen komen zodat de toekomstige ontwikkeling van dit project zo min mogelijk belemmerd wordt in zijn uitvoering.

Figuur 10.11 Locatie beoogde ligging leiding Porthos



10.5 Hoogspanningsinfrastructuren

TenneT is geen vergunningverstrekkende instantie en heeft, behalve de leveringsplicht, geen wettelijk bepaalde criteria op basis waarvan afstandseisen binnen een beheersgebied gesteld kunnen worden. Om het risico van windturbines op hun infrastructuur aanvaardbaar te houden, adviseert TenneT een afstand aan te houden gelijk aan de tiphoogte of de maximale werpafstand bij nominaal toerental indien die groter is.

Wanneer niet wordt voldaan aan deze wens, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT bekijkt op basis van het concrete geval welk risico voor het betreffende object op dat moment kan worden aanvaard. Deze toetsafstanden gelden voor het hoogspanningsnetwerk met voltages boven de 110 kV.

Er wordt door TenneT onderscheid gemaakt naar de grootte van het effect door de netsituatie in de afweging mee te nemen. Waar het effect groter is, wordt door TenneT een kleinere of geen trefkans geaccepteerd. TenneT hanteert een beleid met een berekening van de faalkans per verbinding. Hierdoor hoeft niet meer de autonome faalkans van een verbinding berekend te worden, maar kan met de trefkans van de windturbine direct bepaald worden of de positie van de windturbine acceptabel is voor TenneT.

Er zijn geen bovengrondse hoogspanningskabels aanwezig binnen de maximale effectafstanden van de windturbines. Wel wordt er naast windturbine HZ-01 momenteel een

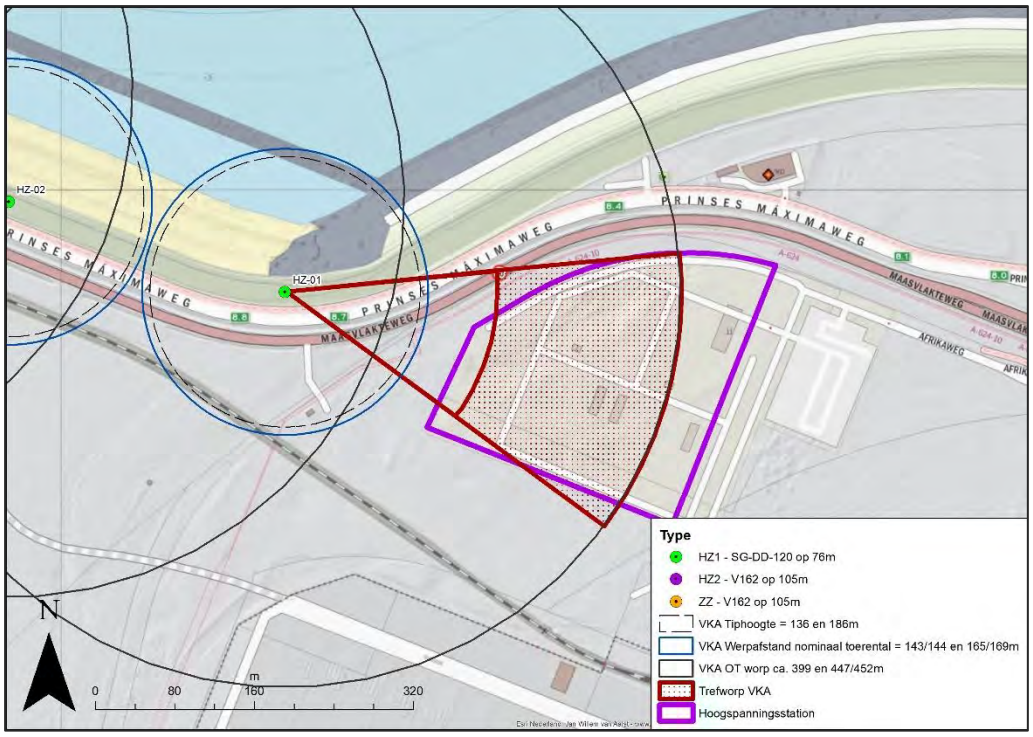
groot bovengronds transformator station gerealiseerd voor de aansluiting van de offshore windparken van Hollandse Kust Zuid. Ook wordt er in de toekomst mogelijk een aansluiting gerealiseerd voor de Windparken IJmuiden Ver waarvoor twee potentiële ondergrondse tracés zijn aangegeven door TenneT en een locatie voor het transformatorstation.

10.5.1 Bovengrondse installatie TenneT voor Windpark HKZ

De grens van het terrein bevindt zich op een afstand van 187 meter vanaf de windturbinelocatie HZ-01. Dit betekent dat het terrein enkel geraakt kan worden door het faalscenario bladworp bij overtoeren. Om de potentiële risico's op de betrouwbaarheid van dit elektrische netwerk te bepalen wordt de trefkans bij overtoeren berekend voor het gehele terrein. Voor de bepaling van de trefkans van het gehele terrein wordt ervan uitgegaan dat het zwaartepunt van een rotorblad op het terrein zelf dient te vallen. Voor de berekening wordt een oppervlakte gelijk aan het oppervlakte van het transformatorstation binnen de werpafstand bij overtoeren genomen en wordt er rekening gehouden met de werprichting van de windturbine.

Voor het voorkeursalternatief bedraagt de werprichting een hoek van 42 graden (11,6%) en de minimale benodigde werpafstand is gemiddeld 213 meter. De kans op het behalen van deze werpafstand is volgens het kogelbaanmodel zonder luchtkrachten 41,7%. Met een faaflfrequentie van 5 x 10^{-06} is de totale trefkans van een willekeurige locatie op het terrein daarmee 2,4 x 10^{-07}. De kans op het treffen van een willekeurige locatie op het terrein per jaar is daarmee ééns in de 4,0 miljoen jaar. Deze trefkans kan gebruikt worden om de invloed op de betrouwbaarheid te bepalen.

Figuur 10.12 Weergave trefzone bladworp bij overtoeren voorkeursalternatief



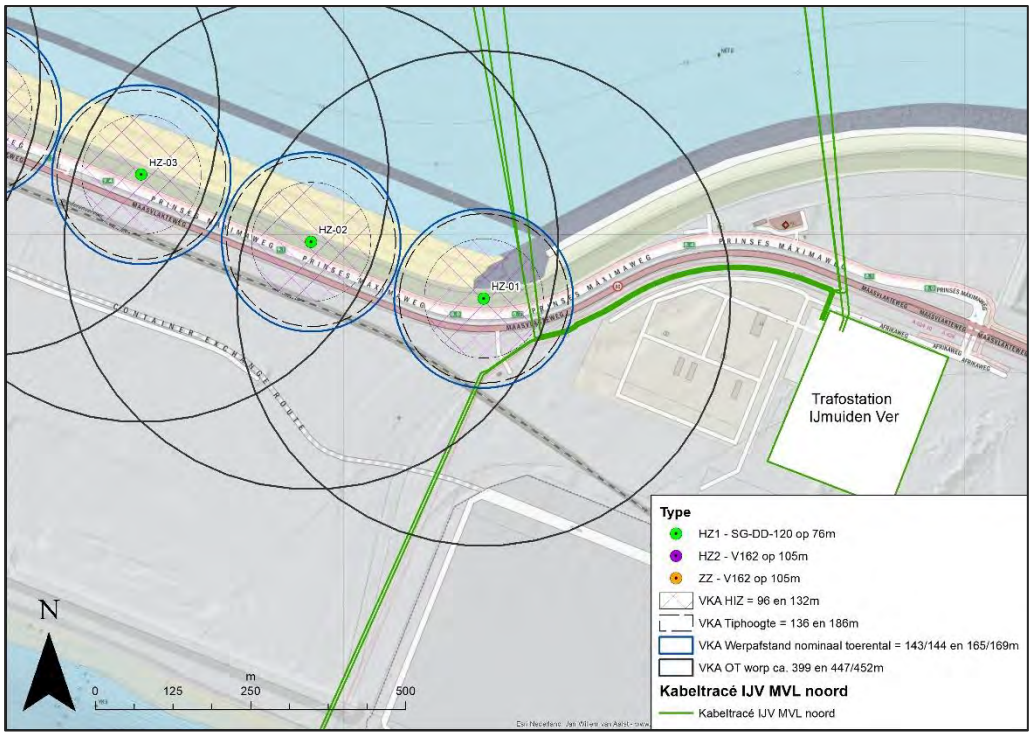
De ondergrondse kabels richting de offshore windparken liggen op minstens 183 meter vanaf de locatie van windturbine HZ-01. Deze kabels kunnen daarmee enkel getroffen worden door bladworp bij overtoeren. Verwacht wordt dat de kabels zodanig diep liggen dat er geen schade wordt verwacht buiten de aanwezige trefkans van het bovengrondse station.

10.5.2 Toekomstige elektranetwerk IJmuiden Ver

Eén van de beoogde locaties voor het transformatorstation van IJmuiden Ver is gelegen achter het transformatorstation voor de windparken van Hollandse Kust Zuid kan niet geraakt worden door enig faalscenario van de windturbine. Wel zullen er meerdere ondergrondse bekabeling lopen langs de windturbine nabij HZ-01 en zijn er meerdere alternatieven voor de offshore ondergrondse kabels. Van de offshore bekabeling wordt geacht dat deze zodanig diep liggen dat er geen schade wordt verwacht bij het treffen van deze tracés. Voor de beoogde delen die lopen langs windturbine HZ-01 met een beperkte diepteligging is de trefkans uitgerekend. De beoogde tracés liggen op 99 meter vanaf de windturbinepositie van HZ-01. De tracés liggen buiten de afstand van de High Impact Zone[3] waarmee het faalscenario mastfalen niet van toepassing is. Dit betekent dat de tracés enkel geraakt kunnen worden door de faalscenario's bladworp bij nominaal toerental en bladworp bij overtoeren. De kritische afstand (de afstand vanaf de kabelligging waar een rotorblad dient te vallen om schade te kunnen veroorzaken) is gesteld op 2 meter.

Voor het voorkeursalternatief is de trefkans 3,8 x 10^{-06}. De kans per jaar op schade is daarmee ééns in de 260.000 jaar.

Figuur 10.13 Weergave potentiele tracés IJmuiden Ver aansluiting TenneT



[3] High Impact Zone = Ashoogte + 1/6x de rotordiameter

10.6 Waterkeringen

De effecten op de waterkerende werking van de zeewering langs de tweede maasvlakte worden beschouwd in een separate rapportage genaamd.

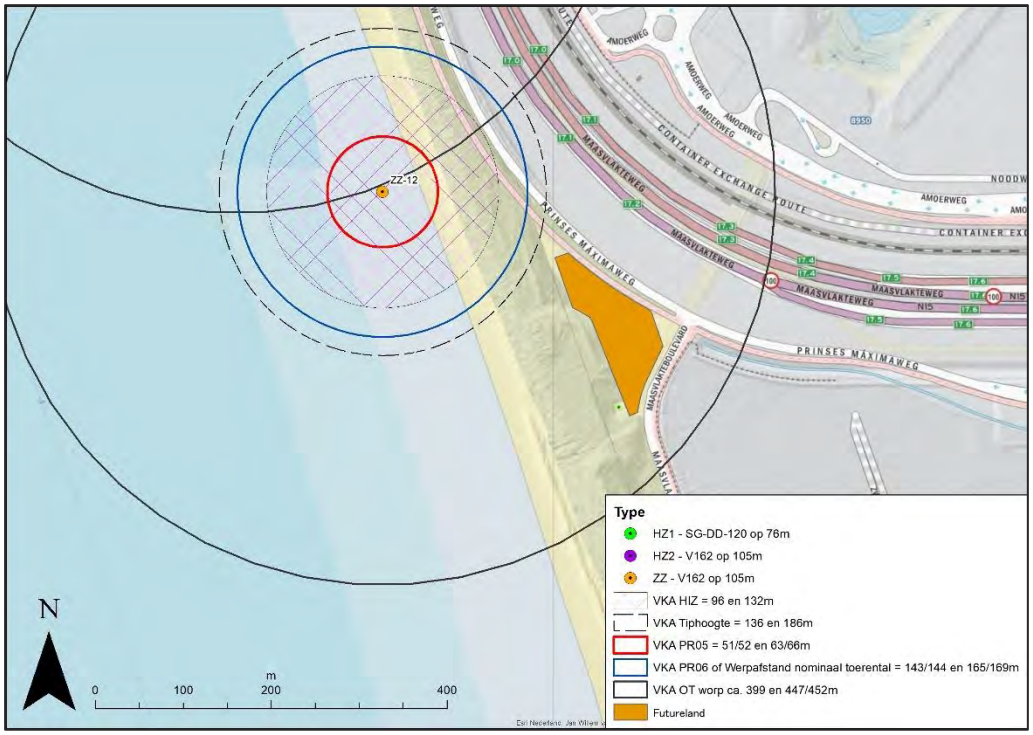
10.7 Beleid en toekomstige ontwikkelingen havenbedrijf Rotterdam

10.7.1 Futureland

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft het voornemen om de huidige locatie van het informatiecentrum Futureland van de Maasvlakte te verplaatsen naar een locatie op de Tweede Maasvlakte. Het beoogde terrein is weergegeven in onderstaand figuur en is gelegen in de buurt van windturbine ZZ-12 van het voorkeursalternatief.

Een informatiecentrum en expositie gebouw voor meer dan 50 bezoekers gedurende langere perioden kan worden gezien als een kwetsbaar object en dient daarmee buiten de $PR10^{-06}$ contour van de windturbines te liggen. Zoals te zien in onderstaand figuur ligt het beoogde terrein zowel buiten de $PR10^{-06}$ contour, buiten de werpafstand bij nominaal toerental en buiten de tiphoogte afstand. De komst van de windturbines is daarmee geen belemmering voor de ontwikkeling van een kwetsbaar object op deze locatie.

Figuur 10.14 Weergave beoogde locatie Futureland i.r.t. windturbine ZZ-12

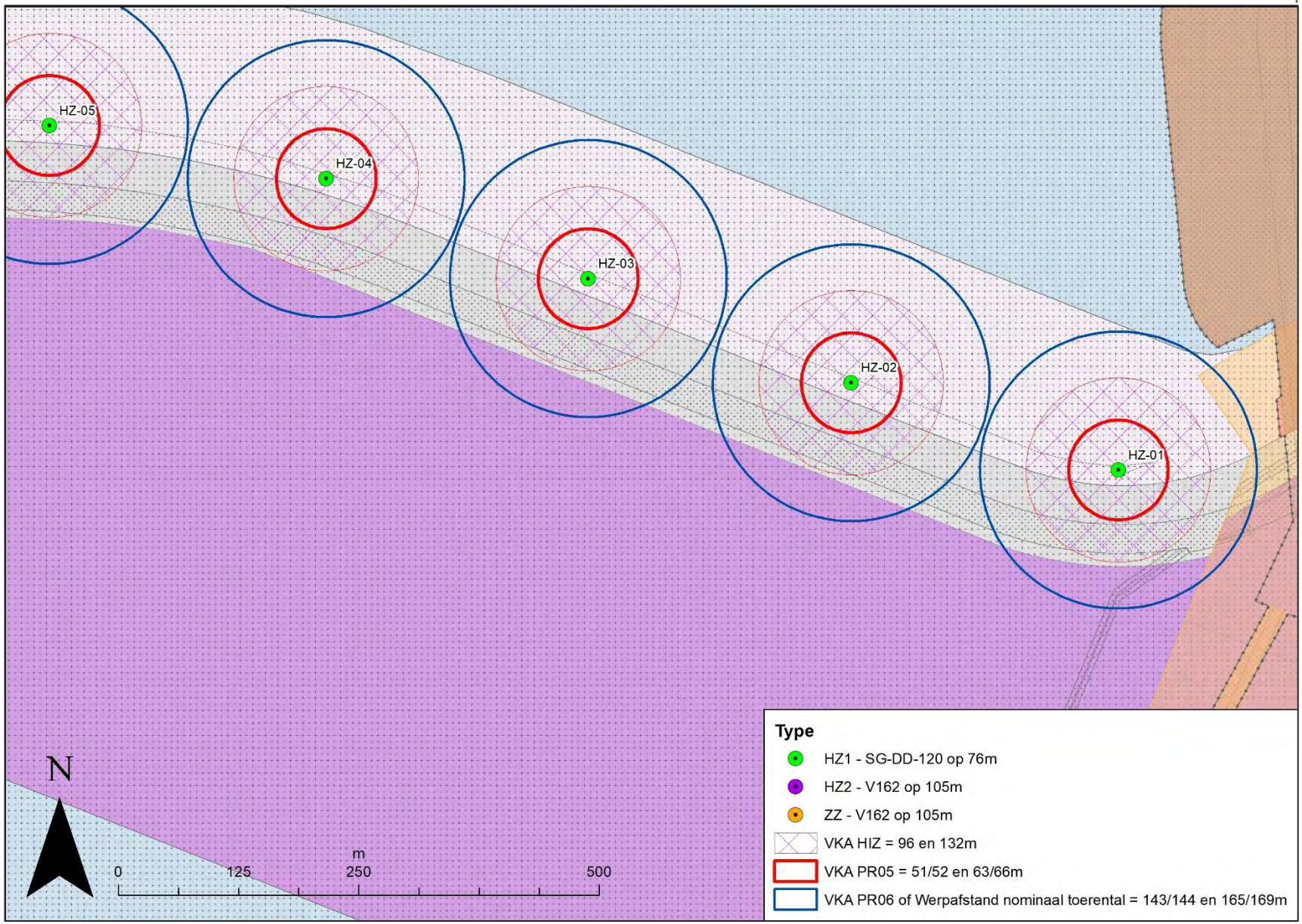


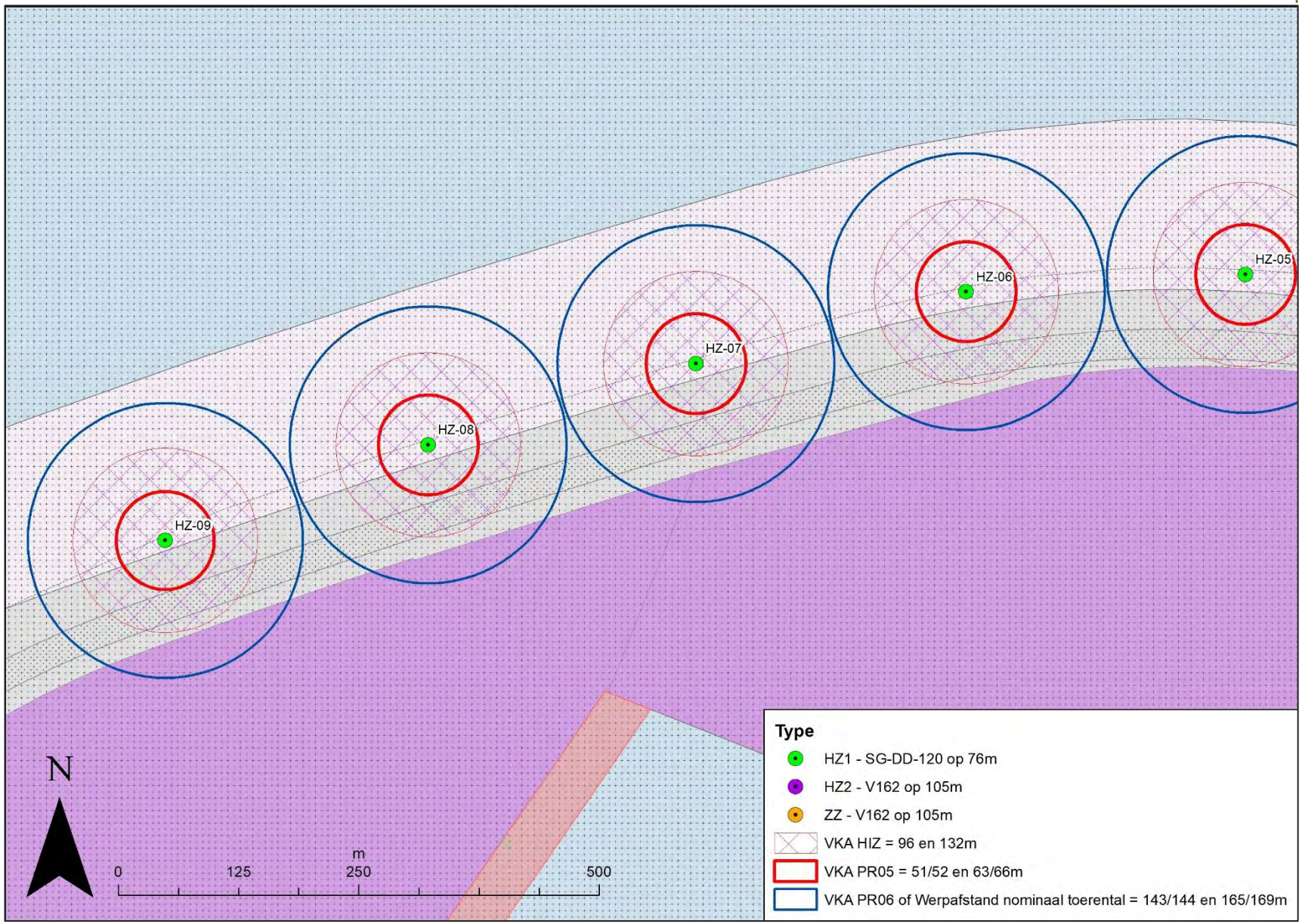
10.7.2 High Impact Zone en maximale PR10-06 contour

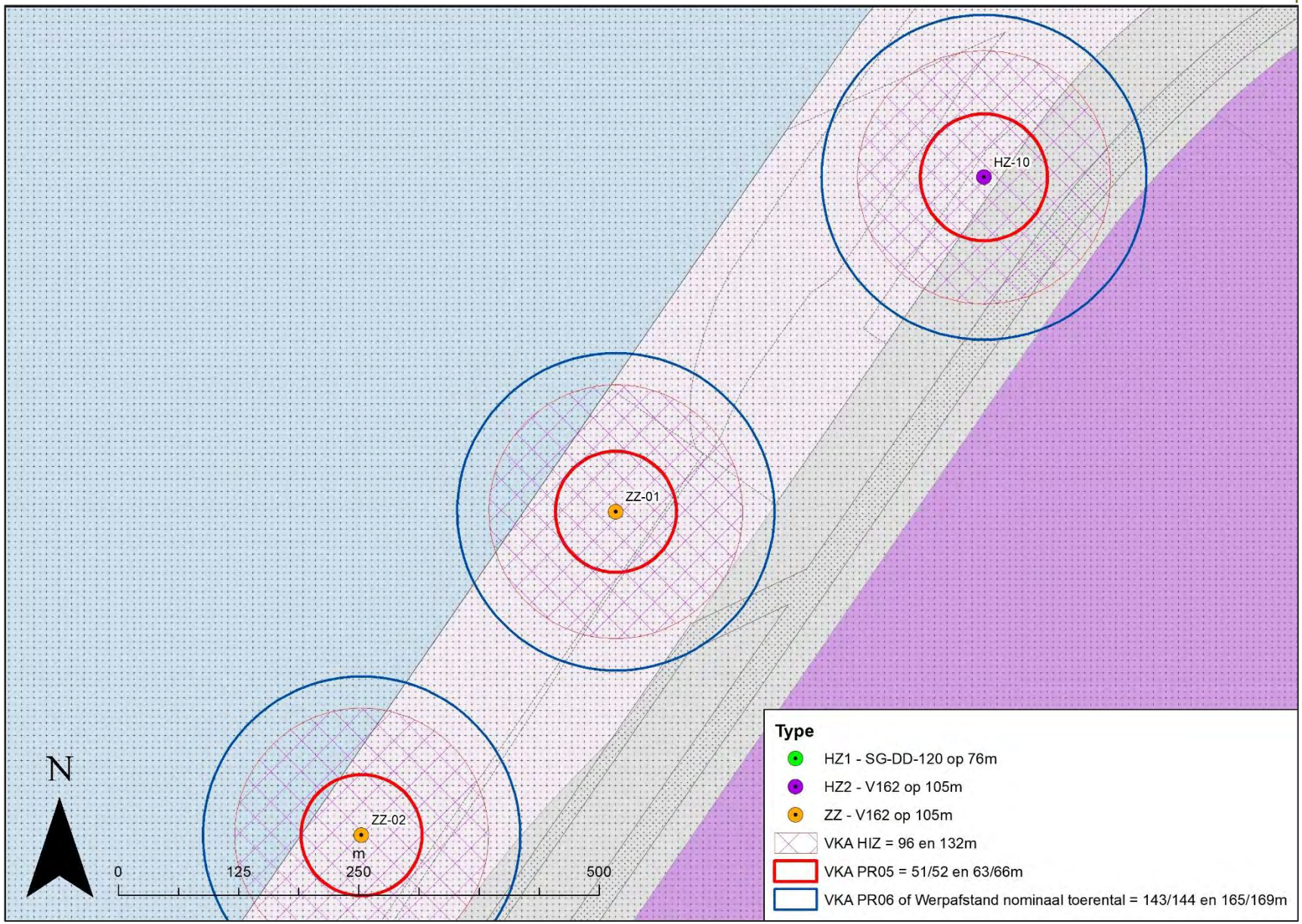
Het Havenbedrijf Rotterdam heeft aangegeven dat de High Impact Zone van de windturbines niet mag zijn gelegen over bepaalde bestemmingen van de Maasvlakte II. De High Impact Zone

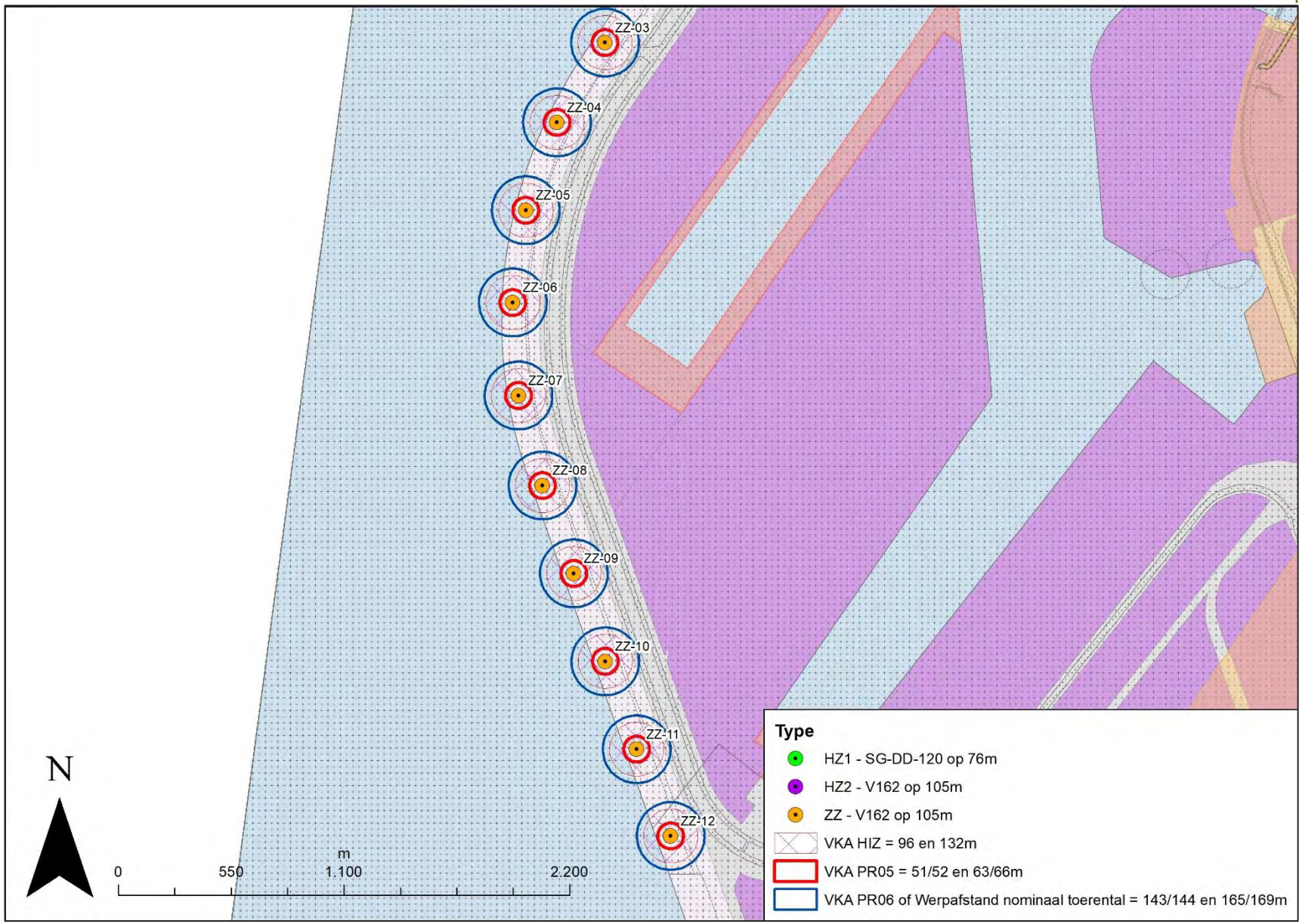
is gedefinieerd als de masthoogte + 1/6x de rotordiameter. Voor de windturbines op de Harde zeewering geldt dat deze zone enkel mag zijn gelegen over de bestemmingen: “Waterstaatkundige doeleinden, Water - 1' en Verkeer”. In onderstaand figuur is te zien dat hieraan kan worden voldaan.

Voor de windturbines op de zachte zeewering geldt dat de High Impact Zone enkel mag zijn gelegen over de bestemmingen: “Waterstaatkundige doeleinden en Water – 1. Omdat de windturbines op de Zachte Zeewering een twee meter lagere ashoogte hebben gekregen zijn de High Impact Zones (Ashoogte + 1/6^{e} x Rotordiameter) niet langer gelegen over de bestemming ‘Wegen’ zoals bij alternatief 02 nog het geval was.


HZ-05
HZ-04
HZ-03
HZ-02
HZ-01
N
0
125
250
500
m
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA HIZ = 96 en 132m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 of Werpafstand nominaal toerental = 143/144 en 165/169m


HZ-05
HZ-06
HZ-07
HZ-08
HZ-09
N
0
125
250
500
m
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA HIZ = 96 en 132m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 of Werpafstand nominaal toerental = 143/144 en 165/169m


HZ-10
ZZ-01
ZZ-02
N
0
125
250
500
m
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA HIZ = 96 en 132m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 of Werpafstand nominaal toerental = 143/144 en 165/169m


ZZ-03
ZZ-04
ZZ-05
ZZ-06
ZZ-07
ZZ-08
ZZ-09
ZZ-10
ZZ-11
ZZ-12
N
0
550
m
1.100
2.200
Type
HZ1 - SG-DD-120 op 76m
HZ2 - V162 op 105m
ZZ - V162 op 105m
VKA HIZ = 96 en 132m
VKA PR05 = 51/52 en 63/66m
VKA PR06 of Werpafstand nominaal toerental = 143/144 en 165/169m

10.8 Kwalitatieve analyse ijsworp scenario

Op 1 tot 2 dagen per jaar kunnen de weeromstandigheden in Nederland zodanig zijn dat er sprake is van significante ijs aangroei aan de windturbinebladen. Bij het loskomen van deze ijsblokken kunnen gevaarlijke situaties ontstaan voor onbeschermde personen of door schrikreacties tijdens transport. Moderne windturbines zijn veelal voorzien van systemen die kunnen detecteren of er sprake is van aangroeiend ijs en/of weersomstandigheden waarbij ijsaangroei kan worden verwacht. Bij het merendeel van de aanwezige windturbines in Nederland hoeven geen specifieke maatregelen te worden genomen om ijsaangroei te voorkomen of het vallen van ijs te voorkomen doordat de meeste windturbines worden geplaatst in open agrarische gebieden waar weinig aanwezigheid van personen worden verwacht. Om ijsworp te voorkomen dient de windturbine te worden stilgezet indien significante ijsaangroei aanwezig is. Het voorkomen van gevaarlijke situaties en het verplicht moeten stilzetten van windturbines is reeds geregeld in de regels van het activiteitenbesluit.

Om te analyseren of de omgeving gevoelig kan zijn voor ijsworp of ijsval wordt gekeken naar de directe omgeving van de windturbines tot aan een afstand gelijk aan de tiphoogte. Binnen deze afstand zijn geen objecten of terreinen aanwezig die gevoelig zijn voor ijsval (zoals kassen).

De windturbines op de zachte zeewering draaien over strand wat toegankelijk is voor personen. Er wordt echter geen significante aanwezigheid verwacht van personen tijdens weersomstandigheden die zorgen voor ijsaangroei. De doorgaande wegen parallel aan het windpark liggen op voldoende afstand om de kans op ijsval zodanig te reduceren dat er geen specifieke maatregelen benodigd zijn. Tevens is de kans op onbeschermde passanten (niet in een voertuig) ten tijde van winterse omstandigheden nihil nabij het windpark of op de lokale wegen.

Er is gezien de niet ijsvalgevoelige omgeving geen aanleiding om additionele maatregelen te nemen om ijsworp of ijsval tegen te gaan bovenop de verplichte wettelijke eisen in het activiteitenbesluit milieubeheer.

BIJLAGE 4



RAPPORT

Windpark Maasvlakte 2

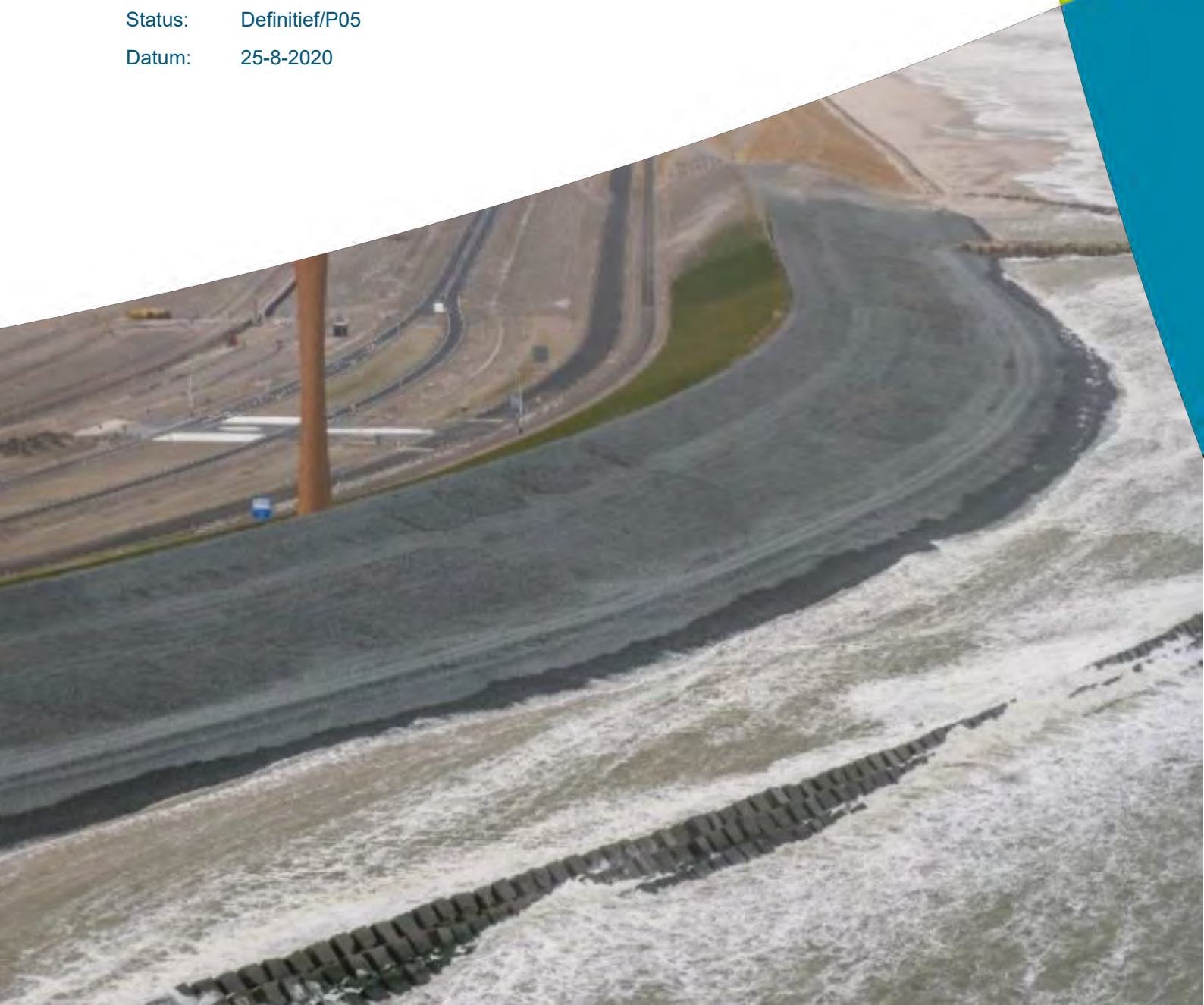
Beoordeling invloed op weringveiligheid

Klant: Eneco Wind B.V.

Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0003

Status: Definitief/P05

Datum: 25-8-2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Maritime & Aviation
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Windpark Maasvlakte 2

Ondertitel: Beoordeling weringveiligheid WP Maasvlakte 2
Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0003
Status: P05/Definitief
Datum: 25-8-2020
Projectnaam: WP Maasvlakte
Projectnummer: BG8375
Auteur(s): [redacted]

Opgesteld door: [redacted]

Gecontroleerd door: [redacted]

Datum:

Goedgekeurd door: [redacted]

Datum:

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

Samenvatting en conclusie **1**

1 Inleiding **7**

1.1 Aanleiding 7

1.2 Probleemstelling 7

1.3 Doelstelling 8

2 Beschrijving aanpak **9**

2.1 Aanpak beoordeling HZ en OZ 9

2.1.1 Beoordeling effecten op waterkerend vermogen 9

2.1.2 Beoordeling effecten op beheer en onderhoud 11

2.1.3 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid 11

2.2 Aanpak beoordeling ZZ 11

2.2.1 Beoordeling effecten op weringveiligheid 11

2.2.2 Beoordeling effecten op beheer en onderhoud 11

2.2.3 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid 11

3 Projectomschrijving **12**

3.1 Situatiebeschrijving 12

3.2 Harde Zeewering 13

3.3 Overgangszone 14

3.4 Zachte Zeewering 16

3.5 Windparkonderdelen 17

3.5.1 Windturbines en fundaties bij de HZ 17

3.5.2 Kraanopstelplaats 18

3.5.3 Toegangswegen en bouwwegen 18

3.5.4 Windparkbekabeling 21

3.6 Projectfasering 22

4 Eisen voor de Zeewering **23**

4.1 Normspecificatie 23

4.2 Eisen ten aanzien van waterkerend vermogen 23

4.3 Eisen ten aanzien van toekomstvastheid 24

4.4 Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud 25

4.5 Constructieve eisen 26

4.6 Eisen uit Risicobeheersplan 27

4.7 Specifieke aandachtspunten 29

5 Uitgangspunten en randvoorwaarden **30**

5.1 Bodemopbouw en geologie 30

5.2 Grondparameters 32
5.3 Waterstanden en hydraulische belastingen 33
5.4 Funderingsontwerp 34
5.4.1 Fundering windturbines op de Harde Zeewering 34
5.4.2 Zachte zeewering 37
5.5 Bouwfasering 39
5.5.1 Harde Zeewering 39
5.5.2 Zachte Zeewering (ZZ) 42
5.6 Verwijderingsfase 42

6 Belastingen 44
6.1 Belastingen tijdens de bouwfase 44
6.1.1 Kruinbelasting 44
6.1.2 Belasting grondterp 44
6.1.3 Belasting kraanopstelplaats 44
6.1.4 Grondversnellingen door trillingen gedurende de bouwfase 44
6.1.5 Wateroverspanningen 47
6.1.6 Verdichting ondergrond 47
6.1.7 Ontgravingen en ophoging 47
6.2 Belastingen tijdens de gebruiksfase 48
6.3 Belastingen tijdens de verwijderingsfase 50

7 Beoordeling ondergrondse effecten Harde Zeewering en Overgangszone 51
7.1 Selectie relevante faalmechanismen o.b.v. kwalitatieve analyse 51
7.2 Beoordeling effecten op overloop en golfoverslag (HT) 55
7.3 Beoordeling effecten op binnenwaartse stabiliteit (STBI) 58
7.4 Beoordeling effecten op buitenwaartse stabiliteit (STBU) 63
7.5 Beoordeling effecten voor bekleding 65
7.6 Beoordeling effecten voorland/zettingsvloeiing 66
7.7 Beoordeling effecten standzekerheid buitentalud/blokkendam 67
7.8 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid en onderhoud 70
7.9 Beoordeling verwijdering funderingssysteem 70

8 Beoordeling ondergrondse effecten Zachte Zeewering 72

9 Beoordeling bovengrondse effecten Harde Zeewering/Overgangszone 76
9.1 Algemeen 76
9.2 Faalscenario's 76
9.3 Faalfrequentienorm 77
9.4 Methodiek 77
9.5 Trefkanszones 78

9.6 Raakfrequenties 78
9.7 Restprofiel wering en kans op kritieke hydraulische belastingsituatie tijdens herstel 80
9.7.1 Te verwachten kraterdiepte 80
9.7.2 Kans op kritieke hydraulische belastingen tijdens herstel 80
9.8 Additionele faalkans 81
9.9 Omvallen kraan 83

10 Bovengrondse effecten Zachte Zeewering 84

11 Beheer, onderhoud en uitbreidbaarheid 86
11.1 Harde Zeewering en Overgangszone 86
11.2 Zachte Zeewering 86

12 Uitbreidbaarheid zeewering 88

13 Monitoring 89

14 Referenties 90

Bijlagen

A1 Afleiding hydraulische belastingen HZ
A2 Bepaling kraterdiepte
A2.1 Inleiding
A2.2 Gewichten en afmetingen windturbine-onderdelen
A2.3 Wijze van bepaling kraterdiepte
A2.4 Inschatting kraterdiepte
A3 Raakfrequenties
A4 Stabiliteit gewapende grondconstructie HZ/OZ

Samenvatting en conclusie

In opdracht van Rijkswaterstaat (RWS) heeft Eneco samen met haar partners Pondera en Royal HaskoningDHV (RHDHV) de ontwikkeling van het Windpark Maasvlakte 2 (WP-MV2) in voorbereiding. Het windpark zal bestaan uit maximaal 22 windturbines op zowel de Harde Zeewering (HZ) als de Zachte Zeewering (ZZ) en de Overganszone (OZ). Deze beide zeeweringen vormen de Buitencontour (BC) van Maasvlakte 2 (MV2). De windturbines op de HZ en OZ worden gerealiseerd op een gewapende grondterp aan de binnenzijde van de wering. De windturbines van de ZZ worden gerealiseerd op een monopaal op het strand.

De zeewering van Maasvlakte 2 is ontworpen voor hydraulische condities (inclusief toeslagen voor golfoploop en golfoverslag voor de HZ; bij de ZZ zit deze versleuteld in de verificatiewijze) met een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar (met als zichtjaar voor eventuele zeespiegelstijging 50 jaar na de aanleg, dus 2063). Onder deze condities dient de HZ bestand te zijn tegen een (gemiddeld) overslagdebiet van 10l/s/m. Daarnaast geldt dat onder operationele omstandigheden bij een hydraulische conditie met een overschrijdingskans van 1/10 per jaar het overslagvolume kleiner moet zijn dan 1 l/s per m^1, op elke locatie langs de Binnenkruinlijn.

De bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbine(s) kunnen direct, dan wel indirect invloed hebben op de weringveiligheid.

Het doel van dit rapport is om voor zowel de HZ/OZ als de ZZ aan te tonen dat het windpark (plaatsen, gebruik en ontmantelen van de windturbines en bijbehorende civiele werken) er niet toe leidt dat de weringveiligheid in alle projectfasen niet gewaarborgd blijft. Beschouwd worden aspecten als het waterkerend vermogen, de uitbreidbaarheid en het beheer en onderhoud. Het beheer en onderhoud is in dit rapport alleen beschouwd voor de HZ en OZ; in een separaat rapport [1] wordt dit aspect beschouwd voor de ZZ.

Teneinde aan te tonen dat aan de hierboven gestelde wordt voldaan, zijn analyses uitgevoerd voor alle faalmechanismen die van belang zijn voor de weringveiligheid. Aangetoond wordt dat deze mogelijke gevolgen op de overschrijdingskans voldoende klein en acceptabel zijn. Maatregelen zijn voorgesteld indien effecten niet acceptabel worden geacht.

Voor de beoordeling van de kans op schade door een windturbine op of nabij een waterkering worden twee soorten effecten onderscheiden: *ondergrondse effecten* (bv. trillingen, kraanbelastingen) en *bovengrondse effecten* (falen van de windturbine of een onderdeel daarvan).

Voorgenoemde effecten zijn beschouwd voor 3 scenario's met betrekking tot de opstelling van het windpark: Alt 02 (Max), Alt 02 (min) en VKA.

Ontwerp
Het funderingsontwerp (fundatie op gewapende grondterp aan de binnenzijde) en de bouwfasering is zodanig ingestoken dat de effecten op de zeewering (bv. ontgravingen, trillingen, vervormingen, verweking, voorkomen overslag tijdens bouwfase etc.) geminimaliseerd worden (geen plaatsing damwanden). Het funderingssyteem is in de toekomst verwijderbaar. Specifieke ontwerpmaatregelen (bv. kleibekleding, 3D structuurmat, grasbetontegels en een drainagesysteem) worden toegepast om erosie te voorkomen. Uitvoeringszettingen worden gecompenseerd. Het ontwerp voorziet in een eventueel toekomstige verhoging. De wering blijft toegankelijk voor beheer en onderhoud.

Het funderingsontwerp bestaat uit de toepassing van een monopaal. Hiervoor is gekozen teneinde de effecten op de weringveiligheid te minimaliseren.

Analyse ondergrondse effecten op weringveiligheid HZ en OZ
Ten aanzien van de ondergronds effecten zijn er geen verschillen tussen de beschouwde scenario's Alt 02 (max), Alt 02 (min) en VKA.

De effecten op de mechanismen 'overlopen' en 'golfoverslag' (hoogte) zijn beoordeeld. Zetting door de aanleg van de grondterpen en fundaties (zetting en zettingsverdichting) kan leiden tot een afname van de kruinhoogte van 10 tot 15 cm. De volgende beheers- en compenserende maatregelen zijn voorzien:

- Monitoren van o.a. de kruindaling en trillingen;
- Compenseren van de opgetreden zetting door ophoging van de kruin volgens de oorspronkelijk opbouw met steen en klei (categorie 1).
- Aanbrengen van met zand gevulde big-bags op de kruin (vermindering van eventuele overslag) tijdens ontgraving van het binnentalud en opbouw van de grondterp en fundatie.

Er zijn geen zettingen (en daarmee een effect op overslag) te verwachten ter plaatse van de blokkendam ten gevolge van het windpark:

- De ondergrond is niet verwekings- en zettingsgevoelig;
- Geen effect aanleg terp op zetting van de diepere ondergrond;
- Trillingen (windturbine, bouwverkeer en heien damwand/monopaal) vinden plaats op meer dan 100 m afstand en leiden daarmee niet tot verdichting van de ondergrond of herschiking van de blokkendam.

De effecten op de macrostabiliteit binnenwaarts zijn gedetailleerd beoordeeld door middel van glijvlakberekeningen. Het volgende is geconcludeerd:

- De ontgraving voor de aanleg van de grondterpen is stabiel, mits de uitvoering plaats vindt onder operationele omstandigheden (niet stormcondities; waterstand met herhalingstijd van 10 jaar);
- De grondterp is ontworpen op basis van de hoogste betrouwbaarheidsklasse RC3. De terp biedt extra weerstand tegen afschuiven en heeft geen nadelig effect op de stabiliteit.
- Aanbrengen van de paalfundering is acceptabel aangezien een trillingsarm en grondverdringend paalsysteem wordt toegepast. Er is hierdoor geen belastingtoename.
- De wering voldoet aan de vereiste stabiliteitsfactor bij tijdelijke ontgravingen ten behoeve van de aanleg van kabels en leidingen. De kabels en leidingen worden op 1,5 m uit de teen aangelegd zodat een eventuele toekomstige verhoging/verbreding van het binnentalud niet belemmerd wordt. De uitvoering dient buiten het stormseizoen plaats te vinden
- Tijdens de bouwfase kunnen trillingen door heien van een monopaal van een windturbine op de ZZ leiden tot een geringe afname van de stabiliteit, maar de veiligheid blijft boven het vereiste niveau.
- Tijdens de gebruiksfase leiden trillingen van de windturbine tot een geringe afname van de stabiliteit, maar de veiligheid blijft boven het vereiste niveau.
- Er zijn geen aanvullende, stabiliteitsverhogende maatregelen voorzien.

Een eventuele toekomstige verhoging/verbreding van de wering (met een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar) wordt door de aanwezigheid van de windturbines niet belemmerd. De bereikbaarheid voor beheer en onderhoud wijzigt niet.

Aan de buitenzijde bevindt zich een stenig duin. De effecten op de macrostabiliteit buitenwaarts zijn gedetailleerd beoordeeld en zijn gering. Aan de buitenzijde vinden geen werkzaamheden plaats en

daarmee geen verstoring. De berekende stabiliteitsfactor voldoet aan de eis. Er zijn geen aanvullende maatregelen voorzien.

Het mechanisme 'piping' is niet relevant aangezien sprake is van een zanddijk op een zandondergrond en er geen sprake is van een waterstandsverschil. Ook na de bouw van de windturbines is er bovendien geen grensvlak waarlangs zandmeevoerende wellen kunnen ontstaan. De fundering is ook gelegen ruim boven het niveau van de maatgevende hoogwaterstand.

Het mechanisme 'microstabiliteit' is niet van belang aangezien er geen sprake is van een waterstandsverschil.

De effecten op de klei- en grasbekleding zijn kwalitatief beoordeeld. Ter plaatse van de gewapende grondterpen zal de bestaande kleibekleding worden ontgraven en de grasmat mogelijk worden beschadigd. De plaatsing en aanwezigheid van de windturbines wordt acceptabel geacht om de volgende redenen:

- Tijdens de uitvoering worden op de kruin bigbags geplaatst ter voorkomen van golfoverslag;
- De grondterpen worden afgewerkt met 0,70 m klei (categorie 1) en grasbetontegels;
- De kleibekleding langs de buitencontouren van de grondterp en ter plaatse van het platform met trappen, worden versterkt teruggebracht (circa 1,0 m kleidikte categorie 1);
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht op de kruin en het binnentalud (ook ter plaatse van het platform met trappen) om de erosiebestendigheid te garanderen, indien de nieuwe grasmat nog niet volledig is hersteld voor aanvang van het stormseizoen. Hiermee zijn beschadigingen aan de grasmat t.g.v. wegverkeer eveneens hersteld;
- Er wordt een drainagesysteem (grindkist) toegepast om erosie (b.v regenval en overslag) te voorkomen;
- De uitvoering van de bekabeling wordt zorgvuldig verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw';
- Voor een goede aansluiting gezorgd wordt tussen de grondterp van de fundering en de bestaande bekleding;
- Aanvullende maatregelen worden genomen bij stormcondities 1:10.000 (zie toelichting in paragraaf 5.5.1).

De effecten op de stabiliteit van het voorland zijn kwalitatief beoordeeld op basis van aangeleverde gegevens ten aanzien van de eigenschappen van het zand waaruit de wering en ondergrond is opgebouwd (conclusie: niet verwekingsgevoelig) en de geometrie welke ongewijzigd blijft. Er wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen effect zal hebben op de stabiliteit van het voorland.

Door uitvoering onder dagelijkse omstandigheden en met monitoring van vervormingen en trillingen worden de negatieve effecten tijdens de uitvoering acceptabel geacht.

Aan het eind van de bouw- en verwijderingsfase worden alle onderdelen verwijderd (met een mogelijke uitzondering van de funderingspalen in de HZ); het verwijderen van funderingpalen is mogelijk. Een eventuele toekomstige verhoging/verbreding van de wering (met een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar) wordt door de aanwezigheid van de windturbines niet belemmerd. De bereikbaarheid voor beheer en onderhoud wijzigt niet.

Ondergrondse effecten ZZ

Ondergrondse effecten op het duin worden met name veroorzaakt door trillingen tijdens het aanbrengen van damwanden (t.b.v. realisatie van de terp) en het aanbrengen van de monopalen. Ten aanzien van de

ondergrondse effecten zijn er geen verschillen tussen de beschouwde scenario's Alt 02 (max), Alt 02 (min) en VKA.

De effecten op de macrostabiliteit zijn beperkt; er worden geen volumes zand verwijderd. Bij eventueel lokale afschuivingen is herstel gemakkelijk en dient plaats te vinden door herbeplanting van helmgras en uitgevoerd te worden in zand met een korreldiameter van 333 mu of meer.

Zoals voor de HZ is aangegeven heeft de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardig effect op de stabiliteit van het voorland. Eventuele zakking door verdichting van losgepakte zandlagen onder invloed van trillingen kan gemakkelijk worden hersteld door middel van aanvullen met zand.

De aanleg van speciale duinwegovergangen voorkomt hoge belastingen bij taludranden. Hiervoor dient zand afgegraven te worden. De navolgende maatregelen worden genomen zodat er geen effect is op de veiligheid van de zeewering:

- Het af te graven zand voor de duindoorsteek wordt hergebruikt op dezelfde locatie. Er is dus geen sprake van een afname van zandvolume;
- Begroeiing wordt hersteld (helmgras).

De bekabeling wordt door middel van een gestuurde boring aangelegd binnen een tijdelijke pers- en ontvangstkuip (na gebruik te verwijderen) met onderwaterbeton. Hiermee ontstaat er lokaal en tijdelijk een hard punt en kan eventueel erosie door oppervlakteafstroming (effect gering, stroomsnelheden zijn laag) optreden. De verdwenen zandvolumes dienen te worden hersteld gedurende de bouwfase. Tijdens periodes van storm dient de bouwkuip te worden gevuld met zand om het ontstaan van een erosiepunt te voorkomen. Aan het eind van de bouwfase dienen de damwanden verwijderd te worden en – waar van toepassing – de begroeiing te worden hersteld. Het onderwaterbeton bevindt zich onder de steenbestorting en het afslagprofiel en wordt niet verwijderd; het heeft geen invloed op de weringveiligheid. Tijdens de ontmanteling van het windpark aan het einde van de levensduur, kan het onderwaterbeton eventueel alsnog verwijderd worden.

De uitbreidbaarheid en de bereikbaarheid voor beheer en onderhoud wijzigt niet ten gevolge van de aanleg van het windpark. Anti-stuifmaatregelen zijn voorzien om negatieve effecten op bijvoorbeeld het verkeer, te voorkomen.

Analyse bovengrondse effecten HZ en OZ

De analyse van de bovengrondse effecten is gebaseerd op de faalfrequenties van windturbines voor de volgende faalscenario's:

- Mastbreuk (inclusief gondel/rotor)
- Neerstorten van de gondel en/of de rotor
- Bladbreuk bij nominaal toerental en overtoeren (2x nominaal)

Bij neerkomen van een windturbineonderdeel zal schade aan de waterkering optreden door kratervorming of door afschuiving als gevolg van een schokgolf. In dat geval is er een gereduceerd waterkerend vermogen. Er wordt vanuit gegaan dat het aanbrengen van een noodoplossing **maximaal 14 dagen** duurt waarbij de waterveiligheidsfunctie weer hersteld is. Dit wordt gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) [21]. De hydraulische belasting die tijdens deze herstelperiode nog kan worden gekeerd bepaalt de kans dat de zeewering faalt. Vervolgens dient de wering in oorspronkelijke staat hersteld te worden voorafgaand aan het volgende stormseizoen.

De wering is ingedeeld in zones waarvoor per faalscenario de trefkansen zijn berekend: binnentalud, kruin, buitentalud en blokkendam. Het voorland zeewaarts van de blokkendam is niet beschouwd vanwege de aanwezige waterdiepte en de daardoor geringe kans op schade.
In de beoordeling wordt gewerkt van grof naar fijn. In eerste instantie zijn alle zones samen beschouwd als kritische strook: aangenomen wordt dat het neerkomen in deze strook zal leiden tot falen van de zeewering.

Vermenigvuldiging van de faalfrequentie en de trefkans resulteert in de raakfrequentie.

In de beoordeling wordt voor de maximaal toelaatbare toename van de faalkans van de *wering* een eis van 1% van de autonome normfrequentie gehanteerd. De ***totale faalkans*** van de waterkering voor het **gehele** windpark dient kleiner te zijn dan:

$$P_{eis;MECH;DSN;1\%} = 1/10.000 * 1\% = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$$

Opgemerkt wordt dat het uitgangspunt van de beschouwing van de totale frequentie een conservatieve benadering is. Hierbij worden de trefkansen van alle windturbines die invloed hebben op de HZ/OZ bij elkaar opgeteld voor alle relevante trefzones.

In de effectanalyse is de additionele faalkans van de waterkering ($P_{MECH;Additioneel}$) gelijkgesteld aan de raakfrequentie (gesommeerd van alle windturbines) maal de kans op een kritieke hydraulische belastingsituatie tijdens het stromseizoen binnen de vereiste tijd voor noodreparatie aan de waterkering ($P_{falen\ herstel}$).

Ten aanzien van de bovengrondse effecten zijn er kleine verschillen tussen de beschouwde scenario's Alt 02 (max), Alt 02 (min) en VKA. Voor elk scenario is aangetoond dat $P_{MECH;Additioneel} \leq 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ ($P_{eis;MECH;DSN;1\%}$). Er is daarom geen nader onderscheid meer gemaakt tussen de verschillende trefkanszones.

De kraanopstelplaatsen zijn gedimensioneerd op de te verwachten kraanbelastingen. Het omvallen van een kraan is niet maatgevend ten opzichte van mastfalen of gondelval, ook al omdat de werkzaamheden plaatsvinden buiten het stormseizoen. De lokaal ontstane schade dient binnen 14 dagen hersteld te worden en voor aanvang van het stormseizoen.. Dit wordt gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) [21].

Analyse bovengrondse effecten ZZ
De aanwezigheid van windturbines op het strand van de ZZ heeft invloed op de morfologische processen maar een analyse (in [1]) laat zien dat dit een beperkt negatief effect is. Dit aspect, de effecten op de waterveiligheid en de te nemen maatregelen (het vergroten van het minimum duinvolume) zijn in detail onderzocht en beschreven in [1]. Om lokale ontgrondingen te voorkomen (zie [1]) wordt een erosiebescherming rondom alle windturbines aangebracht op minimaal 1 m beneden de minimum bodemligging bij elke windturbine zodat er te allen tijde ruime zanddekking aanwezig is

Door het falen van een windturbine of een onderdeel daarvan en bij het omvallen van een kraan zal kratervorming kunnen ontstaan, zowel op de duinen als op het strand.
Het restprofiel zal niet noemenswaardig afwijken van het vóór afschuiving aanwezige profiel; er wordt geen volume zand verwijderd. Daarnaast betreft het een lokale verandering, die echter wel het erosieproces kan beinvloeden (aanwezigheid hard object en krater).

Herstel is gemakkelijk uitvoerbaar en dient binnen 14 dagen plaats te vinden door, anti-stuifmaatregelen, herbeplanting van helmgras op de duinen en het binnen enkele werkdagen aanvullen van de kraters met zand met een korreldiameter van 333 mu of meer. Dit wordt gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) en is ook opgenomen in het V&G.

Er zijn geen grote verschillen tussen de beschouwde scenario's Alt 02 (max), Alt 02 (min) en VKA.

Alhoewel de kraanopstelplaatsen (op een terp mogelijk omgeven door damwanden en geotubes) tijdelijk van aard zijn, is het mogelijk dat ze tijdens het winterstormseizoen op het strand zullen staan en daardoor een mogelijk risico voor de veiligheid van de waterkering kunnen vormen. Dit aspect is in detail onderzocht in [1]. Na de bouw worden de kraanopstelplaatsen verwijderd waarbij alleen het gebruikte zand (met korreldiameter van minstens 330 μm) achterblijft (toename totale zandvolume).

Transport naar de windturbinelocatie zal plaatsvinden via 2 bestaande (P5 en P6) en 2 nieuwe duinovergangen. Het af te graven zand wordt hergebruikt op dezelfde locatie waarmee een afname van zandvolume wordt voorkomen. Eventuele compenserende maatregelen (zoals zandbuffers) worden in grof zand (D_{50} > 333 μm) uitgevoerd en dienen beplant te worden met helmgras. Anti-stuifmaatregelen (rijshoutschermen) zijn voorzien om negatieve effecten op bijvoorbeeld het verkeer, te voorkomen.

De transportbaan op het strand (parallel aan de duinen) zal in principe bestaan uit Stelconplaten (of vergelijkbaar) omdat deze NWO's potentieel geen negatief effect hebben op het faalmechanisme duinafslag zodat ze gedurende het stormseizoen kunnen blijven liggen. Indien aanvullend gekozen wordt voor de toepassing van rijplaten, dan dienen deze bij aandiening van een storm verwijderd te worden (gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) [21]) naar een te realiseren opslaglocatie (landinwaarts van de wering).

Monitoring
Middels het monitoringsplan wordt aangetoond dat het veiligheidsniveau van de Zeewering gewaarborgd blijft. Dit monitoringsplan is door Tauw opgesteld [12].

Er wordt gemonitord in het kader van risicobeheersing, veiligheid en toestandsbepaling. Apart van het monitoringsplan maakt de uitvoerende partij een escalatieplan, voor de gevallen waarbij tijdens de werkzaamheden buiten de kaders van het monitoringsplan wordt getreden.

Een belangrijk onderdeel vormt de standzekerheid van de blokkendam. In het monitoringsplan is hier extra aandacht aan besteed. Middels het monitoringsplan wordt de hoogte van de blokkendam in beeld gebracht en kan een oordeel gegeven worden over dit hoogtebeeld ten tijde van realisatie, exploitatie en ontmanteling van de windturbines (levensduur 25 jaar). Ook omliggende objecten (zoals de radartoren) en het omliggende wegennet worden gemonitord.

Conclusie
Op basis van de uitgevoerde analyses is aangetoond dat:

- het windpark (plaatsen, gebruik en ontmantelen van de windturbines en bijbehorende civiele werken) de weringveiligheid in alle projectfasen waarborgt mits de benoemde maatregelen uitgevoerd worden;
- het beheer, onderhoud en inspectie niet belemmerd wordt;
- er ruimte blijft voor toekomstige versterking van de kering.

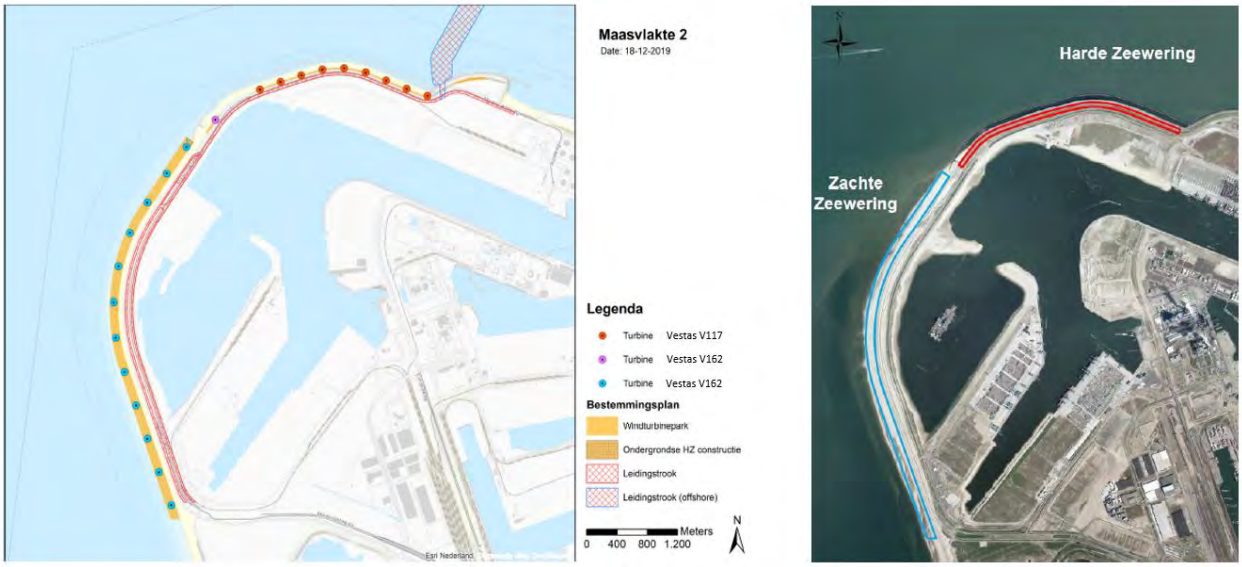
Realisatie van het windpark is daarmee geen belemmering voor de weringveiligheid.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat (RWS) heeft Eneco samen met haar partners Pondera en Royal HaskoningDHV (RHDHV) de ontwikkeling van het Windpark Maasvlakte 2 (WP-MV2) in voorbereiding. Het windpark zal bestaan uit 22 windturbines met een gezamenlijk vermogen van ruim 100 MW. Het windpark zal gerealiseerd worden op zowel de Harde Zeewering (HZ) als de Zachte Zeewering (ZZ), zie Figuur 1. Deze beide zeeweringen vormen de Buitencontour (BC) van Maasvlakte 2 (MV2). De ZZ is een zandige waterkering bestaande uit een strand met een achterliggend duin. De HZ bestaat uit een blokkendam, tussenwater en een stenig duin. Het stenig duin bestaat uit een zandkern met buitentalud en deel kruin bedekt met breuksteen en met binnentalud en deel kruin afgedekt met klei en graszode.

In onderstaande figuur is de locatie van het windpark, inclusief de specifieke windturbineposities opgenomen.



Figuur 1: locatie windpark Maasvlakte 2

In deze fase van het project worden nog meerdere typen windturbine overwogen. In deze beoordeling wordt uitgegaan van de volgende basisopstelling en bijbehorende bandbreedtes:

- 9 windturbines op de HZ met een rotordiameter tussen de 115 en 120 meter en een masthoogte tussen 67 en 76 meter;
- 1 windturbine op HZ met een rotordiameter tussen de 150 en 162 meter en een masthoogte tussen de 101 en 107 meter;
- 12 windturbines op ZZ met een rotordiameter tussen de 150 en 162 meter en een masthoogte tussen de 101 en 107 meter.

1.2 Probleemstelling

De zeewering is onderdeel van het waterstaatswerk Noordzee waardoor de Waterwet van toepassing is. In het kader van deze wet stelt het bevoegd gezag (RWS) eisen aan de wijze waarop het windpark in de zeewering zal worden aangelegd, geëxploiteerd en ontmanteld.

De zeewering van Maasvlakte 2 is ontworpen voor hydraulische condities (inclusief toeslagen voor golfoploop en golfoverslag voor de HZ; bij de ZZ zit deze versleuteld in de verificatiewijze) met een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar (met als zichtjaar voor eventuele zeespiegelstijging 50 jaar na de aanleg, dus 2063). Onder deze condities dient de HZ bestand te zijn tegen een (gemiddeld) overslagdebiet van 10l/s/m. Daarnaast geldt dat onder operationele omstandigheden bij een hydraulische conditie met een overschrijdingskans van 1/10 per jaar het overslagvolume kleiner moet zijn dan 1 l/s per m^1, op elke locatie langs de Binnenkruinlijn.

De bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbine(s) kunnen direct, dan wel indirect invloed hebben op de weringveiligheid. Verschillende faalmechanismen van de zeewering kunnen nadelig worden beïnvloed, waardoor de overschrijdingskans toeneemt.

In het kader van de Waterwet dient daarom te worden aangetoond dat gedurende de gehele levenscyclus van het windpark aan de gestelde veiligheidseis voor de zeewering wordt voldaan. Met andere woorden, **de zeewering inclusief windturbines moet aantoonbaar bestand zijn tegen condities behorend bij een waterstand (met bijbehorende toeslagen voor golf- en weercondities en zeespiegelstijging) met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar.**

Het referentiekader is de huidige weringveiligheid.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit rapport is om voor zowel de HZ (inclusief OZ) als de ZZ aan te tonen dat het windpark geen nadelige gevolgen heeft voor de weringveiligheid. Hiervoor worden de volgende aspecten beschouwd:

- Het *waterkerend vermogen*: de (bouw)werken en bijbehorende activiteiten mogen geen nadelige invloed hebben op de hoogte en stabiliteit van de zeewering. De functie van de zeewering moet te allen tijde behouden blijven.
- Het *beheer en onderhoud*: beheer en onderhoud ter waarborging van de functie van de zeewering moet met conventionele methoden kunnen blijven plaatsvinden. Hierbij is tevens de doelstelling om het verstuiven van zand en de effecten daarvan te beperken (ten minste gelijk te houden aan het niveau voorafgaand aan de werkzaamheden)
- De *uitbreidbaarheid*: om in de toekomst de weringveiligheid op orde te kunnen houden is extra ruimte gereserveerd om dijkverbeteringsmaatregelen uit te kunnen voeren (bv. maatregelen die samenhangen met zeespiegelstijging). Voor de HZ is dit 0,5 m op de kruin en het binnentalud; voor de ZZ zal dit in de vorm van toename van het zandvolume zijn. Deze ruimte dient open te worden gehouden.

Het referentiekader is de huidige veiligheid.

In de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen de Harde Zeewering (HZ) en Zachte Zeewering (ZZ).

2 Beschrijving aanpak

2.1 Aanpak beoordeling HZ en OZ

2.1.1 Beoordeling effecten op waterkerend vermogen

Teneinde aan te tonen dat aan de gestelde veiligheidseis wordt voldaan, zijn in navolgende hoofdstukken analyses uitgevoerd om te bepalen wat de gevolgen zijn van het windpark op alle faalmechanismen die van belang zijn voor de weringveiligheid. Aangetoond wordt dat het windpark (plaatsen, gebruik en ontmantelen van de windturbines en bijbehorende civiele werken) er niet toe leidt dat de zeewering minder goed bestand is tegen de ontwerpcondities. Opgemerkt wordt dat de beschreven aanpak identiek is voor de overgangsconstructie.

De HZ is zodanig ontworpen en gedimensioneerd dat deze de komende 50 jaar bestand is tegen een extreme mix van weer-, wind- en getijdecondities met een verschijningskans van 1:10.000 (inclusief toeslagen) en waarbij 10 liter per strekkende meter per seconde aan water over de dijkkruin op het grasbeklede binnentalud spoelt. Aangetoond dient te worden dat de wijze van het plaatsen, exploiteren en ontmantelen van het windpark het minimale veiligheidsniveau van de harde zeewering niet vermindert. Teneinde te voldoen aan de gestelde veiligheidseis worden analyses uitgevoerd om te bepalen wat de gevolgen zijn van het windpark op alle faalmechanismen die van belang zijn voor de waterveiligheid. Aangetoond wordt dat het windpark (plaatsen, gebruik en ontmantelen van de windturbines en bijbehorende civiele werken) er niet toe leidt dat de zeewering minder goed bestand is tegen de ontwerpcondities.

Belangrijke aandachtspunten zijn o.a.:

- standzekerheid dijklichaam;
- standzekerheid blokkendam;
- effecten van falen van windturbines op de weringveiligheid;
- erosie binnentalud door golfoverslag (schade aan bekleding) en regenval;
- overgangsconstructie tussen HZ en ZZ;
- effect van trillingen installatie monopiles;
- effect van trillingen van de windturbines tijdens exploitatie;
- effect van zettingen.

Voor de beoordeling van de kans op schade door een windturbine op of nabij een waterkering worden twee soorten effecten onderscheiden:

1. *Ondergrondse effecten* van de bouw, gebruik en verwijderen van de windturbine en bijbehorende werken. Tot de ondergrondse effecten behoren o.a.:
    - Trillingen door heien van palen en/of damwanden ter plaatse van de ZZ;
    - Trillingen opgewekt door de windturbine;
    - Belastingtoename door transporten, kranen en materiaalopslag;
    - Afname weerstand door ontgravingen.
2. *Bovengrondse effecten* bij falen van de windturbine of een onderdeel hiervan tijdens de gebruiksfase. Tot deze effecten behoren schade door:
    - Mastbreuk;
    - Gondelval;
    - Bladworp.

Aanpak beoordeling van gevolgen voor waterkerend vermogen door ondergrondse effecten
De analyse van de gevolgen door ondergrondse effecten betreft een beoordeling van alle relevante faalmechanismen.

De te beschouwen faalmechanismen voor de HZ zijn:
- Afschuiven en/of erosie gras en kleibekleding;
- Macro-instabiliteit binnenwaarts;
- Macro-instabiliteit buitenwaarts;
- Instabiliteit van het voorland door afschuiving of zettingsvloeiing.

De faalmechanismen 'piping' en 'microstabiliteit' zijn niet beschouwd, aangezien deze niet van toepassing zijn op de zeewering. Er is geen sprake van een waterstandverschil, waardoor deze mechanismen niet kunnen optreden.

Kwalitatieve analyse
Voor elk faalmechanisme is eerst kwalitatief bepaald wat de mogelijke effecten van de windturbines zijn op de sterkte en/of de belasting van de zeewering. De effecten zijn geanalyseerd voor alle projectfasen:
- de bouwfase;
- de gebruiksfase;
- de verwijderingsfase.

Deze eerste stap betreft een grove en eenvoudige beoordeling. Als hieruit blijkt dat er geen ongunstig effect is, of dat de bijdrage van de windturbines aan de overschrijdingskans verwaarloosbaar klein is, dan blijft een gedetailleerde analyse achterwege.

Gedetailleerde beoordeling
In deze tweede stap wordt voor de relevante faalmechanismen **en** projectfasen een gedetailleerde beoordeling uitgevoerd op basis van berekeningen (bijvoorbeeld glijvlakberekeningen voor de beoordeling van de macrostabiliteit).

De weringveiligheid voor de nieuwe situatie is vergeleken met de ontwerpsituatie. Indien er sprake is van een (tijdelijk) negatief effect op de weringveiligheid, zijn maatregelen voorgesteld waarmee de negatieve effecten verholpen of voorkomen kunnen worden. Voor de maatregelen zijn principeoplossingen beschreven, die in de definitieve ontwerpfase nader uitgewerkt dienen te worden.

Aanpak beoordeling van gevolgen voor weringveiligheid door bovengrondse effecten
De beoordeling richt zich op de volgende faalscenario's van de windturbine overeenkomstig het Handboek Risicozonering Windturbines (RVO, 2014):
1. Het omvallen van de mast, inclusief gondelhuis en rotor;
2. Het neerkomen van het gondelhuis met de rotor;
3. Bladbreuk of het afbreken van delen van een rotorblad.

In de beoordeling worden de volgende stappen doorlopen:
- Vaststellen faalfrequentie per faalscenario voor de windturbine;
- Definiëren kritische zones zeewering, waarbinnen het neerkomen van een windturbine, of een onderdeel hiervan, kan leiden tot falen van de zeewering;
- Vaststellen raakfrequentie (faalfrequentie x trefkans) per turbine en per faalscenario aan de hand van trefkansberekeningen;
- Inschatting van de te verwachten schade (kraterdiepte) aan de zeewering (bepalen restprofiel) bij neerkomen van de windturbine of een windturbineonderdeel;

- Bepalen van de kans op optreden van maatgevende hydraulische condities tijdens de herstelperiode;
- Berekenen additionele faalkans per scenario op basis van de faalfrequenties voor het falen van de windturbine, de totale raakfrequenties en de kans op falen van de kering tijdens reparatie.

In deze beoordeling wordt voor de maximaal toelaatbare toename van de faalkans van de waterkering een eis van 1% van de autonome normfrequentie gehanteerd (zie toelichting paragraaf 9.1). De totale faalkans van de wering door het windpark dient kleiner te zijn dan:

$$P_{eis;1\%} = 1/10.000 * 1\% = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$$

Opgemerkt wordt dat het uitgangspunt van de beschouwing van de totale frequentie een conservatieve benadering is. Hierbij worden de trefkansen van alle windturbines die invloed hebben op de HZ/OZ bij elkaar opgeteld voor alle trefzones.

2.1.2 Beoordeling effecten op beheer en onderhoud

Beoordeeld wordt aan de hand van de voorlopige ontwerpen of de zeewering toegankelijk blijft voor conventionele beheer- en onderhoudsmethoden binnen een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar. Verwezen wordt naar hoofdstuk 11.

2.1.3 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid

Aan de hand van de voorlopige ontwerpen wordt beoordeeld of de wering uitbreidbaar blijft: ophoging van kruin en binnentalud met 0,5 m moet mogelijk zijn binnen een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar. Verwezen wordt naar hoofdstuk 12.

2.2 Aanpak beoordeling ZZ

2.2.1 Beoordeling effecten op weringveiligheid

Voor de zachte zeewering is naar de volgende aspecten gekeken:

- Effecten bouw, gebruik en verwijdering op duinafslag;
- Effecten bouw, gebruik en verwijdering (bv. ten gevolge van plaatsing damwanden en heien palen) op de OZ en de HZ.

De morfologische effecten zijn in een separaat rapport behandeld [1].

2.2.2 Beoordeling effecten op beheer en onderhoud

Voor een uitgebreide beoordeling van de effecten op beheer en onderhoud wordt verwezen naar een separaat rapport [1]. In hoofdstuk 11 worden de belangrijkste aspecten behandelt.

2.2.3 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid

Voor de beoordeling van de effecten op de uitbreidbaarheid wordt verwezen naar een separaat rapport [1].

3 Projectomschrijving

3.1 Situatiebeschrijving

In 2013 is de aanleg van de Maasvlakte 2 afgerond. Het gebied is opgespoten met zeezand, waarbij achter een zeewering haventerreinen en –bekkens zijn aangelegd. De zeewering bestaat uit twee deelsystemen met daartussen een Overgangszone:

- langs de westelijke begrenzing van het gebied een zogenoemde Zachte Zeewering (ZZ), een zandige waterkering bestaande uit een strand met achterliggend duin, en;
- langs de noordelijke begrenzing (tussen de Maasvlakte en de Nieuwe-Waterweg) een zogenoemde Harde Zeewering (HZ).

Het plan voor Windpark Maasvlakte 2 betreft de aanleg van in totaal 22 windturbines op zowel de Zachte Zeewering (ZZ) als de Harde Zeewering (HZ).

Onderstaande visualisaties geven een impressie van hoe het windpark er in de toekomst uit gaat zien:



Windpark gezien vanaf de radartoren kijkend langs de harde zeewering.



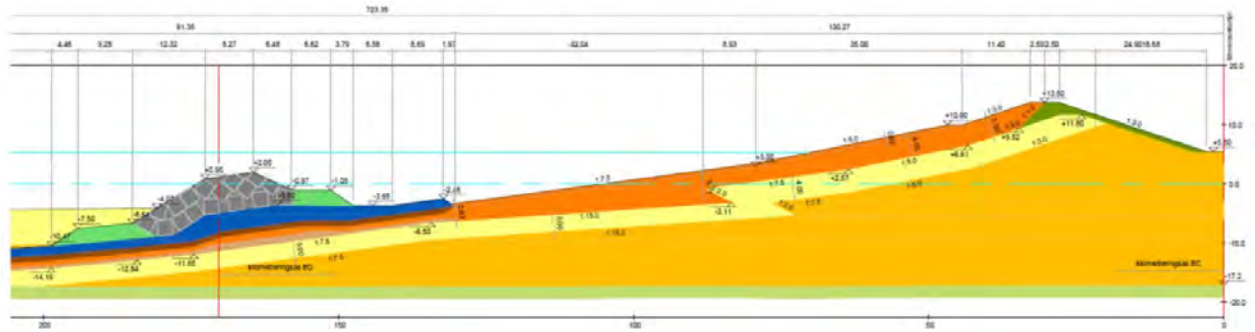
Windpark gezien vanaf het intensieve strand.

Figuur 2: visualisaties van het toekomstige windpark

3.2 Harde Zeewering

De HZ bestaat (vanaf het water beschouwd) uit [2]:

- een blokkendam, bedoeld om de grootste stormgolven vanaf de Noordzee te breken,
- vervolgens een tussenwater,
- gevolgd door een stenig duin. Het stenig duin bestaat uit een zandkern met buitentalud en deel kruin bedekt met breuksteen en met binnentalud en deel kruin afgedekt met klei en graszode.



Figuur 3: Principe doorsnede Harde Zeewering. In grijs de Blokkendam, in oranje het dynamisch stabiele stenig duin en in groen de binnendijkse dijkbekleding (gras en klei)



Figuur 4: harde zeewering met blokkendam en radartoren en de overgang naar de zachte zeewering

Uit Figuur 3 zijn de navolgende maatvoeringen af te leiden:

- Kruinniveau NAP+13,80 m (ontwerpniveau) alhoewel kruiniveau's van NAP+13,5 en NAP+13,7 m ook voorkomen;
- Maaiveldniveau achterland NAP+5,50 m;

- Talud binnenzijde 1:3 (v:h);
- Boventalud 1:3 verlopend naar 1:5 voor het middentalud en naar 1:7,5 voor het ondertalud;
- Afstand hart kruin tot hart blokkendam ca. 105,6 m. Dit is ook bij benadering de afstand van de windturbines tot hart blokkendam;
- Kruinhoogte blokkendam NAP+0,9 m tot NAP+2,0 m;
- Voorlandhoogte zeezijde blokkendam ca. NAP-4,1 m bij teen blokkendam en geleidelijk aflopend.

De dijk bevindt zich op een met zeezand opgespoten fundering.

Het dijklichaam zelf bestaat uit een zwaar verdichte zandkern. Vanaf de kruin tot de binnenteen is ze bedekt met een kleibekleding met een erosiebestendige grasmat. De dikte varieert van ca. 2 m op de kruin tot 0,7 m op het binnentalud.

Het talud is bekleed met een 3 à 4 m dikke laag breuksteen (20/135mm). Nabij de buitenteen ligt een blokkendam bestaande uit in een nauwkeurig patroon gestapelde betonblokken (38-46 ton).

De steenbekleding is ontworpen als een dynamisch stenig duin: tijdens een zware storm zal en mag de bekleding vervormen, waarbij de breukstenen over het buitentalud worden herverdeeld. Het volledige buitentalud (vanaf de blokkendam tot de kruin) is bedekt met deze steenbekleding.

3.3 Overgangszone

Met de overgangszone wordt het gebied aangeduid waar de HZ in de ZZ overgaat. De overgangszone tussen de harde en zachte zeewering ligt ten noorden van de raai BC-3700. Het bijzondere aan deze overgangszone is dat de bodem voor de teen van de HZ (genaamd de Conus) langs de HZ in noordelijke richting geleidelijk afloopt. Er worden regelmatig (tweejaarlijks) onderhoudssuppleties uitgevoerd. Als gevolg van dergelijke onderhoudssuppleties wordt het morfologische systeem telkens weer uit evenwicht gebracht. Dit heeft een versterkte eroderende trend tot gevolg.



Figuur 5: overgangszone

De blokkendam buigt af richting het strand en de duinen van de ZZ. Tevens bevindt zich er een scheidingslijn tussen het dynamisch stabiele stenig duin van de HZ en de duin van de ZZ.

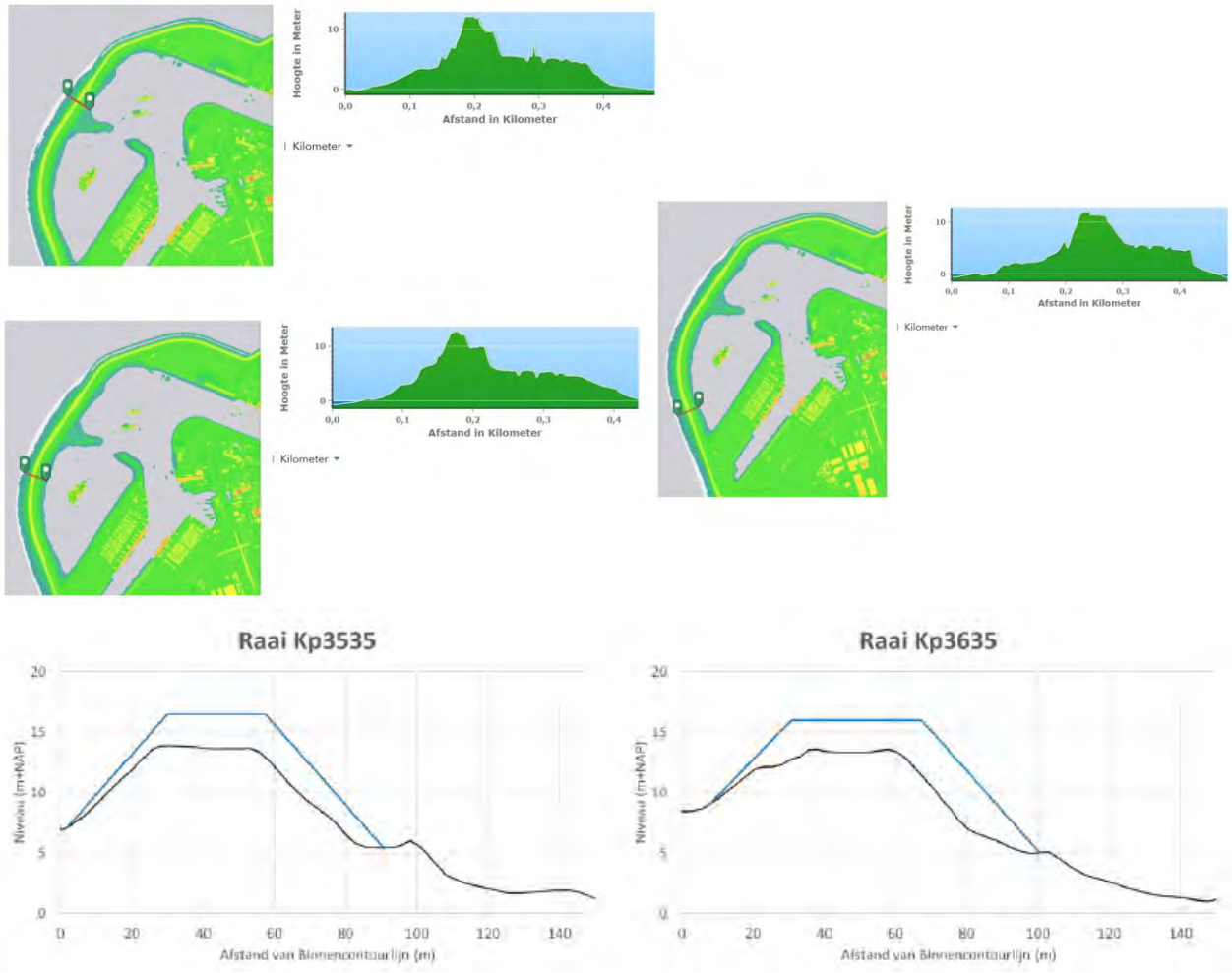
Teneinde een vloeiende overgang van de harde naar de zachte zeewering te bewerkstelligen, zijn een aantal eisen gesteld aan de geometrie [3]:

- Maximale kruinhoogte NAP+16,5 m;
- Kruinlijn landzijde maximaal 1:7;
- Kruinlijn zeezijde maximaal 1:7 ten opzichte van de buitenkruinlijn van de HZ;
- Kruinhoogteverloop niet steiler dan 1:3;
- Talud landzijde niet steiler dan 1:3;
- Talud zeezijde constant onder 1:3.

3.4 Zachte Zeewering

De ZZ bestaat uit een zandige vooroever, strand en duinen. Hierachter liggen de haventerreinen van Havenbedrijf Rotterdam (HbR). De ZZ is continue aan veranderingen onderhevig ten gevolge van allerlei morfologische processen.

Teneinde toch een beeld te geven van de algemene geometrie zijn in onderstaande figuur enkele doorsneden opgenomen:



Figuur 6: enkele doorsneden uit AHN3 ter indicatie van de algemene geometrie (boven) en versterkte duinprofielen t.p.v. de OZ [3].

De kruinhoogte varieert per sectie (vastgestelde hoogte) en bedraagt ca. tussen de NAP+12 á +14 m. In [3] zijn een aantal eisen opgenomen voor het versterkte duinprofiel. De versterking is uitgevoerd met zand. Het talud aan de landzijde mag niet steiler zijn dan 1:3. Het talud aan de zeezijde bedraagt 1;3.

De windturbines worden aan de voorkant van het duin, op het strand geplaatst. Dit is een morfologisch actieve zone. Omdat de windturbines in de morfologisch actieve zone staan kan dit een nadelig effect hebben op de hoogwaterveiligheid en op het uit te voeren kustonderhoud. De morfologische aspecten worden in een separaat rapport behandeld [1].

3.5 Windparkonderdelen

Voor de beoordeling van de effecten op de weringveiligheid wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende onderdelen:

- Windturbines en fundaties bij de HZ (HZ-01 t/m HZ-10);
- Windturbines en fundaties bij de ZZ (ZZ-01 t/m ZZ-12);
- Kraanopstelplaats voor windturbines bij de HZ;
- Kraanopstelplaats voor windturbines bij de ZZ;
- Toegangswegen en bouwwegen;
- Windparkbekabeling;
- Inkoopstation.

3.5.1 Windturbines en fundaties bij de HZ

Het type windturbine is in deze fase van het project nog niet bekend. Er worden nog verschillende typen windturbines overwogen. De basisopstelling van de windturbines bij de HZ bestaat uit:

- 9 windturbines bij de HZ (HZ-01 t/m HZ-09) met een rotordiameter tussen de 115 en 120 meter en een masthoogte tussen 67 en 76 meter. De beoogde typen zijn:
  - V117 4.2 MW op 76 meter masthoogte;
  - SWT DD 120 4.3 MW op 76 meter masthoogte;
  - E115 4.2MW op 67 meter masthoogte.

- 1 windturbine bij de HZ (HZ10) met een rotordiameter tussen de 150 en 162 meter en een masthoogte tussen de 101 en 107. De beoogde windturbinetypes zijn:
  - V162 5,6 MW op 105 meter masthoogte;
  - SG 155 6,0 MW op 102,5 meter masthoogte;
  - E160 5,0 MW op 105 meter masthoogte.

Voor het funderingsontwerp wordt verwezen naar hoofdstuk 6. De fundering op de HZ bestaat uit een fundering op palen terwijl de fundering op de ZZ bestaat uit een monopaal.

In dit rapport zijn 3 maatgevende windturbineconfiguraties beschouwd, weergegeven in onderstaande tabel:

tabel 1: beschouwde alternatieven windturbineconfiguraties

scenario	lokatie	windturbine
Alt 02 (max)	HZ-01 t/m HZ-09	Siemens SWT-DD-120
	HZ-10	Vestas V162
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V162
Alt 02 (min)	HZ-01 t/m HZ-10	Enercon E-115
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V150
VKA	HZ-01 t/m HZ-09	Siemens SWT-DD-120
	HZ-10	Vestas V162
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V162

Specifieke kenmerken van de onderzochte windturbines zijn opgenomen in onderstaande tabel:

tabel 2: Kenmerken windturbines

Onderdeel	HZ	HZ en ZZ	HZ	ZZ
Type:	SWT-DD-120	Vestas V162	Enecon E-115	Vestas V150
Aantal:	9 (HZ)	1 (HZ) en 12 (ZZ)	10 (HZ)	12 (ZZ)
Vermogen per turbine	4,3 MW	5,6 MW	3 – 3,2 MW	4 MW
Gerealiseerde IEC klasse	IA	S	IA - SA	IIIB/S
Ashoogte (hoogte rotatiepunt)	76 m	107 m	67 m	101 m
Rotordiameter	120 m	162 m	115 m	150 m
Nominaal toerental	13,7 toeren/min	11,1 toeren/min	12,9 toeren/min	12,6 toeren/min
Bladzwaartepunt	22,0 m	22,2 m	20,7	20,2 m
Bladgewicht	15 ton	21,7 ton	16,5 ton	18,6 ton
Gewicht complete gondel met rotornaaf en bladen	283 ton	297 ton (Enercon E-160 heeft vergelijkbaar totaalgewicht)	240 ton	264 ton

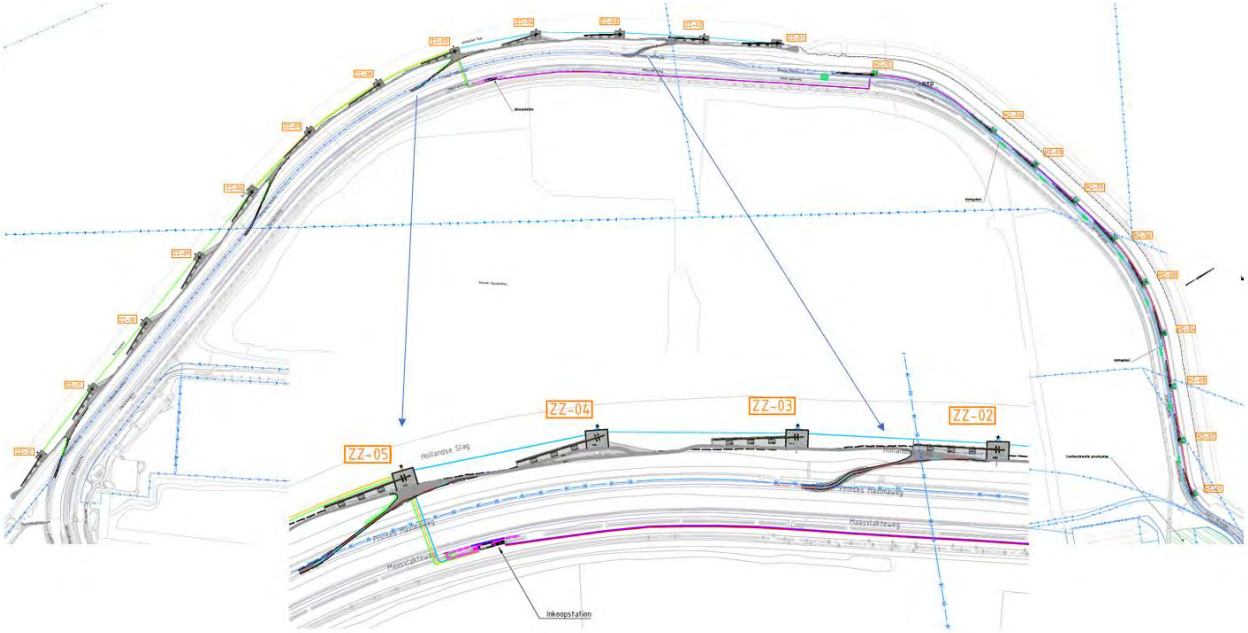
3.5.2 Kraanopstelplaats

Naast elke windturbine zal een kraanopstelplaats worden gerealiseerd. De kraanopstelplaatsen bestaan uit een fundering van ongebonden menggranulaat, versterkt met lagen geogrid. De fundering wordt op het bestaande terrein aangebracht. Er zijn geen ontgravingen voorzien voor grondverbetering. Verwezen wordt naar hoofdstuk 6 voor het ontwerp ervan.

3.5.3 Toegangswegen en bouwwegen

Harde Zeewering

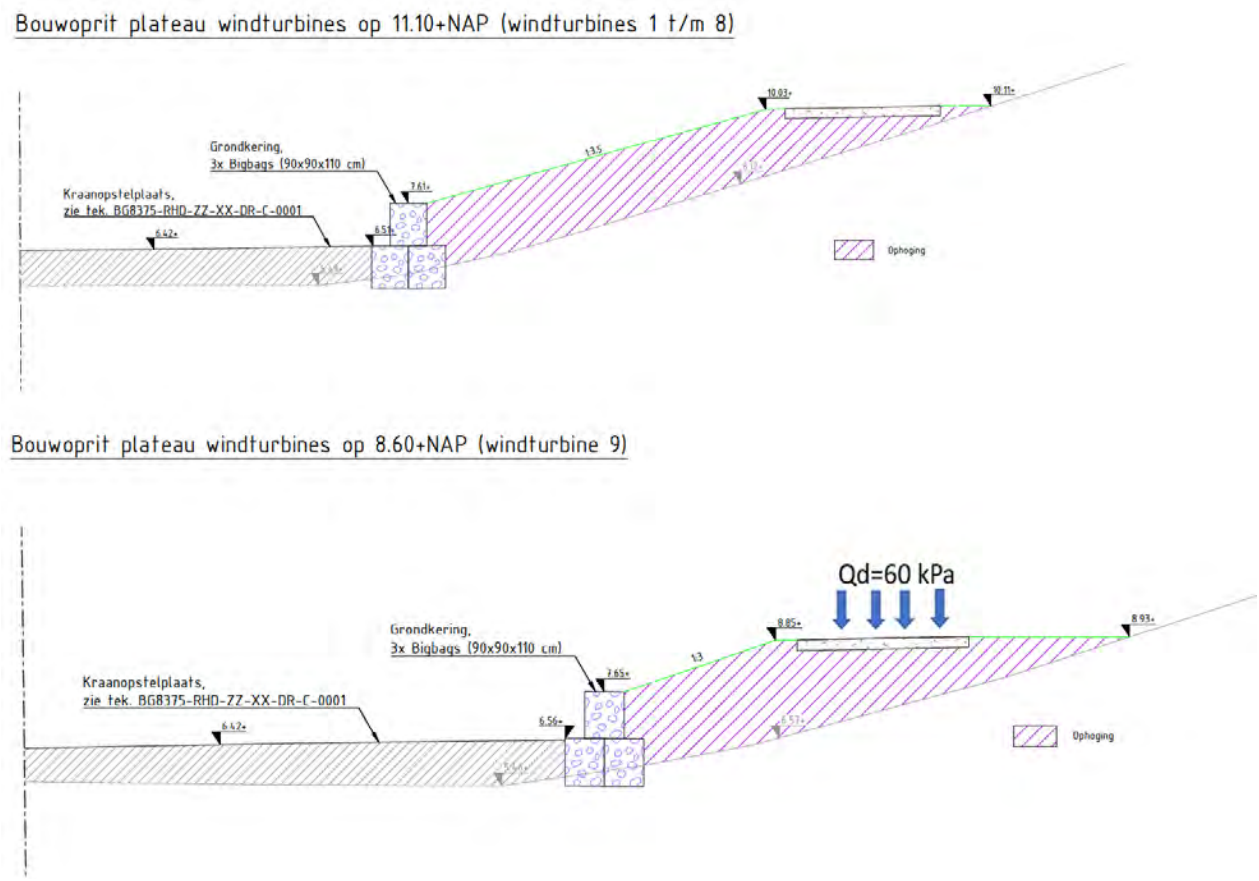
Transport naar en van de windturbinelocaties zal voor een deel plaatsvinden via de bestaande verhardingen, o.a. via de Prinses Maximaweg en de Maasvlakteweg.



Figuur 7: Transportroutes HZ en ZZ

Transport van bouwmateriaal ter plaatse van de windturbinelocatie vindt plaats door een lokale bouwweg aan te leggen. De bouwweg begint ter hoogte van de teen harde zeewering en eindigt ter hoogte van de bovenkant terp van gewapende grond. De gewapende grond terp wordt in fases verhoogd en de hoogte van de bouwweg zal deze fasering volgen.

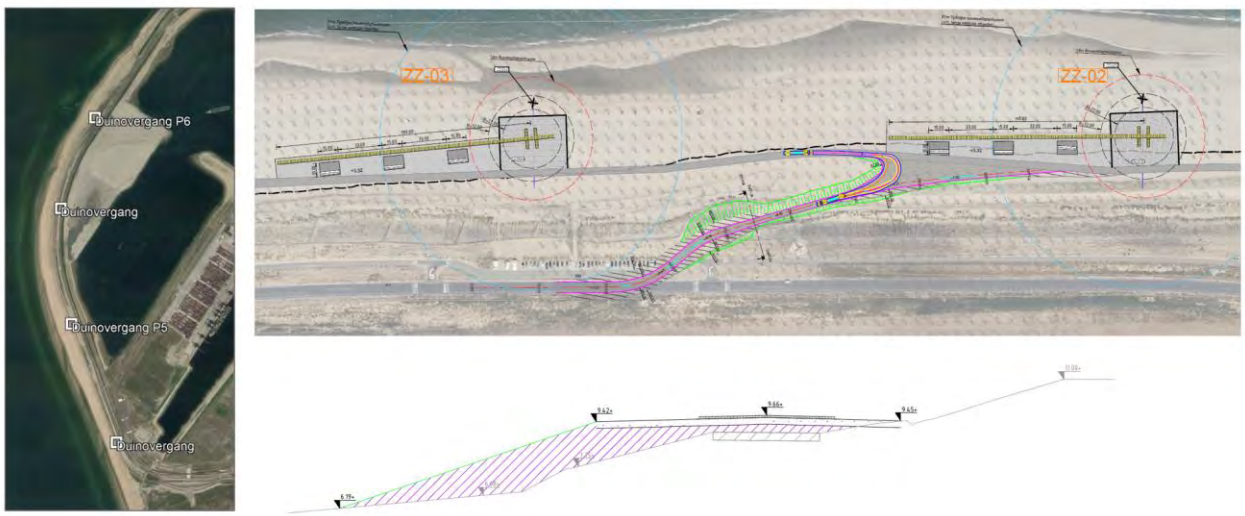
Om de stabiliteit van de tijdelijke bouwweg en de gewenste afmetingen te behouden is ervoor gekozen om het talud in de teen tegen te houden met big-bags. In navolgende figuur is de bouwweg weergegeven. De steilheid van het talud is minimaal 1:3.



Figuur 8: Doorsnede bouwweg

Zachte Zeewering

Transport naar de windturbinelocatie zal plaatsvinden via 4 verschillende duinovergangen, waarvan 2 bestaand (P5 en P6, die worden aangepast) en 2 nieuwe:



Figuur 9: transport via duinovergangen en transportbaan op het strand; voor een totaal overzicht zie Figuur 7

De nieuwe duindoorsteken worden dusdanig gerealiseerd dat ze zoveel mogelijk lijken op de bestaande duindoorsteek bij P6.

De duinovergangen worden initieel gerealiseerd met Stelcon-platen en anti-stuif maatregelen ten behoeve van de bouwfase. Het af te graven zand voor de duindoorsteek wordt hergebruikt op dezelfde locatie. Er is dus geen sprake van een afname van zandvolume. Eventuele compenserende maatregelen (zoals zandbuffers) worden in grof zand (D_{50} > 333 mu) uitgevoerd en dienen beplant te worden met helmgras.

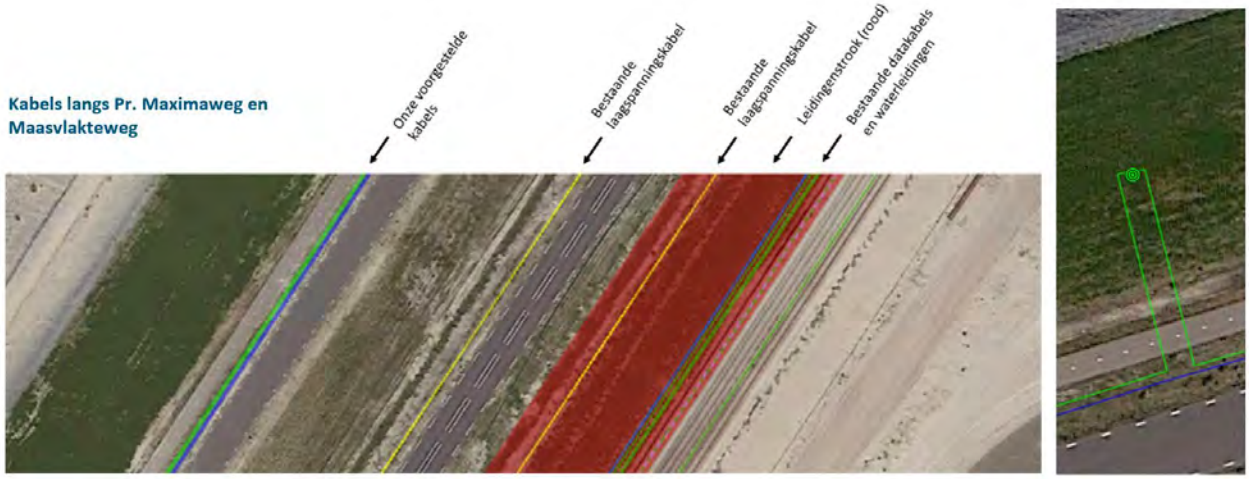
Op het strand wordt een transportbaan aangelegd parallel aan de duinen. In principe zal deze bestaan uit Stelconplaten (of vergelijkbaar) welke gedurende het stormseizoen kunnen blijven liggen (zie hoofdstuk 10). Indien gekozen wordt voor de toepassing van rijplaten, dan dienen deze aandiening van een storm verwijderd te worden naar een te realiseren opslaglocatie (landinwaarts van de wering).

3.5.4 Windparkbekabeling

Voor de aansluiting van de windturbines zullen kabels worden aangelegd. Op dit moment zijn er 5 strings met windturbines voorzien.

- String 1 en 2 sluiten ieder 5 turbines aan welke in de harde zeewering (HZ) staan;
- String 3, 4 en 5 sluiten ieder 4 turbines in de zachte zeewering (ZZ) aan.

<u>Harde Zeewering</u>
De bekabeling tussen de windmolens op de harde zeewering tot aan het toekomstige viaduct komt parallel aan de oostzijde van het fietspad te liggen [23].



Figuur 10: bekabeling HZ

Doordat de kabels aan de oostzijde van het fietspad moeten liggen, wordt het fietspad bij elk van de 10 windturbines gekruist. De kruising met het fietspad wordt in open ontgraving uitgevoerd in PE mantelbuizen.

De aanleg naar de turbines op de HZ vindt plaats door middel van een open ontgraving, zie [23].
Van belang voor de weringveiligheid is dat er een afstand van minimaal 1,5 m uit de teen van de dijk wordt gehanteerd voor ontgravingen. Deze afstand is nodig om het binnentalud in de toekomst op te kunnen hogen met 0,5 m. De ontgravingsdiepte bedraagt mv-1,0 m.

De aansluiting van de bekabeling op het fundament gaat door de gewapende grondconstructie. Tijdens de bouwfase worden hiertoe mantelbuizen aangebracht. In een later stadium van de bouwfase kunnen dan de kabels worden getrokken in de mantelbuis. Op deze wijze wordt voorkomen dat door aanleg van kabels en leidingen de bekleding opnieuw beschadigd en hersteld dient te worden.

Zachte Zeewering
Voor de bekabeling is voor de meest directe route van turbine naar turbine gekozen. Per 'string' van 3 of 4 turbines wordt met één kabelbundel het duin doorkruist en het inkoopstation in geleid. De bekabeling wordt aangelegd in mantelbuizen met HDD op een diepte 1,5 m onder het 1:10.000 jaar dynamisch profiel oftewel variërend tussen 2,5 en 4 meter diep (dus onder de minimale bodemligging en onder het dynamisch profiel). De lengtes van de HDD variëren van ca. 230 m tot 900 m.

Tussen de kraanopstelplaats en de monopaal zal een tijdelijke pers- ontvangstkuip worden gerealiseerd met damwanden (na gebruik te verwijderen) en onderwaterbeton. Het onderwaterbeton bevindt zich onder de steenbestorting en wordt niet verwijderd.

3.6 Projectfasering

In de beoordeling van de invloed van de windparkonderdelen op de functionaliteit van de wering zijn de volgende fasen onderscheiden:

- *Bouwfase*: deze fase betreft de realisatie van alle windparkonderdelen, waaronder het ontgraven ten behoeve van de fundering, het inbrengen van de palen, storten van beton en ontgravingen ten behoeve van de bekabeling;
- *Gebruiksfase*: het operationeel zijn van alle windparkonderdelen. De beoogde planperiode bedraagt 25 jaar;
- *Verwijderingsfase*: deze fase betreft het na de gebruiksfase, deels of volledig, verwijderen van de windparkonderdelen. Bij de verwijdering van de windturbinefundering is ervan uitgegaan dat de paalfundering in de HZ gehandhaafd blijft tot 1,0 m onder maaiveld. Als daar aanleiding toe is kunnen ze echter alsnog worden verwijderd. De fundering van de ZZ dient in zijn geheel verwijderd te worden.

In paragraaf 5.4 wordt nader ingegaan op de bouwfasering.

4 Eisen voor de Zeewering

4.1 Normspecificatie

De zeewering van Maasvlakte 2 is ontworpen voor hydraulische condities (inclusief toeslagen voor golfoploop en golfoverslag voor de HZ; bij de ZZ zit deze versleuteld in de verificatiewijze) met een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar (met als zichtjaar voor eventuele zeespiegelstijging 50 jaar na de aanleg, dus 2063). Onder deze condities dient de HZ bestand te zijn tegen een (gemiddeld) overslagdebiet van 10l/s/m. Daarnaast geldt dat onder operationele omstandigheden bij een hydraulische conditie met een overschrijdingskans van 1/10 per jaar het overslagvolume kleiner moet zijn dan 1 l/s per m^1, op elke locatie langs de Binnenkruinlijn.

De weringveiligheid mag als gevolg van de plaatsing, in bedrijf zijn en ontmantelen van windturbines niet achteruitgaan.

4.2 Eisen ten aanzien van waterkerend vermogen

De volgende projectspecifieke eisen zijn van toepassing.

tabel 3: projectspecifieke eisen waterkerend vermogen

Nr.	Omschrijving eis	Bron	Verificatie
1.	Plaatsing van windturbines in de zeewering kunnen wat betreft de civieltechnische aspecten worden toegestaan mits dit geen negatieve gevolgen heeft voor de waterkerende functie van de wering. Bij de plaatsing van windturbines in de ZZ zijn morfologische effecten op het dynamisch profiel te verwachten. Er moet in ieder geval in de veiligheidstoets/beoordeling voor gecompenseerd worden in de toetsmethodiek (mogelijk zandsuppleties).	RWS Memo watervergunning HZ [14]	hfst 7 t/m 9 en [1]
2.	De veiligheid van de wering dient gewaarborgd te zijn bij de in paragraaf 4.1 genoemde norm. Bij deze condities dient de windturbine en zijn fundatie constructief stabiel te zijn.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	hfst 7 t/m 9 en [10] en [11]
3.	De ontwerplevensduur voor de windturbines is vastgesteld op 25 jaar. Dit betekent dat de windturbine gedurende deze periode niet van invloed dient te zijn.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 5.3 en hfst 7
4.	In het stormseizoen (1 oktober tot 1 april) zijn heiwerkzaamheden en ontgravingen niet toegestaan. Dit is alleen van toepassing voor de HZ.	RWS Memo aandachtspunten HZ [15]	paragraaf 5.5 en hfst 7 en [10] en [11] en Werkpplan
5.	Trilling mogen niet leiden tot verweking (statisch en cyclisch).	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 6.1 en 7.6

Nr.	Omschrijving eis	Bron	Verificatie
6.	Schade aan de wering dient binnen 14 dagen te zijn hersteld.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	hfst 9
7.	Er moet een monitoringsplan worden opgesteld op basis waarvan de veiligheid van de waterkering in relatie tot de effecten van de windturbine kan worden aangetoond.	RWS Memo aandachtspunten HZ [15]	[12]
8.	De hoogteligging van de blokkendam van de HZ dient te allen tijde gewaarborgd te worden; zettingen zijn niet toegestaan.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 7.7 en hfst 6
9.	Zettingen van de van het binnen- en buitentalud en de kruin dienen tot een minimum beperkt te worden en te worden gecompenseerd volgens daarvoor geldende specificaties.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 7.2 en [10]
10.	De erosiebestendigheid dient te allen tijde gewaarborgd te worden.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 7.2 en 7.5
11.	Kabels en leidingen op het strand (ZZ) moeten onder de minimale bodemligging en onder het dynamisch profiel liggen.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	[1] en [13]; zie paragraaf 3.5.4.

4.3 Eisen ten aanzien van toekomstvastheid

Ten aanzien van de robuustheid (toekomstvastheid) gelden de volgende eisen:

tabel 4: projectspecifieke eisen toekomstvastheid

Nr.	Omschrijving eis	Bron	Verificatie
12.	In het kader van toekomstig klimaatbestendig maken van de zeewering moet in het ontwerp van de fundering er rekening mee worden gehouden dat de zeewering in de toekomst 0,5m wordt opgehoogd.	RWS Memo aandachtspunten HZ [15]	paragraaf 7.2 t/m 7.4
13.	Voor funderingspalen in de Harde Zeewering mag er van uit gegaan worden dat deze na einde levensduur van het windpark op 1,0 m onder maaiveld achter mogen blijven. Wel dienen de palen zodanig te zijn geconstrueerd dat deze, als daar aanleiding voor is, daarna alsnog geheel verwijderbaar zijn.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	hfst 6 en 7 en [10]
14.	Voor de fundering van de ZZ geldt dat de windturbines, kabels, fundaties enz. binnen 1 jaar na einde van de contractueel vastgelegde exploitatietermijn geheel dienen te worden verwijderd en afgevoerd.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	hfst 6 en 8
15.	Werken mogen eventuele toekomstige versterkingen niet significant belemmeren.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 5.4

4.4 Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud

Voor de zeewering gelden de volgende eisen:

tabel 5: projectspecifieke eisen beheer en onderhoud

Nr.	Omschrijving eis	Bron	Verificatie
16.	Werken mogen niet belemmerend zijn voor de inspectie, de monitoring of het beheer en onderhoud van de wering. Suppletiezand dient ongehinderd aangebracht te kunnen worden.	RWS Memo watervergunning HZ [14] RWS Memo watervergunning ZZ [16]	paragraaf 5.5 en [1]
17.	Het uitvoeren van het onderhoud van de wering moet op een doelmatige wijze mogelijk blijven.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 5.5 en [1]
18.	Het gebruik van de wering mag niet ten koste gaan van de kwaliteit en erosiebestendigheid van de grasmat en overige bekledingstypen.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 7.5
19.	Bij de ZZ moet zand vrij kunnen doorstuiven naar het duingebied.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	[1]
20.	Compenserende maatregelen (zoals zandbuffers) worden in grof zand (D_{50} > 333 mu) uitgevoerd en dienen beplant te worden met helmgras. Dit geldt ook voor de duinovergangen. Het zandvolume mag niet wijzigen.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	hoofdstuk 8 en 10
21.	Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet zoveel mogelijk voorkomen worden.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	hoofdstuk 10
22.	Behoudens de windturbinefundaties mogen er geen andere permanente harde elementen zoals steenzettingen en verhardingen op het strand zijn. Stelconplaten zijn wel toegestaan (zie [18]).	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	paragraaf 3.5
23.	Voor of tijdens stromen van windkracht 7 mogen er geen voertuigen, materieel en materialen aanwezig zijn op de wering.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	paragraaf 5.5
24.	De windturbines, kabels, fundaties en dergelijke dienen 1 jaar na beëindiging van de exploitatietermijn te worden verwijderd en afgevoerd.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	paragraaf 5.5 en 5.6

4.5 Constructieve eisen

Voor de windturbine en zijn fundatie geldt het volgende:

tabel 6: projectspecifieke constructieve eisen

Nr.	Omschrijving eis	Bron	Verificatie
25.	Bij de in paragraaf 4.1 genoemde veiligheidsnorm en de bijbehorende condities, dient de windturbine en zijn fundatie constructief stabiel te zijn.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10]; zie paragraaf 5.4 en 5.5
26.	Voor het ontwerp en de dimensionering van funderingen dient per turbine uitgegaan te worden van het minimum gegarandeerde veiligheidsprofiel alsmede de erosie ter plaatse.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10]; zie paragraaf 5.4 en 5.5
27.	Windturbines dienen veilig te functioneren bij zaken als uitspoeling en zandophoging tegen de mast ten gevolge van stuifzand.	RWS Memo watervergunning ZZ [16]	[1] en [10]
28.	Het binnentalud en de aansluitconstructies rondom de fundering moeten erosiebestendig zijn.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10] en paragraaf 5.4, 7.3 en 7.5
29.	Het ontwerp moet voorzien in een drainagesysteem, onder andere om afstromend regenwater en overslagwater af te voeren.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10] en paragraaf 5.4
30.	Het ontwerp moet bij de mogelijkheid tot optreden van piping, voorzieningen bevatten om piping te voorkomen.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	paragraaf 7.1
31.	Gaping of spleetvorming naast en onder de (fundatie van) de windmolen en het dijklichaam moet worden voorkomen.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10] en paragraaf 5.4
32.	De fundering mag het beheer en onderhoud niet belemmeren. Eventuele zettingen, verzakkingen en of andere gebreken als gevolg van de vergunde werken, dienen door en voor tekening van vetgunninghouder, in overleg met de waterbeheerder, onmiddellijk te worden hersteld.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	hoofdstuk 11
33.	Voorkeur gaat uit naar beproefde, eerder vertoonde, funderingstypen.	RWS Memo watervergunning HZ [14]	[10] en paragraaf 5.4

4.6 Eisen uit Risicobeheersplan

tabel 7: eisen uit risicobeheersplan

Nr.	Omschrijving eis	Verificatie
	HARDE ZEEWERING - OVERGANGSZONE	
M1.2.12.3	Exploitant dient bij de HZ een trillingsvrij paalsysteem conform de STOWA handleiding windturbines en waterkeringen techniek 2018-53 toe te passen.	paragraaf 5.4
M1.2.12.4	Exploitant dient bij het realiseren van de fundering van de turbines op de Harde Zeewering geen tijdelijke damwanden te plaatsen.	paragraaf 5.4
M1.3.3.1	Exploitant dient alle funderingspalen voor de Harde Zeewering aan te brengen met een geschroefd, grondverdringend systeem (Fundex of gelijkwaardig)	paragraaf 5.4
M1.4.2.1	Beperken trillingen tijdens realisatie. Zie ook eis M1.2.12.3 en M1.2.12.4	paragraaf 5.4 en [12]
M1.4.3.1	Exploitant dient tijdens ontgravingswerkzaamheden big bags op de kruin van de Harde Zeewering te plaatsen.	paragraaf 5.5
M1.4.3.2	Exploitant dient ingeval de weercondities daartoe nopen (1:10.000 storm) de volgende aanvullende maatregelen te treffen tijdens ontgravingswerkzaamheden: i) Terugplaatsen afgegraven grond terug op de zeewering en deze grond afdekken met geogrids om erosie door golfoverslag te voorkomen, minimaal 24 uur voordat de golfoverslagcondities worden verwacht. ii) Beschikbaar houden van de afgegraven grond. Deze grond bevindt zich daartoe op maximaal 3,3 km van de ontgravingslocatie en is binnen 2 kalenderdagen terug te plaatsen. iii) Tijdig plaatsen grond. De grond wordt minstens 24 uur voordat de golfoverslagcondities worden verwacht geplaatst.	paragraaf 5.5 en 5.6 en Werkplan
M1.4.3.3	Exploitant dient nadat de 1:10.000 storm - waarvoor voorzorgsmaatregelen zijn getroffen zoals beschreven in eis M1.4.3.2 - is gepasseerd, de volgende aanvullende maatregelen te treffen tijdens ontgravingswerkzaamheden: i) Exploitant dient de conform eis M1.4.3.2 geplaatste grond pas te verwijderen 24 uur nadat de golfslagcondities van de 1:10.000 storm zich niet meer hebben voorgedaan. ii) Exploitant dient te inspecteren op eventuele schade aan de bovenste laag van de zeewering (klei/gras) en de beheerder uit te nodigen bij deze inspectie.	paragraaf 5.5 en 5.6 en Werkplan
M1.4.5.1	Exploitant dient: i) de opstelling van het monitoringsplan uit te besteden aan een externe partij (bijv. Tauw). RHDHV begeleidt en beoordeelt het plan en betrekt daarbij haar ervaring met de radartoren. ii) de uitvoering van de monitoring uit te besteden aan dezelfde externe partij om onafhankelijkheid te borgen.	[12]

Nr.	Omschrijving eis	Verificatie
M1.4.6.1	Exploitant dient na afronding van de werkzaamheden de dijkbekleding van het binnentalud van de Harde Zeewering te herstellen om erosie te voorkomen. Specifiek voor de extra gevoelige aansluiting met het fundament geldt dat deze versterkt wordt uitgevoerd met een kleilaag (categorie 1) van ca. 1,5 maal de nu aanwezige laagdikte.	paragraaf 5.4
M1.4.6.2	Exploitant dient aan het eind van de realisatie een permanente 3D-structuurmat aan te brengen om de grasmat te beschermen en tot voldoende sterkte te laten groeien.	paragraaf 5.5
M1.4.6.3	Exploitant dient om regenafslag langs de mast een grindkoffer rondom de fundaties aan te brengen.	paragraaf 5.5
M2.4.2.3	Exploitant dient: i) op ten minste 90 m afstand van de blokkendam geen grondroerende werkzaamheden uit te voeren; (ii) binnen deze zone van 90 meter rond de blokkendam geen materialen en materieel op te slaan.	paragraaf 6.1 en 7.7
ZACHTE ZEEWERING		
M2.4.1.1	Exploitant dient als fundering van de windturbines op de Zachte Zeewering monopiles toe te passen met de volgende specificaties: i) de paal heeft ter hoogte van het maaiveld een diameter van maximaal 5,5m; ii) zonder erosiebescherming rondom de fundering.	[11] en paragraaf 5.4
M2.4.1.2	Exploitant dient ter erosiebescherming van de fundering van de windturbines op de Zachte Zeewering de volgende maatregelen te treffen: i) de locatiebeheerder voert vanaf VD dagelijks inspectie uit op erosiegaten; ii) de locatiebeheerder herstelt erosiegaten (binnen 7 dagen) indien nodig; iii) na iedere herstelactie brengt de locatiebeheerder schriftelijk rapport uit bij de beheerder.	paragraaf 11.2
M2.4.2.1	Opdrachtnemer dient de bekabeling tussen turbines en inkoopstation aan te leggen in mantelbuizen met HHD (gestuurde boringen) op een diepte 1,5 m onder het 1:10.000 jaar dynamisch profiel.	[13] en paragraaf 3.5
M2.4.2.2	Exploitant dient bij het aanleggen van de bekabeling bij de ZZ geen open ontgravingen toe te passen.	[13] en paragraaf 3.5

4.7 Specifieke aandachtspunten

Belangrijke aandachtspunten zijn:

- standzekerheid dijklichaam en specifiek de blokkendam
- schade aan constructiedelen (bekleding)
- overgangszone tussen HZ en ZZ
- effect van trillingen
- schade door zettingen

Daarnaast zijn zaken zoals voorkomen van uitspoeling door overslaand water, voorkoming van uitspoeling door regenwater en de inspecteerbaarheid van het dijkprofiel van belang. Met name de aansluiting van de harde elementen van de windmolen op de oorspronkelijke klei- en grasbekleding van de HZ is daarbij een aandachtspunt, maar bijvoorbeeld ook de mogelijkheid om eventuele ongelijkmatige zettingen tussen het grondlichaam en de fundering visueel te inspecteren.

5 Uitgangspunten en randvoorwaarden

5.1 Bodemopbouw en geologie

De volgende geotechnische onderzoeken op en in de nabijheid van de HZ en ZZ zijn beschikbaar:

- Inpijn Blokpoel, “Bodemkundig onderzoek Harde Zeewering”. Kenmerk: 02P003077-adv-01, 21-06-2013
  Dit onderzoek beschrijft de lokale geologische grondopbouw ter plekke van de HZ. Hiertoe zijn geen sonderingen uitgevoerd.

- PUMA, “Geotechnische beoordeling aanleggebied”. Kenmerk: puma-q-lb-onb01, 27-02-2008
  Dit onderzoek omvat 30 sonderingen en 18 boringen. Het onderzoek is uitgevoerd vanaf de zeebodem ten behoeve aanleg van de Tweede Maasvlakte. De sonderingen zijn uitgevoerd tot een diepte van NAP – 15 m à NAP – 40 m en de boringen tot NAP – 15 m à NAP – 30 m. Niet alle sonderingen en boringen uit dit onderzoek zijn op dit moment beschikbaar.

- MOS Grondmechanica, Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte. Opdrachtnummer: 4300038842, 04-11-2019.
  Dit onderzoek omvat 11 sonderingen vanaf het maaiveld op circa NAP +5 m tot een diepte van circa NAP – 45 m.

- PUMA, Harde Zeewering: Geotechnische stabiliteit van Stenig Duin + Blokkendam; Ontwerpnota. Kenmerk: puma-mpo-ono02, 15 maart 2011.

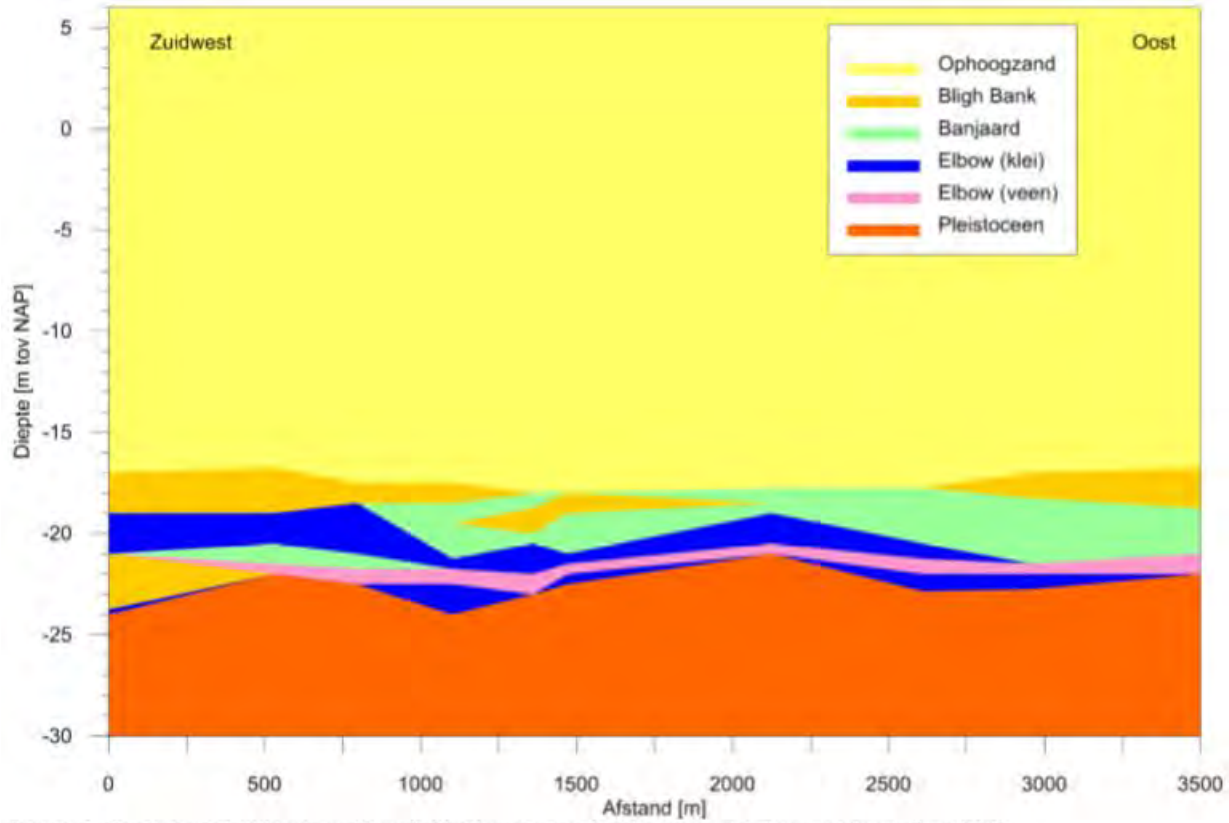
Uit het onderzoek van Inpijn-Blokpoel is bekend dat de zeewering en de ondergrond hoofdzakelijk uit zand bestaan. Direct onder het maaiveld bevindt zich tot een diepte van ca. NAP -17 à -18 m een pakket bestaande uit opgespoten zand. Dit zand is matig fijn tot zeer grof. Het zand heeft een overwegend matig tot vaste pakking (conusweerstand tot circa 50 MPa).

In opdracht van Eneco zal MOS Grondmechanica nog een uitgebreid aanvullend grondonderzoek uitvoeren (aanvang week 20 2020). De resultaten hiervan zullen worden gebruikt ter verificatie van de voorlopige ontwerpen en voor nadere uitwerking in de definitieve ontwerpfase.

<u>Harde zeewering (HZ)</u>
Onder het opgebrachte zand is de natuurlijk gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig (alhoewel een deel van de HZ is gerealiseerd waar voorheen de zeewering van Maasvlakte 1 lag). Ter plekke van de HZ bestaat deze opbouw tussen ca. NAP -18 m en NAP -22 à -24 m uit zandhoudende klei, kleihoudende zandlagen en veen.

Vanaf ca. NAP -22 à -24 m is zeer vast Pleistoceen zand geregistreerd met conusweerstanden tot 70 MPa. In dit zand komen plaatselijk en op wisselende niveaus teruggangen in conusweerstand voor die vermoedelijk worden veroorzaakt door een losse pakking en/of een grove gradatie.

Een geologisch profiel, relevant voor de HZ, is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 5. Geologisch (zuidwest-oost) profiel ter hoogte van harde zeewering (bron: puima-q-lb-onb01).

Figuur 11: geologisch profiel (Inpijn-Blokpoel,2013)

De globale laagopbouw ter plaatse van de windturbines in de HZ is zoals aangegeven in onderstaande tabel:

tabel 8: Bodemopbouw locatie Harde Zeewering

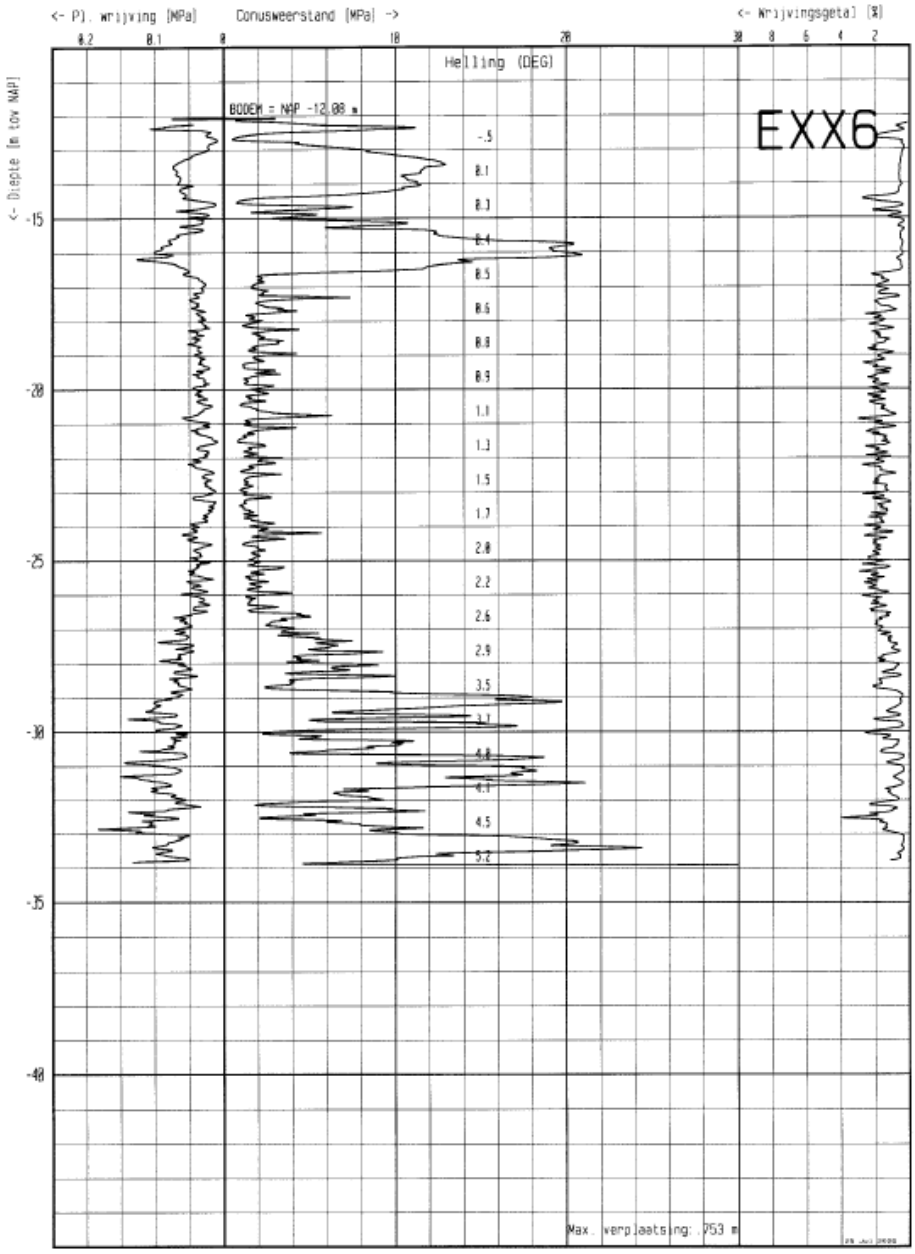
Diepte (m NAP) Van	tot	Grondbeschrijving
Maaiveld*	-17,0 à -18,0	Opgespoten zand, matig tot vastgepakt, matig fijn tot zeer grof
-17,0 à -18,0	-22,0 à -24,0	Zandhoudend klei, kleihoudende zandlagen en veen
-22,0 à -25,0	Verkende einddiepte	Pleistoceen matig tot vastgepakt zand

* maaiveldhoogte varieert t.g.v. talud zeewering.

Zachte zeewering (ZZ)

Ter plekke van de ZZ is onder het opgebrachte zand eveneens de natuurlijk gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig. Hier is het slappe pakket, bestaande uit zandhoudende klei, kleihoudende zandlagen en veen, plaatselijk aanzienlijk dikker dan onder de HZ. Deze slappe lagen zijn nabij de ZZ lokaal aangetroffen tot minimaal een diepte van NAP -34 m (zie grondonderzoek PUMA), zoals te zien is in Figuur 11.

Onderstaande figuur illustreert het dikke pakket slappe lagen:



Figuur 12: sondering met dik slap pakket ter plekke van ZZ (uit grondonderzoek PUMA)

5.2 Grondparameters

In navolgende tabel zijn de grondparameters voor de verschillende grondlagen gepresenteerd van de HZ.

tabel 9: Grondparameters (karakteristieke waarden) HZ

grondsoort	Volumieke massa [kN/m³] Veldvochtig/verzadigd	c' [kPa]	φ' [graden]
Kleibekleding	15/15	5,0	17,5
Ophoogzand	18/20	0,0	32,5
Stortsteen	21/21	0,0	40,0

5.3 Waterstanden en hydraulische belastingen

Waterstanden

De hydraulische belastingen zijn afgeleid conform het door Rijkswaterstaat beschikbaar gestelde document [4].

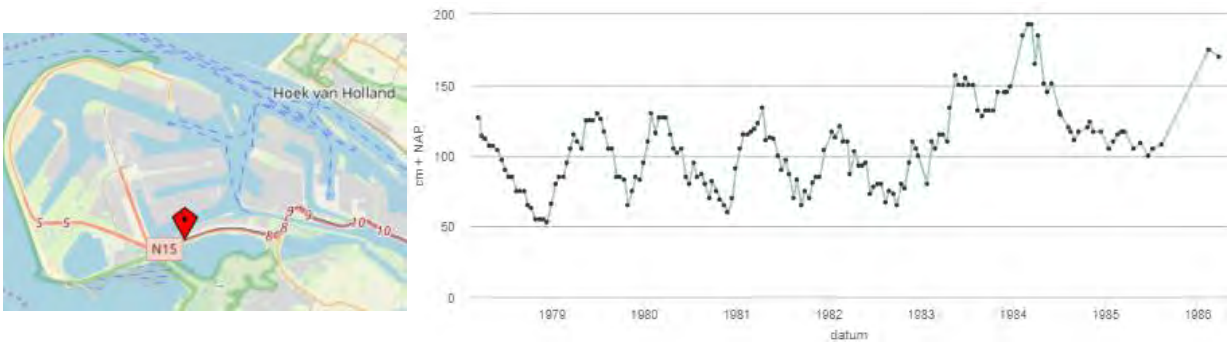
De ontwerppeilen zijn afgeleid voor het zichtjaar 2050 uitgaande van een maximale overloop van 10 l/s/m en rekening houdend met zeespiegelstijging. De resultaten zijn opgenomen in bijlage A2.

tabel 10: Hydraulische belasting ten behoeve van beoordeling

Geotechnische beoordeling behorende bij 1/10.000 jaar waterstand	NAP +5,50 m
Hydraulisch belasting niveau (HBN) per terugkeertijd	Zie bijlage A1
Gemiddelde Hoogwaterstand (GHW)	NAP +1,11 m
Gemiddelde Laagwaterstand (GLW)	NAP -0,63 m

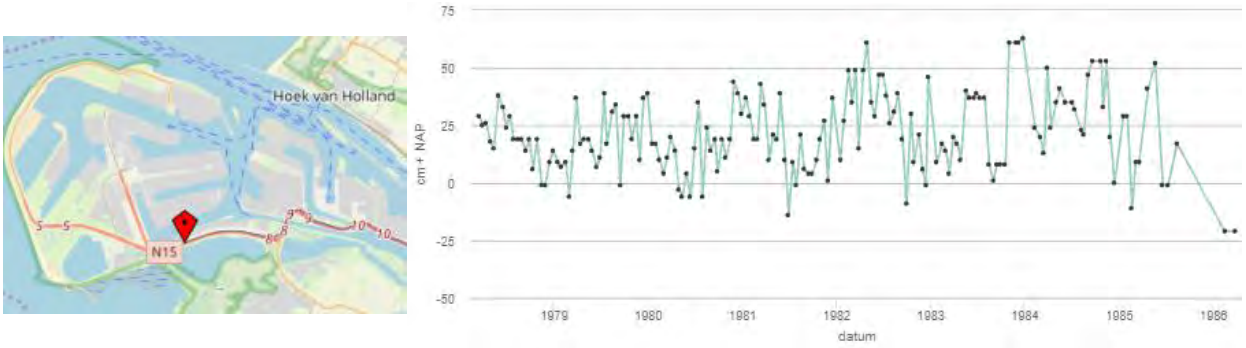
Freatische grondwaterstand

Er zijn momenteel op de projectlocatie geen peilbuizen aanwezig op basis waarvan de grondwaterstand kan worden ingeschat. De grondwaterstand zal worden beïnvloed door de hoogte van de zeespiegel en neerslag. Op basis van historische peilbuismetingen (Figuur 13) wordt geschat dat de dagelijkse grondwaterstand varieert tussen NAP +0,5 m en +2,0 m.



Figuur 13: historische peilbuis B37A0113 met meting ondiepe grondwaterstand op de Maasvlakte (www.grondwatertools.nl)

Stijghoogte 1e watervoerend pakket
Er zijn momenteel op de projectlocatie geen peilbuizen aanwezig op basis waarvan de stijghoogte kan worden ingeschat. In [5] is voor het eerste watervoerend pakket uitgegaan van een stijghoogte van NAP +0,5 m.



Figuur 14: historische peilbuis B37A0113 met meting diepe stijghoogte op de Maasvlakte (www.grondwatertools.nl)

Te hanteren waterstanden in de berekeningen

Bouwfase
Voor de bouwfase is uitgegaan van de maximale waarde van de dagelijkse waterstand van NAP+2,0 m. Er is niet gerekend met een waterstandsverschil tussen de aandrijvende en weerstandbiedende zijde.

Macrostabiliteit binnenwaarts
Gerekend is met een waterstand van NAP+5,50 m. Er is niet gerekend met een waterstandsverschil tussen aandrijvende en weerstandbiedende zijde.

Het mogelijk positieve effect van de stijghoogte met een lagere waarde dan de freatische lijn, is niet meegenomen.

Macrostabiliteit buitenwaarts
Conform [5] wordt een lineair waterstandsverloop onder het stenig duin gehanteerd van NAP+5,50 m naar NAP-0,63 m.

Voor de stijghoogte van het diepere zandpakket is een vaste waarde van NAP+0,5 m gehanteerd.

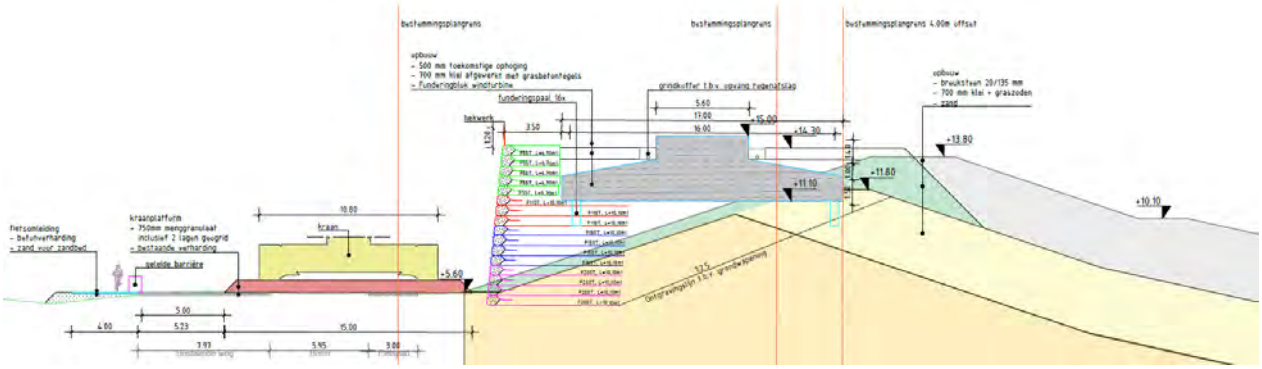
5.4 Funderingsontwerp

5.4.1 Fundering windturbines op de Harde Zeewering

Het funderingsontwerp en de bouwfasering is zodanig ingestoken dat de effecten op de zeewering (bv. ontgravingen, trillingen, vervormingen, verweking etc.) geminimaliseerd worden. Zie [10].

Teneinde de ontgravingen in de zeewering en verstoringen van de zeewering tot een minimum te beperken, is gekozen voor een hoog geplaatste fundering aan de binnenzijde. Het funderingsontwerp bestaat uit een fundering op palen in combinatie met een talud van gewapende grond. Hiermee wordt de plaatsing van (tijdelijke) damwanden voorkomen. Ten behoeve van de aanleg wordt een tijdelijke bouwweg gerealiseerd (zie Figuur 8).

In onderstaande figuur is het beoogde eindresultaat weergegeven:

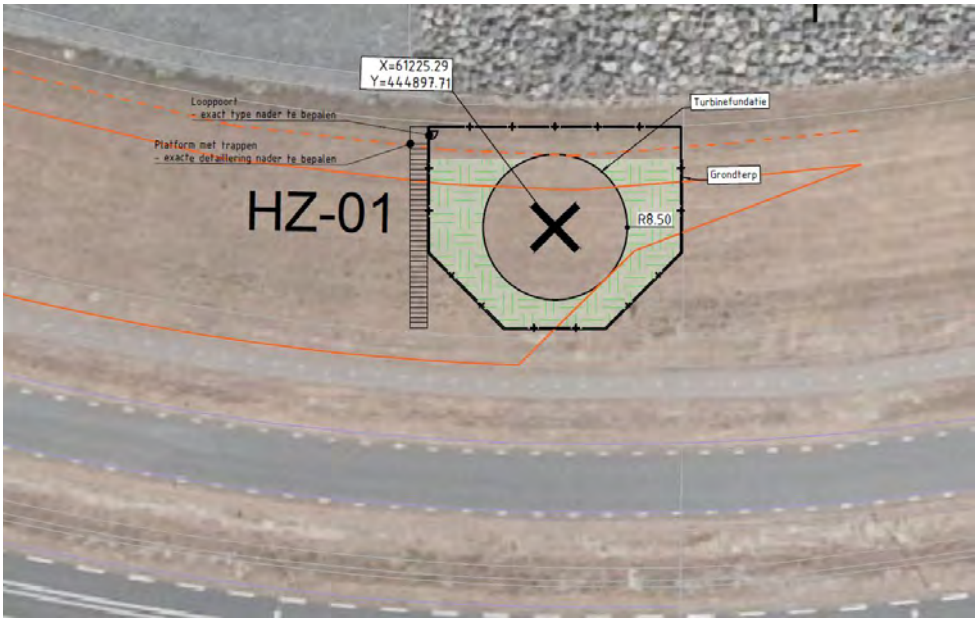


Figuur 15: principeontwerp windturbine op de HZ [10]

De combinatie van hoge turbinebelastingen, strenge rotatie- en stijfheidseisen, variërende condities van de ondergrond en de bijzondere locatie stellen strenge eisen aan de uitvoering, het type en de afmetingen van de paalfundering.

Teneinde de trillingen en paallengtes tot een minimum te beperken wordt uitgegaan van een grondverdringend, trillingsarm paalsysteem. Het toegepaste paalsysteem bestaat uit een in de grond gevormde, grondverdringende betonpaal, vervaardigd met behulp van een schroevend ingebrachte, stalen hulpbuis met vergrootte punt en groutinjectie. De hulpbuis maakt geen onderdeel uit van de uiteindelijke paal. De schroefpunt blijft achter.

Het funderingsontwerp bestaat uit een betonnen plaat gefundeerd op te lood geplaatste palen. Tevens wordt er een platform met trappen (exacte detaillering nader te bepalen) gerealiseerd zoals weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 16: dijktrap HZ (zie tekening BG8375-RHD-ZZ-XX-DR-C-0101)

Specifieke kenmerken van het funderingsontwerp van belang voor de weringveiligheid:

- Minimaliseren ontgravingen door hoog geplaatste fundering;
- Fundering op palen in het ophoogzand om ongelijkmatige zakking te voorkomen (zeewering en fundering zakken gelijk).
- Geen gebruik van damwanden teneinde trillingen te minimaliseren;
- Toepassing grondverdringend, trillingsarm paalsysteem.

Specifieke ontwerpmaatregelen (kleibekleding, grasbetontegels, grindkist en drainage) worden toegepast om erosie te voorkomen, ook ten aanzien van het platform met trappen.

Ter plaatse van de gewapende grondterpen zal de bestaande kleibekleding worden ontgraven en de grasmat mogelijk worden beschadigd. De navolgende maatregelen worden voorzien:

- Tijdens de uitvoering worden op de kruin bigbags geplaatst ter voorkomen van golfoverslag;
- De grondterpen worden afgewerkt met 0,70 m klei (categorie 1) en grasbetontegels;
- De ontgraven kleibekleding langs de buitencontouren van de grondterp worden versterkt teruggebracht (circa 1,0 m kleidikte, categorie 1);
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht op de kruin en het binnentalud om de erosiebestendigheid te garanderen, indien de nieuwe grasmat nog niet volledig is hersteld voor aanvang van het stormseizoen (eventuele beschadigingen door bouwverkeer is daarmee ondervangen).
- De uitvoering van de bekabeling wordt zorgvuldig verricht met herstel van de ‘oorspronkelijke bodemopbouw’;
- Er wordt voor een goede aansluiting gezorgd tussen de grondterp van de fundering en de bestaande bekleding. Gaping of spleetvorming wordt hiermee voorkomen

De navolgende maatregelen worden voorzien ten aanzien van het platform met trappen:

- Het platform bevindt zich buiten het dijkprofiel;
- Ze is prefab en wordt geplaatst **op** maar *niet* **in** de bekleding;
- De kleibekleding wordt versterkt teruggebracht (circa 1,0 m kleidikte, categorie 1);
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht om de erosiebestendigheid te garanderen

Het gekozen fundatiesysteem is verwijderbaar (zie paragraaf 7.9).

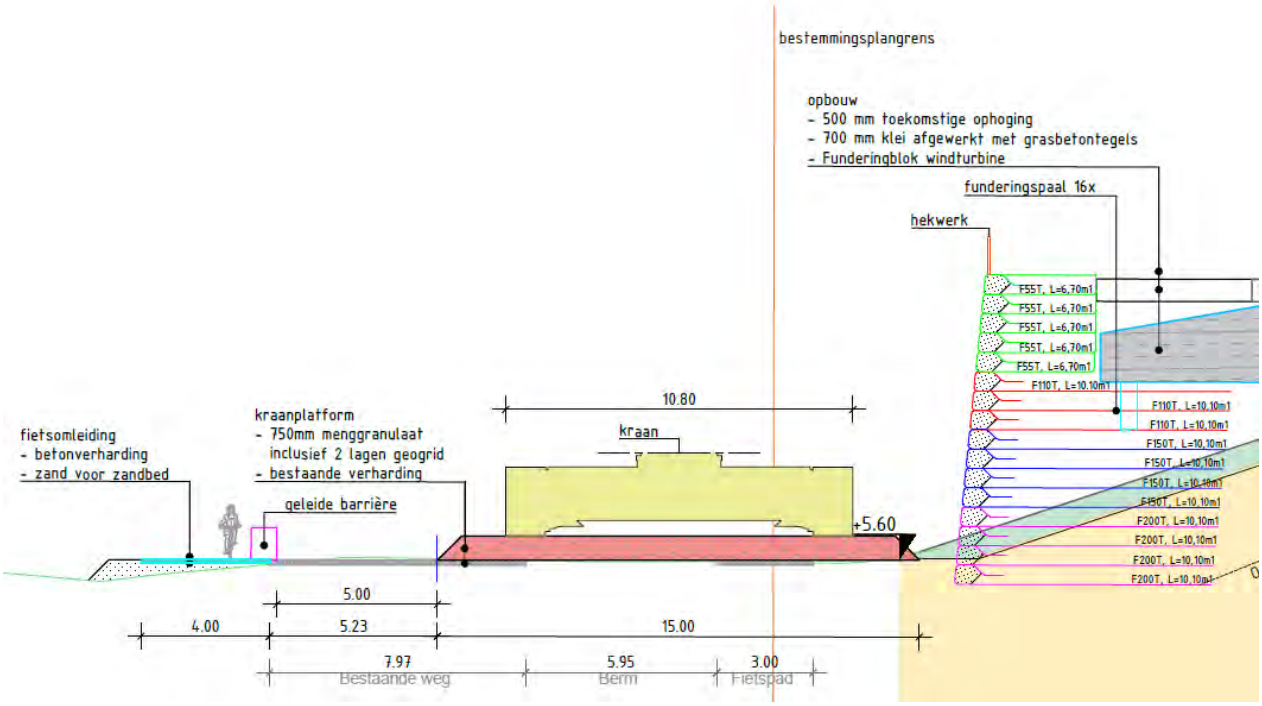
De fundering is ontworpen met een sterkte/weerstand die ‘significant’ hoger is dan de sterkte van de windturbinemast. Het bezwijken van de windturbine zal altijd optreden in het gedeelte boven de verbinding van de fundering met de turbinemast.

Uitgegaan is namelijk van gevolgklasse CC3 (RC3) voor het geotechnisch en constructief funderingsontwerp. Voor het ontwerp van onderdelen van een windturbine onder extreme omstandigheden en vermoeiing geldt een ‘target reliability’ van PF=5·10-4 per jaar. Dit komt overeen met een betrouwbaarheid die past bij constructies in klasse CC1. Bij benadering is de faalkans van een in CC3 (Pf≈10-5) ingedeelde constructie een factor 100 lager dan van een in CC1 constructie (Pf≈10-3). Veiligheidsfactoren in CC3 zijn circa 25% hoger dan in klasse CC1.

Het funderingsontwerp heeft een geometrisch bijzondere situatie (terp tegen een talud met daarin een fundering op palen). De interactie tussen grond en constructie kan het best middels een 3D eindige elementenmodel (EEM) worden geanalyseerd. De toepassing van 3D modellen leveren een meer realistische beschouwing en beter inzicht in het werkelijke stijfheids- en vervormingsgedrag. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in BG8375-RHD-ZZ-XX-NT-G-0008-WP MV2 Resultaten Plaxis 3D EEM berekening.

Kraanopstelplaats

Naast elke windturbine zal een kraanopstelplaats worden gerealiseerd. Zie [22].



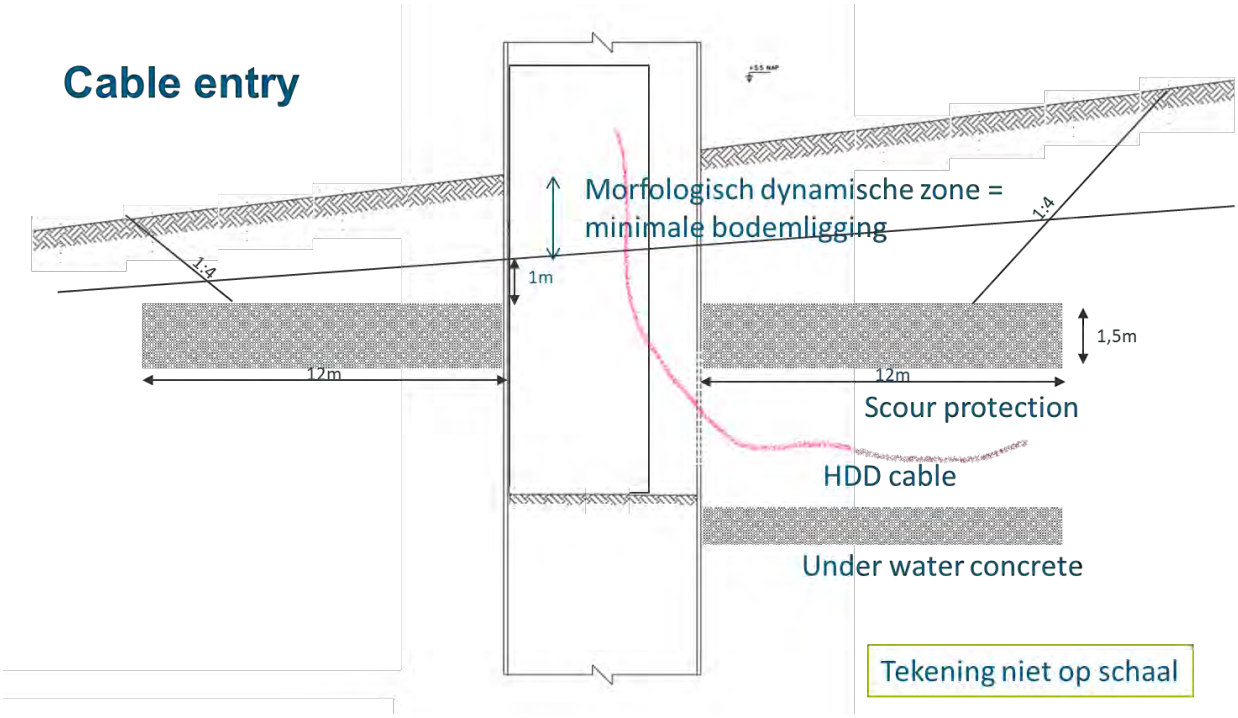
Figuur 17: Kraanopstelplaats Harde Zeewering

Op dit moment is nog niet bekend welke type kraan toegepast zal worden. De kraanopstelplaatsen dienen geschikt te zijn voor belastingen door rupsbanden of kraanstempels. De maximale funderingsdruk (na spreiding door schotten) bedraagt 250 kPa (karakteristieke waarde). Op basis van voorlopige ontwerpberekening wordt 0,65 m menggranulaat nodig geacht met 2 lagen geogrid. Er is geen ontgraving nodig voor grondverbetering.

5.4.2 Zachte zeewering

Het funderingsontwerp voor de Zachte Zeewering bestaat uit een monopaal. Op dit moment is nog niet bekend welke diameter (orde grootte van 5 m) en lengte de paal zal krijgen. Uitgegaan wordt van de worst-case benadering van heiend aanbrengen.

Om lokale ontgrondingen te voorkomen (zie [1]) wordt een erosiebescherming rondom alle windturbines aangebracht op minimaal 1 m beneden de minimum bodemligging bij elke windturbine zodat er te allen tijde ruime zanddekking aanwezig is (zie onderstaande figuur). Voor de ontwerpdetails wordt verwezen naar “BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-S-0001 WP MV2 Monopile Concept Design Report”. Voor een gedetailleerde analyse van de effecten op de waterveiligheid wordt verwezen naar [1].



Figuur 18.Schets erosiebescherming

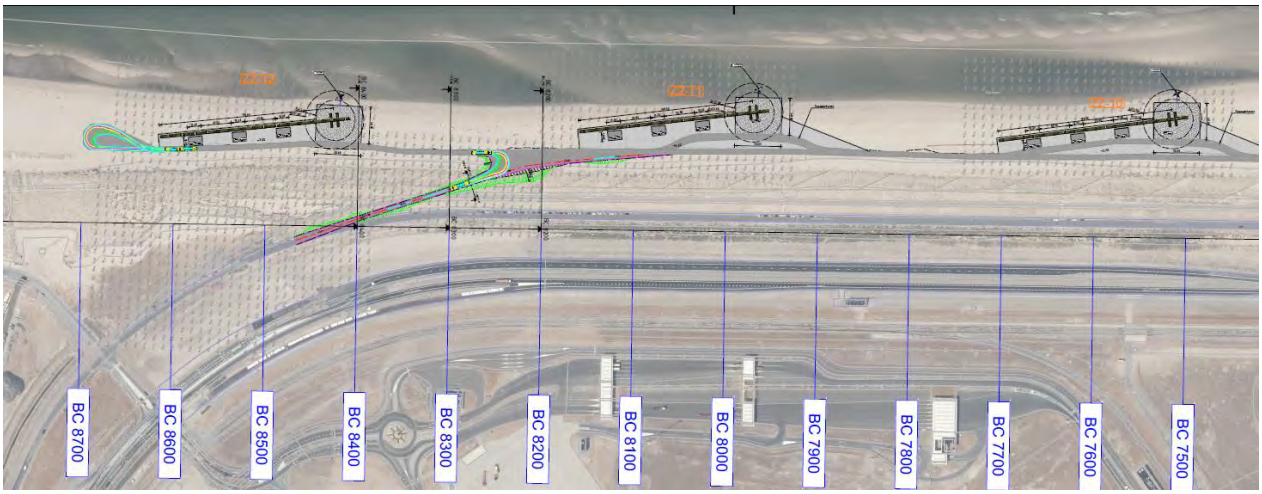
De maximale diepte van de ontgrondingskuilen wordt hiermee aanzienlijk beperkt wat de risico's voor de constructie (inclusief risico dat de parkbekabeling bloot komen te liggen) reduceert.
Voor de bouw van de windturbines worden tijdelijke kraanopstelplaatsen aangelegd op een terp. De bovenzijde van de kraanopstelplaats (afmeting 40 x 50 m) bedraagt NAP +3,32 m, ofwel 1 m boven een waterstand met een herhalingstijd van 2 jaar. De terp bestaat uit zand, afgewerkt met een 1,0 m dikke bovenlaag van menggranulaat en tenminste 2 lagen geogrid.

De wijze van constructie van de fundering hangt samen met de locatie van de windturbine op het profiel van de zeewering en dus van de terreinhoogte:

- Bij een terreinhoogte welke hoger is gelegen dan NAP+2,32 m wordt enkel de terp onder talud aangebracht;
- Bij een terreinhoogte gelegen tussen Laag Water en Hoog Water (tussen NAP-0,63 m en NAP+2,32 m) wordt de terp gerealiseerd binnen geotubes;
- Bij een terreinhoogte lager dan Laag Water (NAP-0,63 m) wordt de terp gerealiseerd binnen een verankerde damwand.

Aan de landzijde sluiten de terp aan op het achterliggende duin. Deze harde constructies op de Zachte Zeewering zijn tijdelijk van aard. De bouw van de eerste 6 kraanopstelplaatsen, voor windturbines ZZ-07 t/m ZZ-12 is gepland in het voorjaar 2022, de overige kraanopstelplaatsen worden gebouwd in de zomer. Het verwijderen van alle 12 kraanopstelplaatsen is gepland in oktober t/m december 2022. Dit betekent dat deze constructies enkele maanden tijdens het winterstormseizoen op het strand zullen staan en daardoor een mogelijk risico voor de veiligheid van de waterkering kunnen vormen. Zie hiervoor hoofdstuk 10.

De bouwweg op het strand bestaat uit een rijbaan met met Stelcon platen eventueel in combintie met rijplaten (zie ook paragraaf 3.5.3):



Figuur 19: principe overzicht kraanopstelplaatsen ZZ

5.5 Bouwfasering

5.5.1 Harde Zeewering

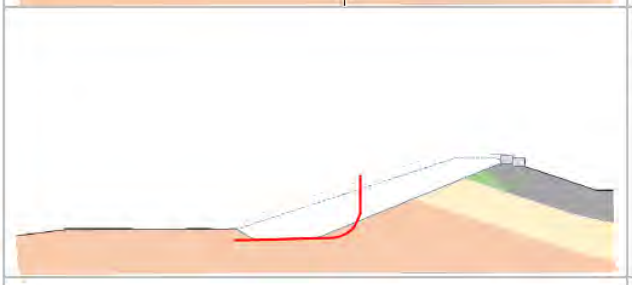
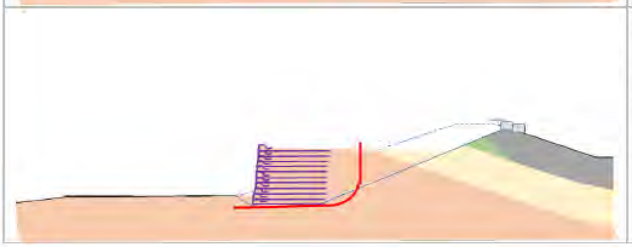
De werkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen, conform de eisen.

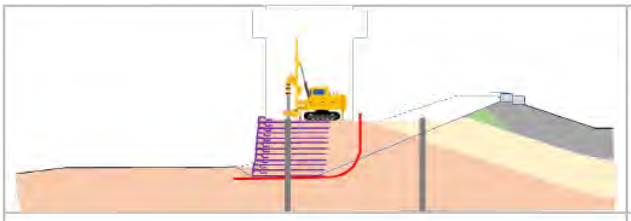
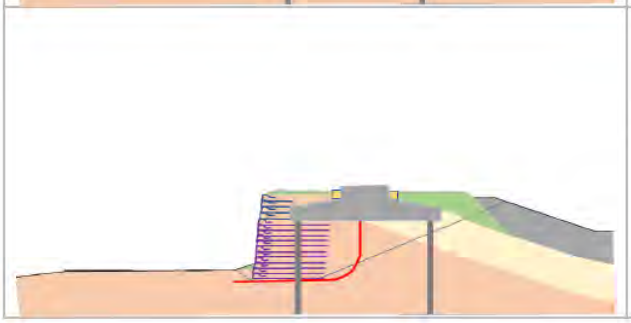
De bouwfasering is als volgt. Deze fasering ligt ten grondslag aan de beoordeling op de effecten van de weringveiligheid.

Voorbereiding bekabeling en terreininrichting
Voordat er gestart kan worden met de aanleg van de grondterpen, wordt er gestart met de voorbereiding van de bekabeling en de inrichting van het terrein. Hierbij zijn de volgende stappen aan de orde:

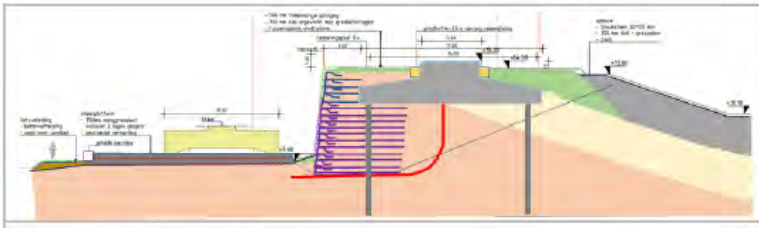
- Installeren monitoringspunten en uitvoeren nulmetingen;
- Realiseren gestuurde boring (persing) turbine HZ10 onder Maasvlakteweg;
- Omleggen weg.

Bouw grondterp

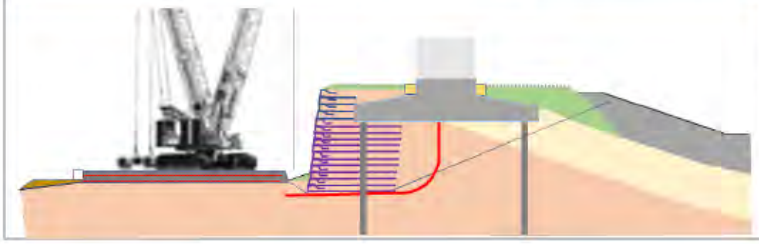
	- Aanbrengen bigbags/zandzakken op de kruin (deze worden met de kraan naar boven gebracht)
	- Afgraven talud van het dijklichaam (1:2,5) - Uitkomende grond gescheiden opslaan in gronddepots - Aanleggen toegangsweg vanaf het fietspad naar het werkplateau (naast de terp op het talud)
	- Aanbrengen mantelbuis; deze gaat onder en achter de gewapende grond via een bochtstraal naar het fundament *- Aantal PE buizen en bochtstraal wordt gespecificeerd door turbineleverancier;* *- HZ01, HZ06 en HZ10: 1x mantelbuis* *- HZ02 t/m 05, HZ07 en HZ08: 2x mantelbuis (in en uitgaande set)* *- HZ09: 3x mantelbuis (in en uitgaande set, verbinding met HZ10)*
	- Opbouwen met grondlichaam met omgeslagen geogrids tot niveau onderkant fundatie; - Gelijktijdig opbouw van de bouwweg tegen het binnentalud; - Aanvulling en afwerking van zeewering rondom terp (aanvullen zand, kleibekleding en grasbetontegels)

	- Voorboren en schroevend aanbreng van de funderingspalen; - Aanbrengen werkvloer, bekisting en wapening
	- Storten funderingsblok; - Uitharden beton;
	- Afwerken grondterp: *- Grindkist en drainage rondom betonnen opstort;* *- Aanvullen met klei;* *- Afwerken met grasbetontegels.* - Afwerking rondom terp: *- Verwijderen bigbags op kruin* *- Verwijderen bouwweg;* *- Aanvullen kleibekleding* *- Aanbrengen 3D structuurmat en inzaaien met gras.* *- Aanbrengen grasbetontegels. In zone rondom grondterp*

Plaatsen windturbines

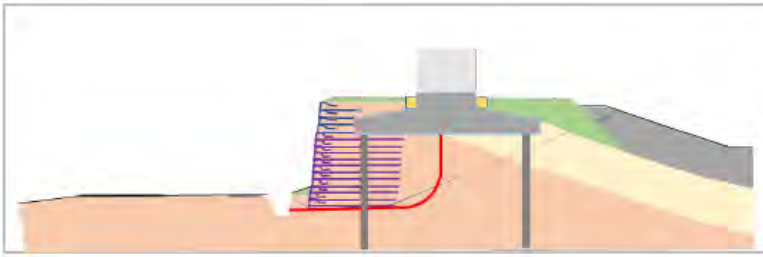


- Aanbrengen fundaties voor de kraanopstelplaatsen



- Mobiliseren kraan
- Opbouw kraan
- Hijsen van elementen
- Demobiliseren kraan

Aanbrengen en aansluiten bekabeling



- Graven sleuf aan teen van wering (zo ver mogelijk van terp vandaan)
- Leggen kabels in sleuf
- Doortrekken in mantelbuizen naar turbine
- Afmonteren kabels

In bedrijf stellen windturbine

1. In bedrijf stellen
2. Proefdraaien

Maatregelen bij stormcondities

De bouwwerkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen, maar bij de nadering van stormcondities (herhalingstijd minder dan 1/10 jaar) worden de volgende aanvullende maatregelen genomen tijdens ontgravingswerkzaamheden:

- Terugplaatsen afgegraven grond en deze grond afdekken met geogrids om erosie door golfoverslag te voorkomen, minimaal 24 uur voordat de golfoverslagcondities worden verwacht;
- Beschikbaar houden van de afgegraven grond. Deze grond bevindt zich daartoe op maximaal 3,3 km van de ontgravingslocatie en is binnen 2 kalenderdagen terug te plaatsen.

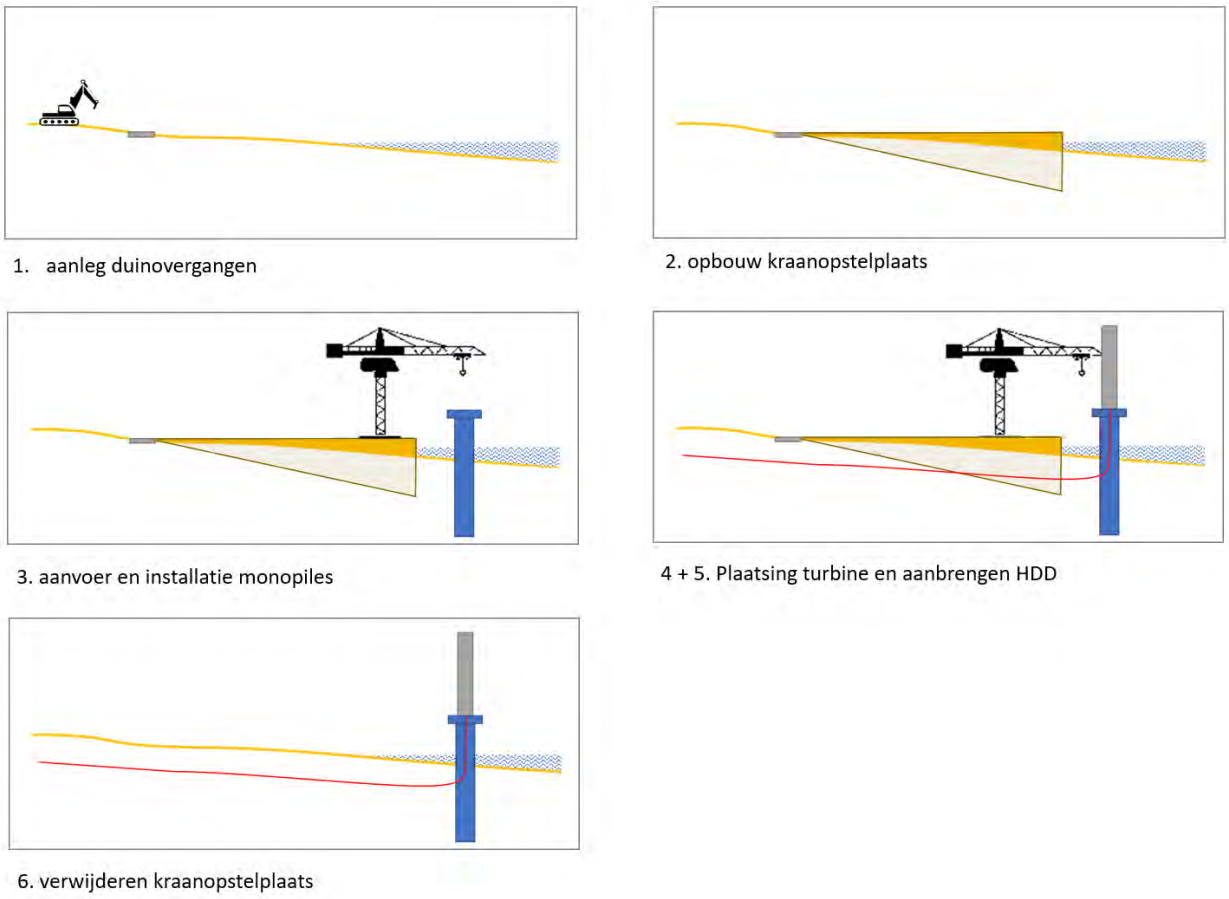
Nadat de storm is gepasseerd worden de volgende aanvullende maatregelen getroffen tijdens de ontgravingswerkzaamheden:

- De geplaatste grond wordt pas verwijderd minimaal 24 uur nadat de golfslagcondities (herhalingstijd minder dan 1/10 jaar) zich niet meer hebben voorgedaan;
- Inspectie van eventuele schade aan de bovenste laag van de zeewering (klei/grasbekleding) zal plaatsvinden tezamen met de beheerder;
- De schade dient binnen 14 dagen herstelt te zijn.

5.5.2 Zachte Zeewering (ZZ)

De werkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen, conform de eisen.

In navolgende figuur is de algemene bouwfasering weergegeven:



Figuur 20: algemene bouwfasering Zachte Zeewering

5.6 Verwijderingsfase

Harde Zeewering en Overgangszone

Alle onderdelen van het windpark worden verwijderd, met mogelijke uitzondering van de funderingspalen in de HZ. Deze worden tot een hoogte van -1m MV verwijderd tenzij het Bevoegd Gezag aangeeft dat ze er in het geheel uit moeten.

De keuze van het funderingsysteem (zie paragraaf 5.4) is erop afgestemd dat de palen, als daar aanleiding voor is, daarna alsnog geheel verwijderbaar zijn. In hoofdstuk 7 zijn de effecten op de zeewering beschouwd.

De sloopwerkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen, maar bij de nadering van stormcondities (herhalingstijd minder dan 1/10 jaar) worden de volgende aanvullende maatregelen genomen tijdens ontgravingswerkzaamheden:

- Terugplaatsen afgegraven grond en deze grond afdekken met geogrids om erosie door golfoverslag te voorkomen, minimaal 24 uur voordat de golfoverslagcondities worden verwacht;
- Beschikbaar houden van de afgegraven grond. Deze grond bevindt zich daartoe op maximaal 3,3 km van de ontgravingslocatie en is binnen 2 kalenderdagen terug te plaatsen.

Nadat de storm is gepasseerd worden de volgende aanvullende maatregelen getroffen tijdens de ontgravingswerkzaamheden:

- De geplaatste grond wordt pas verwijderd minimaal 24 uur nadat de golfslagcondities (herhalingstijd minder dan 1/10 jaar) zich niet meer hebben voorgedaan;
- Inspectie van eventuele schade aan de bovenste laag van de zeewering (klei/grasbekleding) zal plaatsvinden tezamen met de beheerder;
- De schade dient binnen 14 dagen herstelt te zijn.

Zachte Zeewering

De windturbines, kabels, fundaties en dergelijke worden - confrom de eisen - 1 jaar na beëindiging van de exploitatietermijn te worden verwijderd en afgevoerd.

Zandverlies zal zoveel mogelijk voorkomen worden. Eventueel verdwenen zandvolumes worden weer aangevuld met zand met een korreldiameter > 333 mu. Eventueel verdwenen beplanting wordt hersteld (helmgras).

6 Belastingen

6.1 Belastingen tijdens de bouwfase

Uitgangspunt in de beoordeling is dat de werkzaamheden welke van invloed kunnen zijn op de veiligheid van de waterkeringen zullen plaatsvinden onder ‘normale’ operationele ontwerpomstandigheden en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen behorend bij een herhalingstijd van 10.000 jaar.

6.1.1 Kruinbelasting

Harde Zeewering
Transport vindt plaats o.a. via de Prinses Maximaweg en de Maasvlakteweg; zie paragraaf 3.5.3.

Uitgangspunt is dat tijdens de bouwfase geen verkeersbelasting op de kruin van de waterkering nabij de windturbine aanwezig is; zie paragraaf 6.1.1. De bovenbelasting bestaat uit met zand gevulde bigbags ten einde bij hoog water de golfoverslag te voorkomen.

Zachte Zeewering
Transport vindt plaats via 4 verschillende duinovergangen (zie Figuur 9), niet in de nabijheid van de windturbinelocaties.

Overgangszone
Uitgangspunt is dat tijdens de bouwfase geen verkeersbelasting op de kruin van de waterkering nabij de overgangszone aanwezig is. De bovenbelasting bestaat uit met zand gevulde bigbags ten einde bij hoog water de overslag te beperken.

6.1.2 Belasting grondterp

Het funderingsontwerp bestaat uit een fundering op palen in combinatie met een talud van gewapende grond (zie paragraaf 5.4). Deze grondterp zorgt voor extra belasting op de ondergrond en resulteert in zakking van de kruin.

6.1.3 Belasting kraanopstelplaats

De kraanbelastingen bevinden zich direct naast de windturbines aan de binnenzijde (zie bijvoorbeeld Figuur 17 en Figuur 19) voor zowel de HZ als de ZZ.

Deze belastingen hebben een gunstig (tegenwerkend) effect op de stabiliteit (buitenwaarts) van de kering. In de beschouwing is om deze reden geen rekening gehouden met de kraanbelastingen.

6.1.4 Grondversnellingen door trillingen gedurende de bouwfase

Harde Zeewering
Voor de fundering van de windturbines van de HZ is voor de beschouwing van de effecten op de waterkering uitgegaan van de toepassing van een grondverdringend, *trillingsarm* paalsysteem (zie paragraaf 5.4.1).

Er is daarmee geen negatief effect op de zeewering te verwachten.

De terp wordt gerealiseerd door middel van gewapende grond, zonder toepassing van damwanden. Er is daarmee geen zetting door grondversnellingen te verwachten.

Zachte Zeewering
De monopalen worden trillend dan wel heiend op diepte gebracht.

Ook worden mogelijk tijdelijke damwanden toegepast voor de realisatie van de terp van de kraanopstelplaats. Deze damwanden worden ingetrild en dan weer trillend getrokken.

Vanwege het dynamische profiel van de ZZ vormen trillingen geen risico voor de zeewering. Er wordt geen instabiliteit verwacht en eventuele verzakking door verdichting wordt ook toelaatbaar geacht, mits de zandvolumes worden aangevuld.

Overgangszone
In het voorgaande is toegelicht dat er vanuit de fundering van de HZ geen trillingen te verwachten zijn.

Op een afstand van ca. 100 m van de zuidelijk punt van overgangszone wordt ter plaatse van de ZZ een windturbine gerealiseerd (ZZ-01), gefundeerd op een monopaal.
Mogelijk wordt de kraanopstelplaats omgeven door korte damwanden. Mede hierdoor zijn ze niet maatgevend ten opzichte van de monopile.

De te verwachten trillingssnelheden ter plaatse van de overgangszone zijn afhankelijk van de ondergrond, hei- of trilenergie en de afstand tot de bron. Om een inschatting te maken van de te verwachten heitrillingen is de methode uit de CUR166 ‘Damwandconstructies’ 6e druk toegepast.

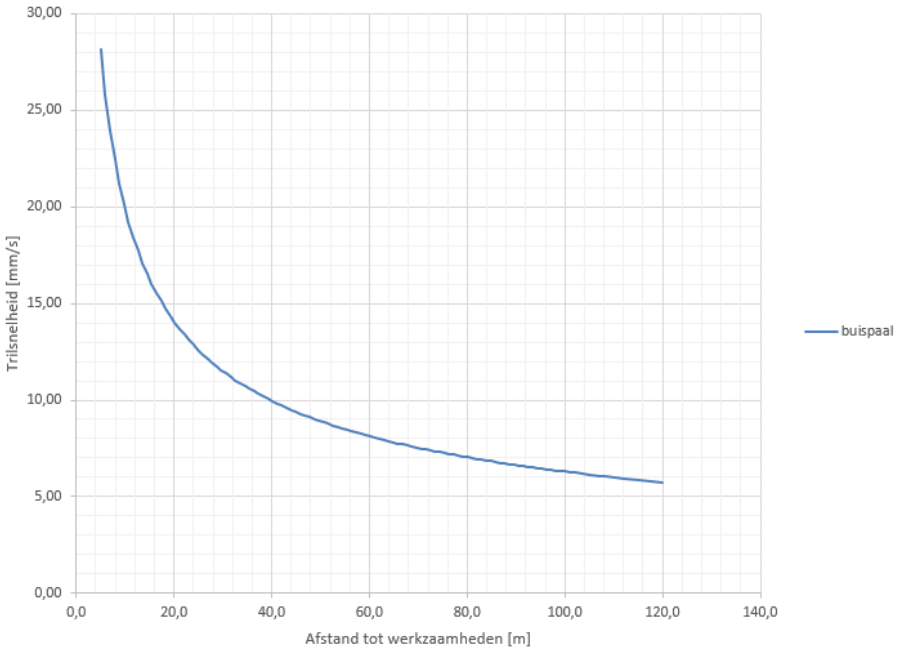
De empirische formule betreft:

$$V_{\max;99\%;heien}(r) = V_{0;cor;99\%;heien} \cdot \sqrt{0{,}8 \cdot E_{pot}} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{5}{r}} \cdot e^{(-\alpha \cdot (r-5))}$$

$V_{max;99\%}$	=	De trillingssnelheid die met een kans van 99 procent wordt onderschreden
$V_{0;cor;99\%}$	=	Referentietrillingssnelheid of bronsterkte op 5 m afstand van de trillingsbron
E_{pot}	=	Potentiële energie van het heiblok
$0{,}8$	=	Reductiefactor er van uitgaande dat 80% van hei-energie in de paal terecht komt
λ	=	Reductiefactor voor overdracht trillingen naar ondergrond
r	=	Afstand tot heibron
α	=	Factor waarin materiaaldemping en geometrische demping verdisconteerd zit

Uitgangspunten heien buispalen:
- Vo;99% = 0,106 mm/s voor profiel Maasvlakte (5) [19]
- Maatgevende frequentie 25 Hz
- E_{pot} = 180.000 Nm
- λ = 0,7
- $r_{referentie}$ = 5 m
- α = 0,0 m^{-1} voor profiel Maasvlakte (5) [19]

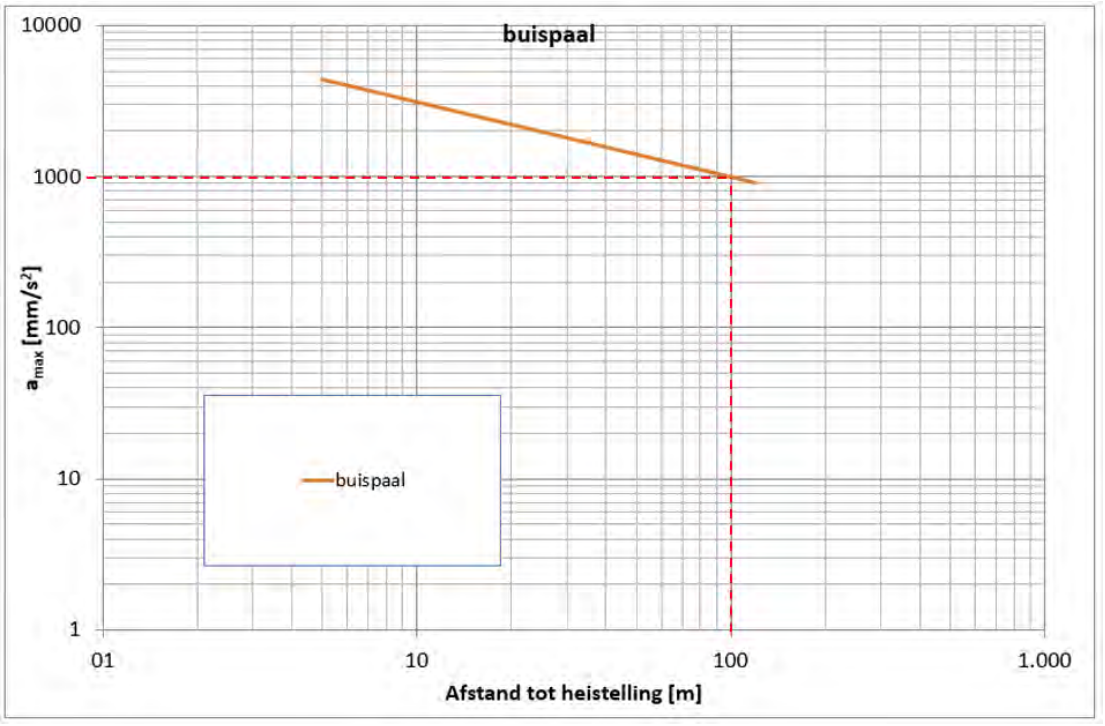
De trillingssnelheid - bij 1% kans van overschrijding - als functie van de afstand tot de bron is weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 21: inschatting trillingssnelheden conform CUR166 (99% bovengrens)

Op basis van de verwachte trillingssnelheden $V_{max;99\%}$ is de bijbehorende grondversnelling bepaald volgens: $a_{max} = (2 \times \pi \times f) \times v_{max;99\%}$

De grondversnellingen als functie van de afstand tot de bron zijn weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 22: Verwachte grondversnellingen

Duidelijk blijkt dat de versnellingen in de ondergrond het grootst zijn nabij de bron en snel afnemen met de afstand.

Volgens bovenstaande figuur worden ook op grotere afstanden (meer dan 75 m) nog aanzienlijke trillingen voorspeld (meer dan 5 mm/s). Volgens ervaringsgegevens zullen de trillingen (en dus versnellingen) op deze afstand echter beperkt zijn.

Er zou dus met een lagere versnelling gerekend kunnen worden dan de ca. 1000 mm/s^2 die uit Figuur 22 volgt op een afstand van 100 m. Dit is niet gedaan en is een conservatieve aanpak. Gekozen is te rekenen met een versnelling van **1,0 m/s^2 (bovengrens)**, ofwel 0,1g.

De stabiliteitsberekeningen zijn met het programma D-Geo Stability (versie 18.1.1.3) uitgevoerd. Hierbij is deze grondversnelling opgelegd als een aardbevingscomponent. Aangezien in de berekeningsmodellen de versnellingscomponent voor het gehele grondprofiel geldt, is dit een conservatieve modellering. Er wordt geen rekening gehouden met demping.

Voor de stabiliteit is een horizontale versnelling ongunstiger dan een verticale versnellingscomponent. Op korte afstand is de horizontale trillingsrichting dominant. Op afstanden van orde grootte van 100 m tot de trillingsbron wordt de verticale trillingsrichting dominant. In dit geval zijn de horizontale en verticale component aan elkaar gelijkgesteld.

6.1.5 Wateroverspanningen

Naast versnelling zal als gevolg van trillen/heien een relatieve wateroverspanning kunnen optreden in de ondergrond. Doorgaans is de invloed van de relatieve waterspanningen op een afstand van meer dan 10 m van de bron verwaarloosbaar klein.

Ter plaatse van de ZZ is een dik pakket slappe lagen. Het optreden van wateroverspanningen zal, gezien de minimale afstand van de trillingsbron van orde grootte van 100 m, geen invloed hebben op de OZ of HZ. Om deze reden is er geen rekening gehouden met wateroverspanningen bij de beschouwingen van de HZ en OZ.

Trillingen/heien kunnen ter plaatse van de ZZ echter wel een aanleiding zijn tot het optreden van verweking/zettingsvloeiing. In hoofdstuk 7 wordt dit aspect nader beschouwd.

6.1.6 Verdichting ondergrond

De ondergrond is niet verdichtingsgevoelig (zie paragraaf 5.1 en uitgewerkt in paragraaf 7.7). Door installatie van de palen en damwanden op de ZZ kan daardoor hooguit mogelijk enige verdichting optreden en daarmee enige zakking (orde 5-10 mm) in de directe omgeving veroorzaken. Gezien de afstand van de windturbines van de ZZ tot de HZ en OZ (orde grootte 100 m) zal dit geen negatieve effecten hebben op de standzekerheid van de blokkendam en de algemene weringveiligheid. Dit aspect is daartoe niet verder beschouwd.

6.1.7 Ontgravingen en ophoging

Ten behoeve van de aanleg van het fundament van de windturbines bij de HZ zijn tijdelijke ontgravingen benodigd. In hoofdstuk 7 wordt de invloed van ontgravingen verder beschouwd.

Als onderdeel van het fundament van de windturbines bij de HZ wordt het bestaande maaiveld opgehoogd (zie bv. paragraaf 5.4.1). In hoofdstuk 7 wordt de invloed van deze ophogingen verder beschouwd.

Voor de kraanopstelplaatsen bij de turbines van de ZZ wordt een terp aangebracht. Deze zal mogelijk enige zetting veroorzaken maar verder geen invloed hebben op de zeewering. Dit aspect is daartoe niet verder beschouwd.

Er worden binnen ten minste 90 m afstand van de blokkendam geen grondroerende werkzaamheden uitgevoerd of materialen opgeslagen.

6.2 Belastingen tijdens de gebruiksfase

Voor beschouwing van de gebruiksfase wordt rekening gehouden met het optreden van maatgevend hoogwater in combinatie met harde wind. Daarnaast is ook de situatie met een waterstand bij dagelijkse omstandigheden geanalyseerd.

Kruinbelasting
Onder de maatgevende omstandigheden is er geen belasting aanwezig op de kruin.

Trillingsintensiteit tijdens gebruik windturbines
Tijdens de gebruiksfase ontstaan trillingen in de ondergrond door het draaien van de rotorbladen, door de variaties in windsnelheid en door de trillingen in de constructie. Deze trillingen leiden tot toename van de belasting op de ondergrond door grondversnellingen.

Onderscheid wordt gemaakt in de volgende omstandigheden:

- ***Dagelijkse omstandigheden met lage en gemiddelde windsnelheden***
  Bij windsnelheden tot 12,5 m/s (gemiddeld 8,5 m/s) zijn de rotorbladen zo ver mogelijk uitgezet. Voor deze dagelijkse omstandigheden wordt in de stabiliteitsberekeningen uitgegaan van een maximale horizontale en verticale grondversnelling van ***0,04 m/s²***, zie kader voor toelichting;
- ***Draaiende rotor bij hoge windsnelheid***
  Bij windsnelheden tussen 12,5 m/s en 25 m/s (hoge windsnelheid) is het nominaal vermogen bereikt. Om overtoeren te voorkomen worden de bladen uit de windrichting gedraaid, zodat de draaisnelheid van de generator gelijk blijft. Op basis van een onderzoek door Deltares (Hölscher, 2016) is voor deze windcondities uitgegaan van een versnelling in de ondergrond nabij de funderingsplaat van ***0,08 m/s²***.
- ***Stilstaande rotor bij extreme windsnelheid***
  Bij windsnelheden hoger dan 25 m/s wordt uitgeschakeld en zijn de bladen in vaanstand. Zodra de bladen stilstaan, is de versnelling tijdens de extreme windomstandigheden, nabij de funderingsplaat circa ***0,16 m/s²*** (inschatting op basis van artikel van Hölscher (2016)).
- ***Noodstop of windstoot bij extreme windsnelheid***
  Voor een windturbine op een waterkering is verondersteld dat de extreme stormsituatie kan optreden bij een hoogwater dat 1 keer per jaar voorkomt. Dit betekent dat uitgegaan moet worden van een windsnelheid in de range van 30-45 m/s. Bij deze stormsituatie is de turbine uitgeschakeld. De rotor staat dan stil, zodat draaiing geen bijdrage meer levert aan de trillingen. Op basis van onderzoek door Deltares (Hölscher, 2016) is afgeleid dat voor de situatie waarbij de turbine in één klap wordt uitgezet de trillingssnelheid in de bodem in de orde van 5 mm/s zal zijn, met een hoge waarde van 8-10 mm/s. De frequenties liggen in de range van 0,2-5 Hz. Dit leidt tot een maximale versnelling van circa ***0,25 m/s²*** nabij de funderingsplaat.

Uit trillingsmetingen [24] blijkt dat verticale trillingen op 5 m uit de turbine al 50% van horizontale trillingen zijn. Met toenemende afstand neemt het percentage snel verder af, terwijl horizontale trilling maar

langzaam afneemt. De in de berekeningen gehanteerde grondversnellingen zijn samengevat in onderstaande tabel:

tabel 11: Overzicht grondversnellingen in de gebruiksfase

Fase	Situatie	Grondversnellingen	
		Horizontaal [m/s^2]	Verticaal [m/s^2]
Gebruik (dagelijkse omstandigheden)	Gemiddelde wind (8,5 m/s)	0,04	0,04
Gebruik (extreme omstandigheden)	Noodstop/windstoot	0,25	0,125
	Stilstaande bladen (windsnelheid >25 m/s)	0,16	0,08
	Draaiende bladen (windsnelheid 12,5-25 m/s)	0,08	0,04

De waarde van de grondversnelling onder dagelijkse omstandigheden is gebaseerd op beschikbare metingen bij andere projecten (Fugro, 2012 en Deltares, Hölscher, 2016 [24]). De versnellingen zijn gemeten op het fundament nabij opgestelde 3 MW turbines in de Afrikahaven te Amsterdam (2008) en nabij Noordland op de Neeltje Jans (2009). Door Deltares zijn in 2016 metingen verricht bij een windturbine in Gouda. De metingen van Fugro zijn verricht bij lage en gemiddelde windsnelheden tot circa 14 m/s (windkracht tot 6 Bft). De gemeten waarden voor de versnellingen waren:

	Noordland	Afrikahaven
a_{hor}	0 tot 0,025 m/s^2	0,01 tot 0,035 m/s^2
a_{vert}	0,02 tot 0,075 m/s^2	0,015 tot 0,05 m/s^2

Bij metingen door Deltares bij Gouda bedroeg de gemiddelde windsnelheid 14-16 m/s en de maximale windsnelheid 22-24 m/s. De grootste gemeten trillingssnelheid op de fundering is 4 mm/s geweest. De trillingen in de grond waren gemiddeld 1-2 mm/s, met een maximale snelheid van 3 mm/s. Trillingen namen duidelijk af bij toenemende afstand. Dominant voor de horizontale trillingen is de frequentie van 3 Hz. Hierbij bedraagt de versnelling 0,04 m/s^2.

Daarnaast zijn door Fugro in 2016 trillingsmetingen uitgevoerd rondom een 6MW windturbine nabij de Eemshaven. Op circa 15 m afstand waren aan maaiveld en op diepte nagenoeg geen verhogingen meer waarneembaar ten opzichte van de achtergrondtrillingen. De grootste versnellingen traden op bij opstarten/noodstops, waarbij waarden van 0,015 tot 0,03 m/s^2 zijn gemeten.

In de stabiliteitsberekeningen is voor het gehele grondmodel een gelijke versnelling opgelegd, zonder rekening te houden met demping. Dit is een conservatieve aanname.

Wateroverspanningen

Tijdens het gebruik worden de cyclische belastingen via het stijve funderingsblok over de palen herverdeeld bij de HZ. Wateroverspanningen zullen op korte afstand al zijn afgenomen (<10m). Het effect van de wateroverspanningen in de gebruiksfase is niet relevant voor de macrostabiliteit van de zeewering.

Nazakken ondergrond

De funderingspalen worden in het ophoogzand geïnstalleerd, boven de diepere samendrukbare lagen. Er ontwikkelt zich daarmee geen negatieve schachtwrijving. Door de fundering op deze wijze uit te voeren, zakt het fundament in gelijke mate met de kruin.

6.3 Belastingen tijdens de verwijderingsfase

De werkzaamheden dienen plaats te vinden buiten het stormseizoen. De sloopwerkzaamheden - welke van invloed kunnen zijn op de veiligheid - zullen daarmee plaatsvinden onder ‘normale’ omstandigheden en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen.

Kruinbelasting
Tijdens de verwijderingsfase zal er geen bovenbelasting op de kruin aanwezig zijn.

Belasting kraanopstelplaats
De kraanbelastingen bevinden zich aan de buitenzijde van de waterkering. Deze belastingen hebben een gunstig (tegenwerkend) effect op de buitenwaartse stabiliteit. In de stabiliteitsberekeningen is om deze reden geen rekening gehouden met de kraanbelastingen.

Grondversnellingen door slopen fundament
De eisen zoals gesteld in hoofdstuk 4 geven aan dat de palen bij de HZ mogelijk dienen te worden verwijderd en dat de fundering bij de ZZ dient te worden verwijderd.

Voor de verwijdering van het blok van de windturbine funderingen zal als hoofdmaterieel gebruik worden gemaakt van een hydraulische graafmachine met een sloophamer. Deze draait doorgaans met 310-390 toeren/min, ofwel een frequentie van 5 à 6 Hz. Bij deze frequentie wordt een versnelling verwacht van circa horizontaal 300 mm/s^2 (**0,3 m/s^2**) en verticaal 150 mm/s^2 (**0,15 m/s^2**).

In hoofdstuk 7 en 8 wordt dit aspect nader beschouwd voor zowel de HZ als de ZZ (in verband met het mogelijk optreden van verweking/zettingsvloeiing).

Ontgravingen
Ten behoeve van de sloop van het fundament van de windturbines en fundering voor de kraanopstelplaats zijn tijdelijke ontgravingen benodigd ter plaatse van de HZ. Deze bevinden zich in het voorland.

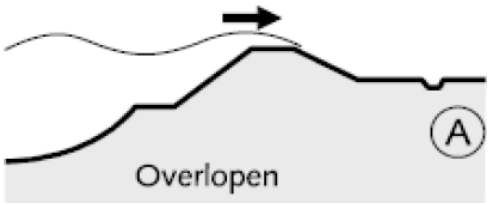
Voor de verwijdering van kabels en leidingen zullen eveneens tijdelijke ontgravingen nodig zijn. In hoofdstuk 7 en 8 wordt dit aspect verder beschouwd.

7 Beoordeling ondergrondse effecten Harde Zeewering en Overgangszone

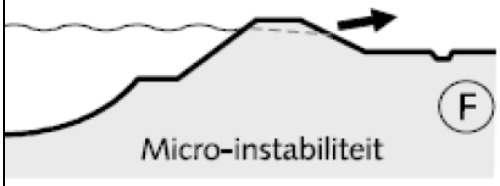
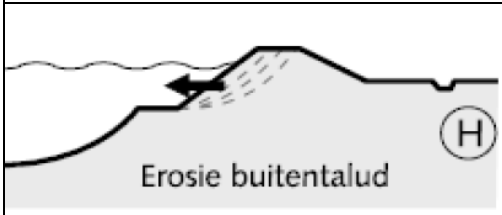
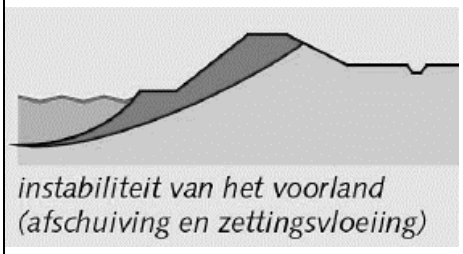
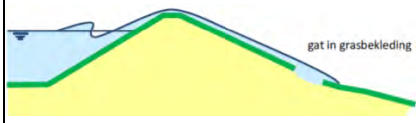
7.1 Selectie relevante faalmechanismen o.b.v. kwalitatieve analyse

De mogelijke ondergrondse effecten van de windturbines op de weringveiligheid zijn beschouwd aan de hand van verschillende faalmechanismen voor de zeewering. Een korte beschrijving van de faalmechanismen, evenals de potentiele effecten op de sterkte van of de belasting op de zeewering, is gegeven in onderstaande tabel. Op basis van een kwalitatieve analyse is aangegeven of het mechanisme relevant is. De relevante faalmechanismen worden in het vervolg van dit hoofdstuk nader beschouwd.

tabel 12: Omschrijving faalmechanismen (figuren uit VTV2006)

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	Overlopen in combinatie met doorgaande erosie leidt tot een overstroming. De weerstand hiertegen wordt o.a. bepaald door de helling van het buitentalud en de hoogte van de kruin. Kruindaling door verdichting dijk/grond t.g.v. trilling wordt niet verwacht omdat een trillingsvrij paalsysteem is voorzien. Herschikking van de blokkendam ten gevolge van trillingen is – in vergelijking met de golfaanslag – niet aan de orde maar wel beschouwd in dit hoofdstuk en is onderdeel van de monitoring. Effecten *Bouwfase*: • Kruindaling door opbouw/verdichting grondterp en aanleg fundering (extra belasting). Vanwege de grote afstand wordt geen zetting van de blokkendam verwacht; • Kans op doorgaande erosie kruin en binnentalud vanwege ontgraving kleibekleding en beschadigingen aan de grasmat. In het ontwerp is als maatregel al voorzien dat bigbags op de kruin worden geplaatst. • Kruindaling door het heiend/trillend aanbrengen van damwanden en monopaal bij ZZ01. Geen effect op blokkendam vanwege grote afstand. *Gebruiksfase*: • Zetting kruin ten gevolge van aanwezigheid van grondterp en fundatie; geen zetting blokkendam daardoor. • Trillingen (verdichting) hebben geen effect op de standzekerheid van de blokkendam (zie paragraaf 7.7). *Verwijderingsfase:* • Kans op doorgaande erosie binnentalud vanwege ontgraving kleibekleding. Als maatregel worden bigbags op de kruin geplaatst om overslag te voorkomen. • Kruindaling door verdichting dijk/grond a.g.v. trilling. Grootte zal verwaarloosbaar zijn door aanwezigheid van goed verdicht zand.
	Golfoverslag kan leiden tot erosie van de kruin en het binnentalud door de kracht van het stromend water. De belasting wordt gevormd door de hydraulische randvoorwaarden en het daaruit voortvloeiende overslagdebiet. De sterkte wordt bepaald door de erosiebestendigheid van het binnentalud. Herschikking van de blokkendam ten gevolge van trillingen is – in vergelijking met de golfaanslag – niet aan de orde maar wel beschouwd in dit hoofdstuk en is onderdeel van de monitoring. Effecten *Bouwfase:* • Tijdelijke verlaging kruin door ontgraving voor opbouw grondterp.

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	• Zetting kruin door opbouw en verdichting grondterp; geen zetting blokkendam. • Kans op doorgaande erosie binnentalud vanwege tijdelijke verwijdering kleibekleding en beschadiging grasmat. Als maatregel worden bigbags op de kruin geplaatst om overslag te voorkomen. *Gebruiksfase:* • Zetting kruin ten gevolge van aanwezigheid van grondterp en fundatie; geen zetting blokkendam daardoor. • Trillingen (verdichting) hebben geen effect op de standzekerheid van de blokkendam (zie paragraaf 7.7). *Verwijderingsfase:* • Tijdelijke verlaging kruin door ontgraving voor opbouw grondterp. • Kans op doorgaande erosie binnentalud vanwege tijdelijke niet aanwezig zijn van kleibekleding of beschadiging grasmat. Als maatregel worden bigbags op de kruin geplaatst om overslag te voorkomen. • Kruindaling door verdichting dijk/grond a.g.v. trilling. Grootte zal verwaarloosbaar zijn door aanwezigheid van goed verdicht zand.
	Instabiliteit (afschuiven) van het binnentalud kan optreden, door infiltratie van het overstromend water bij een combinatie van hoge waterstand en golfoverslag, door waterdruk tegen de zeewering en door ontgravingen. Daarnaast bestaat de belasting uit het gewicht van de waterkering en eventuele verkeersbelasting. De sterkte wordt bepaald door de geometrie en het gewicht en de schuifsterkte van de ondergrond. Een verhoogde waterspanning in de ondergrond of grondversnelling door heien/trillingen is niet aan de orde gezien de toepassing van een trillingsvrij paalsysteem en de zandige bodemopbouw. Daarnaast vinden er geen transporten plaats op de kruin van de dijk. Effecten *Bouwfase*: • Ontgraving binnentalud voor aanleg grondterp • Ontgraving sleuf nabij binnenteen t.b.v. kabels • Oprit tegen binnentalud *Gebruiksfase*: • Trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen kunnen leiden tot toename van de grondbelasting op naastgelegen zeewering; *Verwijderingsfase:* • Toename van belasting door trillingen tijdens het slopen van het fundament; • Ontgravingen aan buitenzijde ten behoeve van sloop fundament. • Ontgraving sleuf nabij binnenteen t.b.v. kabels
	Dit mechanisme betreft de instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud, het stenig duin. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de waterkering en het gewicht en de schuifsterkte van de ondergrond. Het optreden hiervan kan mogelijk de standzekerheid van de blokkendam beïnvloeden. Effecten *Bouwfase*: • Geen toename van belasting door trillingen tijdens installatie van palen van de HZ. Mogelijke invloed installatie damwanden of heien fundering windturbines ZZ. *Gebruiksfase*: • Trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen kunnen leiden tot toename van de grondbelasting; *Verwijderingsfase:* • Toename van belasting door trillingen tijdens het slopen (fundament).

	Micro-instabiliteit betreft het verlies van stabiliteit (afdrukken/afschuiven) van de kleibekleding op het binnentalud onder invloed van grondwater dat door het grondlichaam stroomt. Omdat er geen waterstandsverschil aanwezig is, kan dit faalmechanisme uitgesloten worden.
	Piping betreft kwelstroming door de ondergrond waarbij achter de dijk erosie ontstaat en grond meegevoerd wordt (zandmeevoerende wellen). Omdat er geen waterstandsverschil aanwezig is, kan dit faalmechanisme worden uitgesloten.
	Dit mechanisme betreft erosie van het buitentalud of de vooroever door stroming of golfbeweging. Harde objecten in of nabij het buitentalud kunnen leiden tot lokale stroomversnelling en dus toename van de belasting. Effecten Er zijn geen objecten in het buitentalud voorzien. Evenmin treedt er een aanpassing op van het buitentalud. Er worden daardoor geen effecten verwacht.
	Zettingsvloeiing leidt tot een verandering van de geometrie van het voorland van een waterkering en kan daarmee van invloed zijn op andere faalmechanismen zoals overslag/overloop en macrostabiliteit. Eén van de voorwaarden voor het optreden van een zettingsvloeiing is het optreden van een inleidend mechanisme. Dit kan een (flinke) trilling zijn, bijvoorbeeld door heien of neerkomen van een gondel. Het optreden van dit mechanisme beïnvloedt de standzekerheid van de blokkendam. Effecten *Bouwfase*: • Mogelijk inleidend mechanisme door heien monopaal bij ZZ01 *Gebruiksfase*: • Mogelijk inleidend mechanisme door trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen. *Verwijderingsfase:* • Mogelijk inleidend mechanisme door trillingen tijdens het slopen (fundament).
 Instabiliteit van bekleding	Erosie en/of instabiliteit van de bekleding (steenzetting en grasmat) betreft schade door golfklappen, golfoploop, golfoverslag, wateroverdrukken en stroming. De schade kan leiden tot het bloot komen van de kern van de dijk. De sterkte voor bepaald door de materiaaleigenschappen (sterkte en stijfheid) en de actuele staat van de bekleding. Effecten *Bouwfase* • Afname van de sterkte tijdens ontgraving; • Afname (tijdelijk) sterkte van de grasmat/bekleding ter plaatse van de aanvulling rondom de grondterp en bouwweg tegen het talud. *Gebruiksfase:* • Erosie kan optreden op de overgang van het fundament/grondterp en de bekleding *Verwijderingsfase:* Overeenkomstige de bouwfase, maar dan bij het verwijderen van het fundament en grondterp.

 **Standzekerheid stenig duin (blokkendam)**	**De blokkendam heeft een unieke beschermende functie van de wering. De afzonderlijke blokken van de blokkendam zijn precies gepositioneerd. Herschikking van de blokkendam ten gevolge van trillingen is – in vergelijking met de golfaanslag – niet aan de orde maar wel beschouwd in dit hoofdstuk en is onderdeel van de monitoring. Voor de nadere uitwerking van de effecten wordt verwezen naar paragraaf 7.7.** **<u>Effecten</u>** **Bouwfase** • **Geen toename van belasting door trillingen tijdens installatie van palen van de HZ. Mogelijke invloed installatie damwanden of heien fundering windturbines ZZ.** • **Extra belasting door opbouw/verdichting grondterp en aanleg fundering (extra belasting). Vanwege de grote afstand wordt geen zetting van de blokkendam verwacht.** • **Geen werkzaamheden buitentalud of verder zeewaarts.** ***Gebruiksfase*:** • **Trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen kunnen leiden verdichting van de ondergrond en daarmee zetting van de blokkendam.** ***Verwijderingsfase:*** • **Mogelijke trillingen tijdens het slopen (fundament) welke kunnen leiden tot verdichting van de ondergrond en daarmee zetting van de blokkendam.**

Aan de hand van het voorgaande overzicht is gesteld dat de ontwikkeling van het windpark effect kan hebben op de volgende faalmechanismen (bij beschouwing ondergrondse effecten):

tabel 13: Relevante faalmechanismen per projectfase met mogelijk effect

Faalmechanisme	Bouwfase	Gebruiksfase	Verwijderingsfase
Overlopen (HT)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)
Golfoverslag (HT)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)	✓ Windturbine (kruinhoogteverlaging)
Afschuiven binnentalud (STBI)	✓ Windturbine HZ: (ontgraving) ✓ Bouwweg (belasting) ✓ Windturbine ZZ01 (trillingen) ✓ Bekabeling (sleuf)	✓ Windturbine (trillingen)	✓ Windturbine (ontgraving en trillingen) ✓ Bekabeling (sleuf)
Afschuiven buitentalud (STBU)	✓ Windturbine ZZ (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)
Bekleding (STBK)	✓ Windturbine (ontgraving) ✓ Bouwweg (verstoring bekleding)	✓ Windturbine (aansluiting)	✓ Windturbine (ontgraving) ✓ Bouwweg (verstoring bekleding)
Voorland/Zettingsvloeiing (VLZV)	✓ Windturbine ZZ01 (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)
Standzekerheid blokkendam	✓ Windturbine ZZ01 (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)	✓ Windturbine (trillingen)

Deze potentiele faalmechanismen worden in onderstaande paragrafen nader kwantitatief beoordeeld.

7.2 Beoordeling effecten op overloop en golfoverslag (HT)

Ontgravingen voor het fundament

Door ontgravingen voor het fundament wordt tijdelijk de kleibekleding verwijderd. Bij overslag kan daarmee (doorgaande) erosie van het binnentalud plaatsvinden.

Om dit te voorkomen worden de navolgende voorzorgsmaatregelen genomen:

- De bouw- en sloopwerkzaamheden dienen buiten het stormseizoen plaats te vinden;
- Gedurende de bouw- en sloopwerkzaamheden worden bigbags op de kruin geplaatst (zie bv. paragraaf 5.5.1).
- De grondterpen worden afgewerkt met 0,70 m klei (categorie 1) en grasbetontegels;
- De ontgraven kleibekleding langs de buitencontouren van de grondterp worden versterkt teruggebracht (circa 1,0 m kleidikte, categorie 1);
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht op de kruin en het binnentalud om de erosiebestendigheid te garanderen, indien de nieuwe grasmat nog niet volledig is hersteld voor aanvang van het stormseizoen
- De uitvoering van de bekabeling wordt zorgvuldig verricht met herstel van de ‘oorspronkelijke bodemopbouw’;
- Er wordt voor een goede aansluiting gezorgd tussen de grondterp van de fundering en de bestaande bekleding. Gaping of spleetvorming wordt hiermee voorkomen
- Er wordt een drainagesysteem (grindkist) toegepast om erosie (ten gevolge van bijvoorbeeld regenval of overslag) te voorkomen.

De navolgende maatregelen worden voorzien ten aanzien van het platform met trappen:

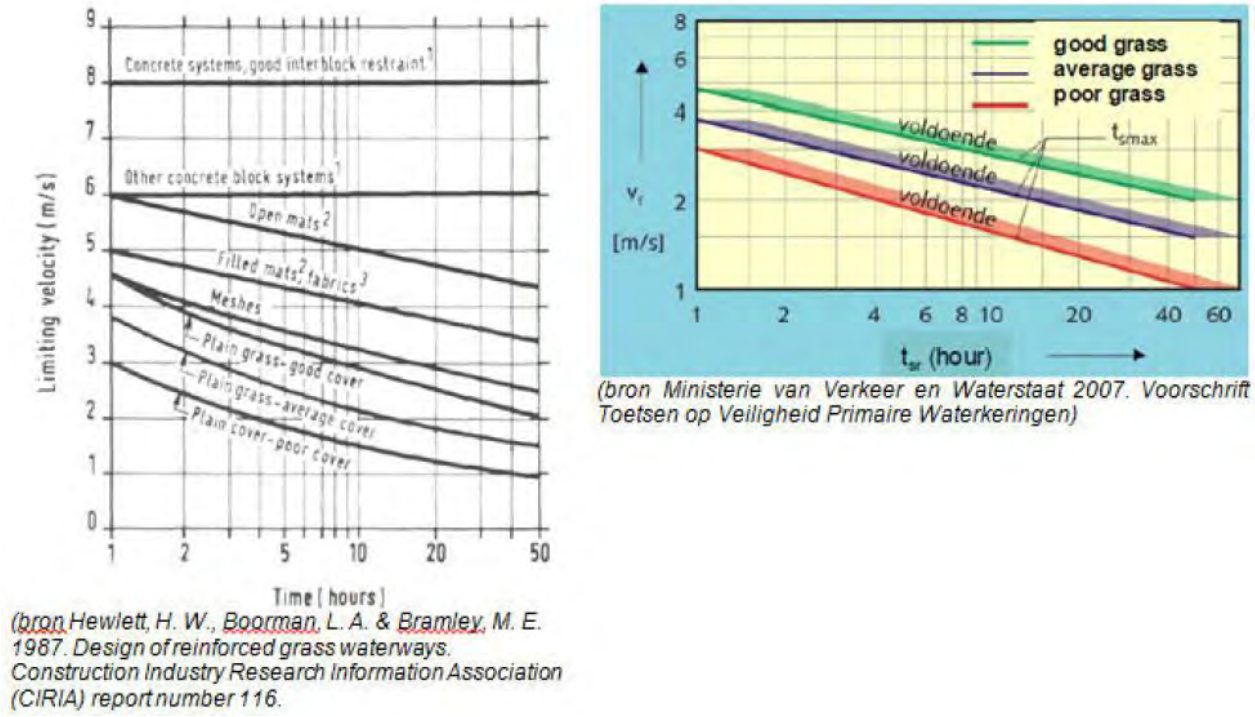
- Het platform bevindt zich buiten het dijkprofiel;
- Ze is prefab en wordt geplaatst **op** maar *niet* **in** de bekleding;
- De kleibekleding wordt versterkt teruggebracht (circa 1,0 m kleidikte, categorie 1);
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht om de erosiebestendigheid te garanderen

Beschrijving 3D structuurmaat

De structuurmat en de afdekkende teelaardelaag dienen te worden ingezaaid voor ontwikkeling van een grasvegetatie. De structuurmat (Secumat, of gelijkwaardig) dient om erosie van de grond te voorkomen. De mat bestaat uit een flexibele, driedimensionale wir-war structuur van geextrudeerde polypropyleen en wordt in de toplaag verwerkt. De structuurmat verstevigt het grondoppervlak waardoor de vegetatie zich ontwikkelt en het wortelstelsel wordt versterkt.

De structuurmat is voorzien van een vlakke onderlaag met een hoge treksterkte, gekoppeld aan een tweede laag die verdeeld is in een reeks compartimenten die ervoor zorgt dat de toplaag wordt vastgehouden. Grashellingen gewapend met structuurmatten zoals Secumat hebben aangetoond erosiebestendig te zijn tegen stroomsnelheden groter dan 4 m/s (www.citeko.com).

De linker afbeelding in onderstaande figuur toont aan dat taluds voorzien van structuurmatten (‘meshes’) over een gelijkwaardige (bij korte belastingsduur met hoge stroomsnelheid) tot hogere rosiebestendigheid (bij lange belastingsduur en lagere stroomsnelheden) beschikken ten opzichte van talud met een goed ontwikkelde grasmat.



(bron Hewlett, H. W., Boorman, L. A. & Bramley, M. E. 1987. Design of reinforced grass waterways. Construction Industry Research Information Association (CIRIA) report number 116.

(bron Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2007. Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen)

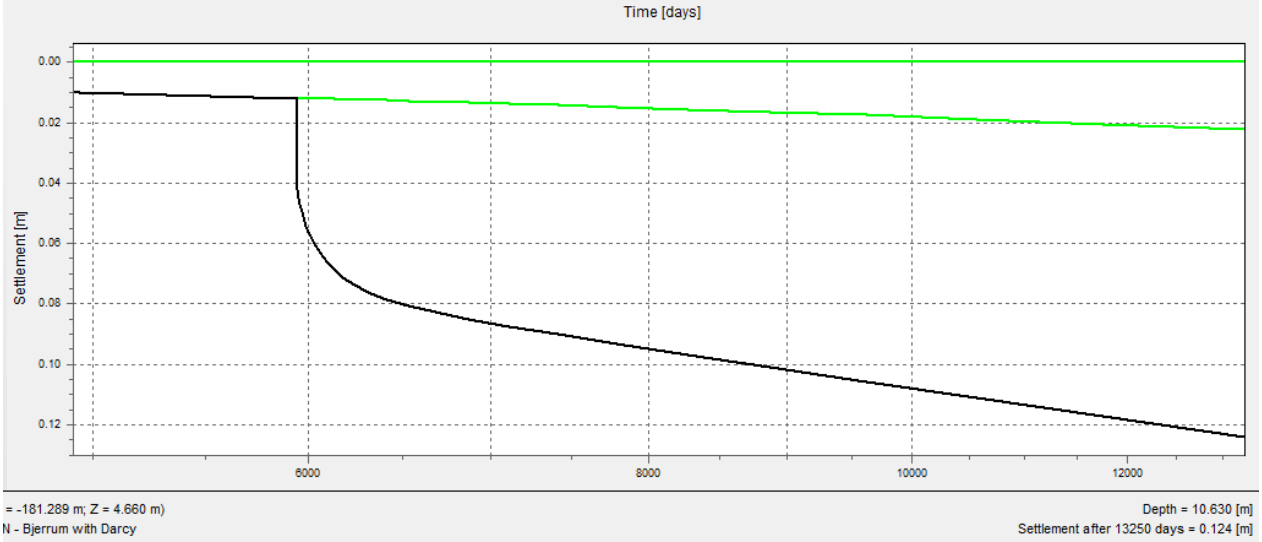
Figuur 23: Relatie tussen belastingduur en toelaatbare stroomsnelheid voor verschillende taludbekledingen

Zetting door verweking

De ondergrond is niet gevoelig voor verweking/verdichting (zie paragraaf 0 en 7.7). Er wordt daarom geen zetting aan het maaiveld en afname van de kruinhoogte verwacht door trilling en verdichting van het zand.

Zettingen van de kruin ten gevolge van ophogingen van het maaiveld

Zettingen van de kruin zijn te verwachten ten gevolge van de aanleg van de gewapende grond terp. Zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met het programma DSettlement van Deltares Systems, zie [10]. De totale zetting bedraagt ca. 10 tot 15 cm. Dit is een conservatieve berekening omdat 3D effecten niet zijn meegenomen.



Figuur 24:Totale zetting ter plekke van HZ, inclusief belasting t.g.v. gewapende grond terp

Deze zettingen dienen te worden gecompenseerd volgens de daarvoor geldende specificaties. Deze zettingscompensatie volgt bovenop de eventueel in de toekomst aan te brengen 0,5 m op de kruin en het binnentalud (zie paragraaf 4.3).

Zettingen van de kruin ten gevolge van autonome bodemdaling

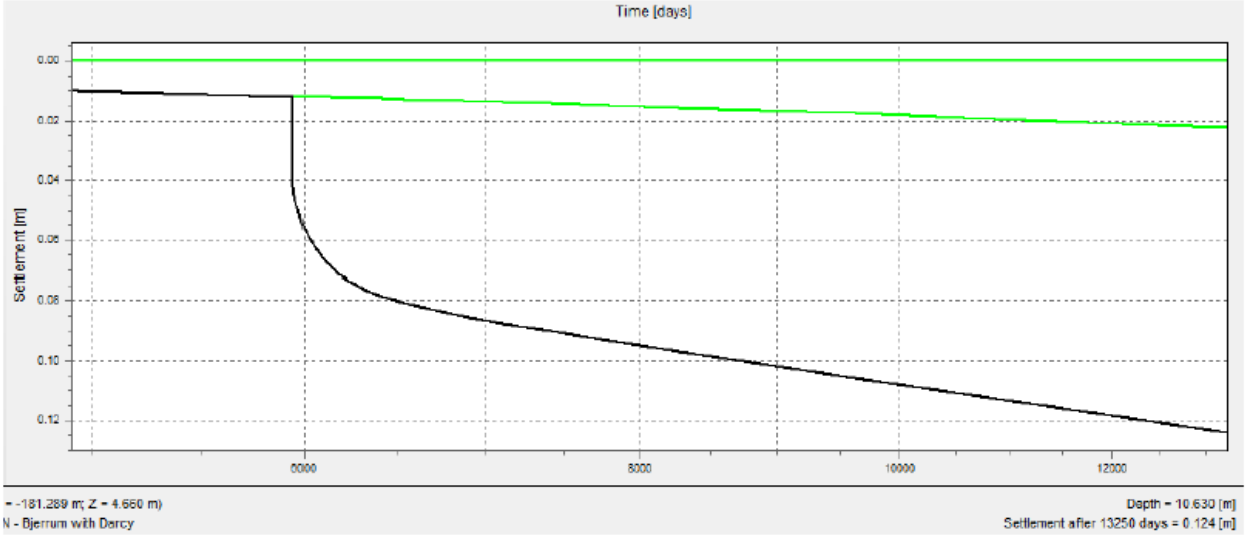
Er zijn verscheidene oorzaken, die autonome bodemdaling tot gevolg hebben.

De opspuiting van de Maasvlakte 2 is begin maart 2012 afgerond na een aanlegperiode van ruim 3 jaar Als gevolg van de aanleg treedt nog steeds zetting (kruip) op. Het noordelijk deel van de vlakte bevindt zich bovendien boven de dalingskom van het Q-16 Maas gasveld dat sinds april 2014 door Oranje-Nassau Energie (ONE) wordt geëxploiteerd. In het ontwerp van de Maasvlakte is rekeningen gehouden met deze autonome bodemdaling. In [10] wordt dit aspect nader uitgewerkt.

Zettingen ten gevolge van autonome bodemdaling zijn in het ontwerp van de Maasvalkte verdisconteerd.

Zettingen die optreden ten gevolge van de aanleg dienen te worden gecompenseerd teneinde de kruinhoogte te kunnen garanderen. In [10] zijn daartoe zettingsberekeningen uitgevoerd.

In navolgende figuur is de berekende zetting weergegeven:



Figuur 25: Totale zetting na 20 jaar ter plekke van HZ, inclusief belasting t.g.v. gewapende grond terp (uit [10]).

Ter zettingscompensatie wordt 0,2 m aangebracht bovenop de kruin.

Zetting blokkendam

In paragraaf 7.7 wordt nader ingegaan op dit aspect. Ter plaatse van de blokkendam worden geen zettingen ten gevolge van de aanleg berekend [10]. De conclusie is dat ten gevolge van de aanleg, sloop en gebruik van het windpark, de standzekerheid van de blokkendam niet door ondergrondse effecten beinvloed wordt.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de mechanismen 'overlopen' en 'golfoverslag', mits de navolgende maatregelen worden genomen:
* De bouw- en sloopwerkzaamheden dienen buiten het stormseizoen plaats te vinden;
* gedurende de bouw- en sloopwerkzaamheden worden big bags op de kruin geplaatst;
* zetting van de kruin ten gevolge van de aanleg van de grondterp dient te worden gecompenseerd volgens de daarvoor geldende specificaties, bovenop de eventueel in de toekomst aan te brengen 0,5 m op de kruin ten gevolge van autonome bodemdaling en zeespiegelstijging;
* herstel van de profielopbouw (versterkt) en grasbekleding (3D structuurmat);
* zorgvuldige aansluiting grondterp op bekleding (categorie 1 klei);
* een drainagesysteem aangelegd wordt.

7.3 Beoordeling effecten op binnenwaartse stabiliteit (STBI)

De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de bodemopbouw van de wering of de ondergrond. De geometrie van de wering wijzigt wel in die zin dat er grond wordt toegevoegd. Dit heeft een positief effect op de stabiliteit.

Van de navolgende effecten is nagegaan wat het effect is op de stabiliteit:

- Ontgravingen voor het fundament tijdens de bouwfase
- Ontgravingen voor de aanleg van kabels en leidingen. Hierbij is uitgegaan van het huidige dijkprofiel waarbij een sleuf van 1,5 m breed, 1 m diepte op een afstand van 1,5 m uit de teen gegraven wordt
- Trillingen gedurende de gebruiksfase en de verwijderingsfase

Tijdens het gebruik van de windturbines wordt de horizontale windbelastingen via de fundering overgedragen naar de ondergrond. Deze belastingen resulteren in geringe trillingen (grondversnellingen). De belastingen blijven veelal beperkt tot de bovenste grondlagen en dempen uit naarmate de afstand tot het fundament toeneemt (hier niet van toepassing gezien de nabijheid van het fundament). In hoofdstuk 6 zijn de te verwachten grondversnellingen afgeleid.

Stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het programma DGeoStability versie 18.1.1.3 van Deltares Systems met de methode Bishop. Er zal geen verwekingsvloeiing optreden (zie paragraaf 0). Het glijvlak blijkt volgens [5] dan enkel op te treden in het aanvulzand van de Maasvlakte. Toetsing op afschuiving volgens rechte vlakken is derhalve niet noodzakelijk.

Voor de ontgravingen voor de uitvoeringsfase zijn rekenwaardes van de grondparameters gebruikt volgens klasse RC2 conform de Eurocode 7. Voor de stabiliteit van de grondterp is klasse RC-3 toegepast. De minimaal benodigde stabiliteitsfactor is in beide gevallen dan 1,0.

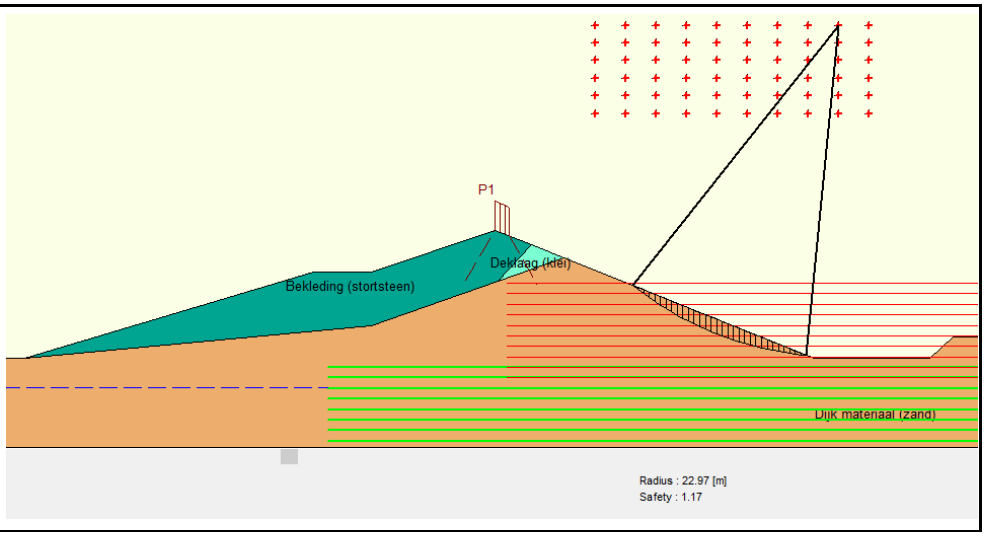
Voor de gebruiksfase zijn rekenwaardes van de grondparameters gebruikt volgens klasse RC3 conform de Eurocode 7. De minimaal benodigde stabiliteitsfactor is dan 1,0.

In navolgende tabel zijn de berekeningsresultaten weergegeven. De resultaten van het ontwerp van de gewapende grondterp zijn toegevoegd aan bijlage A4. Ter illustratie wordt onder de tabel het resultaat van enkele berekeningen gepresenteerd:

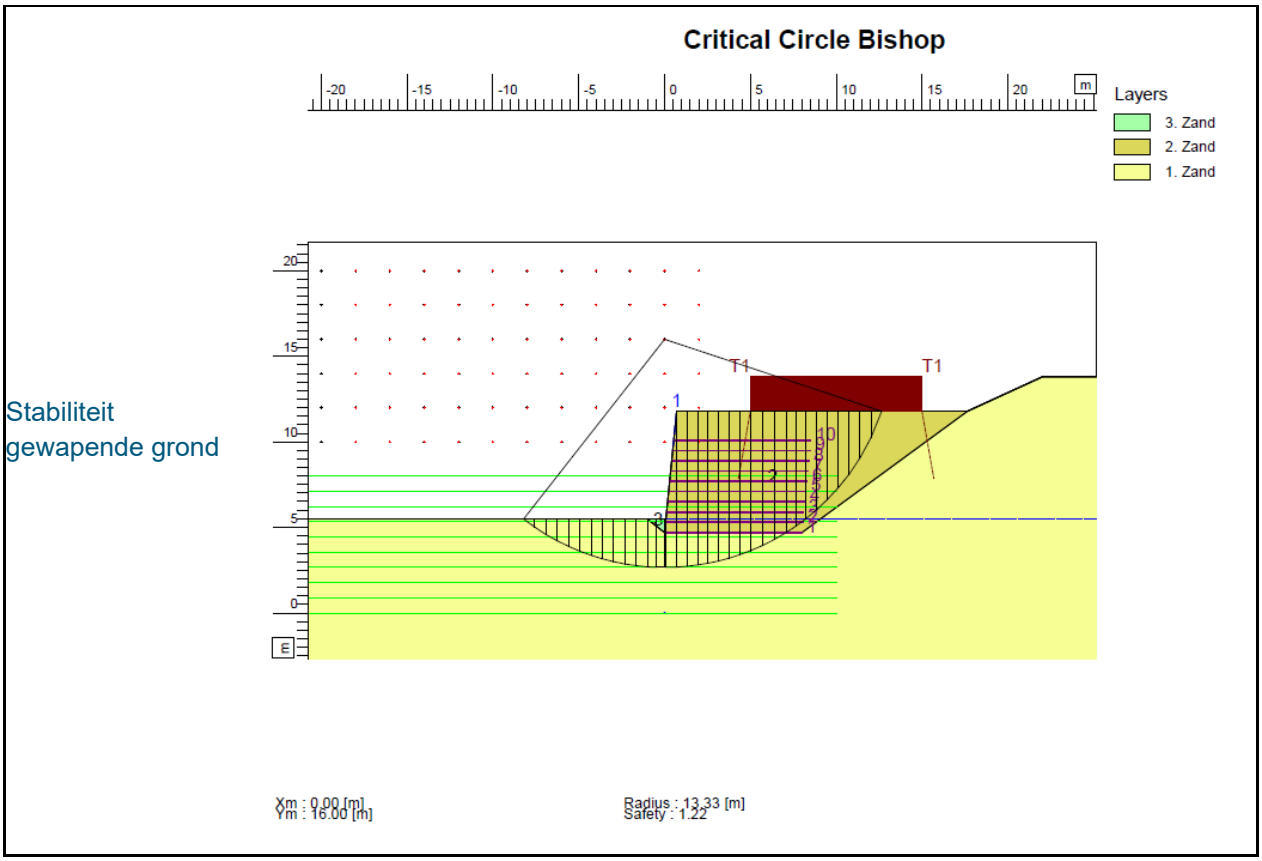
tabel 14: Resultaten berekening stabiliteit binnenwaarts

situatie	WS buiten [NAP m]	WS binnen [NAP m]	hor. g	vert. g	Fs	opmerking
Bouwfase (RC2; grondterp ontworpen op RC 3)						
huidige situatie (incl. kruinbelasting)	+2,00	+2,00	0	0	1,46	-
ontgraving binnentalud 1:2,5	+2,00	+2,00	0	0	1,17	-
ontgraving voor kabels en leidingen (zonder kruinbelasting)	+2,00	+2,00	0	0	1,46	tijdelijke sleuf
Gebruiksfase (RC 3; incl. kruinbelasting)						
huidige situatie	+5,5	+5,5	0	0	1,42	-
gebruiksfase, inclusief 0,5 m toekomstige ophoging. Positieve effect palen niet gemodelleerd	+5,5	+5,5	0	0	1,26	Glijvlak bevindt zich deels buiten het huidige dijkprofiel; zie bv. Figuur 28.
idem met gemiddelde wind (8,5 m/s)	+5,5	+5,5	0,004	0,004	1,25	
idem met noodstop/windstoot	+5,5	+5,5	0,025	0,0125	1,19	
idem met stilstaande bladen (windsnelheid > 25 m/s)	+5,5	+5,5	0,016	0,008	1,21	
idem met draaiende bladen (windsnelheid 12,5-25 m/s)	+5,5	+5,5	0,008	0,004	1,24	
Verwijderingsfase (RC 2)						
ontgraving binnentalud 1:2,5 incl. trillingen	+2,00	+2,00	0,03	0,015	1,02	heistelling 40 kPa (BGT)

ontgraving onder talud 1:2,5 (vh)

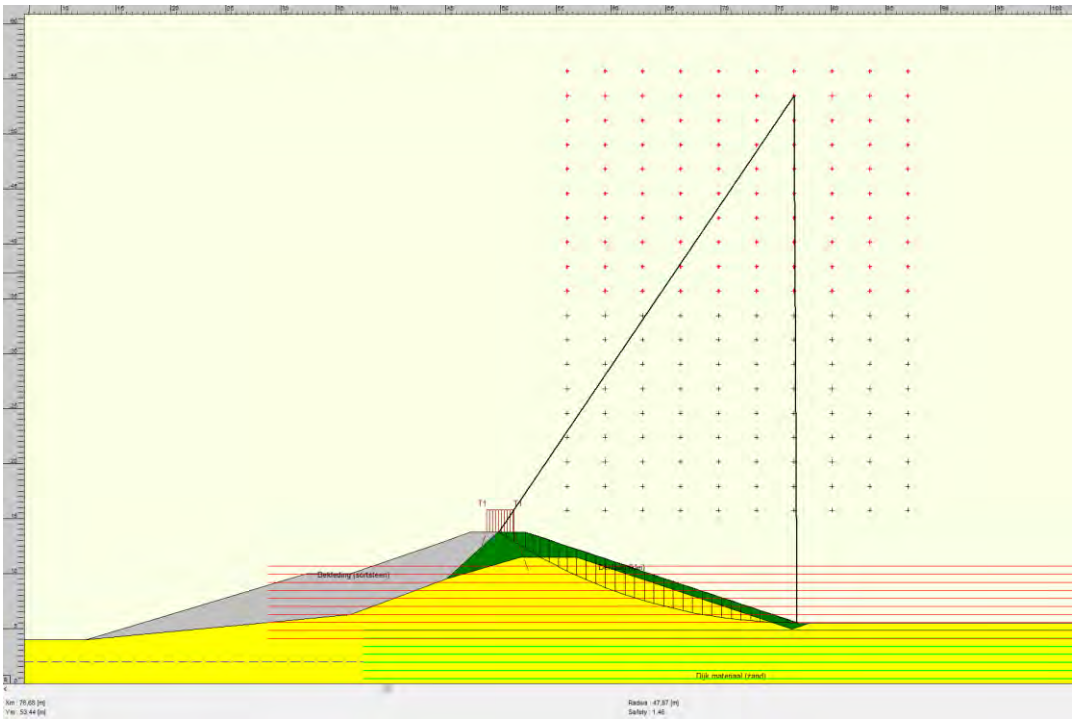


Stabiliteit gewapende grond

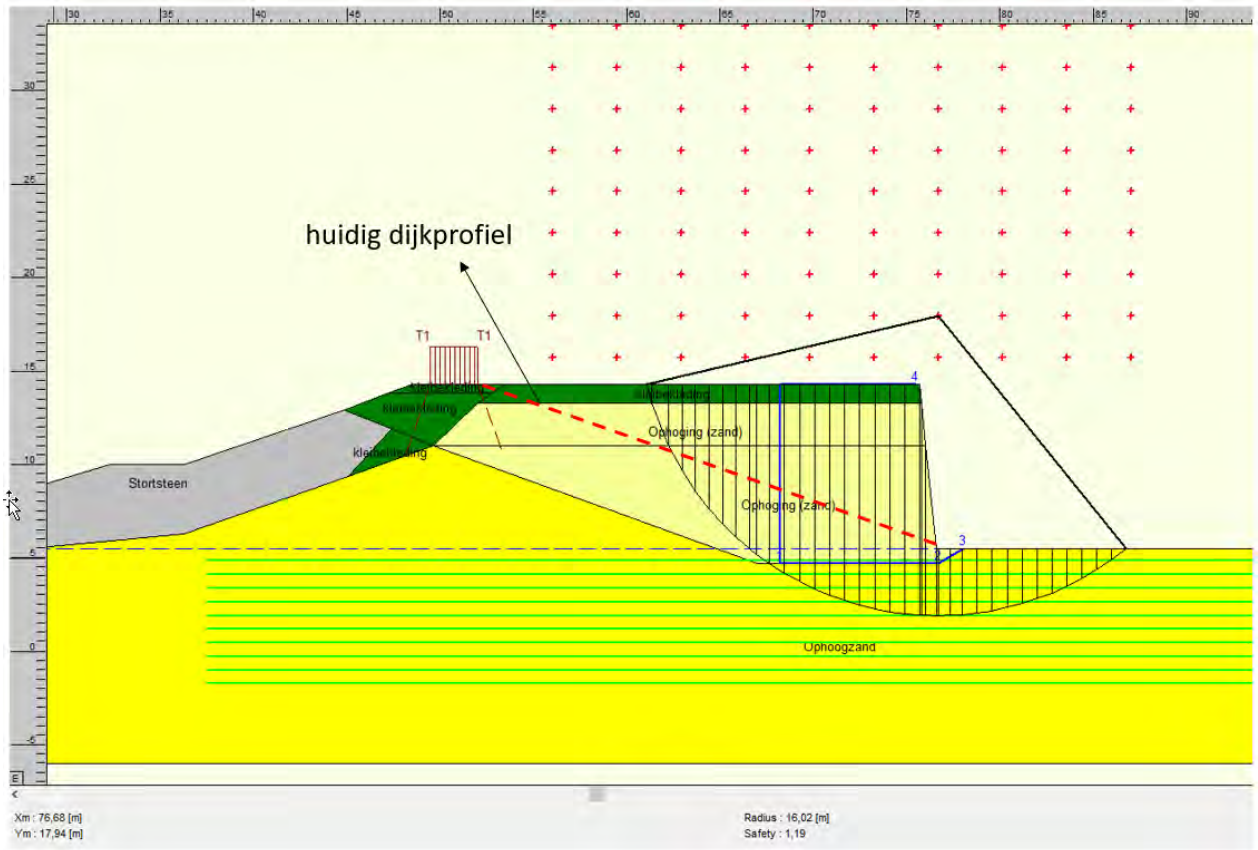


Figuur 26:Voorbeeld stabiliteitsberekening binnentalud bouwfase (RC 3)

In navolgende figuur is de berekende glijcirkel weergegeven voor de huidige situatie bij een waterstand van NAP+2,0 m. De verkeersbelasting bedraagt 13,3 kPa, werkend over een breedte van 2,5 m op 1 m uit insteek talud. Gerekend is met een aanpassingspercentage van 10% in de deklaag t.g.v. deze verkeersbelasting.

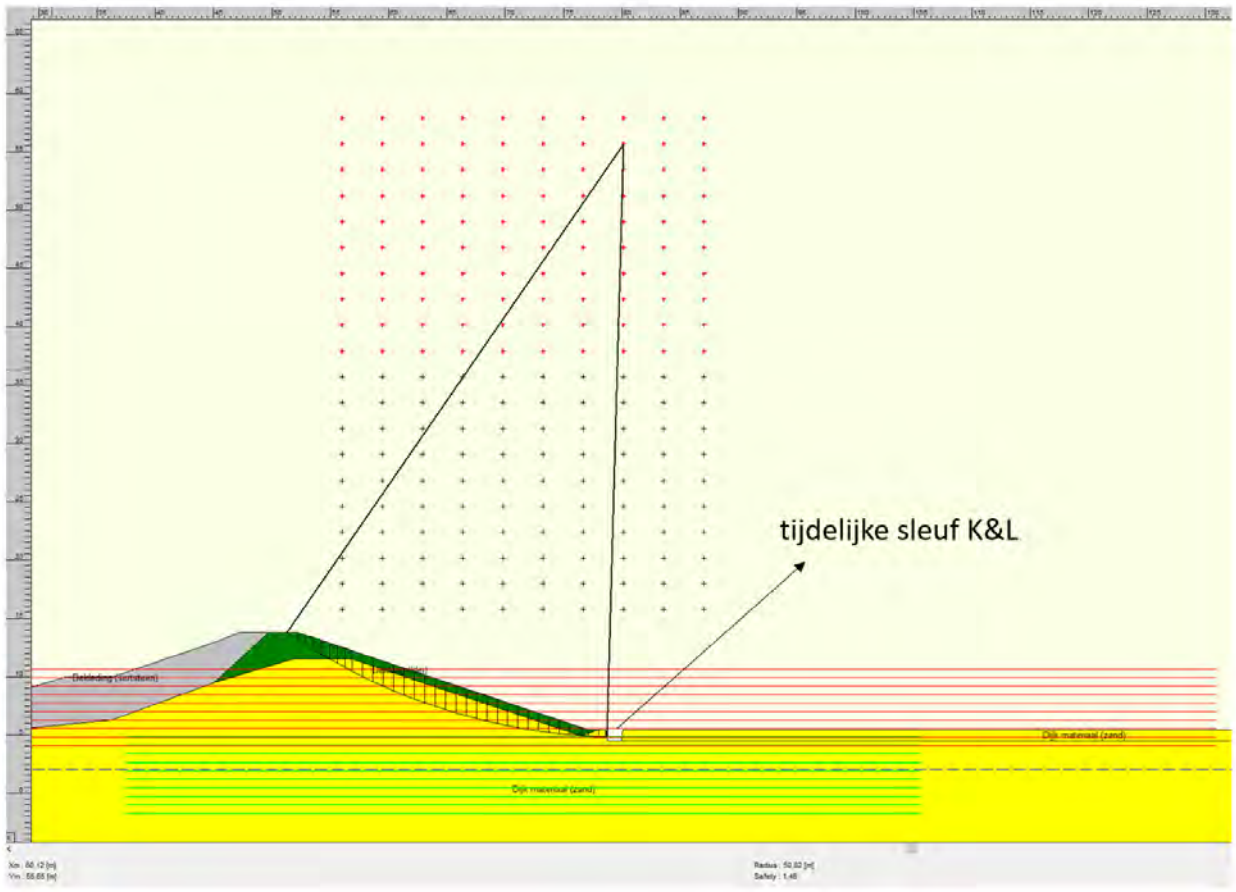


Figuur 27: stabiliteit huidige situatie bij een uniforme waterstand van NAP+2,0 m (RC 2)



Figuur 28: Stabiliteit gebruikssituatie met noodstop/windstoot (maatgevende situatie; karakteristieke grondparameters)

Tot slot is in onderstaande figuur de stabiliteit weergegeven van de tijdelijke ontgraving ten behoeve van de aanleg van K&L:



Figuur 29: Stabiliteit bouwfase (RC 3) tijdelijke ontgraving voor K&L

Uit de stabiliteitsberekeningen van het binnentalud blijkt het volgende:

- In elke bouwfase blijft de stabiliteitsfactor > 1,0 en voldoet;
- De stabiliteitsfactor van de gewapende grondterp is >1.0 en voldoet;
- In de gebruiksfase wordt onder normale omstandigheden een stabiliteitsfactor berekend van ≥ 1,0 en voldoet;
- In de gebruiksfase onder extreme omstandigheden worden lagere stabiliteitsfactoren berekend. Dit betreft tijdelijke situaties en de berekende stabiliteitsfactor is > 1,0 en voldoet.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat het voorgestelde ontwerp van grondverdringende, trillingsarme palen met een grondterp van gewapende grond mogelijk is. Als voorwaarde geldt dat de uitvoering (bouw- en verwijderingsfase) onder normale dagelijkse omstandigheden dient plaats te vinden. Het minimale talud tijdens de bouw- en verwijderingsfase dient 1:2,5 te bedragen. De bouwweg dient ondersteunt te worden door big bags (zie Figuur 8*).*

Uit de analyses blijkt verder dat de aanwezigheid van het windpark zorgt voor een afname van de (lokale) stabiliteit, maar dat voldaan wordt aan de minimale stabiliteitseis van een stabiliteitsfactor ≥ 1,0

7.4 Beoordeling effecten op buitenwaartse stabiliteit (STBU)

De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de geometrie aan de buitenzijde, het stenig duin. Ook blijft de bodemopbouw van de waterkering en de ondergrond ongewijzigd.

Van de volgende aspecten is nagegaan wat het effect is op de stabiliteit:

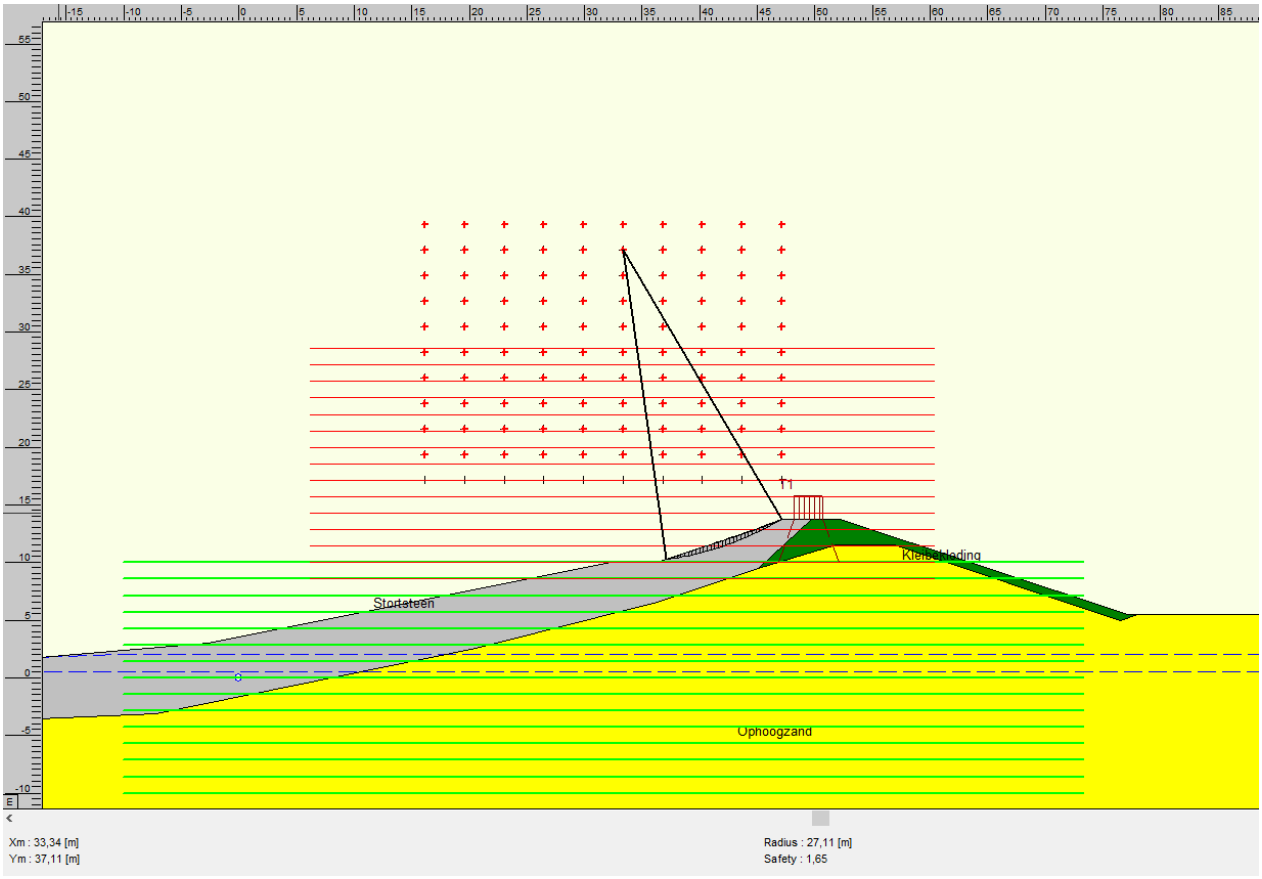
- Trillingen tijdens de bouwfase (installatie damwand of door heien voor fundering windturbine ZZ-01) en de verwijderingsfase (verwijderen monopile ZZ-01);
- Trillingen gedurende de gebruiksfase ten gevolge van cyclische windbelastingen.

Voor de standzekerheid van het buitentalud (inclusief blokkendam) wordt verwezen naar paragraaf 7.7.

In hoofdstuk 6 zijn de te verwachten grondversnellingen afgeleid.

Stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het programma DGeoStability versie 18.1.1.3 van Deltares Systems met de methode Bishop en met toepassing van RC 2 en RC 3 (conform de Eurocode 7) voor de grondparameters (zie ook toelichting paragraaf 0) voor respectievelijk de uitvoeringsfase en de gebruiksfase. De minimaal benodigde stabiliteitsfactor is dan 1,0.

In navolgende figuur is de berekend glijcirkel weergegeven voor de huidige situatie bij een waterstand van NAP+2,0 m. De verkeersbelasting bedraagt 13,3 kPa, werkend over een breedte van 2,5 m op 1 m uit insteek talud. Gerekend is met een aanpassingspercentage van 10% in de deklaag t.g.v. deze verkeersbelasting.



Figuur 30: resultaat stabiliteitsberekening huidige situatie (met kruinbelasting) - bouwfase

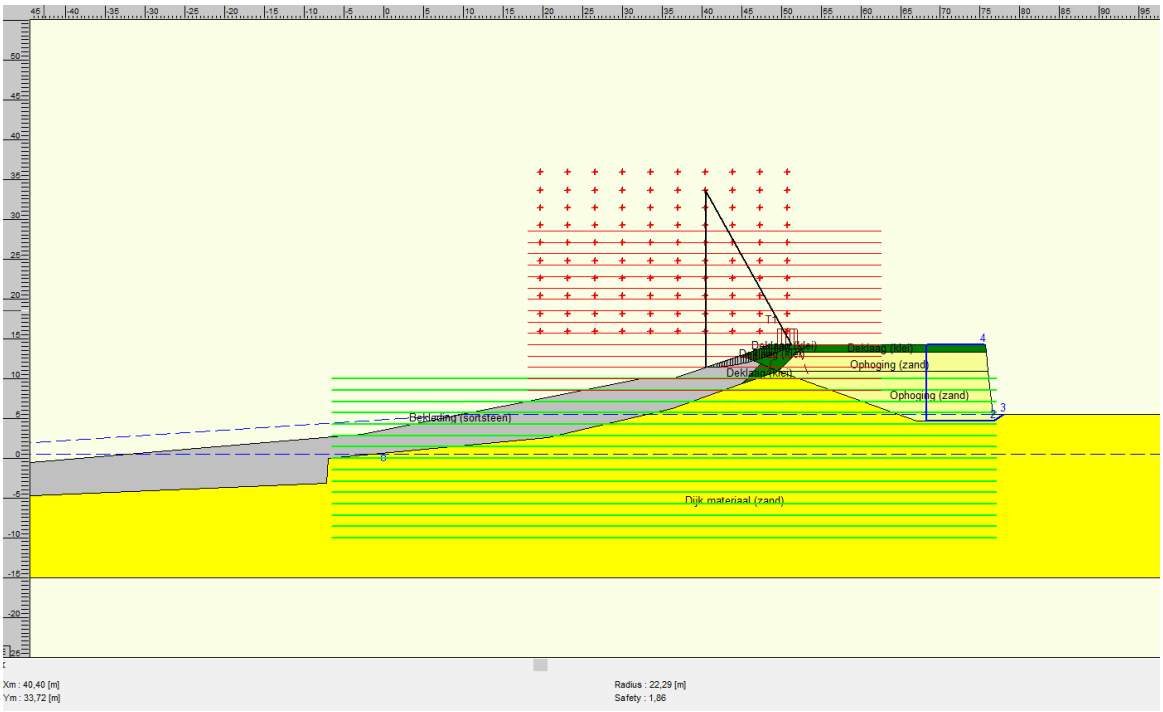
Te zien is dat de maatgevende glijcirkel een, lokale ondiepe glijcrikel betreft.

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen staan in de volgende tabel.

tabel 15: Resultaten berekening stabiliteit buitenwaarts

situatie	WS en stijghoogte [NAP m]	hor. g	vert. g	Fs	opmerking
Bouwfase en verwijderingsfase (RC 2)					
huidige situatie	Verlopend van +2,0 m naar -0,63 m; stijghoogte +0,5 m	0	0	1,65	-
trillingen	idem	0,1	0,05	1,25	conservatief
Gebruiksfase (RC3)					
huidige situatie	Verlopend van +5,5 m naar -0,63 m; stijghoogte +0,5 m	0	0	1,60	glijcirkel boven waterstand
gebruiksfase, inclusief 0,5 m toekomstige ophoging. Positieve effect palen niet gemodelleerd	idem	0	0	1,64	cohesie deklaag heeft gunstige invloed
idem met gemiddelde wind (8,5 m/s)	idem	0,004	0,002	1,62	normale omstandigheden; lokale glijcirkel
idem met noodstop/windstoot	idem	0,025	0,0125	1,52	extreme omstandigheden; lokale glijcirkel
idem met stilstaande bladen (windsnelheid > 25 m/s)	idem	0,016	0,008	1,56	extreme omstandigheden; lokale glijcirkel
idem met draaiende bladen (windsnelheid 12,5-25 m/s)	idem	0,008	0,004	1,60	extreme omstandigheden; lokale glijcirkel. cohesie deklaag heeft gunstige invloed

In onderstaande figuur is de situatie met noodstop/windstoot weergegeven:



Figuur 31: Gebruikssituatie – extreme omstandigheden – noodstop/windstoot

Uit de stabiliteitsberekeningen van het binnentalud blijkt het volgende:

- In de gebruiksfase wordt onder normale omstandigheden een stabiliteitsfactor in de terp berekend van ≥ 1,0 en voldoet;
- De maatgevende glijcirkels zijn lokale, ondiepe glijcirkels.
- De standzekerheid van de blokkendam wordt niet beïnvloed

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de bouw, aanwezigheid en sloop van de windturbines mogelijk is zonder dat de standzekerheid in het geding komt. Tijdens de bouw- en sloopfase is er wel sprake van een tijdelijke afname van de stabiliteit. Dit is echter accepteabel onder de voorwaarde dat de uitvoering plaatsvindt onder normale dagelijkse omstandigheden buiten het stormseizoen.

Uit de analyses blijkt verder dat er voldaan wordt aan de minimale stabiliteitseis van een stabiliteitsfactor ≥ 1,0

7.5 Beoordeling effecten voor bekleding

Binnentalud

Het binnentalud van de HZ is afgedekt met een kleilaag met daarop een erosiebestendige grasbekleding. Deze bekleding is ontworpen op het gevaar voor opdrukken en/of afschuiven als gevolg van een hoge freatische lijn in de zandkern [5].

Bij graverij en bouwverkeer ten behoeve van de aanleg van de fundering en de bekabeling wordt de deklaag aan de binnenzijde verstoord. Aan de buitenzijde vinden geen werkzaamheden plaats en daarmee geen verstoring.

Na realisatie van de grondterp wordt de huidige bekleding zorgvuldig hersteld en de wordt erosiebestendige deklaag aan de binnenzijde zorgvuldig teruggebracht. Daarnaast dient voor een goede aansluiting tussen de grondterp en de bekleding zorg gedragen te worden. Er wordt een drainagesysteem (grindkist) toegepast om erosie (ten gevolge van bijvoorbeeld regenval of overslag) te voorkomen. Zie ook de te nemen maatregelen zoals eerder verwoord in paragraaf 7.2).
Bij het aanvullen van de sleuf van de bekabeling moet de oorspronkelijke opbouw hersteld worden en voldoende worden verdicht.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de erosiebestendigheid van de bekleding, mits (i) voor een goede aansluiting gezorgd wordt tussen de grondterp van de fundering en de bestaande bekleding (ii) de uitvoering van de bekabeling zorgvuldig wordt verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw' (iii) een drainagesysteem gerealiseerd wordt (iv) er een permanente 3D-structuurmat aangebracht wordt op de kruin en het binnentalud indien de nieuwe grasmat nog niet volledig is hersteld voor aanvang van het stormseizoen (eventuele beschadigingen door bouwverkeer is daarmee ondervangen)

Buitentalud
De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de geometrie aan het buitentalud. Er vinden aan het buitentalud geen werkzaamheden plaats. Ook blijft de bodemopbouw van de waterkering en de ondergrond ongewijzigd.

Voor de standzekerheid van het buitentalud (inclusief blokkendam) wordt verwezen naar paragraaf 7.7.

7.6 Beoordeling effecten voorland/zettingsvloeiing

Het buitentalud van de zeewering is deels onder de zeespiegel gelegen. Afhankelijk van de bodemopbouw en geometrie kunnen onderwatertaluds als gevolg van trillingen verwekingsvloeiing ondergaan.

Volgens [6] zal verwekingsvloeiing enkel optreden indien wordt voldaan aan alle van de volgende vier criteria:

1. Er moet sprake zijn van een inleidend mechanisme (bijvoorbeeld trillingen).
2. Het aanwezige zand moet fijnkorrelig zijn zodat er waterspanning kan worden opgebouwd in de poriën. Pas bij een D_{50} > 210 µm kan opbouw van waterspanning worden uitgesloten.
3. Het zand moet bolvormig zijn zodat het een lage hoek van inwendige wrijving heeft.
4. De gemiddelde helling van het talud moet flauwer of gelijk zijn dan 1:4 over een hoogte van minimaal 5 meter waarbij het zand over een hoogte van 1 à 2 m een geringe dichtheid heeft.

In het volgende wordt beschouwd of aan de punten wordt voldaan en of derhalve verwekingsvloeiing van het buitentalud van het stenig duin op kan treden.

1. Tijdens de gebruiksfase en de verwijderingsfase kunnen trillingen worden opgewekt, deze trillingen kunnen worden beschouwd als inleiding mechanisme.
2. Volgens [5] zijn er na aanleg van de zeewering een grote hoeveelheid korrelverdelingen bepaald van het opgebrachte zand waarmee de zeewering is gevormd. Het blijkt dat de lage representatieve waarde van de D_{50} ca. 280 µm bedraagt. Het zand is daarmee voldoende grof om wateroverspanningen uit te sluiten.
3. Er is geen informatie bekend over de korrelvorm
4. De helling onderwater varieert van 1:5 tot 1:7,5 en flauwer en is daarmee flauwer dan de vereiste 1:4 of flauwer

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de stabiliteit van het voorland ter plaatse van de HZ.

7.7 Beoordeling effecten standzekerheid buitentalud/blokkendam

In het kader van de aanbesteding van dit project is in 2019 door MOS Grondmechanica in opdracht van Rijkswaterstaat een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd [17]. Op de Harde Zeewering zijn 4 representatieve sonderingen uitgevoerd tot een diepte van max. NAP -44,5 m.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van het grondonderzoek. De locatie van deze punten en de resultaten van het grondonderzoek zijn weergegeven in Bijlage 1.

Zetting door verweking/trillingen
De ondergrond is niet gevoelig voor verweking/zettingsvloeiing; zie paragraaf 7.6.

Beschouwd is of de ondergrond ook gevoelig is voor verdichting als gevolg van trillingen. Hierbij is gekeken naar de relatieve dichtheid. Indien deze groter is dan 60 á 65 dan is sprake van minimaal vast zand en is het zand niet gevoelig voor verdichting.

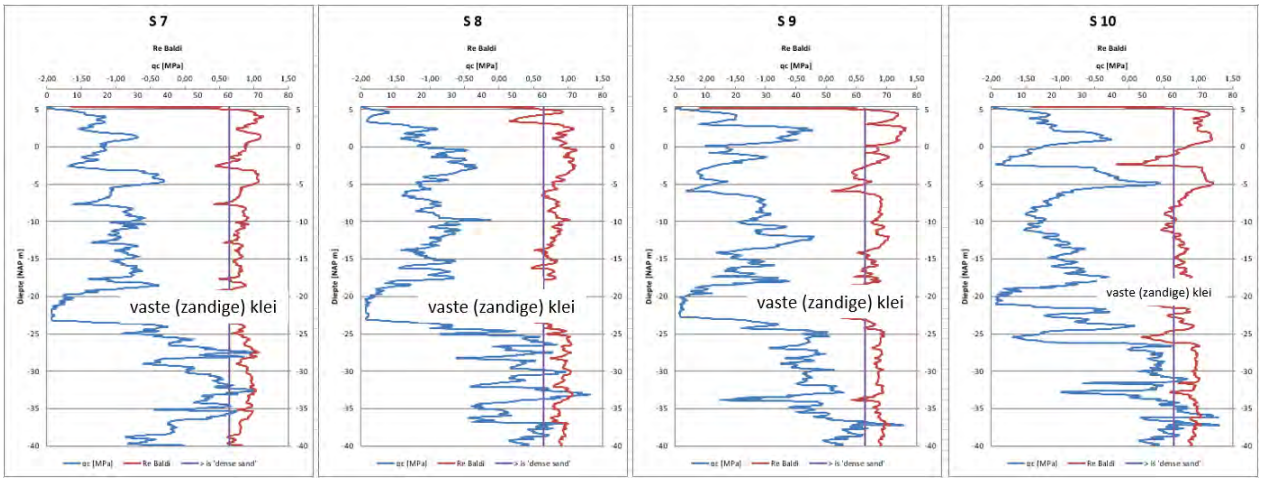
De relatieve dichtheid kan bepaald worden met de relatie van Baldi:

$$R_e = \frac{1}{2,5} * \ln\left(\frac{q_c}{0,14(\sigma_v')^{0,6}}\right)$$

waarbij:
R_e = $(e_{max} – e)/(e_{max} – e_{min})$ = relatieve dichtheid [-]
q_c = gemeten conusweerstand [MPa]
σ'_v = effectieve verticale korrelspanning

In het kader van de aanbesteding van dit project is in 2019 door MOS Grondmechanica in opdracht van Rijkswaterstaat een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd [17]. Op de Harde Zeewering zijn 4 representatieve sonderingen uitgevoerd.

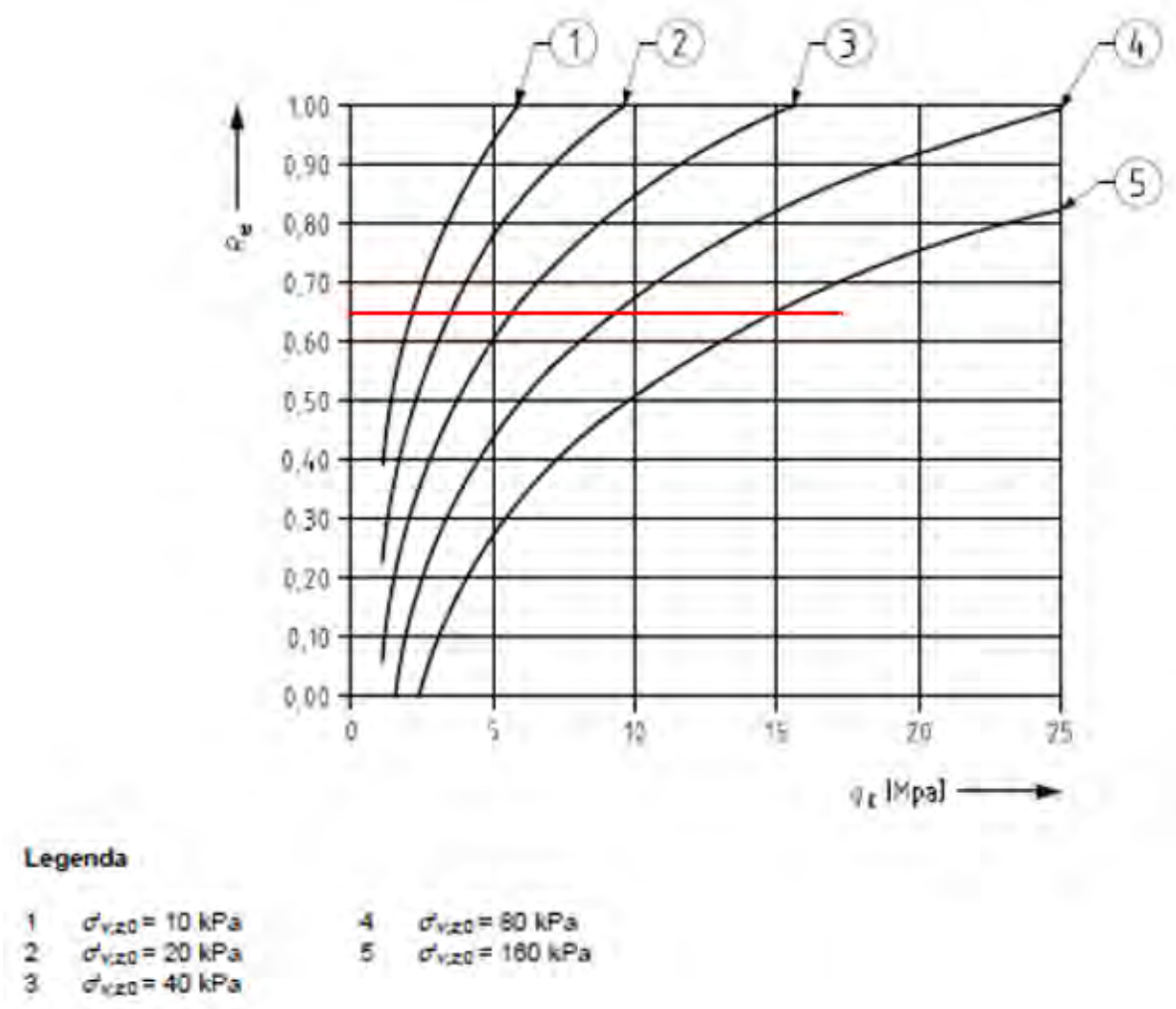
In onderstaande figuur is de relatieve dichtheid weergegeven voor deze 4 sonderingen:



Figuur 32: Bepaling relatieve dichtheid

Uit bovenstaande figuur is af te leiden dat het ophoogzand minimaal vast gepakt is.

In de Eurocode 7 wordt de navolgende relatie gegeven ten aanzien van de relatieve dichtheid:



Figuur 33: relatieve dichtheid (Eurocode 7)

Ook op basis van deze figuur is af te leiden dat het ophoogzand minimaal vast gepakt is.

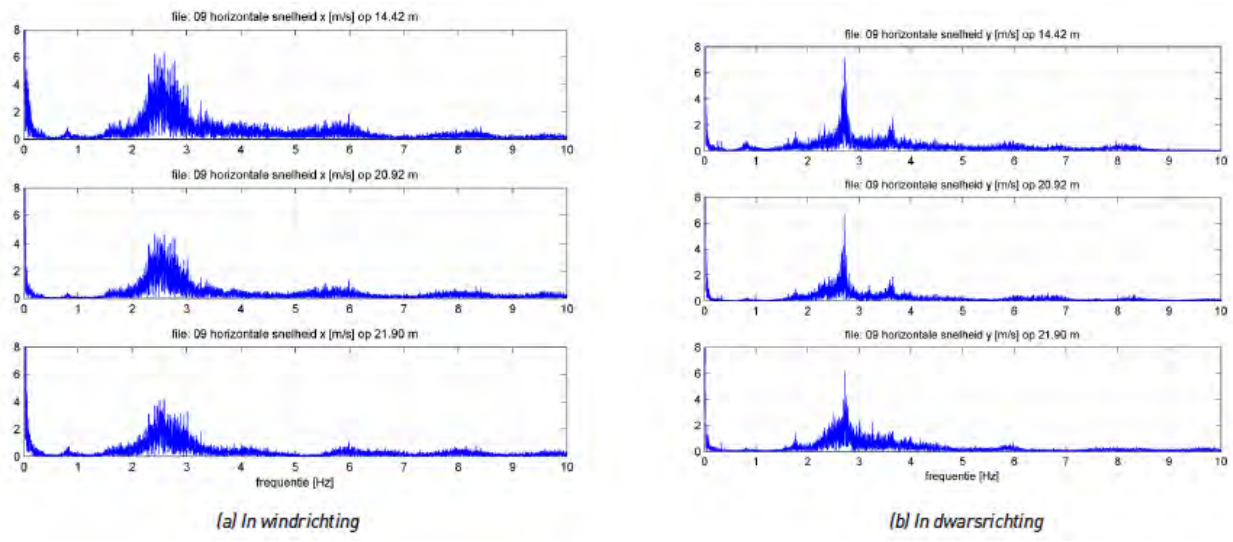
Op grond van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat het ophoogzandpakket minimaal vast gepakt is. In combinatie met de grote afstand tot de windturbines wordt er daarom geen zetting van de blokkendam verwacht door trilling en verdichting van het onderliggende zandpakket. Daarnaast wordt opgemerkt dat trillingen door golfklappen een orde groter zijn, waardoor trillingen ten gevolge van de aanleg van het windpark niet bepalend zullen zijn.

De blokkendam dient gemonitord te worden ten aanzien van zettingen (zie hoofdstuk 12).

Zettingen ten gevolge van ophogingen van het maaiveld ter plaatse van de blokkendam
Zettingsberekeningen zijn uitgevoerd teneinde de zettingen te bepalen ten gevolge van de aanleg van de gewapende grond terp; zie paragraaf 7.2 en [10]. Uit de zettingsberekeningen uit [10] volgt dat aanleg van de terp geen extra zettingen (anders dan de autonome zetting) veroorzaakt ter plaatse van de blokkendam.

Zettingen door autonome bodemdaling
Deze treden wel op maar worden niet beïnvloed door de aanleg van het windpark.

Herschikking blokkendam ten gevolge van trillingen windturbine
In het verleden zijn metingen uitgevoerd ten aanzien van de trillingen die windturbines kunnen veroorzaken [24]. Uit deze metingen is gebleken dat op een afstand van 15 tot 20 m de verticale trillingen niet meer te onderscheiden waren van achtergrondtrillingen terwijl de horizontale snelheid in de windrichting sterk afneemt met toenemende afstand:



Figuur 34: gemeten horizontale trilling (uit [24]

Bij de werkzaamheden ten behoeve van de Radartoren zijn damwanden aangebracht en zijn de trillingen gemeten onder meer ter plaatse van de blokkendam. De conclusie (persoonlijke communicatie met Tauw B.V.) is dat er geen aanwijsbare trillingen gemeten zijn die het gevolg waren van de bouwwerkzaamheden (niet te onderscheiden van het achtergrondgeruis).

De afstand van de windturbines tot de blokkendam bedraagt meer dan 100 m. Als er al een effect is, zal dit niet meetbaar zijn (niet te onderscheiden in het achtergrondgeruis) – in overeenstemming met de

ervaringen bij de radartoren - en zeker niet in verhouding tot de golfklappen waarop de wering ontworpen is.

Geconcludeerd wordt dat herschikking van de blokkendam zelf door trillingen van het windpark, niet significant is.

Er zal wel monitoring van de blokkendam plaatsvinden (zie hoofdstuk 13).

Overig
Er worden binnen ten minste 90 m afstand van de blokkendam geen grondroerende werkzaamheden uitgevoerd of materialen opgeslagen.

7.8 Beoordeling effecten op uitbreidbaarheid en onderhoud

Een eventuele toekomstige verhoging/verbreding (met een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar) van de wering wordt door de aanwezigheid van de windturbines niet belemmerd. In het ontwerp is reeds rekening gehouden met een mogelijke ophoging van de kruin met 0,5 m.

De bereikbaarheid voor beheer en onderhoud wijzigt niet.

7.9 Beoordeling verwijdering funderingssysteem

Voor de HZ geldt de volgende eis (nr. 13):

> *Voor funderingspalen in de Harde Zeewering mag er van uit gegaan worden dat deze na einde levensduur van het windpark op 1,0 m onder maaiveld achter mogen blijven. Wel dienen de palen zodanig te zijn geconstrueerd dat deze, als daar aanleiding voor is, daarna alsnog geheel verwijderbaar zijn.*

Aangezien gekozen is voor relatief korte palen (zie paragraaf 5.4) zijn de palen verwijderbaar met conventionele technieken. Voor langere palen of palen met een hoge trekweerstand kan gebruik worden gemaakt van een holle stalen buispaal. De buispaal wordt om de heipaal geplaatst en met een trilblok ingebracht. Daarna wordt het zand tussen de buiswand en de paal weggespoten. De paal kan vervolgens worden getrokken. Vervolgens wordt de buispaal naar boven gehaald en vult men de holle ruimte met zand (of bentoniet in geval van kleigrond).
In onderstaande figuur is en voorbeeld weergegeven van het trekken van een betonnen heipaal. De buitenste (grote diameter) buispaal heeft als doel om de paalkop op diepte vrij te graven. Vervolgens is een stalen buispaal met kleinere diameter om de betonpaal trillend ingebracht.

In paragraaf 7.3 en 7.4 is aangetoond dat de macrostabiliteit voldoet bij de te verwachten trillingen.



Figuur 35: voorbeeld verwijderen betonnen heipaal binnen een (dubbele) stalen buispaal (bron Youtube, Utrecht Catharijnesingel)

8 Beoordeling ondergrondse effecten Zachte Zeewering

De windturbines worden aan de voorkant van het duin, op het strand geplaatst. Dit is een morfologisch actieve zone en de effecten zijn dan ook voornamelijk bovengronds en te verwachten vanuit de morfologie. De morfologische aspecten worden in een separaat rapport behandeld [1].
In het navolgende worden de ondergrondse effecten op de ZZ beschouwd.

Trillingen/heien en het effect op stabiliteit, zetting en verweking/zettingsvloeiing
Trillingen kunnen ontstaan:

- Tijdens de bouwfase ten gevolge van heiwerk en/of het plaatsen van damwanden voor de kraanopstelplaats;
- Tijdens de gebruiksfase ten gevolge van cyclische wind- en golfbelastingen op de fundering;
- Tijdens de verwijderingsfase ten gevolge van verwijderen fundament.

Macrostabiliteit
Eén van de mogelijke effecten is het ontstaan van lokale afschuivingen Dit is voor een als kunstmatig ‘duin’ uitgevoerde zeewering echter geen probleem. Als er al afschuivingen plaatsvinden, betreft het zeer lokale oppervlakkige afschuivingen in het duinprofiel. Een afschuiving leidt tot verandering van het duinprofiel, maar leidt niet tot materiaalverlies. In het flauwe talud van het strand kan geen afschuiving optreden.

Er zijn daarmee geen gevolgen voor de waterstaatkundige functie van de zeewering. Overigens is herstel gemakkelijk (achteraf) uitvoerbaar en dient plaats te vinden door (tijdelijke) anti-stuifmaatregelen, herbeplanting van helmgras en uitgevoerd te worden in zand met een korreldiameter van 333 mu of meer.

Verweking/zettingsvloeiing
In paragraaf 0 zijn de criteria benoemd waaraan voldaan dient te worden voordat zettingsvloeiing kan optreden. Het ontstaan van wateroverspanning wordt niet verwacht gezien de grofheid van het zand. Tevens is het (onderwater-)talud ruim flauwer dan 1:4 (orde 1:20 tot 1:25).

Zettingsverdichting
Het grondonderzoek laat zien dat op geringe diepte al een conusweerstand van 5 MPa of meer aangetroffen is. Verwacht wordt dat door heiwerkzaamheden (ná de ontwatering) nog wel enige zetting kan plaatsvinden, maar dat deze zeer beperkt zal zijn, orde centimeters en vooral zal plaatsvinden in de directe omgeving (10 m) van de fundering. Herstel is gemakkelijk door middel van aanvulling met zand.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat trillingen/heien geen noemenswaardige effecten zal hebben op de stabiliteit en de zetting van de ZZ, mits herstel uitgevoerd wordt (herbeplanting en aanvullen zand).

Verticale belasting
Op het strand wordt parallel aan de duinen een transportbaan aangelegd bestaande uit Stelconplaten en mogelijk met rijplaten. De ondergrond bestaat over de bovenste meters uit matig tot goed gepakt zand en is bij toepassing van Stelcon platen/rijplaten voldoende draagkrachtig om de verticale belasting op te kunnen nemen.

Belasting richting de taludranden (insteek van taluds) dient echter voorkomen te worden. Daartoe worden speciale duinovergangen aangelegd, zie paragraaf 3.5.

Doorstuiven na wegnemen begroeiing
Niet van toepassing ter plaatse van de windturbines zelf. Ter plaatse van de duinovergangen wordt mogelijk wel begroeiing verwijderd en mogelijk ook bij de aanleg van bekabeling en toegangswegen.

Aangezien de werkzaamheden buiten het stormseizoen dienen plaats te vinden, worden geen hoge windsnelheden van lange duur verwacht maar verstuiving kan nog steeds plaatsvinden. Daar waar de begroeiing (helmgras) verwijderd is door bouwwerkzaamheden dient deze hersteld te worden en eventueel verdwenen zandvolumes dienen te worden aangevuld. Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet zoveel mogelijk voorkomen worden. Herstel van begroeiing (nieuwe aanplant helm) is onvoldoende om verstuiving/hinder te voorkomen. Plaatsing van een voldoende dicht raster van rijshoutschermen is nodig om enerzijds de aanplant van helm te beschermen en anderzijds om verstuiving te beperken.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat doorstuiven geen noemenswaardige effecten zal hebben mits de begroeiing wordt hersteld en de verdwenen zandvolumes worden aangevuld met zand met een korreldiameter > 330 mu. Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet voorkomen worden. Er dienen rijshoutschermen toegepast te worden om verstuiving te beperken en de aanplant van helmgras te beschermen.

Ontgravingen
Er vinden geen ontgravingen plaats voor de aanleg van de turbines en kraanopstelplaatsen.

Voor de aanleg van de HDD wordt een perskuip gerealiseerd binnen een bouwkuip met damwanden (zie volgende sectie).

Er worden 2 nieuwe duindoorsteken gerealiseerd die zoveel mogelijk zullen lijken op de bestaande duindoorsteek bij P6. Hiervoor dient zand afgegraven te worden.

De navolgende maatregelen worden genomen zodat er geen effect is op de veiligheid van de zeewering:
- Het af te graven zand voor de duindoorsteek wordt hergebruikt op dezelfde locatie. Er is dus geen sprake van een afname van zandvolume;
- Begroeiing wordt hersteld (helmgras)

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat ontgravingen geen noemenswaardige effecten zal hebben mits:
** Het af te graven zand voor de duindoorsteek wordt hergebruikt op dezelfde locatie (geen afname zandvolume).;*
** Begroeiing wordt hersteld.*

Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet zoveel mogelijk voorkomen worden.

Aanleg bekabeling
Dit aspect is in detail uitgewerkt in [13]. Hieronder zijn de aspecten ten aanzien van de weringveiligheid samengevat.

In de NEN3651 en NEN3650-1 zijn eisen opgenomen waar leidingen aan moeten voldoen. Overeenkomstig de NEN3651 dienen bij HDD's de in- en uittredepunten buiten de veiligheidszone te liggen. De veiligheidszone bestaat daarbij normaliter uit een stabiliteitszone en een verstoringszone. Voor zeeweringen die gevormd worden door duinen is geen sprake van een normale veiligheidszone.

Voor de HDD's parallel aan de zeewering liggen de in- en uittredepunten op de kraanopstelplaatsen op het strand. Voor de HDD's kruisend met de zeewering liggen enkel de intredepunten op de kraanopstelplaatsen op het strand. Ondanks dat dit niet volledig in lijn is met de NEN3651 wordt deze situatie wel acceptabel geacht omdat de risico's tijdens de uitvoeringsfase op het moment van aanbrengen van de HDD's en tijdens de gebruiksfase nihil en beheersbaar zijn.

Voor de installatie van de windturbines op het strand worden tijdelijke kraanopstelplaatsen aangelegd, één bij elk van de twaalf windturbines. Tijdens de uitvoeringsfase wordt er vanaf één kraanopstelplaats naar een volgende kraanopstelplaats geboord. Voor de kruisende HDD's met de zeewering wordt er eveneens vanaf een kraanopstelplaats onder de zeewering richting de Maasvlakteweg geboord.
De pilotboringen van de HDD's zijn daarbij maatgevend omdat in deze fase de boorspoeldrukken maximaal zullen zijn. Het bentoniet zandmengsel moet namelijk tijdens deze boorfase naar het intredepunt worden getransporteerd middels een overdruk. De boorspoeldruk is dan ook maximaal nabij het uittredepunt. Een eventuele blowout zou kunnen optreden. Het risico op een dergelijke blowout is te voorkomen door de boorspoeldrukken te minimaliseren of het verzwaren van het maaiveld ter plaatsen van het uittredepunt en toch voortgang te hebben tijdens de boring. Indien er toch een blowout optreedt is het risico voor de dijkstabiliteit nihil. Het uittredepunt en blowoutzone liggen namelijk op voldoende afstand van de teen van de zeewering. De lengte van de blowoutzone zal enkele meters voor het uittredepunt liggen. De stabiliteit van de zeewering zal niet in het geding komen.

Gronddekking
Na realisatie liggen de mantelbuizen ter plaatse van het strand en de zeewering volledig beneden het laagst mogelijke erosieprofiel door meerjarige morfologische effecten en stormen; dit aspect is in detail uitgewerkt in [13]. De mantelbuizen beïnvloeden de waterveiligheid niet. Omdat de mantelbuizen drukloos zijn treedt een verstoringszone van de leiding niet op. Van een stabiliteitszone zoals bij rivierdijken is geen sprake omdat het hier een duin betreft. Het uiteindelijke profiel na erosie is immers stabiel.

Voor de HDD bundelboringen tussen de windmolens op het strand is de eis uit de NEN3651 t.a.v. de gronddekking niet van toepassing omdat er niet onder de "kruin van het waterstaatswerk" (zachte zeewering) wordt geboord. Tevens is er geen duidelijk aanwijsbare teen van de zeewering aanwezig.

Kwel
Voor de HDD bundelboringen op het strand is er geen verhoogd risico op kwel langs de aangelegde mantelbuizen. Aanvullende maatregelen zijn niet benodigd. De HDD doorsnijdt immers geen afsluitende grondlaag. De HDD's blijven boven de kleilaag.

Indien een mantelbuis bezwijkt zal er zand en water de mantelbuis inlopen. Dit zal niet resulteren in een beïnvloeding van de zeewering omdat er voorzieningen worden getroffen. De uiteinden van de mantelbuizen onder de zeewering worden afgesloten met bijvoorbeeld rubberen manchetten of een stopac vulling. Dit is des aannemers. Deze waterdichte afsluiting moet voorkomen dat er grond in de mantelbuizen loopt. Tevens zullen deze manchetten een eventuele overdruk in geval van een lekke mantelbuis op moeten vangen. Eventuele vervanging van kabels en verwijdering blijft mogelijk.

<u>Pers- en ontvangstkuip</u>
De bekabeling wordt door middel van een gestuurde boring aangelegd binnen een tijdelijke pers- en ontvangstkuip met onderwaterbeton. Hiermee ontstaat er lokaal en tijdelijk een hard punt en kan eventueel erosie door oppervlakteafstroming (effect gering, stroomsnelheden zijn laag) optreden. De verdwenen zandvolumes dienen te worden hersteld gedurende de bouwfase. Dit zand dient extern te worden aangevoerd zodat het zandvolume van de ZZ niet veranderd.

Aan het eind van de bouwfase dienen de damwanden verwijderd te worden en – waar van toepassing – de begroeiing te worden hersteld. Het onderwaterbeton bevindt zich onder de steenbestorting en het afslagniveau en heeft daarmee geen effect op de weringveiligheid en wordt daardoor niet verwijderd. Aan het eind van de levensduur van het windpark kan het onderwaterbeton verwijderd worden tezamen met de fundering van de monopile.

Zetting

Ten gevolge van de HDD's zal er een beperkte maaiveldzakking optreden. Daar waar de gronddekking het kleinste is, is deze maaiveldzakking het grootst. Herstel is gemakkelijk door middel van aanvulling met zand.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat aanleg van de bekabeling nauwelijks tot enige beïnvloeding van de ZZ leidt. Indien van toepassing wordt herstel uitgevoerd (verdwenen zandvolumes aangevuld met extern aangevoerd zand met een korreldiameter > 333 mu en helmgras teruggeplaatst).

9 Beoordeling bovengrondse effecten Harde Zeewering/Overgangszone

9.1 Algemeen

Toetscriterium voor de waterkering
Het toetscriterium voor de toelaatbare faalkans van een waterkering wordt doorgaans gerelateerd aan de veiligheidsnorm van de waterkering. De norm is gegeven als een gemiddelde overschrijdingskans per jaar van de waterstand (met bijbehorende golf- en weercondities) waarop de kering moet zijn berekend. Voor de zeewering van Maasvlakte 2 is deze norm 1/10.000 (10^{-4}) per jaar. Als criterium wordt door beheerders van waterkeringen veelal gehanteerd dat 1 tot 10% additioneel risico (toename faalkansbijdrage) toelaatbaar is.

De 10% additioneel risico komt overeen met de richtwaarde uit het HRW2014. Deze richtwaarde wordt gehanteerd voor kabels en leidingen met gevaarlijke stoffen. Voor waterkeringen wordt veelal ook een bijdrage van 10% á 30% van de faalkans gereserveerd voor “overige faalmechanismen”, die niet de stabiliteit of hoogte van de waterkering betreffen. De overige mechanismen omvatten de waterkerende en niet-waterkerende objecten zoals windturbines. Voor elk te onderscheiden constructie en mechanisme moet dus worden uitgegaan van een veiligheidsniveau dat nog een orde lager ligt. Veelal wordt hiervoor per constructie of mechanisme een criterium van circa 1% van de norm gehanteerd. Deze 1% sluit ook aan bij de criteria zoals geadviseerd in de KPR memo [7] en de STOW richtlijn voor windturbines bij waterkeringen [8].

In deze beoordeling wordt voor de maximaal toelaatbare toename van de faalkans van de *waterkering* een eis van 1% van de autonome normfrequentie gehanteerd. De ***totale faalkans*** van de wering door het windpark dient kleiner te zijn dan:

$$P_{eis;MECH;DSN;1\%} = 1/10.000 * 1\% = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$$

Opgemerkt wordt dat het uitgangspunt van de beschouwing van de totale frequentie een conservatieve benadering is. Hierbij worden de trefkansen van alle windturbines die invloed hebben op de HZ/OZ bij elkaar opgeteld voor alle trefzones.

9.2 Faalscenario’s

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines (RVO, 2014) worden de risico’s van een windturbine voor personen en objecten in de directe omgeving gevormd door drie faalscenario’s:

1. Mastbreuk: het omvallen van de turbine, inclusief gondelhuis en rotor;
2. Het neerkomen van het gondelhuis en/of de rotor;
3. Bladbreuk of het afbreken van delen van een rotorblad bij nominaal toerental en overtoeren.

Het faalmechanisme ‘omvallen volledige windturbine’ wordt beschouwd als het worst-case scenario dat kan optreden als de verbinding met het fundament of het fundament bezwijkt, waardoor de windturbine als geheel omvalt.

Het faalmechanisme ‘neerstorten gondelhuis’ houdt in dat de verbinding tussen de toren en het gondelhuis bezwijkt. In dat geval komt het gondelhuis in zijn geheel naar beneden.

Het faalmechanisme ‘afworp rotorblad’ houdt in dat een rotorblad als geheel of een onderdeel van het rotorblad losraakt tijdens het draaien. Afhankelijk van de positie van het rotorblad en het toerental op het moment van het losraken van het rotorblad, kan een rotorblad enkele honderden meters ver worden geworpen. Bij toerental wordt onderscheidt gemaakt in de faalfrequentie tussen nominaal en overtoeren, zijnde 2x nominaal toerental (zie navolgende paragraaf).

De grootte van de impact wordt onder meer bepaald door de hoek waaronder het rotorblad neerkomt en welk deel van het rotorblad als eerste inslaat, Afhankelijk van het gewicht en de snelheid van het rotorblad is er een risico dat ze, wanneer deze afbreken, een krater veroorzaken op de locatie waar ze terechtkomen. Hiermee vormt plaatsing van de windturbines binnen een afstand van enkele honderden meters uit de zeewering een risico op de weringveiligheid.

9.3 Faalfrequentienorm

De faalfrequenties voor de voorgenomen maatgevende windturbine zijn afkomstig uit [9] en zijn in onderstaande tabel weergegeven. De waarden zijn geldig voor windturbines vanaf 1 MW tot en met 5 MW.

tabel 16: Scenario’s en faalfrequenties voor de windturbines

Scenario	Verwachtingswaarde faalfrequentie [1/jaar]	95% betrouwbaarheidswaarde faalfrequentie [1/jaar]
Mastbreuk (inclusief gondel/rotor)	$5{,}8 \cdot 10^{-5}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$
Neerstorten van de gondel en/of de rotor	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$4{,}0 \cdot 10^{-5}$
Bladbreuk bij nominaal toerental	$6{,}2 \cdot 10^{-4}$	$8{,}4 \cdot 10^{-4}$
Bladbreuk bij overtoeren	$<5{,}0 \cdot 10^{-6}$	$5{,}0 \cdot 10^{-6}$

Voor de beschouwing van de additionele faalkans is uitgegaan van de 95%-waarden. Dit zijn veilige waarden: de kans dat de faalfrequentie lager is, is 95%.

9.4 Methodiek

In navolgende paragrafen wordt de additionele faalkans berekend. De additionele faalkans wordt bepaald door:

1. De kans op falen van de windturbine;
2. De kans dat een falende windturbine de waterkering treft. Voor het bepalen van de trefkans is de wering onderverdeeld in zones, die relevant zijn voor de verschillende faalmechanismen van de wering;
3. Bepaling van het restprofiel;
4. De kans op een kritieke hydraulische belastingsituatie binnen de vereiste tijd voor noodreparatie of herstel.

In onderstaande paragrafen zijn de bovenstaande kansen nader uitgewerkt.

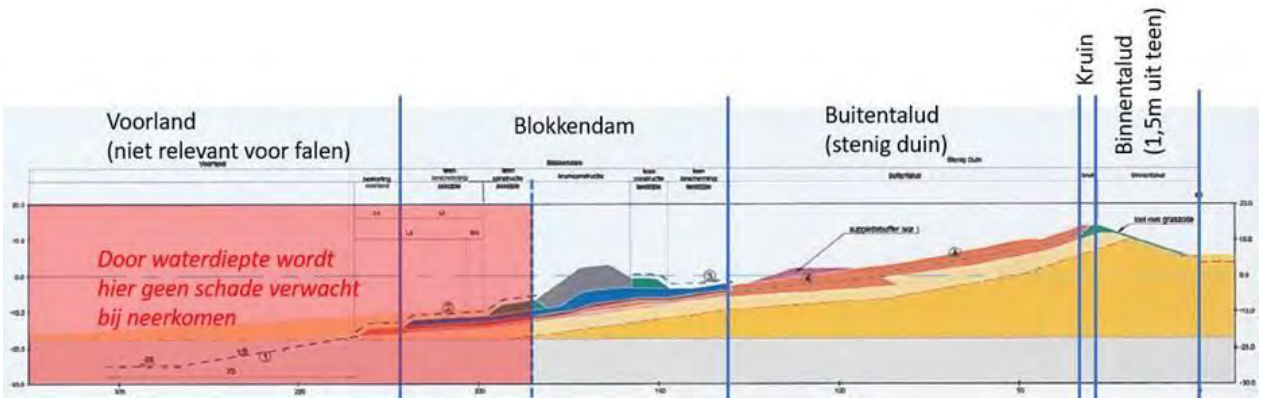
9.5 Trefkanszones

Het ontstaan van een (kritisch) dynamisch profiel door neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel is afhankelijk van waar het gefaalde object landt. Om dit inzichtelijk te maken, is de wering verdeeld in zones.

Voor de HZ zijn de navolgende trefkanszones onderscheiden:

- Binnentalud (tot 1,5 m uit de binnenteen);
- Kruin;
- Buitentalud (het stenig duin);
- Blokkendam.

Het neerkomen van een onderdeel in het voorland, zeewaarts van de blokkendam zal geen schade veroorzaken door de aanwezige waterdiepte.



Figuur 36: indeling in trefkanszones HZ

De zone waarbinnen het neerkomen kan leiden tot falen van de waterkering is gedefinieerd als de kritische strook. Bij het neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel buiten de kritische strook zal de waterkering blijven functioneren.

In de beoordeling wordt gewerkt van grof naar fijn. In eerste instantie zijn alle zones samen beschouwd als kritische strook: aangenomen wordt dat het neerkomen in deze strook zal leiden tot falen van de zeewering. Pas als blijkt dat de faalkanstoename onacceptabel is wordt nader onderscheid gemaakt tussen de verschillende zones.

9.6 Raakfrequenties

Door Pondera is berekend wat de kans is, dat een windturbine of windturbineonderdeel faalt (faalfrequentie) en vervolgens neerkomt in de verschillende zones (trefkans). Vermenigvuldiging van de faalfrequentie met de trefkans resulteert in de raakfrequentie.

Hierbij is onderscheidt gemaakt in de navolgende scenario's (turbine-opstellingen):

tabel 17: scenario's raakfrequentie

scenario	locatie	windturbine
Alt 02 (max)	HZ-01 t/m HZ-09	Siemens SWT-DD-120
	HZ-10	Vestas V162 (E-160 heeft vergelijkbaar totaalgewicht)
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V162
Alt 02 (min)	HZ-01 t/m HZ-10	Enercon E-115
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V150
VKA	HZ-01 t/m HZ-09	Siemens SWT-DD-120
	HZ-10	Vestas V162
	ZZ-01 t/m ZZ-12	Vestas V162

Voor de berekeningsresultaten van de raakfrequenties per specifieke zone, wordt verwezen naar bijlage A3.

In onderstaande tabel zijn de berekeningsresultaten samengevat. Hierin zijn alle zones samen beschouwd als kritische strook en worden alle turbines beschouwd.

tabel 18: raakfrequentie kritische strook (alle windturbines)

scenario	scenario	raakfrequentie
Alt 02 (max)	Mastfalen	1,35E-03
	Gondelval	4,00E-04
	Bladworp (nominaal + overtoeren)	6,69E-03
Alt 02 (min)	Mastfalen	1,37E-03
	Gondelval	4,00E-04
	Bladworp (nominaal + overtoeren)	6,67E-03
VKA	Mastfalen	1,35E-03
	Gondelval	4,00E-04
	Bladworp (nominaal + overtoeren)	6,67E-03

Uit de resultaten blijkt dat de verschillen per scenario klein zijn.

9.7 Restprofiel wering en kans op kritieke hydraulische belastingsituatie tijdens herstel

9.7.1 Te verwachten kraterdiepte

Bij neerkomen van een windturbineonderdeel zal schade aan de waterkering optreden door kratervorming. In Bijlage A2 zijn berekeningen gemaakt om de kraterdiepte te bepalen. Hierbij is gebruik gemaakt van de methode van Bernard [20]. Uit deze berekeningen volgen de volgende maatgevende waarden voor de kraterdiepte voor de maatgevende windturbines:

tabel 19: kraterdieptes

scenario	maatgevende turbine	neerkomen van een complete gondel met rotor	neerkomen van een rotorblad bij nominaal toerental	neerkomen van een rotorblad bij overtoeren
Alt 02 (max)	V 162	1,4 m	1,1 m	1,45 m
Alt 02 (min)	V 150	1,3 m	1,0 m	1,35 m
VKA	V 162	1,4 m	1,1 m	1,45 m

9.7.2 Kans op kritieke hydraulische belastingen tijdens herstel

Falen van een windturbine of een onderdeel daarvan kan leiden tot schade zoals verlaging van de kruinhoogte, erosie of afschuiven van het talud.

Macrostabiliteit buitentalud (STBU) en erosie buitentalud
Bij neerkomen van een *rotorblad* op de kruin of het buitentalud wordt bij overtoeren een inslag van 1,0 à 1,5 m verwacht, afhankelijk van het beschouwde scenario. Glijvlakken hebben veelal een breedte van 50 à 100 m in de lengterichting van de wering. In vergelijking met deze glijvlakken heeft de krater een beperkte omvang en vormt derhalve geen gevaar voor de stabiliteit.

Bij inslag van een *gondel door mastbreuk* op de breuksteenbekleding kan door kratervorming wel de weerstand tegen afschuiven afnemen, alhoewel de krater grotendeels door de gondel zal worden opgevuld. Ook kan bij het neerkomen op de kruin of de buitenberm de aandrijvende kracht toenemen door de schokgolf en gewicht van het onderdeel. Als gevolg hiervan kan een afschuiving optreden.

Het faalmechanisme macrostabiliteit buitenwaarts zal zich pas voordoen, zodra het hoogwater voorbij is (na val van de buitenwaterstand). Er zijn dan mogelijkheden tot herstel, voordat een volgend hoogwater plaatsvindt.

Schade aan de stenige bekleding kan (doorgaande) erosie veroorzaken.

Blokkendam
Zowel de impact van een rotorblad, alsmede de impact van een mast en gondel, hebben gevolgen voor de standzekerheid van de blokkendam. Schade aan de blokkendam zal leiden tot extra belasting op de wering door golfoploop en golfoverslag.

Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)
De afmetingen van de krater zijn bij inslag van een rotorblad relatief gering in verhouding tot een glijvlak. Inslag van een gondel door gondelworp of mastbreuk kan wel een grote impact hebben.

De kruin kan met ca. 1,5 m worden verlaagd door inslag op de kruin of indirect door afschuiven van het talud.

Erosie grasbekleding kruin en binnentalud (GEKB)
Door kratervorming kan de kruin (NAP+13,8 m) worden verlaagd, waardoor de wering gevoelig is voor erosie door overslag.

In geval van schade is er een gereduceerd waterkerend vermogen. Er is in dat geval een responstijd tot repareren. Het repareren betreft een noodsituatie, waarbij een noodoplossing (bijvoorbeeld plaatsen zandzakken of damwand) wordt aangebracht om het water te keren (de waterveiligheidsfunctie te herstellen). Er wordt vanuit gegaan dat het aanbrengen van een noodoplossing **maximaal 14 dagen** duurt. Na het aanbrengen van de noodoplossing kunnen de herstelwerkzaamheden aanvangen; deze dienen gereed te zijn voor aanvang van het volgende stormseizoen.

De kans op een kritieke hydraulische belasting tijdens herstel is de kans dat erop het moment van falen van de windturbine een storm heerst *of* tijdens de reparatietijd een storm opsteekt die de waterstand opstuwt tot boven het niveau dat het restprofiel nog kan keren.

Uitgangspunt is een nominale duur van de storm van 35 uur die het water opstuwt tot boven het kritieke hydraulische belastingniveau.

De kans op een kritieke hydraulische belastingsituatie binnen de vereiste tijd voor noodreparatie in het stormseizoen wordt berekend uit:

$$P_{(\text{falen herstel;GEKB})} = \text{terugkeertijd hydraulische belasting} \times 14/183$$

In navolgende tabel zijn de resultaten weergegeven voor mastfalen, gondelval en bladafworp (vergelijkbare kraterdieptes):

tabel 20: kans op een kritieke hydraulische belastingsituatie binnen de vereiste tijd voor noodreparatie

Scenario	kraterdiepte	nieuwe kruinhoogte	terugkeertijd hydraulische belasting	$P_{\text{falen herstel}}$
Alt 02 (max) en VKA	1,5 m	NAP+12,3 m	ca. 1/8000 jaar	9,56E-06
Alt 02 (min)	1,4 m	NAP+12,4 m	ca. 1/8200 jaar	9,33E-06

9.8 Additionele faalkans

In deze effectanalyse is de additionele faalkans van de waterkering ($P_{\text{MECH;Additioneel}}$) gelijkgesteld aan de ***totale*** raakfrequentie maal de kans op een kritieke hydraulische belastingsituatie binnen de vereiste tijd voor noodreparatie aan de waterkering ($P_{\text{falen herstel}}$).

Vervolgens is per windturbineconfiguratie en per faalscenario getoetst of de additionele faalkans acceptabel is.

Er moet gelden:

$$P_{MECH;Additioneel} \leq P_{EIS;MECH;DSN;1\%}$$

Ofwel

$$P_{MECH;Additioneel} \leq 1{,}0 \cdot 10^{-6}$$

In navolgende tabel zijn de resultaten weergegeven:

tabel 21: additionele faalkans

Scenario	Faalscenario	$P_{falen\ herstel}$	totale raakfrequentie [1/jaar]	$P_{MECH;Additioneel}$	$P_{Eis;1\%}$	toetsing
Alt 02 (max)	mastfalen	9,56E-06	1,35E-03	3,82E-09	1,0E-6	voldoet
	gondelval	9,56E-06	4,00E-04	6,40E-08	1,0E-6	voldoet
	bladbreuk (nominaal + overtoeren)	9,56E-06	6,69E-03	1,28E-08	1,0E-6	voldoet
Alt 02 (min)	mastfalen	9,33E-06	1,37E-03	3,73E-09	1,0E-6	voldoet
	gondelval	9,33E-06	4,00E-04	6,22E-08	1,0E-6	voldoet
	bladbreuk (nominaal + overtoeren)	9,33E-06	6,67E-03	1,29E-08	1,0E-6	voldoet
VKA	mastfalen	9,56E-06	1,35E-03	3,82E-09	1,0E-6	voldoet
	gondelval	9,56E-06	4,00E-04	6,38E-08	1,0E-6	voldoet
	bladbreuk (nominaal + overtoeren)	9,56E-06	6,67E-03	3,82E-09	1,0E-6	voldoet

Uit de resultaten blijkt dat voor elk scenario voldaan wordt aan het toetsingscriterium $P_{MECH;Additioneel} \leq 1{,}0 \cdot 10^{-6}$

Scenario Alt 02 (min) geeft een iets gunstiger resultaat te zien maar de verschillen zijn klein.

Opgemerkt wordt dat het uitgangspunt van de beschouwing van de totale frequentie een conservatieve benadering is. Hierbij zijn de trefkansen van alle windturbines die invloed hebben op de HZ/OZ bij elkaar opgeteld voor alle trefzones.

9.9 Omvallen kraan

De kraanopstelplaatsen zijn gedimensioneerd op de te verwachten kraanbelastingen. Bouwwerkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen waardoor de kans op maatgevende condities navenant kleiner zijn.

Bij het omvallen van een kraan wordt een schade verwacht die ten hoogste vergelijkbaar is met die van mastfalen. In voorgaande paragrafen is aangetoond dat voor mastfalen en gondelval voldaan wordt aan het toetsingscriterium $P_{MECH;Additioneel} \leq 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ indien herstel binnen 14 dagen plaatsvindt en voor aanvang van het stormseizoen.. Dit wordt gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) [21].

10 Bovengrondse effecten Zachte Zeewering

Windturbines
De aanwezigheid van windturbines op het strand van de ZZ heeft invloed op de morfologische processen. Dit aspect, de effecten op de waterveiligheid en de eventueel te nemen maatregelen zijn in detail onderzocht in [1]. In deze paragraaf is een korte samenvatting gegeven.

Analyse van de effecten van de windturbines in [1] laat zien dat de aanwezigheid van de windturbines een beperkt negatief effect op de veiligheid heeft. Om dit te mitigeren dient over de hele lengte van de Zachte Zeewering (inclusief de overgangszone) een toeslag van 40 m^3/m aan het ontwerpprofiel in het Beheer en Instandhoudingsplan te worden toegevoegd. Hiermee wordt de standzekerheid van de waterkering geborgd. Dit leidt niet tot de noodzaak van een aanvullende suppletie, er ligt voldoende zand in de duinen over de hele lengte van de Zachte Zeewering. Bovendien wordt zand aan de zeewering toegevoegd wat vrij komt van de kraanopstelplaatsen en taluds van de duinoversteken.

Om ontgrondingen rondom de windturbines te voorkomen wordt erosiebescherming toegepast (zie paragraaf 5.4.2). Daarnaast vindt beheer en onderhoud plaats waaronder:

- dagelijkse inspectie door de windparkbeheerder ten aanzien van ontgrondingen, evenals een inspectie aan het einde van het stormseizoen;
- strandsuppleties;
- onderhoud duinovergangen.

Falen windturbine of onderdeel daarvan
Door het falen van een windturbine of een onderdeel daarvan zal kratervorming kunnen ontstaan, zowel op de duinen als op het strand.

In het voorgaande hoofdstuk zijn de berekende kraterdieptes weergegeven. Deze diepte varieert per faalscenario en per windturbine maar bedraagt ca. 1,5 m en kan een omvang hebben van meerdere meters.

Het restprofiel zal in eerste instantie niet noemenswaardig afwijken van het vóór afschuiving aanwezige profiel; er wordt geen materiaal (zand) verwijderd. Alhoewel het een lokale verandering betreft, resulteert de krater echter in een verlaging van het profiel wat als focuspunt voor erosie kan gaan dienen (verstoring zanddynamiek). Doordat de kans het grootst is dat falen optreed tijdens een storm kan een hard object op het strand (de windturbine of een onderdeel daarvan) het erosieproces verder beïnvloeden.

Het object dient zo snel mogelijk verwijderd te worden. Herstel is gemakkelijk uitvoerbaar en dient binnen 14 dagen plaats te vinden door (tijdelijke) anti-stuifmaatregelen, herbeplanting van helmgras op de duinen en het binnen enkele werkdagen aanvullen van de kraters met zand met een korreldiameter van 333 mu of meer. Dit wordt gewaarborgd in het Integraal Veiligheidsplan (IVP) en is ook opgenomen in het V&G.

Kraanopstelplaatsen
Voor de bouw van de windturbines worden tijdelijke kraanopstelplaatsen aangelegd op een terp (zie paragraaf 5.4).

De wijze van constructie van de fundering hangt samen met de locatie van de windturbine op het profiel van de zeewering en dus van de terreinhoogte maar bestaat uit een terp van zand eventueel omgeven door geotubes of damwanden. Aan de landzijde sluiten de terp aan op het achterliggende duin.

Alhoewel deze harde constructies tijdelijk van aard zijn, is het mogelijk dat ze tijdens het winterstormseizoen op het strand zullen staan en daardoor een mogelijk risico voor de veiligheid van de waterkering kunnen vormen. Dit aspect is in detail onderzocht in [1].

Nadat de harde objecten (damwanden en geotubes) zijn verwijderd en de funderingslaag inclusief geogrids zijn verwijderd, zal het zand van de terp op het strand achterblijven. Dit heeft een tijdelijk positief effect op de waterveiligheid; het totale zandvolume in de strandschil neemt immers toe. Voor de aanleg van de terpen wordt zand met korreldiameter van minstens 330 μm gebruikt.

Toegangswegen en rijbaan

Transport naar de windturbinelocatie zal plaatsvinden via 4 verschillende duinovergangen, waarvan 2 bestaand (P5 en P6) en 2 nieuwe (zie paragraaf 3.5). Het af te graven zand voor de realisatie van de nieuwe duindoorsteken wordt hergebruikt op dezelfde locatie. Er is dus geen sprake van een afname van zandvolume. Eventuele compenserende maatregelen (zoals zandbuffers) worden in grof zand (D_{50} > 333 μm) uitgevoerd en dienen beplant te worden met helmgras. Anti-stuifmaatregelen zijn voorzien.

Op het strand wordt een transportbaan aangelegd parallel aan de duinen. In principe zal deze bestaan uit Stelconplaten. In [18] is aangegeven dat deze NWO's potentieel geen negatief effect hebben op het faalmechanisme duinafslag zodat deze gedurende het stormseizoen kunnen blijven liggen. Indien aanvullend gekozen wordt voor de toepassing van rijplaten, dan dienen deze bij aandiening van een storm verwijderd te worden naar een te realiseren opslaglocatie (landinwaarts van de wering).

11 Beheer, onderhoud en uitbreidbaarheid

11.1 Harde Zeewering en Overgangszone

Werken mogen niet belemmerend zijn voor de inspectie, de monitoring of het beheer en onderhoud van de wering (eis nr. 16). Het uitvoeren van het onderhoud van de wering moet op doelmatige wijze mogelijk blijven (eis nr. 17).

Het funderingssysteem is dusdanig gekozen dat aan deze voorwaarde voldaan kan worden. De fundering belemmert het beheer en onderhoud niet. Er wordt een specifiek drainagesysteem aangebracht.

Na afronding van de bouwwerkzaamheden vinden herstelwerkzaamheden plaats:

- De hoogte van de zeewering wordt gedurende de bouw gemonitord en eventuele verzakkingen zullen na afronding worden hersteld;
- Het binnentalud en de aansluitconstructies rondom de fundering worden versterkt hersteld met met een 1,0 m dikke kleilaag van categorie 1 (ca. 1,5 maal de nu aanwezige laagdikte) om spleetvorming te voorkomen.
- Er wordt een permanente 3D-structuurmat aangebracht op de kruin en het binnentalud om de erosiebestendigheid te garanderen, indien de nieuwe grasmat nog niet volledig is hersteld voor aanvang van het stormseizoen.

Monitoring vormt een belangrijk aspect (zie hoofdstuk 13 en [12]). In de exploitatiefase zal door middel van een visuele inspectie jaarlijks de actuele toestand van de aansluiting van de bekleding op de fundering/grondterp worden beoordeeld en worden vergeleken met de aanleggegevens. De inspectie wordt uitgevoerd door de parkbeheerder na het stormseizoen en na het opstreden van stormen met windkracht 11 en 12.

Eventuele schades aan de bekleding en begroeiing zullen worden vastgelegd op een inspectieformulier en met foto’s. Schades zijn gaten, scheuren in de kleibekleding of een verminderde graszodekwaliteit. Door de locaties vast te leggen met GPS-coördinaten en/of een foto, kan in de toekomst worden gekeken of de schade verergert. Duidelijk wordt vastgelegd wat de lengte en breedte van de scheur is. Van begroeiing wordt aangegeven of deze houtvormend is, bij riet wordt het oppervlak aangegeven.

Eventueel te nemen maatregelen volgend uit de monitoring zullen in overleg met de waterbeheerder worden hersteld.

11.2 Zachte Zeewering

Werken mogen niet belemmerend zijn voor de inspectie, de monitoring of het beheer en onderhoud van de wering. Voor een uitgebreide beschouwing wordt verwezen naar [1].

Bij de plaatsing van windturbines in de ZZ zijn morfologische effecten op het dynamisch profiel te verwachten. Dit dient gecompenseerd te worden door het aanbrengen van een compenserende hoeveelheid grof zand (D_{50} > 333 μm) in de vorm van bijvoorbeeld zandbuffers.

Behoudens de windturbinefundaties worden er geen andere permanente harde elementen zoals steenzettingen en verhardingen op het strand aangebracht. Inspecties worden daarmee niet belemmerd. Suppletiezand kan ongehinderd worden aangebracht. Het zand kan tevens vrij doorstuiven naar het

duingebied. Wel worden er anti-stuifmaatregelen voorzien om negatieve effectne op bijvoorbeeld het verkeer, te voorkomen.

De erosiebestendigheid dient te allen tijde gewaarborgd te worden. Daartoe wordt ter erosiebescherming van de fundering van de windturbines op de Zachte Zeewering de navolgende maatregelen getroffen:

- de locatiebeheerder voert dagelijks inspectie uit op erosiegaten;
- de locatiebeheerder herstelt erosiegaten (binnen 7 dagen) indien nodig;
- na iedere herstelactie brengt de locatiebeheerder schriftelijk rapport uit bij de beheerder.

Daarnaast vinden strandsuppleties plaats (onderhoud) en worden de duingangen onderhouden. Voor meer detail wordt verwezen naar [1].

Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet zoveel mogelijk voorkomen worden. Na uitvoering van de werkzaamheden worden verdwenen zandvolumes hersteld en vindt herbeplanting plaats.

12 Uitbreidbaarheid zeewering

Werken mogen eventuele toekomstige versterkingen niet significant belemmeren (eis nr. 15). Er dient er mee rekening te worden gehouden dat de zeewering in de toekomst met 0,5 m kan worden opgehoogd (eis nr. 12).

Het funderingssysteem is dusdanig gekozen dat aan deze voorwaarde voldaan kan worden. Het ontwerp voor de HZ en OZ voorziet in een toekomstige ophoging van 0,5 m van de wering, rekening houdend met een zichttermijn van 50 jaar en ontmanteling van het windpark na 25 jaar.

De fundering van de windturbines op de ZZ bestaat uit een monopile. De windturbines bevinden zich op het strand. Uitbreidbaarheid van de wering is daarmee geen probleem.

Aan het einde van de levensduur van het windpark (25 jaar) wordt het funderingssysteem verwijderd.

13 Monitoring

Middels het monitoringsplan - en de uitvoering daarvan - wordt aangetoond dat het veiligheidsniveau van de Zeewering gewaarborgd blijft omdat gesignaleerd wordt dat waarden niet worden overschredenen en of beheersmaatregelen moeten worden genomen. Dit monitoringsplan is door Tauw opgesteld [12]. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste aspecten uit dit monitoringsplan benoemd.

Er wordt gemonitord in het kader van risicobeheersing, veiligheid en toestandsbepaling. Apart van het monitoringsplan maakt de uitvoerende partij een escalatieplan, voor de gevallen waarbij tijdens de werkzaamheden buiten de kaders van het monitoringsplan wordt getreden.

Een belangrijk onderdeel vormt de standzekerheid van de blokkendam. In het monitoringsplan is hier extra aandacht aan besteed. Middels het monitoringsplan wordt de hoogte van de blokkendam in beeld gebracht en kan een oordeel gegeven worden over dit hoogtebeeld ten tijde van realisatie, exploitatie en ontmanteling van de windturbines (levensduur 25 jaar). Ook omliggende objecten (zoals de de radartoren) en het omliggende wegennet worde gemonitoord.

De volgende fases worden gemonitord tijdens de realisatiefase en zijn vastgelegd in het monitoringsplan:

1. Ontgraven: monitoren van zetting en verplaatsing
2. Aanvullen met terp: monitoren van zetting en verplaatsing
3. Paalfundering/damwanden: monitoren van trillingen en zettingen door verdichting
4. Aanvullen: monitoren van zetting en verplaatsing
5. Aanbrengen klei- en grasbekleding: monitoren van ontwikkeling grasmat

De volgende fases worden gemonitord tijdens de exploitatiefase:

6. Toekomstige ophoging: monitoren van zetting
7. Periodiek onderhoud afhankelijk van soort onderhoud
8. Groot onderhoud afhankelijk van soort onderhoud

De volgende fases worden gemonitord tijdens de ontmanteling van de windturbines:

9. Amoveren van de turbines monitoren van trillingen, zetting en verplaatsing
10. Amoveren van de funderingen monitoren van trillingen, zetting en verplaatsing

De volgende zaken worden gemonitord:

1. Weeromstandigheden, waterstanden en golfomstandigheden
2. Zakkingen maaiveld, kruin en taluds
3. Zakkingen blokkendam
4. Trillingen
5. Grondvervormingen
6. Waterspanningen
7. Klei- en grasbekleding

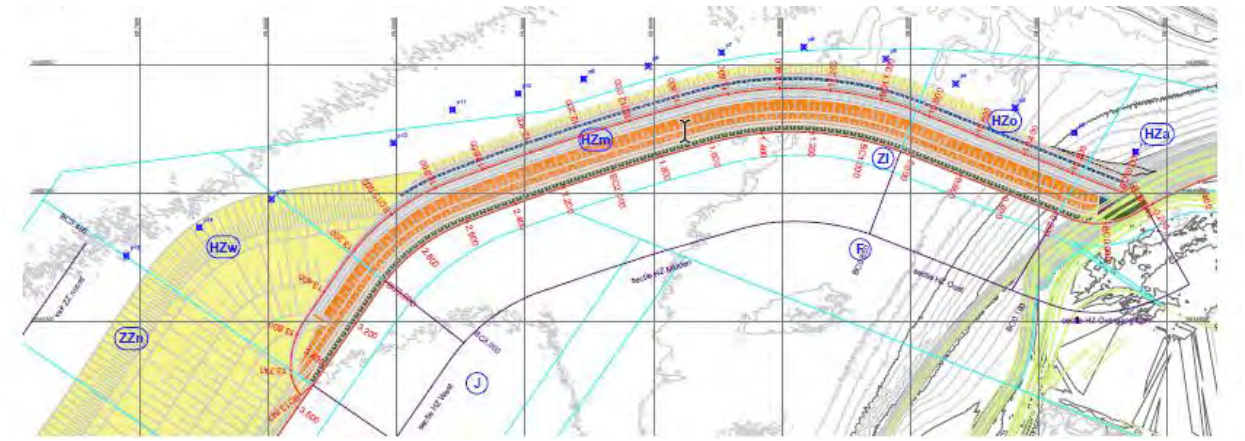
14 Referenties

1. RHDHV – Windpark Maasvlakte 2 - Beoordeling waterveiligheid Zachte Zeewering, ref. nr. BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0007 – juni 2020.
2. Rijkswaterstaat - 156 Aandachtspunten weringveiligheid HZ
3. Puma – “Zachte zeewering: versterkt duinprofiel en effect op keuringsresultaat”, kenmerk puma-p-mon-mi07, 14 juni 2019
4. Puma – Harde Zeewering: hydraulische ontwerpstorm condities van stenig duin + blokkendam – kenmerk puma-l-mja-ono04 – 15 maart 2011
5. Puma – “Harde Zeewering: geotechnische stabiliteit van stenig duin + blokkendam”, kenmerk puma-q-mpo-ono02, 15 maart 2011
6. Van den Berg, F.P.W en Schelfhout, H. “Invloed van windturbines op primaire waterkeringen, kansen en belemmeringen”. Geotechiek, oktober 2012 p. 30 t/m 33
7. Memo Windturbines op of nabij primaire waterkeringen, KPR nr 473, 19-07-2018
8. STOWA – “Handreiking windturbines en waterkeringen” – rapport 2018-53
9. Handboek Risicozonering Windturbines (RVO, 2014)
10. RHDHV – Windpark Maasvlakte 2 – Windturbinefundaties Harde Zeewering – Voorlopig Geotechnisch Ontwerp – referentie BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0005 – 01/Definitief
11. RHDHV – Windpark Maasvlakte 2 – Voorlopig Geotechnisch Ontwerp – windturbinefundaties Zachte Zeewering – in bewerking
12. Tauw – Windpark MV2 – monitoring blokkendam – projectnr. 1275811 – kenmerk R002-1275811TFE-V01-mvg-NL
    Tauw – Windpark MV2 – monitoring - projectnr. 1275811 – kenmerk R001-1275811BXB-V02-nja-NL
    Tauw – Windpark MV2 – marktconsultatie hoogtemeting blokkendam - projectnr. 1275811 – kenmerk N001-1275811TFE-V01-mvg-NL
13. RHDHV – WP MV2 VO rapport HDD tussen windmolens ZZ. Rapportnr. BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0001
14. Rijkswaterstaat - Memo Watervergunning Harde Zeewering Windpark MV2 – 23 april 2019
15. Rijkswaterstaat - Memo Aandachtspunten weringveiligheid in relatie tot windmolens Harde Zeewering windpark Maasvlakte 2 - 14 november 2019
16. Rijkswaterstaat – Memo Watervergunning Zachte Zeewering Windpark MV2 – 23 april 2019
17. MOS grondmechanica, Sonderingen Windpark 2e Maasvlakte. Opdrachtnummer: 4300038842, 4 november 2019
18. Deltares – Achtergronddocument toetsschema duinafslag – kenmerk 1220085-006 – september 2015.
19. CUR 166 – Damwandconstructies – 6e herzien druk – 2012
20. Bernard (1978): Depth and motion prediction for earth penetrators. ADA056701, Vicksburg, MS: Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg.
21. RHDHV – Integraal Veiligheidsplan Windpark Maasvlakte II - BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-H-0001
22. RHDHV – Wind farm Maasvlakte 2 – Crane Hardstands for Wind Turbines along the Hard Sea Barrier - BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-S-0003 - Final/01 – 26 May 2020
23. RHDHV – WP MVII – Ontwerp parkbekabeling windturbines Harde Zeewering – BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-003 – 17 juni 2020
24. P. Hölscher (2016) – Dynamisch gedrag van een on-shore windturbinefundering – Geotechniek – Oktober 2016.

A1 Afleiding hydraulische belastingen HZ

Beschikbare data

De harde zeewering is gelegen op de in de onderstaande figuur weergegeven kaart. Hierin zijn tevens de dijkvakken weergegeven.



Figuur 37- Bovenaanzicht van harde zeewering met sectie indeling en golflocatie punten (uit ontwerptekening puma-u-mme-oto32-1 d.d. 15 maart 2011)

Voor de dijkvakken zijn hydraulische randvoorwaarden afgeleid. Dit is zowel gedaan voor de ontwerpsituatie als de situatie na aanleg middels een Hydra-NL model. Dit model heeft geen status en is opgeleverd door HKV conform alle leidraden zoals dat voor de rest van Nederland geldt.

De hydraulische randvoorwaarden zijn weergegeven in de onderstaande tabellen.

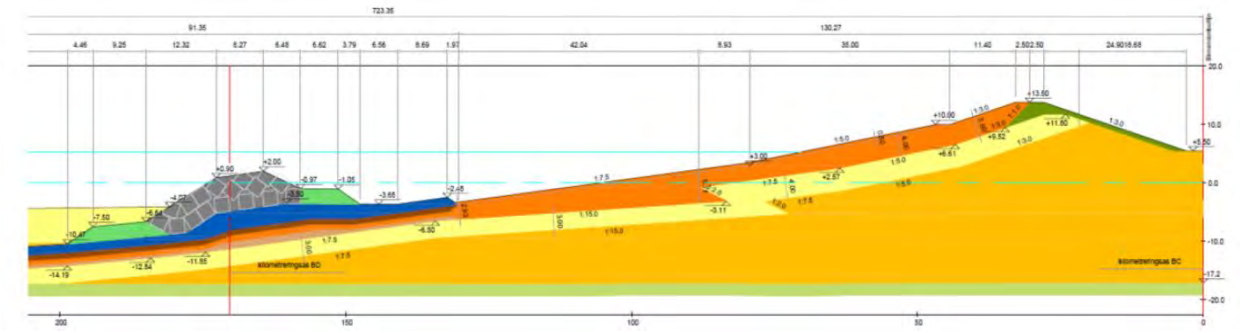
Tabel 22 – Randvoorwaarden ontwerpdocument

Ontwerpdocument							
1:10 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hs**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**[cm]**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	50	4,80	9,1	328	317	340	3,24
HZo	50	5,25	9,1	310	293	332	3,10
HZm	50	5,65	9,2	302	281	327	3,10
HZw	50	5,75	9,1	297	273	326	3,10
1:100jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hs**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**[cm]**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	50	5,75	10,1	329	318	337	3,87
HZo	50	6,20	9,9	311	294	331	3,75
HZm	50	6,65	10,1	304	283	328	3,75
HZw	50	6,75	10,1	301	275	327	3,75
1:1.000 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hs**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**[cm]**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	50	6,50	10,9	329	319	336	4,56
HZo	50	6,90	10,7	314	297	331	4,44
HZm	50	7,40	10,9	308	286	328	4,44
HZw	50	7,50	10,9	308	282	328	4,44
1:10.000 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hs**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**[cm]**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	50	7,05	11,4	329	324	335	5,30
HZo	50	7,45	11,3	319	307	332	5,30
HZm	50	7,95	11,6	317	300	330	5,30
HZw	50	8,05	11,6	317	297	331	5,30

Tabel 23 – Randvoorwaarden informele Hydra-NL database

Hydra berekeningen							
1:10 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hm0.teen**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**zichtjaar**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	2050	3.43	7.68	337.8			3.28
HZo	2050	3.43	7.68	337.8			3.28
HZm	2050	4.08	7.86	322.5			3.27
HZw	2050	4.19	7.72	300.2			3.3
1:100 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hm0.teen**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**zichtjaar**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	2050	4.09	8.47	338.6			4.01
HZo	2050	4.09	8.47	338.6			4.01
HZm	2050	4.73	8.75	324.1			4.01
HZw	2050	4.9	8.69	303.3			3.98
1:1.000 jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hm0.teen**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**zichtjaar**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	2050	5.01	9.69	338.9			4.76
HZo	2050	5.01	9.69	338.9			4.76
HZm	2050	5.69	9.96	325.2			4.78
HZw	2050	5.51	10.69	304.2			4.47
1:10.000jr							
sectie	**zeesp. Stijging**	**Hm0.teen**	**Tm-1.0**	**Dir gem**	**Dir 10%**	**Dir 90%**	**h**
sectie	**zichtjaar**	**[m]**	**[s]**	**[°N]**	**[°N]**	**[°N]**	**[m+NAP]**
HZa	2050	5.57	11.62	339.1			5.29
HZo	2050	5.57	11.62	339.1			5.29
HZm	2050	6.3	11.94	325.8			5.3
HZw	2050	6.42	11.75	305.4			5.22

Tevens is er een dwarsprofiel vanuit het ontwerp bekend. Dit is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 38 – Dwarsprofiel van de harde zeewering

Aanpak

De zeewering van Maasvlakte 2 is zodanig ontworpen en gedimensioneerd dat deze de komende 50 jaar bestand is tegen een extreme mix van weer-, wind- en getijdecondities met een verschijningskans van 1:10.000 per jaar. Het is niet precies bekend wat voor golfoverslag het algemene ontwerp zou moeten opleveren, gegeven de bijbehorende hydraulische randvoorwaarden. Hier wordt een aanname van 10 l/s/m voor gedaan. Het mogelijk om een inschatting te maken wat de toename is van het risico door afname van de kruinhoogte door gebruik te maken van de relaties die bekend zijn in de EurOtop golfoverslag formules. De aangenomen waarde van het overslagdebiet is dan een eikpunt, die niet uit zou mogen maken voor het eindresultaat.

EurOtop als basis

De golfoverslaghandleiding EurOtop maakt gebruik van diverse parameters om golfoverslag uit te rekenen. Onderstaande formule weergeeft de relatie die gelegd kan worden tussen de hydraulische randvoorwaarden, de constructie en de golfoverslag.

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.026}{\sqrt{\tan\alpha}} \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left[-\left(2.5 \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v}\right)^{1.3}\right] \qquad 5.12$$

with a maximum of:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.1035 \cdot \exp\left[-\left(1.35 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma *}\right)^{1.3}\right] \qquad 5.13$$

De golfoverslag q is dus afhankelijk van de hydraulische randvoorwaarden en constructie (uitgedrukt in een golfhoogte H_{m0}, een periode $T_{m-1,0}$ en het talud α wat tezamen verwerkt zit in het Iribarren getal $\xi_{m-1,0}$, en het verschil in hoogte tussen de bovenkant van de constructie en de waterstand, uitgedrukt in freeboard R_c). Verder bevat de formule een aantal stelparameters, uitgedrukt in invloedscoëfficiënten die genoteerd zijn met het symbool γ. Deze invloedscoëfficiënten stellen overige aspecten voor, zoals de invloed van een berm (γ_b), de invloed van ruwheid γ_f, de invloed van de hoek van inval van golven γ_β emn de invloed van een muur γ_v. De term γ kan allesomvattend zijn en kan de gecombineerde invloed zijn van de constructie. Zo kan bijvoorbeeld de invloed van de teen ook in een γ worden uitgedrukt. Met de aanname dat deze γ niet of nauwelijks verandert met veranderende hydraulische randvoorwaarden, kan er vervolgens worden bepaald wat het effect is van veranderende randvoorwaarden op de golfoverslag.

RHDHV heeft in het verleden een tool geschreven om golfoverslag uit te rekenen, die gebruik maakt van de EurOtop handleiding. Deze tool heet “over-the-top v1.6”. Het ontwerp vanuit de ontwerptekening en de hydraulische randvoorwaarden kunnen hierin worden ingevoerd. De invloedscoëfficiënten voor zover ze bekend zijn, kunnen hiermee worden afgeleid. Dit is alleen de hoek van inval γ_β. Het talud is glad en er is geen berm aanwezig, waardoor de invloedscoëfficiënten hiervoor niet bestaan (en dus 1 zijn). Vervolgens kan de invloedscoëfficiënt γ voor met name de teenconstructie als het ware worden “geëikt”, door deze te fitten op een bepaald overslagdebiet.

Vervolgens worden berekeningen gemaakt met de hydraulische randvoorwaarden en wordt de kruinhoogte verlaagd met 2,81m. Dit simuleert een krater in de kruin. Op een gegeven moment zal er een combinatie van hydraulische randvoorwaarden zijn waarbij de golfoverslag hetzelfde is als wanneer er geen kruinverlaging zou zijn geweest. Het relatieve verschil in herhalingstijd (bijvoorbeeld een toename van 1/10.000 naar 1/30, een factor 300) hiervan staat gelijk aan het relatieve verschil in risico per jaar (dan ook een factor 300).

Geëikte EurOtop parameters

Het representatieve dwarsprofiel staat weergegeven in Figuur 38 voor dijkvak HZm, het meest blootgestelde profiel. Hieruit is de geometrie af te leiden:

- Het ondertalud is samengesteld uit 1 op 7.5 en maakt een knik naar 1 op 5 ter hoogte van NAP+3.0m. Gemiddeld genomen is dit profiel daarmee ongeveer 1 op 6
- Het boventalud is 1 op 3
- Er is een kleine berm aanwezig van 90cm breed op een niveau van NAP+10.0m
- De kruin bevindt zich op NAP+13.5m
- De oriëntatie van de dijk is 340 gr tov N (gemeten in Google Earth).

Toegepast worden de hydraulische randvoorwaarden uit Tabel 22 voor 1 per 10.000 jaar met 50cm zeespiegelstijging:

- Waterstand: NAP+5.30m
- Golfhoogte: 7.95m
- Golfperiode: 11.6s
- Hoek van inval golven: 317 gr tov N

Om tot een overslag van 10 l/s/m te komen, zal er een additionele coëfficiënt moeten worden bepaald die representatief is voor de teen van de dijk. Deze blijkt 0.76 te moeten zijn (design value approach). Dit levert samengesteld de onderstaande in- en uitvoer op in Over-the-top v1.6:

Input

Geometry			Hydraulic boundary conditions		
Lower slope	1/6	tan_a1 [-]	Water level relative to SWL	5.3	h [m+SWL]
Berm slope	0	tan_ab [-]	Significant wave height	7.95	Hm0 [m]
Upper slope	1/3	tan_a2 [-]	Spectral wave period	11.6	Tm-1,0 [s]
Berm width	0.9	B_b [m]	Wave direction	317	theta_w [°]
Berm height (mid) relative to SWL	10	z_b [m+SWL]	**Parapet/wave wall**		
Crest height relative to SWL	13.5	z_k [m+SWL]	Wave wall present	☐	
Dike orientation	340	theta_k [°]	Wave wall height	1	h_wall [m]
			Bullnose present	☐	
Roughnesses			Bullnose height	0.5	h_n [m]
Lower slope	1	gamma_f1 [-]	Bullnose angle (15, 30, 45, 60 gr)	45	eps [°]
Berm	1	gamma_fb [-]			
Upper slope	1	gamma_f2 [-]	**Additional coefficient**	0.76	gamma_z [-]

Figuur 39 – Invoer in Over-the-top v1.6 basisprofiel HZm

Output

Runup computation			Influence factors		
Overtopping rate	10.4	q [l/s/m]	Berm	0.992	gamma_b [-]
Max rate dominant	false	q=qmax	Average roughness	1	gamma_f [-]
Freeboard	8.2	Rc [m]	Roughness berm has influence	false	[-]
2% runup relative to water level	9.35	Ru2% [m]	Angle of attack (overtopping)	0.924	gamma_beta [-]
2% runup relative to SWL	14.65	Ru2% [m+SWL]	Angle of attack (runup)	0.949	gamma_beta [-]
Smooth runup rel. to water level	9.35	Ru2%_smooth [m]	Wall	1	gamma_v [-]
Relative freeboard	1.577	Rc_rel [-]	Combination wall & bullnose	1	gamma_star [-]
Relative overtopping	0.021	q_rel [-]			
Iribarren number	0.938	ksi [-]	Absolute angle of attack	23	beta [°]
Representative slope	0.183	tan_a_avg [-]	Wave steepness	3.78	s_m [%]

Figuur 40 – Uitvoer Over-the-top v1.6 basisprofiel HZm

Berekening HBN voor nieuwe hydraulische randvoorwaarden

Gegeven de geëikte EurOtop parameters, kan er een HBN worden berekend die past bij de nieuwe hydraulische randvoorwaarden in Tabel 23.

Tabel 24 – HBN voor nieuwe hydraulische randvoorwaarden uit Tabel 23

Herhalingstijd [jaar]	Waterstand [m+NAP]	Golfhoogte [m]	Golfperiode [s]	Golfrichting [gr tov N]	HBN [m+NAP]
10	3.27	4.08	7.86	322.5	6.2*
100	4.01	4.73	8.75	324.1	7.8*
1000	4.78	5.69	9.96	325.2	10.1
10.000	5.3	6.3	11.94	325.8	12.9

**Deze HBN's bevinden zich onder de berm. Hier verandert in Over-the-top het talud, aangezien de golven niet boven de berm kunnen uitkomen. In dat geval wordt er een ondertalud van 1 op 7.5 toegepast en een boventalud van 1 op 5 met een knik op NAP+3.0m, conform Figuur 38. Tevens zal in werkelijkheid de HBN hier nog lager zijn, omdat de teen steeds meer als een golfbreker gaat fungeren en dus meer invloed heeft.*

Aan de hand van de berekende kraterdiepte is de terugkeertijd van het Hydraulisch belastingniveau (HBN) te bepalen.

A2 Bepaling kraterdiepte

A2.1 Inleiding

Het risico op falen van de wering is onder meer afhankelijk van de locatie en de wijze van neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel. Daarnaast spelen de situering, de opbouw en de robuustheid van de waterkering een rol. Om inzicht te krijgen in de schade aan de wering en het resterende profiel wordt in deze bijlage een inschatting gemaakt van de kraterdiepte. De kraterdiepte is per faalscenario berekend op basis van een energiebeschouwing.

A2.2 Gewichten en afmetingen windturbine-onderdelen

Bij het falen van de windturbine of onderdeel hiervan zal het neerkomen van de mast de grootste schade aan de wering tot gevolg hebben. De gondel zal vrijwel loodrecht naar beneden valen en daarmee voor een deel op de funderingsplaat vallen waarmee een groot deel van de energie verloren gaat.

In onderstaande tabel zijn de gehanteerde gegevens weergegeven.
Door gebruik te maken van de eigenschappen van de zwaarste windturbine per scenario wordt de maatgevende situatie beschouwd:

Tabel A10-1: data windturbines per scenario

	Scenario Alt 02 (max) en VKA	Scenario Alt 02 (min)
Maatgevende turbine	Vestas V 162	Vestas V150
Gewicht complete gondel met rotornaaf en bladen	297 ton	264 ton
Breedte gondel	4,2 m	4,2 m
Bladgewicht	21,7 ton	18,6 ton
Nominaal toeren	12,1	12,6
Gemiddelde Breedte blad	3,6 m	3,4 m
Valsnelheid blad (nominaal)	54,5 m/s	53,5 m/s
Valsnelheid blad (overtoeren)	71,5 m/s	70,5 m/s
Gewicht mast	688 ton	676 ton
Gemiddelde diameter mast	5,35 m	5,1 m

A2.3 Wijze van bepaling kraterdiepte

Er is in de praktijk weinig tot geen ervaring met grondvervorming door vallende voorwerpen, die qua afmetingen, gewicht en valsnelheid vergelijkbaar zijn met de situatie van een vallende windturbinegondel. Bestaande theorieën zijn veelal gebaseerd op kleinere voorwerpen (<40 ton) met geringere valhoogten

(<50 m), ofwel op inslag van zeer grote voorwerpen (meteorieten) met een zeer hoge valsnelheid (>1 km/s).

Bij recente onderzoeken (Oostpolderdijk en Krammer) zijn verschillende methodes vergeleken met numerieke analyse. Hieruit bleek dat de empirische methode van Bernard [18] het best overeenkwam met de numerieke analyse.

Een voordeel van de methode Bernard ten opzichte van andere methodes is dat de afmetingen en vorm van het object beschouwd worden.

Voor de geotechnische inschatting van grondindringing door een vallend onderdeel van de windturbine is daartoe de methode Bernard gebruikt.

Benard methode

Het model van Bernard (1978) is een semi-theoretisch model in die zin dat het een fysische onderbouwing bevat. Ze gaat uit van een bewegingsvergelijking waarbij voor de oplossing enkele empirische parameters benodigd zijn.

De te berekenen indringingsdiepte (Z) in [m] is afhankelijk van:

- De grondsoort, via het zogenaamde "S-nummer" [-].
- De vorm van het projectiel, via de factor "N" [-].
- De verhouding tussen gewicht en doorsnede van het projectiel ("w [kg]/A [m²]").
- De snelheid waarmee het projectiel de grond raakt: "V" (impact-snelheid [m/s]).

Als randvoorwaarde wordt gesteld dat de vertraging in de grond uniform is (dit is door metingen onderbouwd).

De indringingsdiepte (Z) wordt als volgt bepaald:

$$Z_B(S,V,w) := \frac{1}{c(S)} \cdot \left[-\left(a(S) + \frac{2}{3} \cdot b(S) \cdot V \right) + \sqrt{\left(a(S) + \frac{2}{3} \cdot b(S) \cdot V \right)^2 + w \cdot c(S) \cdot V^2} \right]$$

waarin:

$$a(S) := \frac{\alpha \cdot d}{S \cdot N}$$

$$b(S) := \frac{d}{S \cdot N} \cdot \sqrt{\frac{3}{7} \cdot \beta \cdot w}$$

$$c(S) := \frac{\beta \cdot d^2}{S^2 \cdot N^2}$$

α en β zijn empirische coefficienten met α = 2,2E+06 m/s en β = 2,8E+07 N/m^3.
De **factor S** is afhankelijk van het type grondsoort. Hoe hoger de S-waarde, hoe groter de indringing.

In onderhavige analyse is uitgegaan van S = 7, behorende bij een kleibekleding met gras (van ca. 0,5 m dikte) op een zandkern (matig gepakt).

De **vormfactor N** is afhankelijk van de vorm van de neus van het projectiel. Voor "stompe" voorwerpen bedraagt de factor N = 0,56 en komt – in vergelijking met militaire projectielen - het meest overeen. In onderhavige analyse is daarom uitgegaan van N = 0,56.

A2.4 Inschatting kraterdiepte

In het navolgende is de berekening uitgewerkt voor windturbine **V-162**. De inschatting van de kraterdiepte voor de overige windturbines verloopt analoog.

Kraterdiepte bij neerkomen van de gondel en rotor
Het totale gewicht van de rotor met 3 bladen bedraagt circa 297 ton. De maximale valhoogte is gelijk aan de ashoogte van 107 m.

De berekening van de kraterdiepte is als volgt:

a = (2,2E+06 * 4,2) / (0,56 * 7) = 2357143

b = (4,2 / (0,56 * 7)) * (3/7*2,8E+07 * 297000)^{0,5} = 2022703

c = (2,8E+07 * 4,2^2) / (7^2 * 0,56^2) = 32142857

De indringingsdiepte wordt dan berekend op 1,40 m.

Voor de kraterdiepte van de breuksteenbekleding is een lagere waarde meer realistisch.

Voor de val van de gondel en rotor wordt uitgegaan van een kraterdiepte van 1,4 m

Kraterdiepte bij neerkomen van een rotorblad
De massa van een afgeworpen rotorblad bedraagt op 21,7 t, ofwel circa 217 kN en heeft een diameter van ca. 3,6 m. De snelheid op moment van impact bedraagt respectievelijk 54,5 m/s (nominaal) en 71,5 m/s (overtoeren).

De bepaling van de coefficeinten a, b en c verloopt analoog aan die bij de val van gondel en rotor en bedragen:

a = 2020408

b = 468637

c = 23615160

De indringingsdiepte wordt dan berekend op 1,03 m (nominaal) en 1,37 m (overtoeren).

Voor de kraterdiepte van de breuksteenbekleding is een lagere waarde meer realistisch.

Voor de val van rotorblad wordt uitgegaan van een kraterdiepte van 1,0 m voor nominaal toerental en 1,4 m bij overtoeren.

A3 Raakfrequenties

Mastfalen

raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Rotordiameter [m]	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam	Gondel Duin
				8,31E-06	1,41E-05	2,89E-06	5,06E-05			
Alt 02 (max)	HZ-01	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,37E-05	2,89E-06	5,63E-05			
Alt 02 (max)	HZ-02	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,41E-05	2,89E-06	5,60E-05			
Alt 02 (max)	HZ-03	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,44E-05	2,89E-06	5,63E-05			
Alt 02 (max)	HZ-04	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,37E-05	2,89E-06	5,78E-05			
Alt 02 (max)	HZ-05	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,44E-05	2,53E-06	5,71E-05			
Alt 02 (max)	HZ-06	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,44E-05	2,89E-06	5,53E-05			
Alt 02 (max)	HZ-07	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,41E-05	2,53E-06	5,60E-05			
Alt 02 (max)	HZ-08	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,44E-05	2,53E-06	5,24E-05			
Alt 02 (max)	HZ-09	SG-DD-120	120	5,06E-06	1,05E-05	2,17E-06	5,74E-05			
Alt 02 (max)	HZ-10	V162	162		1,52E-05	1,91E-05	1,08E-05	8,16E-05	3,25E-06	
Alt 02 (max)	ZZ-01	V162	162					1,01E-04	3,61E-06	2,56E-05
Alt 02 (max)	ZZ-02	V162	162					1,03E-04		2,74E-05
Alt 02 (max)	ZZ-03	V162	162					1,04E-04		2,60E-05
Alt 02 (max)	ZZ-04	V162	162					1,04E-04		2,64E-05
Alt 02 (max)	ZZ-05	V162	162					1,04E-04		2,64E-05
Alt 02 (max)	ZZ-06	V162	162					1,04E-04		2,60E-05
Alt 02 (max)	ZZ-07	V162	162					1,04E-04		2,56E-05
Alt 02 (max)	ZZ-08	V162	162					1,04E-04		2,60E-05
Alt 02 (max)	ZZ-09	V162	162					1,07E-04		2,31E-05
Alt 02 (max)	ZZ-10	V162	162					1,06E-04		2,38E-05
Alt 02 (max)	ZZ-11	V162	162					9,71E-05		3,29E-05
Alt 02 (max)	ZZ-12	V162	162	7,55E-05	1,53E-04	4,62E-05	5,66E-04	1,22E-03	6,86E-06	2,89E-04

Mastfalen

raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Rotordiameter	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam	Gondel Duin
				8,67E-06	1,66E-05	2,89E-06	5,24E-05			
Alt 02 (min)	HZ-01	E-115	115	8,67E-06	1,63E-05	3,25E-06	5,06E-05			
Alt 02 (min)	HZ-02	E-115	115	8,67E-06	1,63E-05	3,25E-06	5,45E-05			
Alt 02 (min)	HZ-03	E-115	115	9,03E-06	1,63E-05	2,89E-06	5,42E-05			
Alt 02 (min)	HZ-04	E-115	115	8,67E-06	1,66E-05	2,89E-06	5,60E-05			
Alt 02 (min)	HZ-05	E-115	115	8,67E-06	1,66E-05	2,89E-06	5,63E-05			
Alt 02 (min)	HZ-06	E-115	115	8,67E-06	1,63E-05	3,25E-06	5,49E-05			
Alt 02 (min)	HZ-07	E-115	115	9,03E-06	1,63E-05	2,89E-06	5,49E-05			
Alt 02 (min)	HZ-08	E-115	115	9,03E-06	1,59E-05	3,25E-06	5,49E-05			
Alt 02 (min)	HZ-09	E-115	115	9,39E-06	1,59E-05	3,61E-06	4,98E-05			
Alt 02 (min)	HZ-10	E-115	115		6,14E-06	3,18E-05	6,86E-06	8,49E-05	3,61E-07	
Alt 02 (min)	ZZ-01	V150	150				2,24E-05	1,04E-04		3,61E-06
Alt 02 (min)	ZZ-02	V150	150					1,05E-04		2,46E-05
Alt 02 (min)	ZZ-03	V150	150					1,07E-04		2,31E-05
Alt 02 (min)	ZZ-04	V150	150					1,07E-04		2,31E-05
Alt 02 (min)	ZZ-05	V150	150					1,07E-04		2,28E-05
Alt 02 (min)	ZZ-06	V150	150					1,08E-04		2,24E-05
Alt 02 (min)	ZZ-07	V150	150					1,08E-04		2,20E-05
Alt 02 (min)	ZZ-08	V150	150					1,12E-04		1,81E-05
Alt 02 (min)	ZZ-09	V150	150					1,11E-04		1,88E-05
Alt 02 (min)	ZZ-10	V150	150					1,11E-04		1,95E-05
Alt 02 (min)	ZZ-11	V150	150					9,93E-05		3,07E-05
Alt 02 (min)	ZZ-12	V150	150	8,85E-05	1,69E-04	6,28E-05	5,68E-04	1,26E-03	3,61E-07	2,29E-04

Mastfalen

raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Rotordiameter	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam	Gondel Duin
				7,94E-06	1,37E-05	2,89E-06	5,02E-05			
VKA	HZ-01	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,37E-05	2,89E-06	5,63E-05			
VKA	HZ-02	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,41E-05	2,89E-06	5,60E-05			
VKA	HZ-03	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,44E-05	2,89E-06	5,63E-05			
VKA	HZ-04	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,37E-05	2,89E-06	5,78E-05			
VKA	HZ-05	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,44E-05	2,53E-06	5,71E-05			
VKA	HZ-06	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,44E-05	2,89E-06	5,53E-05			
VKA	HZ-07	SG-DD-120	120	7,58E-06	1,41E-05	2,53E-06	5,60E-05			
VKA	HZ-08	SG-DD-120	120	7,94E-06	1,44E-05	2,53E-06	5,24E-05			
VKA	HZ-09	SG-DD-120	120	5,42E-06	1,05E-05	2,17E-06	5,78E-05			
VKA	HZ-10	V162	162		1,30E-05	2,06E-05	1,16E-05	8,23E-05	2,53E-06	
VKA	ZZ-01	V162	162					1,03E-04	0,00E+00	1,19E-05
VKA	ZZ-02	V162	162					1,03E-04		2,67E-05
VKA	ZZ-03	V162	162					1,05E-04		2,53E-05
VKA	ZZ-04	V162	162					1,05E-04		2,53E-05
VKA	ZZ-05	V162	162					1,05E-04		2,53E-05
VKA	ZZ-06	V162	162					1,05E-04		2,53E-05
VKA	ZZ-07	V162	162					1,05E-04		2,46E-05
VKA	ZZ-08	V162	162					1,09E-04		2,13E-05
VKA	ZZ-09	V162	162					1,07E-04		2,28E-05
VKA	ZZ-10	V162	162					1,07E-04		2,28E-05
VKA	ZZ-11	V162	162					9,79E-05		3,21E-05
VKA	ZZ-12	V162	162	7,55E-05	1,51E-04	4,77E-05	5,67E-04	1,23E-03	2,53E-06	2,63E-04

Gondelfalen raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam
Alt 02 (max)	HZ-01	SG-DD-120	1,00E-05	1,76E-05	4,22E-06	8,22E-06		
Alt 02 (max)	HZ-02	SG-DD-120	1,02E-05	1,71E-05	4,44E-06	8,22E-06		
Alt 02 (max)	HZ-03	SG-DD-120	1,01E-05	1,74E-05	4,44E-06	8,00E-06		
Alt 02 (max)	HZ-04	SG-DD-120	1,09E-05	1,78E-05	5,11E-06	6,22E-06		
Alt 02 (max)	HZ-05	SG-DD-120	8,89E-06	1,82E-05	4,22E-06	8,67E-06		
Alt 02 (max)	HZ-06	SG-DD-120	9,56E-06	1,81E-05	4,33E-06	8,00E-06		
Alt 02 (max)	HZ-07	SG-DD-120	1,08E-05	1,79E-05	5,00E-06	6,33E-06		
Alt 02 (max)	HZ-08	SG-DD-120	1,09E-05	1,73E-05	4,67E-06	7,11E-06		
Alt 02 (max)	HZ-09	SG-DD-120	1,49E-05	1,93E-05	5,78E-06			
Alt 02 (max)	HZ-10	V162	1,58E-05	1,04E-05	2,33E-06	1,14E-05		
Alt 02 (max)	ZZ-01	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-02	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-03	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-04	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-05	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-06	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-07	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-08	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-09	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-10	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-11	V162					4,00E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-12	V162					4,00E-05	
			1,12E-04	1,71E-04	4,46E-05	7,22E-05	4,80E-04	

Gondelfalen raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam
Alt 02 (min)	HZ-01	E-115	9,78E-06	1,80E-05	4,33E-06	7,89E-06		
Alt 02 (min)	HZ-02	E-115	9,56E-06	1,79E-05	4,33E-06	8,22E-06		
Alt 02 (min)	HZ-03	E-115	9,89E-06	1,78E-05	1,56E-06	1,08E-05		
Alt 02 (min)	HZ-04	E-115	1,07E-05	1,82E-05	5,33E-06	5,78E-06		
Alt 02 (min)	HZ-05	E-115	8,67E-06	1,86E-05	4,33E-06	8,44E-06		
Alt 02 (min)	HZ-06	E-115	9,33E-06	1,83E-05	4,67E-06	7,67E-06		
Alt 02 (min)	HZ-07	E-115	1,07E-05	1,82E-05	5,11E-06	6,00E-06		
Alt 02 (min)	HZ-08	E-115	1,01E-05	1,82E-05	4,89E-06	6,78E-06		
Alt 02 (min)	HZ-09	E-115	1,47E-05	1,98E-05	5,56E-06			
Alt 02 (min)	HZ-10	E-115	1,27E-05	1,88E-05	8,56E-06			
Alt 02 (min)	ZZ-01	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-02	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-03	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-04	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-05	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-06	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-07	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-08	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-09	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-10	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-11	V150					4,00E-05	
Alt 02 (min)	ZZ-12	V150					4,00E-05	
			1,06E-04	1,84E-04	4,87E-05	6,16E-05	4,80E-04	

Gondelfalen raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Rotordiameter	Blad binnentalud	Gondel Binnentalud	Gondel Kruin	Gondel Buitentalud	Gondel Strand	Gondel Blokkendam
VKA	HZ-01	SG-DD-120	120	1,12E-05	1,73E-05	4,67E-06	6,78E-06		
VKA	HZ-02	SG-DD-120	120	1,02E-05	1,71E-05	4,44E-06	8,22E-06		
VKA	HZ-03	SG-DD-120	120	1,01E-05	1,74E-05	4,44E-06	8,00E-06		
VKA	HZ-04	SG-DD-120	120	1,09E-05	1,78E-05	5,11E-06	6,22E-06		
VKA	HZ-05	SG-DD-120	120	8,89E-06	1,82E-05	4,22E-06	8,67E-06		
VKA	HZ-06	SG-DD-120	120	9,56E-06	1,81E-05	4,33E-06	8,00E-06		
VKA	HZ-07	SG-DD-120	120	1,08E-05	1,79E-05	5,00E-06	6,33E-06		
VKA	HZ-08	SG-DD-120	120	1,09E-05	1,73E-05	4,67E-06	7,11E-06		
VKA	HZ-09	SG-DD-120	120	1,49E-05	1,93E-05	5,78E-06			
VKA	HZ-10	V162	162	1,51E-05	1,04E-05	2,22E-06	1,22E-05		
VKA	ZZ-01	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-02	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-03	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-04	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-05	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-06	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-07	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-08	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-09	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-10	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-11	V162	162					4,00E-05	
VKA	ZZ-12	V162	162					4,00E-05	
				1,13E-04	1,71E-04	4,49E-05	7,16E-05	4,80E-04	

Bladworp (nominaal + overtoeren)

raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Treffen Binnentalud	Treffen Kruin	Treffen buitentalud	Treffen Strand	Treffen Blokkendam	Treffen Duin
Alt 02 (max)	HZ-01	SG-DD-120	4,47E-04	2,27E-05	1,53E-04		3,21E-05	
Alt 02 (max)	HZ-02	SG-DD-120	4,43E-04	2,41E-05	1,57E-04		2,97E-05	
Alt 02 (max)	HZ-03	SG-DD-120	4,43E-04	2,35E-05	1,57E-04		2,97E-05	
Alt 02 (max)	HZ-04	SG-DD-120	4,45E-04	2,20E-05	1,58E-04		2,70E-05	
Alt 02 (max)	HZ-05	SG-DD-120	4,44E-04	2,27E-05	1,58E-04		2,97E-05	
Alt 02 (max)	HZ-06	SG-DD-120	4,43E-04	2,35E-05	1,58E-04		2,84E-05	
Alt 02 (max)	HZ-07	SG-DD-120	4,45E-04	2,20E-05	1,58E-04		2,70E-05	
Alt 02 (max)	HZ-08	SG-DD-120	4,45E-04	2,20E-05	1,57E-04		2,84E-05	
Alt 02 (max)	HZ-09	SG-DD-120	4,48E-04	2,25E-05	1,59E-04		1,82E-05	
Alt 02 (max)	HZ-10	V162	4,39E-04	1,84E-05	1,35E-04		5,11E-05	
Alt 02 (max)	ZZ-01	V162	3,93E-05	3,95E-05	4,21E-05	6,65E-04	5,75E-06	
Alt 02 (max)	ZZ-02	V162		9,80E-07	4,06E-05	6,70E-04		7,32E-05
Alt 02 (max)	ZZ-03	V162				6,91E-04		1,03E-04
Alt 02 (max)	ZZ-04	V162				6,91E-04		9,58E-05
Alt 02 (max)	ZZ-05	V162				6,66E-04		9,70E-05
Alt 02 (max)	ZZ-06	V162				6,65E-04		9,70E-05
Alt 02 (max)	ZZ-07	V162				6,65E-04		9,58E-05
Alt 02 (max)	ZZ-08	V162				6,70E-04		9,75E-05
Alt 02 (max)	ZZ-09	V162				6,89E-04		8,72E-05
Alt 02 (max)	ZZ-10	V162				6,90E-04		8,54E-05
Alt 02 (max)	ZZ-11	V162				6,92E-04		8,54E-05
Alt 02 (max)	ZZ-12	V162				6,91E-04		9,99E-05
			4,48E-03	2,64E-04	1,63E-03	8,15E-03	3,07E-04	1,02E-03

Bladworp (nominaal + overtoeren)

raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Treffen Binnentalud	Treffen Kruin	Treffen buitentalud	Treffen Strand	Treffen Blokkendam	Treffen Duin
Alt 02 (min)	HZ-01	E-115	4,43E-04	2,46E-05	1,47E-04		3,97E-05	
Alt 02 (min)	HZ-02	E-115	4,40E-04	2,54E-05	1,81E-04		8,34E-06	
Alt 02 (min)	HZ-03	E-115	4,40E-04	2,54E-05	1,81E-04		8,34E-06	
Alt 02 (min)	HZ-04	E-115	4,44E-04	2,37E-05	1,81E-04		4,86E-06	
Alt 02 (min)	HZ-05	E-115	4,41E-04	2,46E-05	1,83E-04		8,34E-06	
Alt 02 (min)	HZ-06	E-115	4,40E-04	2,54E-05	1,83E-04		6,91E-06	
Alt 02 (min)	HZ-07	E-115	4,44E-04	2,37E-05	1,81E-04		4,86E-06	
Alt 02 (min)	HZ-08	E-115	4,41E-04	2,37E-05	1,81E-04		6,91E-06	
Alt 02 (min)	HZ-09	E-115	4,52E-04	2,45E-05	1,70E-04			
Alt 02 (min)	HZ-10	E-115	4,51E-04	2,35E-05	1,75E-04			
Alt 02 (min)	ZZ-01	V150	3,34E-05	3,51E-05	3,83E-05	6,40E-04	6,10E-06	
Alt 02 (min)	ZZ-02	V150	4,01E-07	5,06E-06	2,49E-05	6,62E-04		5,69E-05
Alt 02 (min)	ZZ-03	V150			3,94E-07	6,67E-04		8,80E-05
Alt 02 (min)	ZZ-04	V150				6,69E-04		8,06E-05
Alt 02 (min)	ZZ-05	V150				6,47E-04		8,18E-05
Alt 02 (min)	ZZ-06	V150				6,47E-04		8,18E-05
Alt 02 (min)	ZZ-07	V150				6,47E-04		8,06E-05
Alt 02 (min)	ZZ-08	V150				6,48E-04		8,39E-05
Alt 02 (min)	ZZ-09	V150				6,67E-04		7,36E-05
Alt 02 (min)	ZZ-10	V150				6,67E-04		7,27E-05
Alt 02 (min)	ZZ-11	V150				6,68E-04		7,27E-05
Alt 02 (min)	ZZ-12	V150				6,67E-04		8,53E-05
			4,47E-03	2,85E-04	1,83E-03	7,90E-03	9,44E-05	8,58E-04

Bladworp (nominaal + overtoeren) raakfrequenties

Alternatief	Wtnummer	Windturbine	Rotordiameter	Treffen Binnentalud	Treffen Kruin	Treffen buitentalud	Treffen Strand	Treffen Blokkendam	Treffen Duin
VKA	HZ-01	SG-DD-120	120	4,47E-04	2,27E-05	1,53E-04		3,21E-05	
VKA	HZ-02	SG-DD-120	120	4,43E-04	2,41E-05	1,57E-04		2,97E-05	
VKA	HZ-03	SG-DD-120	120	4,43E-04	2,35E-05	1,57E-04		2,97E-05	
VKA	HZ-04	SG-DD-120	120	4,45E-04	2,20E-05	1,58E-04		2,70E-05	
VKA	HZ-05	SG-DD-120	120	4,44E-04	2,27E-05	1,58E-04		2,97E-05	
VKA	HZ-06	SG-DD-120	120	4,43E-04	2,35E-05	1,58E-04		2,84E-05	
VKA	HZ-07	SG-DD-120	120	4,45E-04	2,20E-05	1,58E-04		2,70E-05	
VKA	HZ-08	SG-DD-120	120	4,45E-04	2,20E-05	1,57E-04		2,84E-05	
VKA	HZ-09	SG-DD-120	120	4,48E-04	2,25E-05	1,59E-04		1,82E-05	
VKA	HZ-10	V162	162	4,39E-04	1,86E-05	1,36E-04		5,00E-05	
VKA	ZZ-01	V162	162	3,98E-05	3,94E-05	4,24E-05	6,66E-04	5,75E-06	
VKA	ZZ-02	V162	162		9,80E-07	2,79E-05	6,85E-04		7,35E-05
VKA	ZZ-03	V162	162				6,95E-04		1,02E-04
VKA	ZZ-04	V162	162				6,93E-04		9,64E-05
VKA	ZZ-05	V162	162				6,68E-04		9,75E-05
VKA	ZZ-06	V162	162				6,67E-04		9,75E-05
VKA	ZZ-07	V162	162				6,67E-04		9,64E-05
VKA	ZZ-08	V162	162				6,74E-04		9,67E-05
VKA	ZZ-09	V162	162				6,93E-04		8,72E-05
VKA	ZZ-10	V162	162				6,93E-04		8,56E-05
VKA	ZZ-11	V162	162				6,94E-04		8,56E-05
VKA	ZZ-12	V162	162				6,93E-04		1,00E-04
				4,48E-03	2,64E-04	1,62E-03	8,19E-03	3,06E-04	1,02E-03

A4 Stabiliteit gewapende grondconstructie HZ/OZ

Inhoud:

- Stabiliteitsberekening kraanbelasting HZ-01 t/m HZ-09
- Stabiliteitsberekening kraanbelasting HZ-10
- Stabiliteitsberekening eindsituatie HZ-01 t/m HZ-09
- Stabiliteitsberekening onderhoudsbelasting HZ-10

Critical Circle Bishop

Xm : 0.00 [m]
Ym : 16.00 [m]

Radius : 13.33 [m]
Safety : 1.22

200204 Windpark Maasvlakte 2
DWP A- Kraanbelasting

Phone
Fax

D-Geo Stability 18.1 : 200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A kraanbelasting v2.sti

Annex -	-	4/7/2020	-
form.	ctr.	date	drw.
A3			

```
Program     : D-Geo Stability
Version     : 18.1.1.3
Company     :
Date        : 4/7/2020
Time        : 10:48:50 AM

Output file : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A kraanbelasting v2.
Input file  : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A kraanbelasting v2.
==========================    BEGINNING OF DATA     ==========================


               ECHO OF THE INPUT
               =================


 Problem identification : 200204 Windpark Maasvlakte 2
                        : DWP A- Kraanbelasting

 Calculation model      : Bishop
 Default shear strength : C phi

               LAYER BOUNDARIES
               ================

 Boundary no.| Co-ordinates [m]
 ------------|----------------------------------------------------
             |
   3  - X -  | -50.00    -1.00     0.08     0.71    17.65    22.00
   3  - Y -  |   5.50     5.50     5.50    11.80    11.80    13.80
             |
   3  - X -  |  26.00    37.40    41.40    50.00
   3  - Y -  |  13.80    10.00    10.00     8.28
             |
   2  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     0.08     0.71    17.65
   2  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     5.50    11.80    11.80
             |
   2  - X -  |  22.00    26.00    37.40    41.40    50.00
   2  - Y -  |  13.80    13.80    10.00    10.00     8.28
             |
   1  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     8.00    17.65    22.00
   1  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     4.70    11.80    13.80
             |
   1  - X -  |  26.00    37.40    41.40    50.00
   1  - Y -  |  13.80    10.00    10.00     8.28
             |
   0  - X -  | -50.00    50.00
   0  - Y -  | -16.50   -16.50


               PL-LINES
               ========

 Pl-line no. | Co-ordinates [m]
 ------------|----------------------------------------------------
             |
   1  - X -  | -50.00    50.00
   1  - Y -  |   5.50     5.50



 Unit weight of water used for calculation:     9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1


               FORBIDDEN LINES
               ===============

    Line     | X-start | Y-start |  X-end  |  Y-end  |
   number    |   [m]   |   [m]   |   [m]   |   [m]   |
```

1	0.71	11.80	0.48	9.50

SOIL PROPERTIES

Layer no.	Material name
3	Zand
2	Zand
1	Zand

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
3	18.00	20.00	1	1
2	18.00	20.00	1	1
1	18.00	20.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Dilatancy [degrees]	S [-]	POP [kN/m2]	m [-]
3	0.00	27.01	27.01	-	-	-
2	0.00	27.01	27.01	-	-	-
1	0.00	27.01	27.01	-	-	-

Layer number	Su top [kN/m2]	Su bot. [kN/m2]	Su grad. [kN/m2/m]	POP top [kN/m2]	POP bot. [kN/m2]	Gamma LEM [-]
3	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

X co-ordinate grid left : -20.00 [m]
X co-ordinate grid right : 0.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 11

Y co-ordinate grid bottom : 10.00 [m]
Y co-ordinate grid top : 30.00 [m]
Number of grid points in Y - direction : 11

Y co-ordinate tangent smallest circle : 8.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle : 0.00 [m]
Number of circles per grid point : 10

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 121
Total number of slip circles in the grid : 1210

MEASURED YIELD STRESS

No measured yield stress input.

LINE LOADS

No line loads were input.

UNIFORM LOAD

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	78.00	5.00	15.00	10.00	Temporary

TREE ON SLOPE

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

Layer number	Degree of consolidation
3	100
2	100
1	100

GEOTEXTILES

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	53.73	0.00	8.00	4.70	1.00
2	53.73	0.06	8.06	5.30	1.00
3	40.30	0.12	8.12	5.90	1.00
4	40.30	0.18	8.18	6.50	1.00
5	40.30	0.24	8.24	7.10	1.00
6	40.30	0.30	8.30	7.70	1.00
7	40.30	0.36	8.36	8.30	1.00
8	40.30	0.42	8.42	8.90	1.00
9	29.55	0.48	8.48	9.50	1.00
10	88.65	0.54	8.54	10.10	1.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

No nails were input.

EARTHQUAKE

No earth quake factors were input.

********** The input has been tested, and is correct. **********
****

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS
==========

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = -18.00 [m]
X maximum = 2.00 [m]
Y minimum = 10.00 [m]
Y maximum = 30.00 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.224
Calculation method used : Bishop - C phi

X co-ordinate center point : 0.00 [m]
Y co-ordinate center point : 16.00 [m]
Radius of critical circle : 13.33 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -12074.09 [kNm/m]
Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
Driving moment external loads : -5270.37 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 14780.19 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 14259.70 [kNm/m]

Information of the geotextile results

	intersection point		embedding	mobilized embedd.		resisting
nr	X-coord [m]	Y-coord [m]	length min. [m]	tensile strength [%]	[kN/m]	moment [kNm/m]
1	7.08	4.70	0.92	92	49.58	560.23
2	7.96	5.30	0.10	10	5.62	60.16
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total resisting moment from geotextiles						620.39

END OF D-Geo Stability OUTPUT
==========

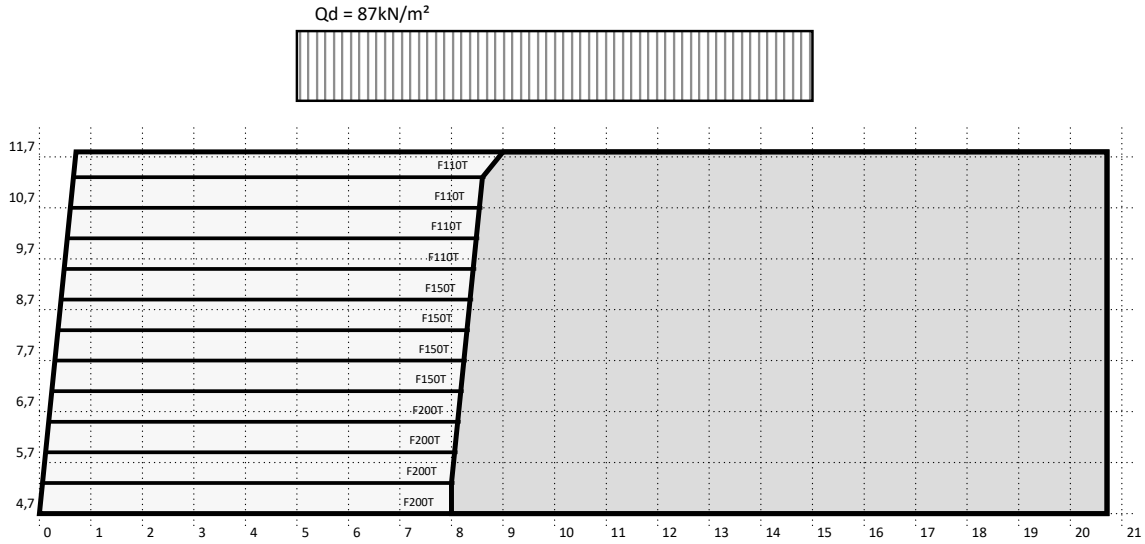
1. Samenvatting

Omschrijving:	200204 WP Maasvlakte 2 DWP A Eindsituatie v2			
Opsteller	[redacted]		Datum	6-04-20
u.c. Lokale stabiliteit		Treksterkte	0,86	
		Aanhechting	0,45	
u.c. Globale interne stabiliteit			0,75	

u.c. draagkracht	0,24
u.c. horizontaal glijden	0,45

2. Invoer

2.1 Geometrie van de constructie



2.2 Gevolgklasse en partiële factoren

Gevolgklasse	CC3			
BELASTINGFACTOREN				
Permanente belasting, ongunstig	$\gamma_{G;dst}$	1,00		
Permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	1,00		
Veranderelijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;stb}$	1,45		
Veranderelijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;stb}$	0,00		
MATERIAALFACTOREN	**INTERN**		**Extern**	
Hoek van inwendige wrijving	γ_{φ}	1,30	γ_{φ}	1,15
Effectieve cohesie	γ_{c}	1,60	γ_{c}	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	2,00	γ_{cu}	1,35
Volumiek gewicht	γ_{γ}	1,00	γ_{γ}	1,10
Treksterkte wapening	γ_{R}	1,15	γ_{R}	1,15
Aanhechting wapening	γ_{μ}	1,30	γ_{μ}	1,30

2.3 Grondgegevens

Grondwaterstand	5,50	m

	Materiaal	Niveau		φ	c'	γdr	γsat	cu;d
Gewapende grond	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Achteraanvulling	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Ondergrond	Zand	5,60	5,50	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
	Zand	5,50	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00

2.4 Eigenschappen grondwapening

Ontwerplevensduur	100
Installatie schade	Coarse grain
Milieu	4<pH<9

UV blootstelling	<2 maanden

Naam	$R_{g;ld;d}$	γ_R	$R_{g;ld;k}$	$R_{g;kd;k}$	RF_{CR}	RF_{ID}	RF_{ch}	RF_w	f_d	f_s	As
F110T	28,27	1,15	32,51	110,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00	0,90
F150T	38,55	1,15	44,33	150,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00	0,90
F200T	51,39	1,15	59,10	200,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00	0,90

2.5 Invoer grondwapening

Laag	Z	WapeningType	L	$R_{g;ld;d}$	As	Textra
1	4,70	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
2	5,30	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
3	5,90	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
4	6,50	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
5	7,10	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
6	7,70	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
7	8,30	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
8	8,90	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
9	9,50	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
10	10,10	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
11	10,70	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
12	11,30	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00

2.6 Geometrie gewapende grond

Punt	X	Y
1	0,00	4,70
2	0,96	14,30
3	4,46	14,30
4	4,46	11,90
5	24,46	11,90

2.7 Geometrie achteraanvulling

Punt	X	Y
1	0,00	12,70
2	0,60	12,70
3	0,60	12,90
4	2,60	12,90
5	2,60	13,10
6	4,60	13,10
7	4,60	13,30
8	6,60	13,30
9	6,60	13,70

2.8 Bovenbelasting

Naam	Q_{kar}	γ	Qd	X_1	X_2	X_3	X_4
Variabel 2	20,00	1,45	29,00	2,00	2,00	4,40	4,40

2.9 Landhoofd

Naam	F_{kar}	γ	Rd	X_1	X_2	Y
Strook Verticaal Permanent	75,00	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Verticaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Permanent	12,25	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65

3. Resultaten

3.1 Lokale stabiliteit - toets treksterkte

#	Y	WapeningType	$R_{g;ld;d}$	θ_{max}	$T_{i;d}$	u.c.
1	0,00	F200T	51,4	31,0	20,3	0,4
2	0,60	F200T	51,4	32,0	39,2	0,8
3	1,20	F200T	51,4	34,0	37,4	0,7
4	1,80	F200T	51,4	36,0	35,3	0,7
5	2,40	F150T	38,6	36,0	33,0	0,9
6	3,00	F150T	38,6	36,0	30,7	0,8
7	3,60	F150T	38,6	36,0	28,5	0,7
8	4,20	F150T	38,6	36,0	26,2	0,7
9	4,80	F110T	28,3	37,0	23,9	0,8
10	5,40	F110T	28,3	45,0	19,8	0,7
11	6,00	F110T	28,3	36,0	13,6	0,5
12	6,60	F110T	28,3	41,0	11,8	0,4

3.2 Lokale stabiliteit - Aanhechting

#	Y	WapeningType	$T_{i;d}$	As	L	La	σ_v	Ra	u.c.
1	0,00	F200T	20,27	0,90	8,0	8,0	160,0	443,0	0,05
2	0,60	F200T	39,19	0,90	8,0	7,7	154,5	410,9	0,10
3	1,20	F200T	37,37	0,90	8,0	7,4	145,8	372,0	0,10
4	1,80	F200T	35,26	0,90	8,0	7,1	134,0	327,3	0,11
5	2,40	F150T	32,99	0,90	8,0	6,7	121,6	283,6	0,12
6	3,00	F150T	30,72	0,90	8,0	6,4	109,0	242,4	0,13
7	3,60	F150T	28,45	0,90	8,0	6,1	95,1	201,2	0,14
8	4,20	F150T	26,19	0,90	8,0	5,8	80,3	161,1	0,16
9	4,80	F110T	23,91	0,90	8,0	5,5	65,2	123,6	0,19
10	5,40	F110T	19,81	0,90	8,0	5,2	49,5	88,6	0,22
11	6,00	F110T	13,61	0,90	8,0	4,9	33,4	56,0	0,24
12	6,60	F110T	11,81	0,90	8,0	4,5	16,5	26,0	0,45

3.3 Globale inwendige stabiliteit

#	Y	WapeningType	θ_{max}	$Z_{i;d}$	Σra	u.c.
1	0,00	F200T	32,0	306,2	419,1	0,7
2	0,60	F200T	34,0	271,1	368,3	0,7
3	1,20	F200T	36,0	236,3	318,7	0,7
4	1,80	F200T	38,0	201,3	267,3	0,8
5	2,40	F150T	39,0	167,4	228,7	0,7
6	3,00	F150T	39,0	135,8	190,2	0,7
7	3,60	F150T	40,0	106,6	151,6	0,7
8	4,20	F150T	41,0	79,7	113,1	0,7
9	4,80	F110T	43,0	55,3	84,8	0,7
10	5,40	F110T	45,0	33,7	56,5	0,6
11	6,00	F110T	40,0	18,2	28,3	0,6

4. Uitvoer per laag

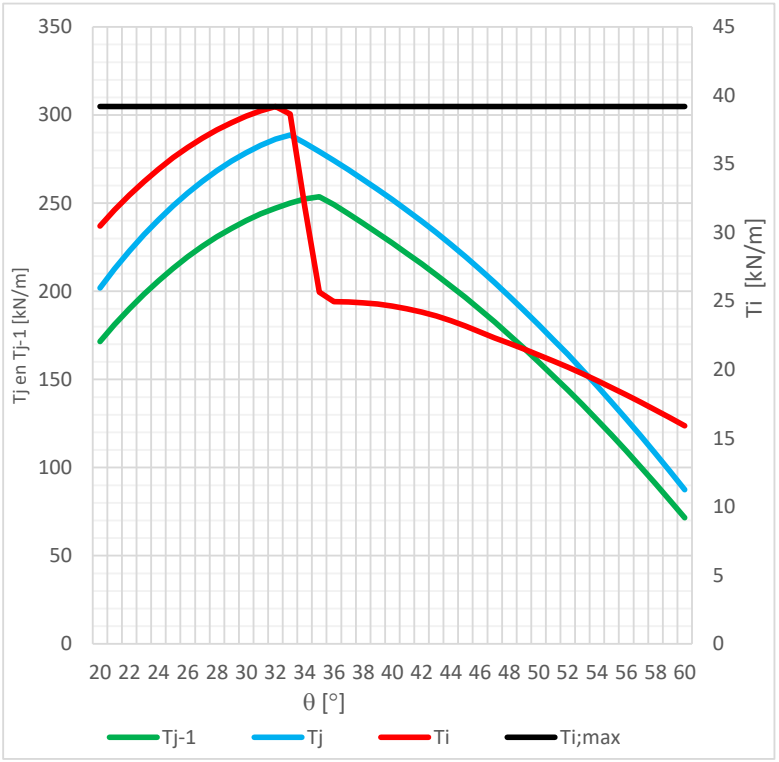
4.1 Laag 2

Y	0,60	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

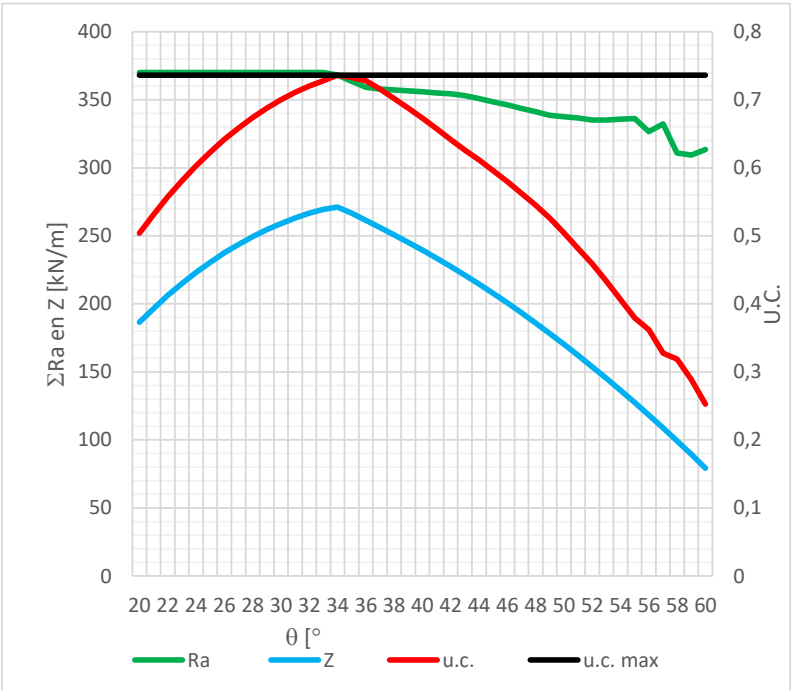
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	39,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	39,19	kN/m'

θ_{max}	32,0	°
σ_v	154,5	kN/m²
La	7,7	m
Ra	410,9	kN/m²
	U.C.	0,10
Rd	51,4	kN/m²
	U.C.	0,76



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	34,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	271,1	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	271,1	kN/m'
ΣRa	368,3	kN/m'
	U.C.	0,74



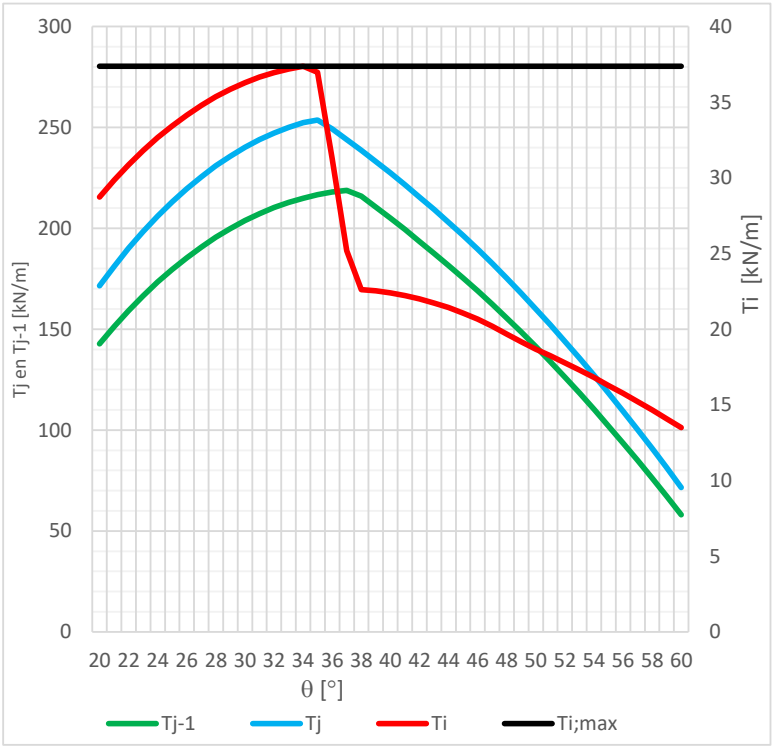
4.2 Laag 3

Y	1,20	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

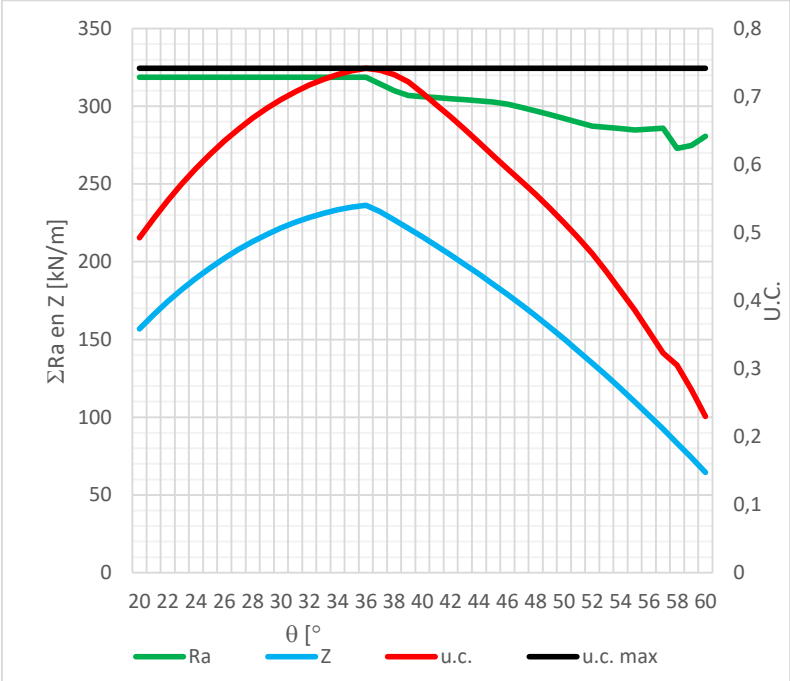
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	37,37	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	37,37	kN/m'

θ_{max}	34,0	°
σ_v	145,8	kN/m²
La	7,4	m
Ra	372,0	kN/m²
	U.C.	0,10
Rd	51,4	kN/m²
	U.C.	0,73



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	36,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	236,3	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	236,3	kN/m'
ΣRa	318,7	kN/m'
	U.C.	0,74



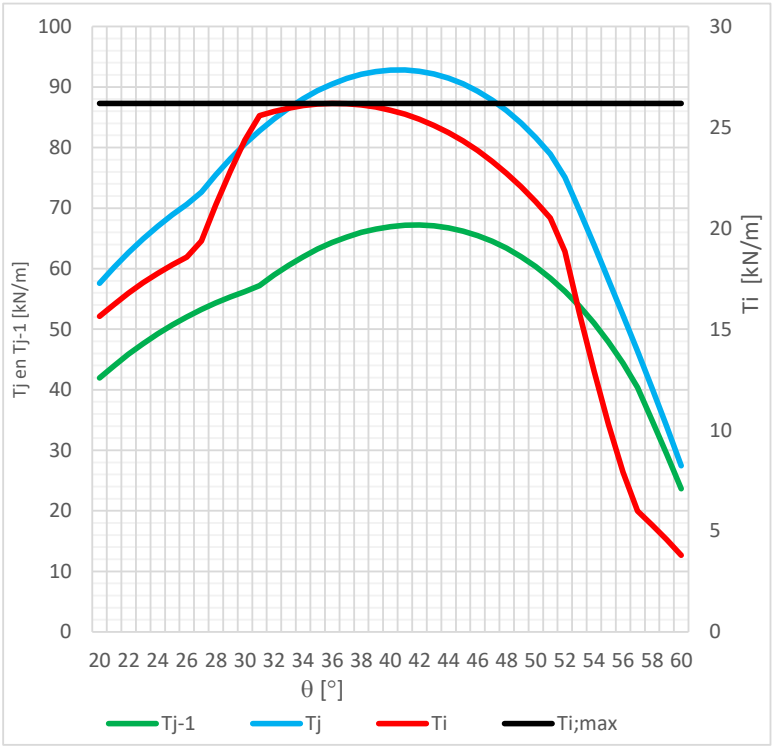
4.3 Laag 8

Y	4,20	m
L	8,00	m
Type	F150T	

LOKAAL 6,10

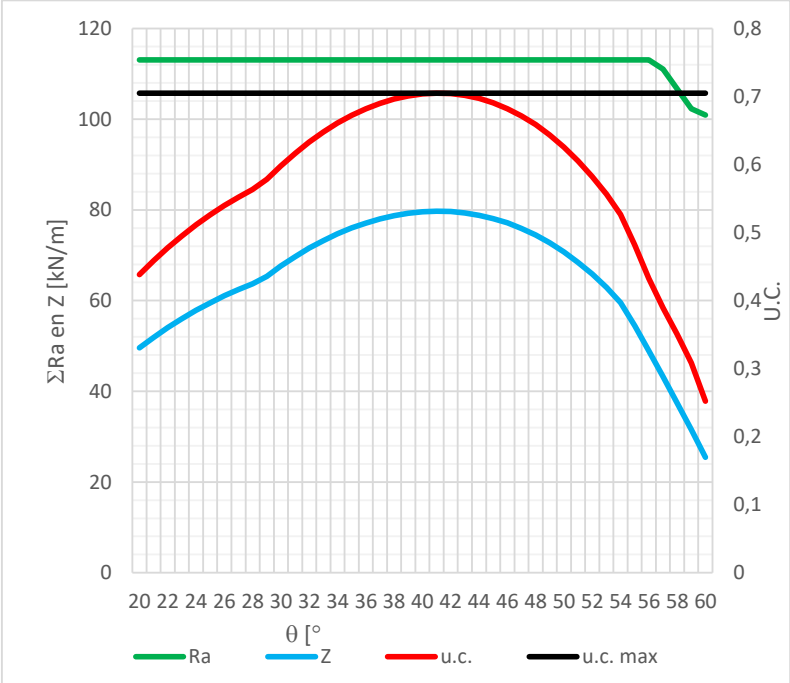
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	26,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	26,19	kN/m'

θ_{max}	36,0	°
σ_v	80,3	kN/m²
La	5,8	m
Ra	161,1	kN/m²
	U.C.	0,16
Rd	38,6	kN/m²
	U.C.	0,68



GLOBAAL 6.20

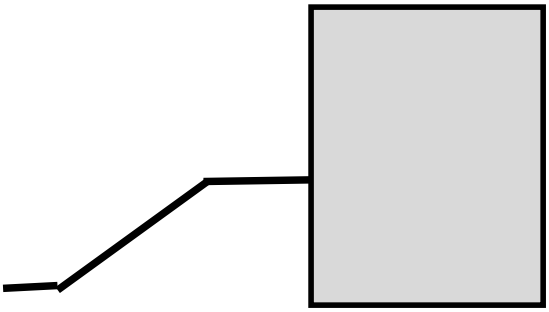
θ_{max}	41,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	79,7	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	79,7	kN/m'
ΣRa	113,1	kN/m'
	U.C.	0,70



5. Horizontaal glijden en draagkracht van de ondergrond

5.1 Geometrie maaiveld

Breedte berm	50,00	m
Breedte talud	5,00	m
Hoogte talud	2,00	m
β	0,00	°
d	0,90	m
Ae	15,29	m
Rekenen met talud	NEEN	15,29 < 50



5.2 Resultaat gronddruk achterzijde gewapende grond

Vd	1424,02	kN/m'
Hd	230,46	kN/m'
Md	4367,98	kNm/m'

Bef	6,13	m
Lef	100	m
Ae	15,29	m

5.3 Controle horizontaal glijden

Rh;grond;d	588,21	kN/m'	u.c	0,31
Rh;wapening;d	407,22	kN/m'	u.c.	0,45

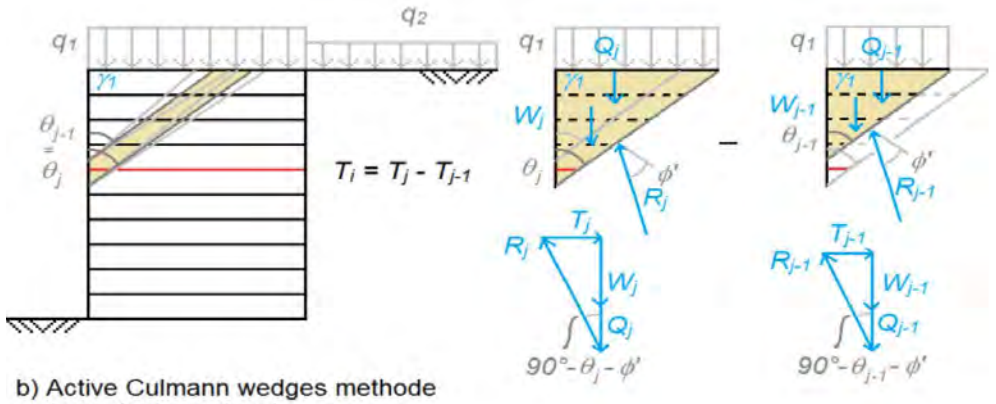
5.4 Controle draagkracht gedraineerde toestand

Bepaling parameters		c	Verschil > 6. Ponzen				
Toegepaste parameters			φ	c'	γdr	cu;d	
			28,99	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1200,29	<	5012	uc	0,24
Rd = σmax;d x Bef			757,90	x	6,614	=	5012
C'gem;d	0,00	σv;z;d	14,50	γgem;d	14,50		
Nc	27,83	Nq	16,42	Nγ	17,08		
sc	1,03	sq	1,03	sλ	0,98		
ic	0,69	iq	0,71	iγ	0,61		
λc	1,00	λq	1,00	λλ	1,00		

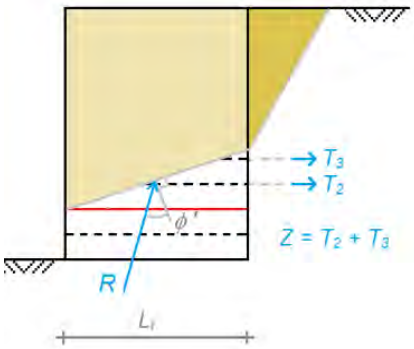
5.5 Controle draagkracht ongedraineerde toestand

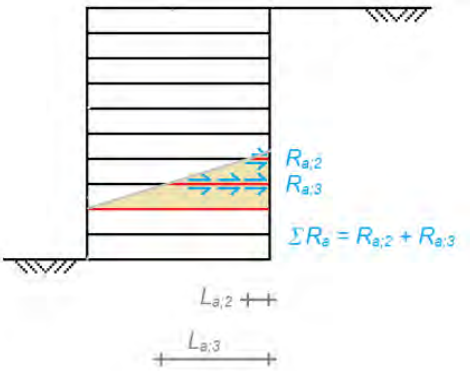
Bepaling parameters		c	Niet-cohesieve grondslag onder fundering. Ponzen en profiel doorzette				
Toegepaste parameters			φ	c'	γdr	cu;d	
			32,50	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1200,29	#####	#####	uc	#####
Rd = σmax;d x Bef			#######	x	6,614	=	#####
Cu;d	0,00	σv;z;d	14,50				
sc	Sc	λq	1,00				
ic	########						
λc	1,00						

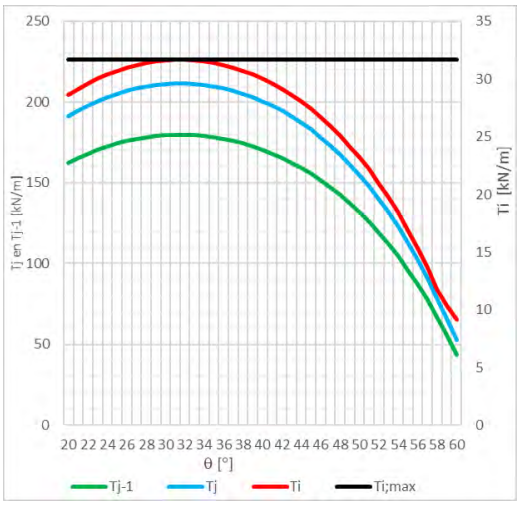
6. Verklaring grafieken

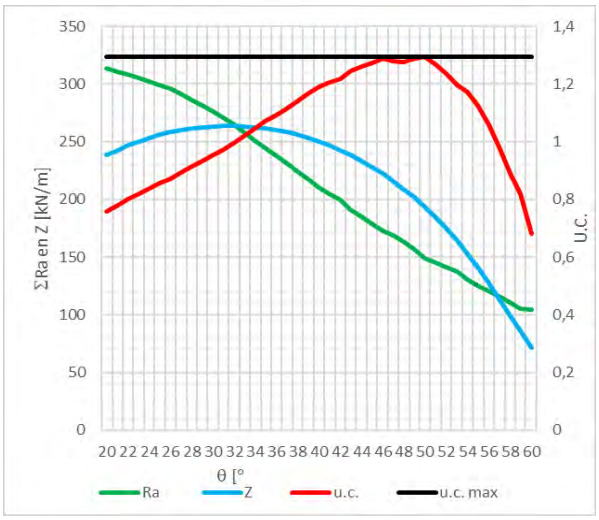


b) Active Culmann wedges methode (met single wedges)









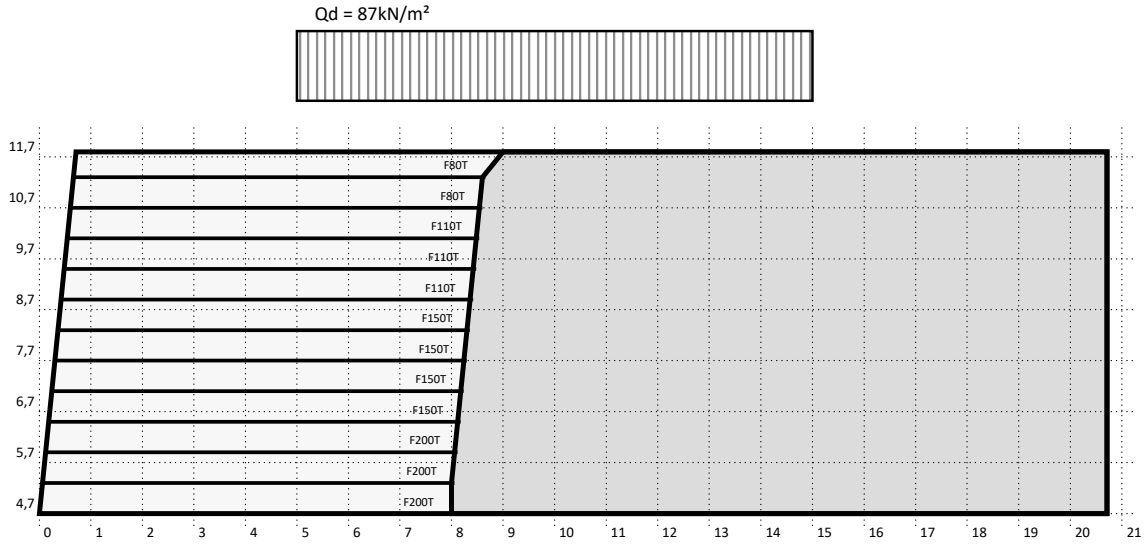
1. Samenvatting

Omschrijving:	200204 WP Maasvlakte 2 DWP A Kraanbelasting v2				
Opsteller	[redacted]		Datum	6-04-20	
u.c. Lokale stabiliteit		Treksterkte	0,83		
		Aanhechting	0,10		
u.c. Globale interne stabiliteit			0,50		

u.c. draagkracht	0,38
u.c. horizontaal glijden	0,84

2. Invoer

2.1 Geometrie van de constructie



2.2 Gevolgklasse en partiële factoren

Gevolgklasse	CC3			
BELASTINGFACTOREN				
Permanente belasting, ongunstig	$\gamma_{G;dst}$	1,00		
Permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	1,00		
Veranderelijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;stb}$	1,45		
Veranderelijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;stb}$	0,00		
MATERIAALFACTOREN	**INTERN**		**Extern**	
Hoek van inwendige wrijving	γ_{φ}	1,30	γ_{φ}	1,15
Effectieve cohesie	γ_{c}	1,60	γ_{c}	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	2,00	γ_{cu}	1,35
Volumiek gewicht	γ_{γ}	1,00	γ_{γ}	1,10
Treksterkte wapening	γ_{R}	1,15	γ_{R}	1,15
Aanhechting wapening	γ_{μ}	1,30	γ_{μ}	1,30

2.3 Grondgegevens

Grondwaterstand	5,50	m

	Materiaal	Niveau		φ	c'	γdr	γsat	cu;d
Gewapende grond	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Achteraanvulling	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Ondergrond	Zand	5,60	5,50	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
	Zand	5,50	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00

2.4 Eigenschappen grondwapening

Ontwerplevensduur	100
Installatie schade	Coarse grain
Milieu	4<pH<9

UV blootstelling	<2 maanden

Naam	$R_{g;ld;d}$	γ_R	$R_{g;ld;k}$	$R_{g;kd;k}$	RF_{CR}	RF_{ID}	RF_{ch}	RF_w	f_d	f_s	As
F80T	22,61	1,15	26,01	80,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F110T	31,09	1,15	35,76	110,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F150T	42,40	1,15	48,76	150,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F200T	56,53	1,15	65,01	200,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90

2.5 Invoer grondwapening

Laag	Z	WapeningType	L	$R_{g;ld;d}$	As	Textra
1	4,70	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
2	5,30	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
3	5,90	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
4	6,50	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
5	7,10	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
6	7,70	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
7	8,30	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
8	8,90	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
9	9,50	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
10	10,10	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
11	10,70	F80T	8,00	22,61	0,90	0,00
12	11,30	F80T	8,00	22,61	0,90	0,00

2.6 Geometrie gewapende grond

Punt	X	Y
1	0,00	4,70
2	0,71	11,80
3	20,71	11,80

2.7 Geometrie achteraanvulling

Punt	X	Y
1	0,00	12,70
2	0,60	12,70
3	0,60	12,90
4	2,60	12,90
5	2,60	13,10
6	4,60	13,10
7	4,60	13,30
8	6,60	13,30
9	6,60	13,70

2.8 Bovenbelasting

Naam	Q_{kar}	γ	Qd	X_1	X_2	X_3	X_4
Variabel 1	60,00	1,45	87,00	5,00	5,00	15,00	15,00

2.9 Landhoofd

Naam	F_{kar}	γ	Rd	X_1	X_2	Y
Strook Verticaal Permanent	75,00	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Verticaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Permanent	12,25	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65

3. Resultaten

3.1 Lokale stabiliteit - toets treksterkte

#	Y	WapeningType	$R_{g;ld;d}$	θ_{max}	$T_{i;d}$	u.c.
1	0,00	F200T	56,5	37,0	21,8	0,4
2	0,60	F200T	56,5	39,0	41,6	0,7
3	1,20	F200T	56,5	41,0	38,8	0,7
4	1,80	F150T	42,4	44,0	35,3	0,8
5	2,40	F150T	42,4	47,0	30,9	0,7
6	3,00	F150T	42,4	51,0	25,7	0,6
7	3,60	F150T	42,4	55,0	18,6	0,4
8	4,20	F110T	31,1	36,0	11,0	0,4
9	4,80	F110T	31,1	36,0	8,7	0,3
10	5,40	F110T	31,1	36,0	6,4	0,2
11	6,00	F80T	22,6	36,0	4,2	0,2
12	6,60	F80T	22,6	36,0	2,0	0,1

3.2 Lokale stabiliteit - Aanhechting

#	Y	WapeningType	$T_{i;d}$	As	L	La	σ_v	Ra	u.c.
1	0,00	F200T	21,78	0,90	8,0	8,0	161,5	492,1	0,04
2	0,60	F200T	41,6	0,90	8,0	7,4	159,2	450,9	0,09
3	1,20	F200T	38,81	0,90	8,0	6,9	151,6	396,9	0,10
4	1,80	F150T	35,28	0,90	8,0	6,3	144,5	347,5	0,10
5	2,40	F150T	30,93	0,90	8,0	5,8	138,3	303,0	0,10
6	3,00	F150T	25,7	0,90	8,0	5,2	133,2	263,4	0,10
7	3,60	F150T	18,6	0,90	8,0	4,6	129,6	228,6	0,08
8	4,20	F110T	10,96	0,90	8,0	4,1	128,2	198,7	0,06
9	4,80	F110T	8,695	0,90	8,0	3,5	130,0	173,7	0,05
10	5,40	F110T	6,427	0,90	8,0	2,9	119,3	133,9	0,05
11	6,00	F80T	4,159	0,90	8,0	2,4	107,9	98,1	0,04
12	6,60	F80T	2,016	0,90	8,0	1,8	96,5	67,1	0,03

3.3 Globale inwendige stabiliteit

#	Y	WapeningType	θ_{max}	$Z_{i;d}$	Σra	u.c.
1	0,00	F200T	46,0	210,7	421,2	0,5
2	0,60	F200T	47,0	172,2	364,6	0,5
3	1,20	F200T	48,0	136,6	308,1	0,4
4	1,80	F150T	50,0	104,3	265,7	0,4
5	2,40	F150T	51,0	75,3	223,3	0,3
6	3,00	F150T	36,0	53,0	180,9	0,3
7	3,60	F150T	36,0	38,6	138,5	0,3
8	4,20	F110T	36,0	26,5	107,4	0,2
9	4,80	F110T	36,0	16,7	76,3	0,2
10	5,40	F110T	36,0	9,1	45,2	0,2
11	6,00	F80T	36,0	3,8	22,6	0,2

4. Uitvoer per laag

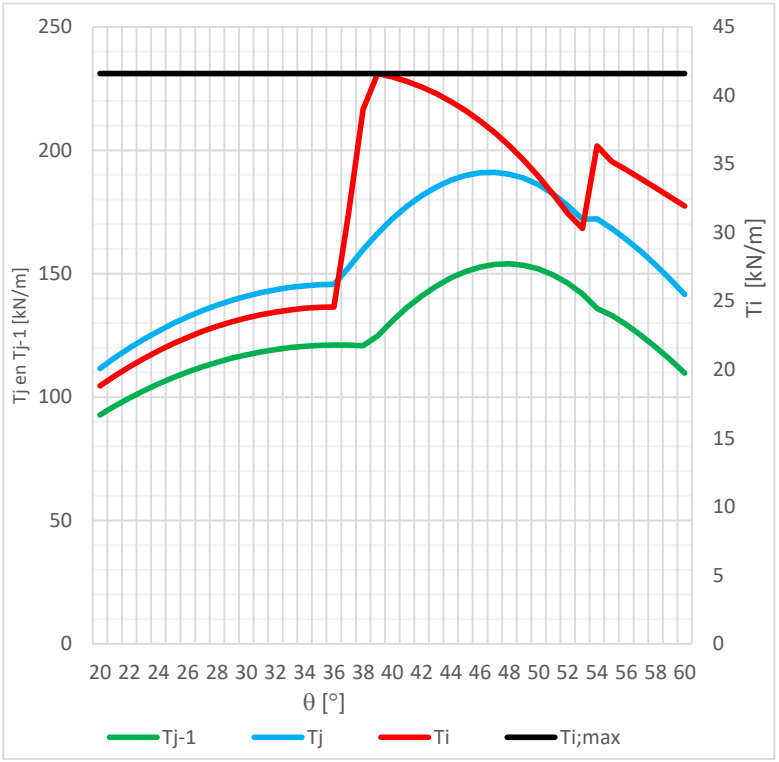
4.1 Laag 2

Y	0,60	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

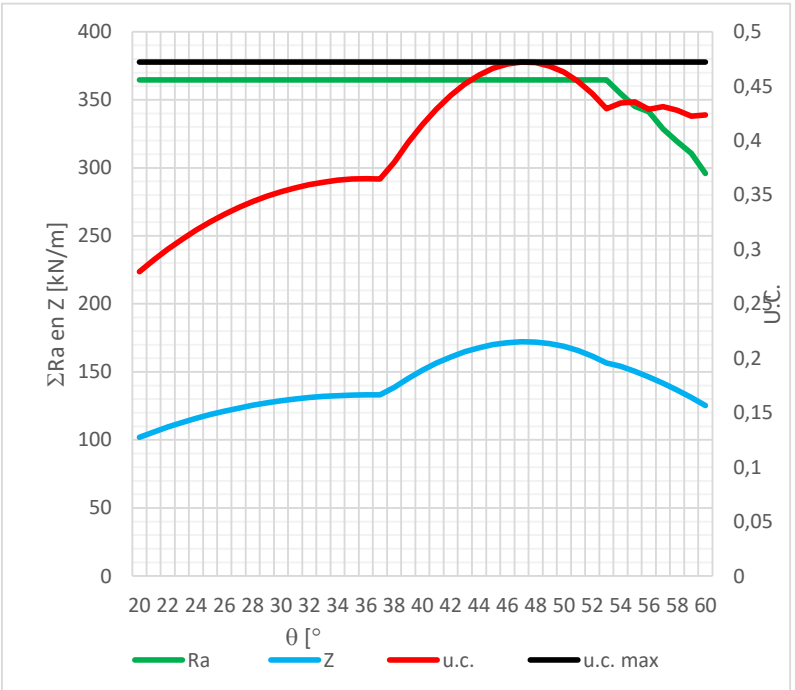
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	41,60	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	41,60	kN/m'

θ_{max}	39,0	°
σ_v	159,2	kN/m²
La	7,4	m
Ra	450,9	kN/m²
	U.C.	0,09
Rd	56,5	kN/m²
	U.C.	0,74



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	47,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	172,2	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	172,2	kN/m'
ΣRa	364,6	kN/m'
	U.C.	0,47



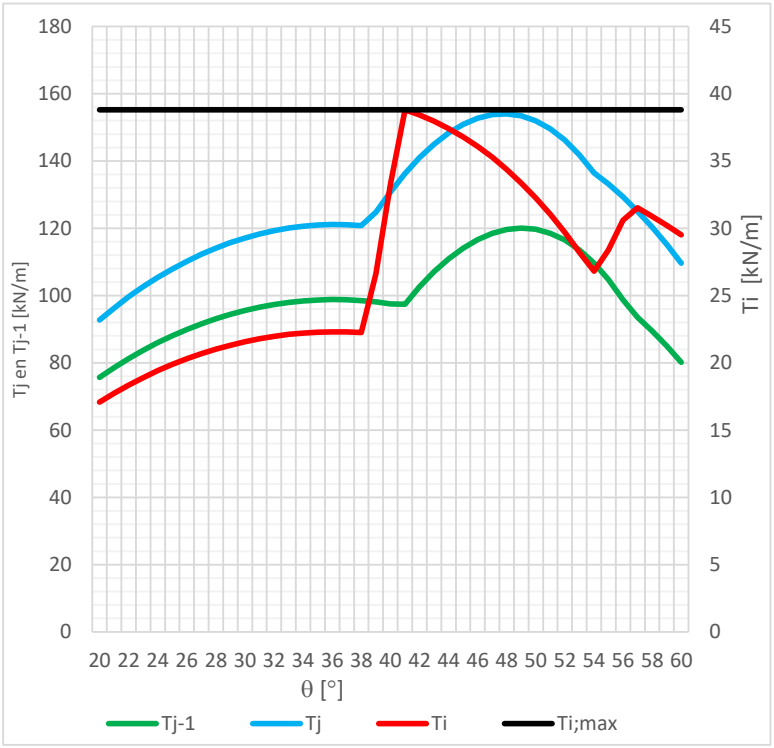
4.2 Laag 3

Y	1,20	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

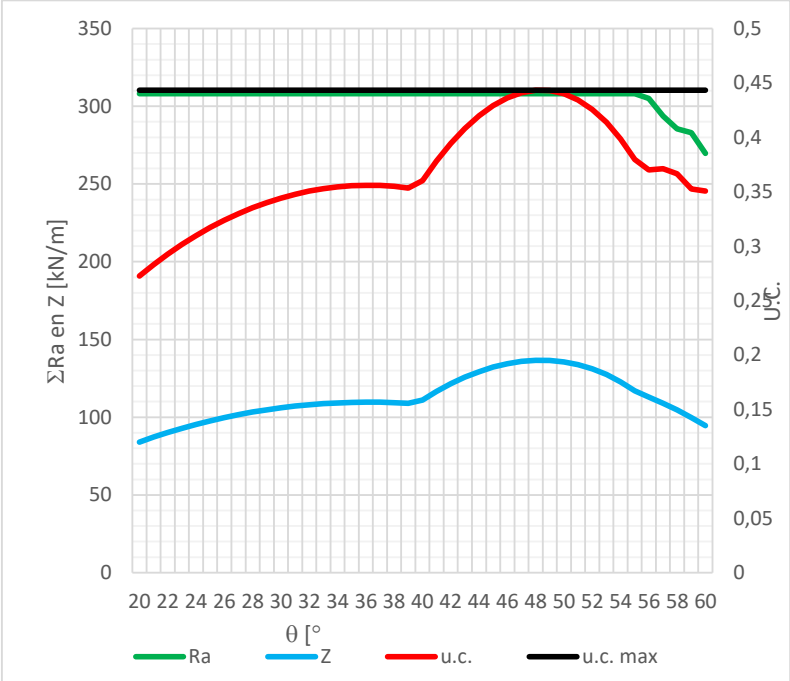
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	38,81	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	38,81	kN/m'

θ_{max}	41,0	°
σ_v	151,6	kN/m²
La	6,9	m
Ra	396,9	kN/m²
	U.C.	0,10
Rd	56,5	kN/m²
	U.C.	0,69



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	48,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	136,6	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	136,6	kN/m'
ΣRa	308,1	kN/m'
	U.C.	0,44



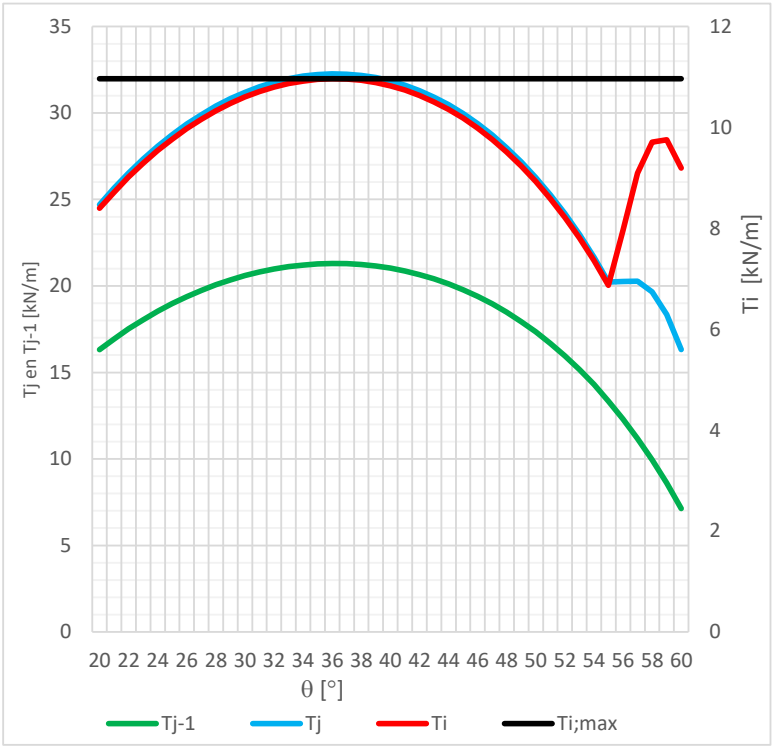
4.3 Laag 8

Y	4,20	m
L	8,00	m
Type	F110T	

LOKAAL 6,10

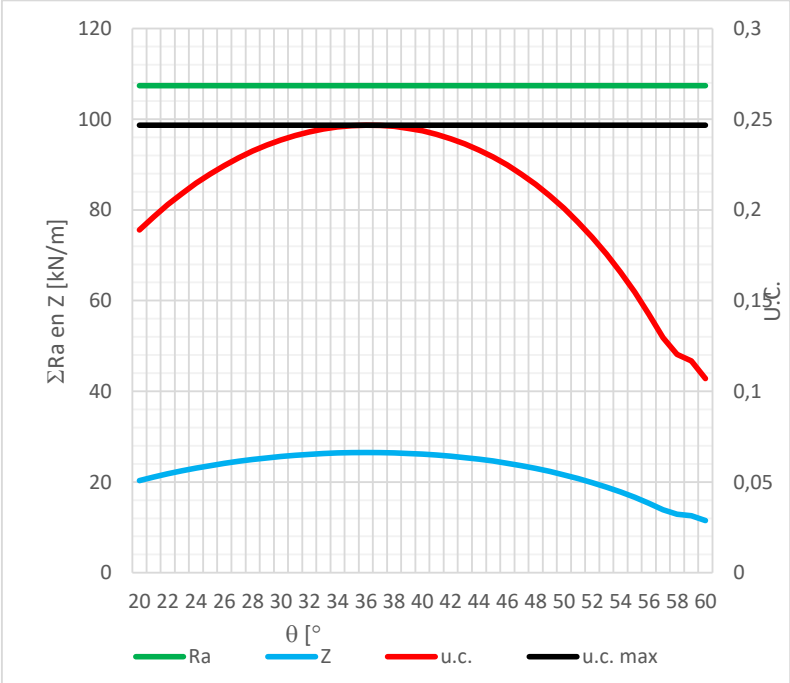
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	10,96	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	10,96	kN/m'

θ_{max}	36,0	°
σ_v	128,2	kN/m²
La	4,1	m
Ra	198,7	kN/m²
	U.C.	0,06
Rd	31,1	kN/m²
	U.C.	0,35



GLOBAAL 6.20

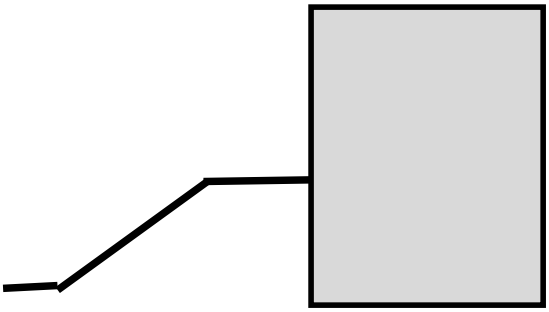
θ_{max}	36,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	26,5	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	26,5	kN/m'
ΣRa	107,4	kN/m'
	U.C.	0,25



5. Horizontaal glijden en draagkracht van de ondergrond

5.1 Geometrie maaiveld

Breedte berm	50,00	m
Breedte talud	5,00	m
Hoogte talud	2,00	m
β	0,00	°
d	0,90	m
A_e	15,61	m
Rekenen met talud	NEEN	15,61 < 50



5.2 Resultaat gronddruk achterzijde gewapende grond

V_d	1424,02	kN/m'
H_d	230,46	kN/m'
M_d	4367,98	kNm/m'

B_{ef}	6,13	m
L_{ef}	100	m
A_e	15,61	m

5.3 Controle horizontaal glijden

$R_{h;grond;d}$	695,81	kN/m'	u.c	0,58
$R_{h;wapening;d}$	481,71	kN/m'	u.c.	0,84

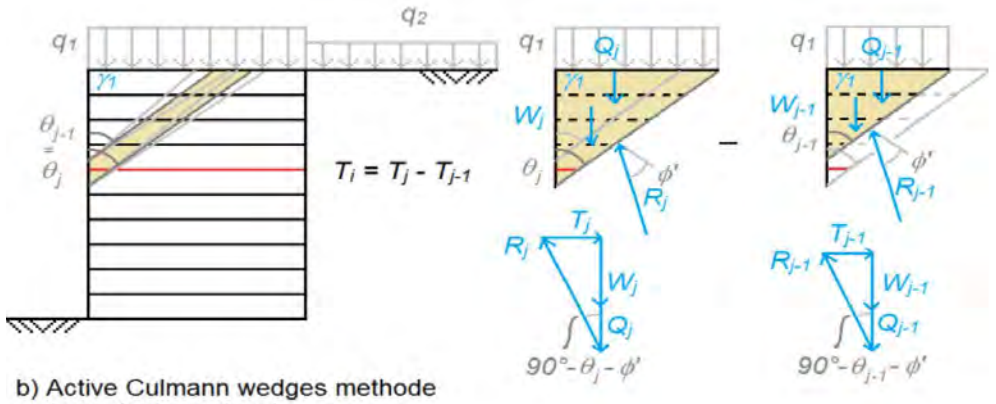
5.4 Controle draagkracht gedraineerde toestand

Bepaling parameters		c	Verschil > 6. Ponzen				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	cu;d	
			28,99	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1419,85	<	3767	uc	0,38
Rd = σmax;d x Bef			511,62	x	7,362	=	3767
C'gem;d	0,00	σv;z;d	14,50	γgem;d	14,50		
Nc	27,83	Nq	16,42	Nγ	17,08		
sc	1,04	sq	1,04	sλ	0,98		
ic	0,48	iq	0,51	iγ	0,36		
λc	1,00	λq	1,00	λλ	1,00		

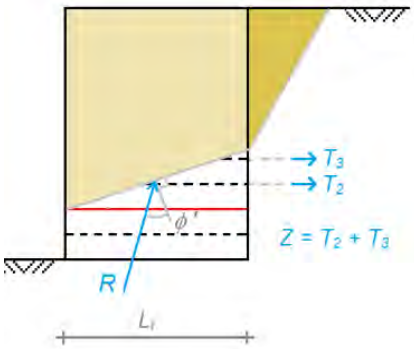
5.5 Controle draagkracht ongedraineerde toestand

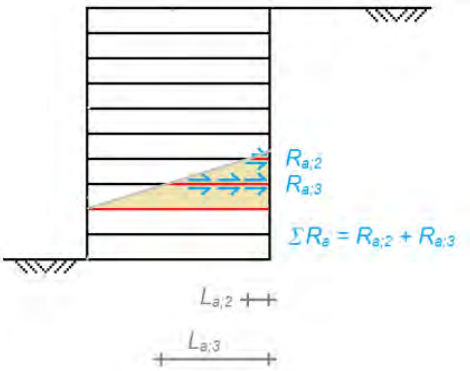
Bepaling parameters		c	Niet-cohesieve grondslag onder fundering. Ponzen en profiel doorzette				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	cu;d	
			32,50	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1419,85	#####	#####	uc	#####
Rd = σmax;d x Bef			#######	x	7,362	=	#####
Cu;d	0,00	σv;z;d	14,50				
sc	Sc	λq	1,00				
ic	########						
λc	1,00						

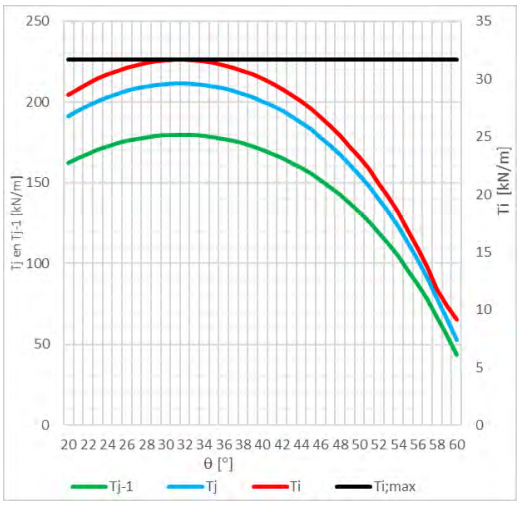
6. Verklaring grafieken

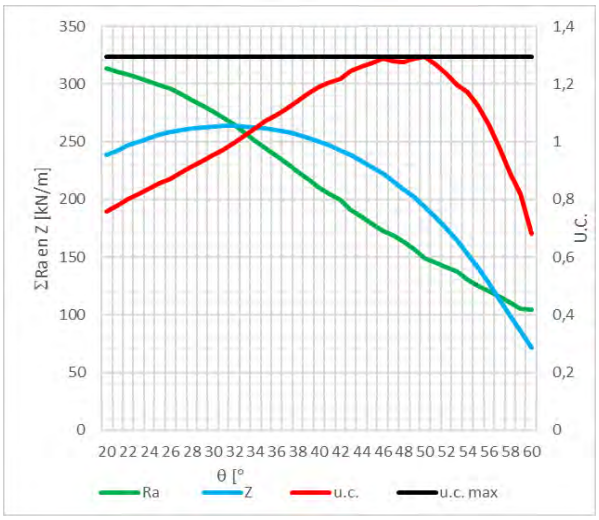


b) Active Culmann wedges methode
(met single wedges)

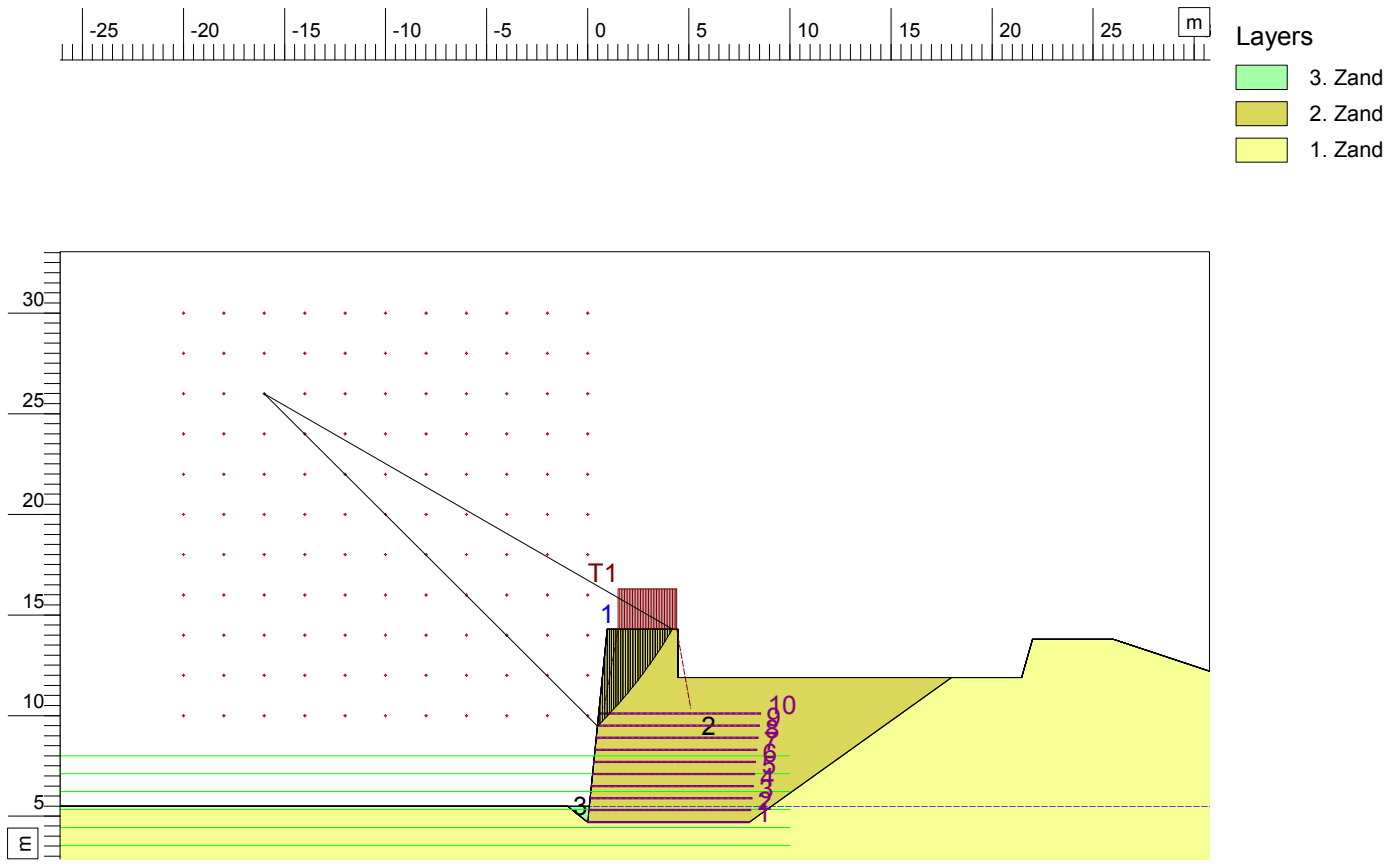








Critical Circle Bishop



Xm : -16.00 [m]
Ym : 26.00 [m]

Radius : 23.33 [m]
Safety : 1.17

200204 Windpark Maasvlakte 2
DWP A - Eindsituatie

Phone
Fax

date	4/7/2020	
	-	ctr.
Annex -		form. A3
		drw. -

D-Geo Stability 18.1 : 200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A eindsituatie v2.sti

```
Program     : D-Geo Stability
Version     : 18.1.1.3
Company     :
Date        : 4/7/2020
Time        : 10:45:16 AM

Output file : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A eindsituatie v2.st
Input file  : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP A eindsituatie v2.st
==========================    BEGINNING OF DATA     ==========================


               ECHO OF THE INPUT
               =================


 Problem identification : 200204 Windpark Maasvlakte 2
                        : DWP A - Eindsituatie

 Calculation model      : Bishop
 Default shear strength : C phi

               LAYER BOUNDARIES
               ================

 Boundary no.| Co-ordinates [m]
 ------------|-----------------------------------------------------
             |
   3  - X -  | -50.00    -1.00     0.08     0.96     4.46     4.46
   3  - Y -  |   5.50     5.50     5.50    14.30    14.30    11.90
             |
   3  - X -  |  18.00    21.46    22.00    26.00    37.40    41.40
   3  - Y -  |  11.90    11.90    13.80    13.80    10.00    10.00
             |
   3  - X -  |  50.00
   3  - Y -  |   8.28
             |
   2  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     0.08     0.96     4.46
   2  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     5.50    14.30    14.30
             |
   2  - X -  |   4.46    18.00    21.46    22.00    26.00    37.40
   2  - Y -  |  11.90    11.90    11.90    13.80    13.80    10.00
             |
   2  - X -  |  41.40    50.00
   2  - Y -  |  10.00     8.28
             |
   1  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     8.00    18.00    21.46
   1  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     4.70    11.90    11.90
             |
   1  - X -  |  22.00    26.00    37.40    41.40    50.00
   1  - Y -  |  13.80    13.80    10.00    10.00     8.28
             |
   0  - X -  | -50.00    50.00
   0  - Y -  | -16.50   -16.50


               PL-LINES
               ========

 Pl-line no. | Co-ordinates [m]
 ------------|-----------------------------------------------------
             |
   1  - X -  | -50.00    50.00
   1  - Y -  |   5.50     5.50



 Unit weight of water used for calculation:     9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1
```

FORBIDDEN LINES

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	0.96	14.30	0.48	9.50

SOIL PROPERTIES

Layer no.	Material name
3	Zand
2	Zand
1	Zand

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
3	18.00	20.00	1	1
2	18.00	20.00	1	1
1	18.00	20.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Dilatancy [degrees]	S [-]	POP [kN/m2]	m [-]
3	0.00	26.11	26.11	-	-	-
2	0.00	26.11	26.11	-	-	-
1	0.00	26.11	26.11	-	-	-

Layer number	Su top [kN/m2]	Su bot. [kN/m2]	Su grad. [kN/m2/m]	POP top [kN/m2]	POP bot. [kN/m2]	Gamma LEM [-]
3	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

X co-ordinate grid left : -20.00 [m]
X co-ordinate grid right : 0.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 11

Y co-ordinate grid bottom : 10.00 [m]
Y co-ordinate grid top : 30.00 [m]
Number of grid points in Y - direction : 11

Y co-ordinate tangent smallest circle : 8.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle : 0.00 [m]
Number of circles per grid point : 10

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 121
Total number of slip circles in the grid : 1210

MEASURED YIELD STRESS

No measured yield stress input.

LINE LOADS

No line loads were input.

UNIFORM LOAD

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	29.00	1.50	4.40	10.00	Temporary

TREE ON SLOPE

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

Layer number	Degree of consolidation
3	100
2	100
1	100

GEOTEXTILES

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	51.39	0.00	8.00	4.70	1.00
2	51.39	0.06	8.06	5.30	1.00
3	51.39	0.12	8.12	5.90	1.00
4	51.39	0.18	8.18	6.50	1.00
5	38.55	0.24	8.24	7.10	1.00
6	38.55	0.30	8.30	7.70	1.00
7	38.55	0.36	8.36	8.30	1.00
8	38.55	0.42	8.42	8.90	1.00
9	28.27	0.48	8.48	9.50	1.00
10	249.29	0.54	8.54	10.10	1.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

No nails were input.

EARTHQUAKE

No earth quake factors were input.

********** The input has been tested, and is correct. **********
****

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS
==========

Information on the critical circle : Fmin = 1.165
Calculation method used : Bishop - C phi
==========

X co-ordinate center point : -16.00 [m]
Y co-ordinate center point : 26.00 [m]
Radius of critical circle : 23.33 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -4239.38 [kNm/m]
Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
Driving moment external loads : -1468.91 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 4940.82 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 4789.40 [kNm/m]

Information of the geotextile results
==========

	intersection point		embedding	mobilized embedd.		resisting
	X-coord	Y-coord	length min.	tensile strength		moment
nr	[m]	[m]	[m]	[%]	[kN/m]	[kNm/m]
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
9	0.50	9.50	0.02	2	0.52	8.54
10	1.08	10.10	0.54	54	133.95	2129.73
Total resisting moment from geotextiles						2138.28

END OF D-Geo Stability OUTPUT
==========

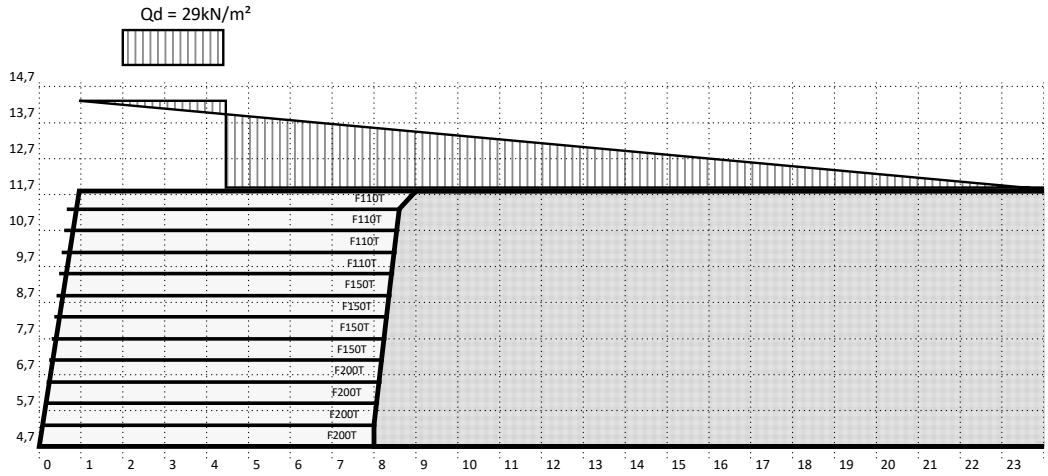
1. Samenvatting

Omschrijving:	200204 WP Maasvlakte 2 DWP A Eindsituatie v2			
Opsteller	[redacted]		Datum	6-04-20
u.c. Lokale stabiliteit	Treksterkte	0,86		
	Aanhechting	0,45		
u.c. Globale interne stabiliteit		0,75		

u.c. draagkracht	0,24
u.c. horizontaal glijden	0,45

2. Invoer

2.1 Geometrie van de constructie



2.2 Gevolgklasse en partiële factoren

Gevolgklasse	CC3			
BELASTINGFACTOREN				
Permanente belasting, ongunstig	$\gamma_{G;dst}$	1,00		
Permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	1,00		
Veranderelijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;stb}$	1,45		
Veranderelijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;stb}$	0,00		
MATERIAALFACTOREN	**INTERN**		**Extern**	
Hoek van inwendige wrijving	γ_{φ}	1,30	γ_{φ}	1,15
Effectieve cohesie	γ_{c}	1,60	γ_{c}	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	2,00	γ_{cu}	1,35
Volumiek gewicht	γ_{γ}	1,00	γ_{γ}	1,10
Treksterkte wapening	γ_{R}	1,15	γ_{R}	1,15
Aanhechting wapening	γ_{μ}	1,30	γ_{μ}	1,30

2.3 Grondgegevens

Grondwaterstand	5,50	m

	Materiaal	Niveau		φ	c'	γdr	γsat	cu;d
Gewapende grond	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Achteraanvulling	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Ondergrond	Zand	5,60	5,50	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
	Zand	5,50	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00

2.4 Eigenschappen grondwapening

Ontwerplevensduur	100
Installatie schade	Coarse grain
Milieu	4<pH<9

UV blootstelling	<2 maanden

Naam	$R_{g;ld;d}$	γ_R	$R_{g;ld;k}$	$R_{g;kd;k}$	RF_{CR}	RF_{ID}	RF_{ch}	RF_w	f_d	f_s
F110T	28,27	1,15	32,51	#####	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00
F150T	38,55	1,15	44,33	#####	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00
F200T	51,39	1,15	59,10	#####	1,52	1,07	1,03	1,01	0,50	1,00

2.5 Invoer grondwapening

Laag	Z	WapeningType	L	$R_{g;ld;d}$	As	Textra
1	4,70	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
2	5,30	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
3	5,90	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
4	6,50	F200T	8,00	51,39	0,90	0,00
5	7,10	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
6	7,70	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
7	8,30	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
8	8,90	F150T	8,00	38,55	0,90	0,00
9	9,50	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
10	10,10	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
11	10,70	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00
12	11,30	F110T	8,00	28,27	0,90	0,00

2.6 Geometrie gewapende grond

Punt	X	Y
1	0,00	4,70
2	0,96	14,30
3	4,46	14,30
4	4,46	11,90
5	24,46	11,90

2.7 Geometrie achteraanvulling

Punt	X	Y
1	0,00	12,70
2	0,60	12,70
3	0,60	12,90
4	2,60	12,90
5	2,60	13,10
6	4,60	13,10
7	4,60	13,30
8	6,60	13,30
9	6,60	13,70

2.8 Bovenbelasting

Naam	Q_{kar}	γ	Qd	X_1	X_2	X_3	X_4
Variabel 2	20,00	1,45	29,00	2,00	2,00	4,40	4,40

2.9 Landhoofd

Naam	F_{kar}	γ	Rd	X_1	X_2	Y
Strook Verticaal Permanent	75,00	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Verticaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Permanent	12,25	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65

3. Resultaten

3.1 Lokale stabiliteit - toets treksterkte

#	Y	WapeningType	$R_{g;ld;d}$	θ_{max}	$T_{i;d}$	u.c.
1	0,00	F200T	51,4	31,0	20,3	0,4
2	0,60	F200T	51,4	32,0	39,2	0,8
3	1,20	F200T	51,4	34,0	37,4	0,7
4	1,80	F200T	51,4	36,0	35,3	0,7
5	2,40	F150T	38,6	36,0	33,0	0,9
6	3,00	F150T	38,6	36,0	30,7	0,8
7	3,60	F150T	38,6	36,0	28,5	0,7
8	4,20	F150T	38,6	36,0	26,2	0,7
9	4,80	F110T	28,3	37,0	23,9	0,8
10	5,40	F110T	28,3	45,0	19,8	0,7
11	6,00	F110T	28,3	36,0	13,6	0,5
12	6,60	F110T	28,3	41,0	11,8	0,4

3.2 Lokale stabiliteit - Aanhechting

#	Y	WapeningType	$T_{i;d}$	As	L	La	σ_v	Ra	u.c.
1	0,00	F200T	20,27	0,90	8,0	8,0	160,0	443,0	0,05
2	0,60	F200T	39,19	0,90	8,0	7,7	154,5	410,9	0,10
3	1,20	F200T	37,37	0,90	8,0	7,4	145,8	372,0	0,10
4	1,80	F200T	35,26	0,90	8,0	7,1	134,0	327,3	0,11
5	2,40	F150T	32,99	0,90	8,0	6,7	121,6	283,6	0,12
6	3,00	F150T	30,72	0,90	8,0	6,4	109,0	242,4	0,13
7	3,60	F150T	28,45	0,90	8,0	6,1	95,1	201,2	0,14
8	4,20	F150T	26,19	0,90	8,0	5,8	80,3	161,1	0,16
9	4,80	F110T	23,91	0,90	8,0	5,5	65,2	123,6	0,19
10	5,40	F110T	19,81	0,90	8,0	5,2	49,5	88,6	0,22
11	6,00	F110T	13,61	0,90	8,0	4,9	33,4	56,0	0,24
12	6,60	F110T	11,81	0,90	8,0	4,5	16,5	26,0	0,45

3.3 Globale inwendige stabiliteit

#	Y	WapeningType	θ_{max}	$Z_{i;d}$	Σra	u.c.
1	0,00	F200T	32,0	306,2	419,1	0,7
2	0,60	F200T	34,0	271,1	368,3	0,7
3	1,20	F200T	36,0	236,3	318,7	0,7
4	1,80	F200T	38,0	201,3	267,3	0,8
5	2,40	F150T	39,0	167,4	228,7	0,7
6	3,00	F150T	39,0	135,8	190,2	0,7
7	3,60	F150T	40,0	106,6	151,6	0,7
8	4,20	F150T	41,0	79,7	113,1	0,7
9	4,80	F110T	43,0	55,3	84,8	0,7
10	5,40	F110T	45,0	33,7	56,5	0,6
11	6,00	F110T	40,0	18,2	28,3	0,6

4. Uitvoer per laag

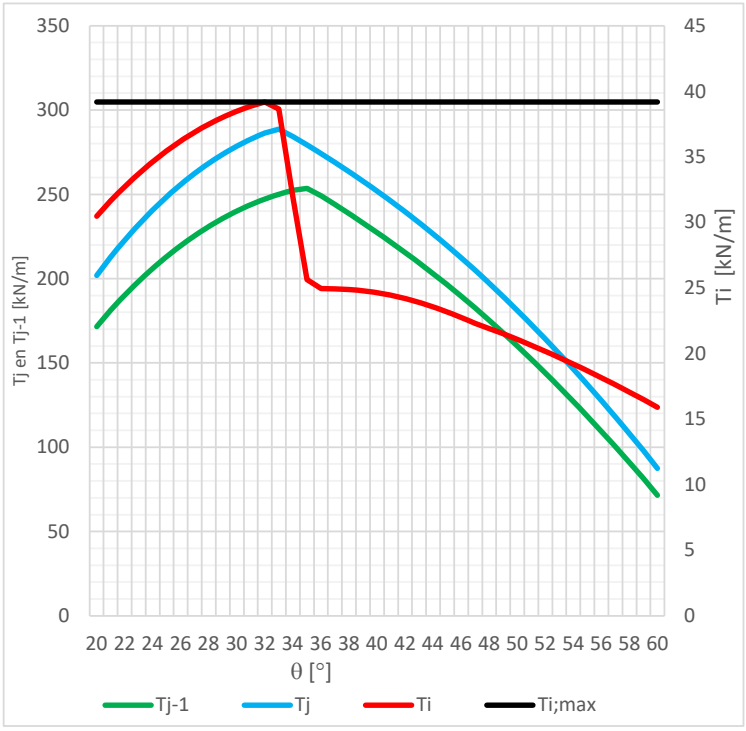
4.1 Laag 2

Y	0,60	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

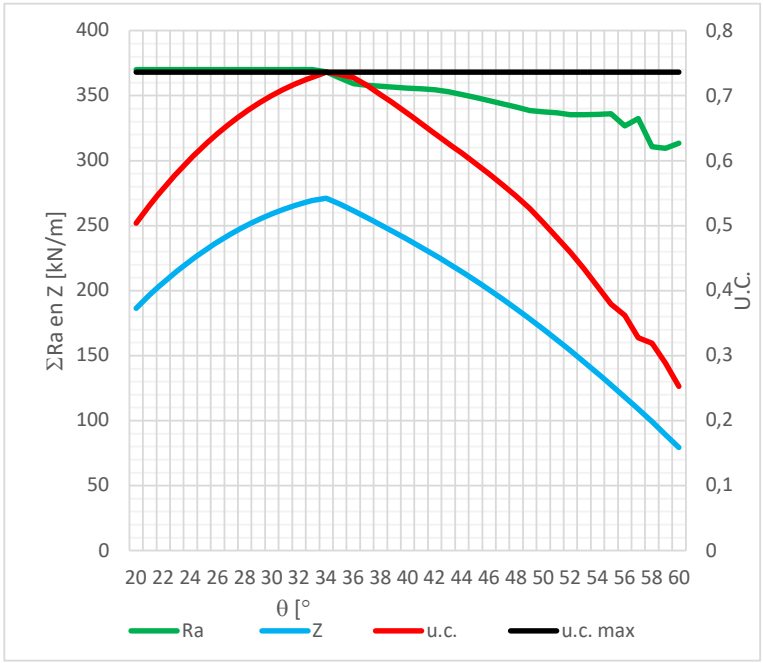
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	39,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	39,19	kN/m'

θ_{max}	32,0	°
σ_v	154,5	kN/m²
La	7,7	m
Ra	410,9	kN/m²
	U.C.	0,10
Rd	51,4	kN/m²
	U.C.	0,76



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	34,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	271,1	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	271,1	kN/m'
ΣRa	368,3	kN/m'
	U.C.	0,74



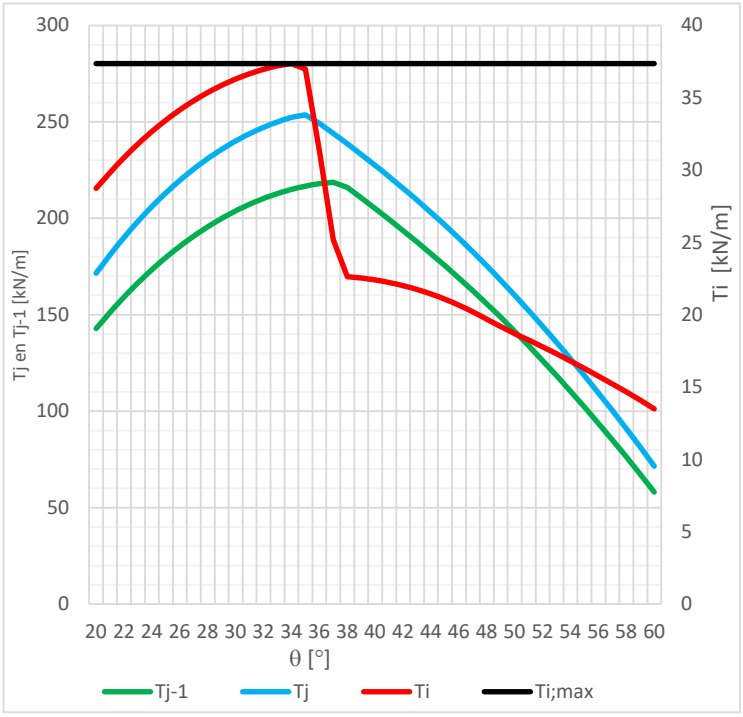
4.2 Laag 3

Y	1,20	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

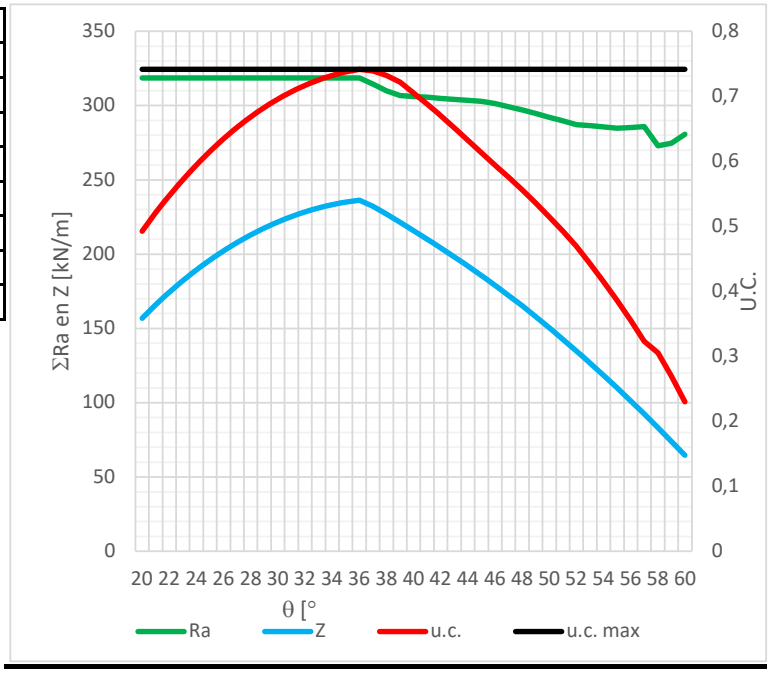
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	37,37	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	37,37	kN/m'

θ_{max}	34,0	°
σ_v	145,8	kN/m²
La	7,4	m
Ra	372,0	kN/m²
	U.C.	0,10
Rd	51,4	kN/m²
	U.C.	0,73



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	36,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	236,3	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	236,3	kN/m'
ΣRa	318,7	kN/m'
	U.C.	0,74



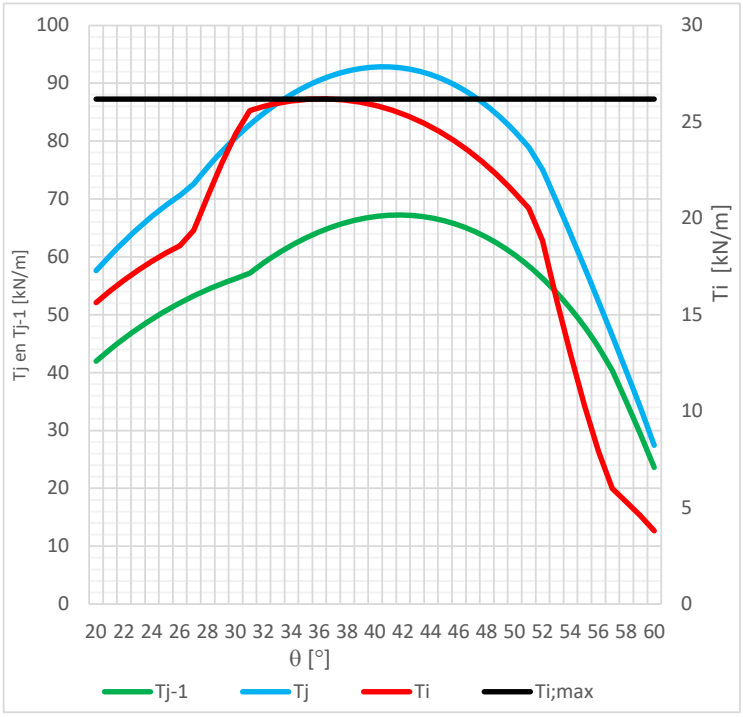
4.3 Laag 8

Y	4,20	m
L	8,00	m
Type	F150T	

LOKAAL 6,10

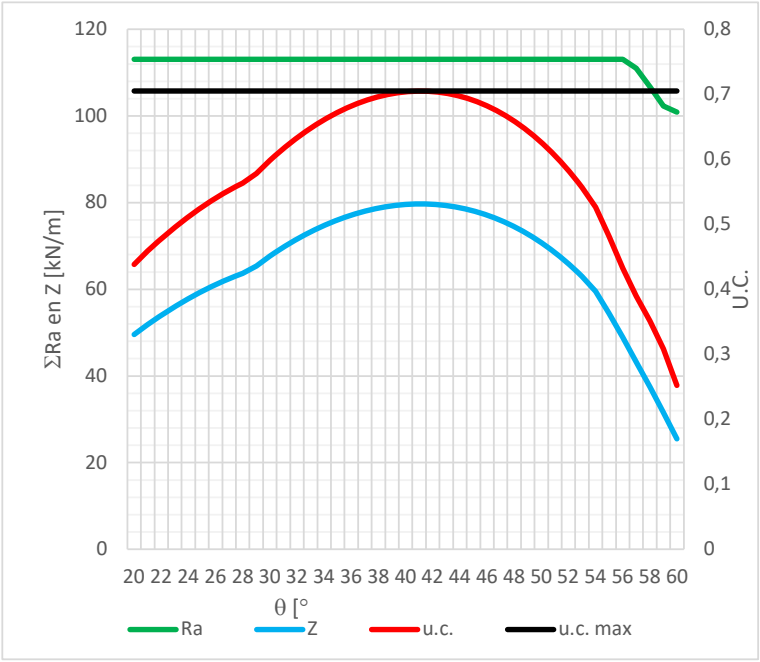
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	26,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	26,19	kN/m'

θ_{max}	36,0	°
σ_v	80,3	kN/m²
La	5,8	m
Ra	161,1	kN/m²
	U.C.	0,16
Rd	38,6	kN/m²
	U.C.	0,68



GLOBAAL 6.20

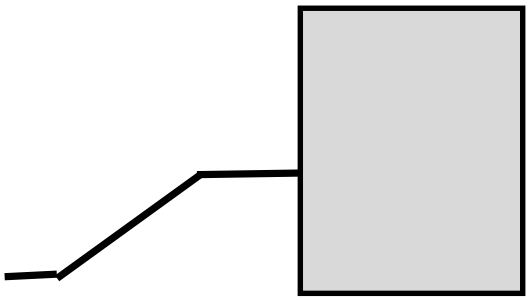
θ_{max}	41,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	79,7	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	79,7	kN/m'
ΣRa	113,1	kN/m'
	U.C.	0,70



5. Horizontaal glijden en draagkracht van de ondergrond

5.1 Geometrie maaiveld

Breedte berm	50,00	m
Breedte talud	5,00	m
Hoogte talud	2,00	m
β	0,00	°
d	0,90	m
A_e	15,29	m
Rekenen met talud	NEEN	15,29 < 50



5.2 Resultaat gronddruk achterzijde gewapende grond

V_d	1424,02	kN/m'
H_d	230,46	kN/m'
M_d	4367,98	kNm/m'

B_{ef}	6,13	m
L_{ef}	100	m
A_e	15,29	m

5.3 Controle horizontaal glijden

$R_{h;grond;d}$	588,21	kN/m'	u.c	0,31
$R_{h;wapening;d}$	407,22	kN/m'	u.c.	0,45

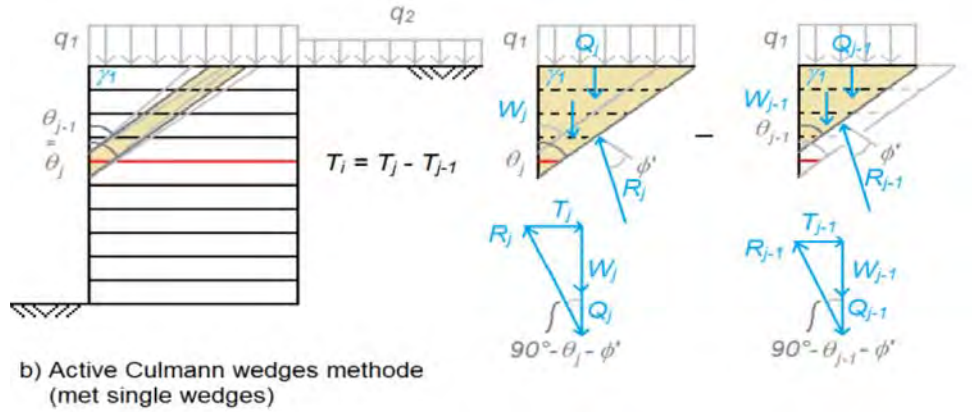
5.4 Controle draagkracht gedraineerde toestand

Bepaling parameters		c	Verschil > 6. Ponzen				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	Cu;d	
			28,99	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1200,3	<	5012	uc	0,24
Rd = σmax;d x Bef			757,90	x	6,614	=	5012
C'gem;d	0,00	σv;z;d	14,50	γgem;d	14,50		
Nc	27,83	Nq	16,42	Nγ	17,08		
sc	1,03	sq	1,03	sλ	0,98		
ic	0,69	iq	0,71	iγ	0,61		
λc	1,00	λq	1,00	λλ	1,00		

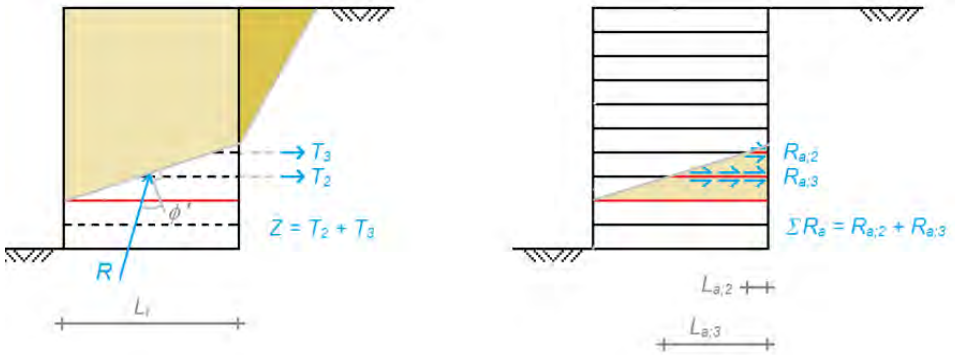
5.5 Controle draagkracht ongedraineerde toestand

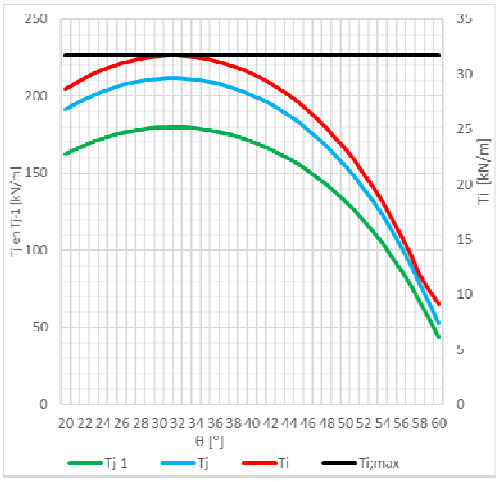
Bepaling parameters		c	Niet-cohesieve grondslag onder fundering. Ponzen en profiel doorzett				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	Cu;d	
			32,50	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1200,3	#####	#####	uc	#####
Rd = σmax;d x Bef			#######	x	6,614	=	#####
Cu;d	0,00	σv;z;d	14,50				
sc	Sc	λq	1,00				
ic	#########						
λc	1,00						

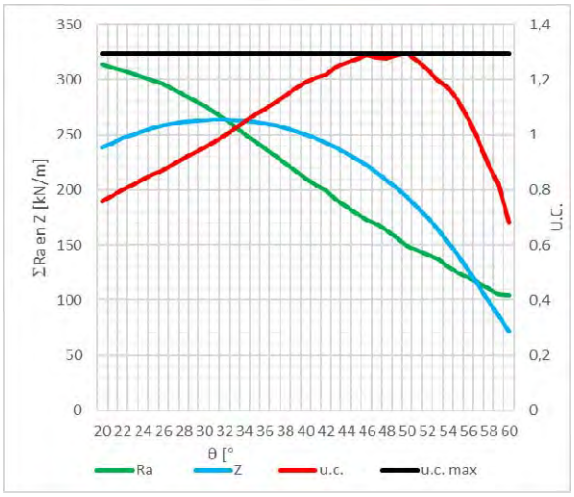
6. Verklaring grafieken

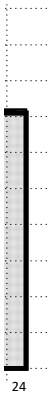


b) Active Culmann wedges methode (met single wedges)








24

As
0,90
0,90
0,90

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

VOETS
gewapende grondconstructies

Critical Circle Bishop

Xm : -14.00 [m]
Ym : 20.00 [m]

Radius : 18.22 [m]
Safety : 1.19

200204 Windpark Maasvlakte 2
DWP A - Eindsituatie

Phone
Fax

D-Geo Stability 18.1 : 200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP B eindsituatie v2.sti

Annex -	-	4/7/2020	-
form.	ctr.	date	drw.
A3			

```
Program     : D-Geo Stability
Version     : 18.1.1.3
Company     :
Date        : 4/7/2020
Time        : 11:06:38 AM

Output file : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP B eindsituatie v2.st
Input file  : H:\200204 Winpark maasvlakte 2\200204 Windpark Maasvlakte 2 DWP B eindsituatie v2.st
==========================    BEGINNING OF DATA     ==========================


               ECHO OF THE INPUT
               =================


 Problem identification : 200204 Windpark Maasvlakte 2
                        : DWP A - Eindsituatie

 Calculation model      : Bishop
 Default shear strength : C phi

               LAYER BOUNDARIES
               ================

 Boundary no.| Co-ordinates [m]
 ------------|-----------------------------------------------------
             |
   3  - X -  | -50.00    -1.00     0.08     0.96     4.46     4.46
   3  - Y -  |   5.50     5.50     5.50    14.30    14.30    11.90
             |
   3  - X -  |  18.00    24.46    24.46    26.00    37.40    41.40
   3  - Y -  |  11.90    11.90    13.80    13.80    10.00    10.00
             |
   3  - X -  |  50.00
   3  - Y -  |   8.28
             |
   2  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     0.08     0.96     4.46
   2  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     5.50    14.30    14.30
             |
   2  - X -  |   4.46    18.00    24.46    24.46    26.00    37.40
   2  - Y -  |  11.90    11.90    11.90    13.80    13.80    10.00
             |
   2  - X -  |  41.40    50.00
   2  - Y -  |  10.00     8.28
             |
   1  - X -  | -50.00    -1.00     0.00     8.00    18.00    24.46
   1  - Y -  |   5.50     5.50     4.70     4.70    11.90    11.90
             |
   1  - X -  |  24.46    26.00    37.40    41.40    50.00
   1  - Y -  |  13.80    13.80    10.00    10.00     8.28
             |
   0  - X -  | -50.00    50.00
   0  - Y -  | -16.50   -16.50


               PL-LINES
               ========

 Pl-line no. | Co-ordinates [m]
 ------------|-----------------------------------------------------
             |
   1  - X -  | -50.00    50.00
   1  - Y -  |   5.50     5.50



 Unit weight of water used for calculation:     9.81 [kN/m3]
 The groundwater level is determined by Pl-line number 1
```

FORBIDDEN LINES
===============

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	0.96	14.30	0.42	8.90

SOIL PROPERTIES
===============

Layer no.	Material name
3	Zand
2	Zand
1	Zand

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	Pl-line top	Pl-line bottom
3	18.00	20.00	1	1
2	18.00	20.00	1	1
1	18.00	20.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Dilatancy [degrees]	S [-]	POP [kN/m2]	m [-]
3	0.00	26.11	26.11	-	-	-
2	0.00	26.11	26.11	-	-	-
1	0.00	26.11	26.11	-	-	-

Layer number	Su top [kN/m2]	Su bot. [kN/m2]	Su grad. [kN/m2/m]	POP top [kN/m2]	POP bot. [kN/m2]	Gamma LEM [-]
3	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES
===================================

X co-ordinate grid left : -20.00 [m]
X co-ordinate grid right : 0.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 11

Y co-ordinate grid bottom : 10.00 [m]
Y co-ordinate grid top : 30.00 [m]
Number of grid points in Y - direction : 11

Y co-ordinate tangent smallest circle : 8.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle : 0.00 [m]
Number of circles per grid point : 10

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 121
Total number of slip circles in the grid : 1210

MEASURED YIELD STRESS
=====================

No measured yield stress input.

LINE LOADS

No line loads were input.

UNIFORM LOAD

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	29.00	1.50	4.40	10.00	Temporary

TREE ON SLOPE

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

Layer number	Degree of consolidation
3	100
2	100
1	100

GEOTEXTILES

Geotextile number	E.T.S [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Y [m]	reduction zone [m]
1	56.53	0.00	8.00	4.70	1.00
2	56.53	0.06	8.06	5.30	1.00
3	56.53	0.12	8.12	5.90	1.00
4	42.40	0.18	8.18	6.50	1.00
5	42.40	0.24	8.24	7.10	1.00
6	42.40	0.30	8.30	7.70	1.00
7	42.40	0.36	8.36	8.30	1.00
8	31.09	0.42	8.42	8.90	1.00
9	31.09	0.48	8.48	9.50	1.00
10	177.11	0.54	8.54	10.10	1.00

E.T.S. = Effective tensile strength

NAILS

No nails were input.

EARTHQUAKE

No earth quake factors were input.

********** The input has been tested, and is correct. **********
****

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS
==========

Information on the critical circle : Fmin = 1.185
Calculation method used : Bishop - C phi
==========

X co-ordinate center point : -14.00 [m]
Y co-ordinate center point : 20.00 [m]
Radius of critical circle : 18.22 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : -2961.21 [kNm/m]
Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
Driving moment external loads : -859.99 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 3509.07 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 3361.15 [kNm/m]

Information of the geotextile results
==========

	intersection point		embedding	mobilized embedd.		resisting
	X-coord	Y-coord	length min.	tensile strength		moment
nr	[m]	[m]	[m]	[%]	[kN/m]	[kNm/m]
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	0.45	8.90	0.03	3	0.97	10.79
9	0.89	9.50	0.41	41	12.84	134.80
10	1.30	10.10	0.76	76	134.31	1329.68
Total resisting moment from geotextiles						1475.27

END OF D-Geo Stability OUTPUT
==========

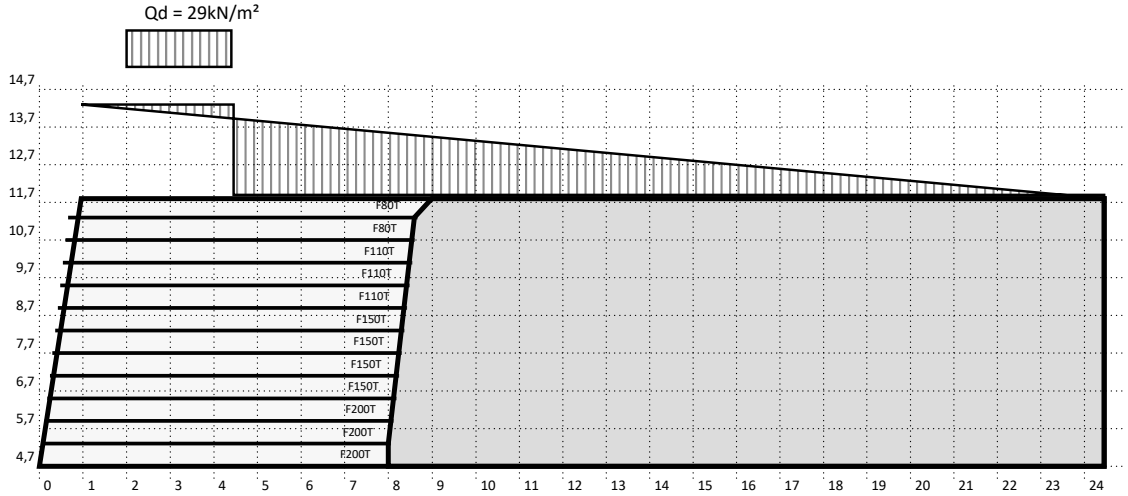
1. Samenvatting

Omschrijving:	200204 WP Maasvlakte 2 DWP B Eindsituatie v2				
Opsteller	[redacted]		Datum	6-04-20	
u.c. Lokale stabiliteit		Treksterkte	0,84		
		Aanhechting	0,41		
u.c. Globale interne stabiliteit			0,81		

u.c. draagkracht	0,19
u.c. horizontaal glijden	0,40

2. Invoer

2.1 Geometrie van de constructie



2.2 Gevolgklasse en partiële factoren

Gevolgklasse	CC3	
BELASTINGFACTOREN		
Permanente belasting, ongunstig	$\gamma_{G;dst}$	1,00
Permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	1,00
Veranderelijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;stb}$	1,45
Veranderelijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;stb}$	0,00

MATERIAALFACTOREN	**INTERN**		**Extern**	
Hoek van inwendige wrijving	γ_{φ}	1,30	γ_{φ}	1,15
Effectieve cohesie	γ_{c}	1,60	γ_{c}	1,60
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	2,00	γ_{cu}	1,35
Volumiek gewicht	γ_{γ}	1,00	γ_{γ}	1,10
Treksterkte wapening	γ_{R}	1,15	γ_{R}	1,15
Aanhechting wapening	γ_{μ}	1,30	γ_{μ}	1,30

2.3 Grondgegevens

Grondwaterstand	5,50	m

	Materiaal	Niveau		φ	c'	γdr	γsat	cu;d
Gewapende grond	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Achteraanvulling	Zand	[-]	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
Ondergrond	Zand	5,60	5,50	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00
	Zand	5,50	[-]	32,50	0,00	17,00	19,00	0,00

2.4 Eigenschappen grondwapening

Ontwerplevensduur	100
Installatie schade	Coarse grain
Milieu	4<pH<9

UV blootstelling	<2 maanden

Naam	$R_{g;ld;d}$	γ_R	$R_{g;ld;k}$	$R_{g;kd;k}$	RF_{CR}	RF_{ID}	RF_{ch}	RF_w	f_d	f_s	As
F80T	22,61	1,15	26,01	80,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F110T	31,09	1,15	35,76	110,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F150T	42,40	1,15	48,76	150,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90
F200T	56,53	1,15	65,01	200,00	1,52	1,07	1,03	1,01	0,55	1,00	0,90

2.5 Invoer grondwapening

Laag	Z	WapeningType	L	$R_{g;ld;d}$	As	Textra
1	4,70	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
2	5,30	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
3	5,90	F200T	8,00	56,53	0,90	0,00
4	6,50	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
5	7,10	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
6	7,70	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
7	8,30	F150T	8,00	42,40	0,90	0,00
8	8,90	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
9	9,50	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
10	10,10	F110T	8,00	31,09	0,90	0,00
11	10,70	F80T	8,00	22,61	0,90	0,00
12	11,30	F80T	8,00	22,61	0,90	0,00

2.6 Geometrie gewapende grond

Punt	X	Y
1	0,00	4,70
2	0,96	14,30
3	4,46	14,30
4	4,46	11,90
5	24,46	11,90

2.7 Geometrie achteraanvulling

Punt	X	Y
1	0,00	12,70
2	0,60	12,70
3	0,60	12,90
4	2,60	12,90
5	2,60	13,10
6	4,60	13,10
7	4,60	13,30
8	6,60	13,30
9	6,60	13,70

2.8 Bovenbelasting

Naam	Q_{kar}	γ	Qd	X_1	X_2	X_3	X_4
Variabel 2	20,00	1,45	29,00	2,00	2,00	4,40	4,40

2.9 Landhoofd

Naam	F_{kar}	γ	Rd	X_1	X_2	Y
Strook Verticaal Permanent	75,00	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Verticaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Permanent	12,25	1,00	0,00	0,20	1,20	-5,65
Strook Horizontaal Variabel	0,00	1,45	0,00	0,20	1,20	-5,65

3. Resultaten

3.1 Lokale stabiliteit - toets treksterkte

#	Y	WapeningType	$R_{g;ld;d}$	θ_{max}	$T_{i;d}$	u.c.
1	0,00	F200T	56,5	31,0	20,3	0,4
2	0,60	F200T	56,5	32,0	39,2	0,7
3	1,20	F200T	56,5	34,0	37,4	0,7
4	1,80	F150T	42,4	36,0	35,3	0,8
5	2,40	F150T	42,4	36,0	33,0	0,8
6	3,00	F150T	42,4	36,0	30,7	0,7
7	3,60	F150T	42,4	36,0	28,5	0,7
8	4,20	F110T	31,1	36,0	26,2	0,8
9	4,80	F110T	31,1	37,0	23,9	0,8
10	5,40	F110T	31,1	45,0	19,8	0,6
11	6,00	F80T	22,6	36,0	13,6	0,6
12	6,60	F80T	22,6	41,0	11,8	0,5

3.2 Lokale stabiliteit - Aanhechting

#	Y	WapeningType	$T_{i;d}$	As	L	La	σ_v	Ra	u.c.
1	0,00	F200T	20,27	0,90	8,0	8,0	160,0	487,3	0,04
2	0,60	F200T	39,19	0,90	8,0	7,7	154,5	452,0	0,09
3	1,20	F200T	37,37	0,90	8,0	7,4	145,8	409,2	0,09
4	1,80	F150T	35,26	0,90	8,0	7,1	134,0	360,0	0,10
5	2,40	F150T	32,99	0,90	8,0	6,7	121,6	312,0	0,11
6	3,00	F150T	30,72	0,90	8,0	6,4	109,0	266,6	0,12
7	3,60	F150T	28,45	0,90	8,0	6,1	95,1	221,3	0,13
8	4,20	F110T	26,19	0,90	8,0	5,8	80,3	177,3	0,15
9	4,80	F110T	23,91	0,90	8,0	5,5	65,2	136,0	0,18
10	5,40	F110T	19,81	0,90	8,0	5,2	49,5	97,4	0,20
11	6,00	F80T	13,61	0,90	8,0	4,9	33,4	61,6	0,22
12	6,60	F80T	11,81	0,90	8,0	4,5	16,5	28,6	0,41

3.3 Globale inwendige stabiliteit

#	Y	WapeningType	θ_{max}	$Z_{i;d}$	Σra	u.c.
1	0,00	F200T	32,0	306,2	421,2	0,7
2	0,60	F200T	34,0	271,1	364,6	0,7
3	1,20	F200T	36,0	236,3	308,1	0,8
4	1,80	F150T	38,0	201,3	265,7	0,8
5	2,40	F150T	39,0	167,4	223,3	0,7
6	3,00	F150T	39,0	135,8	180,9	0,8
7	3,60	F150T	40,0	106,6	138,5	0,8
8	4,20	F110T	41,0	79,7	107,4	0,7
9	4,80	F110T	43,0	55,3	76,3	0,7
10	5,40	F110T	45,0	33,7	45,2	0,7
11	6,00	F80T	40,0	18,2	22,6	0,8

4. Uitvoer per laag

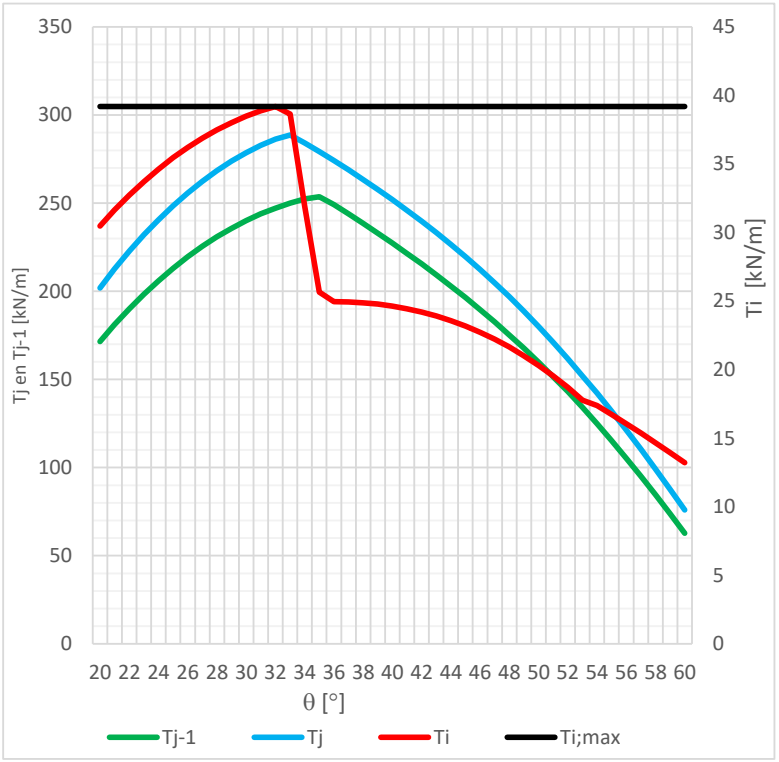
4.1 Laag 2

Y	0,60	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

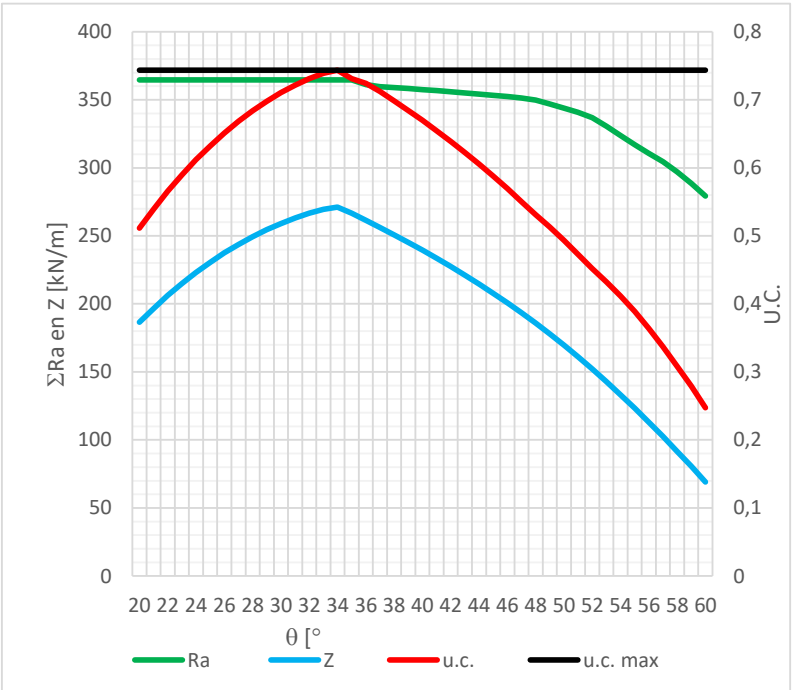
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	39,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	39,19	kN/m'

θ_{max}	32,0	°
σ_v	154,5	kN/m²
La	7,7	m
Ra	452,0	kN/m²
	U.C.	0,09
Rd	56,5	kN/m²
	U.C.	0,69



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	34,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	271,1	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	271,1	kN/m'
ΣRa	364,6	kN/m'
	U.C.	0,74



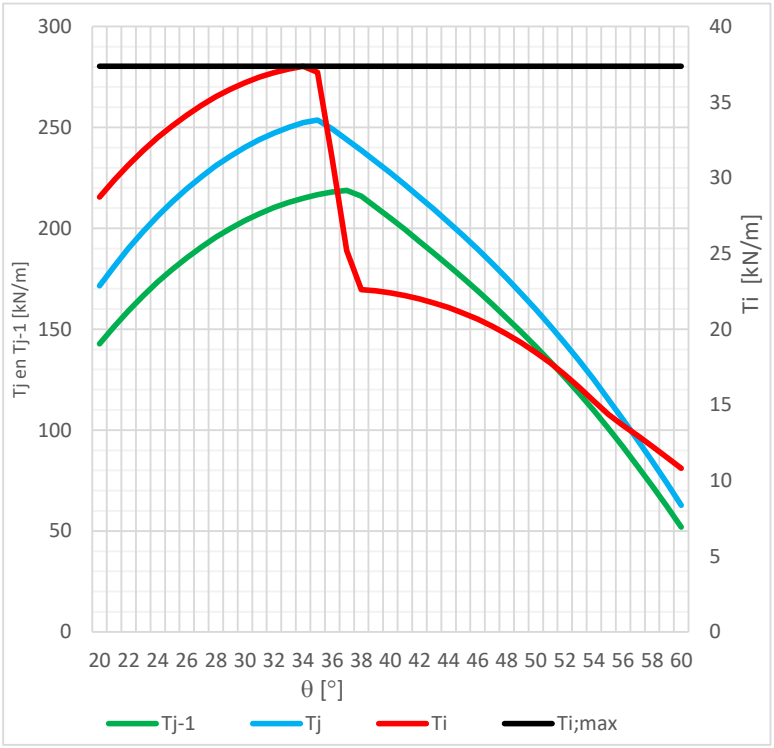
4.2 Laag 3

Y	1,20	m
L	8,00	m
Type	F200T	

LOKAAL 6,10

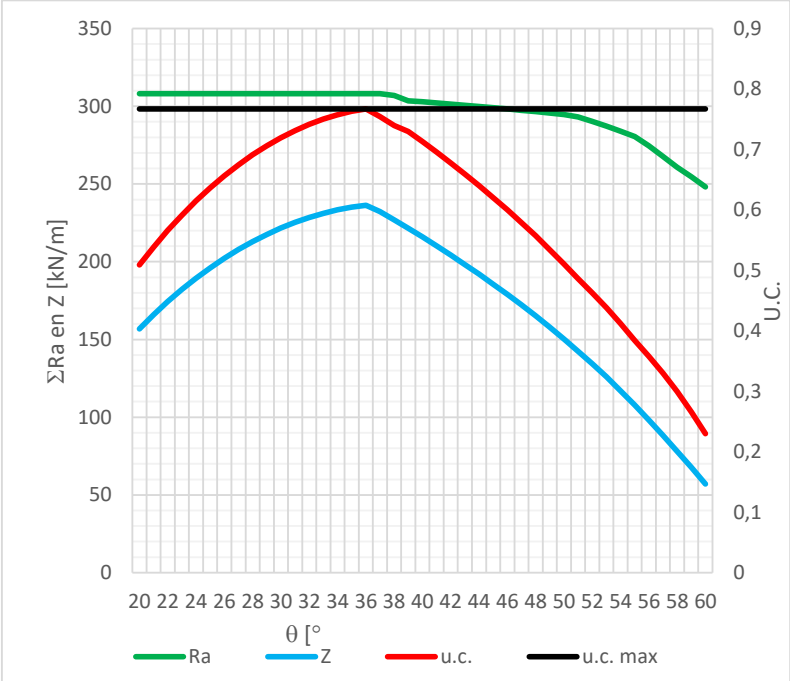
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	37,37	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	37,37	kN/m'

θ_{max}	34,0	°
σ_v	145,8	kN/m²
La	7,4	m
Ra	409,2	kN/m²
	U.C.	0,09
Rd	56,5	kN/m²
	U.C.	0,66



GLOBAAL 6.20

θ_{max}	36,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	236,3	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	236,3	kN/m'
ΣRa	308,1	kN/m'
	U.C.	0,77



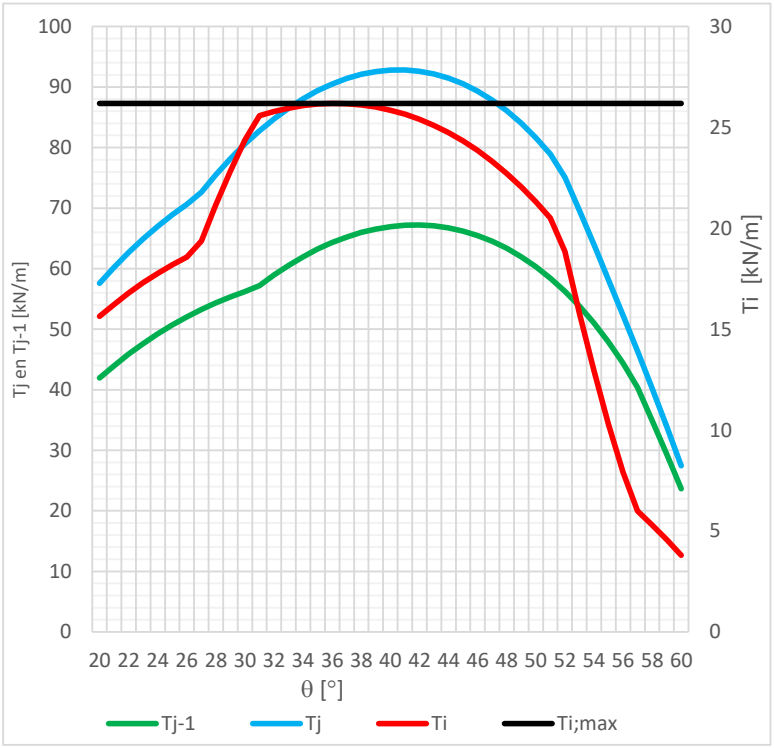
4.3 Laag 8

Y	4,20	m
L	8,00	m
Type	F110T	

LOKAAL 6,10

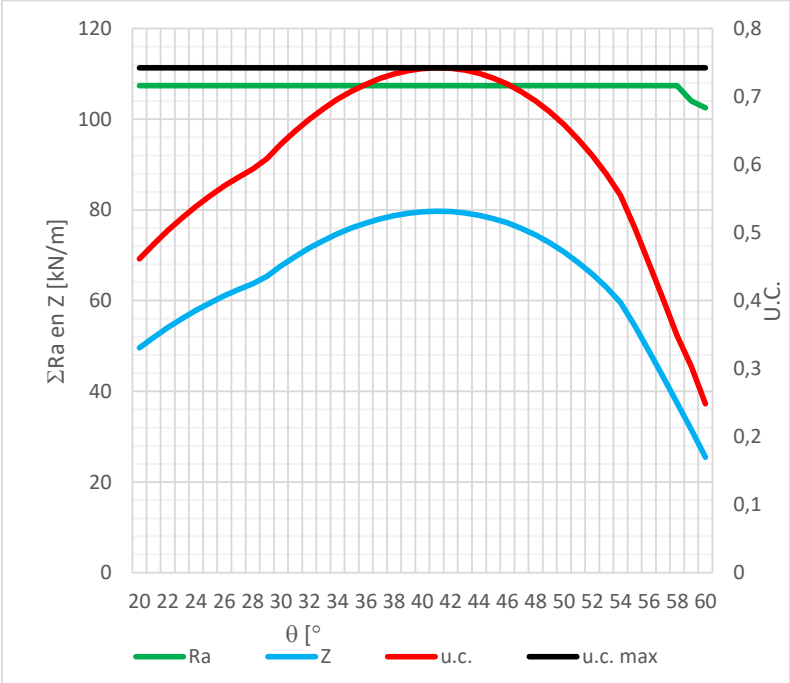
$T_{v;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,00	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	26,19	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0	kN/m'
$T_{;i;d}$	26,19	kN/m'

θ_{max}	36,0	°
σ_v	80,3	kN/m²
La	5,8	m
Ra	177,3	kN/m²
	U.C.	0,15
Rd	31,1	kN/m²
	U.C.	0,84



GLOBAAL 6.20

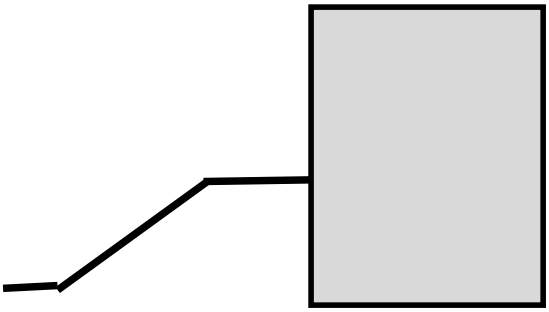
θ_{max}	41,0	°
$\theta_{2;max}$	20,0	°
$T_{v;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{h;i;d}$	0,0	kN/m'
$T_{\gamma;i;d}$	79,7	kN/m'
$T_{h;man;i;d}$	0,0	kN/m'
$Z_{i;d}$	79,7	kN/m'
ΣRa	107,4	kN/m'
	U.C.	0,74



5. Horizontaal glijden en draagkracht van de ondergrond

5.1 Geometrie maaiveld

Breedte berm	50,00	m
Breedte talud	5,00	m
Hoogte talud	2,00	m
β	0,00	°
d	0,90	m
A_e	17,97	m
Rekenen met talud	NEEN	17,97 < 50



5.2 Resultaat gronddruk achterzijde gewapende grond

V_d	1424,02	kN/m'
H_d	230,46	kN/m'
M_d	4367,98	kNm/m'

B_{ef}	6,13	m
L_{ef}	100	m
A_e	17,97	m

5.3 Controle horizontaal glijden

$R_{h;grond;d}$	655,25	kN/m'	u.c	0,28
$R_{h;wapening;d}$	453,63	kN/m'	u.c.	0,40

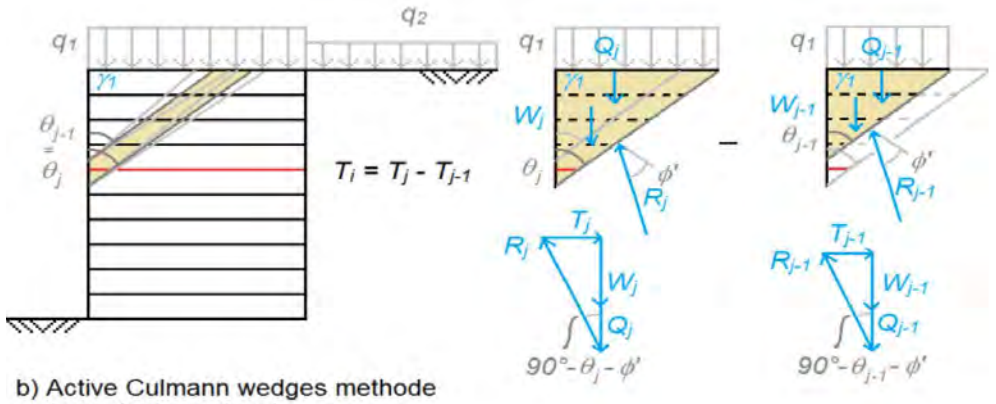
5.4 Controle draagkracht gedraineerde toestand

Bepaling parameters		c	Verschil > 6. Ponzen				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	cu;d	
			28,99	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1337,09	<	6898	uc	0,19
Rd = σmax;d x Bef			896,36	x	7,696	=	6898
C'gem;d	0,00	σv;z;d	14,50	γgem;d	14,50		
Nc	27,83	Nq	16,42	Nγ	17,08		
sc	1,04	sq	1,04	sλ	0,98		
ic	0,72	iq	0,74	iγ	0,64		
λc	1,00	λq	1,00	λλ	1,00		

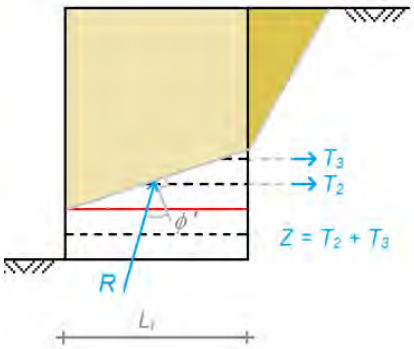
5.5 Controle draagkracht ongedraineerde toestand

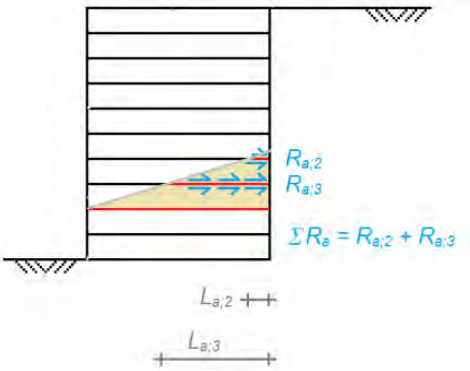
Bepaling parameters		c	Niet-cohesieve grondslag onder fundering. Ponzen en profiel doorzette				
Toegepaste parameters			φ	c'	γ_{dr}	cu;d	
			32,50	0,00	17,27	0,00	
Toets: Vd ≤ Rd			1337,09	#####	#####	uc	#####
Rd = σmax;d x Bef			#######	x	7,696	=	#####
Cu;d	0,00	σv;z;d	14,50				
sc	Sc	λq	1,00				
ic	########						
λc	1,00						

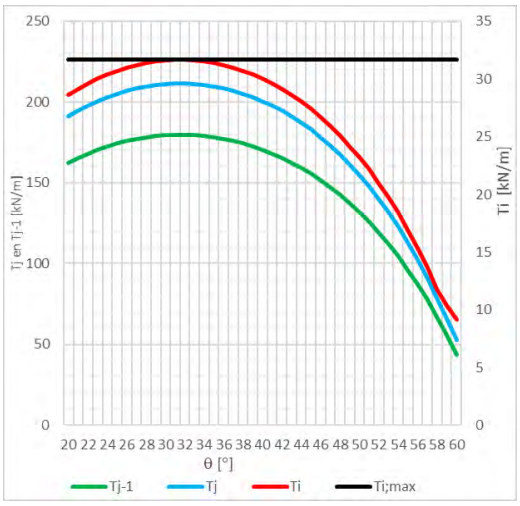
6. Verklaring grafieken

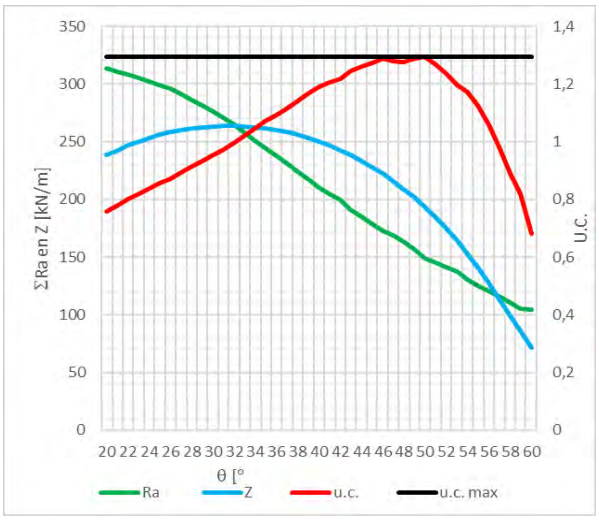


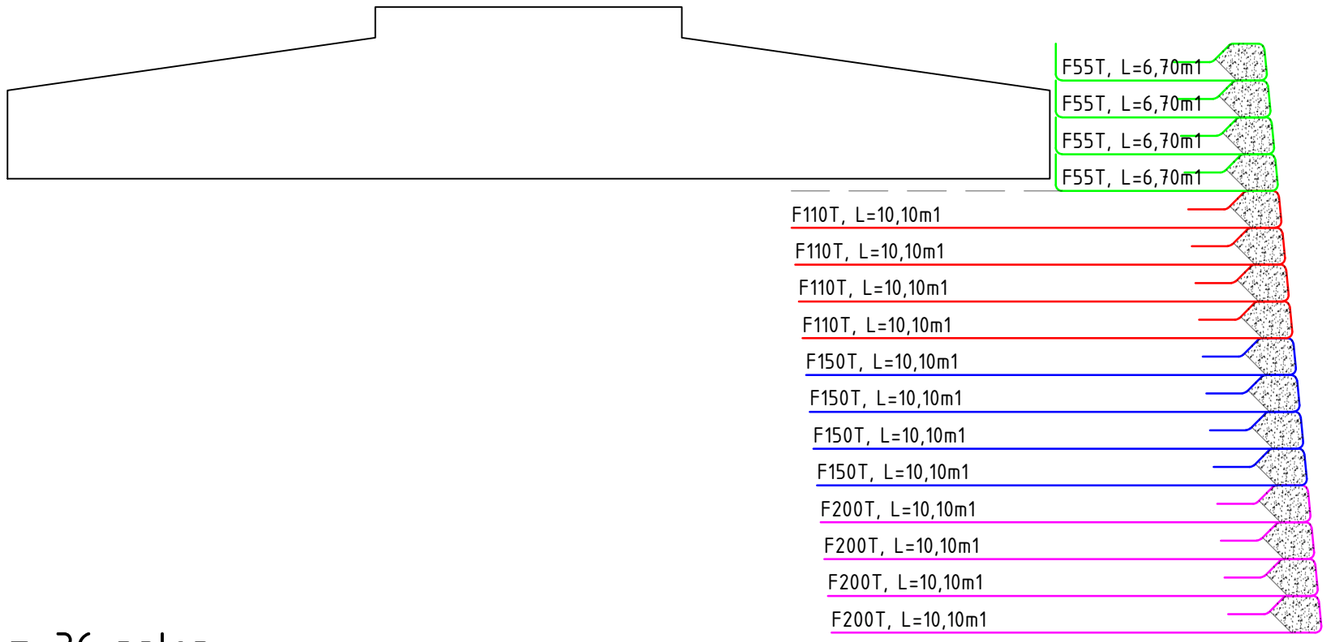
b) Active Culmann wedges methode (met single wedges)





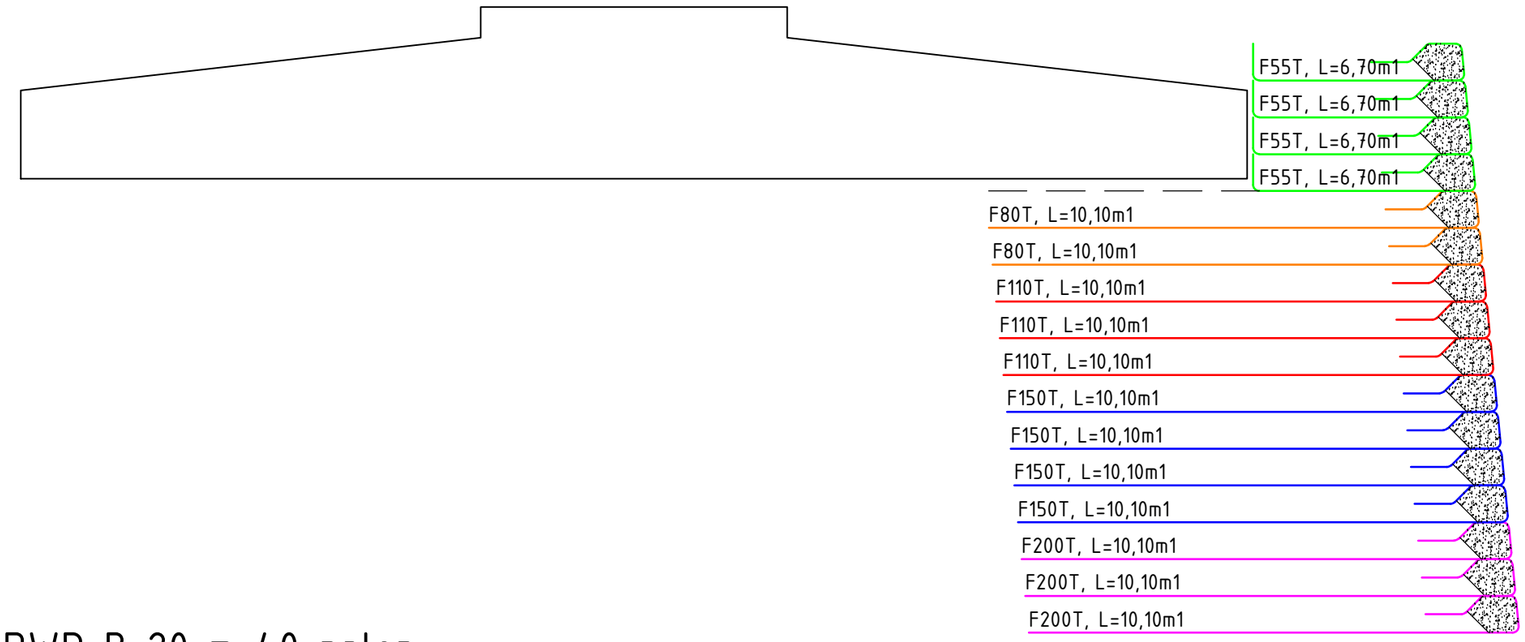






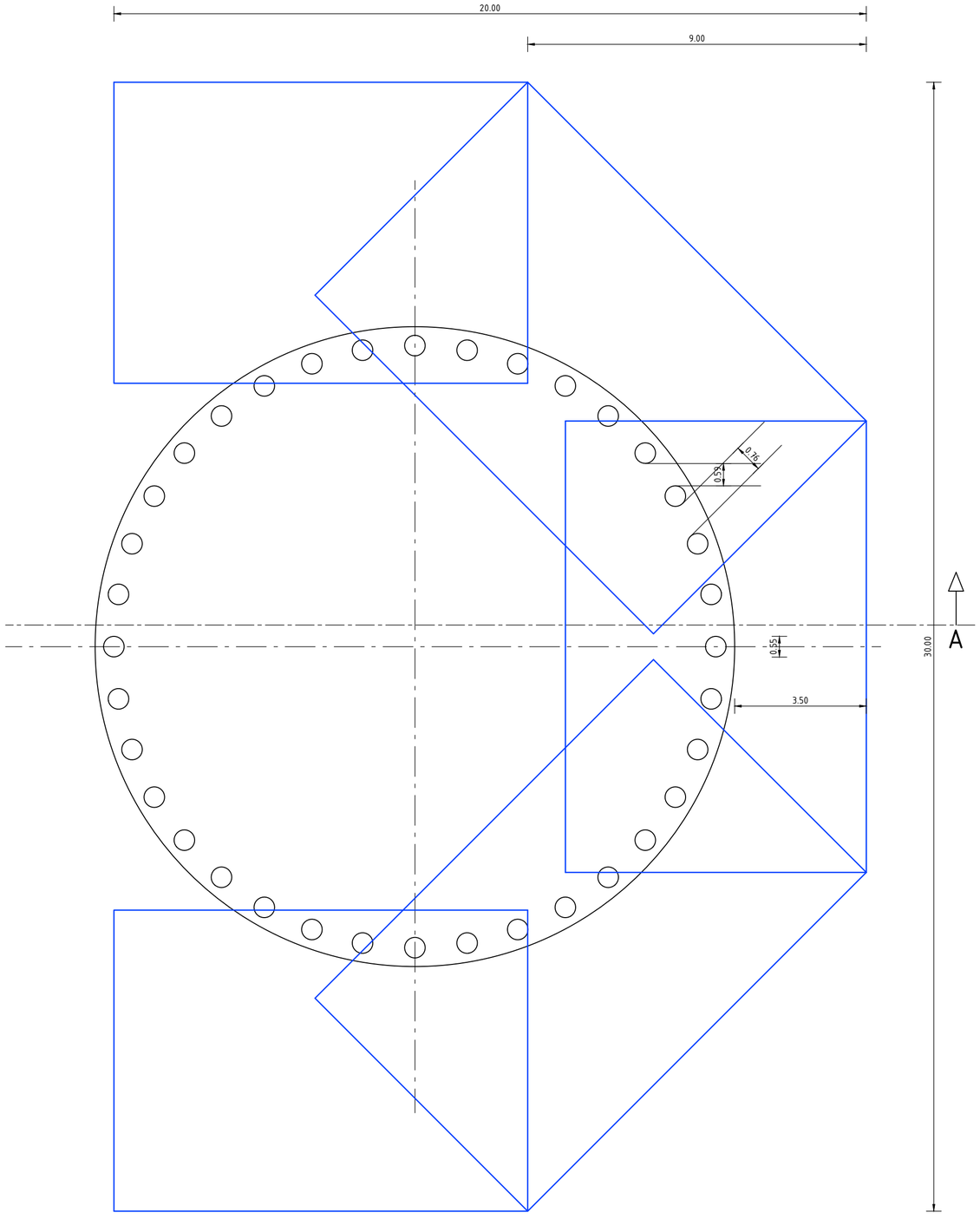
DWP A 17 m 36 palen

SCHAAL 1 : 100



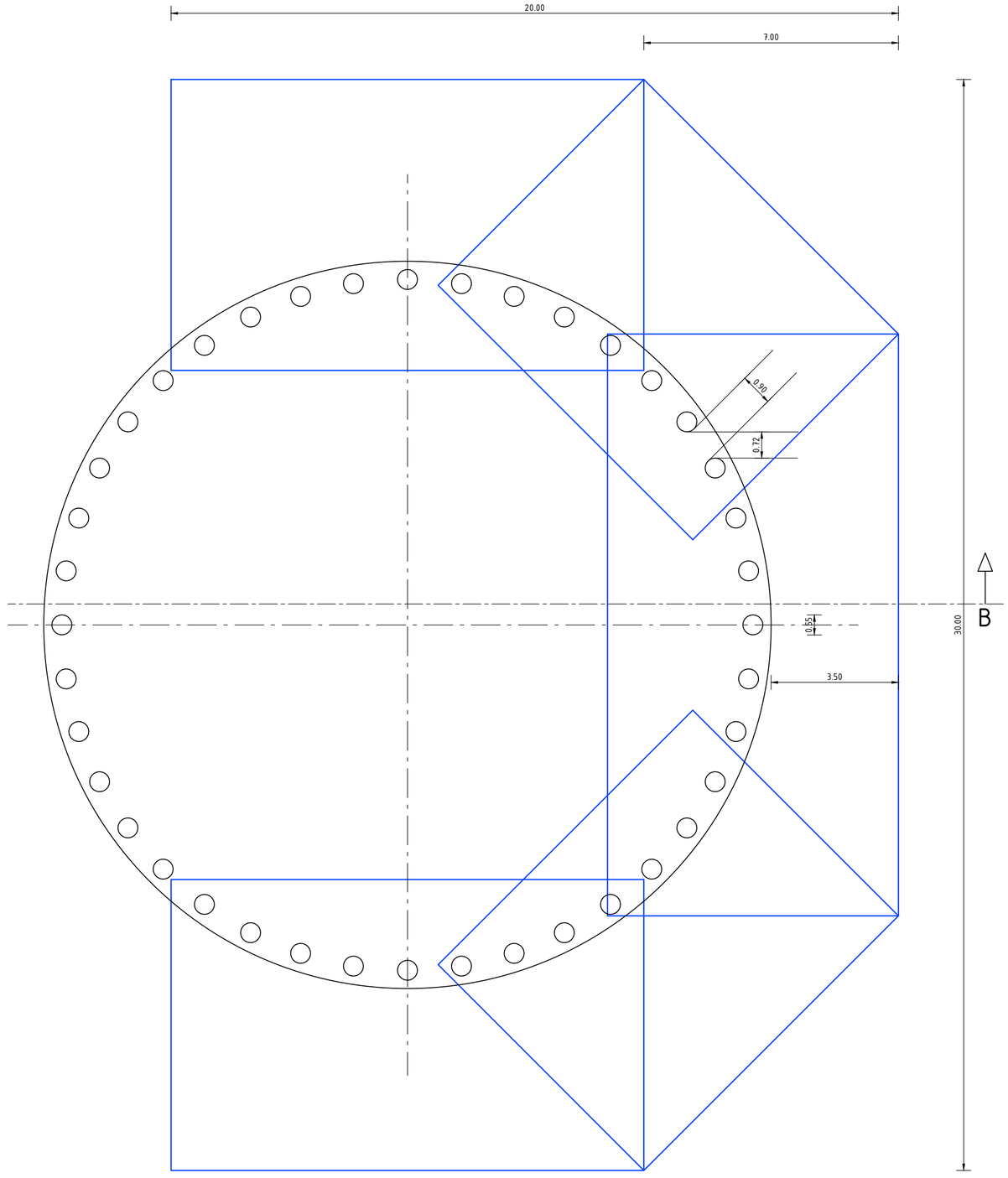
DWP B 20 m 40 palen

SCHAAL 1 : 100



Fundering bovenaanzicht 17 m 36 palen

SCHAAL 1 : 100



Fundering bovenaanzicht 20 m 40 palen

SCHAAL 1 : 100

RAPPORT

Windpark Maasvlakte 2

Beoordeling waterveiligheid Zachte Zeewering

Klant: Eneco Wind B.V.

Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0007

Status: Definitief/P4.0

Datum: 25 augustus 2020

Eneco

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Windpark Maasvlakte 2

Ondertitel: Waterveiligheid ZZ
Referentie: BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0007
Status: P4.0/Definitief
Datum: 25 augustus 2020
Projectnaam: Windpark Maasvlakte-2
Projectnummer: BG8375
Auteur(s): [redacted]

Opgesteld door: [redacted]

Gecontroleerd door: [redacted]

Datum/paraaf: 15 juli 2020

Goedgekeurd door:

Datum/paraaf:

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

1 Inleiding en uitgangspunten 1
1.1 Achtergrond 1
1.2 Aanpak onderzoek 2
1.3 Uitgangspunten en eisen: Risicobeheersplan en verificatiematrix 2

2 Systeemanalyse 5
2.1 Algemeen 5
2.2 Data 5
2.3 Onderhoudsstrategie MV-2 7
2.4 Grootschalige dynamiek van MV-2 10
2.5 Natuurlijke variatie van het kustprofiel over de jaren 14
2.6 Variatie van het kustprofiel ter hoogte van de windturbines 19
2.7 Seizoendynamiek van de bodemverandering 21
2.8 Samenvatting systeemanalyse 23

3 Effecten op veiligheid zeewering 25
3.1 Effecten harde elementen op zachte zeewering – algemene beschouwing 25
3.2 Zachte zeewering 26
3.3 Controle aanwezigheid extra volume zand in schillen 28
3.4 Overgangszone harde – zachte zeewering 32
3.5 Bouwen tijdens stormseizoen 37
3.5.1 Duinovergangen 39
3.5.2 Kraanopstelplaatsen 42
3.5.3 Kabelboringinstallatie 46
3.5.4 Bouwwegen 47
3.5.5 Los materieel 47

4 Analyse minimum bodemligging 49

5 Lokale ontgrondingen 56

6 Beheer en Onderhoud 62
6.1 Suppletiestrategie 62
6.2 Beheer en Onderhoud door Eneco 63
6.2.1 Dagelijkse inspectie 63
6.2.2 Inspectie eind stormseizoen 63
6.2.3 Strandsuppleties 63
6.2.4 Onderhoud duinovergangen 63
6.3 Voorstel aanpassing methodiek keuringen 64

6.3.1 Zachte Zeewering 64
6.3.2 Overgangszone 65

7 Effecten op veiligheid strandbezoekers 66

8 Dekking kabels en leidingen 67

9 Bibliografie 69

Bijlagen

A1 Samengestelde bodemontwikkeling bij windturbines

1 Inleiding en uitgangspunten

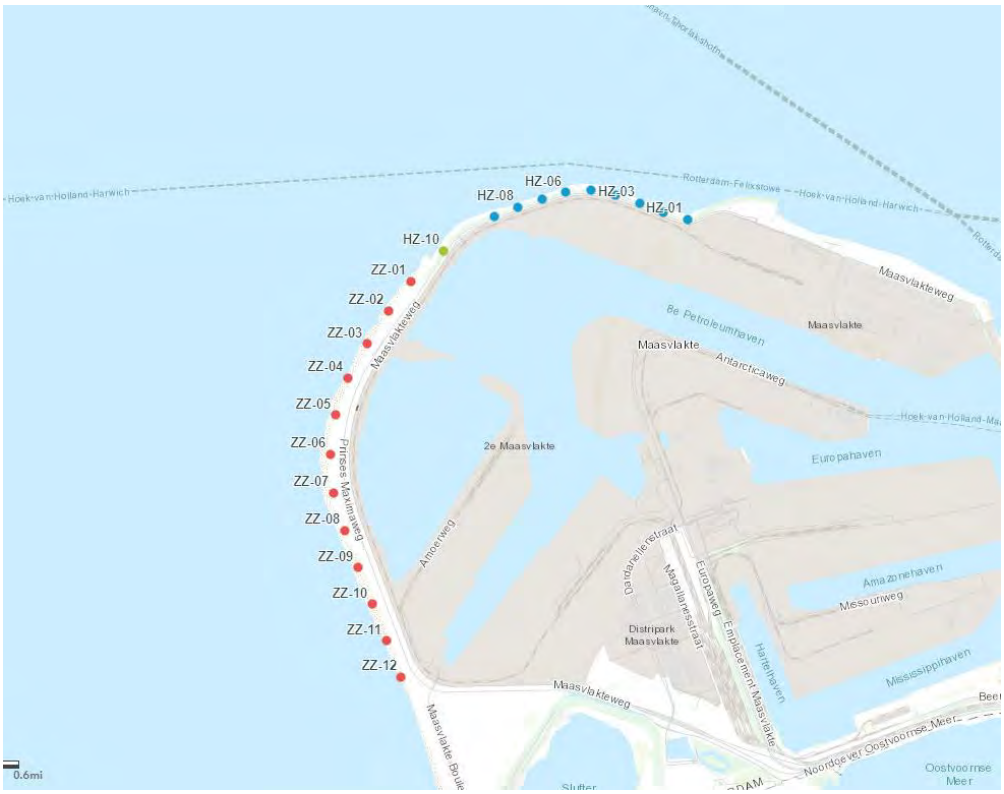
1.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat is voornemens een onshore windpark op de Maasvlakte-2 (MV-2) aan te leggen. Eneco heeft in februari 2020 concessie gekregen om dit windpark met een vermogen van ruim 100 MW te bouwen. De concessie geldt voor een periode van 25 jaar vanaf start bouw in 2023. Voorafgaand aan de bouw dienen verschillende vergunningen te worden verkregen, waaronder een Waterwetvergunning en Omgevingsvergunning.

Een deel van de windturbines komt op de zachte zeewering te staan (windturbines ZZ-01 t/m ZZ-12, zie Figuur 1-1). De aanwezigheid van deze windturbines op het strand kan mogelijk negatieve effecten hebben op de waterveiligheid van de zachte zeewering en op het Beheer en Onderhoud van MV-2. Deze effecten zijn onderzocht en beschreven in dit rapport.

Specifieke aandacht is gegeven aan de volgende aspecten:

- Effecten op de veiligheid van de zachte zeewering;
- Effecten op het Beheer en Onderhoud van MV-2;
- Effecten op de veiligheid van strandbezoekers;
- Dekking van kabels en leidingen.



Figuur 1-1. Overzicht van windturbines windpark Maasvlakte-2 (ZZxx - windturbines op de Zachte Zeewering, HZxx – windturbines op de Harde Zeewering).

1.2 Aanpak onderzoek

Het onderzoek bestaat uit een aantal stappen:

- Systeemanalyse van de morfologische ontwikkeling van MV-2. Deze analyse geeft inzicht in het natuurlijk gedrag van het zandlichaam waarop de windturbines worden geplaatst en de invloed van onderhoudssuppleties op dat gedrag. Het schept kader en randvoorwaarden voor de vervolganalyses.
- Analyse waterveiligheid Zachte Zeewering. Met modelberekeningen is door Svasek Hydraulics de duinafslag tijdens een ontwerpstorm met een frequentie van 1/10.000 per jaar en de effecten van de windturbines op deze afslag bepaald. De modelresultaten zijn vertaald naar de veiligheid tegen overstromen.
- Analyse waterveiligheid Overgangszone tussen de Harde en Zachte Zeewering. De veiligheid van deze zone is beoordeeld op basis van een conceptuele beschouwing aangevuld met modelberekeningen van Svasek Hydraulics.
- Analyse waterveiligheid met betrekking tot duinovergangen en tijdelijke constructies die ten behoeve van de bouw van de windturbines op het strand worden neergezet. Dit is gedaan aan de hand van een conceptuele beschouwing aangevuld met modelberekeningen van Svasek Hydraulics.
- Analyse minimum bodemligging. Op basis van de gegarandeerde minimum zandvolumes in het strand en duin is de laagst mogelijke bodemligging bij de windturbine locaties bepaald.
- Analyse lokale ontgrondingen bij windturbines. Deltares heeft modelberekeningen uitgevoerd waarmee de ontgrondingen die ontstaan door de interactie van de windturbines met golven, getijden en wind zijn bepaald.
- Invloed op Beheer en Onderhoud van MV-2. Op basis van de resultaten van de afslagberekeningen is een inschatting gemaakt van de impact van het windmolenpark op het suppletieprogramma van Rijkswaterstaat
- Veiligheid van recreanten. Resultaten van het onderzoek zijn vertaald naar de mogelijk onveilige situaties voor de strandbezoekers, en mitigerende maatregelen zijn geformuleerd.
- Dekking Kabels en Leidingen. Op basis van de analyses zijn mitigerende maatregelen gedefinieerd die moeten voorkomen dat de kabels van de windturbines naar het inkoopstation door ontgrondingen bloot komen te liggen.

1.3 Uitgangspunten en eisen: Risicobeheersplan en verificatiematrix

In het risicobeheersplan en de verificatiematrix voor het windpark MV-2 zijn eisen opgenomen ten aanzien van de veiligheid van de zachte zeewering. Deze eisen zijn overgenomen in Tabel 1-1 waarbij is aangegeven in welk hoofdstuk van dit rapport de desbetreffende eis wordt behandeld.

Tabel 1-1. Uitsnede verificatiematrix

Eis nr.	Eis	Toelichting eis	Hoofdstuk
Zachte zeewering			
16. Aanpak weringveiligheid Windpark Maasvlakte 2	Eis veiligheidsniveau zeewering	Aangetoond dient te worden dat –de wijze van- het plaatsen, exploiteren en ontmantelen van het windpark het minimale veiligheidsniveau van de zeewering niet vermindert.	3

		Toelichting: Onder de veiligheidsnorm wordt verstaan de gemiddelde overschrijdingskans van de hoogste waterstand, die ter plaatse kan voorkomen. De bescherming tegen overstroming van MV2 hangt samen met het aanlegniveau van de terreinen en de faalkans van de harde en zachte zeewering. In de concessie voor de aanleg van MV2 wordt uitgegaan van een overschrijdingsrisico van 1:10.000, deze norm komt overeen met het beschermingsniveau voor de primaire waterkeringen rondom in dijkring 14.	
46.4 RWS Memo watervergunning ZZ		Voor of tijdens stromen van windkracht 7 mogen er geen voertuigen, materieel en materialen aanwezig zijn op de wering	3
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering		De belangrijkste voorwaarde van RWS is dat het veiligheidsniveau van de zeewering niet negatief wordt beïnvloed door de plaatsing van windturbines.	3
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Ontwerpeisen voor plaatsen windturbines	Ontwerpeisen voor plaatsen windturbines - Voor het ontwerp en de dimensionering van funderingen dient per turbine te worden uitgegaan van het minimum gegarandeerde veiligheidsprofiel alsmede erosie ter plaatse. - In het kader van kustlijnzorg: Zandverlies als gevolg van menselijk handelen moet zoveel mogelijk worden beperkt.	3 / 4
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Eisen in relatie aanleg, exploitatie ontmanteling	Behoudens de windturbinefundaties mogen er geen andere permanente harde elementen zoals steenzettingen en verhardingen op het strand zijn	8
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Eisen in relatie aanleg, exploitatie ontmanteling	Compenserende maatregelen zoals zandbuffers worden in grof zand (d50>250mu) uitgevoerd en dienen beplant te zijn met helmgras.	3.5 / 3.6
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Eisen in relatie aanleg, exploitatie ontmanteling	Kabels en leidingen op het strand moeten onder de minimale bodemligging en onder het afslagprofiel liggen	8
46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Eisen in relatie aanleg, exploitatie ontmanteling	Het zand dat als zandbanket wordt aangebracht en het zand dat voor het construeren door exploitant van de turbines nodig is, wordt van buiten het kustfundament betrokken en is en blijft na aanbrengen eigendom van de Staat.	3.5 / 3.6

46.4 Memo watervergunning Zachte Zeewering	Eisen in relatie aanleg, exploitatie ontmanteling	Exploitant is verantwoordelijk voor onderhoud binnen een nader te bepalen cirkel rondom de turbines. Dit betreft onderhoud als gevolg van scour en veiligheid.	5 / 8
Duinovergangen			
105. Eisen voor extra duinovergangen 20 september 2019		Het bestaande duinprofiel mag niet dusdanig worden verlaagd of versmald dat de waterveiligheidsfunctie in het geding komt of dat de aanwezige zandbuffers geminimaliseerd/verlaagd worden. De exploitant dient te bepalen op basis van zijn ontwerp welke compenserende maatregelen dienen te worden genomen om de waterveiligheid te waarborgen. Dit ontwerp behoeft voorafgaand aan de werkzaamheden instemming van de beheerder.	3.5
105. Eisen voor extra duinovergangen 20 september 2019		Buiten het stormseizoen mogen de duinen lokaal verlaagd worden. De beheerder bepaalt de effecten en eventueel benodigde compenserende maatregelen van deze duinverlaging waarbij de waterveiligheid te allen tijde gewaarborgd wordt.	3.5
105. Eisen voor extra duinovergangen 20 september 2019		Op- en afritten worden geconstrueerd met zand dat betrokken wordt van buiten het fundament van de zeewering of andere materialen. Hierbij geldt dat het zand van minimaal dezelfde kwaliteit moet zijn als het zand van de zeewering.	3.5

2 Systeemanalyse

2.1 Algemeen

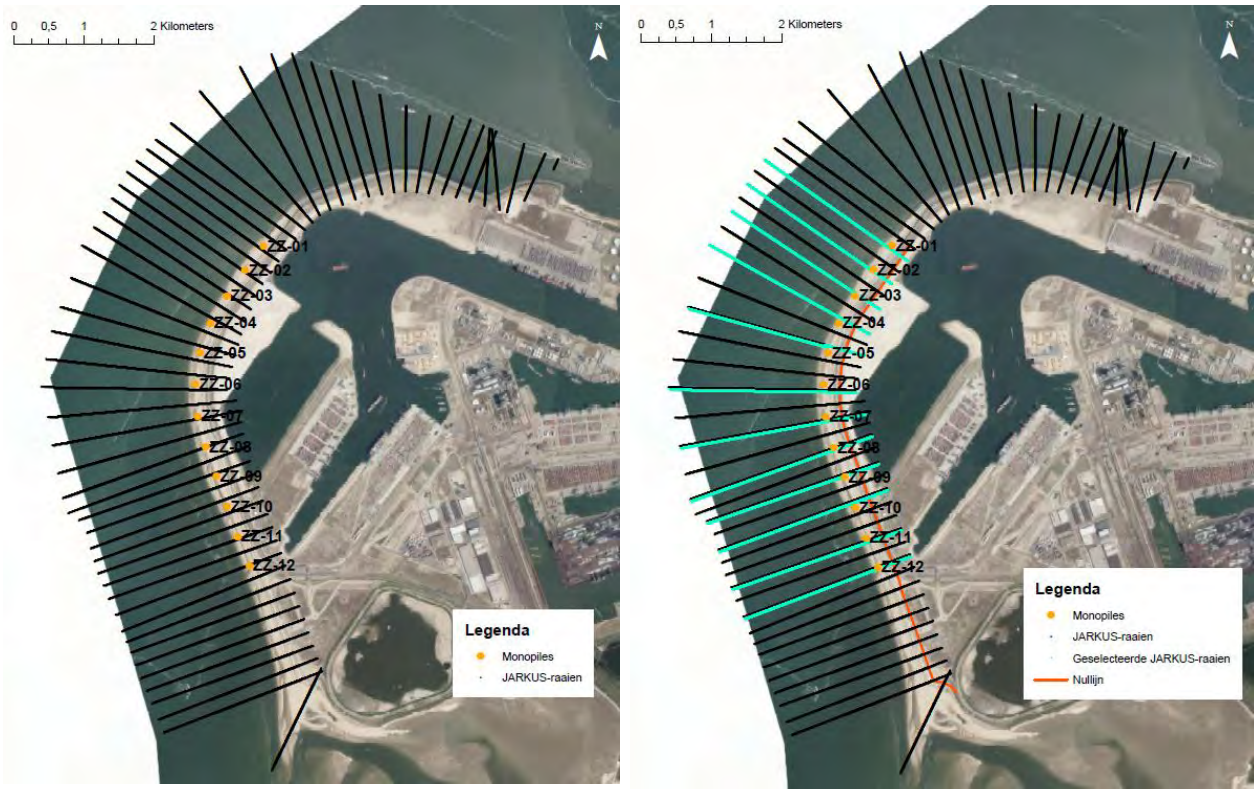
De Tweede Maasvlakte (MV-2) is in 2013 aangelegd als grote zeewaartse uitbouw van de Rotterdamse haven. Het is over het algemeen een erosief systeem, wat inhoudt dat de kustlijn geleidelijk landinwaarts verplaatst. Om dat tegen te gaan wordt het systeem onderhouden door suppleties. In de laatste jaren zijn suppleties uitgevoerd in 2014, 2016 en 2018 (Svasek Hydraulics, 2019b) (PUMA, 2018). De volgende suppletie is gepland in 2020 (PUMA, 2018). Een analyse van de natuurlijke dynamiek in het gebied sinds de aanleg (veranderingen van vooroever, strand en duin onder invloed van golven en getijden) is uitgevoerd en wordt in dit hoofdstuk beschreven. Analyses van jaarlijkse bodemopnames voor de periode 2013-2019 geven een duidelijk inzicht in het 'natuurlijk' gedrag van de kust en wat er de komende jaren verwacht kan worden. In de analyse is aandacht geschonken aan de reeds uitgevoerde suppleties op basis van informatie uit het Beheer en Instandhoudingsplan (BIP) (PUMA, 2019c). Op basis van het huidige suppletiebeleid in het BIP is een schatting gemaakt van de maximale erosie van het strand. De combinatie van trendanalyse en de grenzen aan erosie die uit het BIP voortvloeien geven een bandbreedte van de mogelijke bodemveranderingen ter plaatse van de windturbines.

2.2 Data

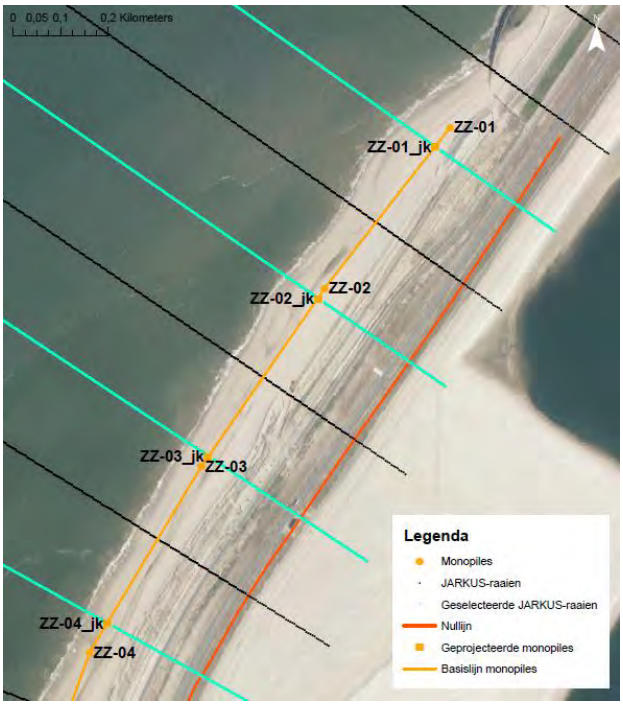
Voor de systeemanalyse is JARKUS data gebruikt. Deze data bestaat uit gemeten bodemligging op raaien langs de kust van MV-2 om de circa 200 m. Kustdwars is de resolutie 5 m. De metingen zijn gedaan in Q1 van elk jaar, variërend van januari tot maart. De raaien zijn te zien in Figuur 2-1. Data is beschikbaar voor de jaren 2013 – 2018. Daarnaast zijn door Rijkswaterstaat de volgende datasets aangeleverd (Rijkswaterstaat, 2019b):

- De bodemligging in kwartaal 2 van 2019;
- De ontwerpbodemligging van de zachte zeewering, welke de basis is van de huidige onderhoudsstrategie.

Voor de analyse zijn de raaien geselecteerd die het dichtst bij de twaalf windturbines liggen, zie Figuur 2-1 rechts. De afstand langs elke raai heeft zijn beginpunt op de nullijn: een lijn getrokken langs de binnenwaartse zijde van het duin (zoals in de data van 2019). De locatie van de windturbines is loodrecht geprojecteerd op de JARKUS raaien, zie Figuur 2-2 als illustratie van deze methode. De meeste windturbines liggen binnen 50 meter van de dichtstbijzijnde JARKUS raai, de grootste afstand tussen de JARKUS raai en de ernaast gelegen windturbines ZZ-05 en ZZ-10 bedraagt circa 100 meter.



Figuur 2-1: Links - JARKUS raaien rondom MV-2. Ook de locatie van de windturbines is getoond. Rechts - Geselecteerde JARKUS-raaien en de nullijn (een lijn getrokken langs de binnenwaartse zijde van het duin, zoals in de data van 2019).



Figuur 2-2: Illustratie van de projectiemethode van de windturbines op de geselecteerde JARKUS-raaien.

Naast deze databronnen is gebruik gemaakt van reeds bestaande analyses naar het morfologische gedrag van MV-2 (zoals (Lako, 2019), (PUMA, 2018) en (Svasek Hydraulics, 2019c)) en keuringsdocumenten van PUMA (zoals (PUMA, 2019a)).

2.3 Onderhoudsstrategie MV-2

MV-2 wordt onderhouden door middel van suppleties. De huidige contractuele onderhoudsperiode door PUMA loopt tot half april 2023. Daarbinnen worden jaarlijkse keuringen uitgevoerd, waarbij gecontroleerd wordt of het volume binnen verschillende morfologische schillen voldoende groot is om de standzekerheid van de zeewering voor 1 jaar na peildatum te waarborgen (of tot de volgende geplande suppletiecampagne) (PUMA, 2018). Ook wordt gekeurd op het volume wat nodig is om de suppletiefrequentie te beperken tot maximaal eens per twee jaar en het benodigde volume om de voorspelde erosie op de strandoever en vooroever te compenseren in de volgende 2,35 respectievelijk 2,25 jaar.

Het gaat hierbij om volgende morfologische schillen:

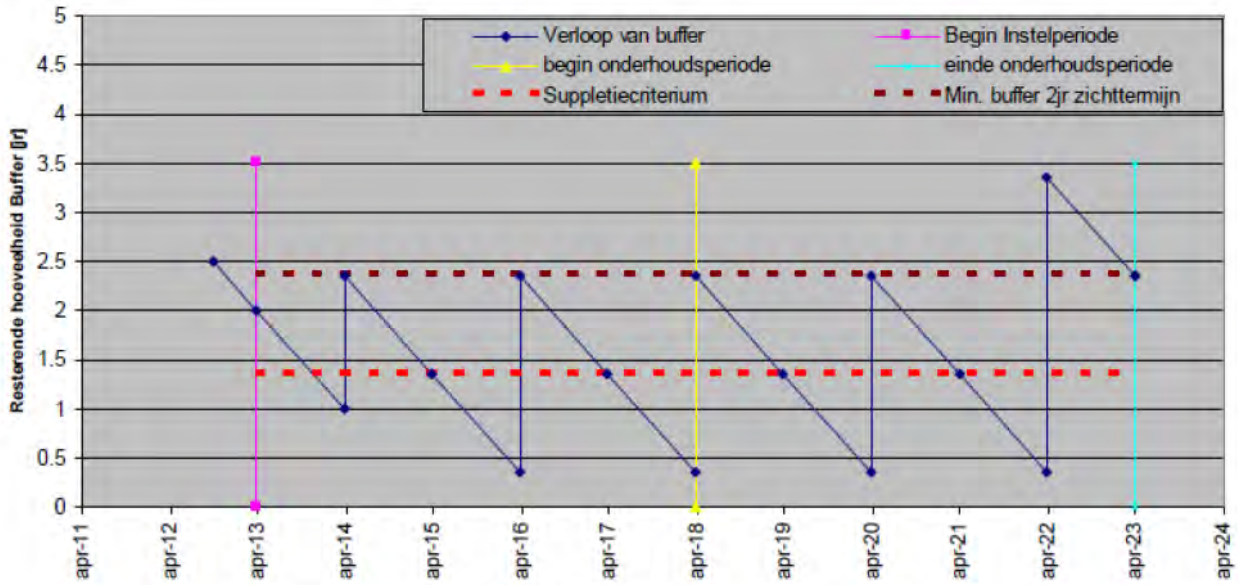
- Duinreep: kustprofielzone gelegen boven NAP +3m
- Strandoever: kustprofielzone gelegen tussen NAP +3m en NAP-4m
- Vooroever: kustprofielzone gelegen tussen NAP -4m en NAP -8m
- Kustfundament: kustprofielzone gelegen onder NAP -8m

De ontwerpvolumes in deze verschillende kustschillen zijn te zien in Figuur 2-3. Het daadwerkelijk aanwezig volume in de strandschil wordt bepaald door het volume boven de -4 m NAP en onder de +3 m NAP lijn te bepalen. Eventuele overschotten in de duinreep mogen gebruikt worden om tekorten in de strandschil te compenseren tot maximaal 250 m^3/m (PUMA, 2019a). Hetzelfde geldt voor de strandschil en de vooroever.

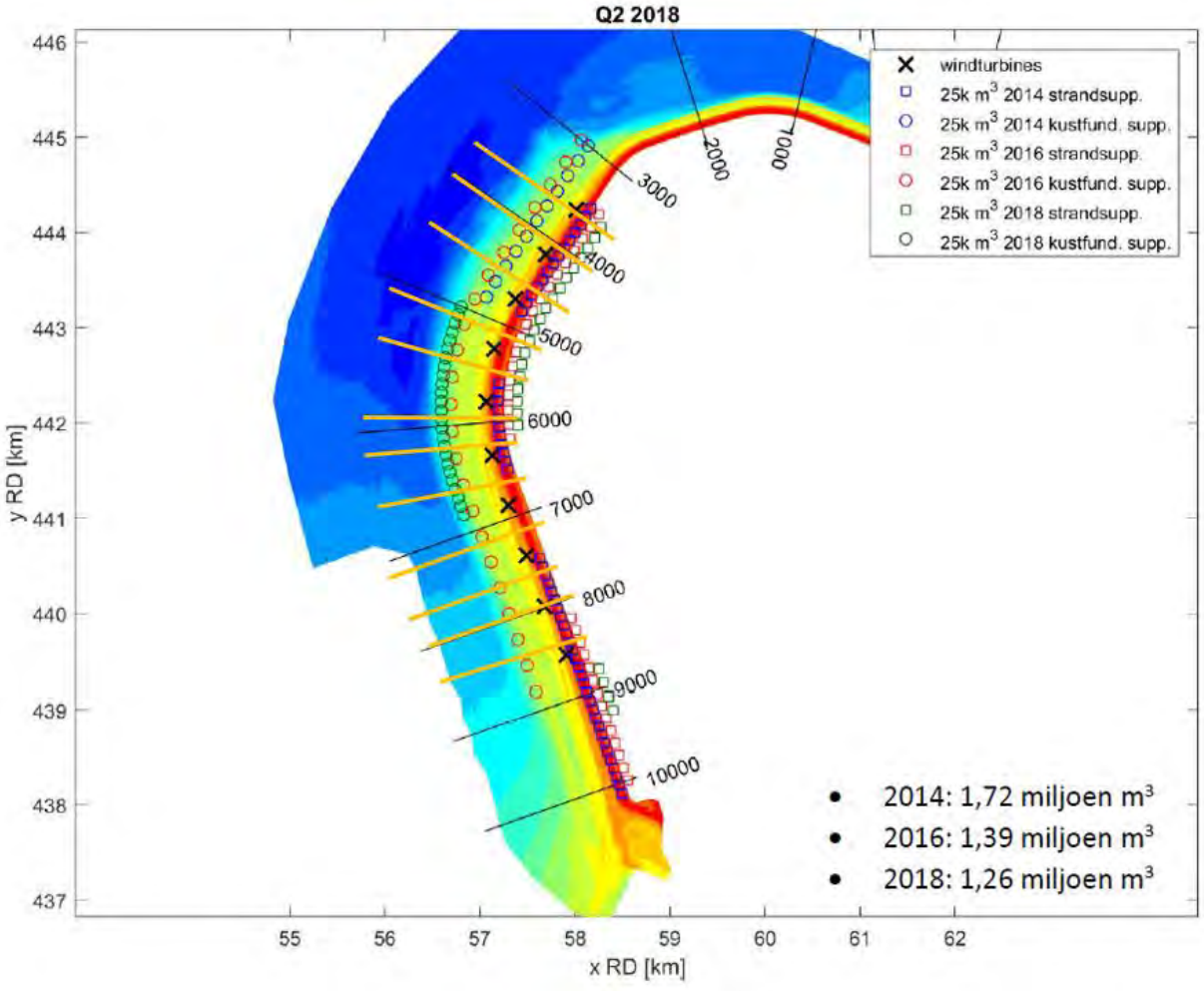
	Ontwerp/toetsvolume [m3/m]			Ligging windturbines
	Duin	*Strandoever*	*Vooroever*	
BC_3495	612	1444	1988	
BC_3600	625	1446	1993	ZZ-01
BC_3800	567	1419	1985	
BC_4000	472	1365	1955	ZZ-02
BC_4200	430	1340	1940	
BC_4400	430	1340	1940	ZZ-03
BC_4600	441	1349	1946	
BC_4800	441	1350	1946	ZZ-04
BC_5000	441	1349	1946	
BC_5200	441	1349	1946	ZZ-05
BC_5400	441	1349	1946	
BC_5600	429	1340	1940	
BC_5800	429	1340	1940	ZZ-06
BC_6000	429	1340	1940	
BC_6200	409	1323	1931	ZZ-07
BC_6400	409	1323	1931	
BC_6600	423	1342	1942	ZZ-08
BC_6800	380	1321	1930	
BC_7000	339	1300	1918	ZZ-09
BC_7200	339	1300	1918	
BC_7400	339	1300	1918	ZZ-10
BC_7600	330	1297	1916	
BC_7800	330	1297	1916	
BC_8000	330	1297	1916	ZZ-11
BC_8200	304	1272	1902	
BC_8400	304	1272	1902	ZZ-12
BC_8600	218	1271	1912	
BC_8800	212	1334	1955	
BC_9000	207	1398	1998	
BC_9200	207	1467	2044	
BC_9400	207	1537	2090	
BC_9600	204	1605	2138	
BC_9800	204	1674	2184	
BC_10000	204	1739	2228	
BC_10200	208	1668	2220	
BC_10205 cone	220	1475	2085	
BC_10210 cone	208	1352	1967	
BC_10400	208	1185	1876	
BC_10590	208	1175	1848	

Figuur 2-3: Ontwerpvolumes in de duin-, strand- en vooroever schil op de verschillende PUMA raaien. De gekleurde vakken geven de zones aan waar de windturbines komen te staan (PUMA, 2018).

Bij oplevering is een bepaalde buffer (slijtlaag) aangebracht, ter compensatie van de verwachte erosie. Tijdens de instelperiode 2013 – 2018 hebben drie suppleties plaatsgevonden (2014, 2016 en 2018). Daarmee wordt de buffer weer aangevuld, zie Figuur 2-4. De locatie van de strand- en kustfundament suppleties in deze drie jaren is te zien in Figuur 2-5. Ook in de onderhoudsperiode (2018 – 2023) zijn suppleties gepland om de twee jaar. In totaal is op de zachte zeewering in de instelperiode 2,22 miljoen m^3 zand gestort op de strandoever, 0,89 miljoen m^3 op het kustfundament en 3,1 miljoen m^3 totaal (exclusief suppletie van 2018).



Figuur 2-4: Verloop van de zandsuppleties over de jaren 2013 - 2023, overgenomen uit (PUMA, 2018).



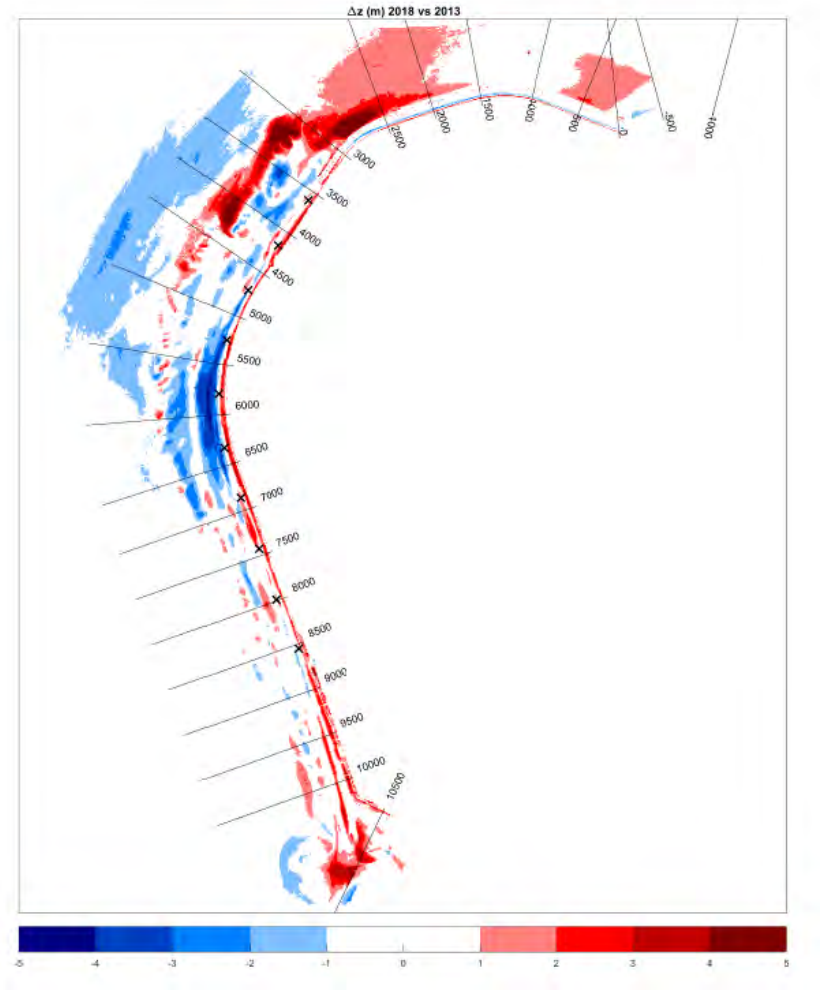
Figuur 2-5: Locatie van de strand- en kustfundament suppleties in 2014, 2016 en 2018 (Svasek Hydraulics, 2019c).

Uit de instelperiode is gebleken dat het lastig is de schilvolumes rondom de overgang tussen de harde en de zachte zeewering in stand te houden door middel van regelmatige suppleties (PUMA, 2019b). Het morfologisch systeem wordt steeds uit evenwicht gebracht, wat leidt tot sterkere erosie. Voor dit deel is een aangepaste keuringsmethodiek ontwikkeld op basis van daadwerkelijke duinafslag en een kritisch afslagpunt (PUMA, 2019d).

2.4 Grootschalige dynamiek van MV-2

MV-2 is een kunstmatig zandlichaam, opgespoten in 2013. Dit systeem is niet in evenwicht met de natuurlijke krachten van getijstromingen en golven, en het moet in stand gehouden d.m.v. regelmatige suppleties, zoals hierboven beschreven.

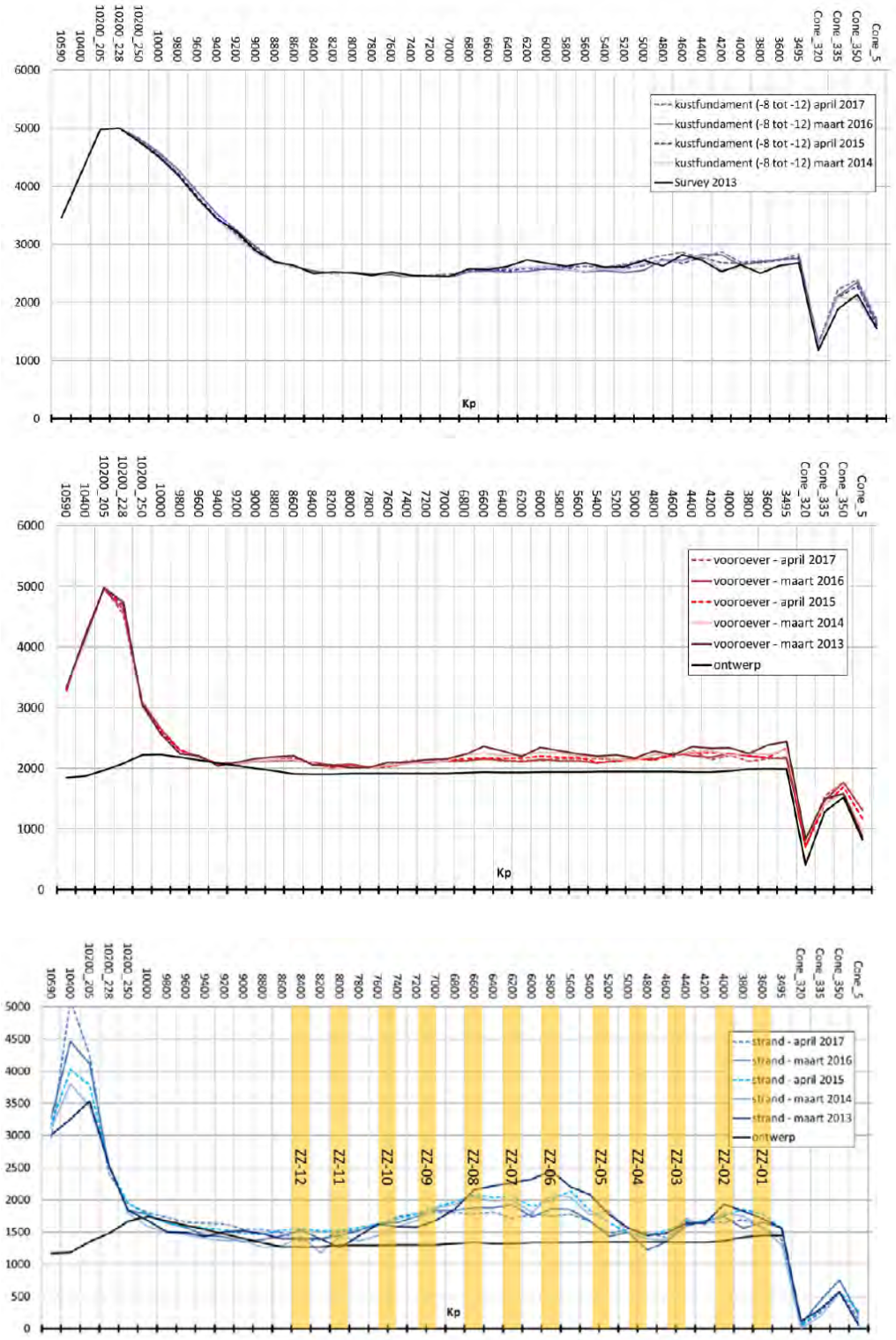
In de studie van (Svasek Hydraulics, 2019b) worden de grootschalige sedimentatie-erosie patronen in de periode tussen 2013 en 2018 beschreven, zie Figuur 2-6. Grote erosiezones zijn te zien bij de bocht (BC-5000 tot BC-7000), bij de overgang tussen de harde en de zachte zeewering (BC-3500) en op dieper water. In het uiterste zuiden van de zachte zeewering vindt sedimentatie plaats.



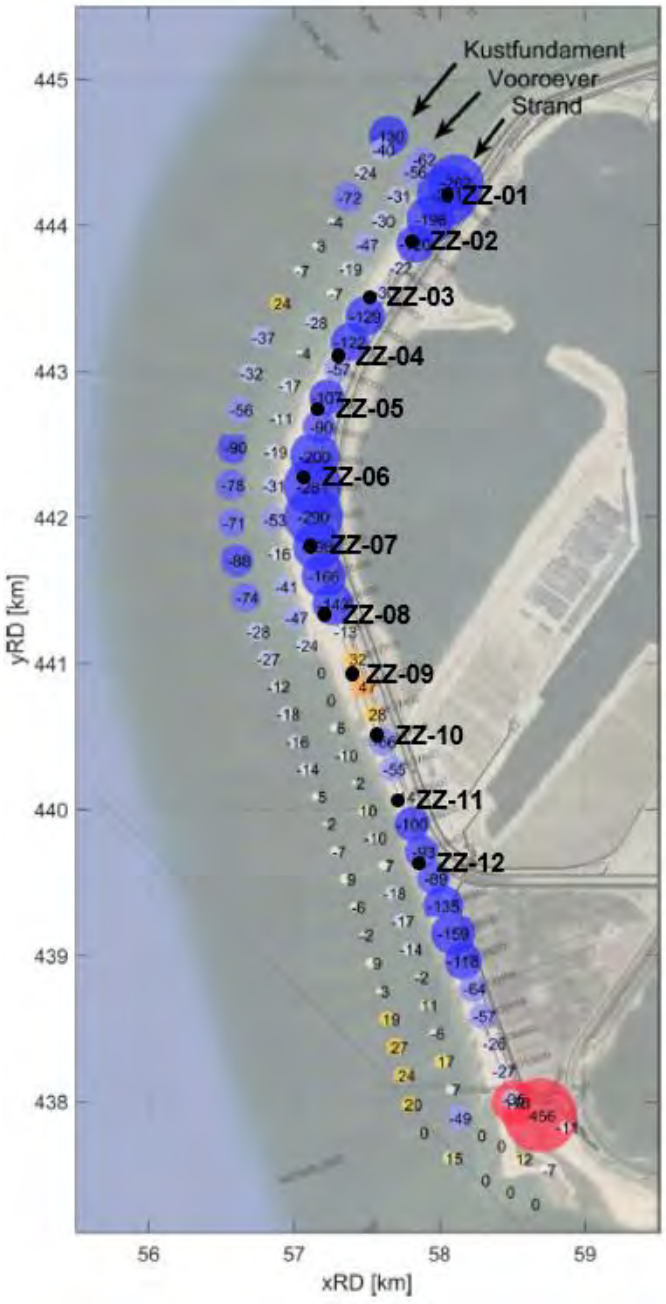
Figuur 2-6: Erosie en sedimentatie zones tussen 2013 en 2018. Overgenomen uit (Svasek Hydraulics, 2019c). Blauw: erosie. Rood: sedimentatie.

In (PUMA, 2018) zijn de observaties beschreven wat betreft de grootschalige dynamiek van MV-2 tijdens de instelperiode (april 2013 – april 2018). De bevindingen zijn als volgt (zie ook Figuur 2-7 en Figuur 2-8):

- Het kustfundament is dynamisch in het noorden van de zachte zeewering, in het zuiden is deze redelijk stabiel;
- De vooroever is over het algemeen licht eroderend;
- De strandoever zandt aan in het uiterste zuiden van de zachte zeewering, maar erodeert bij de overgang tussen de harde en de zachte zeewering, in de bocht (rond raai 6000) en bij raai 8200-9400. Er is een sterke fluctuatie zichtbaar in het profiel;
- De erosie is het grootst op de strand en het kleinst op de vooroever;
- Er is veel jaarlijkse fluctuatie.



Figuur 2-7: Volume (m^3/m) in de verschillende schillen langs de gehele zachte wering. Boven: kustfundament. Midden: vooroever. Beneden: strand. Overgenomen uit (PUMA, 2018). Bij de strandschil zijn de locaties van de windturbines indicatief weergegeven. In de figuren is noord rechts en zuid links.



Figuur 2-8: Gemiddelde erosie/sedimentatie in m^3/m per jaar voor de drie verschillende schillen gebaseerd op data tussen 2013 en 2017 (PUMA, 2018). De rode bollen en positieve getallen geven sedimentatie aan, de blauwe bollen en negatieve getallen geven erosie aan. De grootte van de bollen staat in verhouding met de mate van sedimentatie of erosie. De locatie van de windturbines is indicatief weergegeven.

Er kunnen grote gradiënten in zandtransport optreden langs de kust van MV-2, waardoor de erosielocaties zijn te verklaren. Bij de meest noordelijke raaien zorgt de overgang van de harde naar de zachte zeewering voor deze gradiënten. In de bocht zorgt de sterke kustkromming hiervoor. Dit was al voorzien, de buffer is hier immers geplaatst. Bij raai 8200-9400 zorgt een sterk scheve golfinval in combinatie met een wisselend voorland bij verschillende golfinvalshoeken (breed voorland aan de zuidkant, smaller voorland aan de noordkant) voor de gradiënt in zandtransport (PUMA, 2018). Naast golfinval speelt ook getij een belangrijke rol: door contractie zijn de stromingen ruimtelijk zeer variabel.

Rond de overgang tussen de harde en de zachte zeewering (meest noordelijke raaien) vertoont het morfologisch gedrag een sterke mate van grilligheid. Deze grilligheid wordt voornamelijk bepaald door de sterkte en de richting van stormen. Suppleties in de strandschil zijn hier minder effectief, het volume verspreidt zich snel over aangrenzende delen. Een overschot aan sediment op de vooroever kan echter positief werken voor de standzekerheid van deze raaien (PUMA, 2018).

De gemiddelde sedimentatie of erosie per jaar over de periode 2013-2017 is getoond in Figuur 2-8. Bij de noordelijke raaien erodeert er jaarlijks circa 300 m^3/m op de strandschil, circa 60 m^3/m op de vooroever en circa 130 m^3/m op het kustfundament. Rond de bocht erodeert er jaarlijks circa 300 m^3/m op de strandschil, 50 m^3/m op de vooroever en 90 m^3/m op het kustfundament. Bij de zuidelijke raaien erodeert er jaarlijks circa 150 m^3/m op de strandschil en 20 m^3/m op de vooroever. Op het kustfundament vindt hier lichte erosie of lichte sedimentatie plaats. In totaal erodeert er tussen 2013 en 2016 0,74 miljoen m^3 van de strandoever, 0,17 miljoen m^3 van de vooroever en 0,18 m^3 van het kustfundament. De erosie of sedimentatie in de strandschil ter hoogte van de windturbines volgt uit Figuur 2-8 en is opgesomd in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Gemiddelde erosie/sedimentatie op de strandschil per jaar in m^3/m (over de jaren 2013 – 2017) ter hoogte van de windturbines, op basis van (PUMA, 2018).

Gemiddelde erosie/sedimentatie per jaar voor de strandoever schil [m3/m], rekening houdend met zandaanvoer

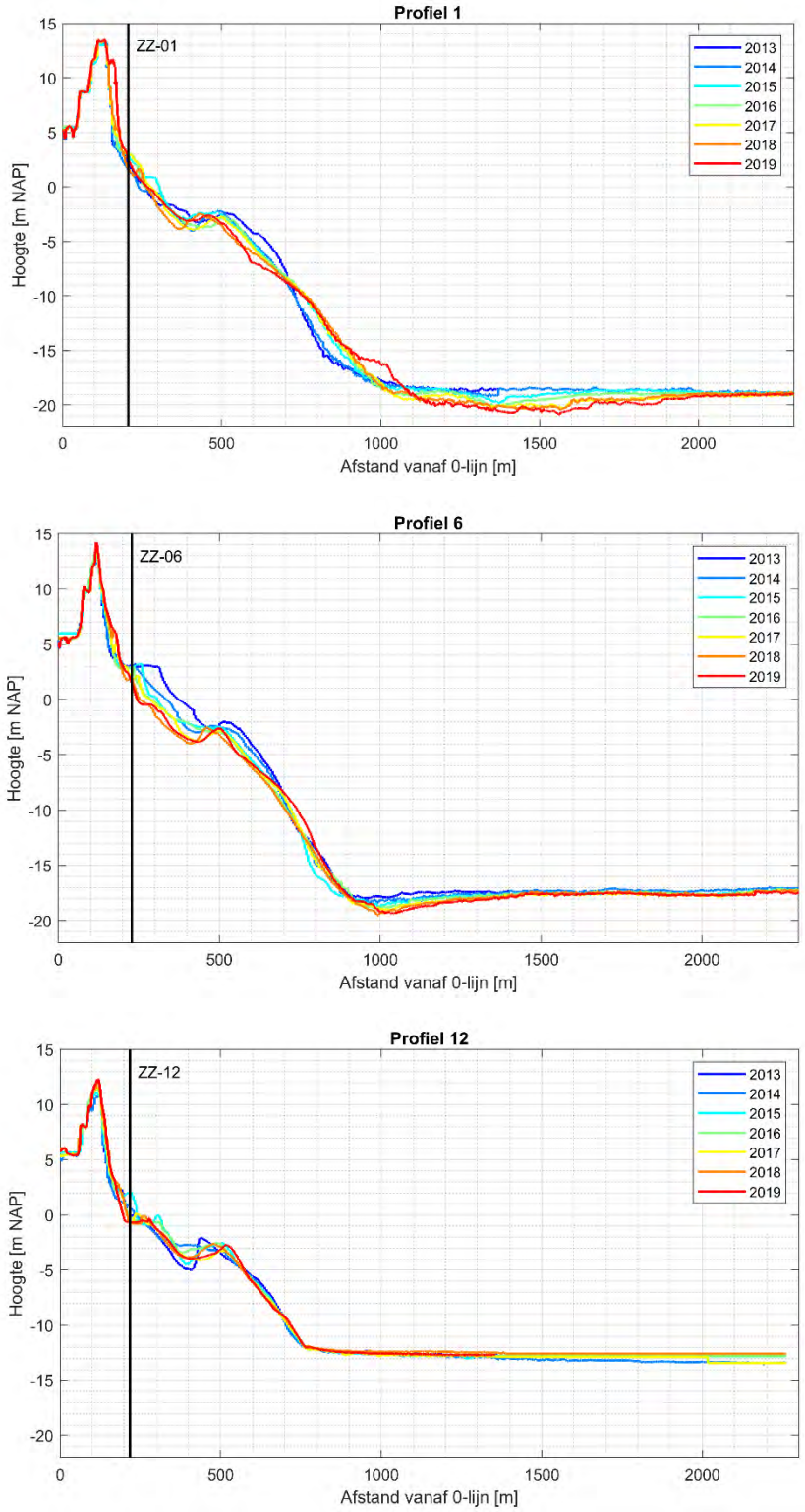
	ZZ-01	ZZ-02	ZZ-03	ZZ-04	ZZ-05	ZZ-06	ZZ-07	ZZ-08	ZZ-09	ZZ-10	ZZ-11	ZZ-12
Jaar / Raai	*3600*	*4000*	*4400/4600*	*4800/5000*	*5200/5400*	*5800*	*6200*	*6600*	*7000/7200*	*7400/7600*	*8000*	*8400*
2013-2014	-345	-152	-27	-73	-28.5	-376	-271	-113	149	-87	174	44
2014-2015	-223	-97	-69.5	-97	-56	-326	-168	-171	59	27	-191	-153
2015-2016	-241	-137	-134	-118	-191	-139	-129	-201	-47.5	-26.5	-81	-22
2016-2017	-449	-100	-90	-75.5	-124.5	-296	-233	-92	-1	9.5	40	-245
Gemiddeld	-311	-120	-79.5	-89.5	-98.5	-281	-198	-143	39.5	-19	-14	-93

Figuur 2-7 toont naast de jaarlijkse volumes ook het ontwerpvolume op de vooroever en de strandschil. In het uiterste zuiden is er gedurende alle jaren een overschot aan volume. Dit neemt sterk af naar het noorden, al liggen op de vooroever de daadwerkelijke volumes meestal hoger dan de ontwerpvolumes. Op de strandschil heeft het daadwerkelijke volume af en toe onder het ontwerpvolume gelegen.

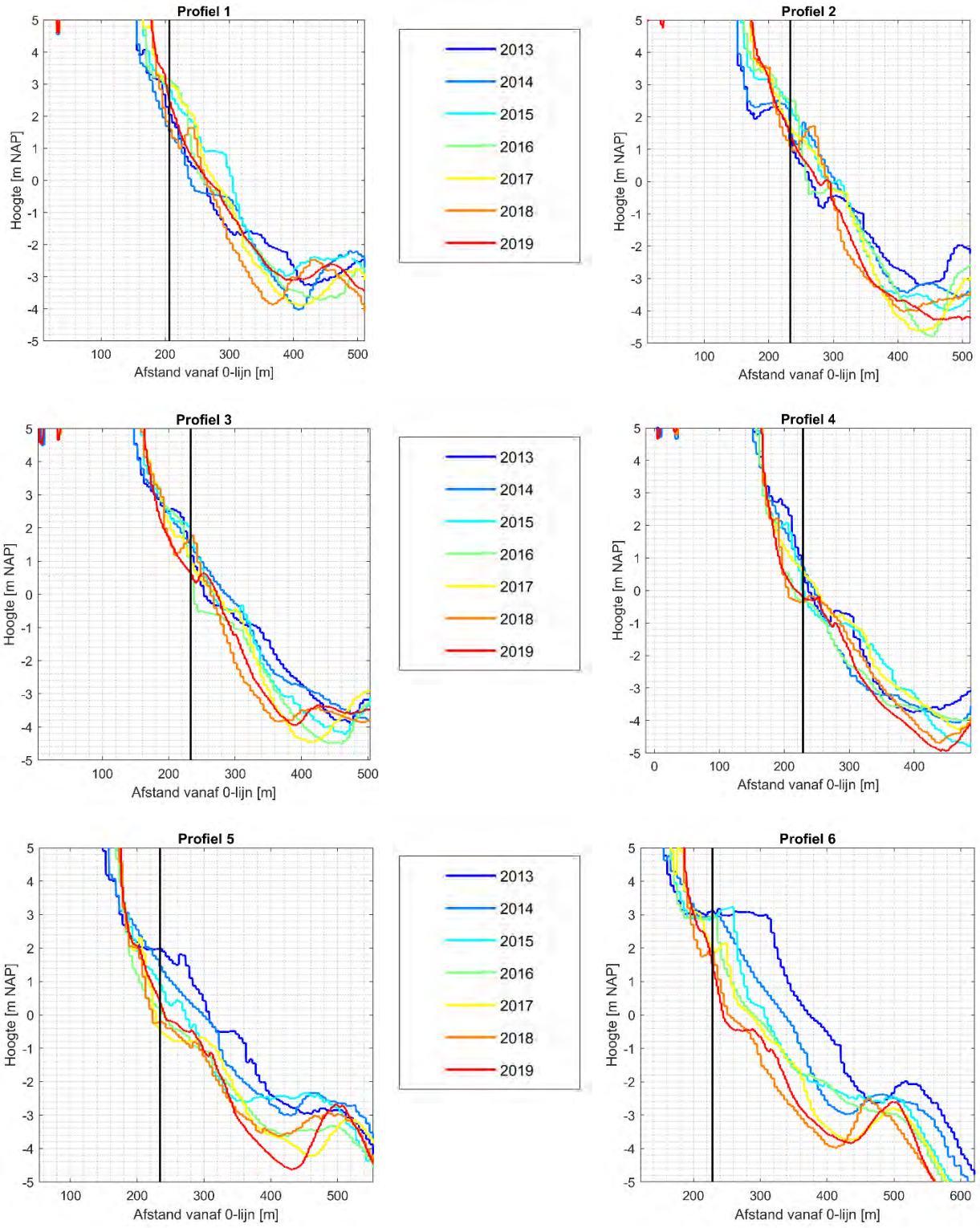
2.5 Natuurlijke variatie van het kustprofiel over de jaren

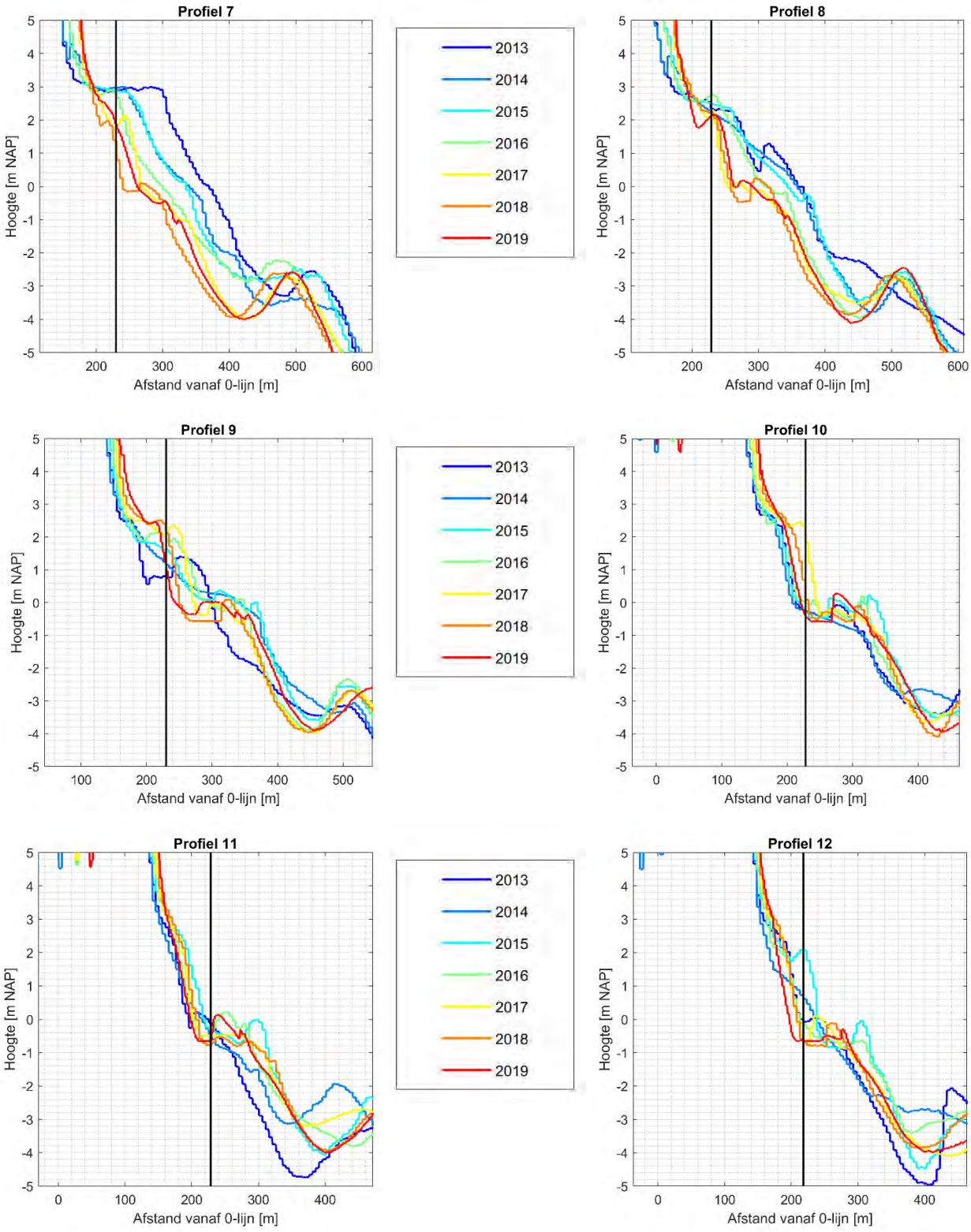
In deze sectie wordt de natuurlijke variatie van het kustprofiel over de jaren 2013-2018 beschreven op basis van de JARKUS data. De bodemligging in 2019 is toegevoegd vanuit de data ontvangen van RWS. In Figuur 2-9 is de verandering van het gehele kustprofiel getoond voor drie raaien: raai 1, 6 en 12. Dit zijn raaien ter hoogte van de windturbines ZZ-01, ZZ-06 en ZZ-12, zie Figuur 2-8 voor locatie raaien. Voor alle raaien is een figuur getoond met de verandering van de bodemligging rond de waterlijn, zie Figuur 2-10. Hierbij wordt de waterlijn gedefinieerd als de 0 m NAP lijn, oftewel het gemiddelde zeeniveau.

We zien dat er over het algemeen erosie van het strandprofiel plaats vindt. De vooroever is vrij dynamisch bij raai 1 en raai 6: de ‘offshore bar’ die rond x = 500 m ligt verschuift gedurende de jaren richting de kust, maar blijft op ongeveer dezelfde locatie in profiel 12. In raai 6 erodeert een flink stuk van de strandoever (zone tussen circa +3 m NAP en -4 m NAP) tussen 2013 en 2018: de kustlijn trekt zich circa 100 m terug. Dit effect is minder sterk te zien bij de andere raaien. De variabiliteit in strandprofiel is groot bij de raaien dicht bij de overgang tussen de harde en zachte zeewering (raai 1 en 2) en rond de bocht (raai 5, 6 en 7), maar neemt vervolgens af naar het zuiden toe.



Figuur 2-9: Ligging van het kustprofiel voor drie raaien (1, 6 en 12) voor de verschillende jaren; zwarte lijn geeft de locatie van de windturbine in het profiel aan.

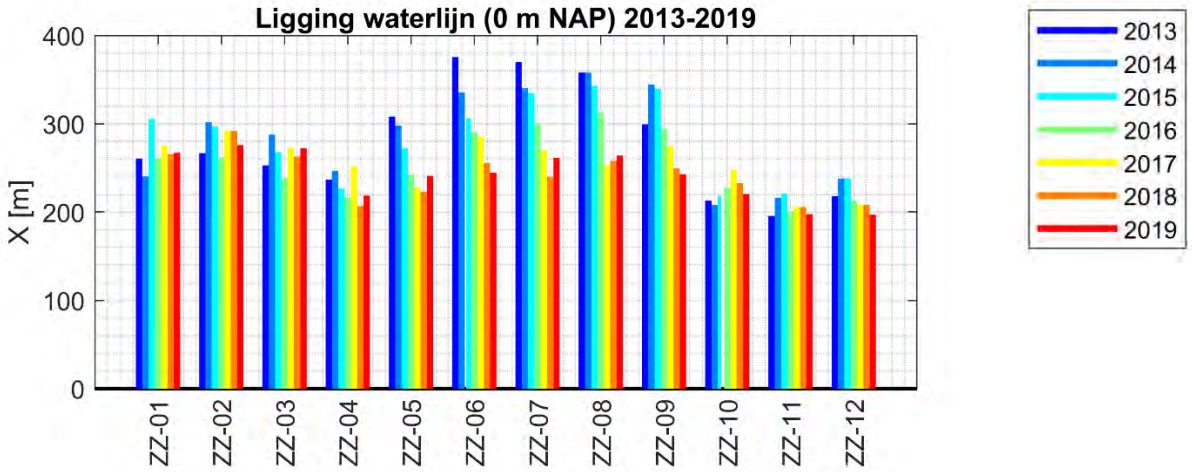

Profiel 1
Profiel 2
Profiel 3
Profiel 4
Profiel 5
Profiel 6
Hoogte [m NAP]
Afstand vanaf 0-lijn [m]
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019



Figuur 2-10: Ligging van het kustprofiel voor alle raaien voor de verschillende jaren, ingezoomd rondom de waterlijn (0 m NAP) ; zwarte lijn geeft de locatie van de windturbine in het profiel aan.

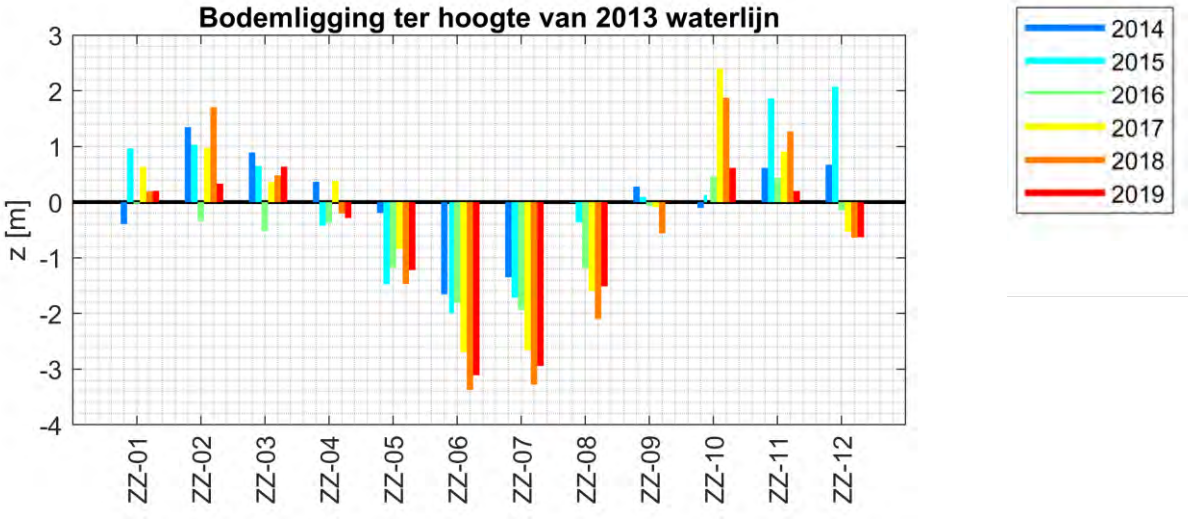
In Figuur 2-11 is de ligging van de kustlijn tussen 2013 en 2019 t.o.v. de nullijn te zien voor alle raaien. De waterlijn heeft zich tussen 2013 en 2019 op de meeste raaien teruggetrokken, met een maximale terugtrekking van circa 125 m bij raai 6. Bij raai 5, 6, 7 en 8 treedt de kustlijn structureel terug. Bij de overige raaien trekt de kustlijn zich in sommige jaren terug en groeit deze in sommige jaren aan. Samenvattend voor het verschil in kustlijnligging tussen 2019 en 2013:

- De kustlijn trekt zich terug bij raai 4, 5, 6, 7, 8, 9 en 12. De maximale terugtrekking t.o.v. 2013 is circa 130 m;
- De kustlijn is nagenoeg stabiel bij raai 1, 2, 3, 10 en 11. De maximale aangroei tussen 2013 en 2019 circa 20 m.



Figuur 2-11: Ligging van de waterlijn (0 m NAP) voor de verschillende jaren.

In Figuur 2-12 is de bodemligging ter hoogte van de 2013 waterlijn getoond. Bij de raaien 5 tot 9 is er sprake van een forse bodemdaling als gevolg van erosie. De maximale daling van de bodem vindt plaats bij raai 6, waar een daling van ruim 3 m zichtbaar is. De gradiënt in bodemligging is hier vrij constant. Bij de overige raaien is er sprake van afwisselende toename en afname van de bodemhoogte.



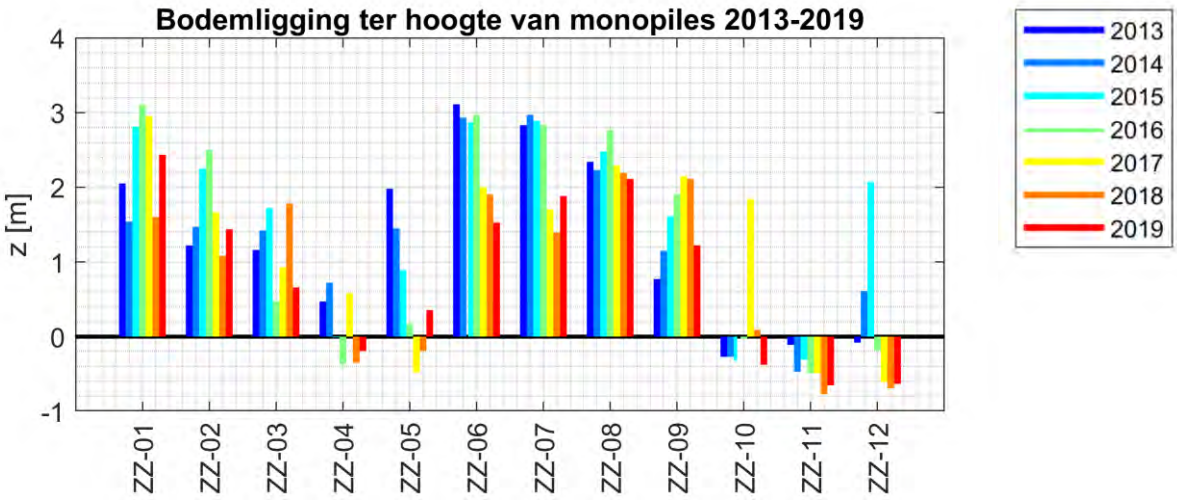
Figuur 2-12: Bodemligging ter hoogte van de 2013 waterlijn voor de verschillende jaren.

2.6 Variatie van het kustprofiel ter hoogte van de windturbines

De variatie in bodemligging ter hoogte van de beoogde locatie van de windturbines is getoond in Figuur 2-13. Bij ZZ-05, ZZ-06, ZZ-07, ZZ-08 en ZZ-11 daalt de bodem tussen 2013 en 2018 gestaag. Bij ZZ-09 is gestage aanzanding te zien over deze jaren. Bij de overige windturbines treedt afwisselend sedimentatie en erosie op. In de meeste jaren treedt er bij sommige windturbines erosie op en bij sommige sedimentatie, er is geen duidelijke trend te zien in 'sedimentatiejaren' of 'erosiejaren'. Netto zien we tussen 2013 en 2019:

- Erosie bij ZZ-01, ZZ-02, ZZ-04, ZZ-05, ZZ-06, ZZ-07, ZZ-08, ZZ-11 en ZZ-12. De netto erosie ligt tussen de 0,2 en 2,25 m;
- Sedimentatie bij ZZ-03, ZZ-09 en ZZ-10. De netto sedimentatie ligt tussen de 0,5 en 1,5 m.

De variabiliteit in bodemligging lijkt toe te nemen van raai 1 en 12 naar het midden toe, de erosie is maximaal bij raai 5. De variabiliteit is het grootst tussen 2016 en 2017. In Figuur 2-14 is nogmaals het verloop van de bodemverandering bij de verschillende windturbines getoond[1].



Figuur 2-13: Bodemligging over de jaren heen voor de twaalf windturbine locaties. De gekleurde lijnen tonen de bodemhoogte in de individuele jaren.

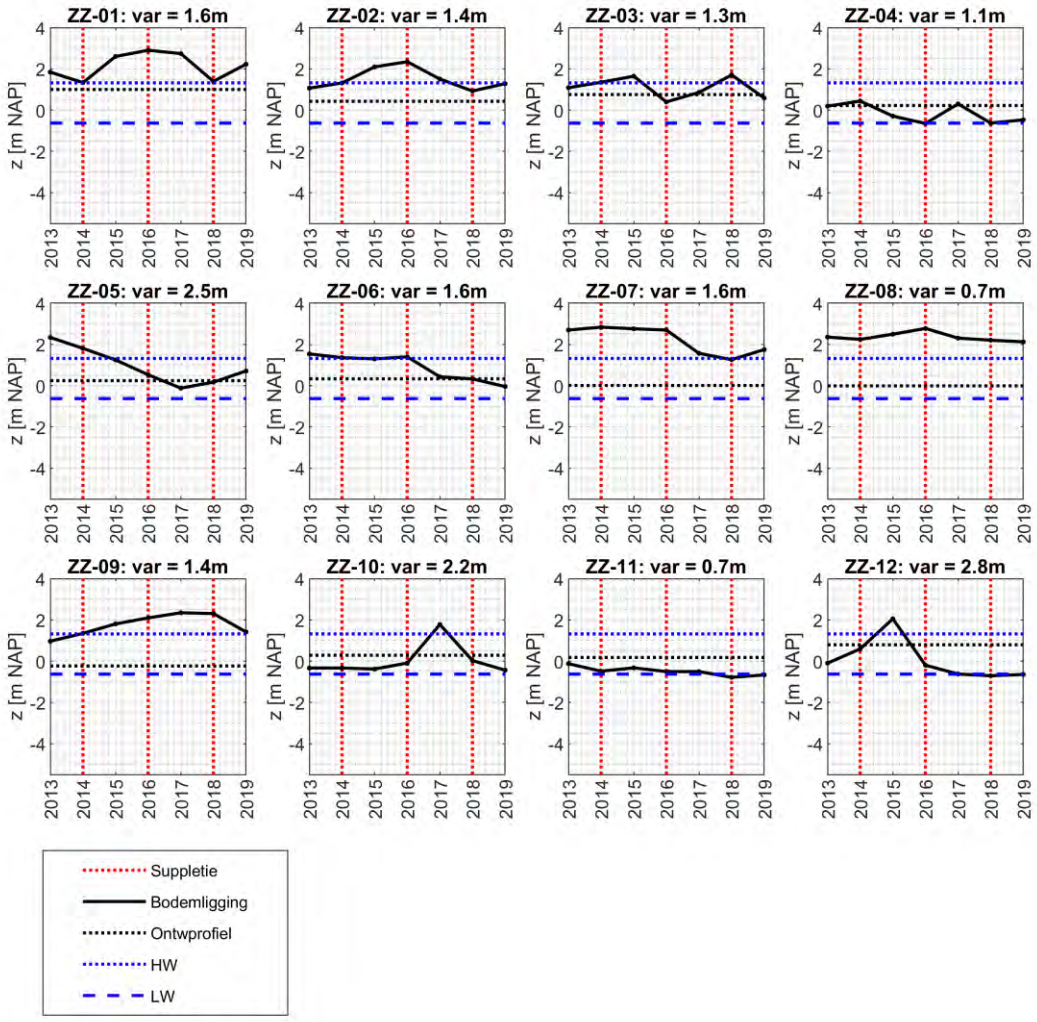
In Figuur 2-14 is ook de ontwerpbodem en hoog- en laagwater getoond (hoogwater gem. springtij is 1,32 m NAP, laagwater gem. springtij is -0,63 m NAP (Rijkswaterstaat, 2013)). Tevens zijn de jaren waarin gesuppleerd is (2014, 2016 en 2018) getoond.

Bij ZZ-03, ZZ-04, ZZ-05, ZZ-06, ZZ-10, ZZ-11 en ZZ-12 heeft de bodem geruime tijd gelegen of ligt nog steeds beneden het niveau van de ontwerpbodem. In 2019 ligt de bodem lager dan de ontwerpbodem bij ZZ-03, ZZ-04, ZZ-06, ZZ-10, ZZ-11 en ZZ-12. Bij ZZ-11 ligt de bodem echter al lager dan de ontwerpbodem sinds 2013. Op al deze locaties is overigens geen sprake van een structureel volumetekort, het strand lijkt steiler te liggen dan in het ontwerpprofiel.

De suppleties zijn (gedeeltelijk) als vooroeversuppleties uitgevoerd (PUMA, 2018) en deels als strandsuppleties, waarbij niet in alle jaren op alle locaties is gesuppleerd. Hierdoor is het effect bij de

[1] *In deze figuur is de bodemvariatie uit de JARKUS raai geprojecteerd op de bodemligging in 2019 ter hoogte van de daadwerkelijke windturbine. Dit is gedaan omdat er bij sommige windturbines een verschil zit in de bodemligging in 2019 ter plaatse van de windturbine zelf en de geprojecteerde windturbinelocatie op de JARKUS raai.*

locaties van de windturbines pas na geruime tijd, of helemaal niet, zichtbaar in de profielen. De suppleties in 2014 en 2016 zorgen bij sommige windturbine locaties voor aanzanding in het jaar daarna. Bij de overige windturbine locaties treedt of alsnog erosie op in het jaar na de suppletie, of na sommige suppletiejaren erosie en na andere sedimentatie. Het is aannemelijk dat door de suppleties om de twee jaar geen duidelijke trend in de bodemligging te zien is voor de meeste windturbine locaties.



Figuur 2-14: Verandering van de bodemligging ter hoogte van de windturbines over de jaren heen (zwarte doorgetrokken lijn). De jaren waarin gesuppleerd is, zijn gemarkeerd met rode lijnen. Hoog- en laagwater zijn getoond met blauwe lijnen. De ontwerpbodem is getoond met zwarte stippellijnen. De waterstanden horen bij gemiddeld springtij 2011.0 (Rijkswaterstaat, 2013). Bij elke subplot is de maximale variatie (var) in bodemligging weergegeven ($z_{max} - z_{min}$).

In Tabel 2-2 is een overzicht gegeven van de ligging van de bodem ter hoogte van de verschillende windturbines ten opzichte van de waterstanden en het ontwerpprofiel. Ook is de maximale variatie in de bodemligging weergegeven.

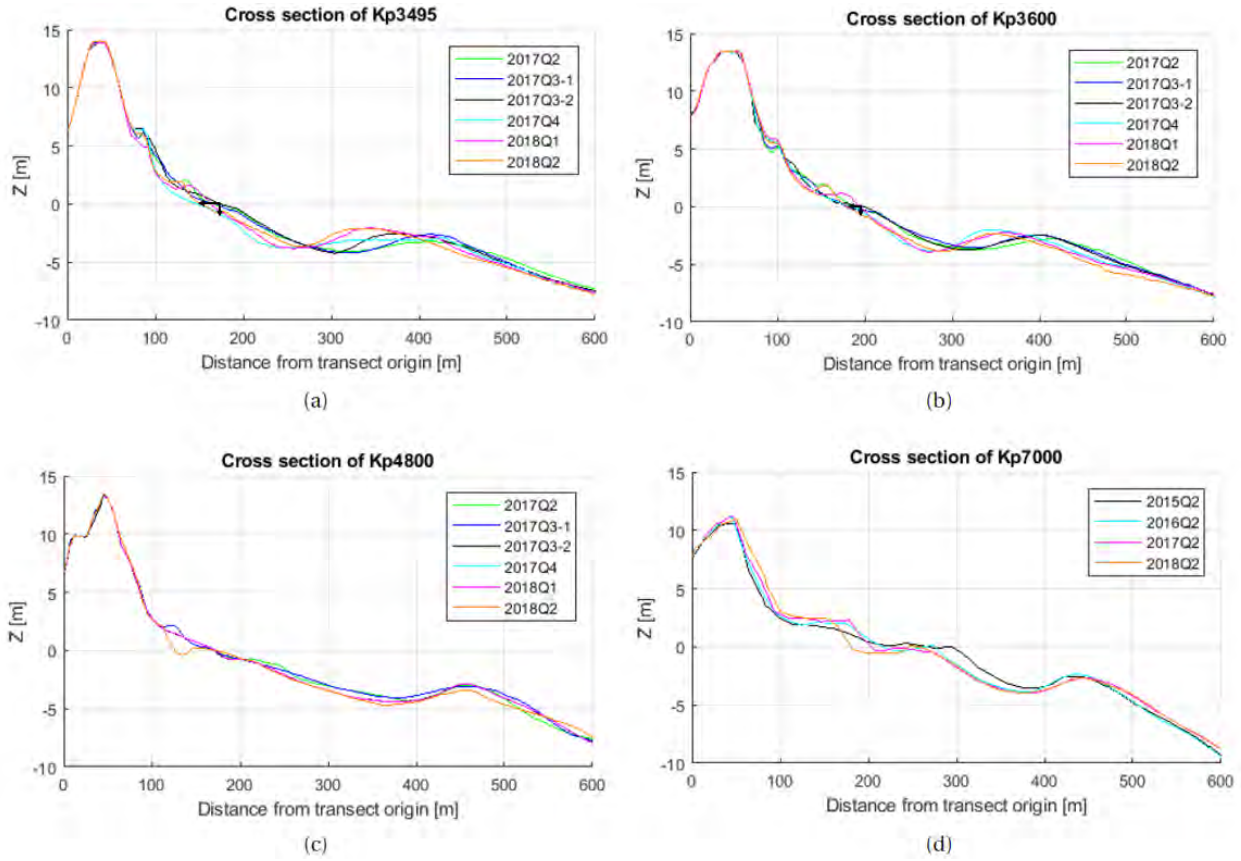
Tabel 2-2: Overzichtstabel van de variatie in bodemligging ter hoogte van de windturbines. >: bodem ligt hoger. <: bodem ligt lager. ~: bodem ligt op ongeveer hetzelfde niveau .

Windturbine	Ligging '19 tov HW	Ligging '19 tov LW	Ligging '19 tov ontwerprofiel	Max variabiliteit [m]
ZZ-01	>	>	>	1,6
ZZ-02	~	>	>	1,4
ZZ-03	<	>	<	1,3
ZZ-04	<	>	<	1,5
ZZ-05	<	>	>	2,2
ZZ-06	<	>	<	1,2
ZZ-07	>	>	>	1,6
ZZ-08	>	>	>	0,7
ZZ-09	>	>	>	1,6
ZZ-10	<	>	<	2,6
ZZ-11	<	~	<	0,7
ZZ-12	<	~	<	2,7

2.7 Seizoendynamiek van de bodemverandering

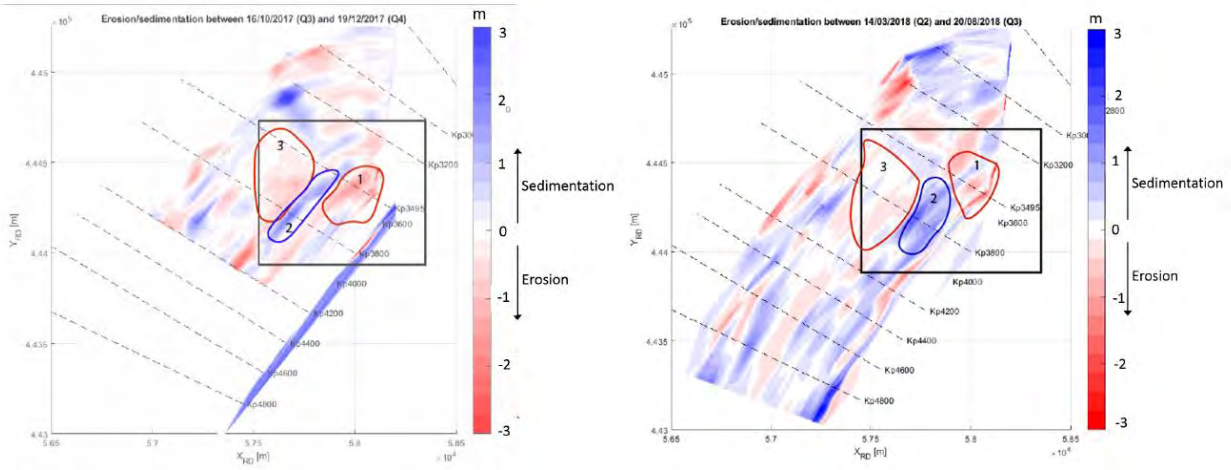
In (Lako, 2019) zijn meerdere bodemmetingen binnen de jaren 2017 en 2018 vergeleken, waarbij de focus ligt op de transitie tussen de harde en de zachte zeewering (vlakbij windturbine ZZ-01). Een aantal profielen uit deze data is te zien in Figuur 2-15. Kp3495 en Kp3600 bevinden zich rondom de transitie van de harde naar de zachte zeewering, Kp4800 bevindt zich circa 1 km naar het zuiden en Kp7000 bevindt zich ten zuiden van de bocht. Voor Kp7000 zijn alleen jaarlijkse lodingen getoond en kan dus geen seizoensdynamiek worden afgeleid. Het volgende kan worden afgeleid uit de Figuur 2-15:

- Kp3495: veel variatie is te zien in het strandprofiel. In 2017 Q4 is het strandprofiel flink geërodeerd, de waterlijn is circa 25 landinwaarts verschoven en de bodem ter hoogte van de waterlijn is circa een meter gedaald. In 2018 Q1 en Q2 is het strandprofiel weer wat aangegroeid (met circa de helft van de erosie in 2017 Q4). Er is ook veel variatie te zien in het profiel van de vooroever: de 'subtidal bar' verschuift met circa 100 m richting de kust. In Q4 van 2017 verdwijnt deze 'subtidal bar' bijna geheel, om vervolgens in 2018 weer aan te groeien;
- Kp3600: grotendeels dezelfde trends als hierboven beschreven gelden ook voor deze raai. De kustwaartse verschuiving van de waterlijn en de bodemdaling zijn wat kleiner dan bij Kp3495. In dit profiel is ook een 'intertidal bar' te zien, welke in Q1 2018 zeewaarts verschuift, om vervolgend weer kustwaarts te migreren.
- Kp4800: dit profiel is veel stabieler dan Kp3495 en 3600. De 'subtidal bar' blijft op ongeveer dezelfde locatie. Lichte erosie vindt plaats in Q1 en Q2 van 2018. De waterlijn blijft op ongeveer dezelfde locatie.



Figuur 2-15: Profielen van raaien Kp3495, Kp3600, Kp4800 en Kp7000, overgenomen uit (Lako, 2019). Bij raai Kp3495 en Kp3600 is met pijlen aangegeven wat de bodemverandering is tussen 2017 Q3 en 2017 Q4.

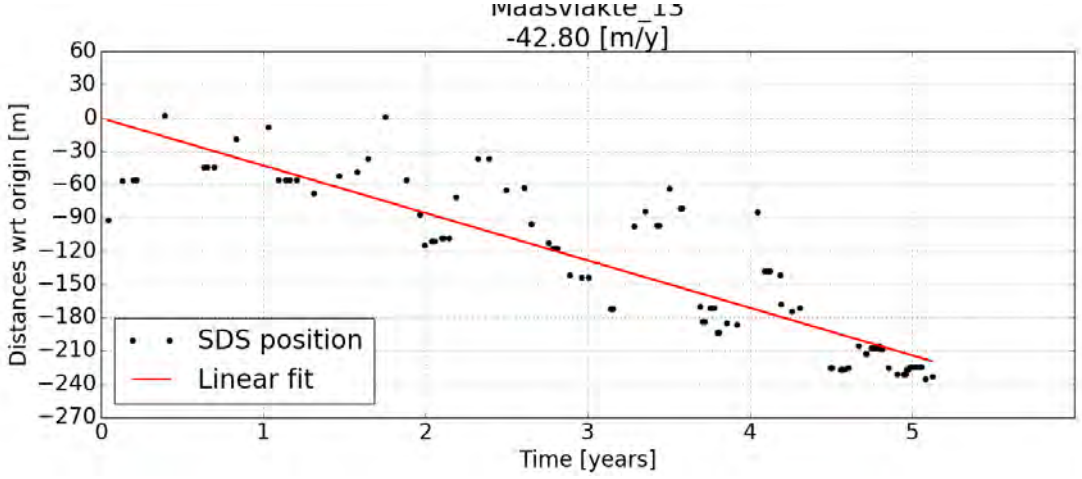
In Figuur 2-16 zijn de sedimentatie-erosie patronen getoond die optreden tussen Q4 en Q3 van 2017 (links) en tussen Q3 en Q2 van 2018 (rechts) rondom de overgang tussen de harde en zachte zeewering. Rondom de overgang treedt dicht langs de kust flinke erosie op (nummer 1), wat verder zeewaarts sedimentatie (nummer 2) en vervolgens weer erosie (nummer 3).



Figuur 2-16: Sedimentatie-erosiepatronen rondom de overgang tussen de harde en de zachte zeewering. Links: 2017 Q3 en 2017 Q4. Rechts: 2018 Q2 en 2018 Q3. Overgenomen uit (Lako, 2019).

Samenvattend: uit (Lako, 2019) kan worden afgeleid dat er rond de transitie tussen de harde en de zachte zeewering een grote seizoensdynamiek is. Binnen een jaar kan het strandprofiel flink variëren: een verschuiving van de waterlijn met circa 25 m en een daling van de bodem met circa 1 m zijn te zien. Wat verder langs de zachte zeewering (bij Kp4800) lijkt de seizoensdynamiek af te nemen.

Bij de bocht is echter weer een flinke seizoensvariatie te zien. In Figuur 2-17 is de positie van de waterlijn gedurende een aantal jaren getoond (jaar 0 = 2013). Binnen een jaar kan de kustlijnpositie met circa 100 m variëren, rondom een over het algemeen dalende trend. Uit Figuur 2-17 is af te leiden dat aan het begin en eind van het jaar (winterseizoen) de bodem lager ligt dan in het zomerseizoen. Deze seizoensvariatie is overigens een typische stranddynamiek, optredend (in verschillende mate) op alle zandige stranden van de wereld.



Figuur 2-17: Seizoensvariatie over de jaren (jaar 0 = 2013) voor een locatie in de bocht (bron: Deltares).

2.8 Samenvatting systeemanalyse

Op basis van eerdere studies en een analyse van JARKUS data rond MV-2 is hierboven een beeld geschetst van de bodemverandering van de afgelopen jaren.

MV-2 is een erosief systeem, waarbij erosie van de strandoever vooral plaatsvindt bij de overgang tussen de harde en de zachte zeewering (circa 300 m^3/m gemiddeld over de periode 2013-2016), rond de bocht (circa 300 m^3/m gemiddeld over deze periode) en bij het recreatiestrand (circa 100 m^3/m gemiddeld over deze periode). In de periode 2013 – 2016 is in totaal 0,74 miljoen m^3 geërodeerd van de strandoever, veel meer dan van de vooroever of het kustfundament.

Door deze erosie verschuift de waterlijn landinwaarts. De grootste verschuiving vindt plaats in de bocht met circa 130 m sinds 2013. Ook daalt de bodem daar met ruim 3 m. Ook binnen een jaar zijn grote variaties te zien: zo verschilt de ligging van de kustlijn[2] bij 0m NAP in de bocht binnen een jaar met ongeveer 100 m. Op de locaties van de windturbines daalt de bodem ook. Bij enkelen is dit een gestage daling, bij anderen zien we een schommeling van afwisselende erosie en sedimentatie.

Het feit dat geen eenduidige trend te ontdekken is in de bodemligging over de jaren komt waarschijnlijk door de suppleties die eens in de twee jaar worden uitgevoerd. Hierdoor wordt het volume binnen een

[2] *Positie kustlijn in getijdegebieden is niet eenduidig gedefinieerd, deze varieert tussen laag water en hoog water. positie waterlijn bij 0m NAP is een redelijke benadering van de getijgemiddelde ligging van de kustlijn*

bepaalde kustschil op een bepaald niveau terug gebracht. Deze suppleties zijn echter gericht op het handhaven van een bepaald volume, niet op van een bepaalde bodemligging. Een uitzondering hierop is de overgangszone tussen de harde en de zachte zeewering. In 2016 is in totaal 0,8 miljoen m^3 gesuppleerd op de strandoever om de grote erosie in deze zone te compenseren. Een eenduidige relatie tussen de bodemligging ter plaatse van de windturbines en de suppleties is niet te vinden. Het is zeer afhankelijk van waar het zand in het profiel en in de kustlangs locatie wordt neergelegd. Er kan dus niet vanuit gegaan worden dat het bodemniveau ter hoogte van de windturbines in stand gehouden zal worden door de tweejaarlijkse suppleties. Omdat het huidige onderhoudsbeleid niet gericht is op het in stand houden van het strand kan de bodem bij de windturbines nog verder dalen.

Kort samengevat kan uit de systeemanalyse het volgende geconcludeerd worden:

- Ter hoogte van de meeste windturbines trekt de kustlijn zich terug, het sterkst rondom de bocht (circa 130 m sinds de aanleg in 2013);
- Ter hoogte van de meeste windturbines daalt de bodem, ook dit effect is het sterkst in de bocht (circa 3 m bodemdaling sinds 2013). Bij drie windturbines vindt lichte aanzanding plaats;
- Gebaseerd op de 2019 bodem liggen twee van de windturbines onder of rondom de laagwater lijn. Vier windturbines liggen boven de hoogwater lijn. Zes windturbines liggen in de intergetijde zone. Het moet gerealiseerd worden dat tussen 2019 en 2020 opnieuw een grote variatie in bodemligging heeft kunnen optreden;
- Rond de transitie tussen de harde en zachte zeewering en rond de bocht is ook binnen een jaar flinke dynamiek te zien. Naar verwachting geldt dit langs de gehele kust van MV-2;
- De vooroever suppleties van 2014 en 2016 zijn lang niet bij alle windturbines terug te zien in een stijging van de bodemligging. De verwachting is dat dat ook in de toekomst niet het geval zal zijn, aangezien de suppleties gericht zijn op het garanderen van een bepaald volume in een schil en niet op daadwerkelijke bodemligging. De verwachting is dus dat bij sommige windturbines de bodem nog verder zal dalen.

3 Effecten op veiligheid zeewering

In dit hoofdstuk worden de effecten van de windturbines op de veiligheid van de waterkering besproken. Daarvoor wordt gestart met een algemene beschouwing van het effect van harde elementen op stranden. Vervolgens wordt het effect van de aanwezigheid van de windturbines behandeld: de overgangszone tussen de harde en zachte zeewering en de zachte zeewering ten zuiden van deze zone worden apart beschouwd. Tenslotte worden de effecten van de nieuwe duinovergangen en van de tijdelijke constructies op het strand (kraanopstelplaatsen) beschouwd.

In de analyse van de effecten van de windturbines op de veiligheid van de waterkering is aangenomen dat de veiligheid van de windturbines een klasse hoger (klasse CC2, jaarlijkse faalkans 1,4 x 10^{-6}) ligt dan de vereiste veiligheid van de waterkering (veilig bij 10^{-4} event). Dit betekent dat de kans dat de windturbine faalt tijdens de omstandigheden die voor de waterkering maatgevend zijn voldoende klein is (< 1%). De kans op niet storm- gerelateerd mechanisch falen van onderdelen van de turbine, zoals de bladen en de gondel is groter dan 10^{-6}. Dit is in detail uitgewerkt in het rapport BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0007 Beoordeling invloed op weringveiligheid.

3.1 Effecten harde elementen op zachte zeewering – algemene beschouwing

Door het aanbrengen van de windturbines worden harde objecten, weliswaar relatief klein in omvang[3], geïntroduceerd op de zachte zeewering van MV-2. Deze harde objecten kunnen een effect hebben op de morfologie, en dus de veiligheid, van de zachte zeewering. In deze paragraaf beschrijven we kwalitatief de mogelijke effecten van deze harde elementen, op basis van ervaringen met andere harde elementen op stranden. In (Svasek Hydraulics, 2019c) is een beschouwing opgenomen over het effect van bestaande Niet Waterkerende Objecten die zich op het strand bevinden. Hier wordt een korte samenvatting daarvan gegeven.

Op een aantal locaties langs de Nederlands kust worden permanente strandtenten toegestaan. Deze moeten dicht bij het duin geplaatst worden en hun vloer moet boven stormvloedniveau blijven (minimumhoogte ca 0,5m beneden maatgevend hoogwaterniveau). Bij een storm staat een strandtent aan de zuidkant van de Hondsbossche duinen midden in de brandingszone, de duinen direct achter de strandtent zijn echter niet meer of minder aangetast dan de naastgelegen duinsecties.

Op een aantal plekken langs de Nederlandse en Belgische kust liggen pieren, waarvan de fundatiepalen interacteren met het strand en de zee. Door de pier van Scheveningen zijn geen effecten in het jaarlijks langstransport te zien. Bij de Pier in Blankerberge is een salientachtige structuur te zien in de kustlijn, welke echter ook door een strekdam kan zijn veroorzaakt. Het blokkerende effect van de fundatiepalen bij pieren op de golfaanval is niet evident bij bovenstaande voorbeelden. Ook wordt bij het toetsen van de duinen en kering bij Scheveningen geen rekening gehouden met de pier.

Enkele bunkers langs de Franse kust zijn door kusterosie op het strand terecht gekomen en interacteren daar nu met kustprocessen. Uit een aantal voorbeelden blijkt dat de bunkers zelf niet leiden tot grootschalige erosie. Wel treden er kleinschalige effecten op, zoals tombolo vorming en lokale ontgrondingskuilen.

Tenslotte zijn de Argus meetmasten bij Egmond en Kijkduin beschouwd. Deze hebben over de tijd op verschillende hoogtes in het profiel gestaan, maar lijken geen invloed te hebben op de morfologische ontwikkeling. Hun fundering bestaat echter maar uit drie slanke palen.

[3] *De windturbines met een diameter van 5 m zijn relatief klein t.o.v. de golflengte van ruim 100 m*

Samenvattend: uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat harde elementen op het strand niet leiden tot grootschalige morfologische effecten. Wel kunnen lokale effecten optreden, zoals ontgrondingskuilen of tombolo vorming.

3.2 Zachte zeewering

De veiligheid van de zachte zeewering wordt gegarandeerd in het Beheer en Instandhouding Plan (PUMA, 2019c) door de aanwezigheid van een minimum volume van zand in het profiel, zie ook paragraaf 2.3. Mogelijk kunnen de windturbines op het strand van MV-2 de golfaanval op de duinen beïnvloeden waardoor meer zand afslaat, met het risico van duindoorbraak bij een ontwerpstorm. Het gegarandeerde minimum zandvolume kan dan ontoereikend worden. Om dit risico te onderzoeken zijn afslagberekeningen uitgevoerd. Het 1-dimensionaal model DurosTA dat standaard voor dit type berekeningen wordt gebruikt is echter niet geschikt om het effect van harde elementen op het strand te bepalen. Om deze reden is gekozen om de afslagberekeningen uit te voeren met het 2-dimensionale model XBeach dat wel in staat is met relatief kleine obstakels te rekenen en daarmee het meest geschikte rekeninstrument is voor een dergelijke effectbepaling. Deze keuze volgt de aanbevelingen van de experts gemaakt in de expertmeeting op 18 maart 2019 (Svasek Hydraulics, 2019a).

(Svasek Hydraulics, 2020a) heeft deze berekeningen in opdracht van Eneco uitgevoerd. De windturbines zijn opgenomen in een fijnmazig 3x3 m rooster als harde elementen met een diameter van 10 m. Aangezien de windturbines in werkelijkheid een kleinere diameter hebben, zijn de resultaten van de afslagberekeningen conservatief.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee ontwerpstormen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Storm A is representatief voor maatgevende condities voor de noordkant van MV-2, en storm B is representatief voor de zuidkant. Opgemerkt wordt dat er veel meer 1/10.000 stormen mogelijk zijn, uit verschillende richtingen en met verschillende golfhoogte. De gekozen twee stormen worden echter als voldoende representatief beschouwd.

Tabel 3-1: 1/10.000 jaar randvoorwaarden.

	Hs [m]	Tp [s]	Golfrichting [°N]	Waterstand [m+NAP]
Storm A	8,1	13,5	317	4,95
Storm B	7,6	13,5	306	4,95

De bodemhoogte van MV-2 fluctueert sterk door de jaren heen, daarom zijn deze berekeningen uitgevoerd met twee bodems: de ontwerpbodem en de meest recente bodem uit 2019. Hiermee kan naar verwachting de bandbreedte van effecten bij verschillende bodemliggingen goed worden beschreven en zijn de berekende effecten van windturbines voldoende betrouwbaar voor de beoordeling van de veiligheid.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-1. De berekeningen laten zien:

- een toename van de duinafslag van maximaal 12 m^3/m tussen de windturbines ZZ-02 en ZZ-03 en tussen ZZ-03 en ZZ-04 (afstand van ca 900m);
- een grotere toename van de duinafslag ten zuiden van de windturbine ZZ-12 van ca. 20 m^3/m over een afstand van 1 km.

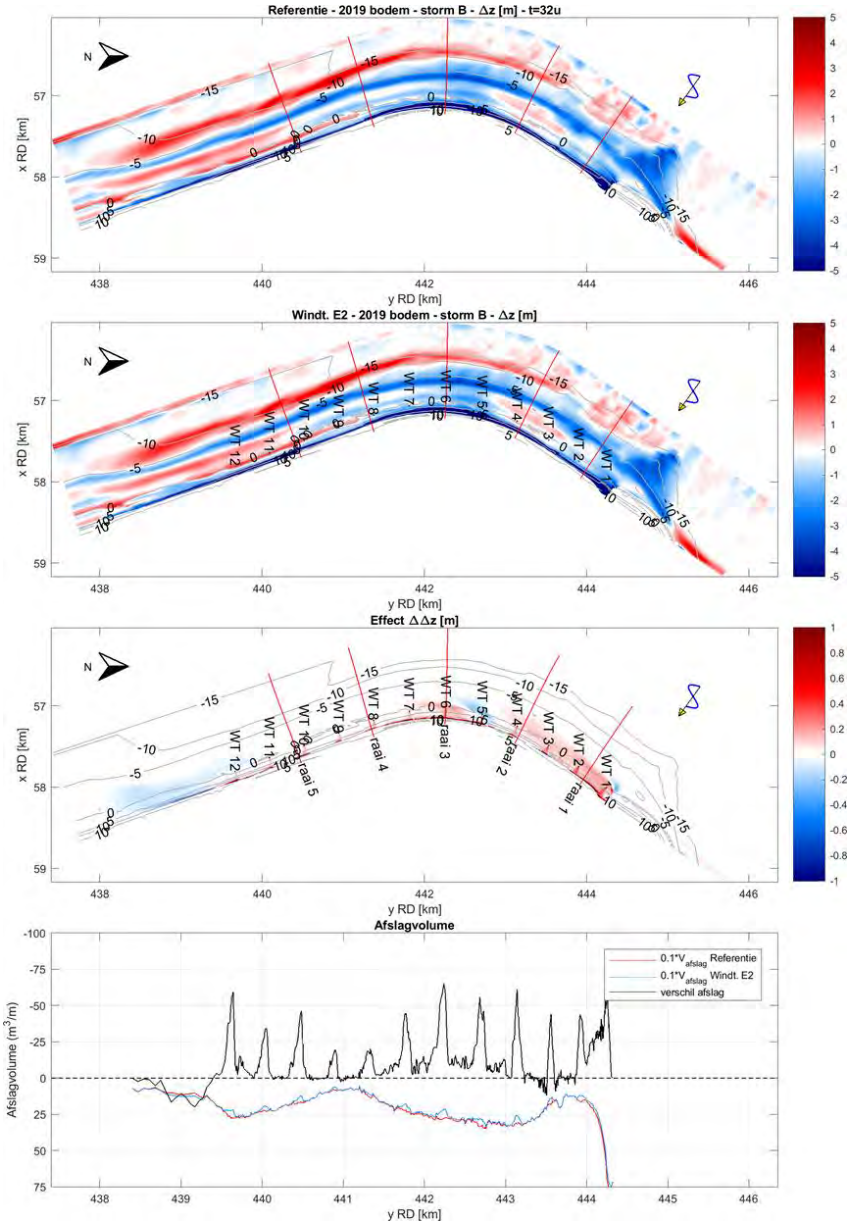
Dit is geïllustreerd in Figuur 3-1. In deze figuur is de erosie/sedimentatie van de referentiesituatie (geen windturbines) gegeven (bovenste figuur), eenzelfde figuur maar met windturbines (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (onderste). Deze laatste geeft per scenario het afslagvolume boven rekenpeil (in al deze gevallen 4,95 m+NAP, de ontwerprandvoorwaarde van MV-2), en het verschil daartussen. Een negatief verschil betekent dat er minder afslag is in de situatie met windturbines.

Tabel 3-1. Maximum extra afslag voor elk scenario, verdeeld in de gebieden tussen en ten zuiden van de turbines; bron: (Svasek Hydraulics, 2020a)

	Maximum extra afslag tussen turbines	Maximum extra afslag ten zuiden van turbines
2019 bodem storm A na 32 uur	9,5 m^3/m	NVT, want niet maatgevend*)
2019 bodem storm B na 32 uur	12,1 m^3/m	19,9 m^3/m
Ontwerpbodem storm A na 16 uur	9,7 m^3/m	NVT, want niet maatgevend*)
Ontwerpbodem storm B na 16 uur	8,5 m^3/m	12,3 m^3/m

*) *Storm A is niet representatief voor maatgevende condities voor de zuidkant van MV2, waar de extra afslag ten zuiden van de turbines plaatsvindt*

(Svasek Hydraulics, 2020a) adviseert om het eerder afgegeven advies (Svasek Hydraulics, 2019b) aan te houden. Dit advies houdt in dat er uitgegaan dient te worden van 40 m^3/m extra toeslag boven rekenpeil, waarbij het berekende maximum effect van 19,9 m^3/m wordt verdubbeld om voor modelonzekerheid te compenseren. In eerste instantie werd in 2019 door Svasek onderscheid in locatie gemaakt, maar uiteindelijk is in overleg met Rijkswaterstaat het advies gegeven de toeslag over de gehele zachte wering toe te passen. Dit kan worden gegarandeerd door het bestaande ontwerpprofiel naar voren te schuiven, of het te onderhouden profiel aan te passen aan het profiel zoals dat over de afgelopen jaren is ontstaan, bijvoorbeeld door het zand bovenop het duin te garanderen. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 3.3.



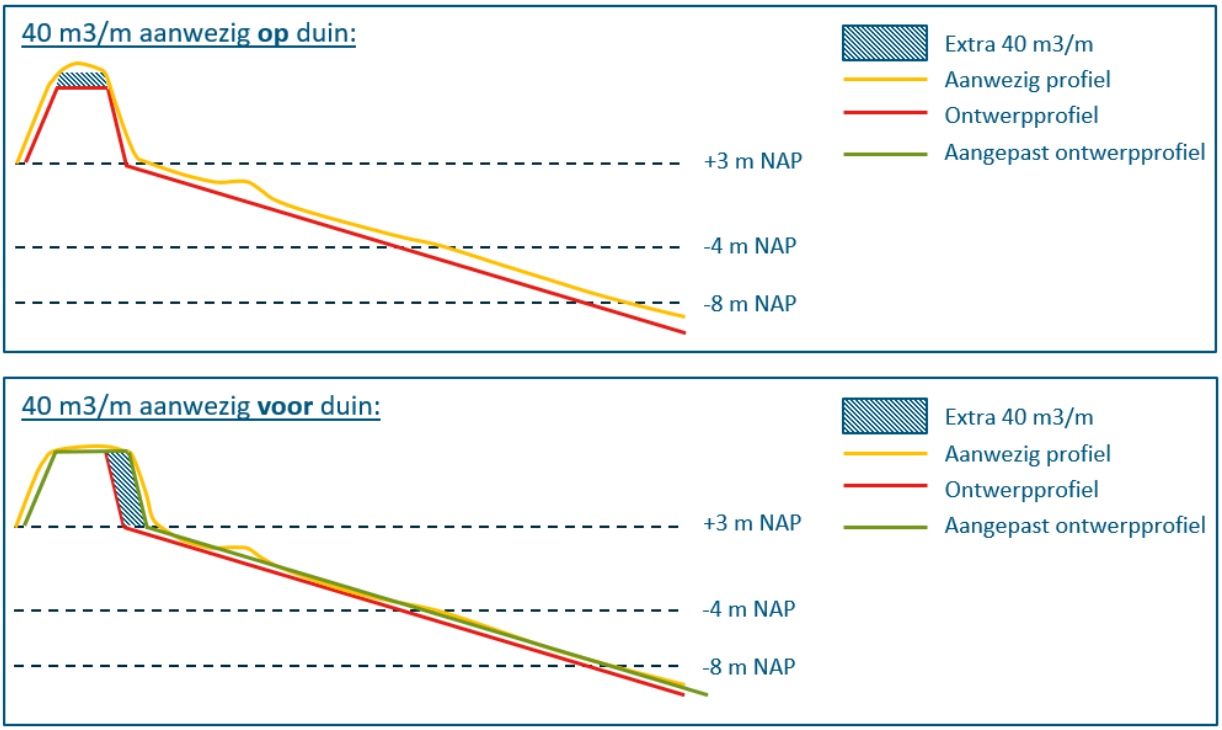
Figuur 3-1. Voorbeeld resultaten van afslagberekening: Effect bij storm B, op basis van 2019 bodem; erosie/sedimentatie in de referentiesituatie (bovenste figuur), erosie/sedimentatie met windturbines (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (figuur onderaan)

3.3 Controle aanwezigheid extra volume zand in schillen

In deze paragraaf wordt nagegaan of er in de 2019 metingen (uitgaande van de keuring (PUMA, 2019a)) voldoende volume in de afzonderlijke schillen aanwezig is indien de toeslag van 40 m^3/m op het duin wordt toegepast. Hierin zijn twee scenario's onderscheiden conform aanbeveling van Rijkswaterstaat (Memo "Reactie RWS WNZ afdeling Vergunningverlening op PvA waterveiligheidsstudies Windpark Maasvlakte II" van 16 april 2020):

1. Toeslag van 40 m^3/m is aanwezig op het duin (zie Figuur 3-2 boven): het ontwerpvolume in de duinschil neemt toe met 40 m^3/m, de ontwerpvolumes in de overige schillen blijven gelijk;
2. Toeslag van 40 m^3/m is aanwezig voor het duinprofiel (zie Figuur 3-2 onder): in dit geval verschuift het ontwerpprofiel zeewaarts. Het ontwerpvolume in de duinschil neemt toe met 40

m^3/m, maar ook de ontwerpvolumes in de strand- en vooroeverschil veranderen als gevolg van de verschuiving van het ontwerpprofiel.



Figuur 3-2: Schematisatie van de twee scenario's voor het toepassen van de toeslag in het duin.

In Figuur 3-3 is het huidig ontwerpvolume getoond, voor alle raaien langs MV-2. In beide scenario's neemt dit in het 'nieuwe' ontwerpvolume toe met 40 m^3/m. In Figuur 3-4 is het aanwezige volume bij de 2019 keuring getoond, net als het overschot in de verschillende schillen (aanwezig – ontwerp). Te zien is dat bij alle raaien het overschot in de duinschil groter is dan 40 m^3/m. Op basis van beschikbare data (figuren in (PUMA, 2019a)) is niet exact vast te stellen in welke raaien het benodigde overschot van 40 m^3/m op of voor het duin aanwezig is, duidelijk is echter dat niet bij alle raaien het volume van 40 m^3/m op het duin gegarandeerd kan worden.

Daarom is ook gecontroleerd of er voldoende volume aanwezig is in het geval van scenario 2. Daarvoor zijn de nieuwe ontwerpvolumes van de strand- en vooroeverschil als volgt bepaald:

- De verschuiving van het profiel is bepaald door het extra ontwerpvolume in het duin (40 m^3/m) te delen door de minimale hoogte van het ontwerpduinprofiel langs MV-2. Dit is gelijk aan 7 m en treedt op bij raai BC7000 tot raai BC10590. De zeewaartse verschuiving van het profiel is hiermee gelijk aan 5,7 m;
- Aangenomen wordt dat het ontwerpprofiel van de strand- en vooroeverschil met dezelfde afstand verschuift. Dit houdt in dat het ontwerpvolume van de strandschil toe moet nemen met 40 m^3/m (5,7 m maal 7 m, de hoogte van de strandschil) en het volume van de vooroeverschil met 23 m^3/m (5,7 maal 4, de hoogte van de vooroeverschil).

Het 'nieuwe' ontwerpvolume van de strand- en vooroeverschil is te zien in Figuur 3-3. Het overschot ten opzichte van dit nieuwe ontwerpvolume is getoond in Figuur 3-4. Bij een aantal raaien treedt een tekort op de strandschil op (raai BC4800, BC5000, BC9600, BC9800 en BC10000). Echter, het overschot in het

duin is voldoende groot om voor deze tekorten te compenseren. Het overschot in de verschillende schillen na compensatie vanuit het duin naar de strandschil toe (alleen toegepast bij de hierboven genoemde raaien) is te zien in Figuur 3-5. Het overschot in het duin is dan afgenomen, maar bij alle raaien nog steeds groter dan nul.

Concluderend: er is voldoende volume in de verschillende schillen aanwezig om het extra ontwerpvolume in het duin van 40 m^3/m op te vangen. Dit geldt ook als dit extra volume niet op het duin aanwezig is, maar ervoor, waardoor de ontwerpprofielen en daardoor de ontwerpvolumes van de strand- en vooroeverschil naar voren komen.

Deze berekening heeft een beperkte nauwkeurigheid en dient bij voorkeur te worden gecontroleerd met de rekentools van PUMA. Tevens wordt opgemerkt dat in het huidige BIP geen onderscheid wordt gemaakt tussen volume op het duin en vóór de duin.

Raai (BC)	Huidig ontwerpvolume [m3/m]			Ontwerpvolume [m3/m]		
	Duin	*Strand*	*Vooroever*	*Duin*	*Strand*	*Vooroever*
3495						
3600						
3800	567	1419	1985	607	1459	2008
4000	472	1365	1955	512	1405	1978
4200	430	1340	1940	470	1380	1963
4400	430	1340	1940	470	1380	1963
4600	441	1349	1946	481	1389	1969
4800	441	1350	1946	481	1390	1969
5000	441	1349	1946	481	1389	1969
5200	441	1349	1946	481	1389	1969
5400	441	1349	1946	481	1389	1969
5600	429	1340	1940	469	1380	1963
5800	429	1340	1940	469	1380	1963
6000	429	1340	1940	469	1380	1963
6200	409	1323	1931	449	1363	1954
6400	409	1323	1931	449	1363	1954
6600	423	1342	1942	463	1382	1965
6800	380	1321	1930	420	1361	1953
7000	339	1300	1918	379	1340	1941
7200	339	1300	1918	379	1340	1941
7400	339	1300	1918	379	1340	1941
7600	330	1297	1916	370	1337	1939
7800	330	1297	1916	370	1337	1939
8000	330	1297	1916	370	1337	1939
8200	304	1272	1902	344	1312	1925
8400	304	1272	1902	344	1312	1925
8600	218	1271	1912	258	1311	1935
8800	212	1334	1955	252	1374	1978
9000	207	1398	1998	247	1438	2021
9200	207	1467	2044	247	1507	2067
9400	207	1537	2090	247	1577	2113
9600	204	1605	2138	244	1645	2161
9800	204	1674	2184	244	1714	2207
10000	204	1739	2228	244	1779	2251
10200_250	208	1668	2220	248	1708	2243
10200_228	220	1475	2085	260	1515	2108
10200_205	208	1352	1967	248	1392	1990
10400	208	1185	1876	248	1225	1899
10590	208	1175	1848	248	1215	1871

Figuur 3-3: Huidig ontwerpvolume volgens het BIP in de duin-, strand- en vooroeverschil (links) en nieuw ontwerpvolume in de duin-, strand- en oeverschil (rechts).

Raai (BC)	Volume 2019 [m3/m]			Reservevolume [m3/m]		
	Duin	*Strand*	*Vooroever*	*Duin*	*Strand*	*Vooroever*
3495						
3600						
3800	756	1662	2180	149	203	172
4000	632	1497	2110	120	92	132
4200	631	1743	2248	161	363	285
4400	672	1535	2265	202	155	302
4600	699	1426	2119	218	37	150
4800	624	1291	2054	143	-99	85
5000	623	1382	2084	142	-7	115
5200	644	1455	2089	163	66	120
5400	683	1575	2153	202	186	184
5600	710	1648	2156	241	268	193
5800	739	1606	2152	270	226	189
6000	736	1653	2111	267	273	148
6200	723	1656	2083	274	293	129
6400	753	1675	2130	304	312	176
6600	750	1774	2156	287	392	191
6800	665	1758	2167	245	397	214
7000	577	1810	2167	198	470	226
7200	515	1792	2167	136	452	226
7400	522	1678	2134	143	338	193
7600	516	1598	2066	146	261	127
7800	489	1477	2057	119	140	118
8000	477	1428	2067	107	91	128
8200	470	1398	2026	126	86	101
8400	521	1352	2089	177	40	164
8600	539	1484	2132	281	173	197
8800	601	1426	2126	349	52	148
9000	516	1504	2114	269	66	93
9200	500	1579	2103	253	72	36
9400	507	1607	2117	260	30	4
9600	521	1608	2227	277	-37	66
9800	479	1627	2382	235	-87	175
10000	549	1708	2652	305	-71	401
10200_250	472	2049	3052	224	341	809
10200_228	469	2614	4339	209	1099	2231
10200_205	512	4150	4977	264	2758	2987
10400	535	5453	4216	287	4228	2317
10590	351	3456	3380	103	2241	1509

Figuur 3-4: Aanwezig volume in de duin-, strand- en vooroeverschil bij de keuring in 2019 (links) en reservevolume in de duin-, strand- en oeverschil ten opzichte van de nieuwe ontwerpvolumes zoals getoond in Figuur 3-3.

Raai (BC)	Reservevolume incl compensatie [m3/m]		
	Duin	*Strand*	*Vooroever*
3495			
3600			
3800	149	203	172
4000	120	92	132
4200	161	363	285
4400	202	155	302
4600	218	37	150
4800	44	0	85
5000	135	0	115
5200	163	66	120
5400	202	186	184
5600	241	268	193
5800	270	226	189
6000	267	273	148
6200	274	293	129
6400	304	312	176
6600	287	392	191
6800	245	397	214
7000	198	470	226
7200	136	452	226
7400	143	338	193
7600	146	261	127
7800	119	140	118
8000	107	91	128
8200	126	86	101
8400	177	40	164
8600	281	173	197
8800	349	52	148
9000	269	66	93
9200	253	72	36
9400	260	30	4
9600	240	0	66
9800	148	0	175
10000	234	0	401
10200_250	224	341	809
10200_228	209	1099	2231
10200_205	264	2758	2987
10400	287	4228	2317
10590	103	2241	1509

Figuur 3-5: Reservevolume in de duin-, strand- en vooroeverschil na compensatie vanuit de duinschil naar de strandschil toe.

3.4 Overgangszone harde – zachte zeewering

De overgangszone tussen de harde en zachte zeewering ligt ten noorden van de raai BC-3700 (zie Figuur 3-8). Het toetsingsmechanisme in deze zone is anders dan bij de rest van de zachte zeewering: er wordt niet getoetst op aanwezig volume, maar op duinafslag. De eisen van Rijkswaterstaat met betrekking tot de windturbine in deze zone zijn als volgt geformuleerd (mail van Christiaan Jacobs (RWS-GPO) van 25.03.2020):

1. Het invloedsgebied van de windmolen mag niet samenvallen met het invloedsgebied van de overgangszone. Dat betekent dat het invloedsgebied volledig ten zuiden van raai BC-3700 gelegen moet zijn;
2. Indien het invloedsgebied wél samenvalt met het invloedsgebied van de overgangszone dient aangetoond te worden dat de effecten geen negatieve werking hebben op de volumes zoals genoemd in de keuringsmethodiek (puma-p-mon-mi06 en puma-p-mon-mi07);
3. Indien er wél negatieve effecten zijn dient een compensatiemaatregel te worden ontworpen tot het niveau van een uitvoeringsontwerp, inclusief een voorstel tot wijziging van de keuringsmethodiek.

De windmolen ZZ-01 ligt ten noorden van de raai BC-3700 (Figuur 3-6), daarmee valt het invloedsgebied van de windturbine binnen het invloedsgebied van de overgangszone. In deze sectie wordt het effect van deze windmolen op de veiligheid van de overgangszone geanalyseerd. Eerst wordt de huidige situatie besproken, vervolgens wordt een conceptuele beschouwing gegeven van het mogelijke effect van deze windmolen op de morfologie van deze zone, en een onderbouwing daarvan met modelberekeningen.



Figuur 3-6. Locaties van de windturbines op de zachte zeewering (rode punten) en het begin van de overgangszone (rode lijn).

Aan de noordkant van de overgangszone wordt het strand beschermd tegen golfaanval door een blokkendam. Ten zuiden van de blokkendam begint het onbeschermde strand. Ten zuiden van de blokkendam treedt stranderosie op. Golven uit de noordwestelijke richting breken op het strand en zorgen voor een zuidwaarts gericht langstransport van sediment. De zuidwaartse aanvoer van sediment langs de blokkendam is heel beperkt, de stroming is sedimentarm terwijl lokaal voorbij het einde van de blokkendam een grote transportcapaciteit ontstaat. Het gebrek aan evenwicht tussen sedimentaanbod en transportcapaciteit leidt hier tot grote erosie (zie Figuur 2-8). Dit is een klassiek voorbeeld van erosie die te zien is bij alle hard-zacht overgangen. Ook bij de zuidwestelijke stormen ontstaat bij het einde van de blokkendam veel turbulentie door de brekende golven die het sediment naar de zee afvoeren. Het strand is hier vrij smal. Daardoor bestaat een risico van duindoorbraak. Deze zone wordt door RWS dan ook in stand gehouden middels suppleties, zie voorbeeld in Figuur 3-7 en Figuur 3-8.



Figuur 3-7. De overgangszone bij laag water, in mei 2018 en in september 2019 (na suppletie)



Figuur 3-8: Overgangszone bij het einde van de blokkendam (links) en direct ten zuiden daarvan, nabij locatie windturbine ZZ-01. In september 2019 was PUMA bezig met zandsuppletie en daarmee verbreding van het duin. De situatie op de foto is van 22 mei 2020 vlak voor hoogwater.

De windturbine ZZ-01 ligt 120 m ten zuiden van het einde van de blokkendam, en ca 10 m vanaf de duinvoet. De bodemhoogte varieert tussen 1.3 m en 3 m boven NAP, dat wil zeggen dat de windturbine boven de hoogwaterlijn ligt. Dit betekent dat deze windturbine in normale condities op het droge strand

staat en geen invloed heeft op het langstransport van sediment. Tijdens een storm kunnen golven deze windturbine wel bereiken. De windturbine is een slanke ronde buis (monopaal) met een diameter van 5 m. De afstand vanaf de blokkendam is voldoende groot om deze windturbine buiten de bovengenoemde turbulentiezone te houden. Golven die de windturbine naderen, voor zover nog niet gebroken op het voorland, zullen om de windturbine heen buigen waardoor erachter een zandruggetje (een salient of een tombolo) zich kan ontwikkelen. Hierdoor zal het strand ernaast iets lager komen te liggen. Dit gedrag is bekend van de harde constructies op het strand, zie paragraaf 3.1. De verhouding tussen de buisdiameter en de golflengte is in de orde 1/20 (paaldiameter van 5m en een golflengte van 100-150m), voldoende klein om geen significante invloed te hebben op het golfveld. De ontgrondingskuil die zich voor de windturbine kan ontwikkelen (zie hoofdstuk 7) zal geen significante invloed hebben op de invallende golven, ook hier is de verhouding van de ontgrondingskuil diameter tot de golflengte te klein om effect op de golven te hebben.. Op grond van deze conceptuele beschouwing lijkt het effect van de windturbine op erosie van het strand en duinen zeer beperkt.

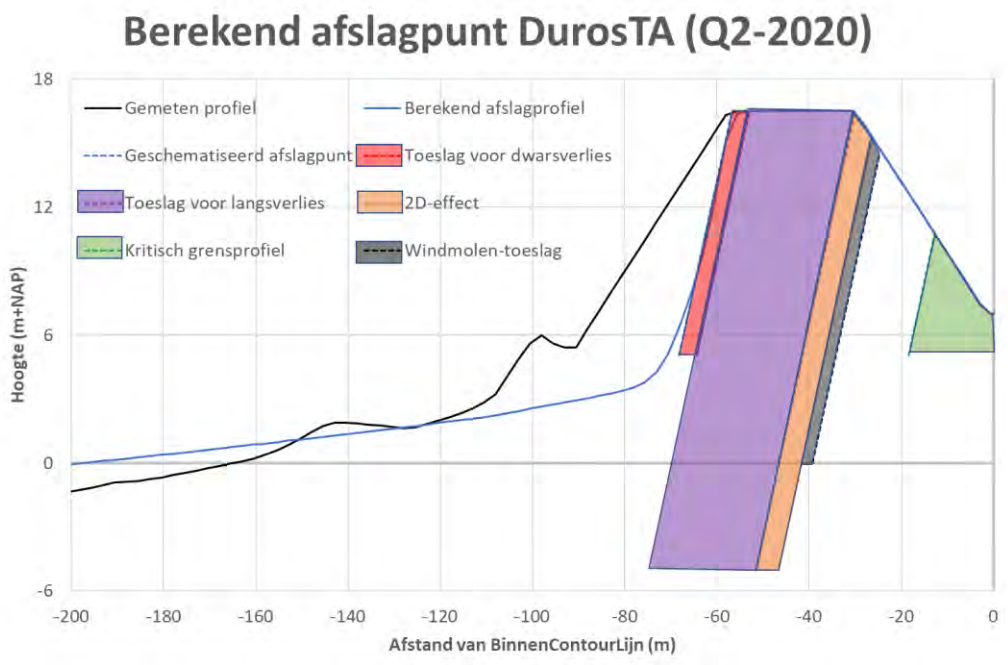
De keuringsmethodiek van PUMA voor de overgangszone is gebaseerd op modellen DurosTA en Unibest-LT. Deze methodiek is niet geschikt om de effecten van relatief kleine obstakels zoals windturbines in beeld te brengen. Als een gelijkwaardig alternatief is daarom gekozen om afslagberekeningen met XBeach model uit te voeren, net als bij de effectbepaling van de overige windturbines op de zachte zeewering (zie paragraaf 3.2).

Het effect van de aanwezigheid van de windturbine ZZ-01 tijdens de ontwerp (1/10.000 per jaar) storm is berekend met XBeach door (Svasek Hydraulics, 2020a). De berekeningen laten voor deze locatie geen negatief effect van de windturbine zien. De berekening suggereert eerder enige mate van beschermende werking (minder duinafslag, volgens Figuur 3-1 tussen 20 en 50 m^3/m, dit resultaat is echter te conservatief zoals in paragraaf 3.2 beschreven).

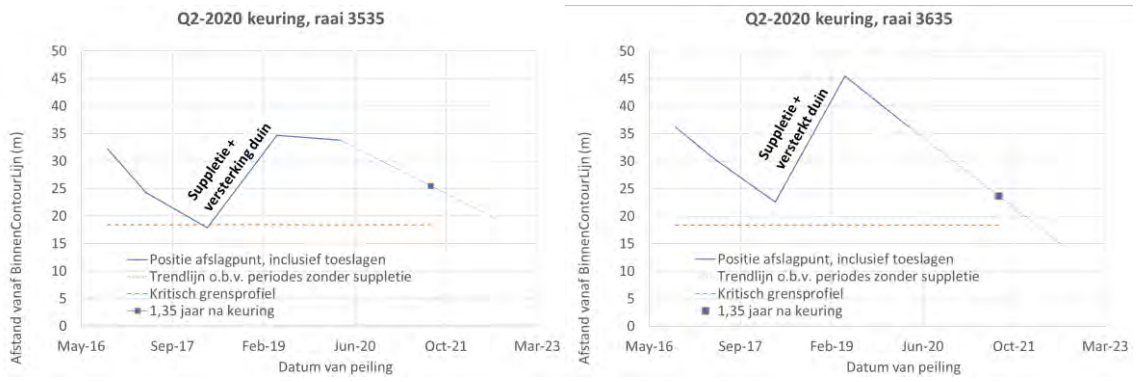
Op grond van het vóór de tenderfase overeengekomen advies adviseert (Svasek Hydraulics, 2020a) ook voor deze zone om een toeslag van 40 m^3/m op het ontwerpprofiel aan te brengen. In de berekeningen van Svasek voor deze zone is weliswaar geen negatief effect van de windmolens aangetoond, echter gelet op onzekerheden in de berekeningen (o.a. dat er met slechts twee stormen is gerekend) nemen we dit advies over. Rijkswaterstaat heeft laten weten deze toeslag van 40 m^3/m als voldoende zekerheid voor het effect van de windturbines te beschouwen.

De standzekerheid van de waterkering in de situatie met de windturbines (effect van de windturbines verwerkt als een toeslag van 40 m^3/m) is bepaald in (Arcadis, 2020) door middel van berekening met het model DurosTA conform de keuringsmethodiek beschreven in (PUMA, 2019d). De berekening is geïllustreerd in Figuur 3-9. Als gevolg van de nieuwe toeslag van 40 m^3/m schuiven de afslagpunten ca. 3m zeewaarts op.

Uit de berekening blijkt dat het afslagpunt voor de keuringsraaien Kp3535 en Kp3635 na 1,35 jaar (blauw punt in Figuur 3-10) ook voor een situatie inclusief windmolens nog zeewaarts liggen van het kritieke grensprofiel. Dit houdt in dat er geen suppletie ingepland zou hoeven te worden om nog 1,35 jaar vooruit te komen.

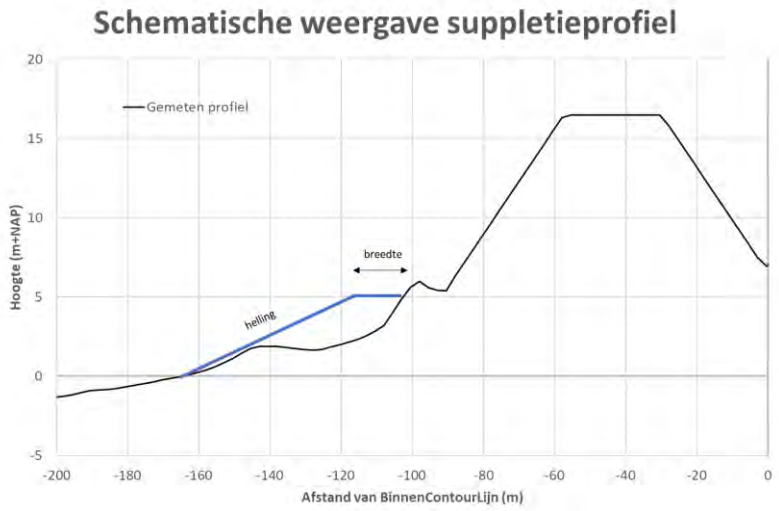


Figuur 3-9: Beschouwing standzekerheid voor profiel Kp3535, Q2-2020, inclusief toeslag t.b.v. windmolens



Figuur 3-10: Trendanalyse afslagpunt (inclusief toeslagen) voor raai Kp3535 (links) en Kp3635 (rechts), inclusief toeslag t.b.v. windmolens

Volgens het BIP (PUMA, 2019c) dient bij de suppleties een buffer te worden aangehouden waarmee tenminste 2,35 jaar standzekerheid wordt gegarandeerd. Uit de analyse van (Arcadis, 2020) blijkt dat er in 2020 - om deze buffer te garanderen - een extra suppletie van ca. 35 m³/m zonder windturbines nodig is. Wanneer er rekening wordt gehouden met het effect van de windturbines, neemt het suppletievolume toe met 65 m³/m tot 100 m³/m. Gerekend over een afstand van 200 m betekent dit een extra suppletie van orde 65 m³/m x 200 m = 13.000 m³ zand om het effect van de windturbines te compenseren. Dit zand kan worden aangebracht in de vorm van een zandbanket, zie Figuur 3-11.



Figuur 3-11: Schematisatie van ontwerpsuppletie

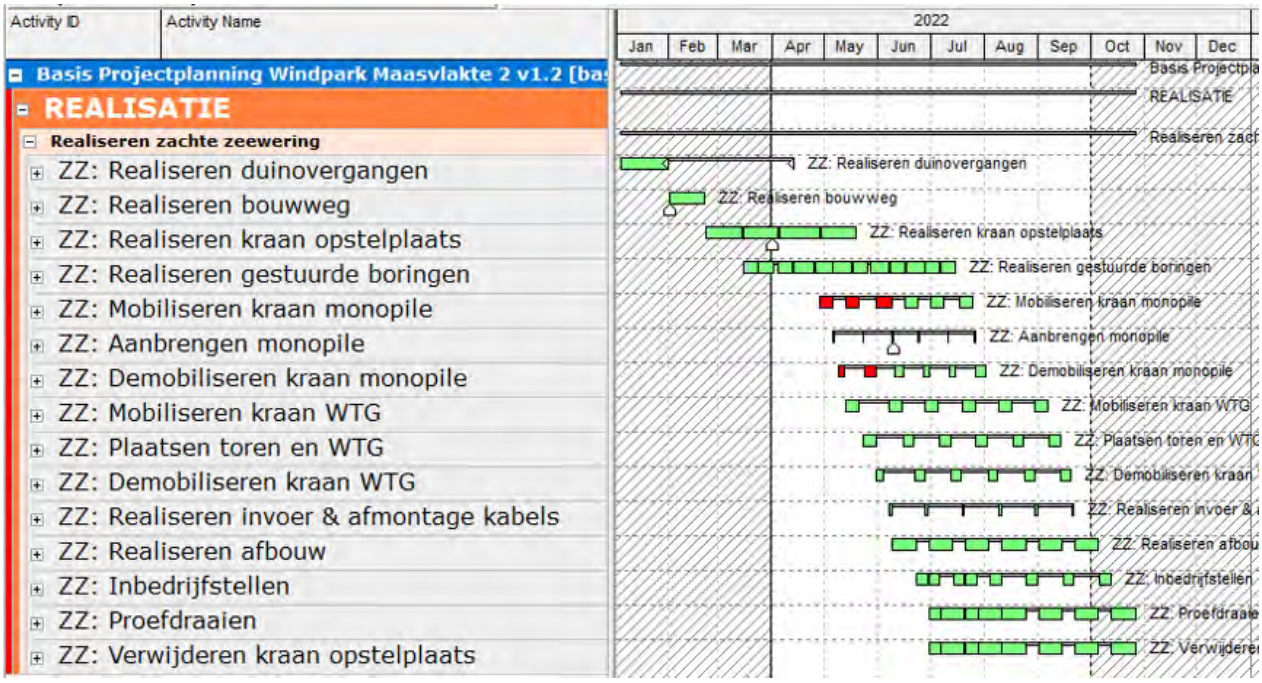
Deze berekening toont aan dat met deze extra suppletie van 13.000 m³ de zeewering standzeker is voor het komende 2,35 jaar. Indien het effect van de windmolens later in de keuring wordt ingebracht (de bouw van het windpark is gepland in 2022) zal er een vergelijkbaar volume van extra zand aangevuld dienen te worden. In de volgende keuringen zal steeds rekening moeten worden gehouden met de extra 40 m³/m toeslag in de overgangszone.

Dit betreft een eenmalige suppletie van dit extra zandvolume. (Arcadis, 2020) stelt dat in de jaren erna wordt verwacht dat de 3 m zeewaarts verschoven kustlijn niet zal leiden tot een merkbare verhoging van de onderhoudsbehoefte (een verschuiving van 3 meter kan als nihil worden gezien ten opzichte van de dimensies van het grote systeem). Daarbij dient te worden opgemerkt dat deze 13.000 m³ zand in perspectief dient te worden gezien van de 30.000 m³ nieuw zand dat door Eneco naar MV-2 wordt gebracht ten behoeve van de bouwwerkzaamheden; dit zand zal immers op het strand achterblijven en dienen als aanvulling op het sedimentaire systeem,

(Arcadis, 2020) heeft onderzocht in hoeverre het extra 40 m³/m zand op een andere manier ingebracht zou kunnen worden. De conclusie is dat er binnen de huidige afspraken tussen Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat geen ruimte aanwezig is om dit zand in het duin aan te brengen. Het aanbrengen van een zandbanket op het strand is wel toegestaan.

3.5 Bouwen tijdens stormseizoen

Het efficiënt en snel bouwen van het windpark is alleen mogelijk indien sommige bouwwerkzaamheden gedurende enkele maanden tijdens het stormseizoen worden uitgevoerd. Dit betreft aanleg van de duinovergangen en kraanopstelplaatsen voor de windturbines in het voorjaar. Tijdens het najaar en winter zullen de windturbines worden afgebouwd nadat de tijdelijke constructies zijn opgeruimd, zie Figuur 3-12.



Figuur 3-12: Planning bouwwerkzaamheden op hoofdlijnen, grijs gearceerd het stormseizoen

Rijkswaterstaat heeft in notitie Watervergunning ZZ Windpark MV2 (Rijkswaterstaat, 2019a) aangegeven dat er tijdens het stormseizoen geheid en ontgraven mag worden. Werken tijdens het stormseizoen moeten aantoonbaar geen invloed hebben. Indien onstuimig weer op komst is moet het strand schoon zijn (dus geen machines, rijplaten, palenvoorraad, enz. meer op het strand). Hiervan kan worden afgeweken indien kan worden aangetoond dat de aanwezigheid van deze objecten geen effect heeft op de weringveiligheid. Dit is bevestigd in de mail van Wim van Driesten van 7 juli 2020. De aanvullende toelichting van Rijkswaterstaat luidt:

"Heien en graven tijdens het stormseizoen is voor de ZZ toegestaan, mits aangetoond wordt dit geen negatief effect heeft op de weringveiligheid. Voor graven geldt dat er meestal geen bedreiging is voor de waterveiligheid als er geen materiaal wordt afgevoerd ("in hetzelfde profiel blijft"). Voor heien kan dat anders zijn: een slanke heipaal zal nauwelijks effect hebben, maar een lange doorgaande damwand kan wél veel effect geven. Vóór (zeewaarts van) een damwand kan bijvoorbeeld extra erosie optreden door reflectie. Extra erosie op het strand leidt bij duinafslag ook tot extra erosie op het duin, waardoor het afslagpunt landwaarts verschuift. Het hebben van damwanden op het strand kan daarom alleen als er kan worden aangetoond dat de extra erosie niet leidt tot te grote duinafslag. Daarbij mag er rekening worden gehouden met het momentane profiel. Wordt er bijvoorbeeld extra zand aangebracht op het strand voor kraanopstelplaatsen, dan kan dit worden meegenomen in de veiligheidsbeschouwing. Dit moet worden aangetoond middels een berekening. Voor groot/zwaar materieel geldt dit eveneens. Ook een grote kraan kan (net als bijvoorbeeld een bunker) leiden tot extra erosie, waarvoor dan ook extra zand aanwezig moet zijn."

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de effecten van deze tijdelijke werkzaamheden op de veiligheid van de waterkering, risico's en mitigerende maatregelen.

3.5.1 Duinovergangen

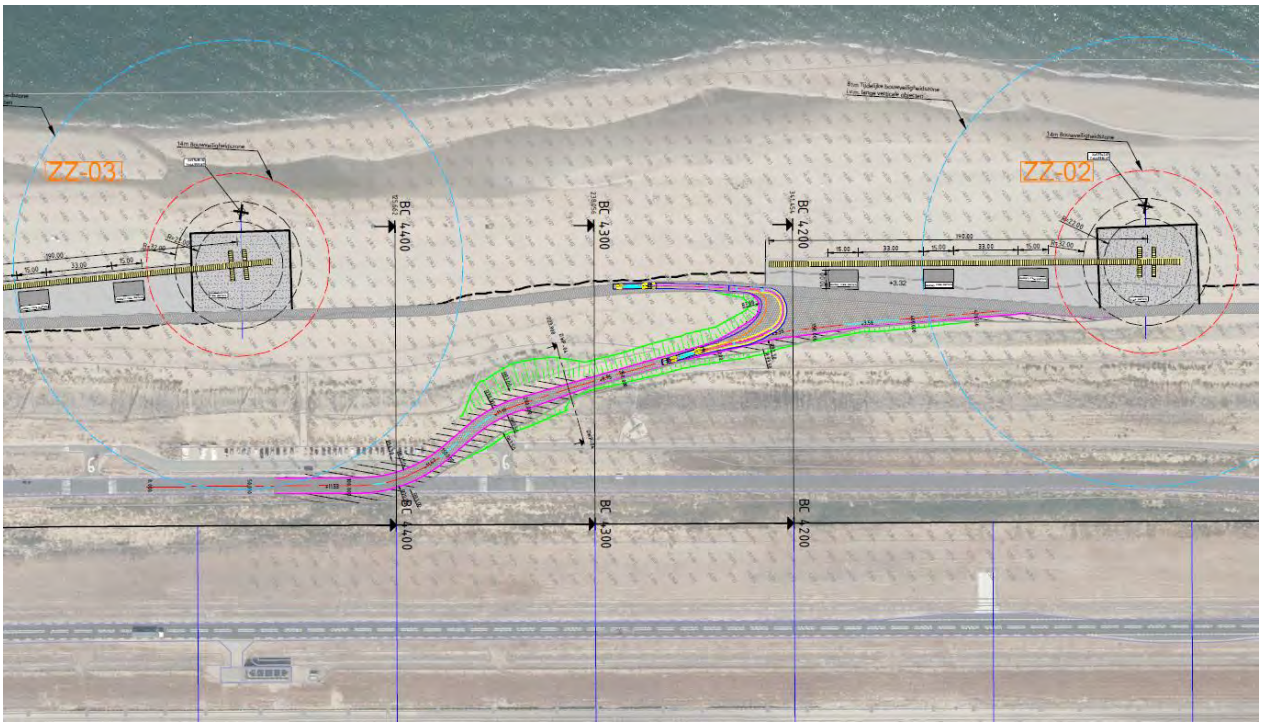
Voor transport van materiaal zullen vier duinovergangen gerealiseerd worden: tussen ZZ-02 en ZZ-03, ter hoogte van ZZ-05, tussen ZZ-07 en ZZ-08 en tussen ZZ-11 en ZZ-12. Deze duinovergangen zullen worden uitgevoerd naar voorbeeld van de reeds aanwezige duinovergang bij P6 (zie Figuur 3-13). De volgende eisen relevant voor de waterveiligheid zijn gesteld aan de duinovergangen:

- Het bestaande duinprofiel mag niet dusdanig worden verlaagd of versmald dat de waterveiligheidsfunctie in het geding komt of dat de aanwezige zandbuffers geminimaliseerd/verlaagd worden. De exploitant dient te bepalen op basis van zijn ontwerp welke compenserende maatregelen dienen te worden genomen om de waterveiligheid te waarborgen. Dit ontwerp behoeft voorafgaand aan de werkzaamheden instemming van de beheerder.
- Op- en afritten worden geconstrueerd met zand dat betrokken wordt van buiten het fundament van de zeewering of andere materialen. Hierbij geldt dat het zand van minimaal dezelfde kwaliteit moet zijn als het zand van de zeewering (d50 ≥ 330 µm).
- Buiten het stormseizoen mogen de duinen lokaal verlaagd worden. De exploitant bepaalt de effecten en eventueel benodigde compenserende maatregelen van deze duinverlaging waarbij de waterveiligheid te allen tijde gewaarborgd wordt.

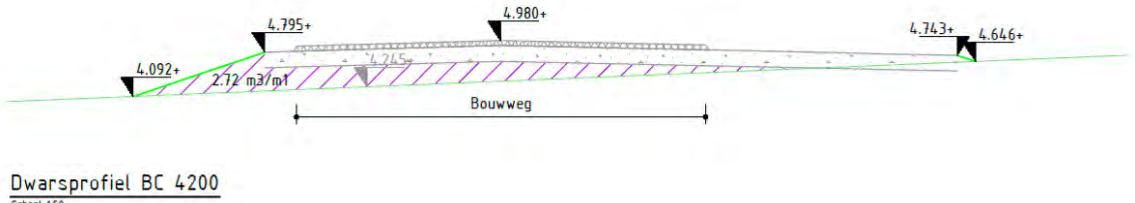


Figuur 3-13: Strand nabij bestaande duinovergang en locatie windturbine ZZ-06 op 22 mei 2020 vlak voor hoogwater. Voor het duin ligt een voorduin van zo'n 20 m breed en daarna een breed strand.

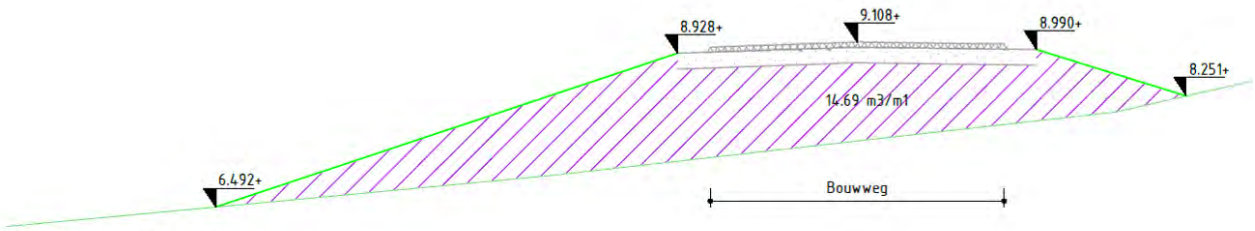
In deze paragraaf wordt aangetoond dat er geen effecten op de veiligheid van de waterkering ontstaan door het uitvoeren van werkzaamheden tijdens het stormseizoen.



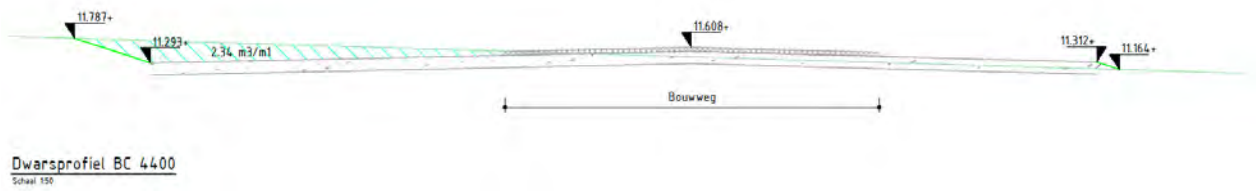
Figuur 3-14: Voorbeeld van de duinovergang tussen ZZ-02 en ZZ-03.



Dwarsprofiel BC 4200
Schaal 1:50



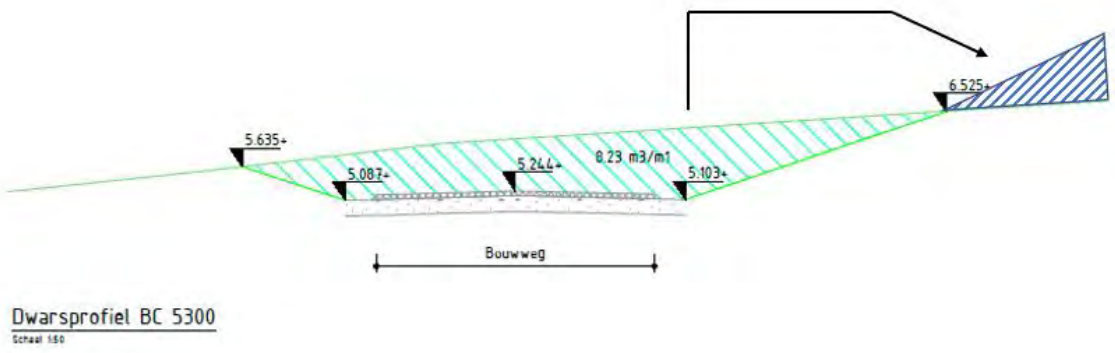
Dwarsprofiel BC 4300
Schaal 1:50



Figuur 3-15: Dwarsdoorsnedes op de raaien BC-4200, BC-4300 en BC-4400 van de duinovergang tussen ZZ-02 en ZZ-03. Volume wat wordt toegevoegd is paars gearceerd, volume wat wordt afgegraven is groen gearceerd.

In Figuur 3-14 is de duinovergang tussen ZZ-02 en ZZ-03 getoond als voorbeeld. Bij de raaien BC-4200, BC-4300 en BC-4400 zijn dwarsdoorsnedes te zien in Figuur 3-15. Er wordt per duinovergang netto zand toegevoegd aan het duin. Dit is ook te zien in Figuur 3-15 voor de genoemde dwarsdoorsnedes: in de raaien BC-4200 en BC-4300 wordt zand toegevoegd ten opzichte van het huidige profiel (2019). Dit zand wordt aangevoerd van buiten het kustfundament en is van voldoende kwaliteit (D_{50} van minimum 330 μm).

In het geval dat wel een stuk van het duin moet worden afgegraven voor de aanleg van de duinovergangen (zoals in BC-4400, zie Figuur 3-15), wordt het afgegraven zand aan de landzijde van de duinovergang in het duin geplaatst (zie Figuur 3-16). Zo veranderen het volume en de aanwezige buffers in het duin niet, en deze ingreep heeft geen negatief effect op de veiligheid en standzekerheid van de waterkering.



Figuur 3-16: Illustratie van het verplaatsen van het afgegraven volume naar de landzijde van de duinovergang.

Door het netto toevoegen van zand nemen de aanwezige buffers bij alle strandovergangen toe. De maximale hoogte van het duin wordt niet substantieel verlaagd door de aanleg van de duinovergangen. Hiermee is aangetoond dat de waterveiligheid niet in het geding is rond de duinovergangen. De verstuiving van zand zal worden gemitigeerd door de zijkanten van de duinovergang te voorzien van de rijsthoutschermen van voldoende dichtheid, en de ontblote delen van het duin te beplanten met helmgras. Daarmee wordt naar verwachting het overlast door verstuiving voldoende gemitigeerd.

De aanwezigheid van Stelcon platen op het strand tijdens het stormseizoen heeft geen negatief effect op veiligheid (Achtergronddocument toetsschema duinafslag WT2017 (Deltares, 2015)). Op grond daarvan heeft Rijkswaterstaat reeds toestemming gegeven voor de aanwezigheid van deze platen op het strand in de winter.

Een risico is dat tijdens een storm de stelcon platen worden afgedekt met zand of dat delen van de strandovergangen vervormen door duinafkalving. Hierdoor wordt de doorgang voor materiaal bemoeilijkt en de overgang moet worden hersteld. Dit risico is voor de uitvoerende aannemer.

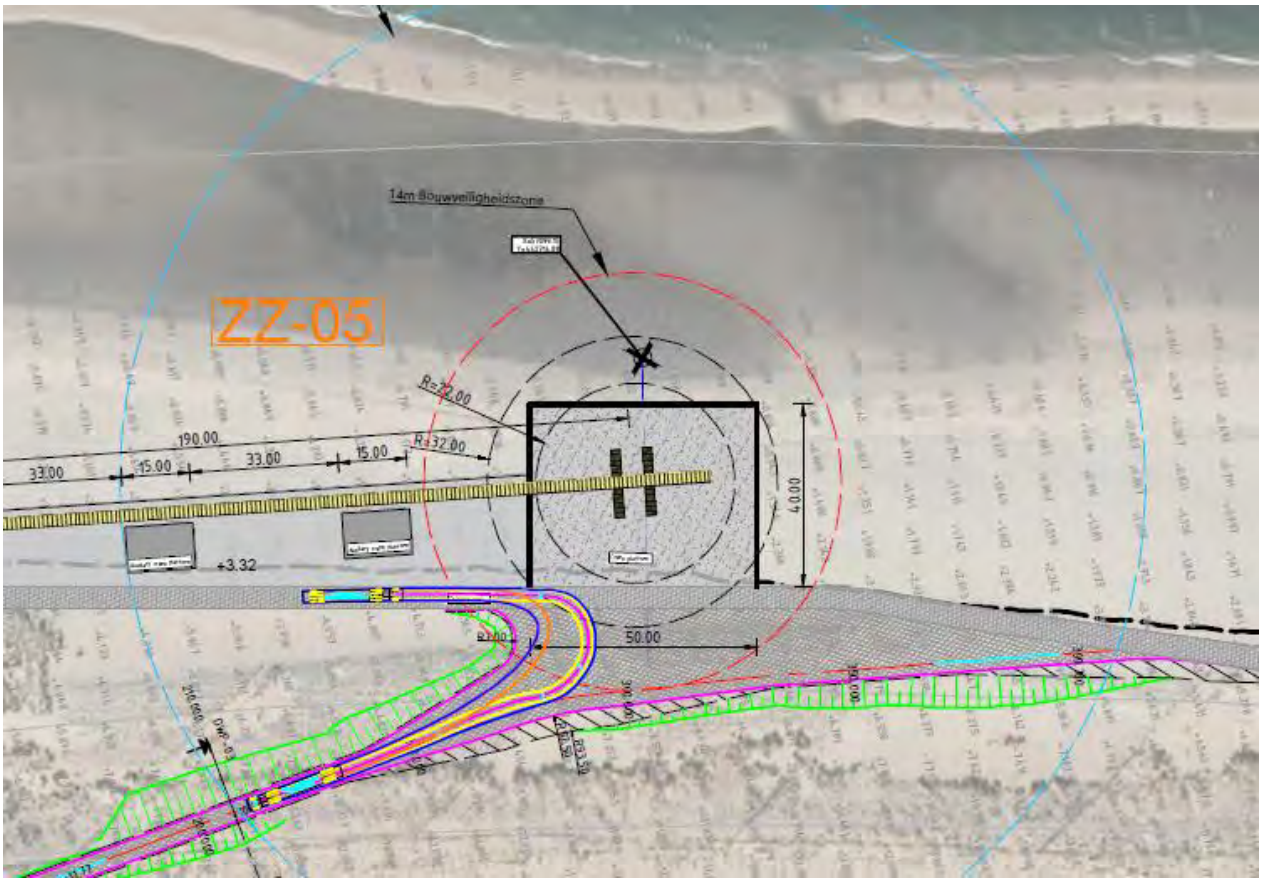
Deze duinovergangen worden gedurende het levensduur van het windpark gebruikt als toegangsweg voor de hulpdiensten en voor het (groot) onderhoud van de turbines. Dit wordt in meer detail beschreven in hoofdstuk 6. Het onderhoud van de nieuw aangelegde duinovergangen is de verantwoordelijkheid van Eneco.

3.5.2 Kraanopstelplaatsen

Voor het plaatsen van de windturbines worden tijdelijke constructies op het strand gebouwd. Deze kraanopstelplaatsen zijn plateaus met afmetingen van 40m x 50m (zie voorbeeld in Figuur 3-17), aan drie zijden begrensd door damwanden en opgevuld met zand tot het niveau van 3,3m +NAP. Het zand wordt aangevoerd van buiten MV-2 en voldoet aan de eisen aan suppletiezand conform het BIP. Aan de bovenkant worden deze plateaus afgewerkt met een 1,0 m dikke bovenlaag van menggranulaat en tenminste 2 lagen geogrid waarmee het verwaaien van zand wordt voorkomen. Aan de landzijde sluiten ze aan op het achterliggende duin. Deze harde constructies op de Zachte Zeewering zijn tijdelijk van aard; na voltooiing van de windturbines worden de damwanden verwijderd en wordt het zand met bulldozers over het strand verspreid[4]. De bouw van de eerste 6 kraanopstelplaatsen, voor windturbines ZZ-07 t/m ZZ-12 is gepland in het voorjaar 2022, de overige kraanopstelplaatsen worden gebouwd in de zomer. Het verwijderen van de eerste 8 kraanopstelplaatsen is gepland in de zomer. Van de resterende 4 kraanopstelplaatsen worden de eerste twee (ZZ-03 en ZZ-04) in de eerste week van oktober verwijderd en de laatste twee (ZZ01 en ZZ-02) worden verwijderd voor het einde van oktober 2022, zie planning bouwwerkzaamheden in Figuur 3-12.

Dit betekent dat deze constructies enkele weken tot maanden tijdens het winterstormseizoen op het strand aanwezig zullen zijn en daardoor een mogelijk risico voor de veiligheid van de waterkering kunnen vormen. Nadat de damwanden zijn getrokken, dus nadat alle kraanopstelplaatsen van het strand verwijderd zijn, zal ca 30.000 m^3 nieuw zand op het strand achterblijven wat een positief effect heeft op de veiligheid van de waterkering, het totale zandvolume in de strandschil neemt immers toe. Voor de aanleg van plateaus wordt het zand met korreldiameter van minstens 330 μm gebruikt wat aansluit bij de eisen in het BIP (PUMA, 2019c).

[4] Het zand uit de kraanopstelplaatsen zal als een dunne laag gelijkmatig over het strand worden verspreid zodat er geen overlast ontstaat door het eolische transport richting duin en het achterliggend havengebied.



Figuur 3-17. Voorbeeld kraanopstelplaats

Vergelijkbaar met de bepaling van de morfologische effecten van de windturbines (zie paragraaf 3.2) heeft (Svasek Hydraulics, 2020d) ook de morfologische effecten van de kraanopstelplaatsen bepaald, met behulp van het numerieke model XBeach. Hiervoor zijn twee configuraties gebruikt:

1) De zuidelijke zes kraanopstelplaatsen (ter hoogte van ZZ-06 tot ZZ-12) zijn aanwezig, de windturbines niet. Dit correspondeert met de periode in het voorjaar van 2022;
2) Alle twaalf kraanopstelplaatsen en windturbines zijn aanwezig. Dit betreft een worst-case waarbij de werkzaamheden tegen de verwachting in flink uitlopen en de kraanopstelplaatsen niet zijn verwijderd (volgens de planning staan in de herfst slechts 4 van de 12 kraanopstelplaatsen op het strand, zie Figuur 3-12).

De kraanopstelplaatsen zijn in het model opgenomen als niet-erodeerbare elementen met afmetingen van 40 bij 50 m en een hoogte van 3,3 m NAP. Er is in het model geen rekening gehouden met ca 2,500 m^3 zand tussen de damwanden in elke kraanopstelplaats wat tijdens storm (deels) door de golven naar het achterliggende duin kan worden verplaatst.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee ontwerpstormen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Dit zijn dezelfde stormen als gebruikt bij het bepalen van de effecten van de windturbines, zie Tabel 3-1. Dit leidt tot vier XBeach berekeningen. Er is gerekend met de 2019 bodem.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-2. De berekeningen laten zien:

- een toename van de duinafslag van maximaal 12,5 m^3/m tussen de windturbines ZZ-02 en ZZ-03 en tussen ZZ-03 en ZZ-04 (afstand van ca 900m);
- een grotere toename van de duinafslag ten zuiden van de windturbine ZZ-12 van ca. 45 m^3/m over een afstand van 1 km.

Dit maximale effect treedt op in de situatie met twaalf kraanopstelplaatsen, 12 windturbines en storm B en is geïllustreerd in Figuur 3-18. In deze figuur is de erosie/sedimentatie van de referentiesituatie (geen kraanopstelplaatsen of windturbines) gegeven (bovenste figuur), eenzelfde figuur maar met twaalf kraanopstelplaatsen en twaalf windturbines (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (onderste). Deze laatste geeft het afslagvolume boven rekenpeil (in al deze gevallen 4,95 m+NAP), en het verschil daartussen. Een negatief verschil betekent dat er meer afslag is in de situatie met kraanopstelplaatsen en windturbines. Te zien is dat het effect van de platformen geconcentreerd achter deze platformen optreedt.

Tabel 3-2 Maximum extra afslag voor elk scenario, verdeeld in de gebieden tussen en ten zuiden van de turbines; bron: (Svasek Hydraulics, 2020d)

	Maximum extra afslag tussen turbines	**Maximum extra afslag ten zuiden van turbines**
2019 bodem storm A 6 platformen	3,5 m^3/m	NVT, want niet maatgevend*)
2019 bodem storm B 6 platformen	6,3 m^3/m	31,5 m^3/m
2019 bodem storm A 12 platformen + 12 windturbines	7,0 m^3/m	NVT, want niet maatgevend*)
2019 bodem storm B 12 platformen + 12 windturbines	12,5 m^3/m	45,0 m^3/m

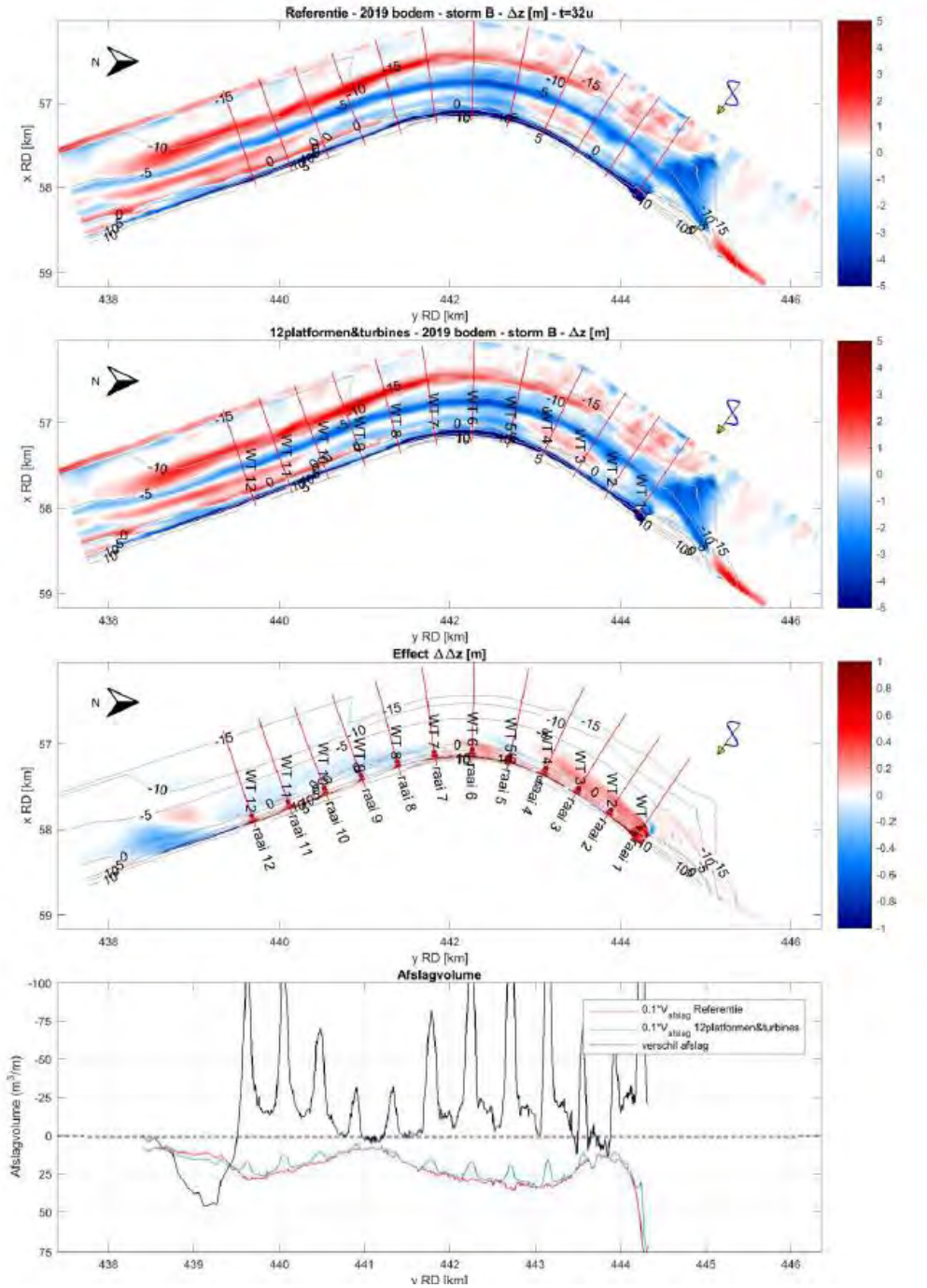
*) *Storm A is niet representatief voor maatgevende condities voor de zuidkant van MV2, waar de extra afslag ten zuiden van de turbines plaatsvindt*

(Svasek Hydraulics, 2020d) merkt op dat te simulatie tot op zekere hoogte conservatief is omdat er in het model geen zand uit de platformen (kraanopstelplaatsen) zelf kan eroderen, waardoor ter plaatse de blokkade van de duinen groot blijft en op andere locaties minder zand beschikbaar is voor de opbouw van de vooroever. In werkelijkheid zal in ieder geval een deel van het zand uit de platformen eroderen, dit zand kan de berekende duinafslag mogelijk reduceren. Echter, de redenen dat voorgaande berekeningen zeer conservatief waren vallen weg bij de voorliggende configuratie: overdimensioneren van de ingreep om numerieke reden en het om een slanke paal heenlopen van korte golven. De huidige berekening is daardoor beduidend minder conservatief dan eerdere berekeningen.

Het maximale *worst-case* effect van de kraanopstelplaatsen van 45 m^3/m is groter dan het maximale effect van 20 m^3/m van de windturbines. Er vanuit gaande dat de planning wordt gehaald is het maximale berekende effect kleiner: 31,5 m^3/m (let wel: dit effect betreft het gezamenlijke effect van de windturbines en kraanopstelplaatsen). In het duin ligt bij alle raaien ruim meer dan 45 m^3/m aan reserve. Daarnaast komt deze worst-case situatie met twaalf kraanopstelplaatsen en twaalf windturbines maar kort voor tijdens een stormseizoen. De veiligheid van de waterkering (overschrijdingskans van belasting) bedraagt 10^{-4} per jaar. Dit betekent dat de cumulatieve kans dat deze belasting wordt overschreden gedurende de levensduur van de windturbines op de waterkering (25 jaar) 0,25% bedraagt. De tijdelijke situatie waarbij alle kraanopstelplaatsen en windturbines op de waterkering aanwezig zullen zijn gedurende het winterstorm seizoen zal minder dan 3 maanden duren. De cumulatieve kans dat de maatgevende storm in deze periode optreedt, bedraagt 0,005%, dus 50 keer kleiner dan de cumulatieve kans voor de

permanente situatie. Er is voldoende zand in het duin aanwezig om de extra afslag als gevolg van een maatgevende storm op te kunnen vangen. In combinatie met de zeer kleine cumulatieve kans van optreden van deze storm in de 3 maanden wanneer de tijdelijke constructies op de waterkering aanwezig zijn, achten we bewezen dat dit geen situatie betreft waarbij de veiligheid van de waterkering in het geding is. De eventuele extra duinafslag ten gevolge van de aanwezigheid van kraanopstelplaatsen tijdens storm zal worden gecompenseerd[5] door de extra 30,000 m³ zand, wat na het verwijderen van de damwanden vrij zal komen, op het strand achter te laten.

[5] XBeach berekeningen (Figuur 3-18) laten zien dat de duinafslag alleen lokaal tussen enkele windturbines ontstaat. De toeslag van 40 m³/m die over de hele lengte van ZZ wordt toegepast heeft betrekking op de onzekerheid m.b.t. de locatie van de afslag die afhankelijk is van de golfrichting. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat deze afslag zich over grote delen van ZZ uit zal strekken, en het door Eneco aan te brengen 30.000 m³ nieuwe zand is naar verwachting ruim voldoende om de extra duinafslag t.g.v. de tijdelijke constructies te compenseren



Figuur 3-18: Voorbeeld resultaten van afslagberekening: Effect bij storm B, op basis van 2019 bodem; erosie/sedimentatie in de referentiesituatie (bovenste figuur), erosie/sedimentatie met 12 kraanopstelplaatsen en 12 windturbines (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (figuur onderaan).

3.5.3 Kabelboringinstallatie

Ten behoeve van het insluiten van kabels op de windturbines worden op de kraanopstelplaatsen ook tijdelijke boorinstallaties aangebracht. Deze installaties zullen worden gebouwd nadat de kraanopstelplaatsen zijn gebouwd, en verwijderd tegelijk met het verwijderen van deze plateaus. Deze

constructies hebben geen extra effect op de veiligheid van de zeewering boven op de effect van de kraanopstelplaatsen zelf, zie voorgaande paragraaf.

3.5.4 Bouwwegen

Er zullen tijdelijke wegen op het strand worden aangelegd. Deze wegen komen op het bestaande strand te liggen. Er wordt geen zand afgegraven of toegevoegd, dus deze wegen hebben geen invloed op de sedimentvolumes in de keuringsprofielen, en daarmee geen effect op de veiligheid. De bouwwegen zullen worden verhard met de Stelcon platen. Dit wordt in detail beschreven in het rapport BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-G-0007 Beoordeling invloed op weringveiligheid.

Zoals reeds eerder aangegeven, heeft de aanwezigheid van Stelcon platen op het strand tijdens het stormseizoen geen negatief effect op veiligheid (Achtergronddocument toetsschema duinafslag WT2017 (Deltares, 2015)). Op grond daarvan heeft Rijkswaterstaat reeds toestemming gegeven voor de aanwezigheid van deze platen op het strand in de winter.

3.5.5 Los materieel

Tijdens de werkzaamheden zal los materieel (bulldozers, kranen etc) en materialen op het strand aanwezig zijn. Overeenkomstig eis m.b.t. het verwijderen van materieel bij naderend onstuimig weer zullen deze bij een waarschuwing van windkracht 7 of meer van het strand worden verwijderd. Eerste waarschuwing voor naderend onstuimig weer is 72 uur van te voren beschikbaar maar is nog onbetrouwbaar. De opeenvolgende voorspellingen worden steeds betrouwbaarder. Op grond van de eerste waarschuwing wordt het ontruimingsprotocol in werking gesteld en organisatie in paraatheid gebracht. Indien de waarschuwing wordt bevestigd wordt, wordt het materieel tijdig van het strand weggehaald.
Eneco gaat een ontruimingsprotocol[6] opstellen waarmee aan de bovengenoemde eis wordt voldaan.

Analyse van windgegevens gemeten op MV-2 in de periode 2003-2018 in Tabel 3-3 laat zien dat de cumulatieve frequentie van overschrijding van windkracht 7 (=14 m/s) in het stormseizoen niet hoger dan 14% ligt; in februari en maart is deze frequentie zelfs lager. Deze gegevens zijn afkomstig uit de analyse van windmetingen die in (PONDERA, 2020) zijn gerapporteerd.

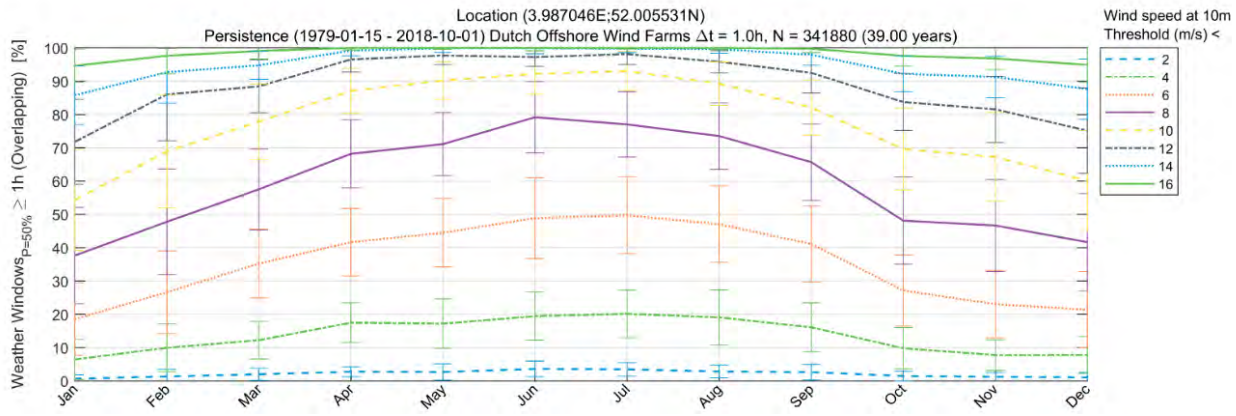
Tabel 3-3. Cumulatieve overschrijdingsfrequentie van windkracht 7 op Maasvlakte 2

	Cumulative Frequency distribution											
Wind Speed (m/s)	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
14	14%	9%	6%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	14%	14%	14%

Dit beeld wordt bevestigd in de analyse van windmetingen die op de website Metocean On Demand is beschikbaar (database van RVO voor Dutch Offshore Wind). De persistentie van windsnelheid (d.w.z. windsnelheid die langer dan een uur aanhoudt) lager dan 14 m/s in het stormseizoen (blauwe lijn in Figuur 3-19) varieert tussen 85% en 100%.

Hieruit blijkt dat de werkbaarheid tijdens het stormseizoen redelijk goed is. Het betreft echter meerjarige statistiek; tijdens de uitvoering kan de aannemer worden geconfronteerd met tegenvallend slecht weer. Om deze reden zijn in de bouwplanning ruime marges voor tegenvallers aangehouden.

[6] *Dit type getrapte waarschuwing en opeenvolgende acties worden offshore toegepast, maar tevens ook in de sluitingsprotocollen van stormvloedkeringen*



Figuur 3-19: Persistentie windsnelheid offshore van MV-2; bron: Metocean On Demand database

4 Analyse minimum bodemligging

Voor de stabiliteit van de windturbine en de ingraafdiepte van kabels en leidingen is het belangrijk inzicht te hebben in de minimale bodemligging ter plaatse van de windturbines. Een inschatting van deze minimale bodemligging is op twee manieren gemaakt:

1. Op basis van maximaal erodeerbaar volume volgens het BIP (PUMA, 2019c). Dit geeft de minimale bodemligging tijdens normale condities en onderhoud volgens het BIP;
2. De minimumbodem gedurende stormcondities:
    a. De minimumbodem gedurende een maatgevende storm (1/10.000 jaar). Deze is afgeleid door (Svasek Hydraulics, 2020b).
    b. De minimumbodem gedurende vaker voorkomende stormen (1/10 en 1/100 jaar), afgeleid door (Deltares, 2020a).

Er dient te worden gekeken naar de laagste bodemligging, dat wil zeggen de kleinste waarde uit deze twee methoden. Een lage bodem onder normale condities betekent dat er veel volume in het duin en het hoge strand zit (uitgaande van gegarandeerde volumes volgens het BIP). Bij stormafslag kan dan worden aangenomen dat de bodem ter hoogte van de windturbines omhoog komt door het zand dat van het duin is afgeslagen (Svasek Hydraulics, 2020b). Ook kan een minder heftige storm leiden tot grotere strandafslag.

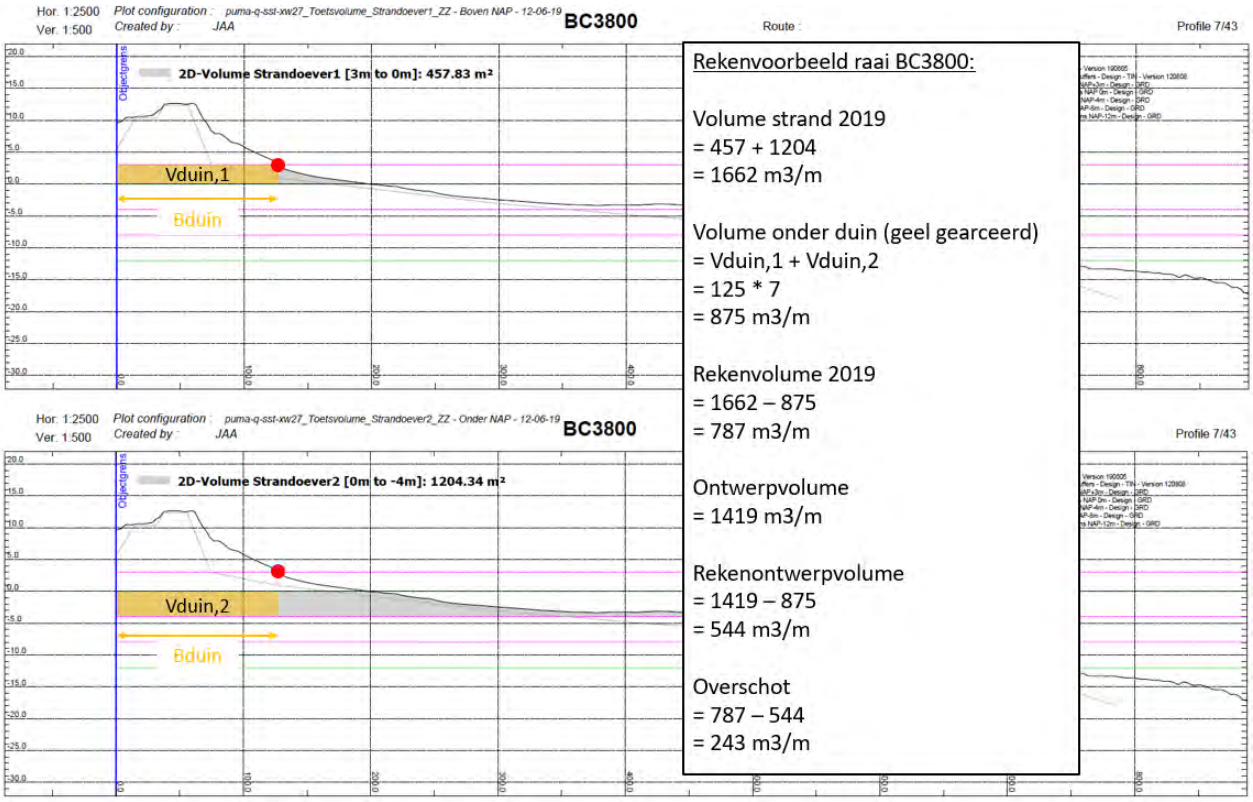
Hieronder zijn beide methoden beschreven, vervolgens worden de conclusies gegeven. Bij deze benadering is aangenomen dat het huidige ontwerpprofiel niet verandert als gevolg van extra toeslag die in paragraaf 3.3 is besproken. Dit is een conservatieve aanname voor de stabiliteit van de windturbines: als het ontwerpprofiel zeewaarts verschuift, komt de bodem ter plaatse van de windturbines omhoog.

Methode 1: Erodeerbaar volume volgens het BIP

Uit de keuringsformulieren van 2019 (PUMA, 2019a) blijkt hoeveel zand er per raai in de verschillende schillen ligt. Wanneer dit aanwezige volume ten opzichte van het ontwerp- (of toetsings-) volume wordt beschouwd en het overschot in de duinschil wordt meegenomen, kan bepaald worden hoeveel er maximaal mag eroderen per raai voordat het minimumvolume wordt bereikt en er moet worden gesuppleerd. Op basis hiervan kan bepaald worden wat de maximale bodemdaling ter hoogte van de windturbines is. In de keuringsformulieren is geen data beschikbaar over de raaien BC3495 en BC3600 waartussen de windmolen ZZ-01 komt te staan, voor dit gebied wordt het onderhoud gestuurd op het instandhouden van het afslagpunt en niet van het volume. De minimumbodem bij ZZ-01 wordt afgeleid op basis van methode 2.

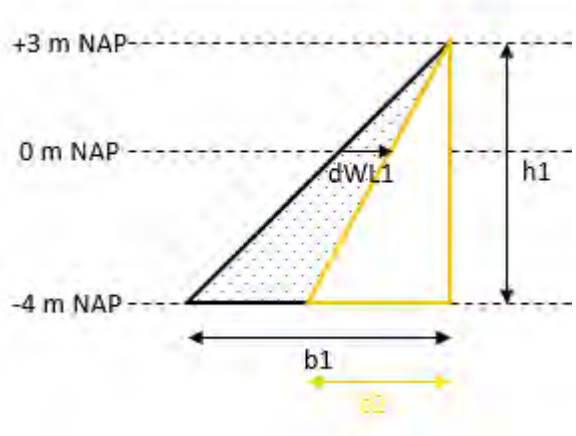
De volgende methode is gehanteerd:

1. Het ontwerpvolume ($V_{ontw,s}$), het strandvolume in 2019 ($V_{19,s}$) en het duinoverschot in 2019 ($V_{over19,d}$) zijn bepaald. Van $V_{over19,d}$ is 40 m^3/m afgetrokken om te voldoen aan de veiligheidseisen besproken in Hoofdstuk 3.
2. Er wordt aangenomen dat de duinvoet niet verschuift. Daarom is het volume in de strandschil wat zich onder het duin bevindt (dus oostelijk van de intersectie van het profiel en de +3 m NAP lijn) bepaald (V_{duin}). Dit wordt afgetrokken van het aanwezige volume en het ontwerpvolume van de strandschil, bij behoud van de duinvoet kan het volume daaronder immers niet eroderen. Dit geeft de rekenwaarde van het aanwezig strandvolume in 2019 (V_1) en de rekenwaarde van het ontwerpvolume ($V_{ontw,s,reken}$). Zie voor een voorbeeld Figuur 4-1.



Figuur 4-1: Voorbeeld van de bepaling van de rekenwaarde van het aanwezig en het ontwerpvolume.

3. Hiermee is een principe profiel bepaald in de vorm van een driehoek (zie Figuur 4-2). Het volume is gelijk aan het aanwezige strandvolume (V_1), de hoogte is gelijk aan de hoogte van de strandschil (7 m). De basis van deze driehoek is aangegeven met b_1. Aangenomen wordt dat de duinvoet (3 m + NAP) op dezelfde plek blijft.



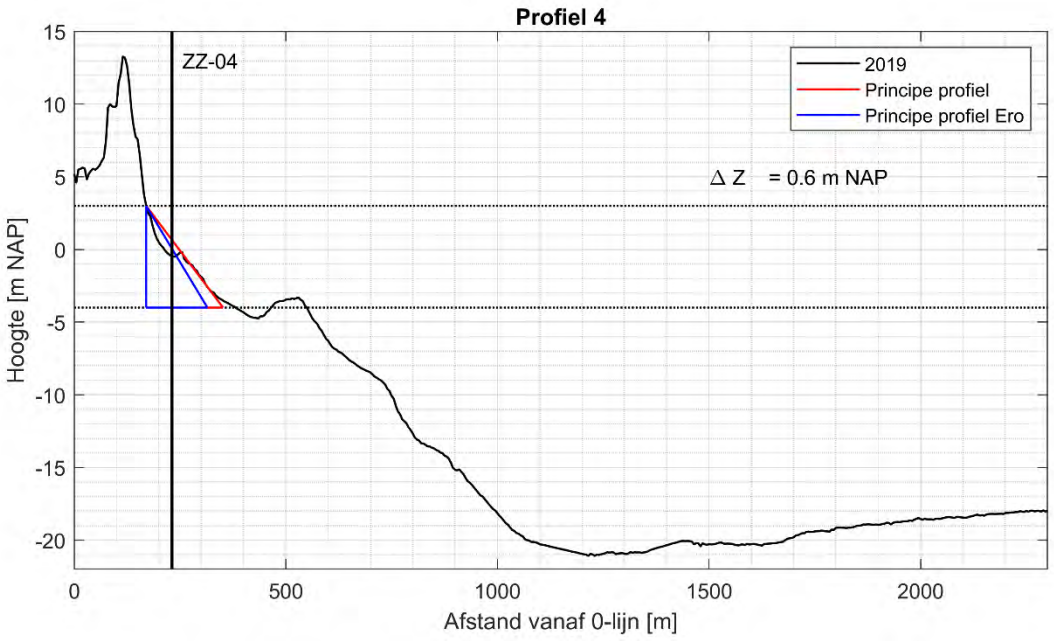
Figuur 4-2: Illustratie van de principe profielen.

4. Het maximale volume van het overschot in het duin wat volgens BIP gebruikt mag worden als compensatie van tekorten in de strandschil is 250 m^3/m. Met deze wetenschap is het compensatievolume van het duin in 2019 bepaald (C_{duin});
5. Het maximaal erodeerbare volume (V_{ero}) voordat ingrijpen noodzakelijk is, is gelijk aan het aanwezige volume in 2019 inclusief het compensatievolume in het duin minus het ontwerpvolume.

Daarmee wordt het minimale aanwezige volume op het strand (V_2) gelijk aan het aanwezige volume in 2019 minus het maximaal erodeerbare volume;

6. Met dit volume kan een nieuw principeprofiel worden afgeleid, met een basis (b_2) en een terugtrekking van de waterlijn (dWL_1). Met de terugtrekking van de waterlijn kan ook de daling van het profiel ter hoogte van de windturbine worden bepaald.

Visueel is deze methode getoond in Figuur 4-3. Het kustprofiel ter hoogte van de windturbine is getoond inclusief de twee principeprofielen. In dit specifieke voorbeeld is de bodemdaling ter hoogte van de windturbine circa 0,6 m. In 2019 ligt de bodem op circa -0,5 m NAP, de minimale bodemligging is -1,1 m NAP.



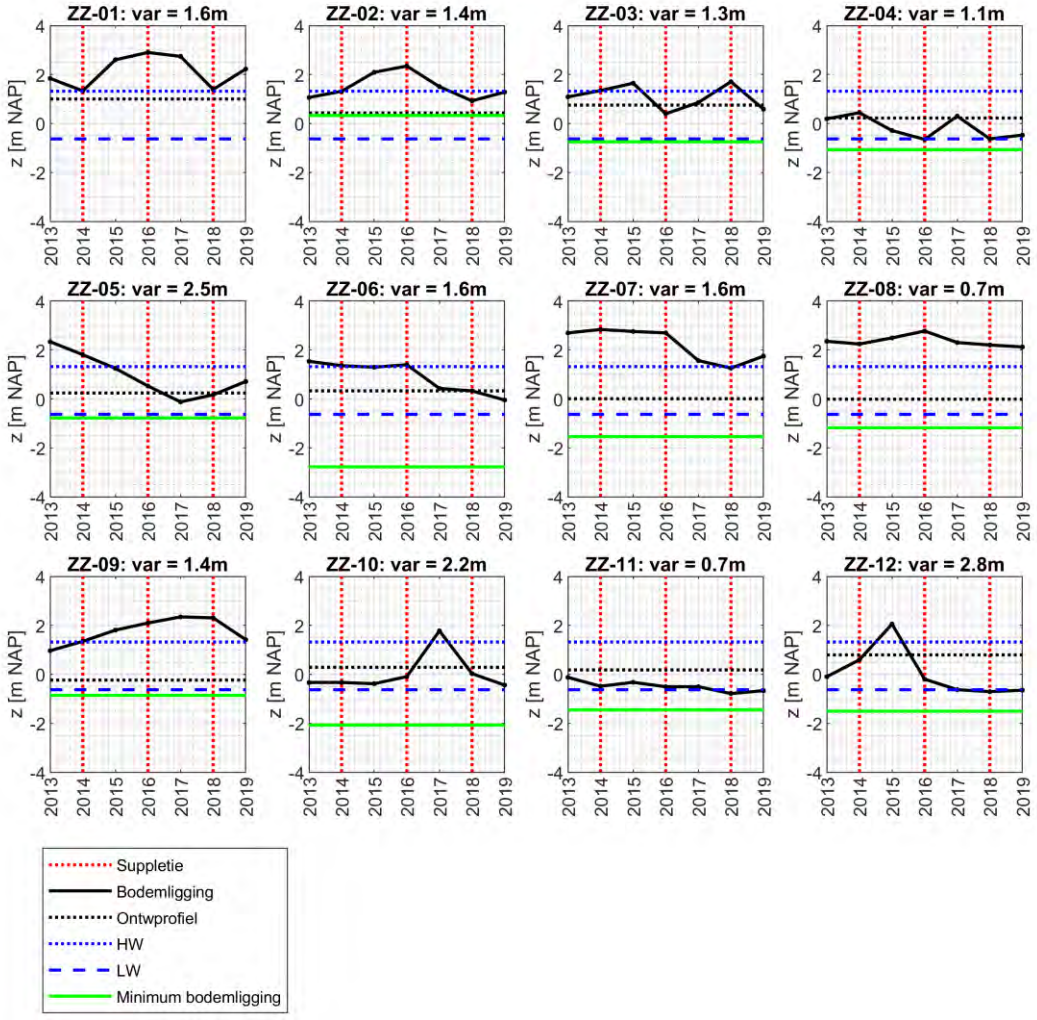
Figuur 4-3: Principe profielen geprojecteerd op de bodemligging in 2019.

In Tabel 4-1 is de huidige bodemligging (2019) ter hoogte van de windturbines weergegeven, samen met de berekende maximale bodemdaling en de resulterende minimale bodemligging. De zakking van de bodem is het grootst rondom de bocht (ZZ-06, ZZ-07 en ZZ-08). Het erodeerbaar volume is hier groot: bij ZZ-06 (BC5800) is het volume in de strandschil in 2019 bijvoorbeeld circa 300 m^3/m groter dan het ontwerpvolume en ook in het duin ligt circa 300 m^3/m aan overschot. Wanneer dit volume volledig erodeert leidt dat tot een terugtrekking van de waterlijn van 63 m en een zakking van de bodem van 2,7 m. Bij de noordelijke en zuidelijke windturbines is het erodeerbare volume en dus de terugtrekking van de waterlijn en de zakking van de bodem kleiner. De ligging van de minimumbodem ten opzichte van de historische bodemvariatie ter hoogte van de windturbines is ook te zien in Figuur 4-4.

Windturbine	Z_{2019} [m NAP]	Erosie [m]	Z_{min} [m NAP]
ZZ-01	2,2	-	-
ZZ-02	1,3	1,0	0,3
ZZ-03	0,6	1,3	-0,7
ZZ-04	-0,5	0,6	-1,1
ZZ-05	0,7	1,5	-0,8
ZZ-06	0,0	2,7	-2,8
ZZ-07	1,7	3,3	-1,5
ZZ-08	2,1	3,3	-1,2
ZZ-09	1,4	2,3	-0,9
ZZ-10	-0,4	1,6	-2,1
ZZ-11	-0,7	0,8	-1,5
ZZ-12	-0,6	0,9	-1,5

Tabel 4-1: Bodemligging ter hoogte van de windturbines in 2019, de erosie afgeleid op basis van de principe profielen en de minimum bodemligging ter hoogte van de windturbines.

De toegepaste methode kent een flinke mate van onzekerheid. Het vasthouden van de duinvoet houdt in dat alleen de helling van het principe profiel kan veranderen, wat kan leiden tot onrealistisch steile profielen. In werkelijkheid zou het duin dan afglijden, leidend tot een flauwere helling en een hogere bodemligging ter hoogte van de windturbines. Daarnaast is bijvoorbeeld het volume onder het duin (V_{duin}) geschat uit figuren in (PUMA, 2019a), leidend tot een grove schatting. De methodiek is daarmee gevoelig voor aannames en schattingen.



Figuur 4-4: Verandering van de bodemligging ter hoogte van de windturbines over de jaren heen (zwarte doorgetrokken lijn), inclusief de ligging van de minimumbodem bepaald aan de hand van het maximaal erodeerbare volume (groene lijn). De jaren waarin gesuppleerd is, zijn gemarkeerd met rode lijnen. Hoog- en laagwater zijn getoond met blauwe lijnen. De ontwerpbodem is getoond met zwarte stippellijnen. De waterstanden horen bij gemiddeld springtij 2011.0 (Rijkswaterstaat, 2013). Bij elke subplot is de maximale variatie (var) in bodemligging weergegeven ($z_{max} - z_{min}$).

Methode 2-a: afslag gedurende een maatgevende storm (1/10.000 jaar)

Op basis van afslagberekeningen met het numerieke model XBeach heeft (Svasek Hydraulics, 2020b) de minimale bodemligging ter hoogte van de windturbines bepaald voor de maatgevende storm (1/10.000 jaar). De volgende methodiek is gehanteerd:

- De simulaties zijn uitgevoerd met de ontwerpbodem (die de minimum volumes volgens het BIP bevat);
- In de simulaties zijn de windturbines niet meegenomen;
- Er wordt aangenomen dat MV-2 goed ontworpen is en dat de duinen stand houden bij de maatgevende storm. Dit houdt in dat het grensprofiel (28 m^2 boven rekenpeil) blijft liggen gedurende de storm. Daarnaast wordt aangenomen dat MV-2 efficiënt is ontworpen en dat dus niet veel meer dan 28 m^2 blijft liggen;

- De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee ontwerpstormen: A en B. Diegeen die de laagste bodemligging geeft, wordt gekozen;

De minimum bodemligging is de bodemligging ter hoogte van de windturbine vlak voor het moment dat het grensprofiel wordt bereikt. Deze minimumbodemligging is getoond in Tabel 4-2. De erosie varieert tussen 0 m (bij ZZ-08) en 2.1 m (bij ZZ-01). De minimum bodemligging komt uit tussen 0 en -1.3 m NAP.

Tabel 4-2: Starthoogte in de afslagsimulaties en minimum bodemligging ter hoogte van de windturbines.

Windturbine	Starthoogte [m NAP] (= ontwerpbodem)	Erosie [m]	Minimumhoogte [m NAP]
ZZ-01	0.8	2.1	-1.3
ZZ-02	0.2	0.3	-0.1
ZZ-03	0.2	0.1	0.1
ZZ-04	-0.1	0.2	-0.3
ZZ-05	0.0	0.4	-0.4
ZZ-06	0.0	0.5	-0.5
ZZ-07	-0.1	0.3	-0.4
ZZ-08	-0.1	0	-0.1
ZZ-09	-0.1	0.2	-0.3
ZZ-10	-0.1	0.3	-0.4
ZZ-11	-0.1	0.5	-0.6
ZZ-12	0.3	0.3	0.0

(Svasek Hydraulics, 2020b) adviseert om een onzekerheidstoeslag van 2 m te hanteren, om de vele onzekerheden in deze analyse mee te nemen.

Methode 2-b: Afslag gedurende een 1/10 en 1/100 jaar storm

In (Deltares, 2020a) is de minimale bodemligging ter hoogte van de windturbines na een 1/10 en 1/100 jaar storm als gevolg van grootschalige dynamiek tijdens een storm beschreven. Deze bodemliggingen zijn bepaald met XBeach, voor zowel het ontwerpprofiel als de 2019 bodemligging. Bodemverlagingen kunnen oplopen tot 2,4 en 3,4 m respectievelijk voor de 2019 bodem en het ontwerpprofiel voor de 1/100 jaar storm. Tijdens de 1/10 jaar storm lopen deze op tot 2,2 m. In Tabel 4-3 is de bodemligging na de relevante stormen ter hoogte van de windturbines getoond.

Tabel 4-3: Bodemligging ter hoogte van de windturbines na een 1/10 en 1/100 jaar storm, voor de 2019 bodem en het ontwerpprofiel (Deltares, 2020a).

Windturbine	Bodemligging na 1/10 jaar storm [m NAP]		Bodemligging na 1/100 jaar storm [m NAP]	
	2019 bodem	Ontwerpprofiel	2019 bodem	Ontwerpprofiel
ZZ-01	0,02	-1,13	-0,15	-2,42
ZZ-02	1,29	0,15	1,45	-0,03

ZZ-03	0,39	0.47	0.29	0.53
ZZ-04	-0.27	-0,60	-0,75	-0,79
ZZ-05	-0,82	-1,20	-1,04	-2,02
ZZ-06	-0,01	-1,29	-0,72	-2,17
ZZ-07	0,71	-1,31	-0,11	-2,04
ZZ-08	1,10	-1,10	0,51	-1,68
ZZ-09	0,94	-0,87	0,87	-1,16
ZZ-10	0,10	-0,48	0,60	-0,69
ZZ-11	-0,19	-0,61	-0,16	-0,84
ZZ-12	0,01	0,11	0,11	0,02

Combinatie van de twee methodes

Zoals aan het begin van deze sectie is aangegeven, de laagste waarde van de op twee manieren bepaalde minimum bodemligging wordt genomen als de meest conservatieve schatting. De bepaling van de maatgevende minimum bodemligging is te zien in Tabel 4-4. De maatgevende waarde (methode 1, methode 2a of methode 2b is geel gearceerd). Voor ZZ-01 tot ZZ-05, ZZ-09 en ZZ-11 is methode 2 maatgevend, voor ZZ-06 tot ZZ-08, ZZ-10 en ZZ-12 is methode 1 maatgevend. De maatgevende minimum bodemligging ligt tussen -0.9 m NAP en -2.8 m NAP.

Op de resultaten van methode 2a is een onzekerheidstoeslag van 1 m gehanteerd, anders dan de 2 m geadviseerd door (Svasek Hydraulics, 2020b). Deze 2 m wordt gezien als een forse onzekerheidstoeslag, leidend tot zeer lage bodemliggingen[7]. Over het algemeen zit er veel onzekerheid in de bepaling van de minimum bodem, zowel in methode 1 als in methode 2. Er wordt dan ook aangeraden deze onzekerheid met verder onderzoek te verkleinen.

Tabel 4-4: Minimum bodemligging bepaald volgens methode 1, minimum bodemligging bepaald volgens methode 2a (inclusief onzekerheidstoeslag van 1 m), methode 2b en de gecombineerde minimum bodemligging.

	Methode 1	Methode 2					
Windturbine	Zmin [m NAP]	Zmin,2019 1/10 jaar [m NAP]	Zmin,2019 1/100 jaar [m NAP]	Zmin,ontw 1/10 jaar [m NAP]	Zmin,ontw 1/100 jaar [m NAP]	Zmin,ontw 1/10000 jaar [m NAP]	Zmin,tot [m NAP]
ZZ-01	-	0.0	-0.2	-1.1	-2.4	-2.3	**-2.4**
ZZ-02	0.3	1.3	1.5	0.2	0.0	-1.1	**-1.1**
ZZ-03	-0.7	0.4	0.3	0.5	0.5	-0.9	**-0.9**
ZZ-04	-1.1	-0.3	-0.8	-0.6	-0.8	-1.3	**-1.3**
ZZ-05	-0.8	-0.8	-1.0	-1.2	-2.0	-1.4	**-2.0**
ZZ-06	-2.8	0.0	-0.7	-1.3	-2.2	-1.5	**-2.8**
ZZ-07	-1.5	0.7	-0.1	-1.3	-2.0	-1.4	**-2.0**
ZZ-08	-1.2	1.1	0.5	-1.1	-1.7	-1.1	**-1.7**
ZZ-09	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-1.2	-1.3	**-1.3**
ZZ-10	-2.1	0.1	0.6	-0.5	-0.7	-1.4	**-2.1**
ZZ-11	-1.5	-0.2	-0.2	-0.6	-0.8	-1.6	**-1.6**
ZZ-12	-1.5	0.0	0.1	0.1	0.0	-1	**-1.5**

[7] *Bij de bepaling van de diepte van de kabelaansluiting wordt daarnaast rekening met een aantal extra toeslagen*

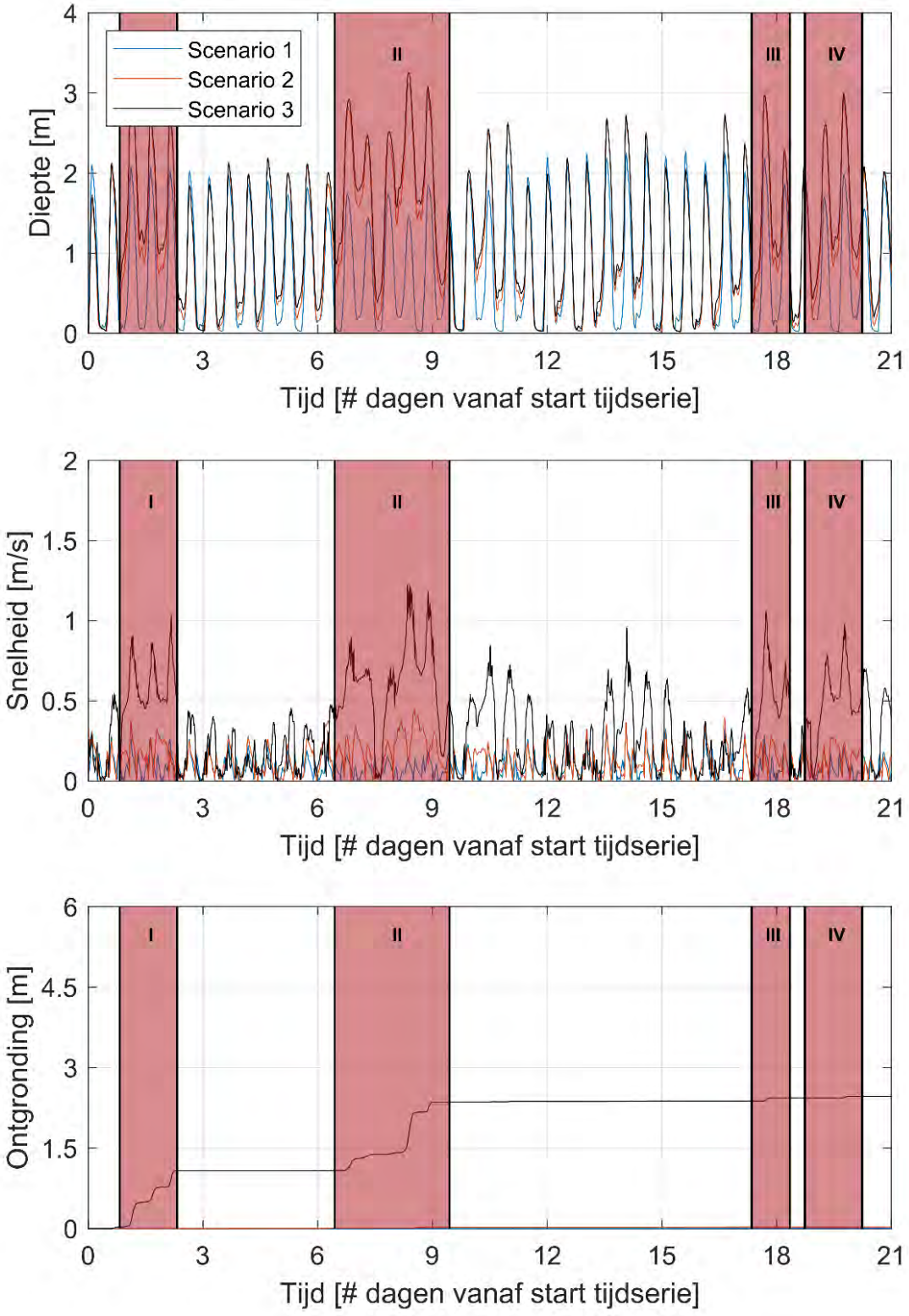
5 Lokale ontgrondingen

De windturbines worden dicht bij de waterlijn geplaatst waardoor er lokaal interactie met golven en stromingen zal ontstaan. Door deze interactie kunnen zich rondom de windturbines ontgrondingskuilen (scour holes) ontwikkelen. Ook kan de interactie tussen de windturbines en wind tot eolische ontgrondingen leiden. Deze effecten zijn onderzocht in (Deltares, 2020a).

In de studie van Deltares zijn diverse numerieke modellen ontwikkeld met hoge resolutie rondom het Maasvlakte 2 strand. Hiermee zijn tijdseries van hydrodynamische condities (o.a. waterdieptes, stromingen) afgeleid per windturbine. Er zijn 6 scenario's opgesteld variërend van 3-weekse golfcondities tijdens een typisch winter seizoen tot individuele stormen met herhalingsfrequenties van 1, 10 en 100 jaar. De hydrodynamische tijdseries voor deze scenario's zijn als invoer gebruikt voor een ontgrondingsvoorspelling met een empirisch model. De ontgrondingskuildiepte is sterk afhankelijk van de waterdiepte, en deze diepte varieert met de eerder beschreven grootschalige bodemveranderingen. Berekeningen zijn daarom uitgevoerd voor een tweetal bodems: de recente (2019) bodem en de ontwerpbodem. Dit geeft naar verwachting een bandbreedte van mogelijke ontgrondingsdieptes bij verschillende windturbines.

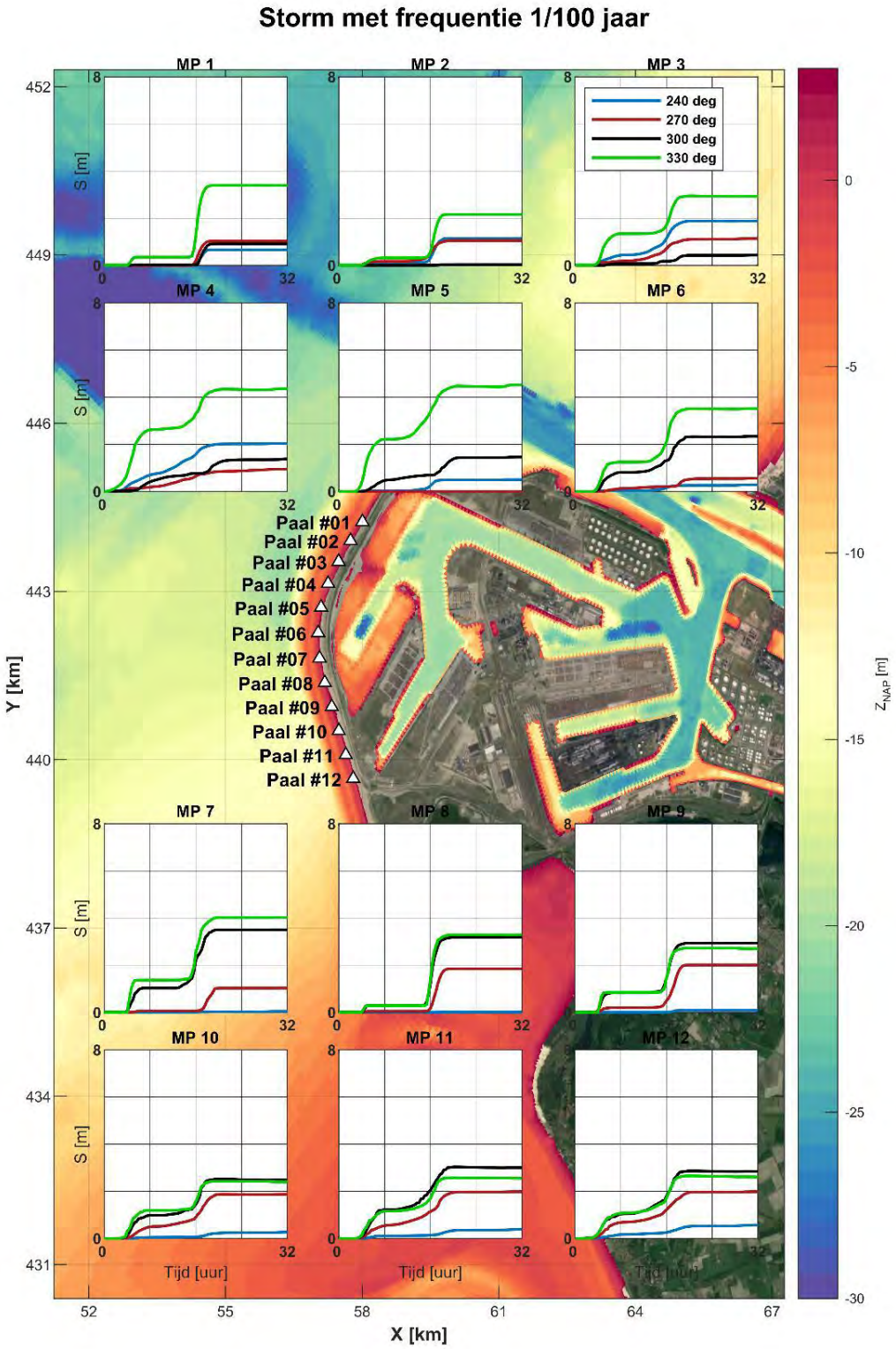
Uit de ontgrondingsvoorspellingen blijkt dat de ontgrondingskuilen voornamelijk ontstaan tijdens stormcondities waarbij de golfgedreven stroming[8] de grootste bijdrage aan de kuilvorming levert. Verder laten de resultaten zien dat de gemiddelde voorspelling voor de ontgrondingsdiepte tijdens de 1-jaars storm voor veel windturbines tussen de 0-1 m bedraagt. Voor windturbines 4, 5, 6 en 12 bedraagt de gemiddelde voorspelling 1-2 m. De maximale voorspelde ontgrondingsdiepte na een 1-jaars storm kan zelfs oplopen tot 4 m (windturbines 8 t/m 11). Hieruit kan volgens Deltares worden geconcludeerd dat voor een aantal windturbines onderhoud mogelijk al moet gebeuren na een 1-jaars storm en/of winterseizoen. Deltares merkt hierbij op dat een 1-jaars storm mogelijk meerdere keren per jaar voor kan komen. De 3-weekse tijdserie die gebruikt is voor scenario 3[9] illustreert (Figuur 5-1) het cumulatieve effect van golfcondities.

[8] *De golfgedreven stroming is een stroming langs de kustlijn, aangedreven door de op het voorland brekende golven*
[9] *Scenario 3 is een combinatie van het astronomisch getij + wind opzet + windgedreven stroming + golfgedreven stroming*



Figuur 5-1. Lokale waterdiepte (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) voor windturbine 12, met de 2019 bodem, voor scenario's 1 (blauw), 2 (rood) en 3 (zwart). De rode banden geven 4 tijdsvakken met een hogere belasting aan

De ontwikkeling van ontgrondingskuilen tijdens de 1/100 per jaar storm is geïllustreerd in Figuur 5-2. In deze figuur is te zien dat bij iedere windturbine minimaal 2 m ontgronding op kan treden in een periode van 32 uur. Deze ontgronding is het kleinst bij windturbine 2 (2 m) en het grootst bij windturbine 5 (5 m).



Figuur 5-2. Ruimtelijke weergave van het tijdsverloop van de berekende ontgronding per turbine voor de 100-jaarsstorm voor de 2019 bodem. De horizontale as beslaat 32 uur, de verticale as 8 m

(Deltares, 2020a) geeft aan dat er een grote onzekerheid zit in de voorspelling van de ontgrondingsdiepte. Deze onzekerheid zit in het tijdsverloop van de ontgronding, en de bandbreedte van de voorspelling zal kleiner worden naarmate de ontgronding dichter in de buurt van het evenwicht komt. Dit zal niet voor alle windturbines in een enkele storm gehaald worden. De uiteindelijke diepte van de ontgronding wordt dus bepaald door de tijdsduur van de storm en de tijdschaal van het optreden van de ontgronding.

De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/10 jaarstormen variëren tussen de 0,8 en 3,3 m bij de 2019 bodem, en tussen 2,1 en 4,8 m bij de ontwerpbodem. De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/100 jaarstormen variëren tussen de 2,2 en 4,5 m bij de 2019 bodem, en tussen 2,9 en 6,1 m bij de ontwerpbodem.
De resultaten van ontgrondingsberekeningen voor de 2019 bodem zijn samengevat in Figuur 5-3.

Turbine	Storm uit WZW			Storm uit W			Storm uit WNW			Storm uit NNW		
	1/1 jaar	1/10 jaar	1/100jaar	1/1 jaar	1/10 jaar	1/100jaar	1/1 jaar	1/10 jaar	1/100jaar	1/1 jaar	1/10 jaar	1/100jaar
1	*0-1m*											
2												
3												*3-4m*
4	*1-2m*		*2-3m*									*4-5m*
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

wit = 0-1m, grijs = 1-2m, geel = 2-3m, oranje = 3-4m, rood = 4-5m

Figuur 5-3. Gemiddelde diepte ontgrondingskuilen bij verschillende stormen, berekend op basis van de 2019 bodem (wit = 0-1 m, lichtgrijs = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m).

Hieruit blijkt dat stormen uit de zuidelijke richtingen voor minder lokale ontgronding zorgen dan de noordelijke stormen; het grootste effect van ruim 4 m is gevonden bij een NNW storm.

Resultaten van de ontgrondingsberekeningen van (Deltares, 2020a) hebben aan de ene kant een grote onzekerheidsmarge, aan de andere kant zijn behoorlijk conservatieve aannames gemaakt. Zo is het effect van opvullen door golven (backwash) genegeerd. De verwachting is daarom dat de gepresenteerde resultaten nog steeds aan de behoorlijk conservatieve kant liggen.

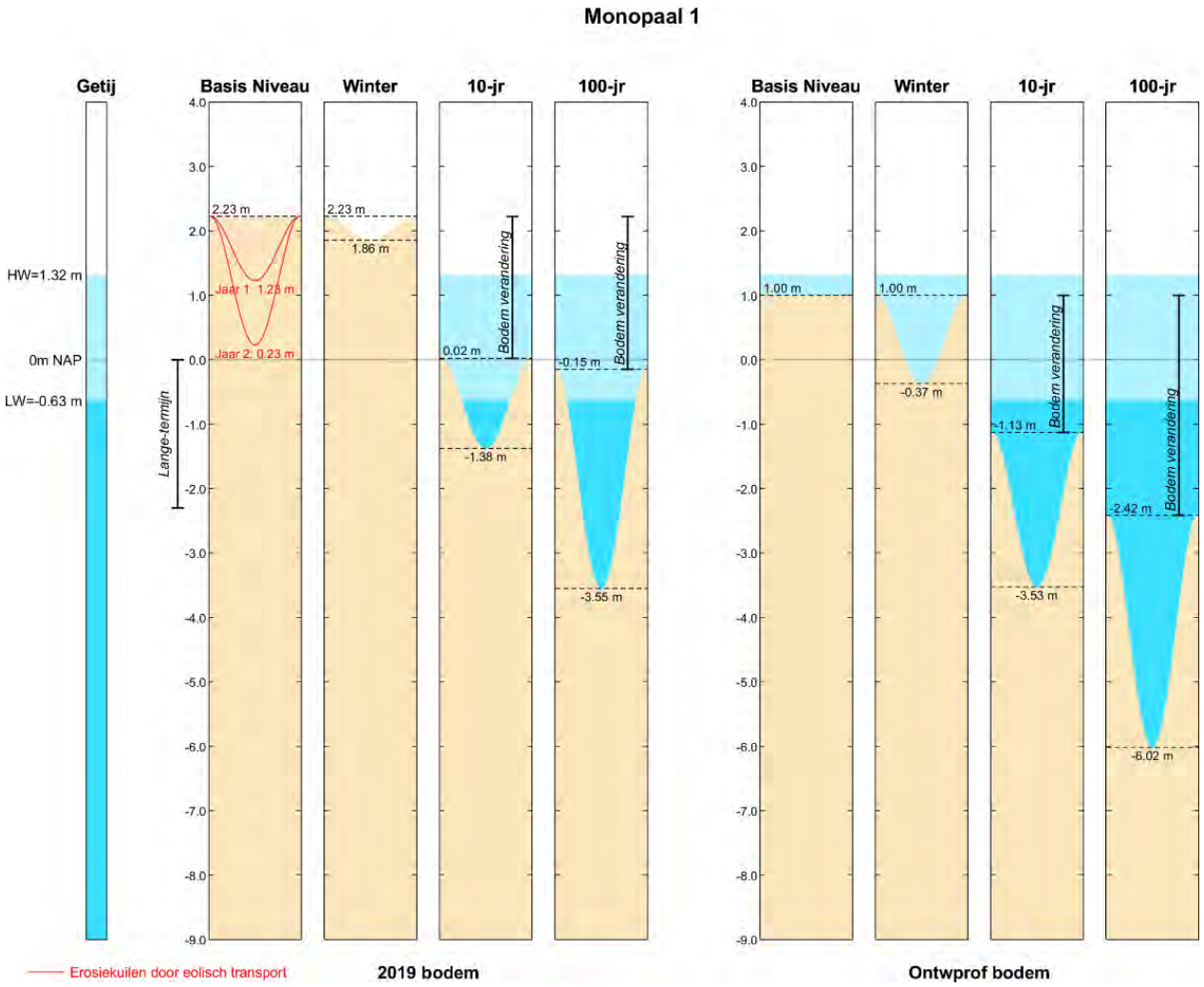
Ontgrondingskuilen ontstaan na elke storm. De reeds bestaande kuilen worden bij de volgende storm groter, deze groei bereikt echter een bepaald maximum. Deze kuilen hebben volgens Deltares een bodemhelling van 1:4. Er is onzekerheid over de vorm, (Deltares, 2020a) adviseert om (conservatief) uit te gaan van cirkelvormige ontgrondingskuilen.

Naast de bovengenoemde ontgronding door stromingen van water en golven is ook onderzocht of er erosiekuilen door eolisch (wind) transport kunnen ontstaan. Het is namelijk mogelijk dat een windturbine op een droog strand komt te staan; initieel of bijvoorbeeld na een (strand) suppletie. Voor de twee beschouwde bodems in deze studie is de verwachting dat er alleen bij windturbines 1, 7, 8 en 9 een erosiekuil door windtransport zal ontwikkelen tot een diepte van ongeveer 2 m. In geval van een windturbine met een diameter van 5m, zal de erosiekuildiepte na een 1/1 jaar storm naar verwachting met 0,5 tot 1 meter toenemen. Gedurende één jaar onder eolische invloed, zal de erosiekuildiepte naar verwachting 1 tot 1,5 meter toenemen. (Deltares, 2020a) stelt verder dat de toekomstige bodemligging nabij de windturbines sterk kan variëren in de komende 25 jaar, waardoor deze bevindingen ook voor andere windturbines relevant kunnen zijn. Opgemerkt wordt dat de voorspelde ontgrondingsdieptes die

door de eolische processen worden veroorzaakt vergelijkbaar zijn met de ontgrondingsdieptes die door stormen worden veroorzaakt. De helling van de ontgrondingskuilen die door de eolische processen ontstaan is wel steiler, 1:1,5. Dit impliceert dat de door golven en stromingen veroorzaakte ontgrondingsvormen bij de lager gelegen windturbines zullen domineren.

(Deltares, 2020a) stelt dat de lokale ontgrondingen niet los gezien kunnen worden van de bodemveranderingen op grotere tijd- en ruimtelijke schaal. Het strandniveau van MV-2 wordt sterk beïnvloed door aan de ene kant erosie en aan de andere kant onderhoudssuppleties, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Dit resulteert in verschillende bodemliggingen in verschillende jaren. Binnen een jaar is er sprake van seizoensdynamiek – in de winter zal de bodem bij de windturbines als gevolg van strandafkalving lager liggen dan in de zomer wanneer het strand juist wordt opgebouwd. Een zware storm zorgt doorgaans voor veel erosie en een extra bodemverlaging. Al deze effecten dienen in samenhang te worden beschouwd om een realistische inschatting van de diepte van de ontgrondingskuilen te maken. Dit is geïllustreerd in een serie figuren (Figuur 5-4 op de volgende pagina als voorbeeld, en soortgelijke figuren voor alle windturbines in Bijlage A1).

De ontgrondingen zoals beschreven in dit hoofdstuk verminderen tijdelijk het volume zand in de keuringsraaien die over de windturbines lopen. Bij een erosiekuil van 4m diep gaat het om ruim 1.000 m^3 sediment. Dit zandvolume wordt echter niet aan het sedimentaire systeem van MV-2 onttrokken, het geërodeerde zand zal zich slechts lateraal verplaatsen en nog steeds binnen dezelfde keuringsschil aanwezig zijn, mogelijk verplaatst naar de naburige raaien. Bovendien zal de groei van de ontgrondings-kuilen worden gemitigeerd door een erosiebescherming rondom de turbines, zie hoofdstuk 8. Deze ontgrondingen hebben dus geen netto effect op de veiligheid van de waterkering.



Basis niveau: uitgangssituatie berekening Winter: ontgrondingskuil tijdens winter stormseizoen (zonder extreme stormen) 10-jr : ontgronding t.g.v. 1/10 per jaar storm 100-jr: ontgronding t.g.v. 1/100 per jaar storm Lange termijn: indicatie minimum bodemligging ten opzichte van NAP 2019 bodem: bodem op basis van Q2 2019 meting Ontwprof bodem: ontwerpbodem MV-2

Figuur 5-4. Samengestelde bodemontwikkeling bij windturbine ZZ-01

6 Beheer en Onderhoud

6.1 Suppletiestrategie

Analyse van de effecten van de windturbines op de veiligheid tegen overstromen in hoofdstuk 3 laat zien dat de aanwezigheid van de windturbines een beperkt negatief effect op de veiligheid heeft. Om dit te mitigeren dient over de hele lengte van de Zachte Zeewering (inclusief de overgangszone) een toeslag van 40 m^3/m aan het ontwerpprofiel in het Beheer en Instandhoudingsplan te worden toegevoegd. Hiermee wordt de standzekerheid van de waterkering geborgd. Behoudens de overgangszone leidt dit niet tot de noodzaak van een aanvullende suppletie, er ligt immers voldoende zand in de duinen over de hele lengte van de Zachte Zeewering. Bovendien wordt ruim 30.000 m^3 zand aan de zeewering toegevoegd, dit is het zand dat vrij komt van de kraanopstelplaatsen en taluds van de duinoversteken. De voorgestelde aanpassing van de methodiek keuringen is uitgewerkt in paragraf 6.3.

(Svasek Hydraulics, 2019b) geeft aan dat achter de windturbines salient-achtige patronen kunnen ontstaan. Hierdoor zal de plaatsing van de windturbines zorgen voor een netto reductie van de suppletiebehoefte, maar ontstaan er lokaal tussen de turbines ook plekken waar de erosie beperkt toeneemt. Hierdoor zou mogelijk een hogere suppletiebehoefte in de eerste jaren na aanleg kunnen ontstaan. Om deze verandering te onderhouden zou in de eerste jaren na aanleg 200.000 m^3 extra suppletie nodig zijn. (Svasek Hydraulics, 2019b) stelt vervolgens dat het onwaarschijnlijk is dat de voorspelde veranderingen in de suppletiebehoefte daadwerkelijk merkbaar of meetbaar zullen zijn. (Svasek Hydraulics, 2020a) neemt deze conclusies over, echter met een nuancering dat door een kleinere omtrek en een lagere positie van windturbines in het strandprofiel deze effecten kleiner zullen zijn. Op grond hiervan achten we deze aanvullende strandsuppletie niet nodig, mede gezien de conclusie dat deze erosie niet meetbaar zal zijn.
De aanwezigheid van de windturbines op het strand zal nauwelijks tot geen effect hebben op de suppletiestrategie en voor de uitvoering van het onderhoud (zandsuppleties), mits er rekening mee wordt gehouden bij de planning van plaatsing van de spuitmonden en persleidingen. Hiervoor zullen aanvullende afspraken worden gemaakt tussen RWS, Eneco en de aannemer die de suppleties uitvoert. Dit wordt besproken in het volgende paragraaf. In het ontwerp van de monopalen wordt rekening gehouden met de (reële) kans van een aanrijding door een bulldozer.

6.2 Beheer en Onderhoud door Eneco

6.2.1 Dagelijkse inspectie

De beheerder van de het windpark zal ervoor zorgdragen dat de strandsituatie in de directe nabijheid van de windturbines dagelijks geïnspecteerd wordt. Indien hij grote ontgrondingskuilen constateert die zich potentieel tot gevaarlijke situaties zouden kunnen ontwikkelen zal hij opdracht geven aan de gecontracteerde aannemer om die uiterlijk binnen 14 dagen op te vullen met het zand van het naast liggende strand. Er wordt een dunne zandlaag geschrapt om geen nieuwe kuilen te maken. Er wordt geen nieuw zand aangebracht, het geërodeerde zand uit de ontgrondingskuilen blijft in het systeem (op het strand of op de vooroever).

6.2.2 Inspectie eind stormseizoen

Aan het einde van het stormseizoen zal ieder jaar een inspectie van de strandligging bij de windturbines worden uitgevoerd. We stellen voor om deze inspectie gezamenlijk uit te laten voeren door de beheerders van Eneco en Rijkswaterstaat. Tijdens deze inspectie wordt bepaald welke ontgrondingskuilen opgevuld dienen te worden. Het opvullen wordt gedaan door de door Eneco gecontracteerde aannemer die deze werkzaamheden binnen 14 dagen uit gaat voeren op de wijze zoals beschreven in de vorige paragraaf. Eneco zal de procesafspraken met Rijkswaterstaat maken en deze vastleggen in het site beheer plan.

6.2.3 Strandsuppleties

De onderhoudssuppleties van MV-2 worden uitgevoerd tot een nader te bepalen straal vanaf de windturbine. Eneco is contractueel verantwoordelijk voor het strandonderhoud direct naast de windturbine. Door het loskoppelen van het onderhoud naast de windturbines van het reguliere strandonderhoud zouden naast de windturbines verschillen in de bodemhoogte ten opzichte van het naastliggende strand kunnen ontstaan, wat onwenselijk is en mogelijk tot gevaarlijke situaties kan leiden. We stellen voor dat Eneco afspraken maakt met dezelfde aannemer die de reguliere suppleties uitvoert om zijn werkzaamheden voort te zetten tot aan de windturbines. De hieruit voortvloeiende extra kosten worden door Eneco gedragen.

6.2.4 Onderhoud duinovergangen

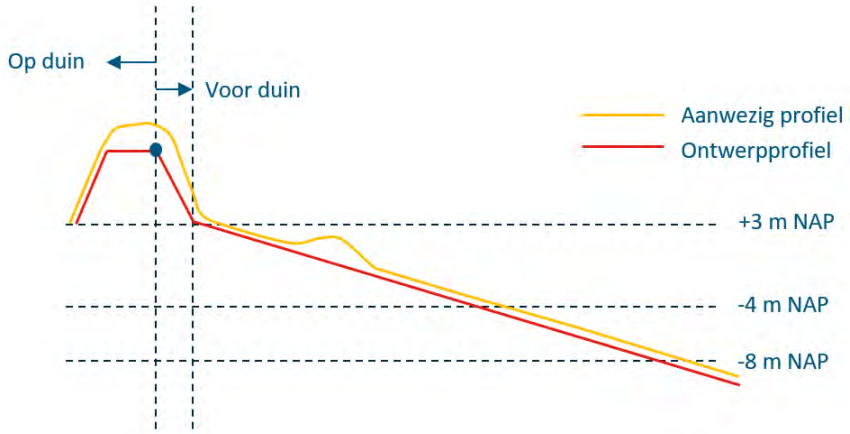
De 5 m brede duinovergangen worden door Eneco aangelegd ten behoeve van de bouwwerkzaamheden. Deze duinovergangen worden vervolgens in stand gehouden als toegangswegen voor de hulpdiensten en voor klein onderhoud aan de windturbines. De volledige breedte van 5 m is dan niet nodig en kan worden teruggebracht tot de breedte van een stelcon plaat (2,5 m). Voor het groot onderhoud van windturbines zal weer de volledige wegbreedte nodig zijn. Aangezien het moment van dit onderhoud nauwelijks ruim van tevoren te plannen is, zal de verbreding worden aangebracht wanneer dat nodig is. Daarbij wordt rekening gehouden met de uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 3.5.1. Eneco gaat de afspraken daartoe maken met een aannemer.

6.3 Voorstel aanpassing methodiek keuringen

6.3.1 Zachte Zeewering

Langs de gehele Zachte Zeewering dient het ontwerpvolume met 40 m^3/m vergroot te worden. De huidige en nieuwe keuringsvolumes zijn te zien in Figuur 6-2. In de huidige keuringsmethodiek wordt enkel gekeken of het volume binnen de gehele duinschil voldoende is. Aan deze methodiek dienen de volgende stappen te worden toegevoegd:

1. Er moet worden bekeken of de benodigde extra 40 m^3/m zich op het duinprofiel bevindt. Daarvoor moet dit volume zich bevinden aan de landzijde van het knikpunt in het ontwerpprofiel, zie Figuur 6-1. Wanneer dit het geval is, is de standzekerheid van de waterkering geborgd;
2. Wanneer dit niet het geval is, mag dit gecompenseerd worden met extra volume wat zich voor het duin bevindt. Wanneer hier (in de duinschil, maar zeewaarts van het knikpunt in het ontwerpprofiel) zich de extra 40 m^3/m bevindt, is het volume in de duinschil groot genoeg, Echter, in dit geval verschuift het gehele ontwerpprofiel naar voren (zie ook Figuur 3-2) en moeten de ontwerpvolumes in de strandschil en vooroeverschil ook vergroot worden.



Figuur 6-1: Schematisatie van de ligging van het knikpunt in het ontwerpprofiel.

	Ontwerpvolume duinschil [m3/m]	
Raai (BC)	*Huidig*	*Nieuw*
3495	612	652
3600	625	665
3800	567	607
4000	472	512
4200	430	470
4400	430	470
4600	441	481
4800	441	481
5000	441	481
5200	441	481
5400	441	481
5600	429	469
5800	429	469
6000	429	469
6200	409	449
6400	409	449
6600	423	463
6800	380	420
7000	339	379
7200	339	379
7400	339	379
7600	330	370
7800	330	370
8000	330	370
8200	304	344
8400	304	344
8600	218	258
8800	212	252
9000	207	247
9200	207	247
9400	207	247
9600	204	244
9800	204	244
10000	204	244
10200_250	208	248
10200_228	220	260
10200_205	208	248
10400	208	248
10590	208	248

Figuur 6-2: Huidige en nieuwe ontwerpvolumes van de duinschil.

6.3.2 Overgangszone

Voor de overgangszone wordt eveneens een toeslag van 40m³/m aangehouden om het effect van de windmolens te compenseren. In de keuringsmethodiek dient naast de reeds bestaande toeslagen een extra toeslag van 40 m³/m tussen NAP en kruin van het duin te worden opgenomen.

7 Effecten op veiligheid strandbezoekers

De lokale ontgrondingen bij de windturbines zijn in hoofdstuk 5 beschreven. Tijdens het winterseizoen met regelmatige maar niet extreme stormen kunnen ontgrondingskuilen ontstaan met een diepte tussen 0,5 en zelfs 3 m (uitgaande van de recente bodemhoogte). Bij meer extreme stormen kunnen nog diepere ontgrondingskuilen ontstaan. Bij lagere bodemniveaus (meer erosie bij de waterlijn die nog niet door suppletie gecompenseerd hoeft te worden) kunnen deze ontgrondingskuilen dieper worden. Voor de bodemhelling van de kuilen wordt uitgegaan van een helling van 1:4.
Alleen windturbines 1, 7, 8 en 9 staan boven de hoogwaterlijn, op het droge strand. De overige windturbines staan lager in het profiel, in de intergetijde zone. Bij de hoger gelegen windturbines zullen de ontgrondingskuilen goed zichtbaar zijn voor de strandbezoekers en vormen daarmee geen gevaar, de 1:4 helling is niet als gevaarlijk te beschouwen en redelijk te beklimmen. Dit geldt echter niet voor de ontgrondingskuilen die onder water staan en niet vanaf het strand te zien zijn. Vanwege een relatief flauwe bodemhelling is er geen acuut verdrinkingsgevaar voor de strandbezoekers – vooral windsurfers. Bovendien zal de aanwezigheid van de windturbines op het strand de aantrekkelijkheid van dit strand voor gezinnen met kinderen niet bevorderen, wat het risico voor incidenten zal doen afnemen. Het deel van het strand waar de windturbines komen te staan is bovendien geen recreatiestrand, dat bevindt zich meer naar het zuiden. Momenteel wordt al gewaarschuwd voor gevaarlijke stromingen. De windsurfers zullen bij voorkeur ver bij de windturbines wegblijven om het risico van botsing met de harde constructie te vermijden. Ook vliegeraars en kitesurfers zullen naar verwachting bij de windturbines wegblijven.

We achten het aanbrengen van duidelijk zichtbare waarschuwingsborden (zulke borden zijn al op MV-2 aanwezig, zie Figuur 7-1) een voldoende mitigerende maatregel. Dit geldt vooral voor het winterseizoen wanneer toch al niet wordt gezwommen; in de zomer zullen de ontgrondingskuilen zich van nature gedeeltelijk opvullen. Om dit proces te versnellen wordt als een mitigerende maatregel opgenomen het opvullen van de ontgrondingskuilen die boven de laagwaterlijn liggen met het strandsediment rondom de windturbine m.b.v. een bulldozer. Dit wordt gedaan na het einde van het stormseizoen, in maart-april, zodat in het recreatieseizoen geen diepe erosiekuilen op het strand aanwezig zijn.



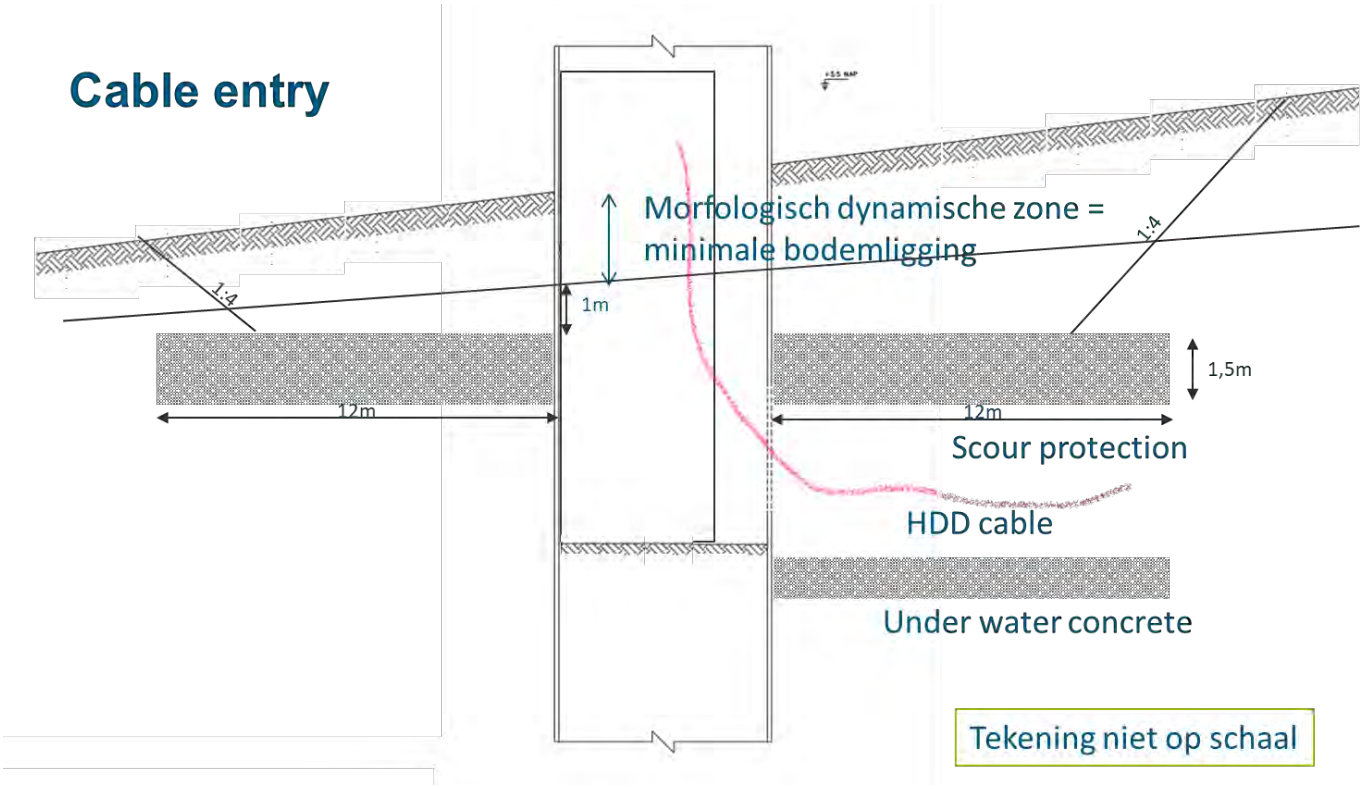
Figuur 7-1. Waarschuwingsbord op MV-2

8 Dekking kabels en leidingen

De HDD kabelbundel wordt geplaatst tussen de windturbine en de duin, beneden de laagste bodemligging die in deze studie is gevonden (zie hoofdstuk 4), waarbij een dekking van 1,5 m wordt aangehouden om het risico van blootlegging te allen tijde te voorkomen. Voor het ontwerp wordt gebruik gemaakt van de vigerende normen, dit is in detail beschreven in het rapport BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-D-0001- WP MV2 VO ontwerp parkbekabeling windturbines op zachte zeewering.

Het onderzoek naar lokale ontgrondingen in hoofdstuk 5 heeft laten zien dat er rondom een aantal windturbines diepe ontgrondingskuilen kunnen ontstaan. Grote, diepe ontgrondingen rondom de windturbines zijn ongewenst, zowel vanuit het oogpunt van de veiligheid van de zeewering als de constructie(kosten) en stabiliteit van de windturbine. Zonder aanvullende erosiebescherming zou de aansluiting van de kabelbundel op de windturbine op een diepte van meer dan 10 m beneden NAP aangebracht moeten worden.

De lokale ontgrondingen zullen daarom worden gemitigeerd door een erosiebescherming rondom alle windturbines aan te brengen. Deze bescherming wordt aangebracht op 1 m beneden de minimum bodemligging bij elke windturbine zodat er te allen tijde ruime zanddekking aanwezig is (Figuur 8-1). De details van de erosiebescherming zijn te vinden in BG8375-RHD-ZZ-XX-RP-S-0001 WP MV2 Monopile Concept Design Report.



Figuur 8-1. Schets erosiebescherming

De maximale diepte van de ontgrondingskuilen wordt daarmee aanzienlijk beperkt wat de standzekerheid van de waterkering ten goede komt en tegelijkertijd de risico's voor de constructie (inclusief risico dat de HDD kabels bloot komen te liggen) reduceert.

De mogelijke invloed van deze harde erosie bescherming op de veiligheid van de waterkering is beoordeeld aan de hand van XBeach berekeningen van (Svasek Hydraulics, 2020c). De uitgangspunten van deze berekeningen zijn hetzelfde als bij de bepaling effecten van de windturbines, zie paragraaf 3.2. In de berekeningen zijn de maximale erosiekuilen bij de ontwerpbodem opgenomen uit de analyse van (Deltares, 2020a), en vervolgens de erosiebescherming zoals in deze paragraaf beschreven toegevoegd. De berekening laat zien dat de invloed van deze bescherming op de afslagvolumes nihil is. Daarmee is bevestigd dat deze erosiebescherming op geen enkele manier de veiligheid van de waterkering negatief zal beïnvloeden, deze erosiebescherming ligt immers op een zodanige diepte dat deze geen invloed heeft op het zandtransport langs en dwars op de kust.

Het aanbrengen van erosiebescherming is niet in strijd met de eis uit RWS memo 46.4 Watervergunning Zachte Zeewering Windpark MV2 d.d. 23 mei 2019: “Behoudens de windturbinefundaties mogen er geen andere permanente harde elementen zoals steenzettingen en verhardingen op het strand zijn”. Deze eis beoogt het risico van ontgronding door de harde elementen op het strand (anders dat de windturbines zelf) uit te sluiten. De erosiebescherming wordt niet op het strand maar diep onder het afslagprofiel aangebracht. Er is aangetoond dat er geen negatieve effecten op morfologische processen en geen extra erosie zijn te verwachten indien deze erosiebescherming tijdens een storm ontbloot komt te liggen. De aanwezigheid van de bescherming vermindert substantieel het zandverlies door lokale erosie (scour) rondom de windturbines.

9 Bibliografie

Arcadis. (2020). *Beschouwing omtrent standzekerheid en suppletie ten behoeve van windmolens in de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2, C06041.000040me01, juli 2020.*

Deltares. (2015). *Achtergronddocument toetsschema duinafslag, Filterregels bij toepassing van de gedetailleerde toets duinafslag WTI2017, 1220085-006-HYE-0007.*

Deltares. (2020a). *Ontgronding rondom windturbines van windpark Maasvlakte 2, 11205329-000-HYE-0003, mei 2020.*

Lako, A. (2019). *Morphodynamic behaviour of coastal hard-soft transitions - A case study of Maasvlakte 2.*

PONDERA. (2020). *Wind conditions report Wind Farm Maasvlakte 2, 14 May 2020.*

PUMA. (2018). *Samenvatting keuringen en ervaringen Instelperiode: Volume morfologische schillen.*

PUMA. (2019a). *Keuringsformulier PUMA-KF-ZZ-2019-04 Volume in morfologische schillen.*

PUMA. (2019b). *Zachte zeewering: Keuringsmethodiek voor Zachte Zeewering ten noorden van Kp3.700.*

PUMA. (2019c). *Werk- en Keurplan Beheer- en instandhouding in de Onderhoudsperiode, PUMA-B&O-WP-BIP.*

PUMA. (2019d). *Zachte Zeewering: Keuringsmethodiek voor Zachte Zeewering ten noorden van Kp3.700, puma-p-mon-mi06.*

Rijkswaterstaat. (2013). *Kenmerkende waarden - Getijgebied 2011.0.*

Rijkswaterstaat. (2019a). *Memo Watervergunning Zachte Zeewering Windpark MV2 – 23 april 2019.*

Rijkswaterstaat. (2019b). *Duiding bij 2 documenten over beheer & onderhoud van zeewering.*

Rijkwaterstaat. (1994). *Tienjarig Overzicht 1981-1990.*

Svasek Hydraulics. (2019a). *Aanleg windturbines MV2; Verslag Expertmeeting; 1966/U19140/D/AKR.*

Svasek Hydraulics. (2019b). *Effecten Windturbines op MV2 op stormafslag, lange termijn morfologie en eolisch transport.*

Svasek Hydraulics. (2019c). *Morfologische inpassing windturbines zachte zeewering MV2 - Interactie met transportprocessen en effect op waterveiligheid, definitief.*

Svasek Hydraulics. (2020a). *Morfologische effecten van windturbines op MV2 configuratie Eneco April 2020, 2034/U20125/C/LSpa.*

Svasek Hydraulics. (2020b). *Memo: minimum bodem na afslag 1:10000 storm. Referentie 2034/U20140/B/BvL.*

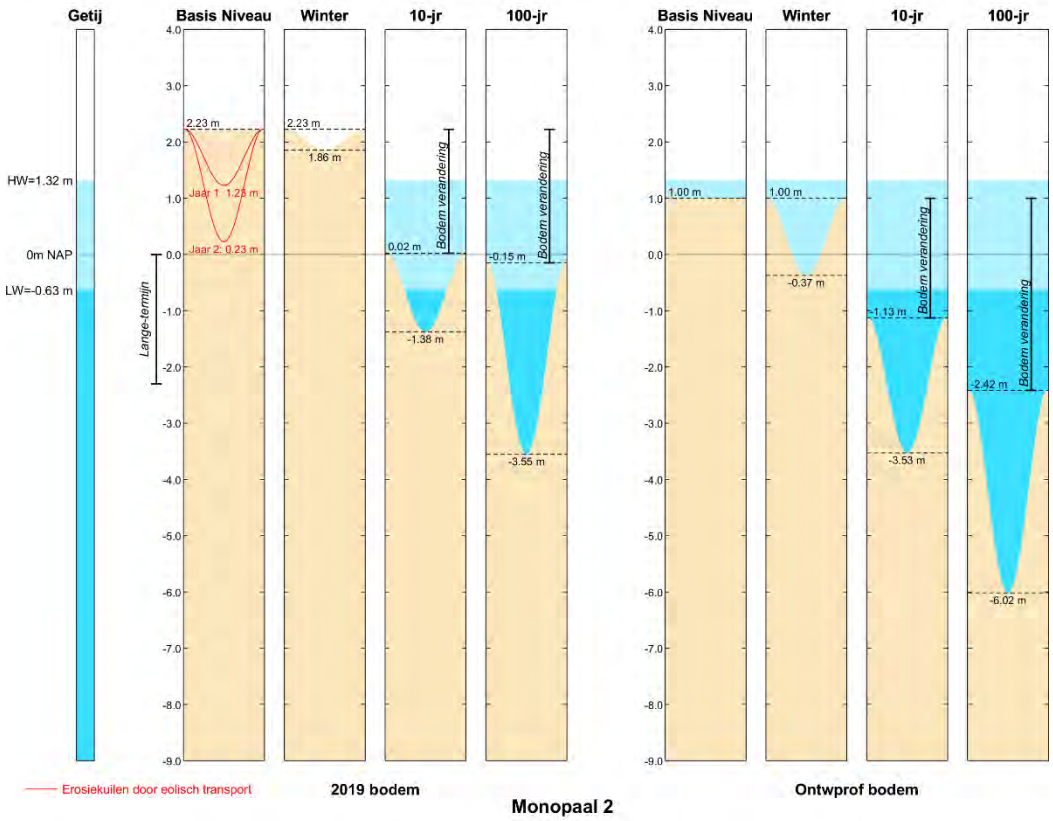
Svasek Hydraulics. (2020c). *Memo: Morfologische effecten erosiebescherming rond windturbines in XBeach simulaties MV2, 2034/U20177/LSpa, juni 2020.*

Svasek Hydraulics. (2020d). *Memo: Morfologische effecten van windturbines en bouwplatformen op MV2 configuratie Eneco april 2020.*

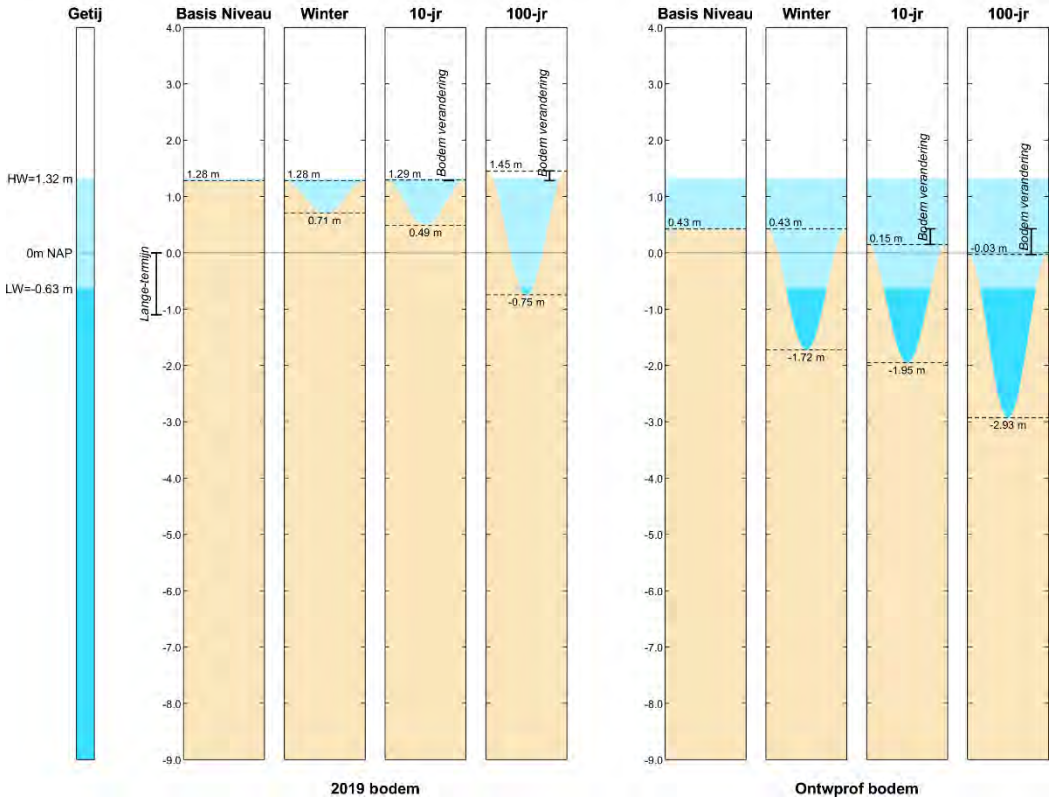
A1 Samengestelde bodemontwikkeling bij windturbines

Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor de afzonderlijke windturbines.

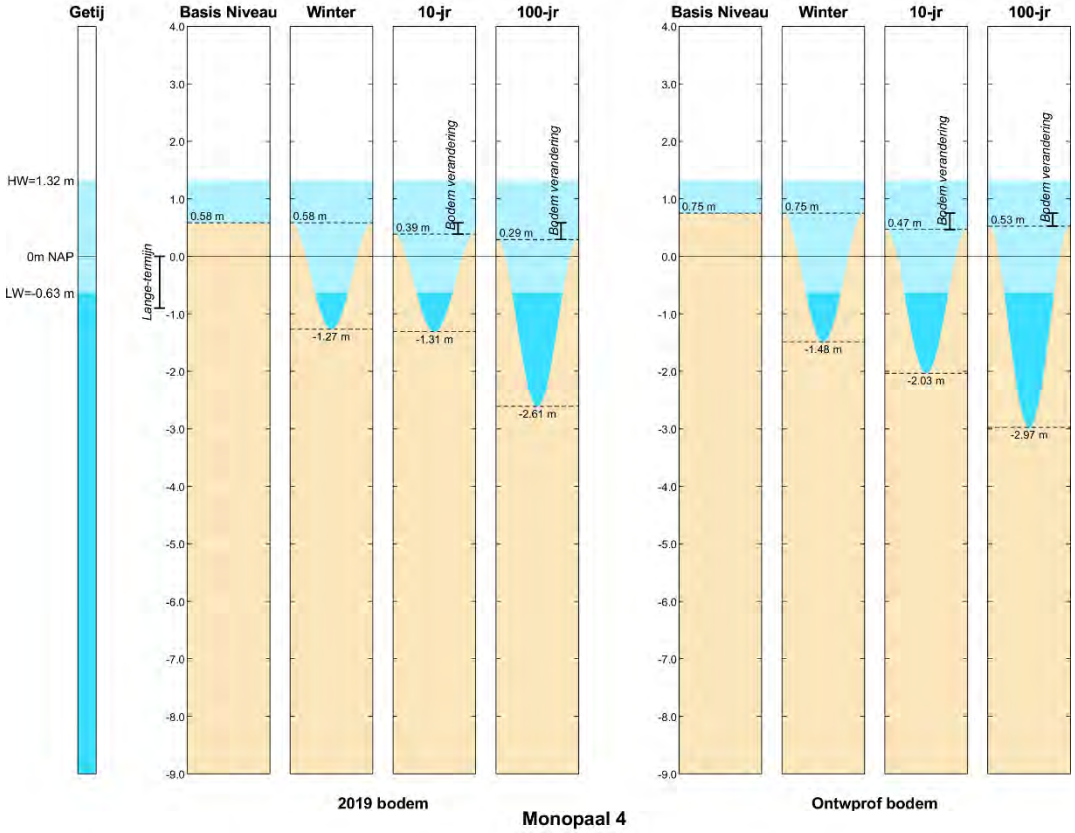
Monopaal 1



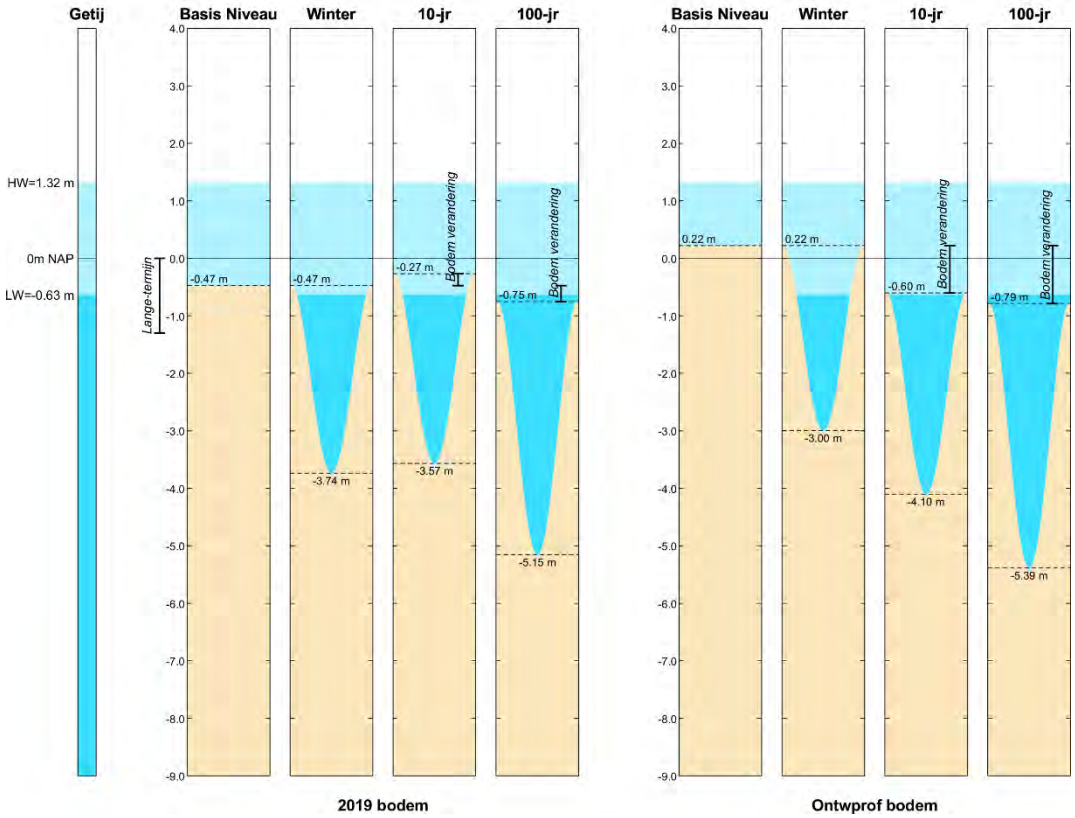
Monopaal 2



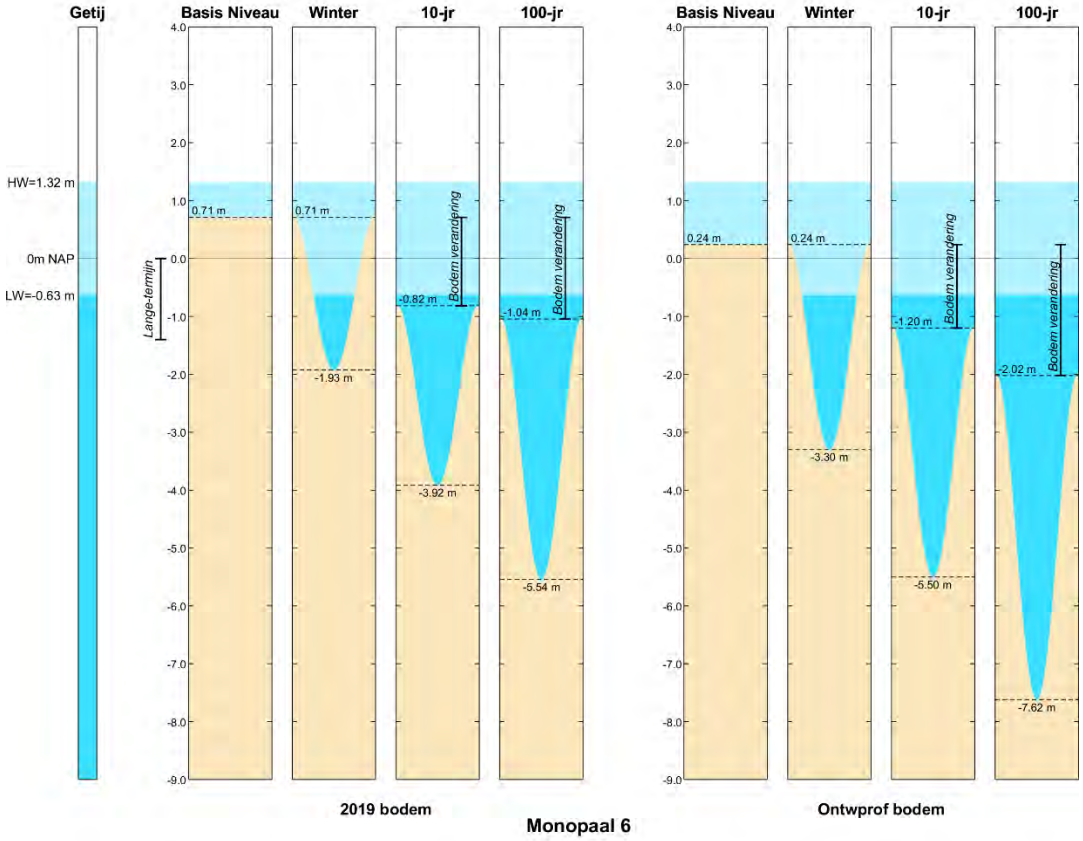
Monopaal 3



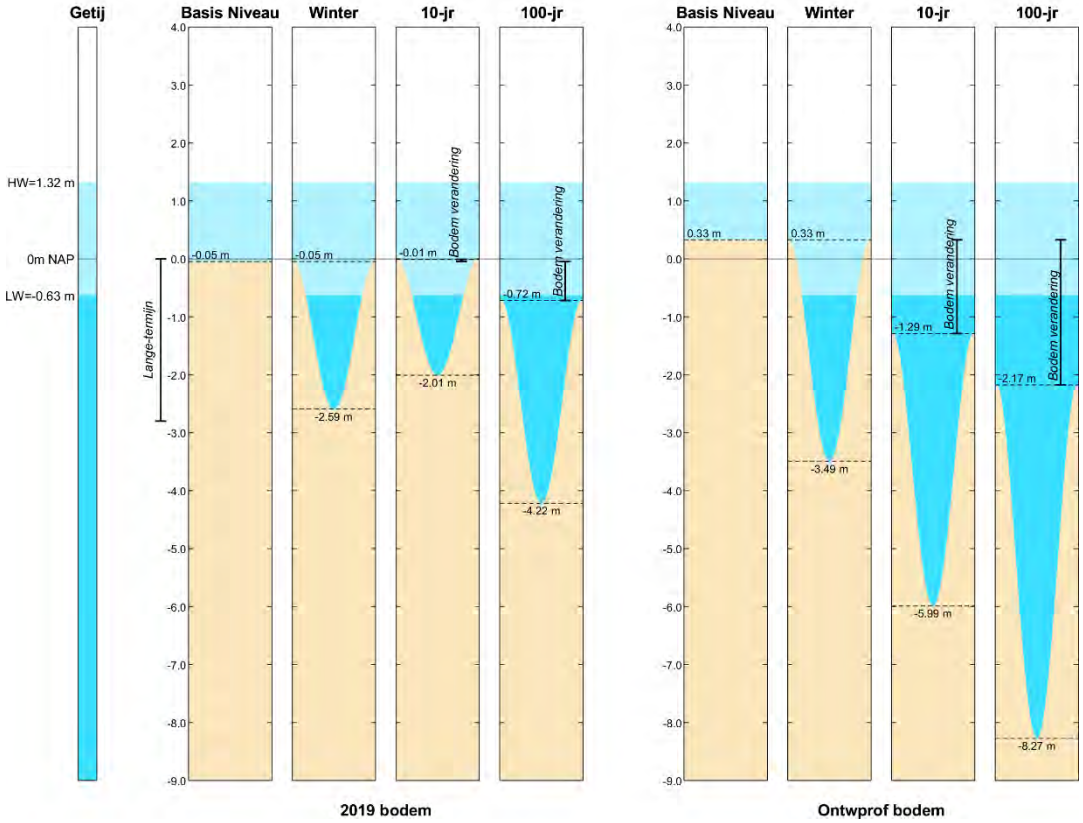
Monopaal 4



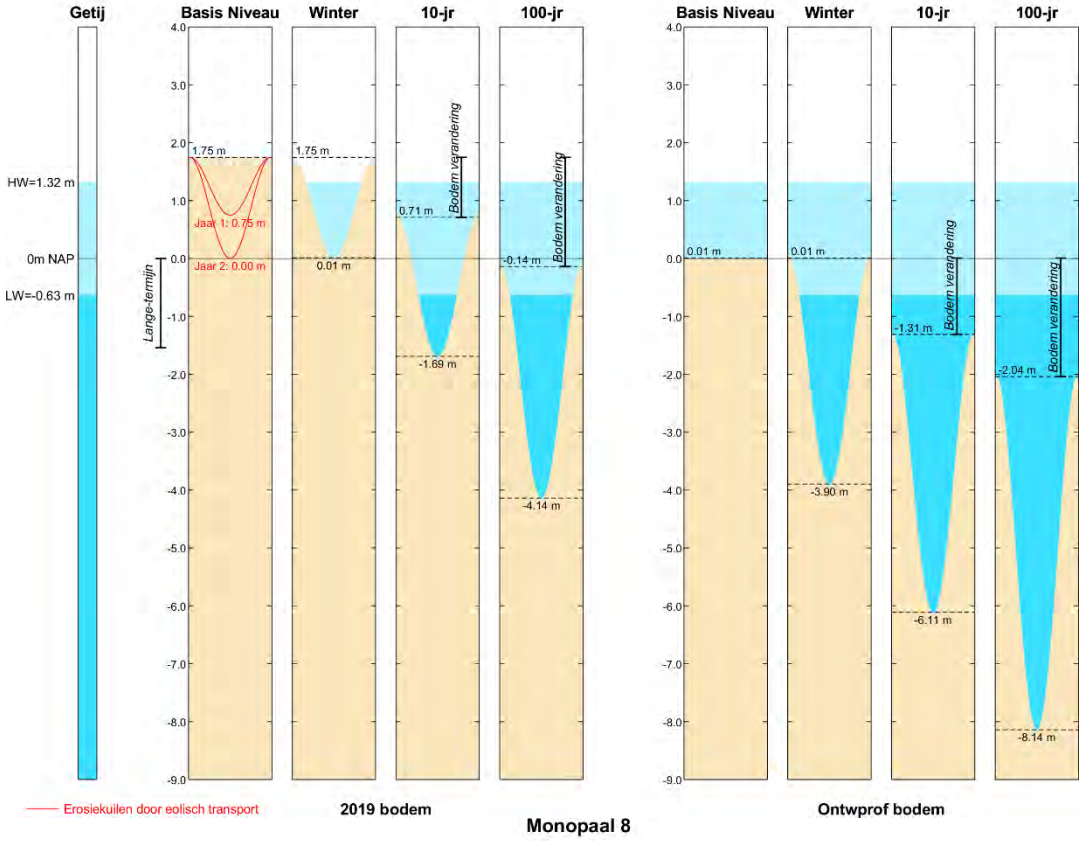
Monopaal 5



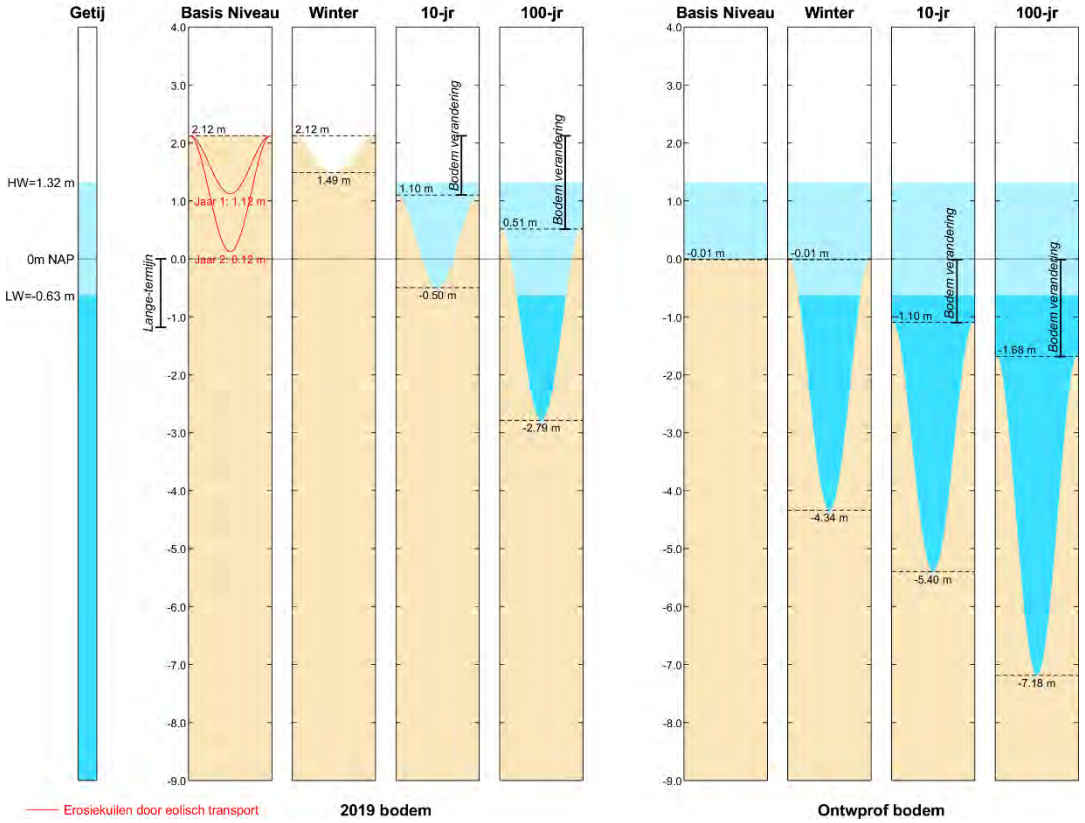
Monopaal 6



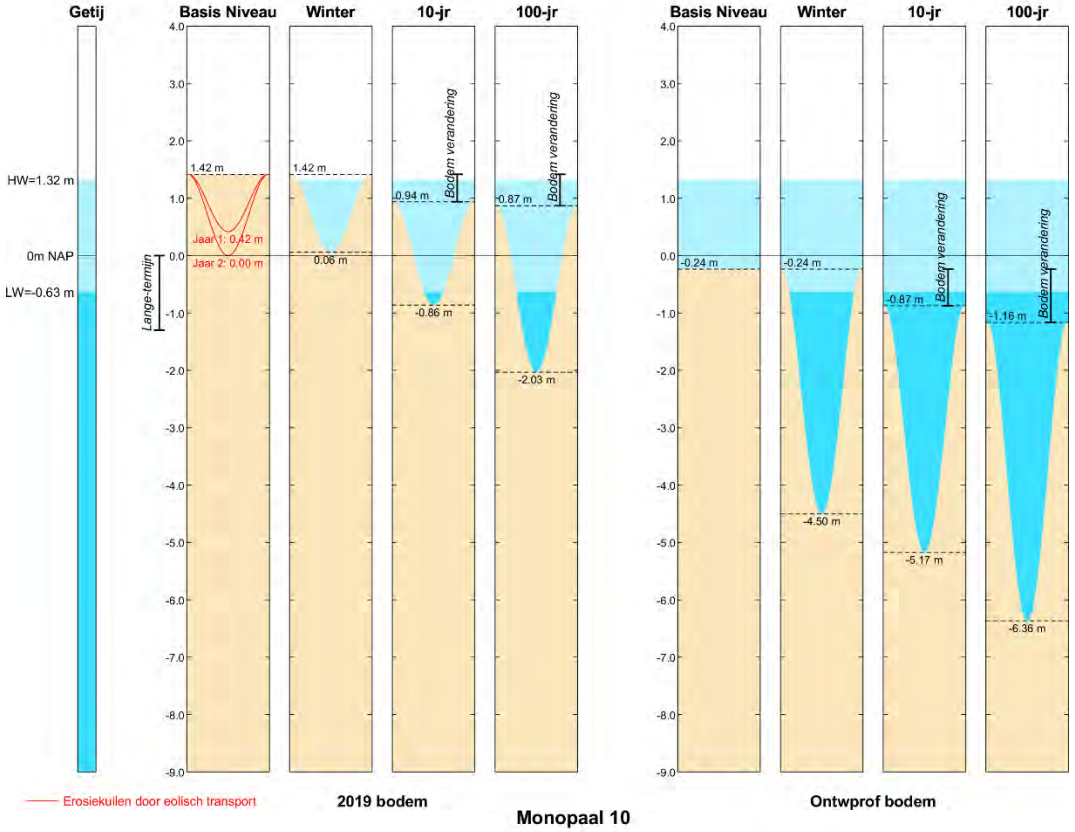
Monopaal 7



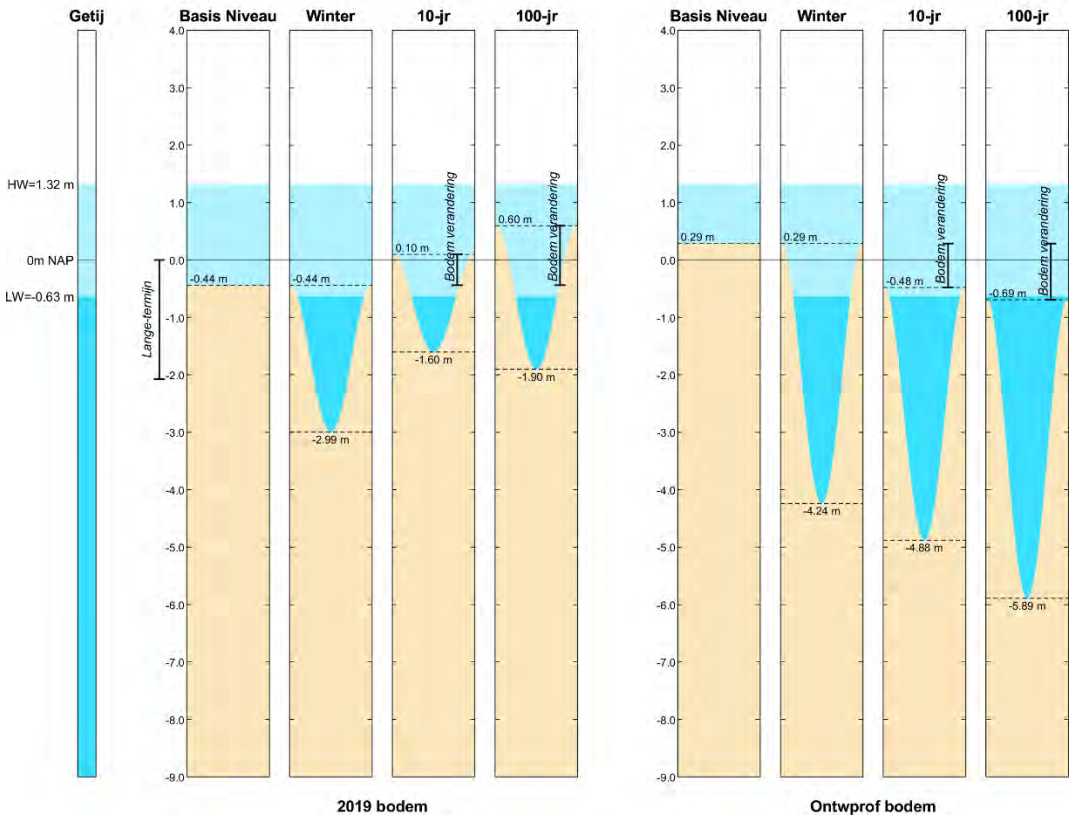
Monopaal 8



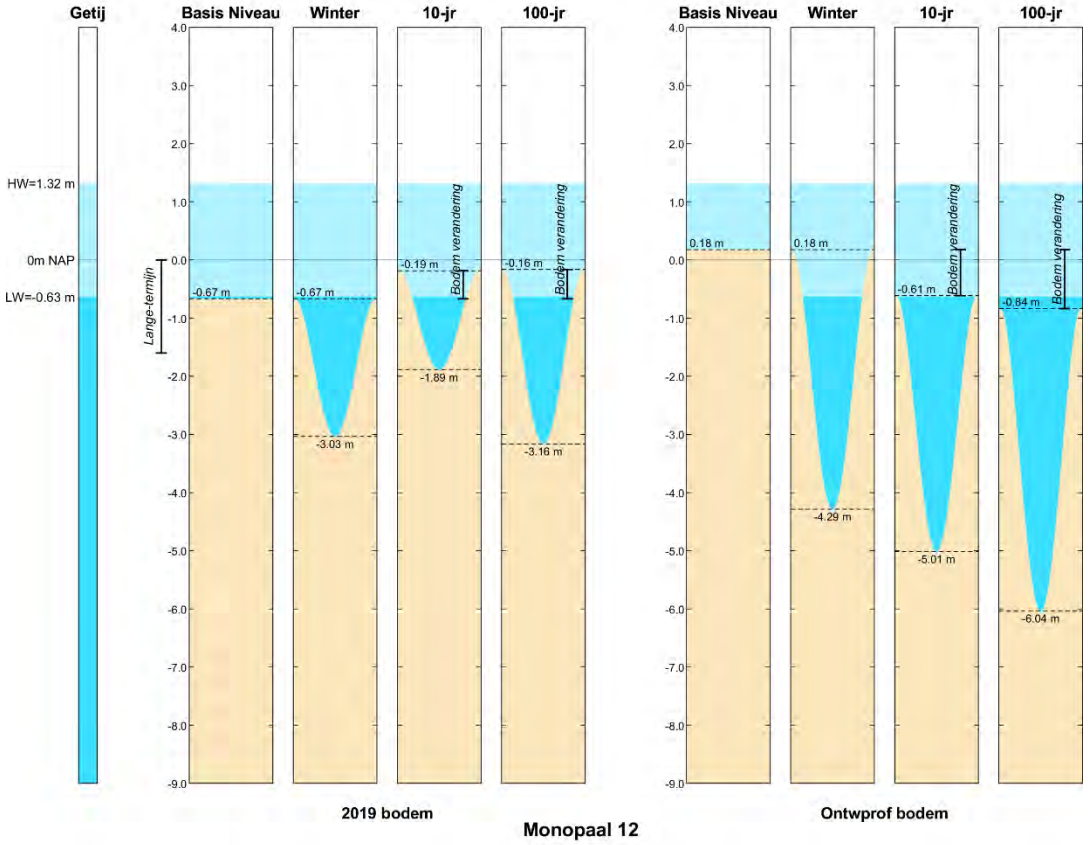
Monopaal 9



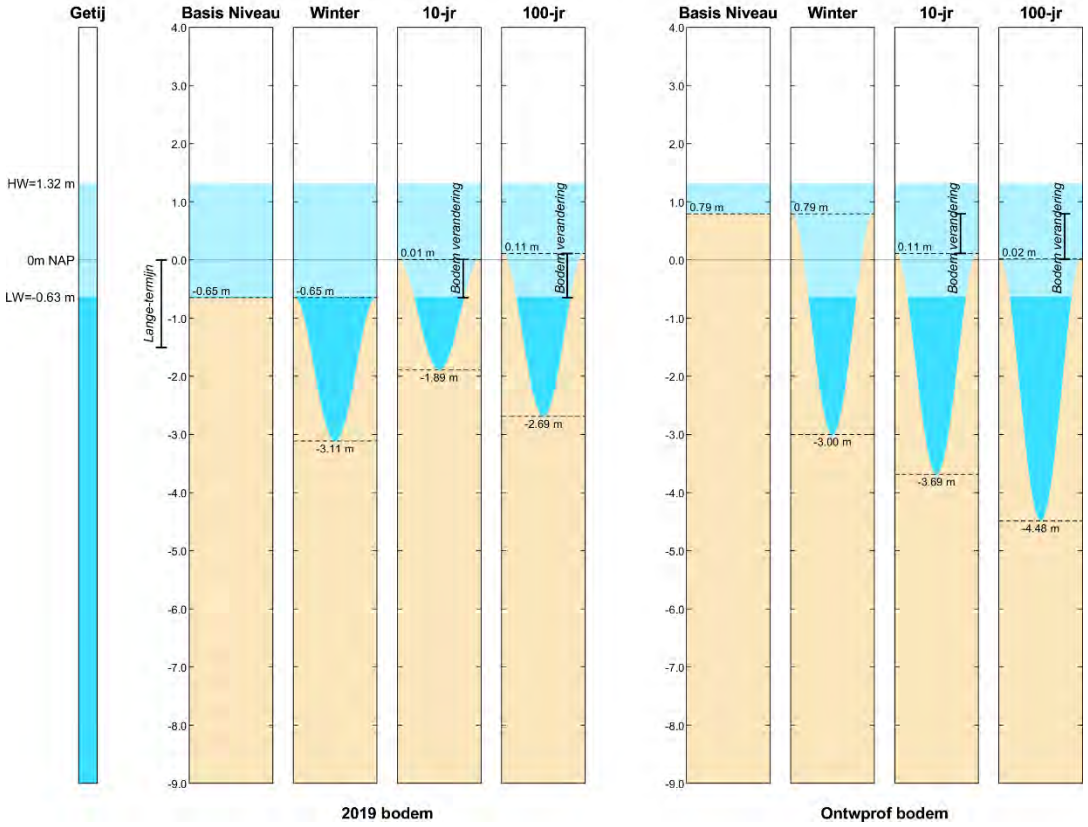
Monopaal 10



Monopaal 11



Monopaal 12



DELTARES 2020A 11205329-000-HYE-0003

Ontgronding rondom windturbines van windpark Maasvlakte 2

Royal HaskoningDHV

Deltares

Ontgronding rondom windturbines van windpark Maasvlakte 2



Ontgronding rondom windturbines van windpark Maasvlakte 2

Opdrachtgever	Royal HaskoningDHV
Contactpersoon	[redacted]
Referenties	
Trefwoorden	Maasvlakte 2, Scour, Morfologie, windturbines

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	27-05-2020
Projectnummer	11205329-000
Document ID	11205329-000-HYE-0003
Pagina's	134
Status	definitief

Auteur(s)		
Arjen Luijendijk		
Joao Dobrochinski		
Vassia Dagalaki		
Yorick Broekema		
Greta van Velzen		
Bart van Westen		

Doc. Versie	**Auteur**	**Controle**	**Akkoord**	**Publicatie**
0.1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	24 april 2020
0.2	[redacted]	[redacted]	[redacted]	14 mei 2020
1.0	[redacted]	[redacted]	[redacted]	27 mei 2020
				

Samenvatting

Het windpark Maasvlakte 2 is gelegen op het deel van Maasvlakte 2 dat een waterkerende functie heeft. Ongeveer 7,5 km van de zeewering van Maasvlakte 2 is bestemd voor de plaatsing van windturbines. Van deze toegewezen zeewering is 2,5 km lange 'harde' verdediging bestaande uit een zeedijk, beschermd tegen golfbelasting met een bekleding en stortsteen. De resterende 5 km is een zogenaamde 'zachte' verdediging, bestaande uit een zandstrand en duinen.

Bij de zachte zeewering komen de turbines rond de hoog- of laagwaterlijn te staan. De exacte waterdiepte is niet bekend aangezien deze afhangt van de lokale bodem ten tijde van de aanleg. De bodemligging ter plaatse van de windturbines (monopalen met een diameter van ongeveer 5 m) zal variëren in de tijd. Deze veranderingen in de bodemligging zijn het gevolg van grootschalige morfologische veranderingen van de zeebodem en van lokale ontgronding (scour) die door de aanwezigheid van de monopaal zelf wordt veroorzaakt. Met deze twee processen moet rekening worden gehouden bij het ontwerp van de monopaal. Daarnaast kan de ontgronding rondom de monopalen van belang zijn voor het beheer en onderhoud van de monopalen en voor de veiligheid van strandbezoekers.

Het doel van deze studie is het bepalen van de omvang en frequentie van ontstaan van de mogelijke erosiekuilen rond de monopalen op de Zachte Zeewering. De lokale ontgronding rondom een windturbine wordt bepaald door de lokale stroming en golven. Uit een desk studie (Deltares, 2020) is naar voren gekomen dat ontgronding veroorzaakt door stromingen aanzienlijk groter kan zijn dan ontgronding door golfwerking. Dat heeft er toe geleid dat deze studie zich richt op ontgronding door stromingen.

In deze studie zijn diverse numerieke modellen ontwikkeld met hoge resolutie rondom het Maasvlakte 2 strand. Hiermee zijn tijdseries van hydrodynamische condities (o.a. waterdieptes, stromingen) afgeleid per windturbine voor twee beschouwde grootschalige bodemliggingen. Er zijn 6 scenario’s opgesteld variërend van 3-weekse golfcondities tijdens een typisch winter seizoen als individuele stormen met herhalingsfrequenties van 1, 10 en 100 jaar. De hydrodynamische tijdseries zijn als invoer gebruikt voor een ontgrondingsvoorspelling met een empirisch model.

Uit de ontgrondingsvoorspellingen blijkt dat ontgrondingskuilen voornamelijk ontstaan tijdens stormcondities. Verder laten deze resultaten zien dat de gemiddelde voorspelling voor de ontgrondingsdiepte voor veel monopalen tussen de 0-1 m bedraagt in de 1-jaars storm. Voor 4 monopalen is de gemiddelde voorspelling echter 1-2 m, namelijk monopalen 4, 5, 6 en 12. De maximale voorspelling van de ontgrondingsdiepte na een 1-jaars storm kan zelfs oplopen tot 4 m.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor een aantal palen onderhoud mogelijk al moet gebeuren na een 1-jaars storm en/of winterseizoen. Hierbij willen we opmerken dat een 1-jaars storm, mogelijk meerdere keren per jaar voor kan komen. De 3-weekse tijdserie die gebruikt is voor scenario 3 illustreert het cumulatieve effect van golfcondities resulterend in een maximale ontgrondingsdiepte bij één van de monopalen van 3.2 m, bij de 2019 bodem, en 4.5 m bij de ontwerpbodem.

De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/10 jaarstormen variëren tussen de 0.8 en 3.3 m, bij de 2019 bodem, tussen en 2.1 en 4.8 m bij de ontwerpbodem. De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/100 jaarstormen variëren tussen de 2.2 en 4.5 m, bij de 2019 bodem, tussen en 2.9 en 6.1 m bij de ontwerpbodem.

Naast de bovengenoemde ontgronding door stromingen van water en golven is ook onderzocht of er erosiekuilen door eolisch (wind) transport kunnen ontstaan. Het is namelijk mogelijk dat een windturbine op een droog strand komt te staan; initieel of bijvoorbeeld na een (strand) suppletie. Voor de twee beschouwde bodems in deze studie is het de verwachting dat er alleen bij monopalen #1, 7, 8 en 9 een erosiekuil door windtransport zal ontwikkelen tot een diepte van ongeveer 2 m. In geval van een monopaal met een diameter van D=5 meter, zal de erosiekuildiepte na een 1/1 jaar storm naar verwachting 0.5 tot 1 meter toenemen. Gedurende één jaar onder eolische invloed, zal de erosiekuildiepte naar verwachting 1 tot 1.5 meter toenemen. Echter, de toekomstige bodemligging nabij de windturbines kan sterk variëren in de komende 25 jaar, waardoor deze bevindingen ook voor andere palen relevant kunnen zijn.

Inhoud

	Samenvatting	**4**
1	**Inleiding**	**7**
1.1	Achtergrond	7
1.2	Desk studie	8
1.3	Doelstelling	8
1.4	Leeswijzer	8
2	**Aanpak**	**9**
2.1	Algemeen	9
2.2	Introductie van gebruikte modellen	10
2.2.1	Hydro- en morfologische modellen	10
2.2.2	Voorspellingsmodel voor ontgronding	10
2.3	Definitie van scenario's	11
3	**Modelleren van condities nabij windturbines**	**12**
3.1	Model opzet	12
3.1.1	Delft3D Flexible Mesh model	12
3.1.2	XBeach model	14
3.1.3	Hydraulische randvoorwaarden	16
3.2	Hydrodynamische modelresultaten	17
3.3	Morfologische model resultaten	19
3.3.1	2019 bodem	19
3.3.2	Ontwerpbodem	21
3.3.3	Bodemveranderingen per monopaal	23
4	**Ontgrondingsvoorspellingen**	**24**
4.1	Dynamic Scour Prediction Model	24
4.2	Toepassing DSPM voor MV2 windpark	26
4.2.1	Ontgronding in brekende golven	26
4.2.2	Ontgronding door stroming in relatief ondiep water	26
4.3	Resultaten ontgrondingsberekeningen	28
4.3.1	Ontgronding voor scenario's 1-3	28
4.3.1.1	Bodemligging 2019	28
4.3.1.2	Minimale ontwerpbodem	30
4.3.2	Ontgronding voor scenario's 4-6	32
4.3.2.1	Bodemligging 2019	32
4.3.2.2	Minimale ontwerpbodem	37
4.4	Analyse van de ontgrondingsvoorspelling	40
4.4.1	Ontgronding per paal	40
4.4.1.1	Bodemligging 2019	40
4.4.1.2	Minimale ontwerpbodem	43
4.4.2	Frequentie van het ontstaan van ontgrondingskuilen	46
4.5	Vorm van de ontgrondingskuil	46
4.6	Conclusies en discussie	47
4.6.1	Conclusies	47
4.6.2	Discussie	47

5	**Erosiekuilen door eolisch transport**	**48**
5.1	Model beschrijving	48
5.1.1	Eolisch sediment transport	48
5.1.2	Eolische transport gradiënten	49
5.1.3	Morfologische interactie	50
5.1.4	Grondwaterstand	51
5.1.5	*Supply-limiting* condities	51
5.2	Modelconfiguraties en resultaten	52
5.2.1	Windtunnel experiment	52
5.2.2	Container op de zandmotor	53
5.2.3	Monopalen Maasvlakte 2 strand	55
5.3	Conclusies en discussie	56
6	**Overzicht van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging per paal**	**57**
7	**Conclusies**	**65**
7.1	Conclusies	65
7.2	Aanbevelingen	66
	Referenties	**68**
A	**Hydrodynamische condities per windturbine**	**69**
A.1	2019 bodem	70
A.1.1	Scenario's 1, 2 en 3	70
A.1.2	Scenario's 4, 5 en 6	76
A.2	Ontwerpbodem	82
A.2.1	Scenario's 1, 2 en 3	82
A.2.2	Scenario's 4, 5 en 6	88
B	**Ontgrondingsgrafieken per windturbine**	**94**
B.1	Ontgrondingen per turbine voor scenario's 1-3	95
B.1.1.1.	Bodemligging 2019	95
B.1.1.2.	Ontwerpbodem	107
B.2	Ruimtelijk beeld van de ontgrondingen voor scenario's 4-6	119
B.2.1	Bodemligging 2019	119
B.2.2	Ontwerpbodem	122
B.3	Ontgronding per turbine voor scenario's 4-6 (bodem 2019)	125
B.4	Ontgrondingen per turbine voor scenario's 4-6 (ontwerpbodem)	129

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het windpark Maasvlakte 2 is gelegen op het deel van Maasvlakte 2 dat een waterkerende functie heeft. Ongeveer 7,5 km van de zeewering van Maasvlakte 2 is bestemd voor de plaatsing van windturbines (zie Figuur 1.1). Van deze toegewezen zeewering is 2,5 km een 'harde' verdediging bestaande uit een zeedijk, beschermd tegen golfbelasting met een bekleding en stortsteen. De resterende 5 km is een zogenaamde 'zachte' verdediging, bestaande uit een zandstrand en duinen.

Bij het 'harde' deel van de zeewering staan de windturbines aan de binnenkant van de dijk (aangegeven met groene stippen), terwijl ze bij het 'zachte' deel van de zeewering op het zandstrand komen te staan (aangegeven met blauwe stippen).



Figuur 1.1 Overzicht van het windpark Maasvlakte 2. De groene stippen geven de locaties weer van de windturbines op de 'harde' zeewering, terwijl de blauwe stippen de windturbines op de zachte zeewering weergeven. Bron: Turbinelocaties.kml, 26-11-2019.

Bij de zachte zeewering komen de turbines rond de hoog- of laagwaterlijn te staan. De exacte waterdiepte is niet bekend aangezien deze afhangt van de lokale bodem ten tijde van de aanleg. De bodemligging ter plaatse van de windturbines (monopalen met een diameter van ongeveer 5 m) zal variëren in de tijd. Deze veranderingen in de bodemligging zijn het gevolg van grootschalige morfologische veranderingen van de zeebodem en van lokale ontgronding (scour) die door de monopaal zelf wordt geïntroduceerd. Met deze twee processen moet rekening worden gehouden bij het ontwerp van de monopaal. Daarnaast kan de ontgronding rondom de monopalen van belang zijn voor het beheer en onderhoud van de monopalen en voor de veiligheid van bezoekers van het strand.

1.2 Desk studie

Uit een desk studie (Deltares, 2020) is naar voren gekomen dat ontgronding veroorzaakt door stromingen aanzienlijk groter kan zijn dan ontgronding door golfwerking. De ontgronding door golfgedreven langstroming werd ingeschat in de orde van 0,6D-1D te liggen. Ontgronding door golfwerking ter plaatse van de windturbines (rekening houdend met golfbrekingseffecten) werd ingeschat op ongeveer 0,2D. Dat heeft er toe geleid dat deze studie zich enkel richt op ontgronding door stromingen.

1.3 Doelstelling

Het doel van deze studie is het bepalen van de omvang en frequentie van ontstaan van de mogelijke erosiekuilen rond de monopalen op de Zachte Zeewering. Het resultaat van deze studie is een kwantitatieve procesbeschrijving van de omvang en ontwikkeling van de erosiekuilen zowel in het natte als op het droge gedeelte van het strand.

Deze informatie zal door Royal HaskoningDHV gebruikt worden om een inschatting te maken van de veiligheid van strandbezoekers en ten behoeve van het ontwerp en beheer en onderhoud van de windturbines.

1.4 Leeswijzer

De studie aanpak en de gebruikte modellen worden geïntroduceerd in hoofdstuk 2. De opzet van de verschillende modellen en de resultaten van de numerieke modellen worden beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 beschrijft de ontgrondingsvoorspellingen voor elke windturbine, terwijl hoofdstuk 5 ingaat op de mogelijke erosie rondom windturbines op het droge strand door eolische transporten. In hoofdstuk 6 worden de verschillende bijdragen samengebracht in overzichtsfiguren per paal. De conclusies en aanbevelingen worden gedeeld in hoofdstuk 7.

2 Aanpak

2.1 Algemeen

De Tweede Maasvlakte (MV2) is in 2013 aangelegd als grote zeewaartse uitbouw van de Rotterdamse haven. De zeerand van de MV2 bestaat deels uit een harde en zachte zeewering. De zachte zeewering is over het algemeen een erosief systeem, wat inhoudt dat de kustlijn geleidelijk landinwaarts verplaatst. Om dat tegen te gaan wordt het systeem onderhouden door suppleties.

De bodemligging laat veel dynamiek zien in de tijd en is zeer variabel langs de zachte zeewering. Dit komt mede door de kromming van het Maasvlakte 2 strand waardoor de golven onder verschillende hoeken invallen en gradiënten introduceren in zandtransport. Een ander belangrijk proces is de getijstroming. Door de uitbouw van MV2 vindt er een sterke getijcontractie plaats wat leidt tot hoge stromingen wat veel zand kan verplaatsen.

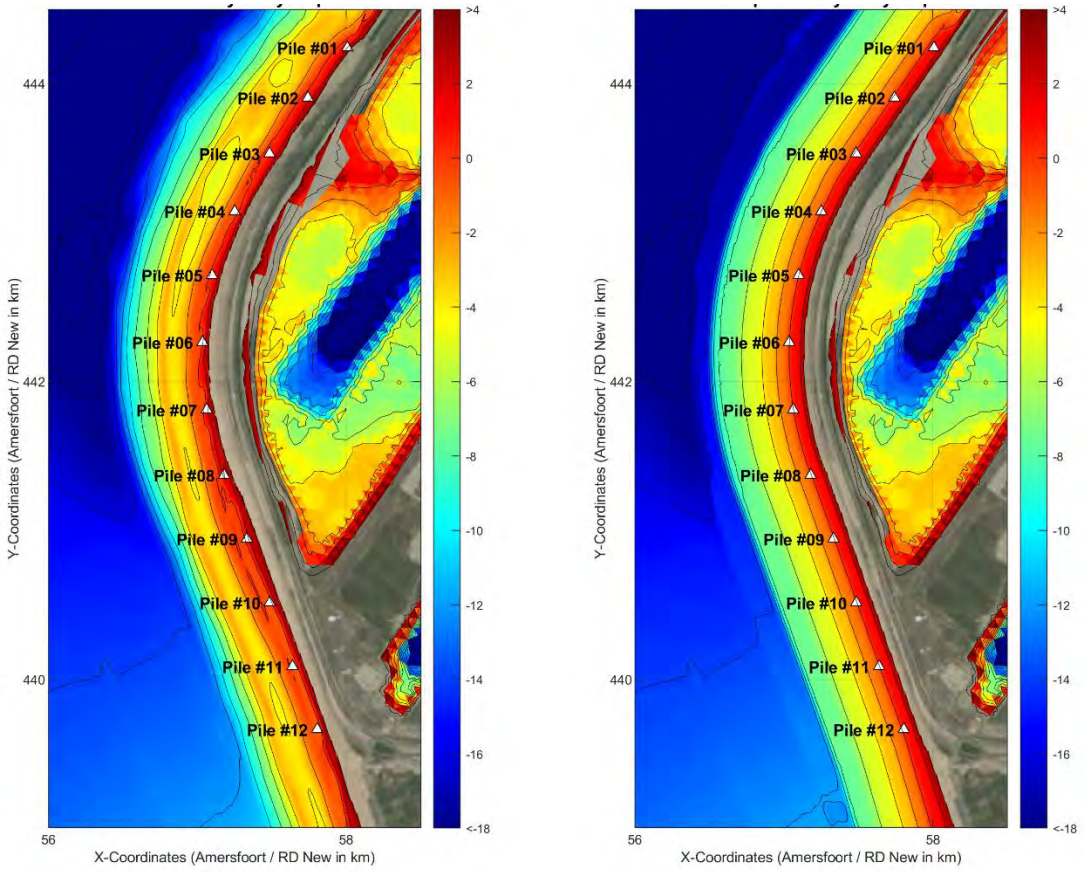
Om een inschatting te geven van de ontgronding bij de windturbines is het van belang om de lokale variabiliteit van stromingscondities, water dieptes en golven te kwantificeren. Door de combinatie van processen van scheef invallende golven, getijcontractie, zeer variabele en dynamische bodem, grootschalig erosief karakter en menselijke ingrepen (suppleties) is besloten om de hydrodynamische condities ter plaatse van de windturbines af te leiden met behulp van numerieke modellen.

De hydrodynamische condities zijn berekend voor 6 verschillende hydrodynamische scenario's (beschreven in paragraaf 2.3) en voor twee verschillende bodemliggingen, namelijk de 2019 gemeten bodem en de ontwerpbodem (*ontwprof*). De introductie van de modellen wordt in paragraaf 2.2 kort toegelicht. De berekende stromingscondities door getij, wind en golven zijn vervolgens voor elke windturbine afgeleid (hoofdstuk 3) voor beide bodemliggingen.

De berekende condities per windturbine zijn vervolgens gebruikt in een empirisch ontgrondingsmodel. Het toepassen van het ontgrondingsmodel levert ontgrondingsgrafieken op per windturbine voor de 6 verschillende hydrodynamische scenario's (hoofdstuk 4). Deze resultaten bieden informatie over de omvang en frequentie van de ontgronding rondom de windturbines en de maatgevende condities.

Naast de bovengenoemde ontgronding door stromingen van water en golven is ook onderzocht of er erosiekuilen door eolisch (wind) transport kunnen ontstaan. Het is namelijk mogelijk dat een windturbine op een droog strand komt te staan; initieel of bijvoorbeeld na een (strand) suppletie. Hiervoor zijn eerst de relevante processen in kaart gebracht die lokale eolische erosie rondom een windturbine op het strand kunnen veroorzaken. Aan de hand van deze relevante processen is een methode toegepast om tot een initiële, kwantitatieve schatting te komen van de ruimtelijk-temporele ontwikkeling van de erosiekuilen door eolisch transport (hoofdstuk 5).

De verschillende morfologische bijdragen zijn grafisch samengebracht in overzichtsfiguren voor de lokale bodemligging per paal (hoofdstuk 6). Hierin wordt ook de meerjarige ('lange-termijn') dynamiek weergegeven (aangeleverd door Royal HaskoningDHV) gebaseerd op jaarlijkse metingen tussen 2013 en 2019.



Figuur 2.1 Bodemliggingen van de twee beschouwde bodems in deze studie: de gemeten 2019 bodem (links) en de ontwerpbodem (rechts).

2.2 Introductie van gebruikte modellen

2.2.1 Hydro- en morfologische modellen

Voor deze studie is een toegewijd Delft3D-Flexible Mesh model opgezet waarbij het Maasvlakte 2 strand met hoge resolutie is gerepresenteerd. Dit model berekent zowel de variatie van de waterstanden door getij, wind en golven als de getij-, wind- en golfgedreven stromingen in het gebied van interesse. Het golfmodel SWAN is gebruikt om offshore tijdseries van golven en synthetische stormen door te rekenen naar de kust.

Voor de extreme storm, met een frequentie van 100 jaar, is het model XBeach opgezet om ook de morfologische effecten van duinerosie en de eventuele aanzanding in het intergetijde gebied en de vooroever mee te kunnen nemen.

2.2.2 Voorspellingsmodel voor ontgronding

De ontwikkeling van ontgronding in de tijd wordt uitgerekend met het empirisch ontgrondingsmodel DSPM (Dynamic Scour Prediction Model), ontwikkeld door Deltares op basis van een database aan model- en veldmetingen. De invoerparameters voor dit model bestaan uit grond- en water condities, monopaal afmetingen en tijdseries van de hydrodynamica condities (waterstand, golven en stroming). In het model is de tijdserie van hydrodynamica condities gediscretiseerd in individuele gebeurtenissen, elke met een eigen evenwichtsdiepte en tijdschaal.

2.3 Definitie van scenario's

Om de omvang en frequentie van ontstaan van de ontgrondingskuilen goed in te kunnen schatten zijn de volgende scenario's onderzocht:

Tijdserie van 3 weken in winter periode

1. Scenario 1: enkel astronomisch getij
2. Scenario 2: astronomisch getij + wind opzet + windgedreven stroming
3. Scenario 3: astronomisch getij + wind opzet + windgedreven stroming + golfgedreven stroming

Individuele stormen

4. Scenario 4: 1 per 1 jaar storm conditie uit richtingen 240°N, 270°N, 300°N, en 330°N
5. Scenario 5: 1 per 10 jaar storm conditie uit richtingen 240°N, 270°N, 300°N, en 330°N
6. Scenario 6: 1 per 100 jaar storm conditie uit richtingen 240°N, 270°N, 300°N, en 330°N

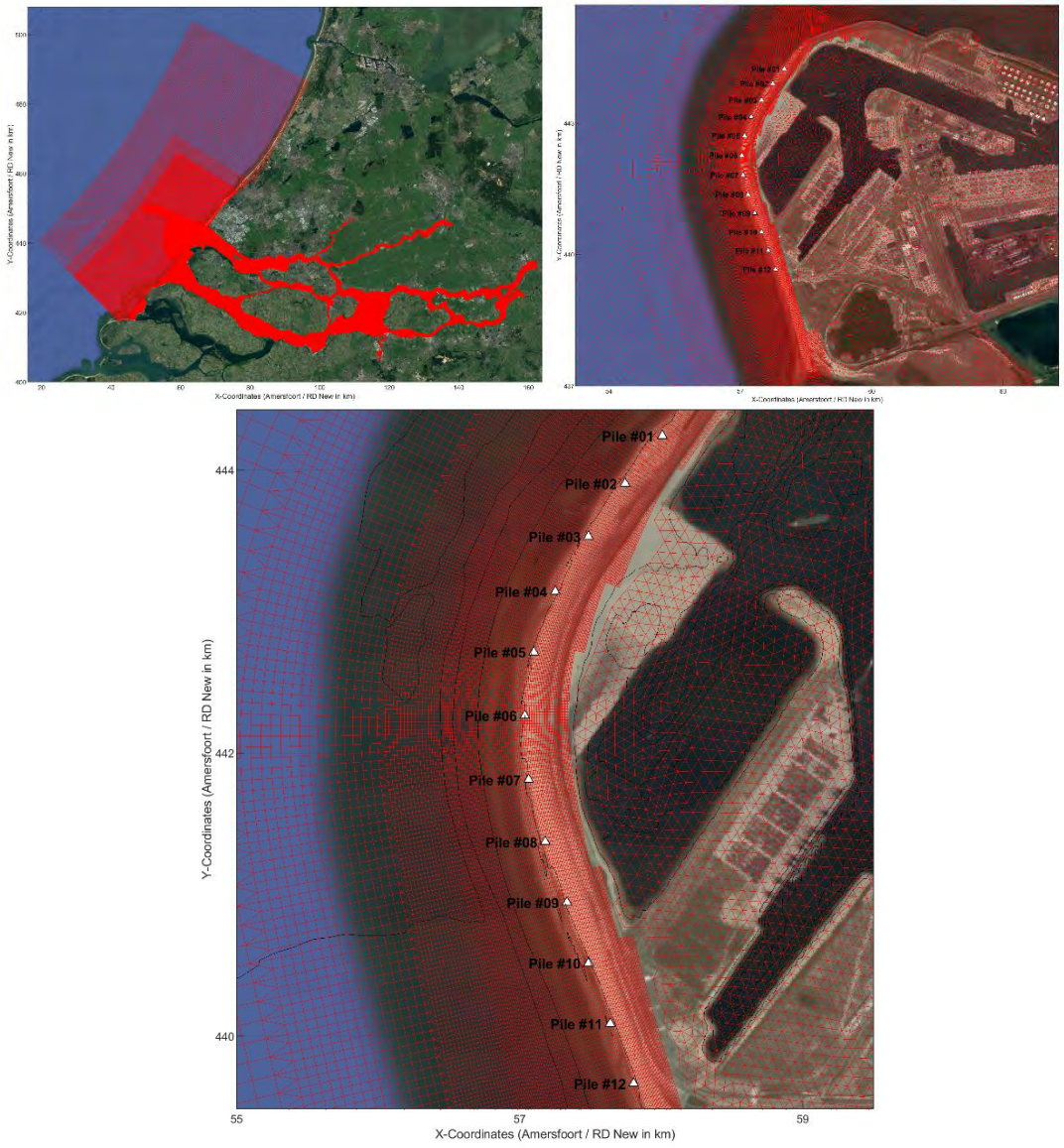
3 Modelleren van condities nabij windturbines

3.1 Model opzet

In deze paragraaf wordt de opzet van de Delft3D Flexible Mesh en XBeach modellen kort beschreven.

3.1.1 Delft3D Flexible Mesh model

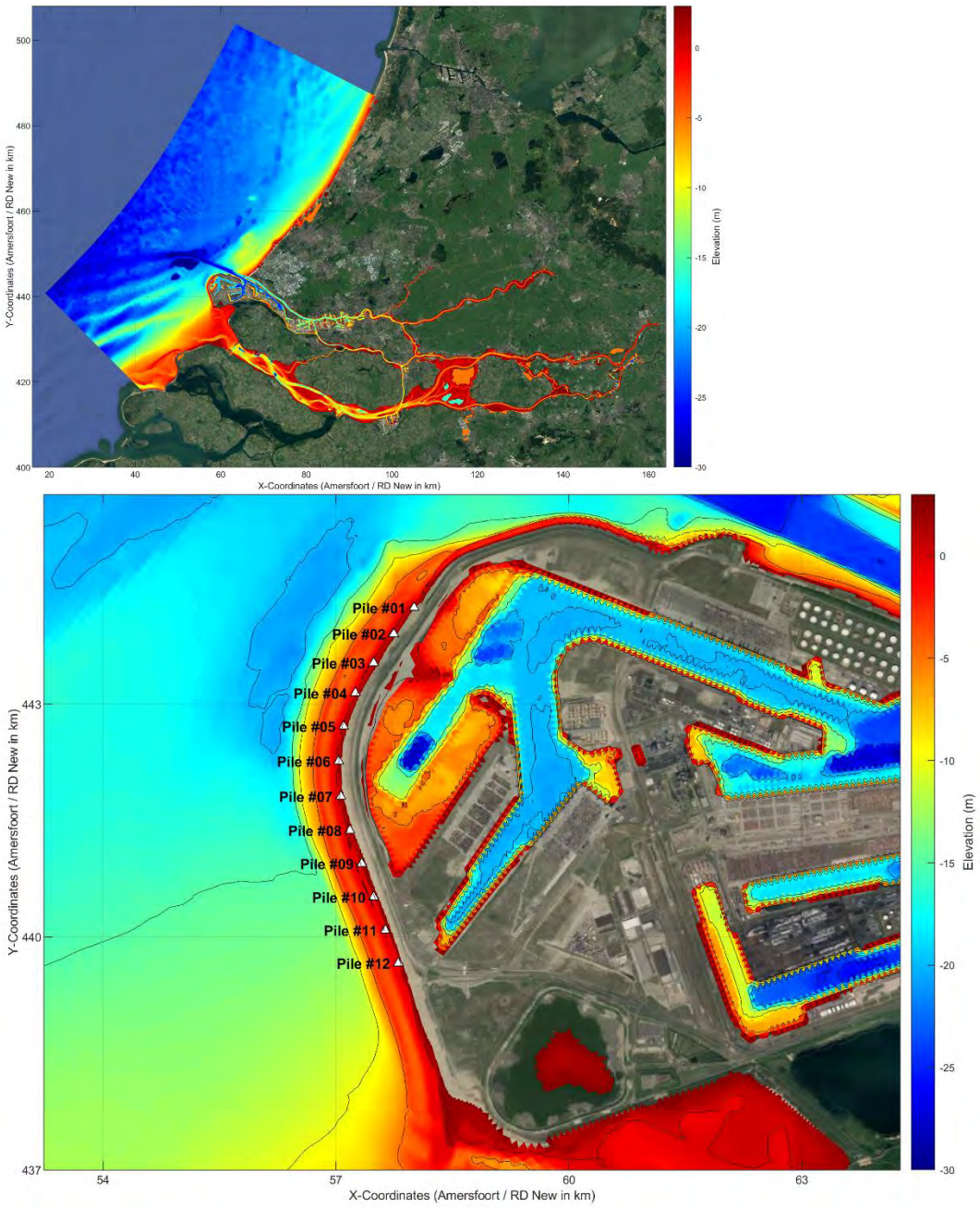
Om de waterstanden en stromingen nabij de windturbines in windpark Maasvlakte 2 goed te kunnen berekenen is er een nieuw Delft3D Flexible Mesh model gemaakt. Bestaande modellen voor het gebied op de Noordzee en in de rivieren zijn hiervoor als basis gebruikt. Voor het Maasvlakte 2 strand is een sterke verfijning toegepast om tot een resolutie van ~10 m te komen ter plaatse van de windturbines (zie Figuur 3.1). De bodemligging in de modellen is afkomstig van bestaande modellen en RWS Baseline gegevens, lokaal aangevuld met een in 2019 gemeten bathymetrie ter plaatse van het Maasvlakte 2 strand (zie Figuur 3.2).



Figuur 3.1 Rekenrooster van het Delft3D Flexible Mesh model voor het windpark Maasvlakte 2

Om de effecten van golven uit te kunnen rekenen is er een SWAN model opgezet. De zeerand loopt in dit golfmodel tot aan de twee offshore meetlocaties van Europlatform en IJmuiden Munitiestortplaats. Voor scenario's 1 t/m 3 zijn de golven tijdens een periode van 3 weken in het winter seizoen van 2011 uitgerekend gebruikmakend van de offshore gemeten golven en wind. Voor scenario's 4 t/m 6 zijn 32 uur tijdseries van golven van de individuele storm condities opgelegd.

Het Delft3D-FM model is geforceerd met getij en rivierafvoer randvoorwaarden. Voor scenario's 2 en 3 is de gemeten wind opzet bij Hoek van Holland gecorrigeerd opgelegd op de zeerand om zodoende de waterstandsvariatie tijdens deze 3-weekse periode zo goed mogelijk mee te nemen.

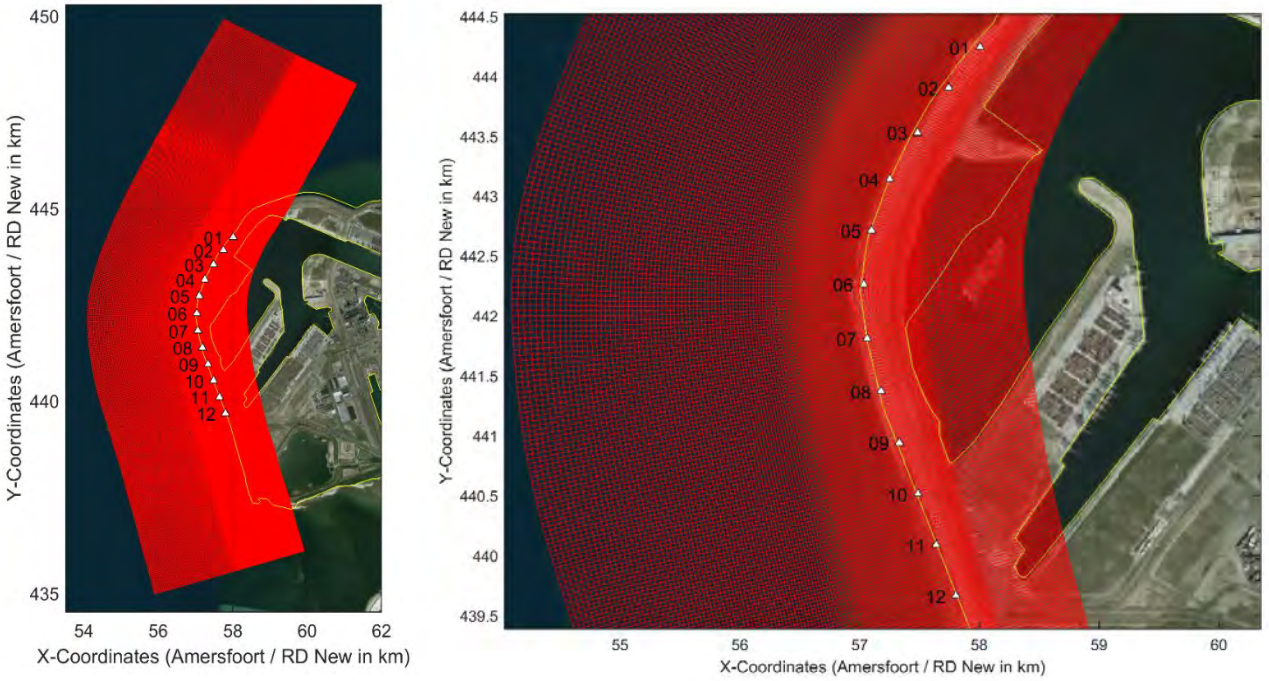


Figuur 3.2 Bodemliggingen in het model en de windturbine locaties in het windpark Maasvlakte 2

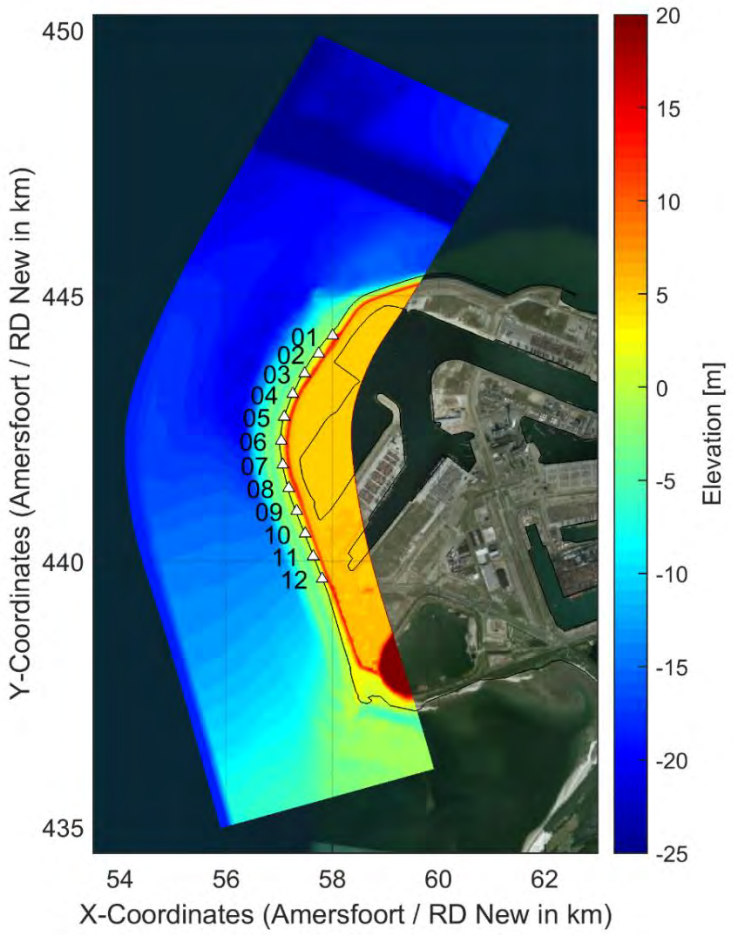
3.1.2 XBeach model

Voor de Xbeach simulaties is een 2DH kromlijnige modelschematisering geconstrueerd. Het rooster (zie Figuur 3.3) beslaat meer dan 15 km in kustlangs en 4 km in kustdwarsrichting en is gekromd om zodoende de lokale oriëntatie van de kustlijn te volgen. De resolutie in kustlangs richting varieert tussen 12 m (in het midden) en 50 m (nabij de randen). De resolutie in kustdwarsriching neemt toe van offshore tot nearshore, met een minimale roostercel afmeting van 10 meter in de brandingszone en 8 meter in het duingebied.

De bodemgegevens van 2019 (aangeleverd door Royal HaskoningDHV) worden gebruikt om de modelbodem te schematiseren (zie Figuur 3.4). Langs de offshore-grens wordt een diepte van 18 meter of groter aangehouden, om een realistische schematisering van lange golven vanaf de modelrand mogelijk te maken. Daarnaast wordt het maaiveld van het gebied achter de duinen inclusief de Maasvlakte 2-bekkens boven het waterpeil gebracht. Een groot deel van het domein, inclusief de 2,5 km lange 'harde' zeewering in het noorden en het gebied achter de duinen, wordt als niet-erodeerbaar meegenomen in de morfologische simulaties.



Figuur 3.3: Overzicht van het rekenrooster van het XBeach model (links) en ingezoomd (rechts). De locaties van de windturbines zijn weergegeven met driehoekjes.



Figuur 3.4: De geschematiseerde bodemligging in het XBeach model. De zwarte lijn geeft de landgrens weer en de driehoekjes de locaties van de windturbines.

In XBeach is de surfbeat-modus geselecteerd, waarbij de korte golfvariaties op de schaal van de golfgroepen en de daarmee geassocieerde lange golven worden opgelost. Golfrefractie wordt gesimuleerd aan de hand van de efficiënte Snellius methode. Naast de golfmodule worden de stromings-, sediment- en morfologiemodules geactiveerd. De WTI-instellingen, een aantal hydrodynamische en morfodynamische parameters met waarden geoptimaliseerd voor de Nederlandse kust (Van Geer, Den Bieman, Hoonhout, & Boers, 2015) worden geïmplementeerd. Voor de zanddiameter wordt een D50-waarde van 300 mμ gebruikt, terwijl alle andere parameters worden gebruikt met standaardwaarden.

Op 17 locaties langs de offshore modelrand worden temporeel en ruimtelijk variërende golfspectra opgelegd. Deze spectra zijn afkomstig uit Delft3D-FM simulaties die de golfvoortplanting, getij en golfslag simuleren voor dezelfde serie aan stormcondities in een veel groter domein. Daarnaast worden tijdsvariërende en ruimtelijk variërende waterstanden opgelegd op de modelranden. De tijdreeksen van waterstanden omvatten het effect van getij en stormvloed en worden geëxtraheerd uit de overeenkomstige Delft3D-FM simulaties ter plaatse van de vier hoekpunten van het XBeach rooster.

3.1.3 Hydraulische randvoorwaarden

De Delft3D-FM en XBeach modellen zijn geforceerd met verschillende hydraulische randvoorwaarden. Zoals beschreven in paragraaf 3.1.1 zijn voor scenario's 1 t/m 3 tijdseries van gemeten offshore golven en wind tijdens een periode van 3 weken in het winter seizoen van 2011 opgelegd.

Voor de stormen in scenario's 4 t/m 6 zijn simulaties uitgevoerd voor storm condities met een terugkeerperiode van 1, 10 en 100 jaar voor vier verschillende invalshoeken van golven (240°N, 270°N, 300°N, 330°N). De randvoorwaarden zijn geschematiseerd volgens Vellinga (1986). Met deze methode zijn 32 uur tijdseries van golven en waterstanden van de individuele storm condities afgeleid (zie Figuur 3.5 voor een voorbeeld) gebruikmakend van de hydraulische randvoorwaarden voor Maasvlakte 2 (Delft Hydraulics, 2006). Tabel 3.1 geeft een overzicht van de hydraulische randvoorwaarden voor de 12 verschillende stormen.

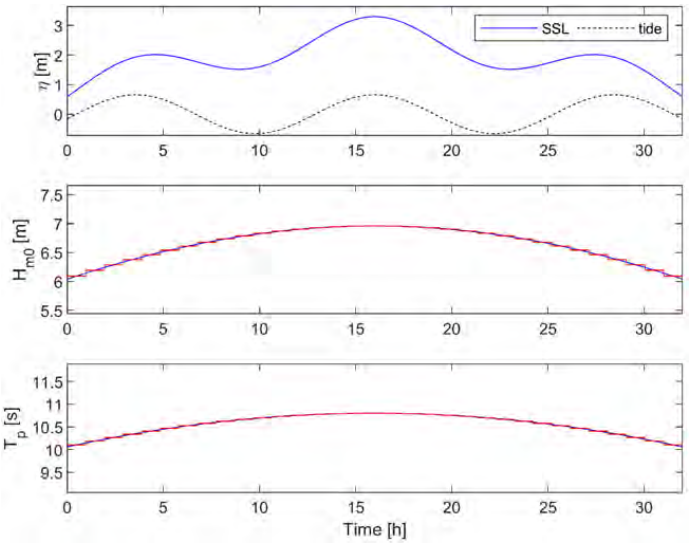
Tabel 3.1 Overzicht van de hydraulische randvoorwaarden bij Europlatform (golven) en Hoek van Holland (wind en waterstanden) afgeleid uit Delft Hydraulics (2006).

Golfrichting 240 °N	overschrijdings-frequentie (jaar)		
	1	10	100
Waterstanden (m tov NAP)	1,88	2,23	2,57
Golfhoogte (H_{m0} in m)	4,34	4,97	5,81
Golf piekperiode (T_p in s)	8,40	9,03	9,82
Windsnelheid (m/s)	21,0	24,2	28,5

Golfrichting 300 °N	overschrijdings-frequentie (jaar)		
	1	10	100
Waterstanden (m tov NAP)	2,06	2,76	3,41
Golfhoogte (H_{m0} in m)	4,54	5,23	6,15
Golf piekperiode (T_p in s)	8,76	9,49	10,43
Windsnelheid (m/s)	19,2	21,6	26,5

Golfrichting 270 °N	overschrijdings-frequentie (jaar)		
	1	10	100
Waterstanden (m tov NAP)	2,09	2,62	3,12
Golfhoogte (H_{m0} in m)	4,56	5,22	6,09
Golf piekperiode (T_p in s)	8,43	9,06	9,85
Windsnelheid (m/s)	20,9	24,5	29,1

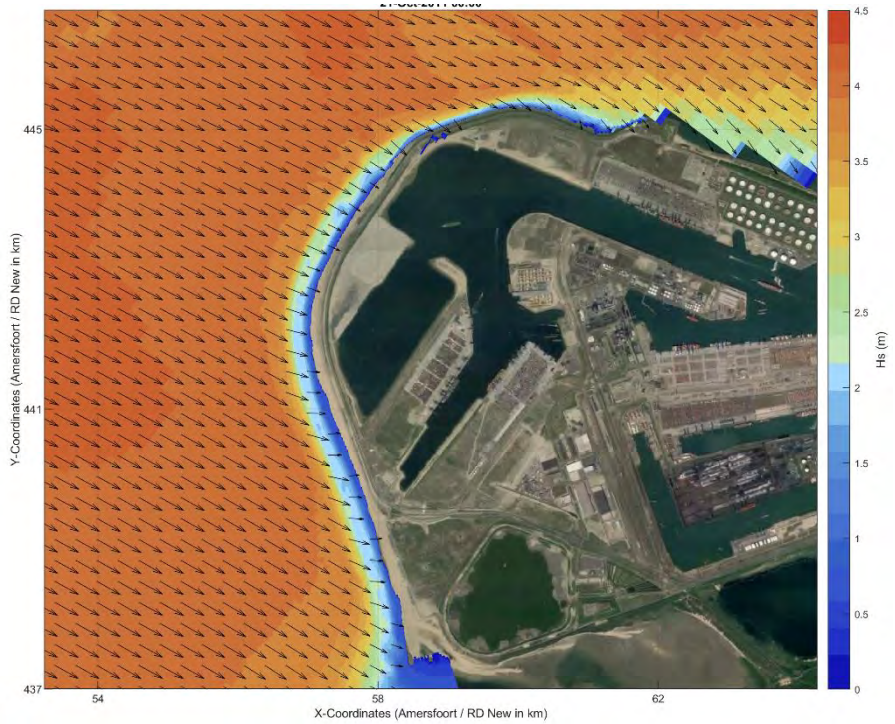
Golfrichting 330 °N	overschrijdings-frequentie (jaar)		
	1	10	100
Waterstanden (m tov NAP)	1,92	2,68	3,39
Golfhoogte (H_{m0} in m)	4,53	5,29	6,33
Golf piekperiode (T_p in s)	9,05	9,83	10,85
Windsnelheid (m/s)	17,1	20,1	24,0



Figuur 3.5 Schematiseerde randvoorwaarden voor de stormen. Bovenste paneel geeft de waterstanden weer waarbij de stormopzet overeenkomt met hoog water. Middelste paneel geeft de golfhoogte weer terwijl het onderste paneel de golf piekperiode weergeeft.

3.2 Hydrodynamische modelresultaten

Hieronder is een voorbeeld gepresenteerd van de golfhoogten en richtingen tijdens een Hs = 4 m golfconditie uit ongeveer 300°N berekend met SWAN voor de 2019 bodem. In het noordelijke gebied van de zachte zeewering leidt dit tot ongeveer loodrecht invallende golven maar in het zuidelijke gebied van het windpark leidt dit tot sterk scheef invallende golven (zie Figuur 3.6). De grote hoek van inval van de golven leidt tot een grootschalige langsstroming met (in dit geval) snelheden boven de 1.5 m/s berekend met Delft3D-FM (zie Figuur 3.7).



Figuur 3.6 Voorbeeld van golfhoogtes en golfrichtingen berekend met SWAN voor de 2019 bodem.



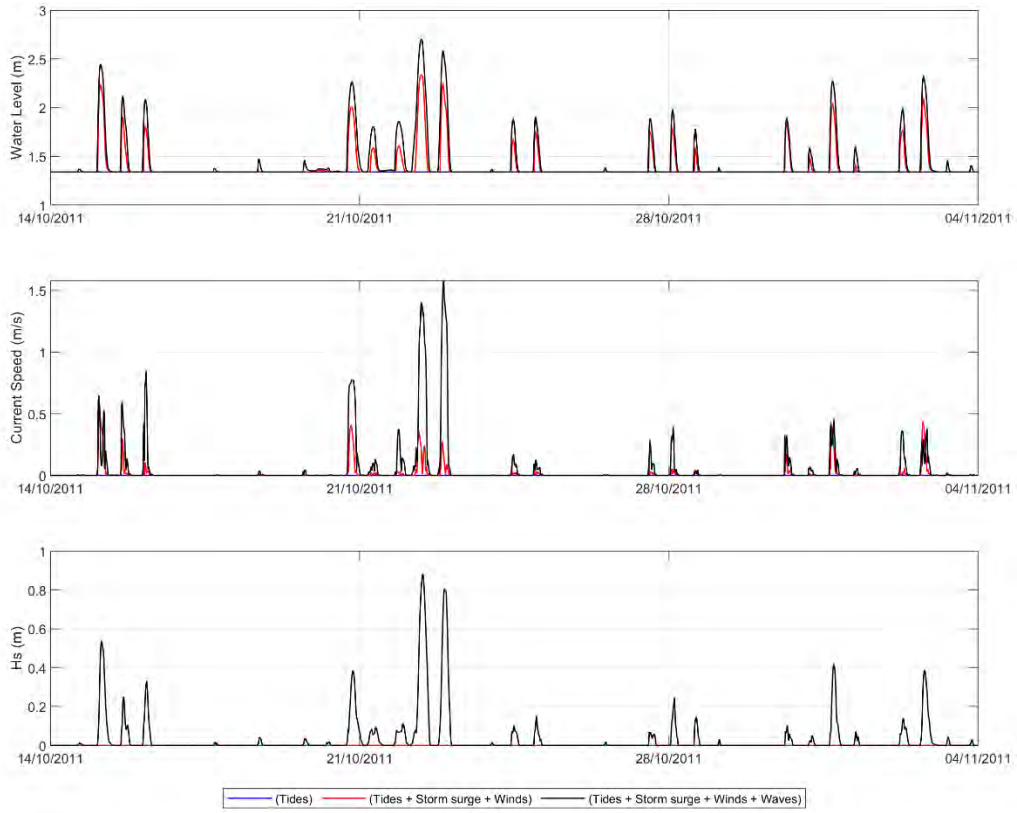
Figuur 3.7 Voorbeeld van de golfgedreven langstromingen berekend met Delft3D-FM voor de 2019 bodem.

De modelberekeningen voor de 6 scenario's (zie paragraaf 2.3) bieden nu de mogelijkheid om de voorspelde condities per windturbine te extraheren die relevant zijn voor het ontgrondingsmodel zoals de waterdieptes, stroomsnelheden, en lokale golfhoogtes. Als voorbeeld zijn in deze paragraaf tijdseries gepresenteerd van windturbine #1 en #10; tijdseries van alle windturbines staan in Bijlage A.

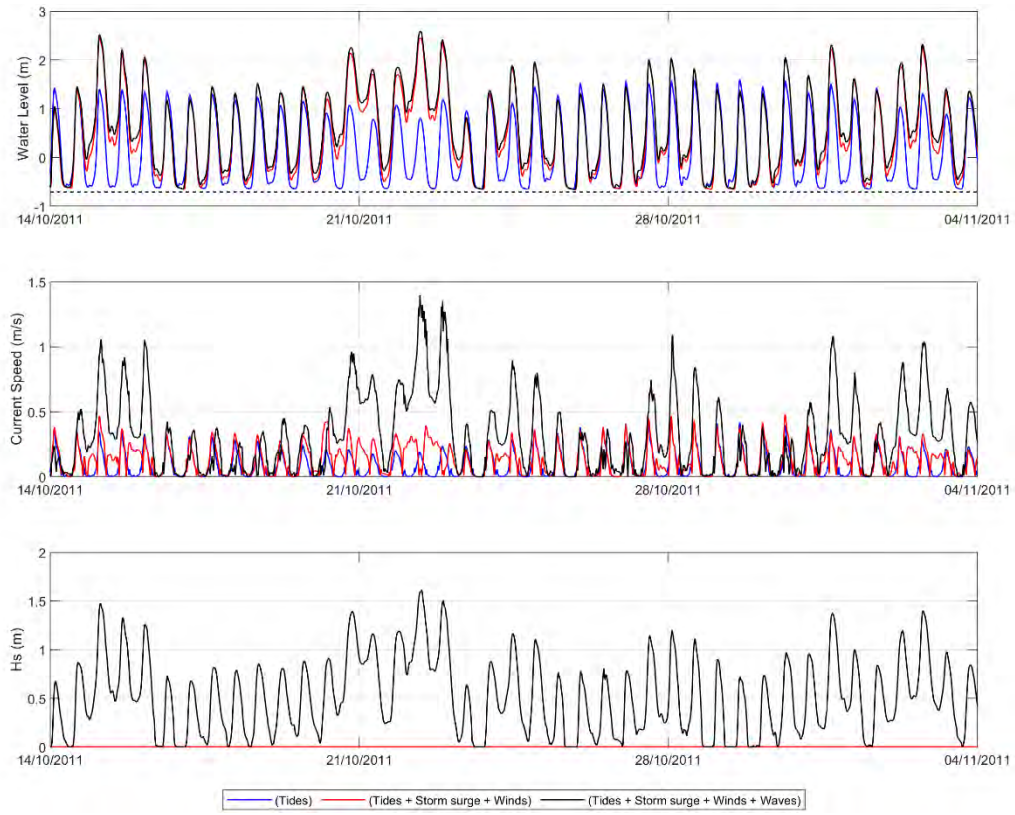
Bij windturbine #1 is bijvoorbeeld te zien dat deze boven de HW lijn ligt (o.b.v. de 2019 gemeten bodem) en enkel tijdens condities met windopzet onderwater komt te staan (zie Figuur 3.8). In dit geval vindt er ook (golfgedreven) stroming plaats aangezien de condities met windopzet ook gepaard gaan met hogere golven.

Windturbine #10 staat echter permanent in het water (NAP -1.1 m o.b.v. de 2019 gemeten bodem), waardoor er voortdurend stromingen plaatsvinden rondom de turbine. De stroomsnelheden in deze 3 weken bereiken waarden tot ongeveer 1.4 m/s (zie Figuur 3.9) tijdens een 4.5 m offshore golfconditie. Ter plaatse van de windturbine #10 zijn deze golven aan het breken wat leidt tot diepte-gelimiteerde golven ter plaatse van windturbine #10 tijdens deze specifieke conditie.

Golfgedreven brandingsstromingen door scheef invallende golven leiden in dit gebied tot de meest dominante stromingscondities en zijn daardoor bepalend voor de ontgronding rondom de windturbines. Daarom zijn voor alle windturbines tijdseries bepaald en aangeleverd ter invoer van het ontgrondingsmodel, wat verder wordt besproken in hoofdstuk 4.



Figuur 3.8 Berekende waterstanden t.o.v. NAP, stromingen en golven ter plaatse van windturbine #1 met de 2019 bodem.



Figuur 3.9 Berekende waterstanden, stromingen en golven ter plaatse van windturbine #10 met de 2019 bodem.

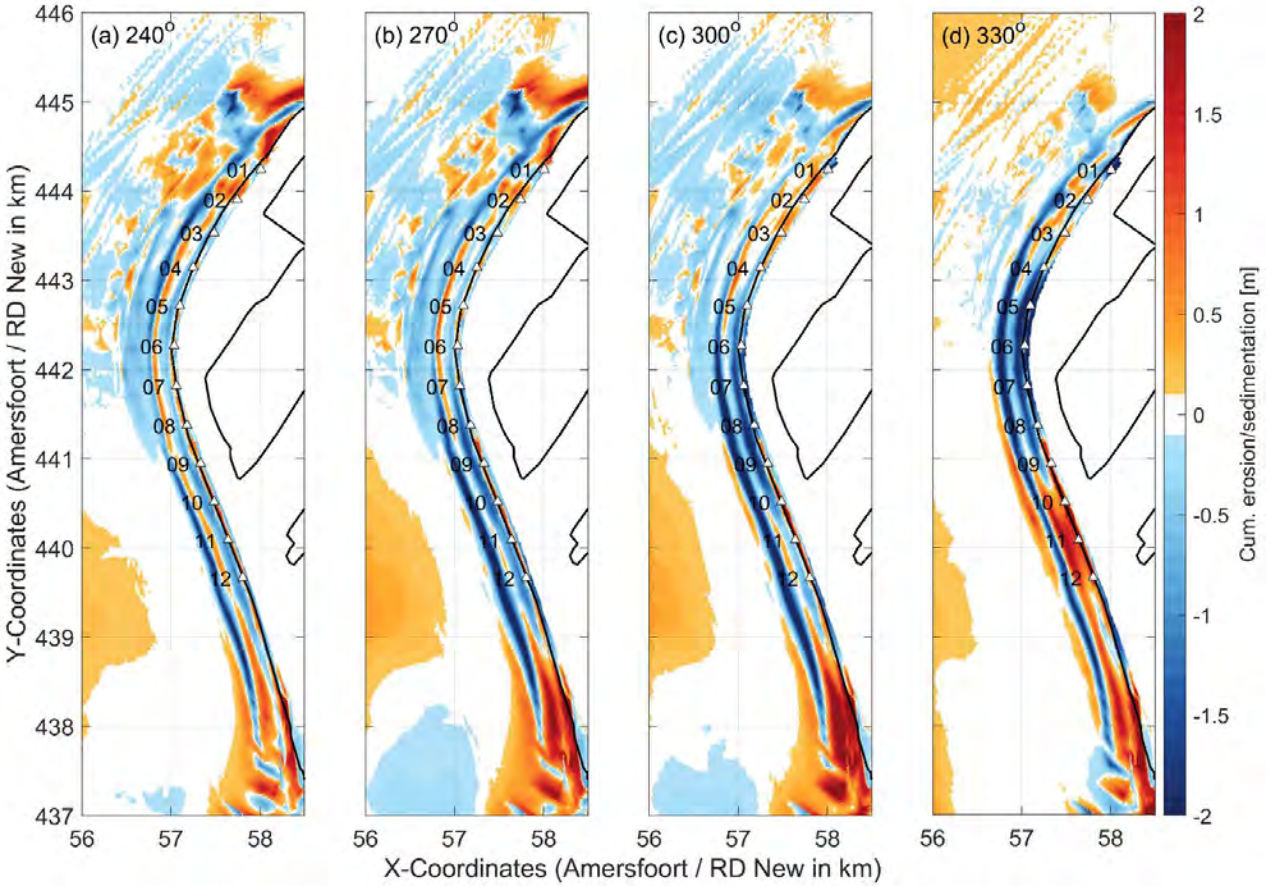
3.3 Morfologische model resultaten

3.3.1 2019 bodem

Voor scenario's 5 en 6 (1/10 en 1/100 jaar stormen met 4 golfrichtingen) zijn er ook morfologische berekeningen uitgevoerd – in dit geval met XBeach – om de effecten van mogelijke depositie ter plaatse van de monopalen tijdens deze stormen mee te kunnen nemen in de ontgrondingsanalyse. De model berekeningen tonen een herverdeling van zand tijdens de storm als gevolg van transportgradiënten in dwars- en langsrichting. Tijdens de piek van de storm worden waterstanden tot 3,5 m en stroomsnelheden tot 3 m/s berekend op de locaties van de windturbines.

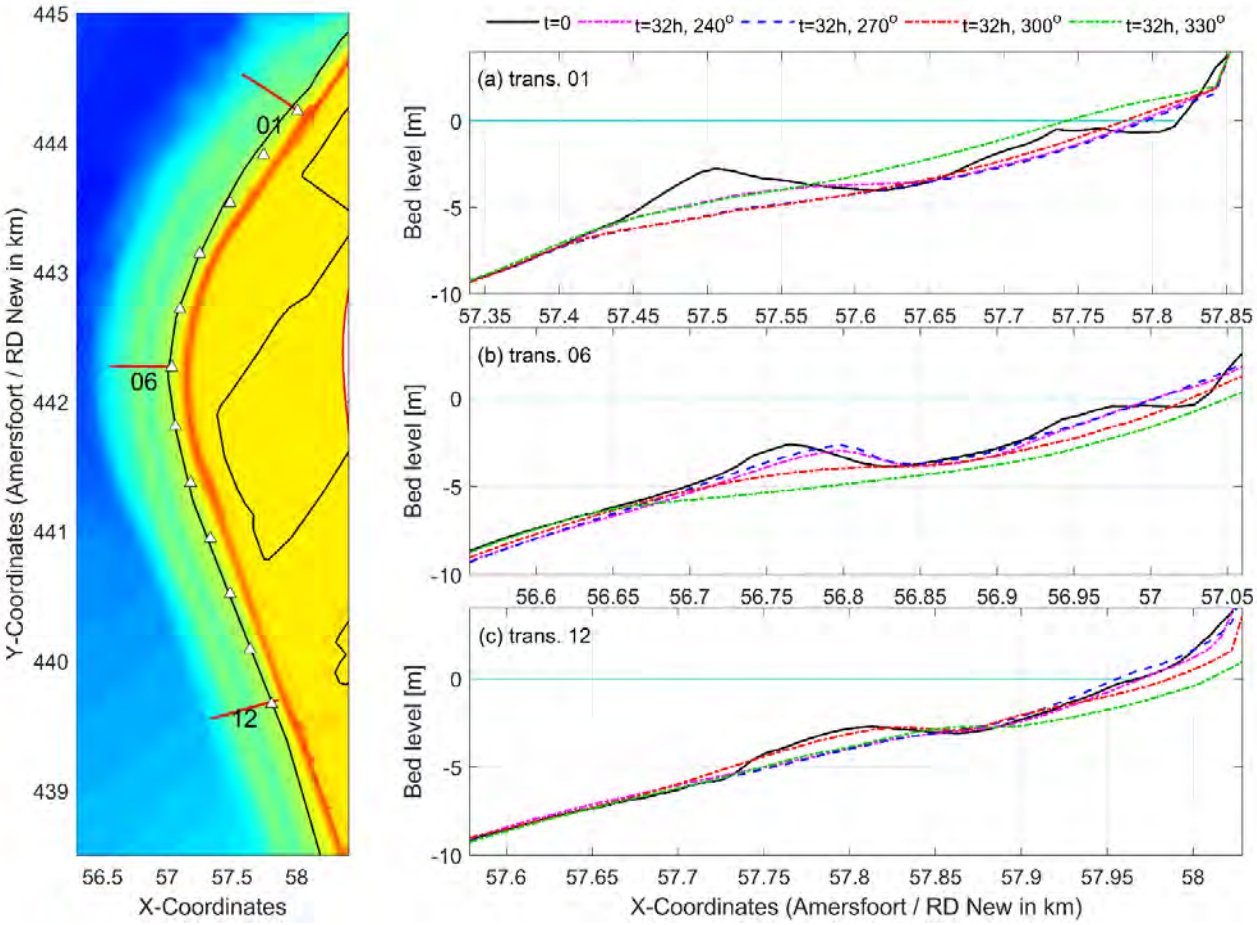
Wat opvalt is dat alle 1/100 jaar stormberekeningen erosie van zand in de ondiepe vooroever (tot 7 m diepte) voorspellen. Het zand wordt getransporteerd langs de kust en afgezet in de ondieper gelegen gebieden, ten zuiden van windturbine #12. Wat tevens opvalt is dat bij sommige windturbines er aanzanding optreedt tijdens de storm en bij andere juist een verlaging van de bodemligging. Figuur 3.10 toont aangroei op de locatie van windturbines # 9-12 onder alle invalshoeken van golven. De locaties van windturbines # 4-8 laten toenemende erosiepatronen met toenemende invalshoeken zien. Voor de locaties van windturbines # 1-3 zijn de resulterende erosie- / aanzandingspatronen zowel ruimtelijk als onder de verschillende scenario's zeer variabel.

Tijdens de storm treden er bodemveranderingen op tot ongeveer 4 m nabij de monopalen. Uitzondering hierop is nabij de locatie van windturbine # 1 waar een erosie tot 8 m wordt berekend na de 330°N storm.



Figuur 3.10: Erosie en sedimentatie patronen na de 1/100 jaar storm, met de 2019 bodem, voor de verschillende invalsrichtingen: (a) 240°N, (b) 270°N, (c) 300°N, en (d) 330°N. Erosie is aangegeven met de koude (blauwe) kleuren terwijl de warme kleuren sedimentatie weergeven.

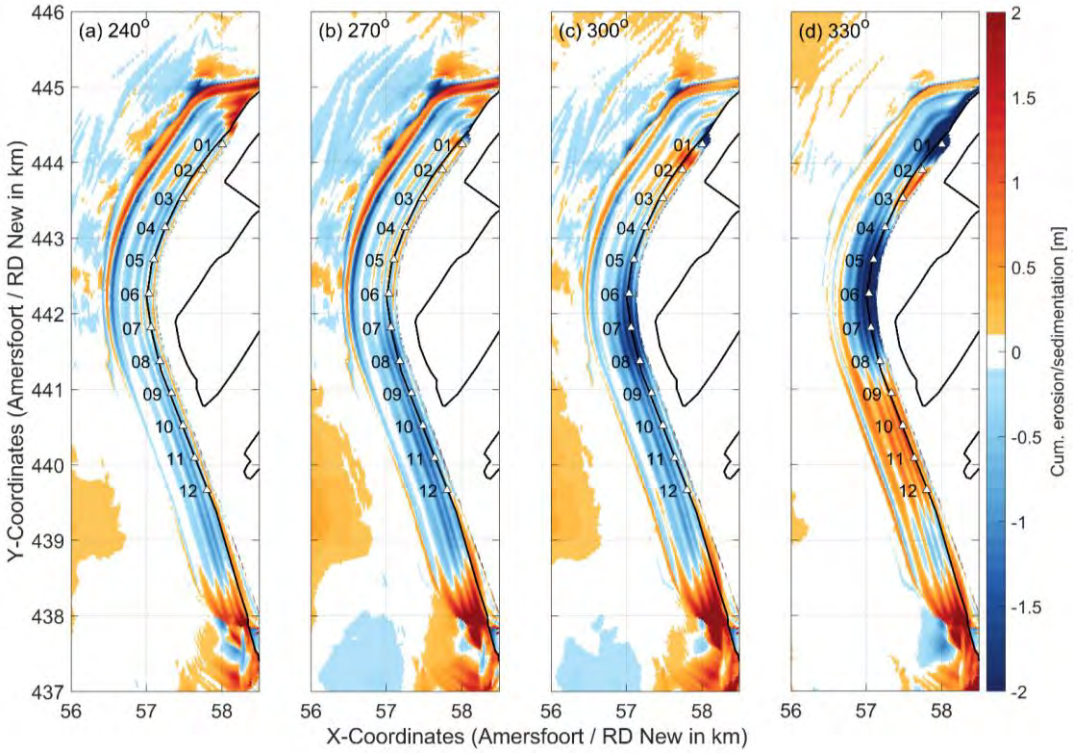
Post-storm dwarsprofielen hebben over het algemeen kleinere hellingen in het natte ondiepe deel en steilere hellingen boven de waterlijn aan de voet van de duinen. Onder de hydrodynamische condities is de zandbank die evenwijdig aan de kust ligt (op NAP -3 m), op verschillende locaties afgevlakt (zie bijvoorbeeld Figuur 3.11a, Figuur 3.10c bij windturbines # 6-7 en Figuur 3.10d bij windturbines # 5-7) terwijl in andere (zie Figuur 3.11b) de zandbank landwaarts is gemigreerd. Daarnaast wordt zand afgevoerd naar de diepere delen van het profiel waar het afgezet wordt (zie het aanzandingsgebied ten zuidwesten in het domein in alle panelen van Figuur 3.10).



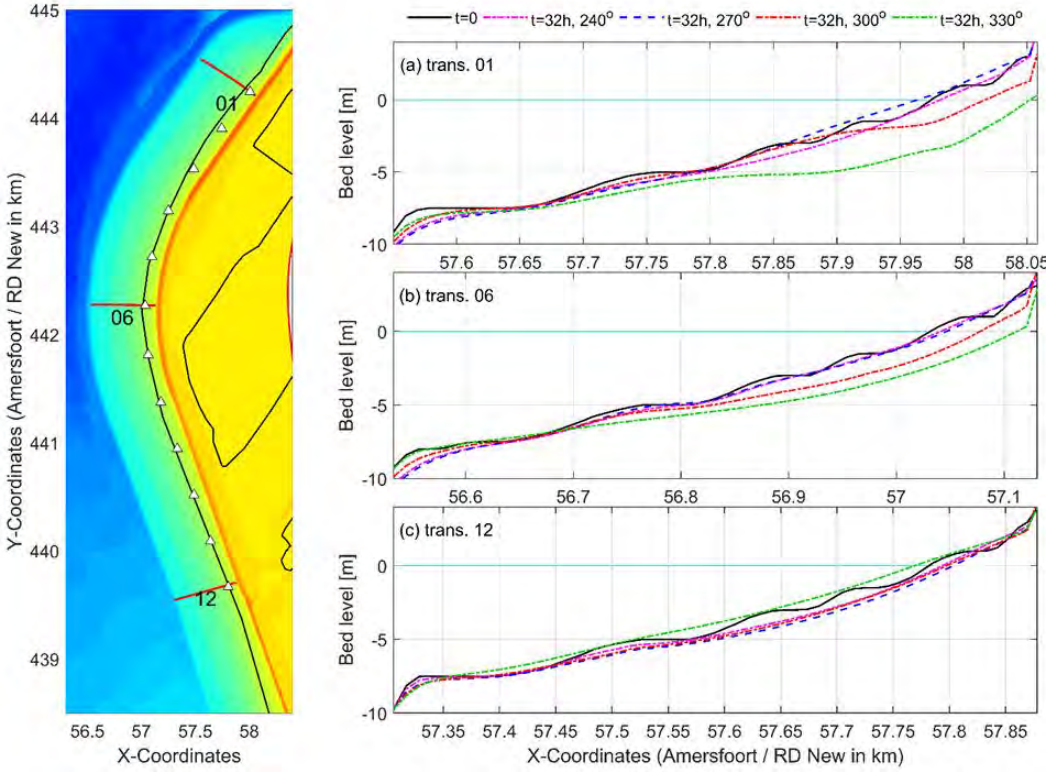
Figuur 3.11: Berekende bodemprofielen voor en na de 1/100 jaar stormen met de 2019 bodem, voor 3 verschillende dwarsdoorsneden. Links zijn de locaties van drie raaien met rood aangegeven: raai 01, raai 06 en raai 12. De locatie van de windturbines is gemarkeerd met kleine driehoekjes. Op de rechter panelen worden het initiële bodemprofiel (zwarte lijnen) en de bodemprofielen na de verschillende stormen (stippellijnen) voor elke raai weergegeven.

3.3.2 Ontwerpbodem

De morfologische veranderingen van de 1/100 jaar stormen gebaseerd op de ontwerpbodem zijn weergegeven in Figuur 3.12. De ontwerpbodem laat meer uitgevlakte dwarsprofielen zien vergeleken met de 2019 bodem. Tijdens de doorgerekende stormen, worden de kleine zandbanken verder uitgevlakt en wordt het zand gedeeltelijk boven de waterlijn en op grotere waterdieptes afgezet. Bij de meer noordelijke stormen verdwijnt er veel zand in het noordelijk gebied waardoor er grote bodemverlagingen optreedt. Het zand wordt grotendeels in het zuidelijke gedeelte van het windpark afgezet (zie Figuur 3.12 en Figuur 3.13).



Figuur 3.12: Erosie en sedimentatie patronen na de 1/100 jaar stormen met de ontwerpbodem, voor de verschillende invalsrichtingen: (a) 240°N, (b) 270°N, (c) 300°N, en (d) 330°N. Erosie is aangegeven met de koude (blauwe) kleuren terwijl de warme kleuren sedimentatie weergeven.

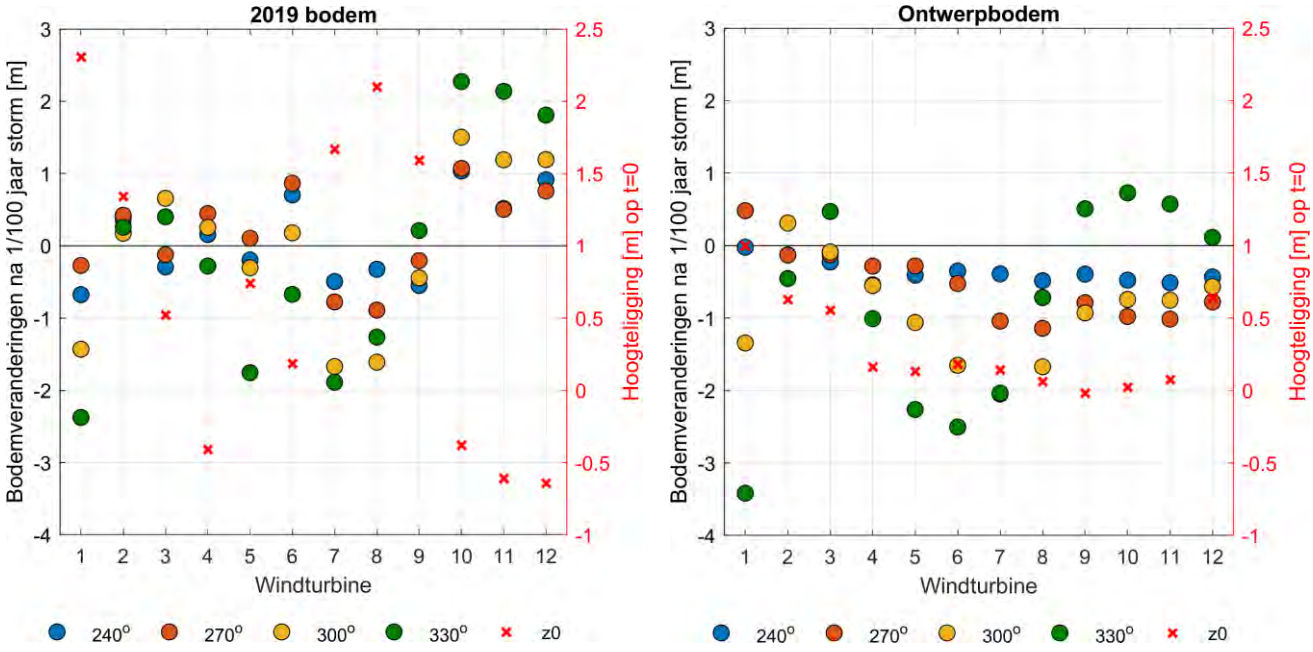


Figuur 3.13: Berekende bodemprofielen voor en na de 1/100 jaar stormen met de ontwerpbodem, voor 3 verschillende dwarsdoorsneden. Links zijn de locaties van drie raaien met rood aangegeven: raai 01, raai 06 en raai 12. De locatie van de windturbines is gemarkeerd met kleine driehoekjes. Op de rechter panelen worden het initiële bodemprofiel (zwarte lijnen) en de bodemprofielen na de verschillende stormen (stippellijnen) voor elke raai weergegeven.

3.3.3 Bodemveranderingen per monopaal

De berekende bodemveranderingen per monopalen zijn weergegeven in Figuur 3.14 voor de vier 1/100 jaarstormen en de twee beschouwde bodems. Hier is duidelijk te zien dat, voor de 2019 bodem, er erosie tot ongeveer 2,5 m op kan treden tijdens deze events maar bij sommige monopalen ook aanzanding van ruim 2 m. Voor monopalen #3-9 zijn de erosie en aanzanding zeer variabel in de ruimte en tussen de stormen met verschillende invalshoeken. Voor die locaties kunnen erosie en sedimentatie waarden oplopen tot 2 m en 1 m respectievelijk.

De berekeningen met ontwerpbodem laten erosie op grotere schaal zien voor de vier stormen. Erosie is ongeveer 2,5 m (bij monopalen #5-7) terwijl er beperkte aanzanding optreedt bij de vier monopalen in het zuiden. Monopaal 1 laat een bodemverlaging van 3,4 m zien tijdens de 330°N storm.



Figuur 3.14: Berekende bodemveranderingen per windturbine tijdens de 1/100 jaar stormen met verschillende golfrichtingen voor a) de 2019 bodem en b) de ontwerpbodem. De rode kruisjes geven de initiële bodemligging (t.o.v. NAP) per windturbine weer langs de rechter y-as.

4 Ontgrondingsvoorspellingen

In dit hoofdstuk worden de omvang en frequentie van de te verwachte ontgronding rondom de windturbines besproken. In paragraaf 4.1 wordt het model waarmee ontgronding wordt gesimuleerd toegelicht. De specifieke toepassing van dit model voor het MV2 windpark wordt verder besproken in paragraaf 4.2. De resultaten worden kort besproken aan de hand van een paar voorbeelden in paragraaf 4.3. Voor een volledig overzicht van de resultaten wordt verwezen naar Bijlage B. Voor de analyse van de resultaten, waarbij vergelijkingen worden gemaakt tussen de verschillende palen en de verschillende hydrodynamische condities wordt verwezen naar paragraaf 4.4. De paragraaf kan worden gezien als een samenvatting van de resultaten van de ontgrondingsvoorspelling. In paragrafen 4.5 en 4.6 wordt afsluitend ingegaan op de vorm van de ontgrondingskuil en de discussie.

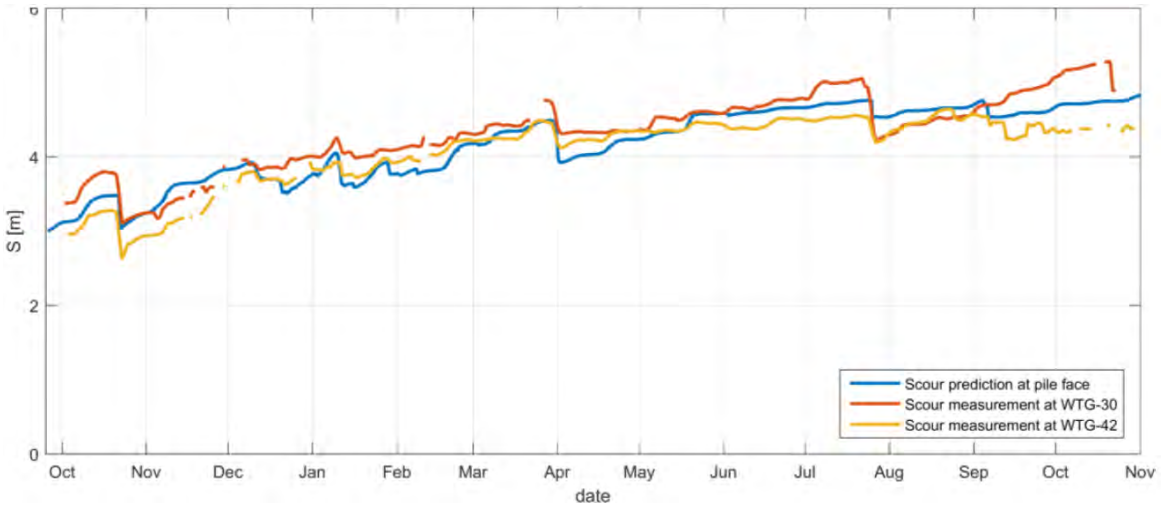
4.1 Dynamic Scour Prediction Model

De ontwikkeling van ontgronding in de tijd is gesimuleerd met het 'Dynamic Scour Prediction Model' (DSPM), ontwikkeld door Deltares op basis van een database aan model- en veldmetingen. De invoerparameters voor dit model bestaan uit grond- en water condities, monopaal afmetingen en tijdseries van de hydrodynamica condities (waterstand, golven en stroming). In het model is de tijdserie van hydrodynamica condities gediscretiseerd in individuele gebeurtenissen, elke met een eigen evenwichtsdiepte (S_{eq}) en tijdschaal (T). Binnen elke gediscretiseerde tijdstap (n) ontwikkelt de ontgrondingsdiepte (S) zich richting de nieuwe evenwichtsdiepte in de tijdsduur van de tijdstap (dt). In de volgende tijdstap (n+1) treedt een andere gebeurtenis op en ontwikkelt de ontgronding zich richting een nieuwe evenwichtsdiepte. Als we dit proces doorzetten voor een lange tijdserie ontwikkelt de ontgrondingsdiepte zich naar een dynamische evenwichtssituatie. Dit proces kan worden beschreven door de volgende formulering:

$$S_{n+1} = S_{eq,n+1} + (S_n - S_{eq,n+1}) exp\left(-\frac{dt}{T}\right)$$

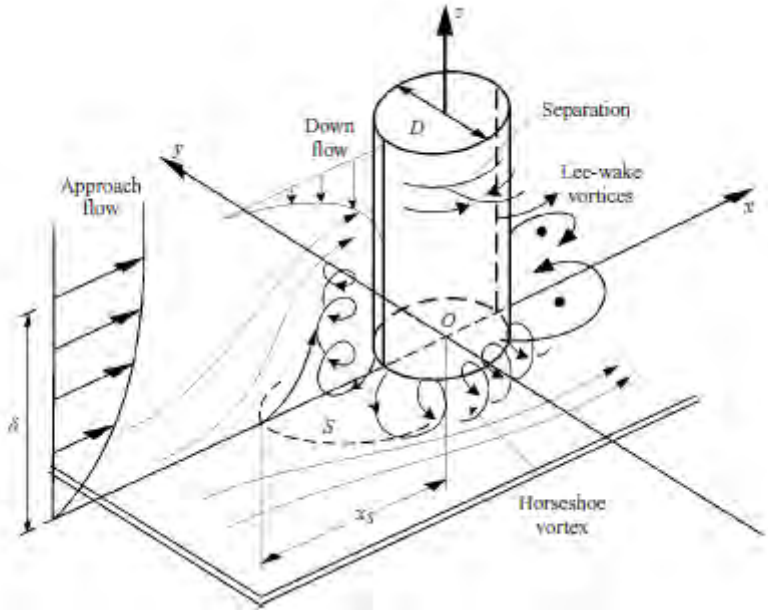
In deze formulering worden zowel de evenwichtsdiepte (S_{eq}) als de tijdschaal (T) bepaald voor elke tijdstap. Beide parameters worden bepaald op basis van empirische formuleringen. De achtergrond van deze formuleringen is verder beschreven in de volgende paragraaf.

Het model is gevalideerd door middel van veldmetingen. Deze metingen zijn uitgevoerd in het Luchterduinen offshore windpark, gelegen 23 km uit de kust bij Noordwijk aan Zee. In Figuur 4.1 is de gemeten en voorspelde ontgrondingsontwikkeling weergegeven. Deze figuur laat zien dat de dynamische ontgrondingsontwikkeling goed wordt voorspeld.



Figuur 4.1 Ontgrondingsontwikkeling zoals gemeten in Luchterduinen offshore windpark rondom WTG-30 (rood) en WTG-42 (geel) en zoals voorspeld met het DSPM (blauw).

Figuur 4.1 laat verder zien dat er situaties zijn waarbij de kuil verder verdiept, maar ook situaties waarbij de kuil gedeeltelijk opvult. In het algemeen treedt verdere verdieping op in stromings-gedomineerde situaties (getij) en kan opvulling optreden onder golf-gedomineerde condities (storm). Ontgronding ontstaat namelijk vooral doordat in een continue uniforme stromingssituatie bepaalde karakteristieke stromingspatronen ontstaan, zie Figuur 4.2. In golven worden deze patronen echter voortdurend afgebroken, omdat de stroming (telkens) van richting verandert (orbitaalbeweging). Natuurlijk is het bovenstaande afhankelijk van de stroomsnelheid, golfhoogte en -periode en de waterdiepte.



Figuur 4.2 In een continue uniforme stroming ontwikkelt aan de voorkant van een paal een neerwaartse stroming ('down flow''). Deze rolt op bij de bodem en vormt een werveling die wordt meegevoerd rondom de paal ('horseshoe vortex'). Aan de achterzijde van de paal vindt loslating plaats en ontstaan ook wervelingen ('lee-wake vortices'). Figuur uit Roulund et al. (2005).

4.2 Toepassing DSPM voor MV2 windpark

Het DSPM is oorspronkelijk ontwikkeld en gevalideerd voor dieper water dan zal optreden bij de windturbines in het MV2 windpark. Hierbij zijn er twee belangrijke verschillen op te merken:

1. Rondom de palen in het MV2 windpark is sprake van brekende golven, die een directe impact hebben op de zandbodem.
2. De ratio tussen de waterdiepte en de paaldiameter is relatief klein in het MV2 windpark, waardoor de stromingspatronen zoals geïllustreerd in Figuur 4.2 zich mogelijk minder goed kan ontwikkelen.

Beide aspecten worden apart beschreven in de onderstaande paragrafen.

4.2.1 Ontgronding in brekende golven

In een vooronderzoek heeft Deltares een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij de ontgronding door brekende golven is vergeleken met de ontgronding door stromingen (Deltares, 2020). Hieruit bleek dat de ontgronding die verwacht wordt in stromingen groter is dan de ontgronding in brekende golven.

Hierbij wordt wel opgemerkt dat naast getijstroming ook rekening is gehouden met stromingen geïntroduceerd door brekende golven. Voor dit laatste geldt namelijk dat de verwachte stroomsnelheid, maar ook de waterdiepte ter plaatse van de palen groter is dan in getijstroming. Beide zal leiden tot een grotere ontgrondingsdiepte. Door de golfgedreven stroming te beschouwen zonder de effecten van de golven (bijv. opvullen) zelf mee te nemen, verwachten we een conservatieve voorspelling van de ontgronding te doen.

In de huidige studie wordt daarom enkel de ontgronding door stroming, door getij, wind en golven, beschouwd.

4.2.2 Ontgronding door stroming in relatief ondiep water

Het ontgrondingsmodel (DSPM) wordt normaal gesproken toegepast in offshore condities, waar de waterdiepte over het algemeen tenminste één (en vaak meerdere) paaldiameter(s) bedraagt. Voor de windturbines op de tweede Maasvlakte geldt dat de waterdiepte significant kleiner is, gegeven de positie van de windturbines op de vooroever van het strand. Voor toepassing van het DSPM bij de tweede Maasvlakte wordt daarom bepaald hoe de invloed van de relatief beperkte waterdiepte in beschouwing kan worden genomen in het ontgrondingsmodel. Voor deze analyse worden twee formuleringen voor de evenwichtsdiepte van de ontgronding beschouwd, namelijk de formulering van Sheppard & Miller (2006) en een aangepaste formulering van Chen & Wei (2019).

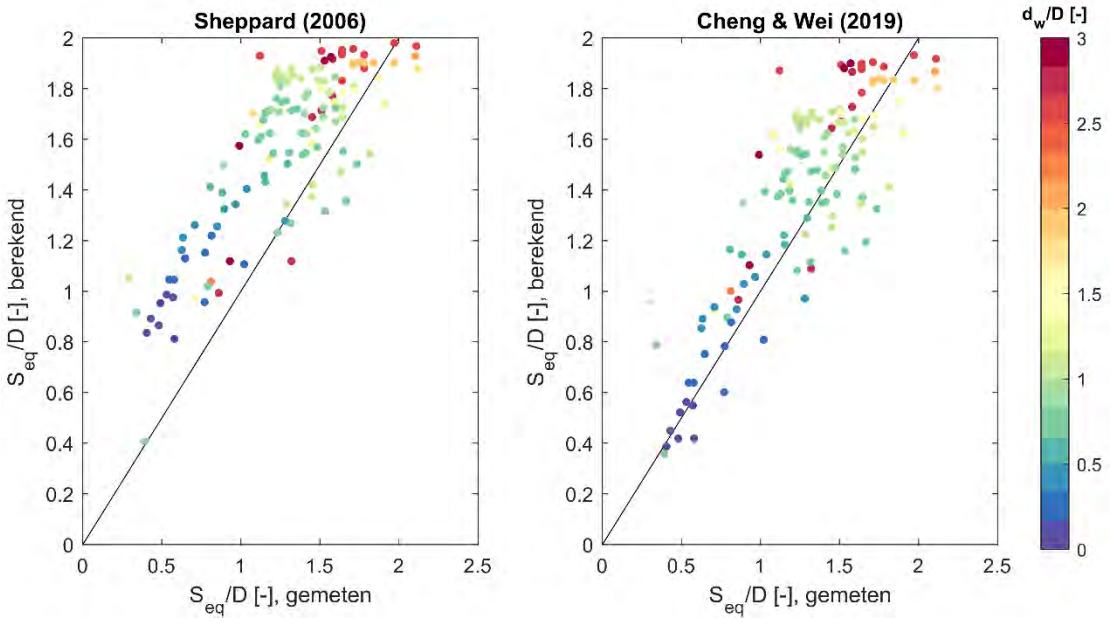
In de formuleringen van Sheppard & Miller (2006) wordt de relatie tussen waterdiepte en evenwichtsdiepte van de ontgronding op de volgende manier meegenomen:

$$\frac{S_{eq}}{D} \propto 2.2 \cdot \tanh\left(\left[\frac{d_w}{D}\right]^{0.4}\right),$$

waar S_{eq} de evenwichtsdiepte van de ontgronding, D de paaldiameter en d_w de lokale waterdiepte is. Dat de relatie tussen evenwichtsdiepte en waterdiepte een tangens-hyperbolicus is heeft geen fysische achtergrond; het werd opgemerkt door Breusers (1977) dat deze vorm de beste benadering bood voor de evenwichtsdiepte op basis van zijn observaties. In een recente analyse naar de waterdiepte-afhankelijkheid van de ontgrondingsdiepte kwamen Chen & Wei (2019) op een relatie die gebaseerd is op de typische lengteschaal van wervelbewegingen rond de paal. Op basis van deze informatie is de volgende formulering opgesteld voor deze studie:

$$\frac{S_{eq}}{D} \propto 4.6 \frac{d_w \ / \ D}{1 + 2d_w \ / \ D}$$

In Figuur 4.3 zijn beide formuleringen vergeleken met een experimentele dataset gevonden in een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd binnen het huidig onderzoek. Deze dataset bevat ontgrondingsmetingen met d_w/D tussen 0.1 en 3. Voor relatief grote waterdieptes (geel en rood) ontlopen de formuleringen elkaar niet veel; beide laten een goede overeenkomst met de metingen zien. Maar voor de kleinere waterdieptes (blauw en paars) is duidelijk te zien dat de formulering van Sheppard & Miller (2006) een relatief grote evenwichtsdiepte voorspelt ten opzichte van de metingen, terwijl de formulering opgesteld op basis van Cheng & Wei (2019) de metingen goed volgt.



Figuur 4.3 Gemeten ontgrondingsdiepte (horizontaal) tegen berekende ontgrondingsdiepte (verticaal) met de Sheppard-formulering uit 2006 (links) en met de in deze studie ontwikkelde formulering op basis van Cheng &Wei (2019) (rechts). De kleuren van de meetpunten geven de waarde voor de ratio tussen waterdiepte en paaldiameter, d_w/D, weer.

Voor de andere invoer van het DSPM, de tijdschaal (T), kan een soortgelijke analyse als hierboven is uitgevoerd voor de evenwichtsdiepte (S_{eq}) niet worden uitgevoerd door het gebrek aan data. Er wordt echter niet een groot effect van de waterdiepte op de tijdschaal verwacht. Daarom zullen we voor deze parameter de formulering toepassen die ook wordt gebruikt voor dieper water (Raaijmakers & Rudolph, 2008):

$$T_c = \frac{1000D^2}{U^3}\left(1 + \frac{10}{MOB^2}\right),$$

Waar *D* de paaldiameter is, *U* de lokale stroomsnelheid is en *MOB* de relatieve mobiliteit van het zand is, ofwel de Shields parameter gedeeld door de kritische Shields parameter. Om de onzekerheid in de tijdschaal mee te nemen wordt deze vermenigvuldigd met een factor die varieert tussen 1 en 20.

Door de formulering te gebruiken die is opgesteld op basis van Cheng & Wei (2019) voor de evenwichtsdiepte en een onzekerheidsband mee te nemen voor de tijdschaal, hebben we er vertrouwen in dat we het DSPM kunnen toepassen voor waterdieptes die slechts 10% van de

paaldiameter bedragen. Voor het MV2 windpark betekent dit dat we het DSPM model met vertrouwen toepassen voor stromings-gedomineerde situaties in waterdieptes vanaf 0.5 m gegeven een paaldiameter van 5 m.

4.3 Resultaten ontgrondingsberekeningen

In deze paragraaf worden de berekende ontgrondingen op basis van de verkregen input vanuit de hydrodynamische modelsimulaties gepresenteerd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen resultaten verkregen met de gemeten bodemligging uit 2019, en resultaten verkregen met het minimale ontwerpprofiel. De resultaten worden besproken aan de hand van een aantal representatieve locaties. Voor de resultaten voor de overige windturbine locaties wordt verwezen naar Bijlage B. Voor de analyse van de resultaten wordt verwezen naar de volgende paragraaf.

Allereerst zullen resultaten voor scenario's 1-3 (tijdserie van drie weken in 2011) worden gepresenteerd. Deze scenario's bevatten respectievelijk (1) het astronomisch getij, (2) het astronomische getij + wind opzet + windgedreven stroming en (3) het astronomisch getij + wind opzet + windgedreven stroming + golfgedreven stroming.

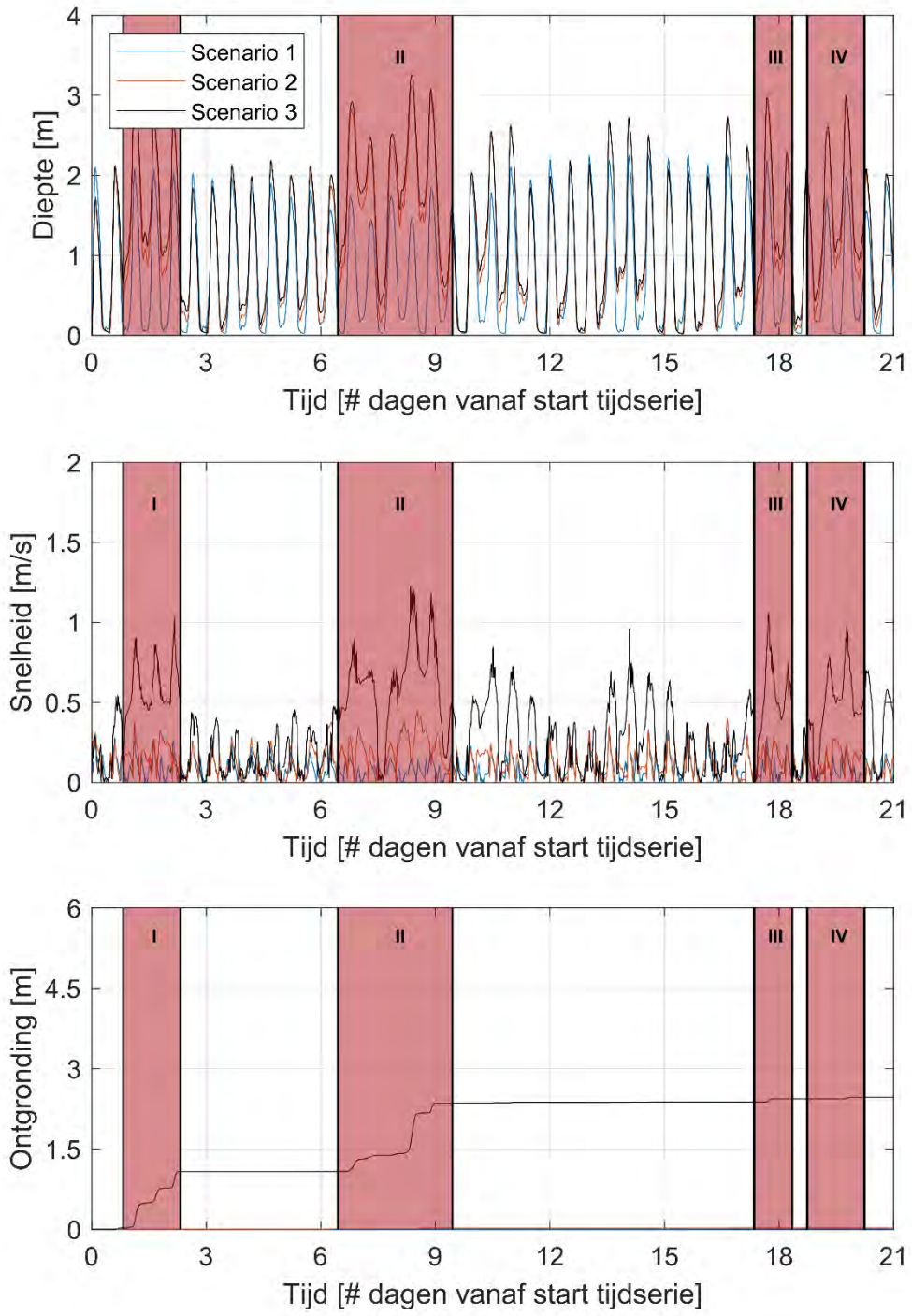
Deze resultaten vormen de motivatie voor het verder beschouwen van de te verwachten ontgronding voor individuele stormen (scenario's 4 -6) met een bepaalde kans van voorkomen zoals geschetst in hoofdstuk 2.

4.3.1 Ontgronding voor scenario's 1-3

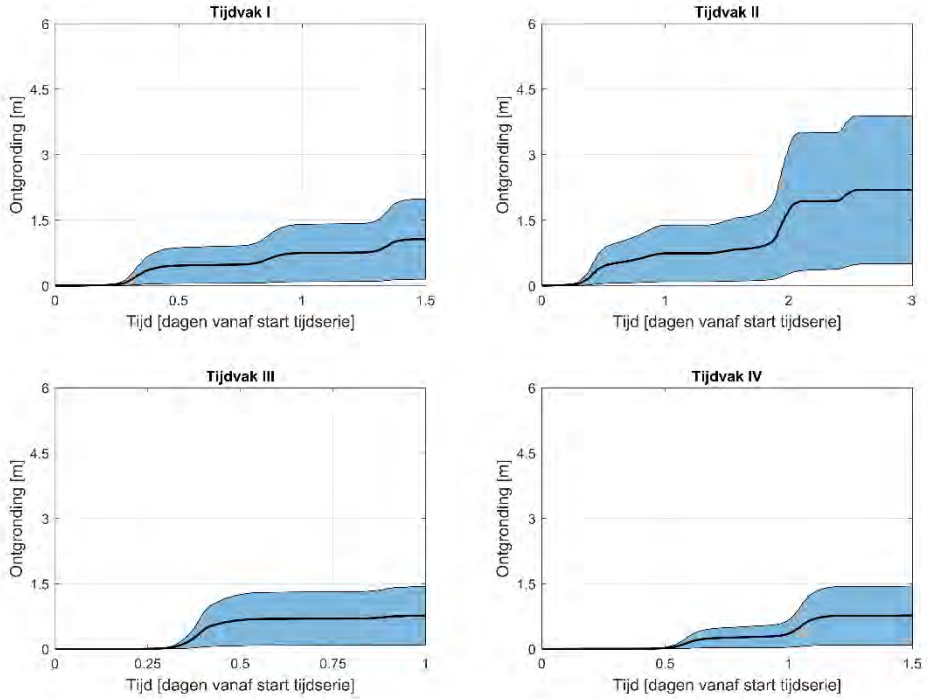
4.3.1.1 Bodemligging 2019

Figuur 4.4 presenteert de waterdiepte, stroomsnelheid en verwachte ontgronding ter plaatse van windturbine 12, welke representatief is voor het gedrag bij de overige locaties. Let wel: in dit figuur is voor een overzichtelijke weergave niet de onzekerheidsband behorende bij het ontgrondingsverloop weergegeven. Figuur 4.4 laat duidelijk zien dat de ontgronding bij deze windturbine verwaarloosbaar klein is voor scenario's 1 en 2. In scenario 3 wordt de golfgedreven stroming meegenomen, waardoor ontgronding ontwikkelt. De lokale ontgronding verloopt in sprongen. Deze sprongen zijn gerelateerd aan het voorkomen van zowel hogere waterstand als hogere stroomsnelheid gedurende een storm op die locatie. In de figuur zijn 4 tijdsvakken gedefinieerd die dit verder illustreren. De ontgronding kan in een relatief kort tijdsbestek (ordegrootte 1 storm) fors toenemen. Hierbij moet ook worden opgemerkt dat de sprong in tijdsvakken III en IV niet heel groot is in deze simulatie. Dit komt doordat voorafgaand aan deze tijdsvakken al een significante ontgrondingdiepte is bereikt. Wanneer de ontgrondingkuil artificieel zou zijn opgevuld voorafgaand aan tijdsvakken II en IV, zal de sprong veel groter zijn, zie Figuur 4.5. In dit figuur wordt voor de 4 losse tijdvakken de berekende ontgronding weergegeven, waarbij de zwarte lijn de gemiddelde voorspelling weergeeft en het blauwe gebied de onzekerheidsband. Voor deze analyse is er vanuit gegaan dat na ieder tijdvak besloten is om de ontgrondingskuil op te vullen, zodat aan het begin van ieder tijdvak er geen ontgronding aanwezig is bij de paal. Figuur 4.5 laat zien dat individuele stormen significante ontgronding kunnen veroorzaken.

Ondanks dat er verschillen zijn in de gesimuleerde ontgrondingsdiepte voor de verschillende turbine locaties, geldt voor alle locaties dat er zeer beperkte ontgronding wordt berekend in scenario 1 en 2 voor de opgelegde tijdserie. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de ontgronding (diepte en frequentie) bepaalt wordt door hogere golfcondities en stormen. De focus van de beschrijving van de resultaten en van de analyse ligt daarmee op scenario's 4-6, waarin respectievelijk een 1 per 1, 10 en 100 jaar storm is gesimuleerd.



Figuur 4.4 Lokale waterdiepte (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) voor windturbine 12, met de 2019 bodem, voor scenario's 1 (blauw), 2 (rood) en 3 (zwart). De rode banden geven 4 tijdsvakken met een hogere belasting aan.

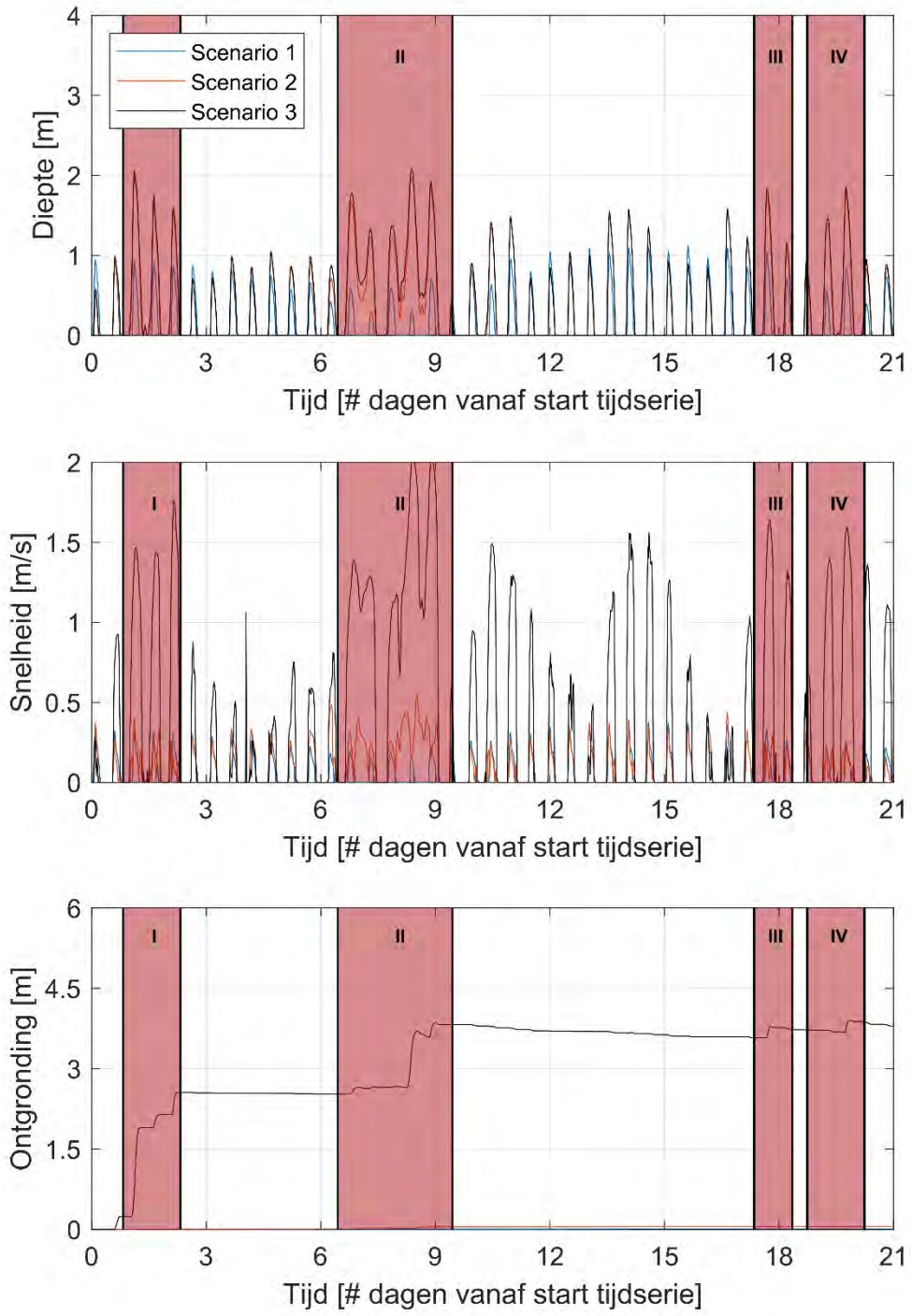


Figuur 4.5 Ontgrondingsvoorspelling voor de 2019 bodem voor de individuele tijdsvakken gepresenteerd in Figuur 4.4, waarbij is aangenomen dat voorafgaand aan het tijdsvak de ontgrondingskuil is opgevuld.

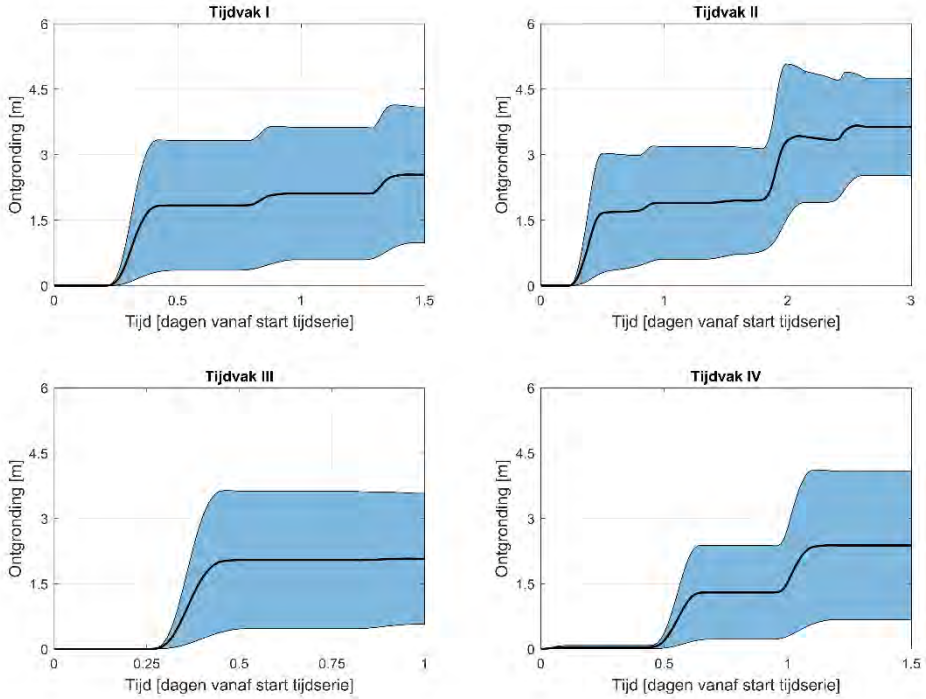
4.3.1.2 Minimale ontwerpbodem

Figuur 4.6 presenteert de waterdiepte, stroomsnelheid en verwachte ontgronding ter plaatse van windturbine 12, welke representatief is voor de overige turbines. Net als in paragraaf 4.3.1.1 zijn de bijbehorende onzekerheidsbanden in dit figuur niet geplot voor een overzichtelijke weergave. Het verloop van de ontgronding is vergelijkbaar met de simulaties waar gebruik is gemaakt van de bodemligging zoals gemeten in 2019, maar de uiteindelijke ontgrondingsdiepte is groter wanneer gerekend wordt met de ontwerpbodem. Dit is een algemeen beeld wat voor alle turbines geldt, en dit is te relateren aan de hogere optredende waterstanden en stroomsnelheden bij de palen in deze situatie (zie ook Appendix B). Een aantal palen is in deze situatie ook gevoeliger voor ontgronding tijdens normale getij-condities (palen 5-8).

Zoals ook in Figuur 4.4 te zien was, verloopt de ontgronding wederom in sprongen die te relateren zijn aan tijdelijk hevigere condities binnen de tijdserie. In Figuur 4.7 is de ontgronding voor 4 van die tijdsvakken geplot, onder de aanname dat de ontgrondingskuil na ieder tijdvak direct opgevuld zou worden. Wat opvalt is dat, in vergelijking met de berekeningen gebaseerd op de gemeten bodemligging van 2019, de onzekerheidsband kleiner is aan het einde van tijdvak 2 voor de berekeningen met de ontwerpbodem. Door de zwaardere condities ontwikkelt de ontgronding zich tot dichter bij een evenwicht, waarbij de tijdsafhankelijkheid minder belangrijk wordt. Aangezien de onzekerheid zoals gepresenteerd in de ontgrondingsberekeningen zijn oorsprong vindt in de tijdsschaal waarin de ontgrondingen optreden (en niet zozeer in de uiteindelijke diepte), zal deze onzekerheid dus afnemen als de ontgronding dichter in de buurt van het uiteindelijke evenwicht komt.



Figuur 4.6 Lokale waterdiepte (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) voor windturbine 12, met de minimale ontwerpbodem, voor scenario's 1 (blauw), 2 (rood) en 3 (zwart). De rode banden geven 4 tijdsvakken met een hogere belasting aan.



Figuur 4.7 Ontgrondingsvoorspelling voor de minimale ontwerpbodem voor de individuele tijdsvakken gepresenteerd in Figuur 4.4, waarbij is aangenomen dat voorafgaand aan het tijdsvak de ontgrondingskuil is opgevuld.

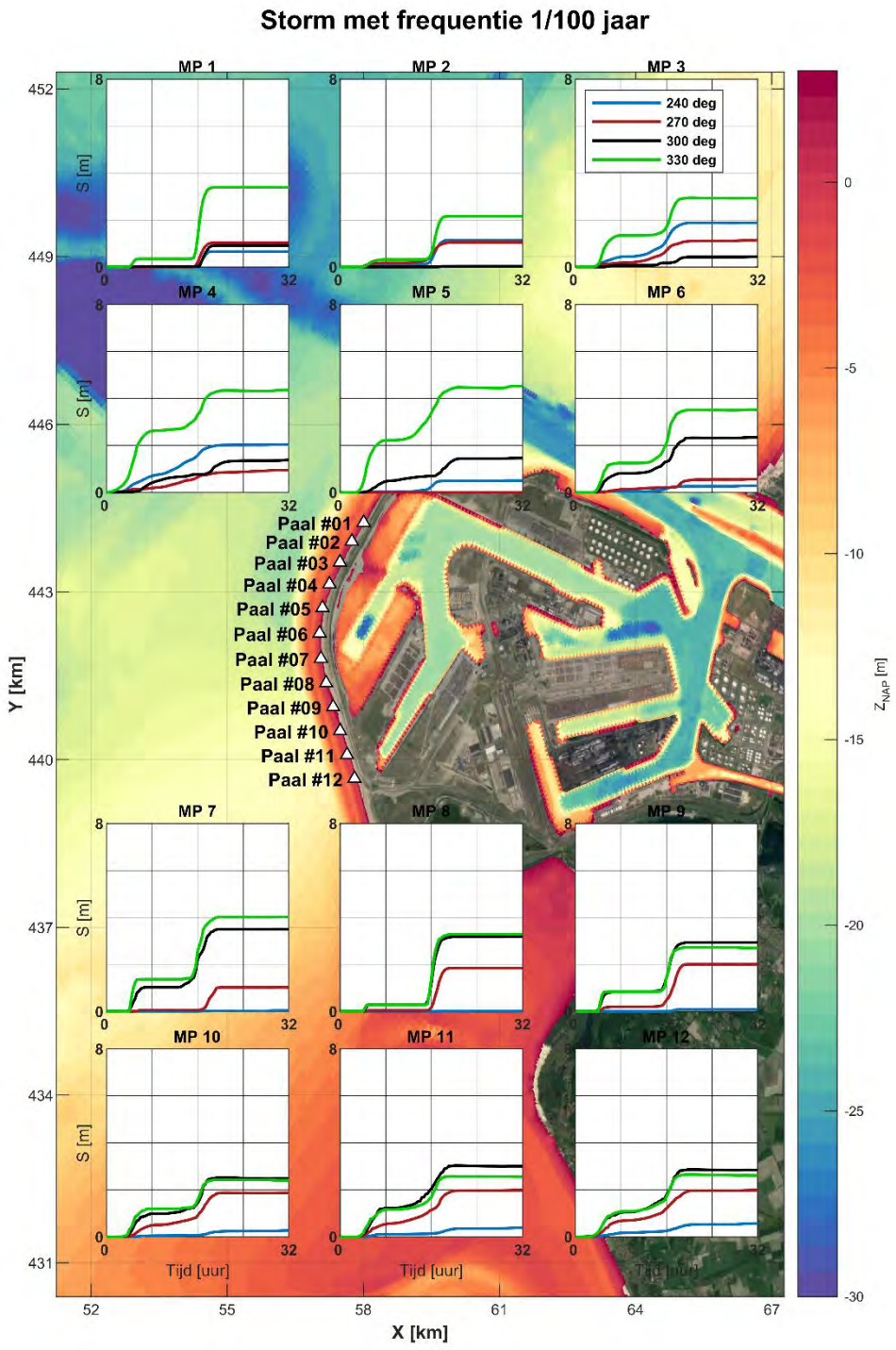
4.3.2 Ontgronding voor scenario's 4-6

4.3.2.1 Bodemligging 2019

In scenario's 4-6 wordt gerekend met stormen met een frequentie van voorkomen eens per jaar (scenario 4), eens per 10 jaar (scenario 5) en eens per 100 jaar (scenario 6), met een invalshoek van 240, 270, 300, en 330 graden t.o.v. het noorden.

In Figuur 4.8 is een ruimtelijk overzicht van het berekende tijdsverloop van de ontgronding weergegeven voor de 100-jaarsstorm, voor alle 4 de richtingen. Let wel: om het figuur overzichtelijk te houden zijn de bijbehorende onzekerheidsbanden niet weergegeven. Voor de 1-jaars en de 10-jaars storm zijn soortgelijke figuren gepresenteerd in Bijlage B. De resultaten van de 10-jaar storm en 1-jaars storm zijn qua verloop van de ontgronding vergelijkbaar, maar verschillen in de maximale voorspelde ontgrondingsdiepte (minder diep).

Het overzicht in Figuur 4.8 laat zien dat voor een 100-jaars storm bij iedere windturbine minimaal 2 m ontgronding op kan treden in een periode van 32 uur. Deze ontgronding is het kleinste bij paal 2 (2 m), en het grootste bij paal 5 (5 m). De figuur laat verder duidelijk zien dat een invalshoek van 330 graden bij de meeste palen (palen 1-7) tot de diepste ontgronding leidt. Echter bij palen 9-12 is de ontgronding voor een storm met een invalshoek van 300 graden het diepst, hoewel vergelijkbaar met de 330 graden storm. Voor een gedetailleerdere blik in het vervolg van deze paragraaf zal de 330 graden storm die eens in de 100 jaar voorkomt gebruikt worden, omdat die als representatief beschouwd kan worden voor de optredende fenomenen.

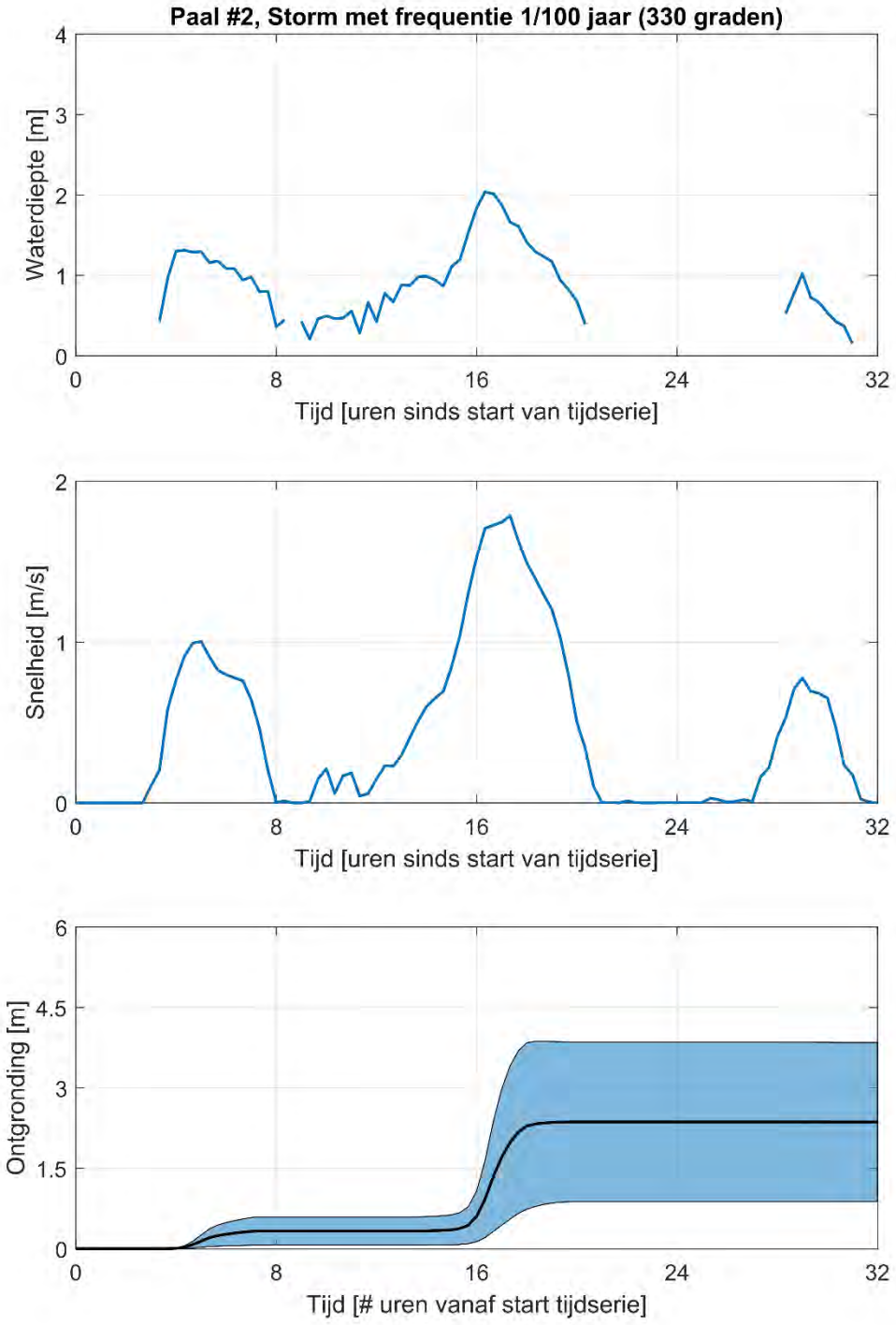


Figuur 4.8 Ruimtelijke weergave van het tijdsverloop van de berekende ontgronding per turbine voor de 100-jaarsstorm voor de 2019 bodem. De horizontale as beslaat 32 uur, de verticale as 8 m.

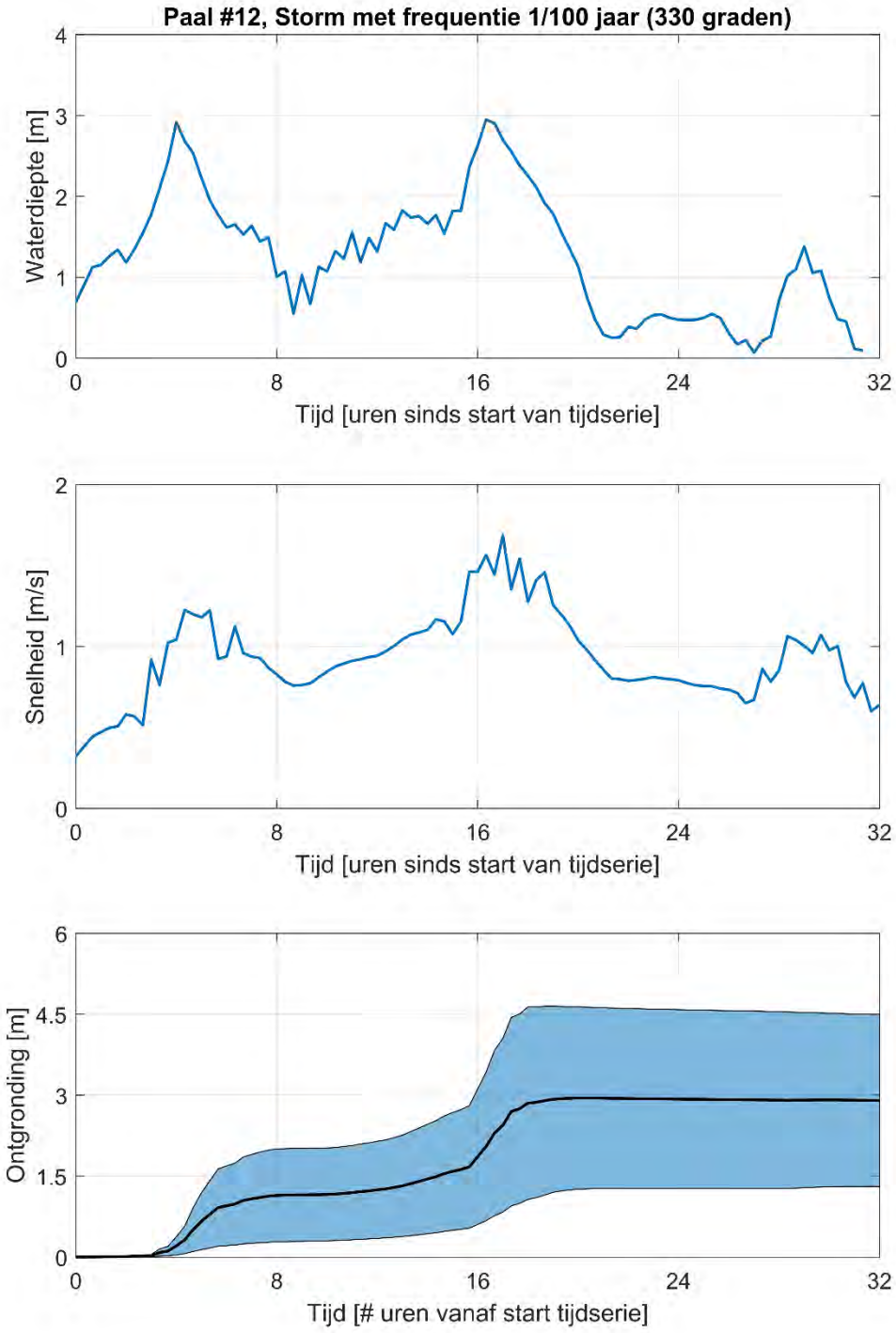
Figuur 4.9 en Figuur 4.10 laten het tijdsverloop van de ontgronding zien voor turbine 2 en turbine 12 voor een 100-jaars storm, inclusief de bijbehorende onzekerheidsband. De dikgedrukte zwarte lijn is de ontgronding zoals geplot in Figuur 4.8. Deze figuren tonen dat de onzekerheid in de

tijdschaal een groot effect heeft op de verwachte ontgronding. In paragraaf 4.3.1 werd al genoemd dat deze onzekerheid enkel in het tijdsverloop van de ontgronding zit, en dat de bandbreedte van de voorspelling dus kleiner zal worden naarmate de ontgronding dichter in de buurt van het evenwicht komt. Dit zal niet voor alle palen in een enkele storm gehaald worden. De uiteindelijke diepte van de ontgronding wordt dus bepaald door de tijdsduur van de storm en de tijdschaal van het optreden van de ontgronding.

Verder laten de figuren zien dat turbine 2 vaker droogvalt tijdens de storm, en dat de waterstand rond de turbine flink lager is dan bij turbine 12. De maximale lokale stroomsnelheid rond beide turbines is echter ongeveer gelijk. Deze bevinding toont het belang van de locatie van de fundering op het strand t.o.v. de waterlijn aan. In de analyse (paragraaf 4.4) wordt hier verder op ingegaan.



Figuur 4.9 Waterstand (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) gedurende 32 uur tijdens een 100-jaarsstorm met invalshoek van 330 graden bij de monopaal van windturbine 2 met de 2019 bodem. De blauwe band in het onderste paneel geeft de onzekerheid weer die het gevolg is van de daadwerkelijke snelheid van het optreden van de ontgronding.

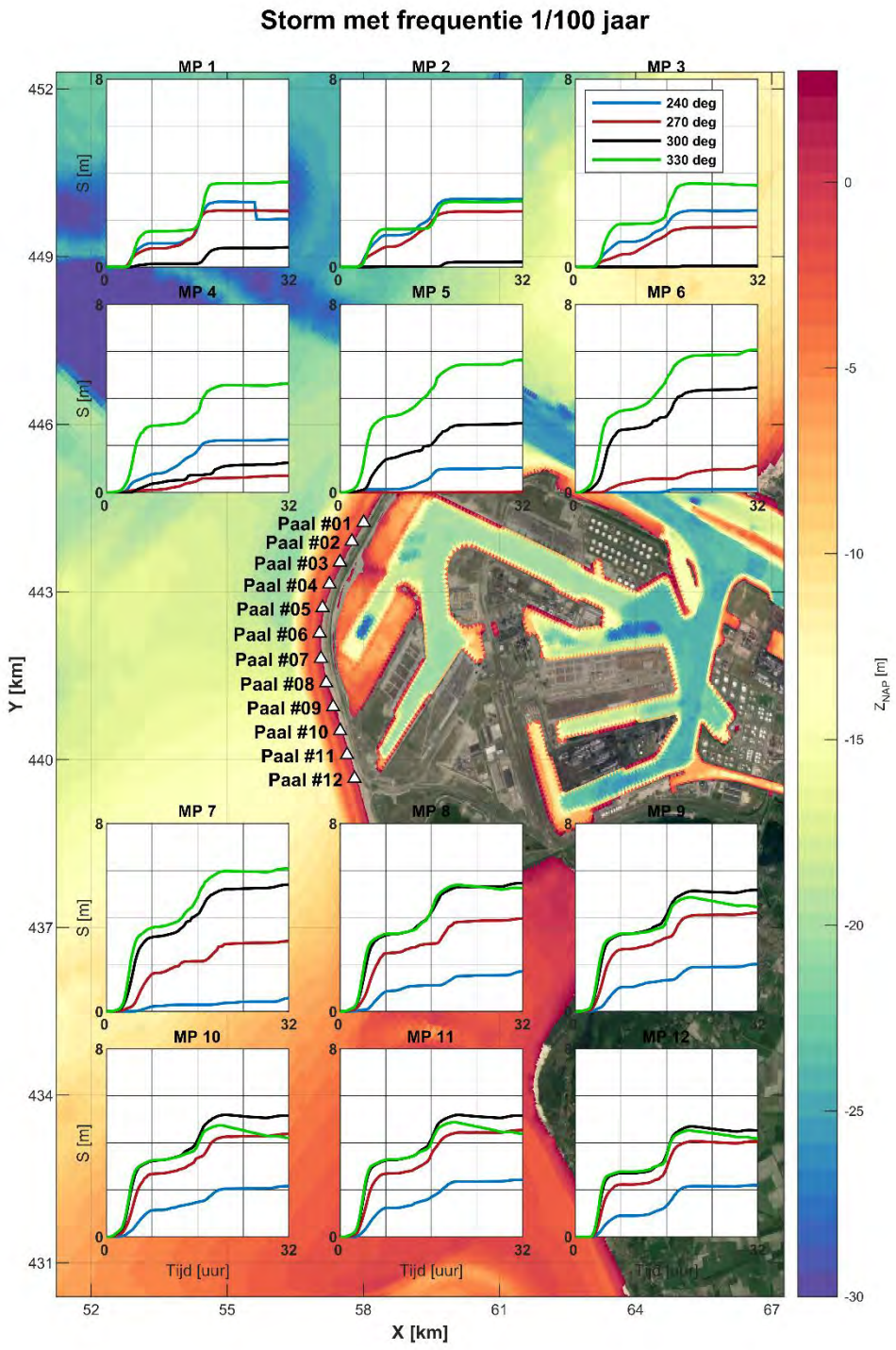


Figuur 4.10 Waterstand (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) gedurende 32 uur tijdens een 100-jaarsstorm met invalshoek van 330 graden bij de monopaal van windturbine 12 met de 2019 bodem. De blauwe band in het onderste paneel geeft de onzekerheid weer die het gevolg is van de daadwerkelijke snelheid van het optreden van de ontgronding.

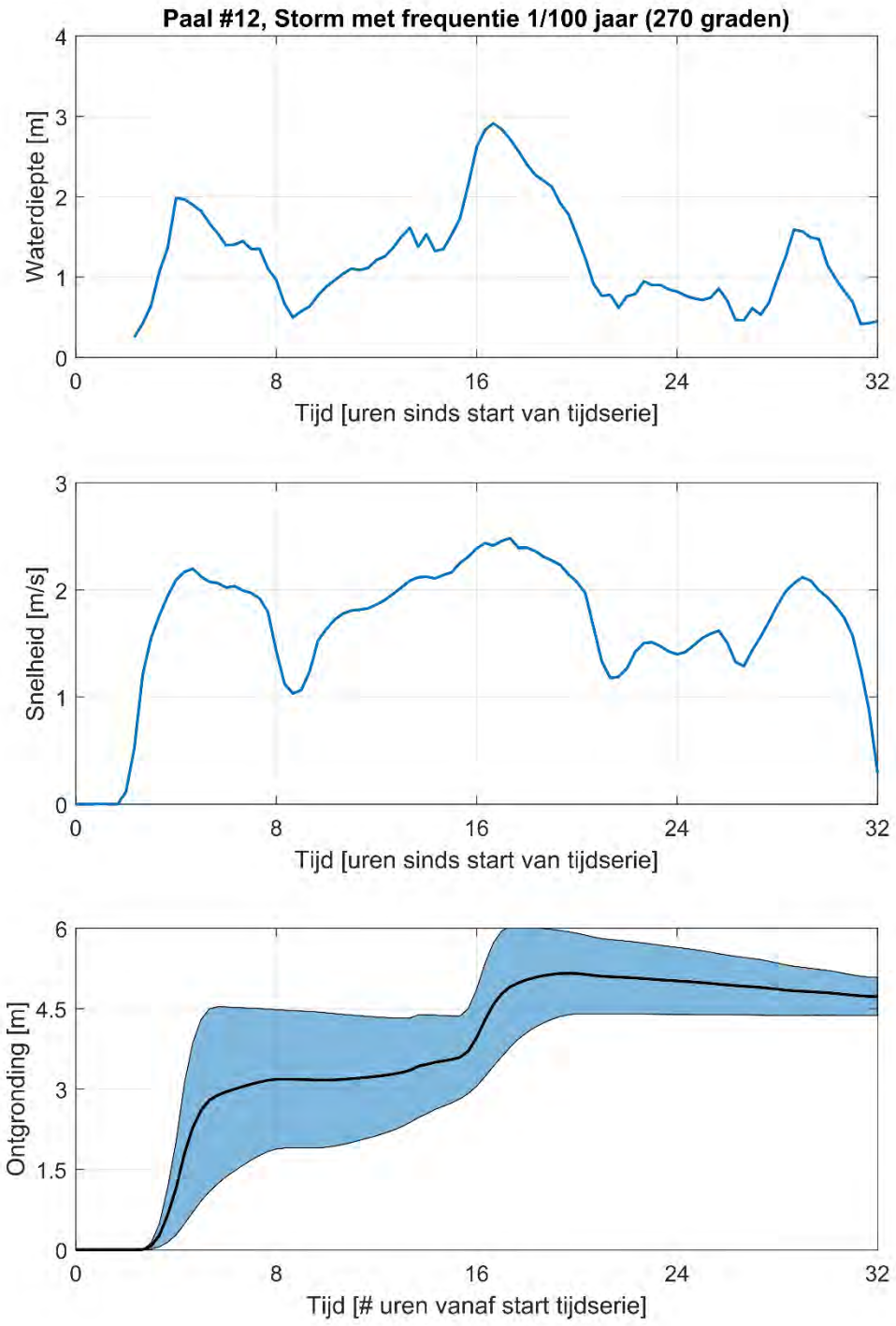
4.3.2.2 Minimale ontwerpbodem

In Figuur 4.11 is een ruimtelijk overzicht van de berekende ontgronding voor een eens per 100 jaar storm die vanuit verschillende richtingen invalt weergegeven voor de ontwerpbodem. Dit beeld is vergelijkbaar met Figuur 4.8, alleen is de berekende ontgronding voor de ontwerpbodem dieper. De minimale ontgronding van 2.7 m vindt plaats bij turbine 2. Bij de meeste turbines treedt een ontgronding van meer dan 4 m op in een tijdsinterval van 32 uur. Bij turbines 4-12 ligt de ontgronding zelfs tussen de 5 en 6 m na een tijdsinterval van 32 uur. Dezelfde trends gerelateerd aan de invalshoek van de storm gelden voor zowel de ontwerpbodem als voor de bodemligging zoals gemeten in 2019.

Figuur 4.12 laat de ontgronding voor turbine 12 zien zoals voorspeld met de ontwerpbodem. Omdat de berekende ontgronding bij deze locatie dichter bij het uiteindelijke evenwicht ligt, is de onzekerheid in de voorspelling minder dan het geval was voor de bodem uit 2019 (zie Figuur 4.9). Een analyse van de ontgrondingen (en de bijbehorende onzekerheid in de voorspelling) wordt gepresenteerd in paragraaf 4.4.



Figuur 4.11 Ruimtelijke weergave van het tijdsverloop van de berekende ontgronding per turbine voor de 100-jaarsstorm voor de minimale ontwerpbodem. De horizontale as beslaat 32 uur, de verticale as 8 m.



Figuur 4.12 Waterstand (bovenste paneel), stroomsnelheid (middelste paneel) en ontgronding (onderste paneel) gedurende 32 uur tijdens een 100-jaarsstorm met invalshoek van 330 graden bij de monopaal van windturbine 12 met de minimale ontwerpbodem. De blauwe band in het onderste paneel geeft de onzekerheid weer die het gevolg is van de daadwerkelijke snelheid van het optreden van de ontgronding

4.4 Analyse van de ontgrondingsvoorspelling

4.4.1 Ontgronding per paal

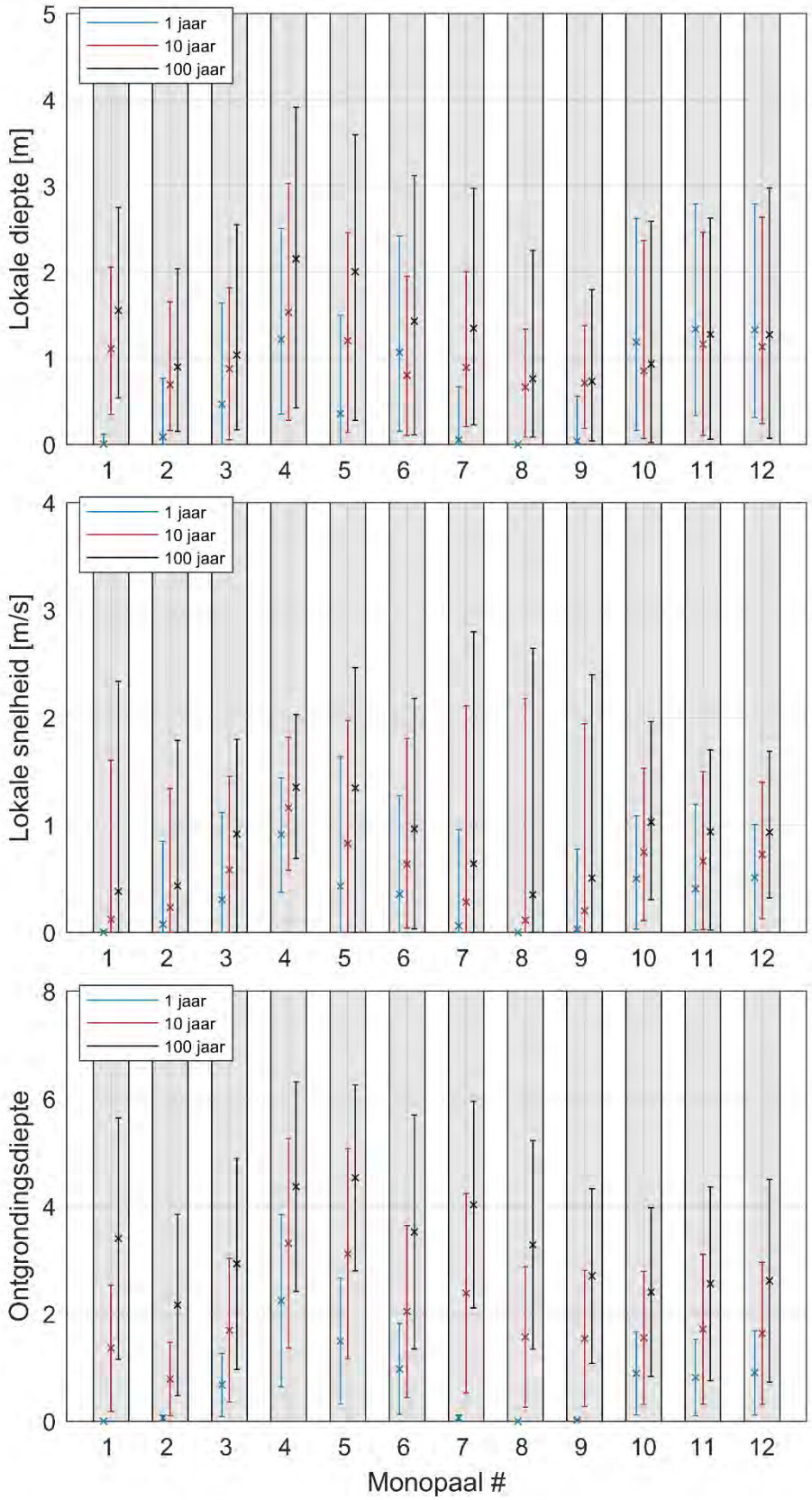
4.4.1.1 Bodemligging 2019

In Figuur 4.13 zijn per paal de lokale (maximale) waterdiepte, lokale stroomsnelheid en ontgrondingsdiepte weergegeven voor de 1, 10 en 100-jaars storm met een invalshoek van 330 graden. Voor de andere beschouwde invalshoeken zijn soortgelijke figuren gepresenteerd in Bijlage B. In de figuren zijn zowel de gemiddelden (markers) als de spreiding (lijnen) in de berekende waardes weergegeven.

De weergegeven ontgrondingsdieptes zijn de dieptes aan het einde van de 32 uur durende storm. De spreiding in de berekende diepte vindt zijn oorsprong in de onzekerheid in de daadwerkelijke snelheid van de ontwikkeling van de ontgronding. In het boven- en middenpaneel wordt ook een gemiddelde en een spreiding weergegeven. Voor de weergegeven grootheden in deze panelen betreft de middeling een tijdsmiddeling over de tijdserie, terwijl de spreiding de minimaal en maximaal optredende waarden gedurende de tijdserie weergeeft.

Uit deze figuren blijkt een duidelijke correlatie tussen de lokale waterdiepte en de optredende ontgronding. Echter, een beperkte waterstand rondom de paalfundering is geen garantie voor het uitblijven van ontgronding. Als voorbeeld wordt Paal 7 aangehaald. Bij deze paal is de waterdiepte relatief beperkt; tijdens normale getij-condities staat deze droog, en bij een 100-jaarsstorm is de gemiddelde waterdiepte 1.5 m, met uitschieters naar 3 m. De ontgronding bij deze paal tijdens een 100-jaarsstorm is ruim 4 m. Dit valt te verklaren door de stroomsnelheid ook in acht te nemen: bij Paal 7 is de pieksnelheid tijdens de storm (van ~2.5 m/s) veruit het hoogste van alle palen. Op een vergelijkbare manier valt te verklaren waarom de ontgronding bij Paal 5 het grootste is van alle palen. Hoewel deze paal niet gekenmerkt wordt door de meest extreme waarden in stroomsnelheid, is de gemiddelde stroomsnelheid bij deze paal wel het hoogste van alle palen; de waterdiepten rond deze paal zijn de op-een-na hoogste. Deze combinatie leidt tot forse ontgronding gedurende de storm. Een algemeen beeld wat geschetst kan worden is dat de palen 4-9 onderhevig zijn aan relatief sterke (maximale) stroming van boven de 2 m/s, wat verklaard kan worden door hun positie op de kop van de tweede Maasvlakte. Bij de turbines die blootgesteld worden aan relatief sterke stroming, in combinatie met een relatief grote waterdiepte, is de spreiding in de berekende ontgronding kleiner. Dit kan een indicatie zijn dat bij deze turbines de ontgronding dicht in de buurt is van evenwicht. Bij positionering van de windturbines kan hier waar mogelijk rekening mee gehouden worden.

In Tabel 4.1, Tabel 4.2 en Tabel 4.3 is voor alle palen grafisch weergegeven hoe respectievelijk de gemiddelde, minimale en maximale ontgronding na 32 uur storm afhankelijk is van de invalshoek van de storm, en de hevigheid van de storm. Met deze informatie kan voor voorspelde (storm) condities een inschatting gemaakt worden bij welke paal onderhoud gepleegd zou moeten worden. Verder kan inzicht worden verkregen over de frequentie waarbij ontgrondingskuilen zich kunnen ontwikkelen. Dit wordt beschouwd in de volgende paragraaf.



Figuur 4.13 Waterdiepte (boven), stroomsnelheid (midden) en ontgronding (onder) per monopaal, inclusief onzekerheid, voor de 1-jaars, 10-jaars en 100-jaarsstorm met een invalshoek van 330 graden voor de 2019 bodem.

Tabel 4.1 – Discreet grafisch overzicht van de gemiddelde ontgronding per paal binnen de berekende spreiding na 32 uur storm met de 2019 bodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabel 4.2 - Discreet grafisch overzicht van de minimale ontgronding binnen de berekende spreiding per paal na 32 uur storm met de 2019 bodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabel 4.3 - Discreet grafisch overzicht van de maximale ontgronding binnen de berekende spreiding per paal na 32 uur storm met de 2019 bodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

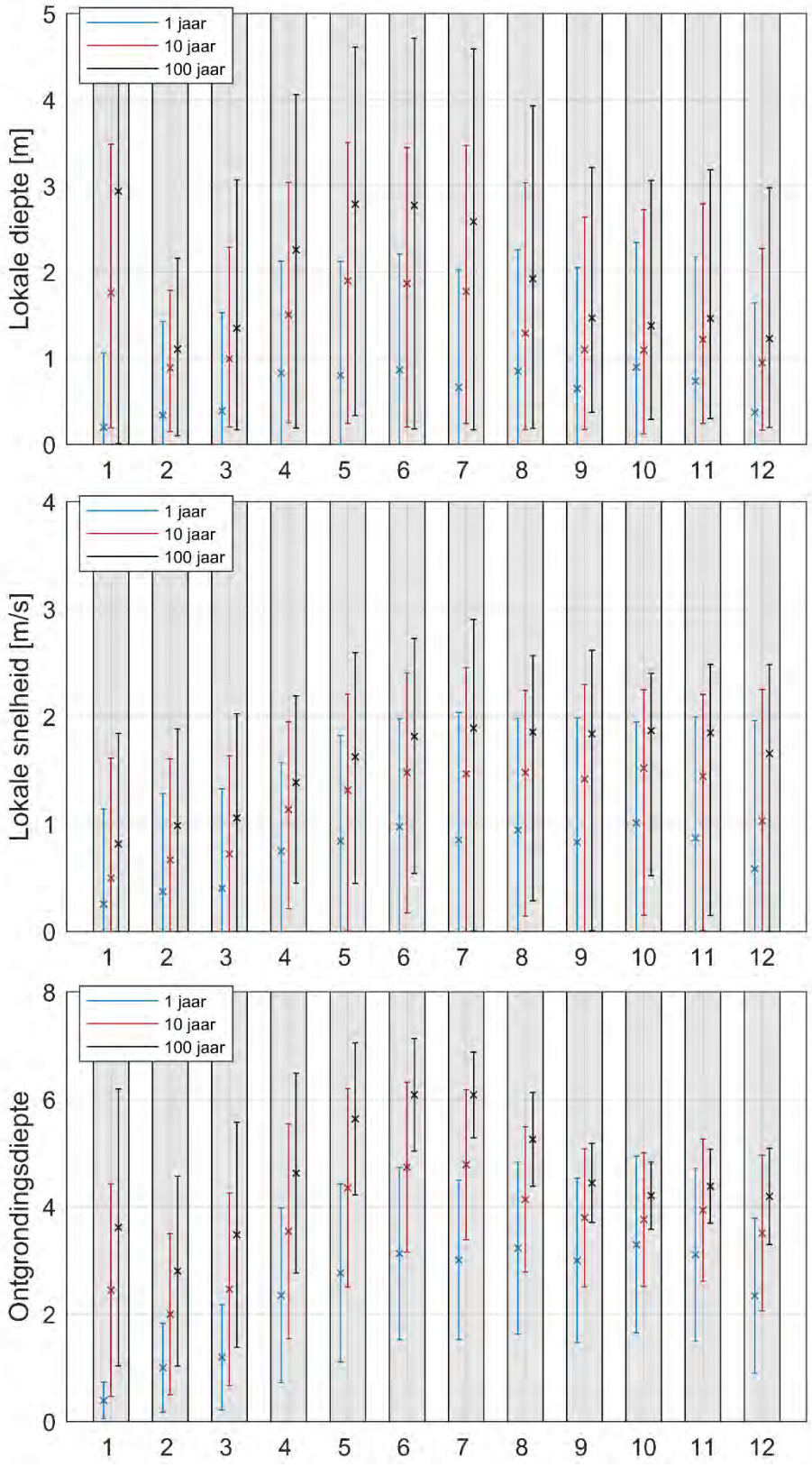
4.4.1.2 Minimale ontwerpbodem

In Figuur 4.14 zijn per paal de lokale waterdiepte, lokale stroomsnelheid en ontgrondingsdiepte weergegeven voor de 1, 10 en 100-jaars storm met een invalshoek van 330 graden voor de berekeningen met de ontwerpbodem. Voor de andere beschouwde invalshoeken zijn soortgelijke figuren gepresenteerd in Bijlage B. In de figuren zijn zowel de gemiddelden (markers) als de spreiding (lijnen) in de berekende waardes weergegeven.

De weergegeven ontgrondingsdieptes zijn de dieptes aan het einde van de 32 uur durende storm. De spreiding in de berekende diepte vindt zijn oorsprong in de onzekerheid in de daadwerkelijke snelheid van de ontwikkeling van de ontgronding. In het boven- en middenpaneel wordt ook een gemiddelde en een spreiding weergegeven. Voor de weergegeven grootheden in deze panelen betreft de middeling een tijdsmiddeling over de tijdserie, terwijl de spreiding de minimaal en maximaal optredende waarden gedurende de tijdserie weergeeft.

Zoals in de voorgaande paragrafen al genoemd is, kan voor de minimale ontwerpbodem een diepere ontgronding optreden dan voor de bodemligging zoals gemeten in 2019. Figuur 4.14 laat zien dat dit te wijten is aan het optreden van zowel hogere waterstanden als hogere stroomsnelheden rondom de turbines. Daar waar zowel de waterstanden als de stroomsnelheden het hoogst zijn, neemt de bandbreedte van de voorspelling af. De ontgronding nadert binnen het tijdsbestek van de storm zijn evenwichtsdiepte en de onzekerheid in het tijdsverloop speelt hierdoor een minder grote rol.

In Tabel 4.4, Tabel 4.5 en Tabel 4.6 is voor alle palen grafisch weergegeven hoe respectievelijk de gemiddelde, minimale en maximale ontgronding na 32 uur storm afhankelijk is van de invalshoek van de storm, en de hevigheid van de storm.



Figuur 4.14 Waterdiepte (boven), stroomsnelheid (midden) en ontgronding (onder) per monopaal, inclusief onzekerheid, voor de 1-jaars, 10-jaars en 100-jaarsstorm met een invalshoek van 330 graden voor de ontwerpbodem.

Tabel 4.4 – Discreet grafisch overzicht van de gemiddelde ontgronding per paal binnen de berekende spreiding na 32 uur storm met de ontwerpbodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabel 4.5 - Discreet grafisch overzicht van de minimale ontgronding binnen de berekende spreiding per paal na 32 uur storm met de ontwerpbodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabel 4.6 - Discreet grafisch overzicht van de maximale ontgronding binnen de berekende spreiding per paal na 32 uur storm met de ontwerpbodem, vanuit de richtingen aangegeven in de bovenste rij, en de frequentie van voorkomen in de tweede rij. De kleuren in de tabel geven de range aan waarin de ontgronding zich bevind (wit = 0-1 m, groen = 1-2 m, geel = 2-3 m, oranje = 3-4 m, rood = 4-5 m, paars = 5-6 m en zwart > 6 m).

Turbine	240 graden			270 graden			300 graden			330 graden		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

4.4.2 Frequentie van het ontstaan van ontgrondingskuilen

Uit de ontgrondingsvoorspellingen, zie paragraaf 4.3, bleek dat ontgrondingskuilen voornamelijk ontstaan in stormcondities. Verder laten deze resultaten zien dat de gemiddelde voorspelling voor de ontgronding voor veel palen tussen de 0-1 m bedraagt in de 1-jaars storm voor de bodemligging van 2019. Voor 4 palen is de gemiddelde voorspelling echter 1-2 m, namelijk palen 4, 5, 6 en 12, zie paragraaf 4.4.1. De maximale voorspelling van de ontgronding na een 1-jaar storm kan zelfs oplopen tot 4 m. Voor de ontwerpbodem is de gemiddelde ontgronding na een 1-jaars storm over het algemeen dieper.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor een aantal palen onderhoud mogelijk al moet gebeuren na een 1-jaars storm. Hierbij willen we opmerken dat een 1-jaars storm, mogelijk meerdere keren per jaar voor kan komen. De tijdserie die gebruikt is voor scenario's 1-3 (3 weken in de winter van 2011) illustreert dit; binnen deze tijdserie komen meerdere stormen voor die vergelijkbaar of zelfs groter zijn (i.e. resulteren in een grotere stroomsnelheid en/of waterstand ter plaatste van de palen) dan de 1-jaars storm.

4.5 Vorm van de ontgrondingskuil

De meest recente veldmetingen die we tot onze beschikking hebben van andere sites (merendeel offshore sites), laten zien dat hellingen van ontgrondingskuilen rondom monopalen variëren tussen 1:2 en 1:4 in zandige grond. In een stroming die continue uit dezelfde richting komt (zoals bij golfgedreven stroming) kan worden verwacht dat aan de bovenstroomse kant een steilere helling ontstaat dan aan de benedenstroomse kant. Dit zou resulteren in een ovale ontgrondingskuil, uitgerekt in de richting van de stroming. Het is onzeker of deze observatie voor offshore situaties 1 op 1 kan worden overgenomen voor het MV2 windpark. Monitoring na de eerste storm moet uitsluitsel geven over de vorm van de ontgrondingskuilen voor dit specifieke wind park. In deze fase raden we aan uit te gaan van hellingen gelijk aan 1:4 in alle richtingen.

4.6 Conclusies en discussie

4.6.1 Conclusies

- Ontgronding rondom de windturbines treedt voornamelijk op tijdens stormcondities. Optredende ontgrondingen ontwikkelen zich daardoor in een relatief kort tijdsbestek, en kunnen (afhankelijk van de locatie van de turbine) oplopen tot 1 paaldiameter in een enkel event.
- Er is een positieve correlatie tussen de te verwachten ontgrondingsdiepte en de bodemhoogte ter plaatse van de windturbine. Dit is echter geen exclusieve relatie, aangezien de stroomsnelheid mede een bepalende factor is voor de daadwerkelijk optredende ontgrondingsdiepte. Turbines op de kop van de Tweede Maasvlakte (turbines 4-7) worden blootgesteld aan de hoogste snelheden.
- Ontgrondingen zoals berekend met de minimale ontwerpbodem zijn fors groter dan ontgrondingen berekend met de bodemligging van 2019. De ondergrens van de berekende bandbreedte van de ontgrondingen ligt hoger voor de ontwerpbodem, terwijl de spreiding in de berekende waarden afneemt. De ontgronding nadert binnen het tijdsbestek van de storm zijn evenwichtsdiepte en de onzekerheid in het tijdsverloop speelt hierdoor een minder grote rol.

4.6.2 Discussie

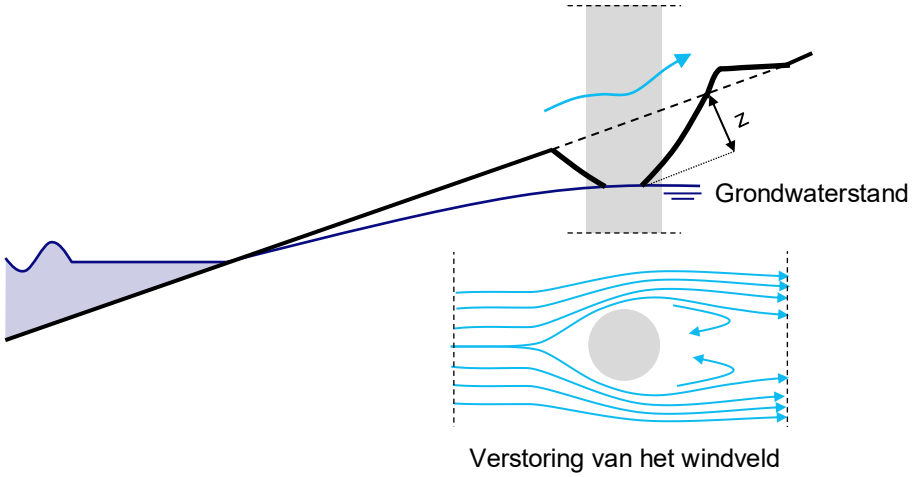
In paragraaf 4.2 is genoemd dat er een aantal beperkingen zitten aan de toepassing van het ontgrondingsmodel bij de Tweede Maasvlakte. Omdat er op dit moment nog geen betrouwbare ontgrondingsformules zijn die de ontgronding ten gevolge van (brekende) golven in ondiep water beschrijven, is er voor gekozen om enkel de ontgronding gerelateerd aan stroming te beschouwen. In offshore condities zorgen golven veelal voor een reductie in de (evenwichts-)ontgrondingsdiepte, omdat zij zorgen voor opvullen van de ontgrondingskuil (‘backfilling’). Het opvullen van de ontgronding door golven, als dat überhaupt nog optreedt in ondiepe condities, is niet meegenomen in de huidige berekening. Zeker omdat in paragraaf 4.3.1 is aangetoond dat golfgedreven stroming de bepalende factor is voor de ontwikkeling van ontgronding, zijn de gepresenteerde waarden waarschijnlijk conservatief.

Opvulling van de ontgronding door stroming is beperkt waargenomen in de ontgrondingsberekeningen. Dit komt omdat er vaak maar een zeer korte tijd is waarin de stroming hoog genoeg is om sediment te mobiliseren in combinatie met een evenwichtsdiepte die lager is dan de daadwerkelijke ontgronding. Dit leidt tot relatief beperkte opvulling van de ontgrondingskuilen tijdens de gesimuleerde tijdseries.

De gepresenteerde resultaten zijn verder sterk afhankelijk van de gekozen bodemligging. Kleine verschillen in waterstand rondom de palen kunnen leiden tot een andere belasting op de bodem rondom de turbines, en dus een andere ontgronding. Deze onzekerheid is deels afgevangen door de opgelegde variatie in tijdschaal van de ontgronding, maar is uiteindelijk meer een functie van de grootschalige morfologische ontwikkeling. Het is daarom ook aan te raden dat de ontwikkeling van de ontgrondingskuilen, zeker in het eerste stormseizoen, goed gemonitord wordt om de huidige bevindingen in context te plaatsen. Deze monitoring kan ook helpen bij het vaststellen van de typische ontgrondingspatronen rondom de wind turbines en de (maximale) hellingshoeken.

5 Erosiekuilen door eolisch transport

Naast de bovengenoemde ontgronding door stromingen van water en golven is ook onderzocht of er erosiekuilen door eolisch (wind) transport kunnen ontstaan. Het is namelijk mogelijk dat een windturbine op een droog strand komt te staan; initieel of bijvoorbeeld na een (strand) suppletie. In dit hoofdstuk zal de ontwikkeling van erosiekuilen door windtransport op het strand rondom de palen worden onderzocht.
Enkele processen die deze lokale eolische erosie veroorzaken en beïnvloeden zullen worden beschreven en hierop aansluitend zal een methode worden ontwikkeld om tot een initiële, kwantitatieve schatting te komen van de ruimtelijk-temporele ontwikkeling van de erosiekuilen. Een globale schets van deze processen is getoond in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Schematisatie van de ontwikkeling van eolische erosiekuilen rondom monopaal

5.1 Model beschrijving

5.1.1 Eolisch sediment transport

Eolisch sediment transport is het transport van sediment als gevolg van kracht uitoefening door de wind. Bagnold (1941) beschreef het eolisch sediment transport q (kg/m/s) als volgt:

$$q = C\frac{\rho_a}{g}\sqrt{\frac{d}{D}}(u_* - u_{th})^3$$

In deze uitdrukking is C (-) een dimensieloze constante (=1.5), ρ_a (kg/m^3) de dichtheid van lucht, g (m/s^2) de zwaartekrachtversnelling, d (m) de referentie korrelgrootte en D (m) de originele korrelgrootte (=250 µm) gebruikt in Bagnold (1941).

De schuifspanningssnelheid u_* (m/s) is een representatie van de schuifspanning τ (kg/m/s^2) ($u_* = \sqrt{\tau/\rho_a}$), herschreven naar snelheid. De snelheidsdrempel u_{th} (m/s) is de minimaal benodigde snelheid om het sediment te kunnen transporteren. De schuifspanningssnelheid kan worden berekend vanuit de windsnelheid met een logaritmisch windprofiel:

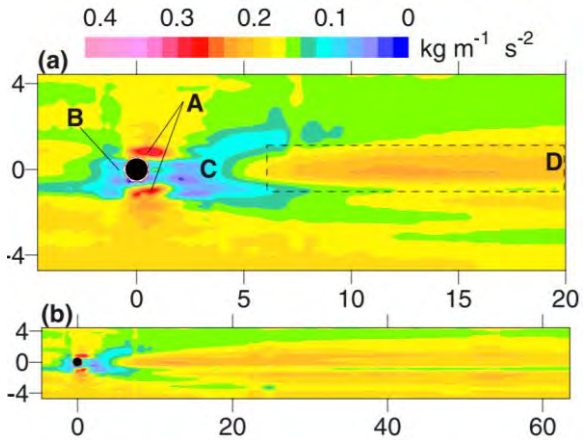
$$u_* = u_z \frac{\kappa}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

In deze uitdrukking is u_z (m/s) de windsnelheid op hoogte z (m), κ (-) de Von Kármán constante (= 0.41) en z_0 (m) de ruwheidshoogte.

5.1.2 Eolische transport gradiënten

Op het Maasvlakte 2 strand zal de aanwezigheid van monopalen het lokale windveld verstoren. Aan de windwaartse zijde van de monopaal zullen stroomlijnen divergeren, buigen rondom de monopaal en vervolgens weer convergeren. Deze verstoringen veroorzaken gradiënten in het eolisch sediment transport, wat zal resulteren in erosie en sedimentatie rondom de monopaal. Uiteindelijk zal er sediment aan de windwaartse zijde en langszijdes van de monopalen eroderen, wat vervolgens weer zal sedimenteren aan de achterzijde.

Om een inschatting te kunnen maken van deze gradiënten, zullen we de ruimtelijke verdeling van schuifspanning rondom een cilinder toepassen, welke is gemeten tijdens windtunnel experimenten uitgevoerd door Sutton & McKenna-Neuman (2008). Een impressie van deze metingen is getoond in Figuur 5.2.



Figuur 5.2 Ruimtelijke verdeling van schuifspanningen rondom één cilinder. Verkregen uit Sutton & McKenna-Neuman (2008)

De verdeling in de bovenstaande figuur zal dusdanig versimpeld worden, dat deze kan worden toegepast. Met een schuifspanning over een vlakke bodem τ_0 van 0.2 kg/m/s^2, is de schuifspanning aan de windwaartse zijde afgenomen tot 0.1 kg/m/s^2 en langszij toegenomen tot 0.32 kg/m/s^2. Er zullen verschillende aannames worden gedaan om deze resultaten meer generiek toe te kunnen passen:

- De onderlinge verhoudingen van de ruimtelijke verdeling van de schuifspanning zijn lineair afhankelijk van de windsnelheid, dusdanig dat een constante factor gebruikt kan worden om de invloed van de monopalen op het windveld te beschrijven.
- Schaaleffecten zijn verwaarloosbaar en daarom is de ruimtelijk verdeling van de schuifspanning onafhankelijk van de ruimtelijke schaal.
- De hoogte van de gebruikte cilinder in de experimenten is relatief laag (Sutton & McKenna-Neuman, 2008), wat in contrast staat tot de hoge monopalen in deze studie. Het is aangenomen dat dit een verwaarloosbaar effect heeft op de ruimtelijke verdeling van de schuifspanning.

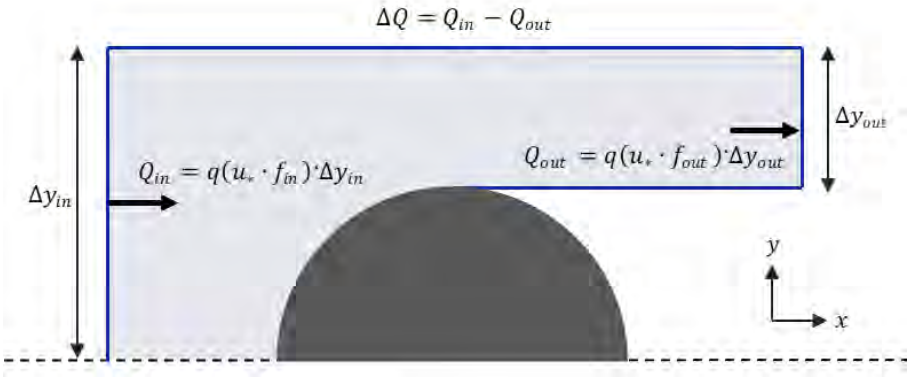
Het is nu mogelijk om een factor f (-) te bepalen, welke de ruimtelijke variatie in schuifspannings-snelheid beschrijft, zie Tabel 5.1.

.

Tabel 5.1 Versimpelde ruimtelijke verdeling van de schuifspanningssnelheid

Locatie	Subscript	Schuifspanning	Schuifspannings-snelheid	Relatieve schuifspannings-snelheid (=u_*/u_{*0})
		τ	u_*	f
(-)	(-)	($kg/m/s^2$)	(m/s)	(-)
Vlakke bodem	0	0.20	0.40	1
In (B)	in	0.10	0.28	0.71
Uit (A)	uit	0.32	0.51	1.26

In deze studie zijn we met name geïnteresseerd in het daadwerkelijke uitdiepen van de erosiekuilen rondom de monopalen. Om deze morfologische veranderingen te kwantificeren is een simpele sedimentbalans is opgezet, welke is getoond in Figuur 5.3.



Figuur 5.3 Sedimentbalans om de morfologische ontwikkeling van de eolische erosiekuilen rondom de monopalen te bepalen.

Met behulp van een Exner benadering, kan de bodemverandering Δz (m) als volgt worden bepaald:

$$\Delta z = \frac{1}{1-n} \cdot \frac{\Delta Q}{A} \cdot \Delta t$$

In deze uitdrukking is Δt (s) de gekozen tijdstap en A (m^2) een representatief oppervlak, welke nodig is om de vertaalslag te kunnen maken van volume- naar bodemveranderingen. Dit oppervlak is niet per definitie gelijk aan het oppervlak van de rekencel uit Figuur 5.3.

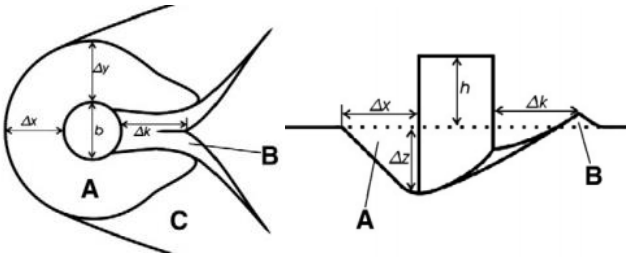
5.1.3 Morfologische interactie

Wanneer een eolische erosiekuil zich ontwikkelt, zal de aangepaste morfologie gaan interacteren met het windveld. Waar de monopalen convergentie van de stroomlijnen veroorzaken in het horizontale vlak, zullen de stroomlijnen gaan divergeren in het verticale vlak. Als gevolg zullen de erosieve processen afnemen naarmate de tijd vordert, totdat er een nieuwe evenwichtssituatie ontstaat.

De benodigde tijd om een dergelijke evenwichtssituatie te bereiken is ook onderzocht in windtunnel experimenten (McKenna-Neuman & Sanderson, 2013). De resultaten van het experiment zijn samengevat in Tabel 5.2. Deze resultaten zullen worden gebruikt om de bovenstaande vergelijking uit te breiden met een maximale diepte welke gelijk is aan de evenwichtsdiepte Δz_{eq} en om de afmetingen van de rekencel te bepalen. Het wordt aangenomen dat de vorm van de erosiekuil, en dus ook de evenwichtsdiepte, onafhankelijk is van de windsnelheid.

Tabel 5.2 Evenwichtssituatie rondom één cilinder met eindige hoogte (McKenna-Neuman & Sanderson, 2013)

	Evenwicht	
b	2.5 cm	1·D
h	2.5 cm	1·D
Δx_{eq}	3.6 cm	1.44·D
Δy_{eq}	3.3 cm	1.32·D
Δz_{eq}	2.5 cm	1.00·D
Δk_{eq}	4.2 cm	1.68·D
Δt_{eq}	20 min	n.v.t.



Het model uit paragraaf 5.1.2 houdt dus geen rekening met deze morfologische interactie of een evenwichtsdiepte. Hiervoor wordt de vergelijking als volgt uitgebreid:

$$z_i = z_{i-1} + \frac{1}{1-n} \cdot \frac{\Delta Q}{A} \cdot \Delta t \cdot \frac{z_{eq} - z_{i-1}}{z_{eq}}$$

In deze uitdrukking, z_{eq} (m) is de evenwichtsdiepte van de erosiekuil en de index i (-) geeft de huidige tijdstap aan. De erosiekuil zal nu asymptotisch groeien tot aan de opgegeven evenwichtsdiepte.

5.1.4 Grondwaterstand

De aanwezigheid van grondwater op het strand zal fungeren als een niet-erodeerbare laag en daarmee de maximale diepte van de erosiekuil limiteren. In de bovenstaande omschrijving is er uitgegaan van een volledig droog strand, zonder de invloed van het grondwater. Gebaseerd op een beschrijving van de grondwaterstand door getijdewerking van Nielsen (1990), wordt er conservatief aangenomen dat de grondwaterstand rondom de monopalen gelijk is aan MSL (0 m+NAP). Dit niveau wordt aangenomen als maximale diepte van de eolische erosiekuilen.

5.1.5 *Supply-limiting* condities

Het bovenstaande model gaat uit van een theoretische transport capaciteit. In werkelijkheid kunnen verschillende processen de aanvoer van sediment beperken en daarmee het eolisch sediment transport verminderen. Over het algemeen wordt het daadwerkelijke sediment transport overschat door modellen die enkel zijn gebaseerd op windcapaciteit, zoals de gebruikte Bagnold vergelijking (Sherman & Li, 2012).

Voorbeeld van een dergelijke *supply-limiting* conditie is de aanrijking van grof materiaal. Fijne zandkorrels zijn lichter en worden daarom sneller getransporteerd dan grove korrels. Vanwege deze sortering van het sediment zal de toplaag van een zandbed een steeds grovere samenstelling krijgen. Als gevolg reduceert het totale eolisch transport, totdat het strand volledig gestabiliseerd is.

Een ander voorbeeld is een verhoogd bodemvochtgehalte, als gevolg van regen of capillaire werking. Het bodemvocht verhoogt de snelheidsdrempel en reduceert daarmee het eolische transport.

Aangezien de huidige modelbeschrijving geen rekening houdt met *supply-limiting* condities, is het aannemelijk dat het eolisch sediment transport, en daarmee de ontwikkeling van erosiekuilen, wordt overschat.

5.2 Modelconfiguraties en resultaten

Gebaseerd op de bovenstaande modelbeschrijving, zijn er drie verschillende modelconfiguraties opgezet. Het doel van de eerste twee toepassingen was het valideren van de modelresultaten op bestaande metingen en/of observaties en van de derde toepassing voor het voorspellen van erosiekuilen rondom de monopalen op het Maasvlakte 2 strand.

5.2.1 Windtunnel experiment

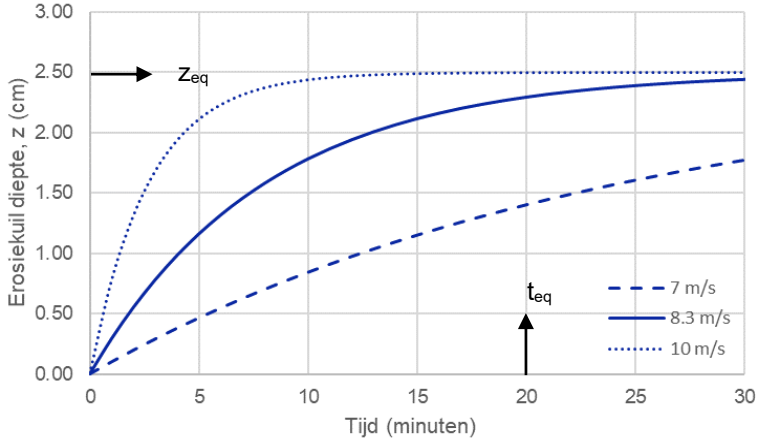
De eerste toepassing is gebaseerd op de eerder genoemde windtunnel experimenten uitgevoerd door McKenna-Neuman & Sanderson (2013). De modelconfiguratie is getoond in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Overzicht van de modelconfiguratie ter validatie van het windtunnel experiment.

Schuifspanningssnelheid				
Windsnelheid	u_z	8.3	m/s	
Hoogte windsnelheid	z	0.35	m	
Korrelgrootte	d	277	µm	
Ruwheidshoogte	z_0	13.9	µm	$= d/20$
Von Kármán constante	κ	0.41	-	
Eolisch sediment transport				
Snelheidsdrempel	u_{th}	0.20	m/s	$= A_a\sqrt{\frac{\rho_s-\rho_a}{\rho_a}gd}$
Schuifspanningsfactor ruimtelijke verdeling	f_{in}	0.71	-	
	f_{uit}	1.26	-	
Breedte van de dwarsdoorsnede	Δy_{in}	4.55	cm	$= 0.5 \cdot b + \Delta y_{eq}$ (Tabel 5.2)
	Δy_{uit}	3.30	cm	$= \Delta y_{eq}$ (Tabel 5.2)
Morfodynamica				
Representatief oppervlak	A	9.1	cm^2	$= 0.25 \cdot A_{cell}$ [1]
Porositeit	n	0.4	-	
Evenwichtsdiepte	z_{eq}	2.5 (1D)	cm	Tabel 5.2

[1] *Het representatieve oppervlak A is niet gelijk aan het oppervlak van de rekencel A_{cel}, omdat niet het gehele oppervlak zal eroderen. A_{cel} is vermenigvuldigd met een factor 0.25, wat het erodeerbare gedeelte van het oppervlak representeert en rekening houdt met het feit dat de erosie-oppervlakte verandert over tijd.*

De modelresultaten zijn getoond in Figuur 5.4, welke in goede overeenstemming zijn met de meetresultaten uit het windtunnel experiment. De waargenomen evenwichtsdiepte van 2.5 cm en de benodigde tijd om tot deze diepte te komen (t_{eq} = 20 minuten) zijn ook getoond in Figuur 5.4.



Figuur 5.4 Modelresultaten van het windtunnel experiment door McKenna-Neuman & Sanderson (2013) voor drie windsnelheden

Bovendien zijn de resultaten ook getoond voor iets afwijkende windsnelheiden (7 m/s en 10 m/s, ten opzichte van 8.3 m/s) om de gevoeligheid van het model aan te tonen. Relatief kleine veranderingen in windsnelheid kunnen grote gevolgen hebben voor de tijd die nodig is om de evenwichtsdiepte te bereiken, wat dus aantoont dat het model zeer gevoelig is voor kleine afwijkingen in de invoer.

5.2.2 Container op de zandmotor

Vlak voor de februaristorm Ciara (2020) is er een container geplaatst op de Zandmotor. Tijdens de storm heeft er zich een erosiekuil gevormd rondom de container, zie Figuur 5.5. Deze situatie zal gebruikt worden ter referentie om de betrouwbaarheid van het gepresenteerde model te controleren.



Figuur 5.5 Eolische erosiekuil rondom container op de Zandmotor na storm Ciara (februari 2020)

Vanwege het gebrek aan gegevens, zullen alle geometrische parameters vanuit de windtunnel-modelconfiguratie vermenigvuldigd worden met een schaalfactor n_s. Het moet worden opgemerkt dat de vorm van de container volledig anders is dan die van een cilinder en daarom zal deze modelconfiguratie niet volledige valide zijn. Echter is het doel om een eerste indruk te krijgen van de toepasbaarheid van het model en daarom wordt gesteld dat deze aanname acceptabel is. Met een gekozen schaalfactor van n_s=100 zal de representatieve diameter van de container D gelijk zijn aan 2 meter.

Voor deze simulatie is er een tijdserie op Hoek van Holland gebruikt voor de invoer van de windsnelheid en -richting van 1 tot 14 februari 2020 (RWS Waterinfo, 2020). Om rekening te houden met de temporale variatie in windrichting zijn er twee versimpelingen doorgevoerd:

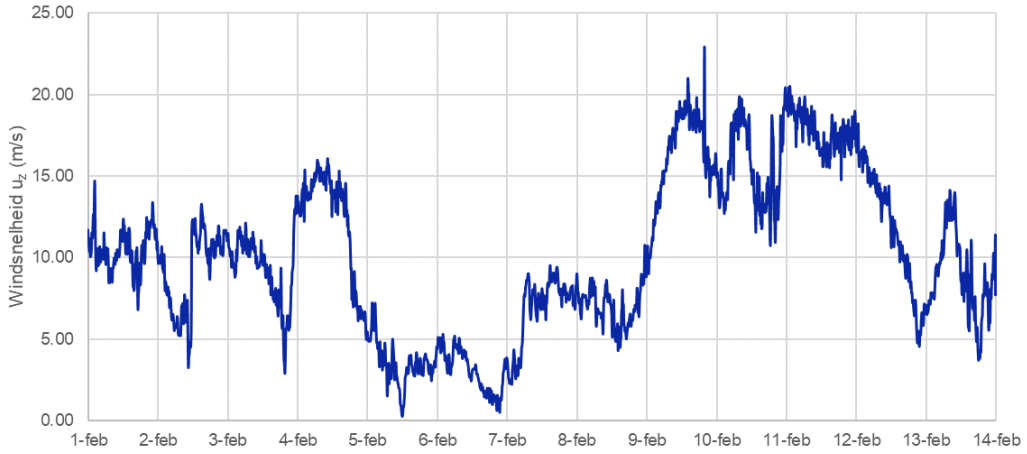
- Het wordt aangenomen dat alle windrichtingen in zeewaartse richting een verwaarloosbaar effect hebben op het eolische sediment transport. De oriëntatie van de duinen in acht nemend, zal al het sediment transport gelijk worden gesteld aan 0 zodra de wind komt uit 0° tot 180°N.

- Het wordt aangenomen dat de hoofdwindrichting gelijk is aan 270°. Het eolisch sediment transport is genormaliseerd ten opzichte van deze hoofdrichting ($q' = q \cdot \cos(u_{dir} - 270)$), zodat de morfologische veranderingen kunnen worden opgeteld.

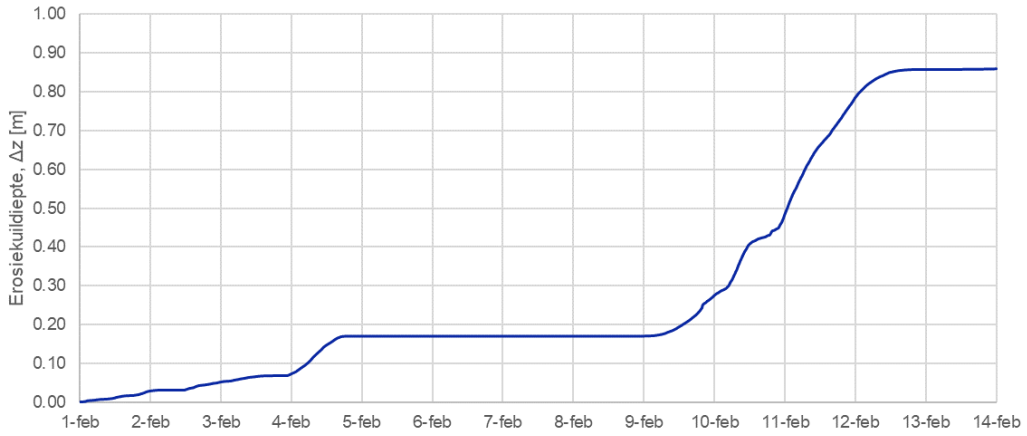
De modelconfiguratie is getoond in Tabel 5.4, de tijdserie van de windsnelheid in Figuur 5.6 en de berekende ontwikkeling van de erosiekuildiepte in Figuur 5.7.

Tabel 5.4 Overzicht van de modelconfiguratie ter validatie van de Zandmotor.

Schuifspanningssnelheid				
Windsnelheid	u_z	serie	m/s	RWS, Waterinfo (2020)
Hoogte windsnelheid	z	10	m	
Korrelgrootte	d	250	µm	
Ruwheidshoogte	z_0	12.5	µm	$= d/20$
Von Kármán constante	κ	0.41	-	
Eolisch sediment transport				
Snelheidsdrempel	u_{th}	0.19	m/s	$= A_a\sqrt{\frac{\rho_s-\rho_a}{\rho_a}gd}$
Schuifspanningsfactor ruimtelijke verdeling	f_{in}	0.71	-	
	f_{uit}	1.26	-	
Breedte van de dwarsdoorsnede	Δy_{in}	4.55	m	$= n_s \cdot (0.5 \cdot b + \Delta y_{eq})$ (Tabel 5.2)
	Δy_{uit}	3.30	m	$= n_s \cdot (\Delta y_{eq})$ (Tabel 5.2)
Morfodynamica				
Representatief oppervlak	A	9.1	m^2	$= n_s \cdot 0.25 \cdot A_{cell}$
Porositeit	n	0.4	-	
Evenwichtsdiepte	z_{eq}	2 (1D)	m	Tabel 5.2



Figuur 5.6 Windsnelheid bij Hoek van Holland (RWS Waterinfo, 2020) begin februari 2020



Figuur 5.7 Ontwikkeling van de erosiekuil rondom een container op de Zandmotor, voor en na storm Ciara

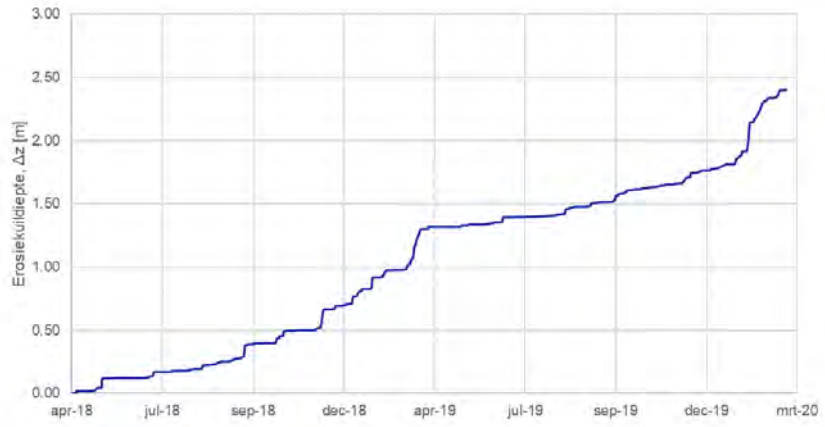
Volgens de modelresultaten zou er na de periode van twee weken een erosiekuil zijn ontstaan van ongeveer 80-90 cm diep. Op basis van een visuele vergelijking met Figuur 5.5 lijkt deze erosiekuil in dezelfde orde grootte als de daadwerkelijk opgetreden diepte.

5.2.3 Monopalen Maasvlakte 2 strand

Deze derde toepassing van het model dient ter voorspelling van de erosiekuilen rondom de monopalen op het strand van de Maasvlakte 2. Dezelfde aanpak als voor de container op de Zandmotor wordt gebruikt, alleen voor een langere periode en met een hogere schaalfactor. De morfologische ontwikkeling zal worden berekend voor een periode van twee jaar (1 april 2018 tot 1 april 2020) en de gekozen schaalfactor n_s=200, zodat de diameter van de monopaal D=5 meter.

Tabel 5.5 Overzicht van de modelconfiguratie ter validatie van de erosiekuilen op het MV2 strand.

Schuifspanningssnelheid				
Windsnelheid	u_z	serie	m/s	RWS, Waterinfo (2020)
Hoogte windsnelheid	z	10	m	
Korrelgrootte	d	250	µm	
Ruwheidshoogte	z_0	12.5	µm	$= d/20$
Von Kármán constante	κ	0.41	-	
Eolisch sediment transport				
Snelheidsdrempel	u_{th}	0.19	m/s	$= A_a\sqrt{\frac{\rho_s-\rho_a}{\rho_a}gd}$
Schuifspanningsfactor ruimtelijke verdeling	f_{in}	0.71	-	
	f_{uit}	1.26	-	
Breedte van de dwarsdoorsnede	Δy_{in}	9.10	m	$= n_s \cdot (0.5 \cdot b + \Delta y_{eq})$ (Tabel 5.2)
	Δy_{uit}	6.6	m	$= n_s \cdot (\Delta y_{eq})$ (Tabel 5.2)
Morfodynamica				
Representatief oppervlak	A	36.51	m^2	$= n_s \cdot 0.25 \cdot A_{cell}$
Porositeit	n	0.4	-	
Evenwichtsdiepte	z_{eq}	5 (1D)	m	Tabel 5.2



Figuur 5.8 Ontwikkeling van een erosiekuil rondom een monopaal op het Maasvlakte 2 strand (2018-2020)

Uit Figuur 5.8 kan worden opgemaakt dat de erosiekuildiepte toeneemt met 1 tot 1.5 meter per jaar. Deze erosiesnelheid zal afnemen naarmate de evenwichtsdiepte van 5 meter (=1D) wordt benaderd.
De meeste erosie vindt plaats tijdens het stormseizoen, vanwege de hoge windsnelheden. Rondom storm Ciara (februari 2020) is een sterke toename van de erosiekuildiepte (50 tot 70 cm) te zien. Gedurende het gehele zomerseizoen (maart-september) is vrijwel geen erosie waar te nemen (20 tot 50 cm).

5.3 Conclusies en discussie

Conclusies
De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit de gepresenteerde resultaten:

- De evenwichtsdiepte van een door eolisch transport veroorzaakte erosiekuil rondom een monopaal op permanent droog zandstrand zal naar verwachting gelijk zijn aan ~1D en de horizontale afmetingen aan ~1.4D (Tabel 5.2). Echter, de ontwikkeling van erosiekuilen wordt echter beperkt door de lokale grondwaterstand, dus de maximale erosiekuildiepte is gelijk aan het verschil tussen de grondwaterstand (~MSL) en het bodemniveau.

- Voor de twee beschouwde bodems in deze studie is het de verwachting dat er alleen bij monopalen #1, 7, 8 en 9 een erosiekuil door windtransport zal ontwikkelen tot een diepte van ongeveer 2 m. In geval van een monopaal met een diameter van D=5 meter, zal de erosiekuildiepte na een 1/1 jaar storm naar verwachting 0.5 tot 1 meter toenemen. Gedurende één jaar onder eolische invloed, zal de erosiekuildiepte naar verwachting 1 tot 1.5 meter toenemen (Figuur 5.8).

De toekomstige bodemligging nabij de windturbines in de komende 25 jaar kan sterk variëren. Na bijvoorbeeld een strandsuppletie zou een gedeelte van de windturbines voor een bepaalde periode op droog strand kunnen staan, waardoor bovenstaande bevindingen ook voor andere palen relevant kunnen zijn.

Discussie
Als gevolg van de vele aannames die zijn gedaan, is het hoogst waarschijnlijk dat het model de ontwikkeling van de erosiekuilen overschat. Naast de vochtigheid van het zand (grondwaterstand) worden hieronder de meest relevante overige aannames en diens gevolgen samengevat:

- Het model houdt geen rekening met de gevolgen van aanrijking van grof materiaal in de toplaag (armouring). Wanneer de erosiekuil zich begint te ontwikkelen, zal het fijnere materiaal als eerst worden getransporteerd. Als gevolg zal het materiaal in de toplaag steeds grover worden en zal het transport afnemen. De snelheid van dit proces is volledig afhankelijk van de samenstelling van het originele sediment en of er hydrodynamische evenementen plaatsvinden die de toplaag weer omwoelen.

- Er is aangenomen dat de invloed van wind in zeewaartse richting verwaarloosbaar is en dat de wind genormaliseerd kan worden rondom de hoofdrichting. Bij een grotere variatie in windrichting, kan wind de erosiekuil weer opvullen, waarmee de morfologische ontwikkeling wordt gereduceerd.

Om de invloed van deze processen aan te tonen, is de Argusmast op de Zandmotor gebruikt als voorbeeld (zie Figuur 5.9). Rondom de Argusmast is de erosie beperkt. Dit is het gevolg van het hoge bodemniveau van de Zandmotor, waardoor er geen hydrodynamische omwoeling is en daarmee er veel grof materiaal aanwezig is in de toplaag. Bovendien zorgt het gebrek aan een beschermende duinenrij ervoor dat de wind in alle richtingen onverstoord invloed kan uitoefenen, waardoor de vorm van de erosiekuil symmetrisch is.



Figuur 5.9 Argusmast op de Zandmotor (http://argus.deltares.nl/?p=description/zandmotor)

6 Overzicht van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging per paal

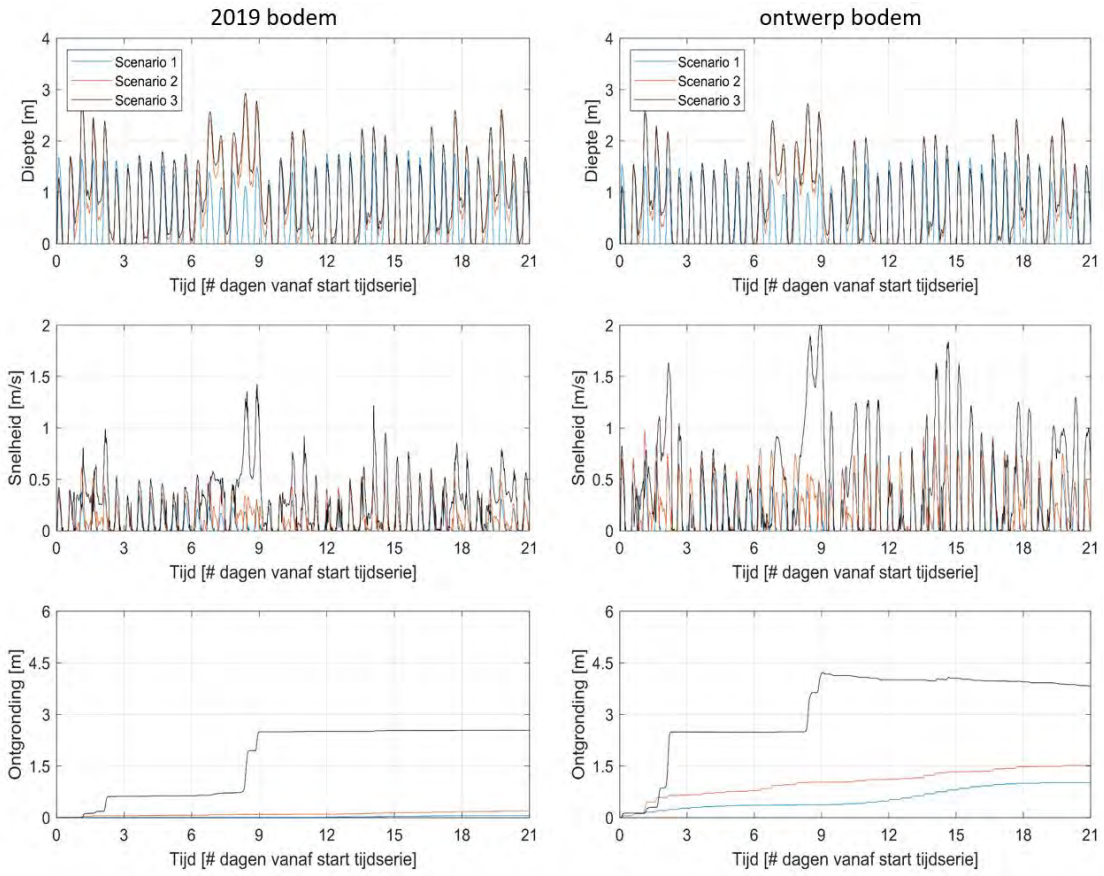
In de vorige hoofdstukken (3, 4 en 5) zijn de te verwachte bodemveranderingen per paal gepresenteerd. De (grootschalige) bodemveranderingen tijdens extreme stormen zijn gepresenteerd in hoofdstuk 3 en dit levert een bodemverandering per paal op voor elke doorgerekende storm. De ontgronding door stromingen tijdens hogere golfcondities zijn berekend en besproken in hoofdstuk 4 voor zes verschillende scenario's. De ontgronding door windtransporten op het droge strand zijn bepaald per paal in hoofdstuk 5.

Royal HaskoningDHV heeft informatie aangeleverd over de lange-termijn dynamiek van de bodem gebaseerd op de metingen tussen 2013 en 2019. Daarnaast speelt de seizoensdynamiek (zomer / winter profiel) nog een relevante rol maar hiervoor is geen informatie aangeleverd waardoor de seizoensdynamiek niet is meegenomen als bodemveranderingsbijdrage.

In figuren 6.2 – 6.7 worden de verschillende bijdragen in bodemverandering samengebracht in een figuur per monopaal voor de twee beschouwde bodems; de 2019 gemeten bodem en de ontwerpbodem. De bodem ten tijde van aanleg kan overigens sterk afwijken van deze twee bodems zoals is weergegeven in de lange-termijn dynamiek variatie (verticale staaf) naast de 'basis niveau' subplot. Voor bijna alle palen geldt dat de lange-termijn bodemligging significant lager zou kunnen liggen dan de twee bodems die in deze assessment zijn beschouwd. Het verdient dan ook aandacht om meer bodemliggingen te beschouwen in de ontwerpfase van de windturbines.

De stromingscondities tijdens het winter seizoen en de individuele stormen laten op sommige locaties al relatief grote verschillen zien tussen de berekeningen met de ontwerpbodem en de 2019 bodem. Dit is met name veroorzaakt door een verschillen in golfbreking (zandbanken en variatie in bodemligging zijn uitgevlakt in de ontwerpbodem) en dat resulteert in andere (vaak hogere) stromingscondities per paal. Figuur 6.1 geeft als voorbeeld de verschillen weer voor monopaal 6 tijdens scenario's 1, 2 en met name 3. Over het algemeen resulteert de afgevlakte bodem in hogere golfgedreven stroomsnelheden, doordat er geen golfdissipatie op de banken plaatsvindt, en dat leidt bij sommige monopalen tot significant grotere ontgrondingsdieptes.

Naast de ontgronding door stromingen is ook de bodemverandering door grootschalige bodemdynamiek tijdens de 10- en 100-jaarsstormen meegenomen in de figuren, berekend met XBeach. Berekeningen laten zien dat bodemverlagingen kunnen oplopen tot ongeveer 2.4 m (2019 bodem) en 3.4 m (ontwerpbodem) tijdens de 100-jaarstormen en tot ongeveer 2.2 m tijdens de 10-jaarstormen. De morfologische stormberekeningen laten een grote variatie zien in bodemdynamiek tijdens en na de stormen. Figuren 6.2 – 6.7 laten alleen de bodemligging na afloop van de berekening zien maar tijdens de storm varieert de bodemligging bij de monopalen uiteraard ook. Tijdseries van deze dynamische bodemliggingen zijn gebruikt in het empirisch ontgrondingsmodel om zodoende een realistische ontgrondingsdiepte uit te rekenen.

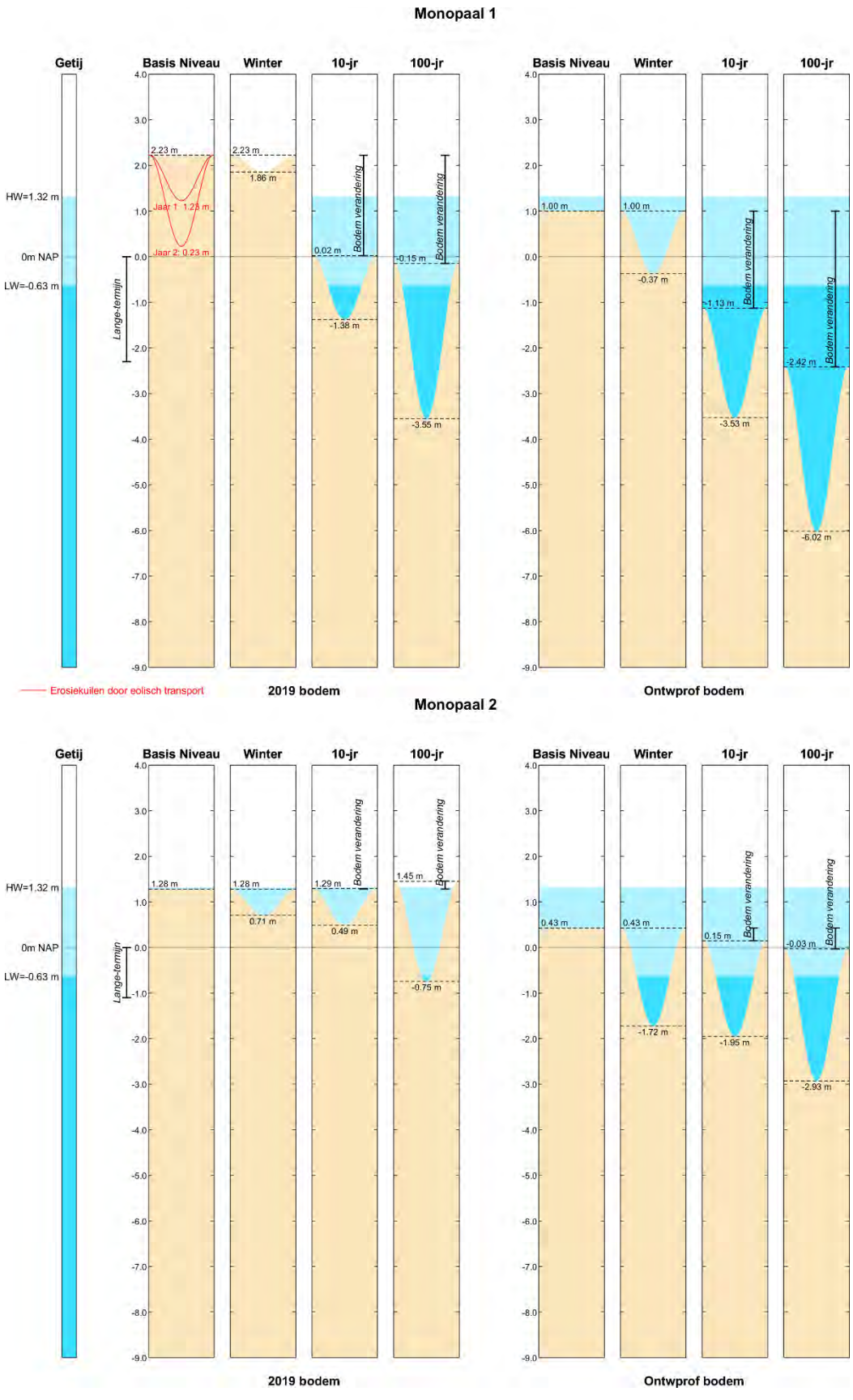


Figuur 6.1 Berekende water dieptes en stroomsnelheden bij monopaal 6 voor de situatie met de gemeten 2019 bodem (links) en de ontwerpbodem (rechts). Figuren afkomstig uit Appendix B.1.

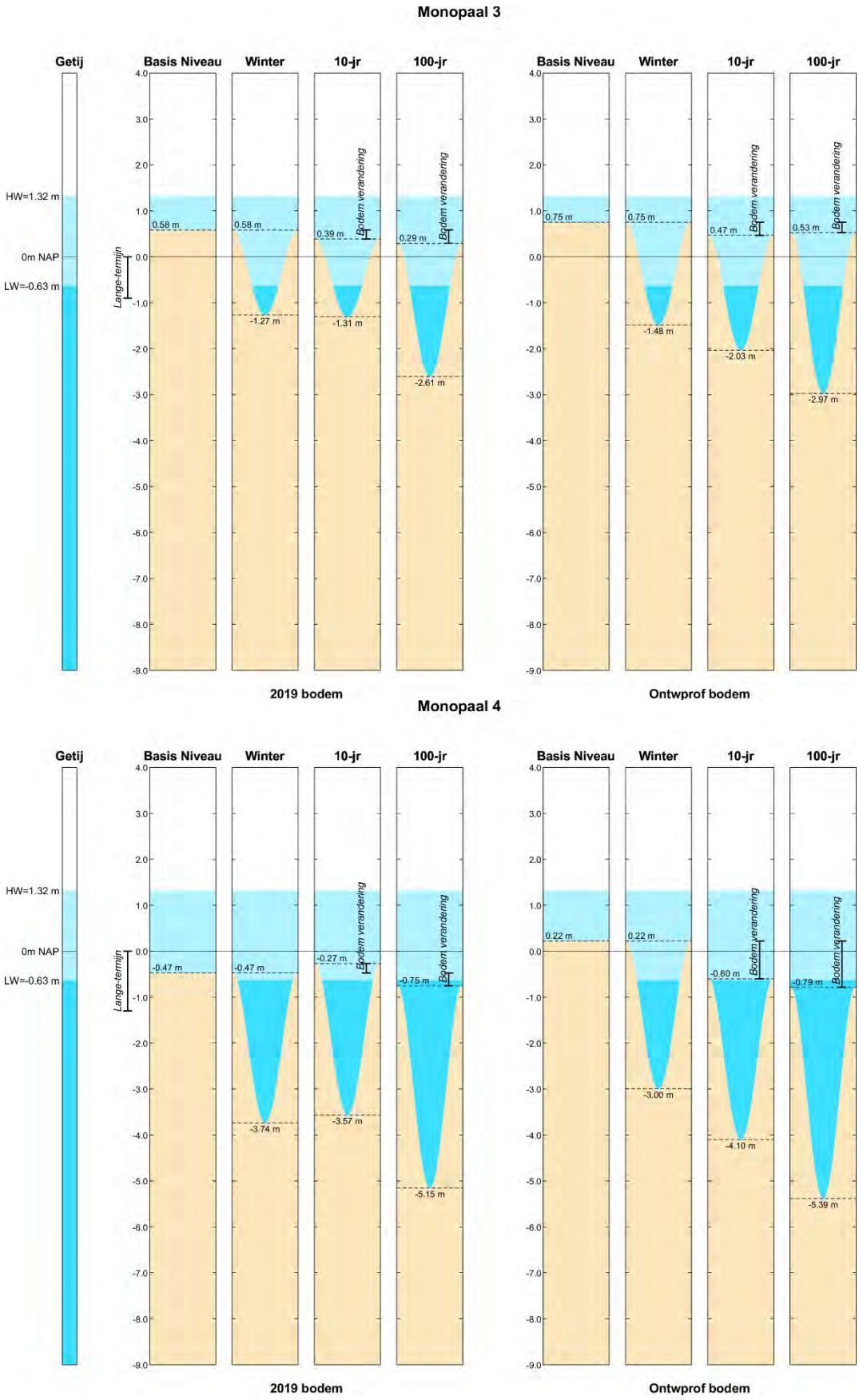
De verwachte erosie door windtransporten is weergegeven in het 'basis niveau' plaatje voor de palen die zich boven hoog water bevinden. Tijdens de piek van een storm is het waarschijnlijk dat er water aanwezig is ter plaatse van de windturbine waardoor er lokaal geen windtransport op zal treden. Echter, het is de verwachting dat de verhoogde windsnelheden voor en na de piek (wanneer er nog geen opzet aanwezig is) voldoende hoog zijn om toch erosie rondom de monopalen te veroorzaken, al is het de vraag hoe de golven de ontgrondingskuil door wind uitvlakken tijdens de piek van de storm door de golven. Dit betreft een complexe interactie tussen de verschillende processen en is tevens afhankelijk van de karakteristieken van een storm (timing van stormopzet t.o.v. hoog water en getijstroming, piek van de golfhoogte, etc.).

Naast de mogelijke uitvlakking van de kuilen door golven, is dus het verloop en de interactie tussen wind- en stromingsgerelateerde ontgronding ook onzeker en sterk afhankelijk van de intensiteit en timing van de (golf) condities tijdens bijv. het winterseizoen. Een rustig seizoen met beperkte hoge windopzet (surge) maakt de wind gedreven invloed waarschijnlijk groter in het eerste jaar. Daarnaast hoeven hogere windsnelheden niet altijd gepaard te gaan met hoge windopzet (bijv. tijdens een kort durend event). Aan de andere kant, wanneer er in het winterseizoen wel veel hoge windopzetten voorkomen zal naar verwachting de windbijdrage beperkter zijn. Vandaar dat we de 1 m indicatief hebben weergegeven in de figuren per monopaal.

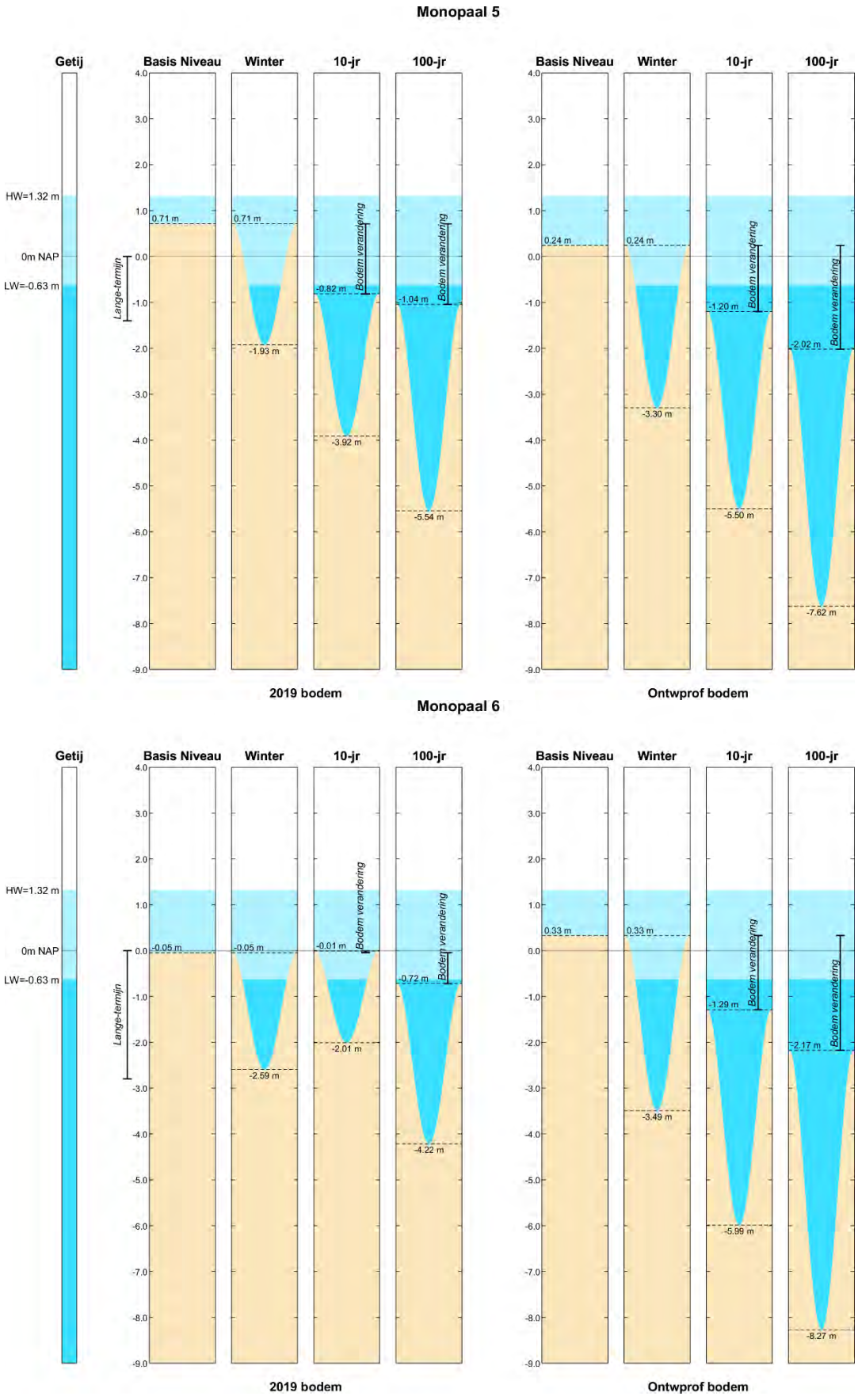
Tot slot, de twee beschouwde bodems representeren slechts 2 situaties terwijl in de toekomst het ook mogelijk kan zijn dat door bijv. strandsuppleties meerdere palen op het droge strand komen te staan. Monitoren van het gedrag van de eerste stormen na aanleg kan waardevolle inzichten verschaffen over de interactie van de relevante processen voor dit specifieke wind park.



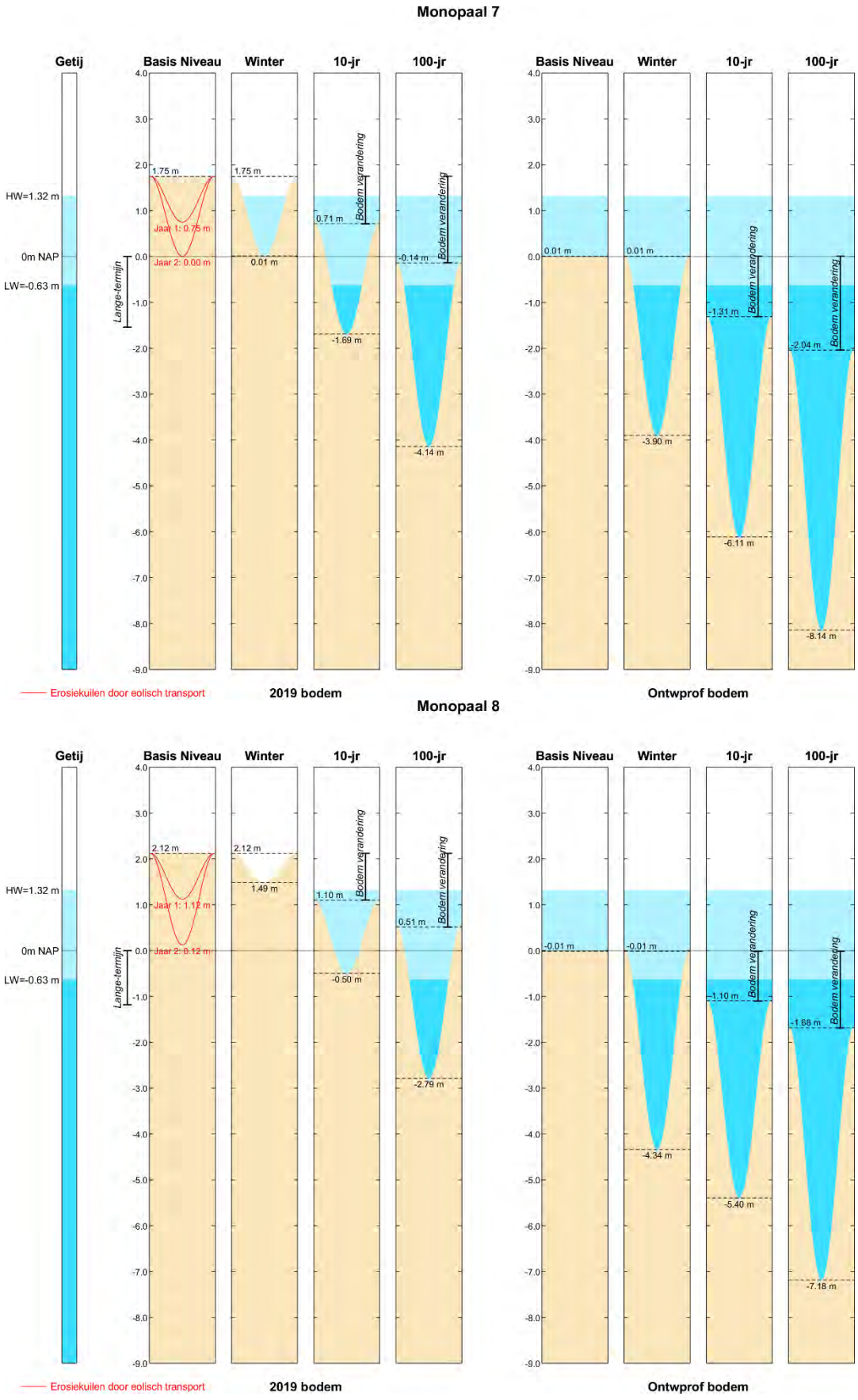
Figuur 6.2 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 1 en 2.



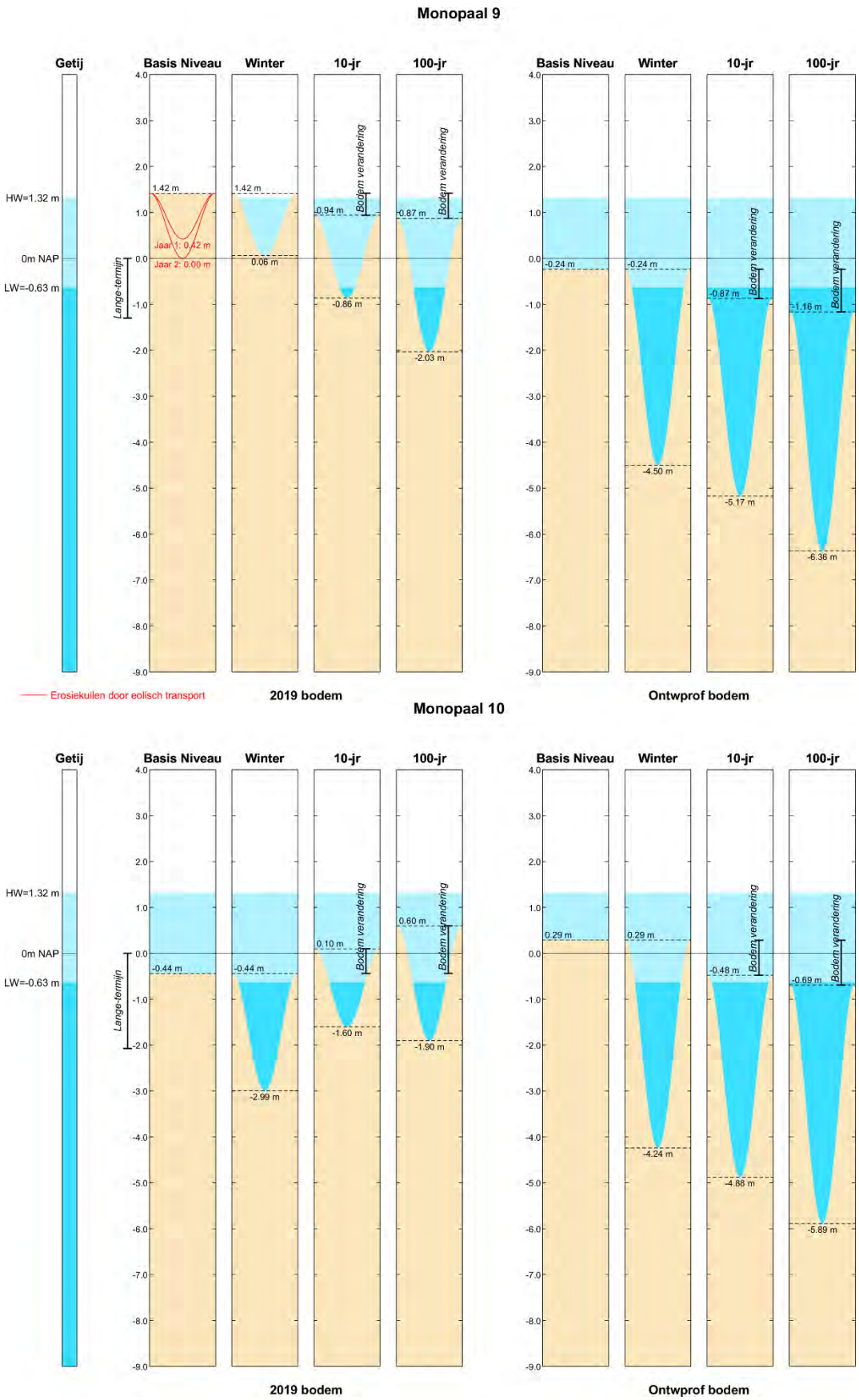
Figuur 6.3 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 3 en 4.



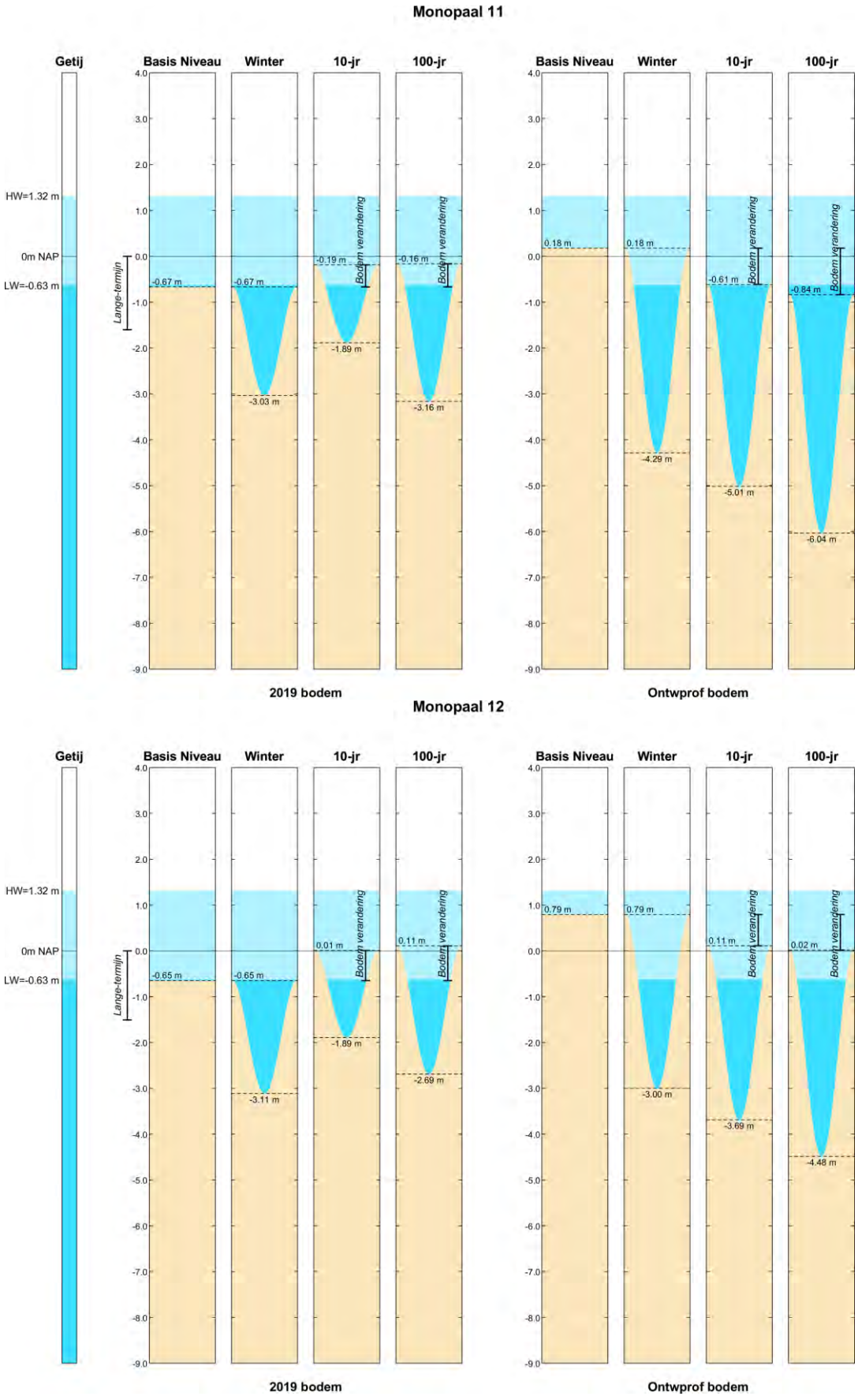
Figuur 6.4 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 5 en 6.



Figuur 6.5 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 7 en 8.



Figuur 6.6 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 9 en 10.



Figuur 6.7 Grafische weergave van morfologische bijdragen aan de lokale bodemligging voor paal 11 en 12.

7 Conclusies

7.1 Conclusies

Het doel van deze studie is het bepalen van de omvang en frequentie van ontstaan van de mogelijke erosiekuilen rond de geplande monopalen op de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2. De ontgronding rondom een windturbine wordt bepaald door de lokale stroming en golven. Uit een desk studie (Deltares, 2020) is naar voren gekomen dat ontgronding veroorzaakt door stromingen aanzienlijk groter kan zijn dan ontgronding door golfwerking. Dat heeft tot de beslissing geleid dat deze studie zich enkel richt op ontgronding door stromingen.

In deze studie zijn diverse numerieke modellen ontwikkeld met hoge resolutie rondom het Maasvlakte 2 strand. Hiermee zijn tijdseries van hydrodynamische condities (o.a. waterdieptes, stromingen) afgeleid per windturbine voor twee verschillende grootschalige bodemliggingen. Er zijn 6 scenario's opgesteld variërend van 3-weekse golfcondities tijdens een typisch winter seizoen tot individuele stormen met herhalingsfrequenties van 1, 10 en 100 jaar. De hydrodynamische tijdseries voor deze scenario's zijn als invoer gebruikt voor een ontgrondingsvoorspelling met een empirisch 1D model.

Ontgrondingsvoorspelling

Ontgronding rondom de windturbines treedt voornamelijk op tijdens stormcondities. Optredende ontgrondingen ontwikkelen zich daardoor in een relatief kort tijdsbestek, en kunnen (afhankelijk van de locatie van de turbine) oplopen tot 1 paaldiameter in een enkele storm. Daarnaast is er een positieve correlatie tussen de te verwachten ontgrondingsdiepte en de bodemhoogte ter plaatse van de windturbine. Dit is echter geen exclusieve relatie, aangezien de stroomsnelheid mede een bepalende factor is voor de daadwerkelijk optredende ontgrondingsdiepte. Turbines op de kop van de Tweede Maasvlakte (windturbines #4-7) worden blootgesteld aan de hoogste stroomsnelheden.

Verder laten de resultaten zien dat de gemiddelde voorspelling voor de ontgronding voor veel monopalen tussen de 0-1 m bedraagt in de 1-jaars storm. Voor 4 monopalen is de gemiddelde voorspelling 1-2 m, namelijk monopalen 4, 5, 6 en 12. De maximale voorspelling van de ontgronding na een 1-jaarstorm kan zelfs oplopen tot meer dan 3 m. Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor een aantal palen onderhoud mogelijk al moet gebeuren na een 1-jaars storm. Hierbij willen we opmerken dat vergelijkbare condities als de 1-jaars storm, mogelijk meerdere keren per jaar voor kan komen. De 3-weekse tijdserie die gebruikt is voor scenario 3 illustreert dit; binnen deze tijdserie komen meerdere stormen voor die vergelijkbaar of zelfs groter zijn (i.e. resulteren in een grotere stroomsnelheid en/of waterstand ter plaatste van de palen) dan de 1-jaars storm. Dit cumulatieve effect leidt tot een maximale ontgrondingsdiepte bij een van de monopalen tot 3.2 m, bij de 2019 bodem, en tot 4.5 m bij de ontwerpbodem.

De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/10 jaarstormen variëren tussen de 0.8 en 3.3 m, bij de 2019 bodem, tussen en 2.1 en 4.8 m bij de ontwerpbodem. De ontgrondingsdieptes tijdens de 1/100 jaarstormen variëren tussen de 2.2 en 4.5 m, bij de 2019 bodem, tussen en 2.9 en 6.1 m bij de ontwerpbodem.

Het opvullen of afvlakken van de ontgronding door golven, als dat überhaupt nog optreedt in ondiepe condities, is niet meegenomen in de huidige berekening. Zeker omdat is aangetoond dat golfgedreven stroming de bepalende factor is voor de ontwikkeling van ontgronding, zijn de gepresenteerde waarden waarschijnlijk conservatief.

De meest recente veldmetingen die we tot onze beschikking hebben van andere sites (merendeel offshore sites), laten zien dat hellingen van ontgrondingskuilen rondom monopalen over het algemeen variëren tussen 1:2 en 1:4 in zandige grond. In een stroming die continue uit dezelfde richting komt (zoals bij golfgedreven stroming) kan worden verwacht dat aan de bovenstroomse kant een steilere helling ontstaat dan aan de benedenstroomse kant. Dit zou resulteren in een ovale ontgrondingskuil, uitgerekt in de richting van de stroming. Het is onzeker of deze observatie voor offshore situaties 1 op 1 kan worden overgenomen voor het MV2 windpark. Monitoring na de eerste storm moet uitsluitsel geven over de vorm van de ontgrondingskuilen voor dit specifieke wind park. In deze fase raden we aan uit te gaan van hellingen gelijk aan 1:4 in alle richtingen.

Erosiekuilen door eolisch transport
Naast de bovengenoemde ontgronding door stromingen van water en golven is ook onderzocht of er erosiekuilen door eolisch (wind) transport kunnen ontstaan. Het is namelijk mogelijk dat een windturbine op een droog strand komt te staan; initieel of bijvoorbeeld na een (strand) suppletie.

Voor de twee beschouwde bodems in deze studie is het de verwachting dat er alleen bij monopalen #1, 7, 8 en 9 een erosiekuil door windtransport zal ontwikkelen tot een diepte van ongeveer 2 m. In geval van een monopaal met een diameter van D=5 meter, zal de erosiekuildiepte na een 1/1 jaar storm naar verwachting 0.5 tot 1 meter toenemen. Gedurende één jaar onder eolische invloed, zal de erosiekuildiepte naar verwachting 1 tot 1.5 meter toenemen.

De toekomstige bodemligging nabij de windturbines kan sterk variëren in de komende 25 jaar. Na bijvoorbeeld een strandsuppletie zou een gedeelte van de windturbines voor een bepaalde periode op droog strand kunnen staan, waardoor bovenstaande bevindingen ook voor andere palen relevant kunnen zijn.

7.2 Aanbevelingen

Ontgrondingsvoorspelling
In paragraaf 4.2 is genoemd dat er een aantal beperkingen zit aan de toepassing van het ontgrondingsmodel bij de tweede Maasvlakte. Omdat er op dit moment nog geen betrouwbare ontgrondingsformules zijn die de ontgronding ten gevolge van (brekende) golven in ondiep water beschrijven, is er voor gekozen om enkel de ontgronding gerelateerd aan stroming te beschouwen. In offshore condities zorgen golven veelal voor een reductie in de ontgrondingsdiepte, omdat zij zorgen voor opvullen van de ontgrondingskuil. Het opvullen van de ontgronding door golven, als dat überhaupt nog optreedt in ondiepe condities, is niet meegenomen in de huidige berekening. Zeker omdat in paragraaf 4.3.1 is aangetoond dat golfgedreven stroming de bepalende factor is voor de ontwikkeling van ontgronding, zijn de gepresenteerde waarden waarschijnlijk conservatief.

De gepresenteerde resultaten zijn verder sterk afhankelijk van de gekozen bodemligging. Kleine verschillen in waterstand rondom de palen kunnen leiden tot een andere belasting op de bodem rondom de turbines, en dus een andere ontgronding. Deze onzekerheid is deels afgevangen door de opgelegde variatie in tijdschaal van de ontgronding, maar is uiteindelijk meer een functie van de grootschalige morfologische ontwikkeling.

Voor bijna alle palen geldt dat de lange-termijn bodemligging significant lager zou kunnen liggen dan de twee bodems die in deze assessment zijn beschouwd. Het verdient dan ook aandacht om meer bodemliggingen te beschouwen in de ontwerpfase van de windturbines.

Daarnaast wordt aangeraden om de ontwikkeling van de ontgrondingskuilen, zeker in het eerste stormseizoen, goed te monitoren om de huidige bevindingen in context te plaatsen.

Erosiekuilen door windtransport

Om met meer zekerheid voorspellingen te kunnen doen, is er een uitgebreidere validatie nodig van de gepresenteerde aanpak. Daarnaast zijn er een aantal aspecten van de gepresenteerde aanpak die verbeterd kunnen worden, om zo het aantal gedane aannames te beperken. Twee aspecten zullen hieronder worden toegelicht.

- *Eolisch sediment transport*
  Gerelateerd aan het sediment transport zijn er veel versimpelingen en aannames gedaan:
  - Sedimentbalans met één rekencel;
  - Normaliseren op basis van de windrichtingen;
  - Filteren van de zeewaartse windrichtingen;
  - Eén sedimentfactie en dus geen aanrijking van grof materiaal in de toplaag;
  - Droog strand;

  AeoLiS is een proces-gebaseerd model voor het simuleren van eolisch sediment transport in situaties met *supply-limiting* condities. Wanneer er een uitgebreidere analyse zou worden uitgevoerd met een dergelijk model, worden bovenstaande aannames overbodig gemaakt en kan de morfologische ontwikkeling nauwkeuriger in kaart worden gebracht.

- *Ruimtelijke verdeling schuifspanning*
  Zowel de aanwezigheid van de monopalen, als de aangepaste morfologie, veroorzaken verstoringen in het windveld. Binnen de huidige aanpak zijn resultaten uit een windtunnel experiment vertaald om deze invloed te beschrijven in het model. Hierbij zijn de temporale ontwikkelingen van de morfologie, windsnelheid en schaaleffecten niet mee genomen.

  Het bovengenoemde model AeoLiS is in staat om de morfologische invloed op het windveld te berekenen en in geval van een uitgebreide analyse zou de invloed van een monopaal op het windveld kunnen worden geanalyseerd met behulp van een CFD (Computational Fluid Dynamics) model.

Referenties

Bagnold, R. (1941). Physics of blown sand and sand dunes. *William Morrow and Co., New York*.

Baykal, C., Sumer, B.M., Fuhrman, D.R., Jacobsen, N.G., Fredsøe, J. 2017. Numerical simulation of scour and backfilling processes around a circular pile in waves, *Coastal Engineering*, 122, 87-107.

Breusers, H.N.C., Nicollet, G. & Shen, H.W., (1977) Local Scour Around Cylindrical Piers, Journal of Hydraulic Research, 15:3, 211-252, DOI: 10.1080/00221687709499645

Cheng, N.S., Wei, M. 2019. Scaling of scour depth at bridge pier based on characteristic dimension of large-scale vortex, *Water*, 11, 2458.

Delft Hydraulics, 2006. Review Ontwerprandvoorwaarden Maasvlakte 2. Report H4837.

Deltares, 2020. Desk study – Comparison wave- and current-induced scour in windpark MV2_final. Referentienummer: 11205329-002-HYE-0001_v1.2.

McKenna-Neuman, C., & Sanderson, R. S. (2013). Vortex shedding and morphodynamicresponse of bed surfaces containing non-erodible roughness elements. *Geomorphology*, 45-56.

Nielsen, P. (1990). Tidal Dynamics of the Water Table in Beaches. *Water Resources Research*, 2127-2134

Nielsen, A.W., Sumer, B.M., Ebbe, S.S., Fredsøe, J. 2012. Experimental study on the scour around a monopile in breaking waves, *Journal of waterway, port, coastal and ocean engineering*, 138(6), 501-506.

Raaijmakers, T.C., Rudolph, D. 2008. Time-dependent scour development under combined current and waves conditions – laboratory experiments with online monitoring technique, *proceedings of the 4th International Conference on Scour and Erosion ICSE2008*.

Roelvink, D. (2009). Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. *Coastal Engineering*, 1133-1152.

Roulund, A., Sumer, B.M., Fredsøe, J., Michelsen, J. 2005. Numerical and experimental investigation of flow and scour around a circular pile, *Journal of Fluid Mechanics*, 534, 351-401.

RWS Waterinfo. (2020). Opgehaald van http://waterinfo.rws.nl

Sheppard, D.M., Miller Jr., W. 2006. Live-bed local pier scour experiments, *Journal of hydraulic engineering*, 132(7), 635-642.

Van Geer, P., Den Bieman, J., Hoonhout, B. & Boers, M., 2015. XBeach 1D–Probabilistic model: ADIS, Settings, Model uncertainty and Graphical User Interface. Tech report.

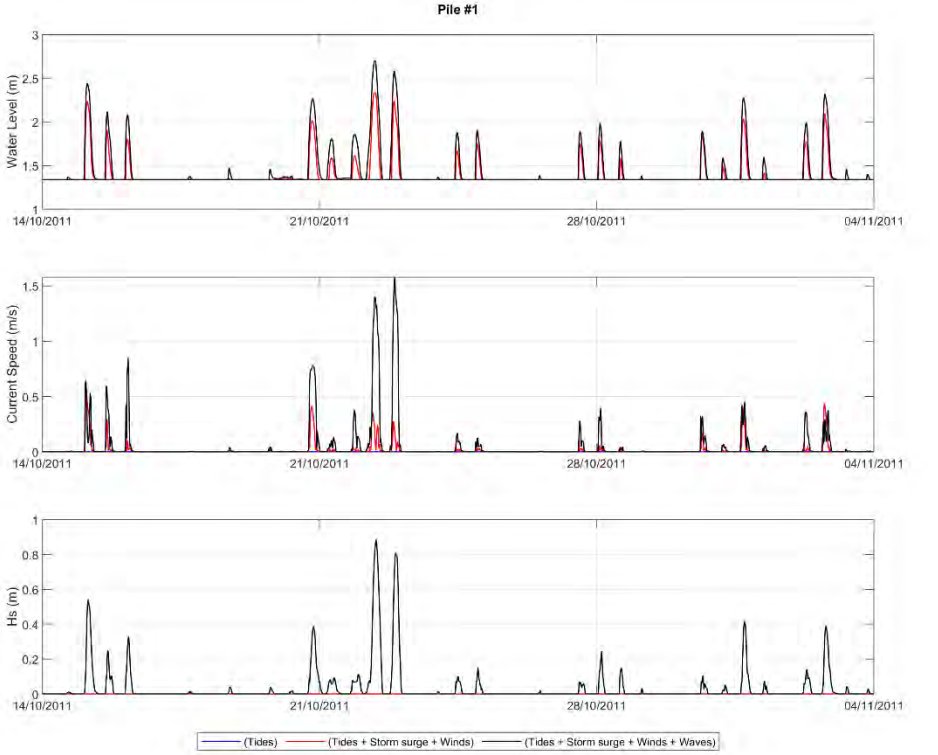
Vellinga, P. (1986). Beach and dune erosion during storm surges. PhD Thesis, *Delft University of Technology.*

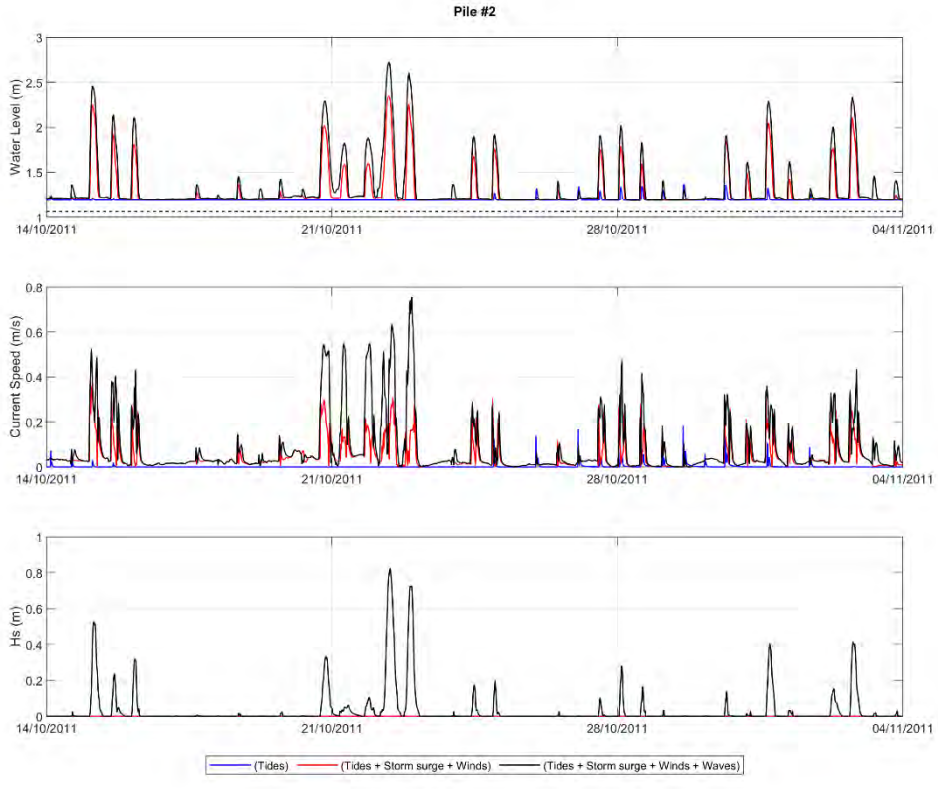
A Hydrodynamische condities per windturbine

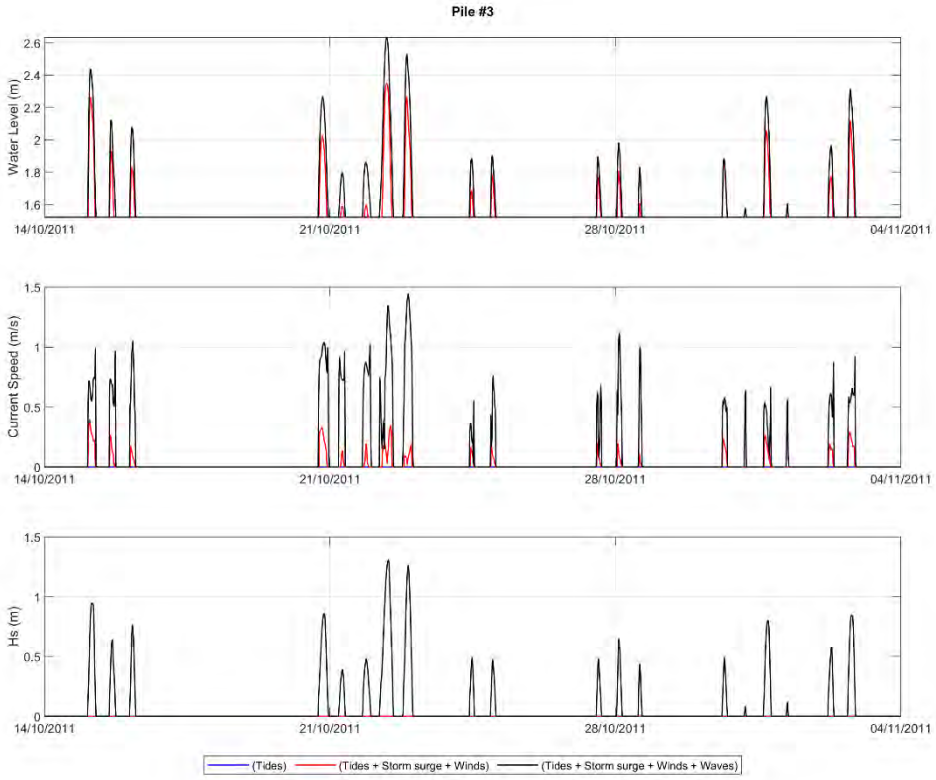
In deze bijlage worden de tijdseries van waterstanden, stromingen, en lokale golfhoogtes per windturbine gepresenteerd voor de scenario's 1-3 en 4-6.

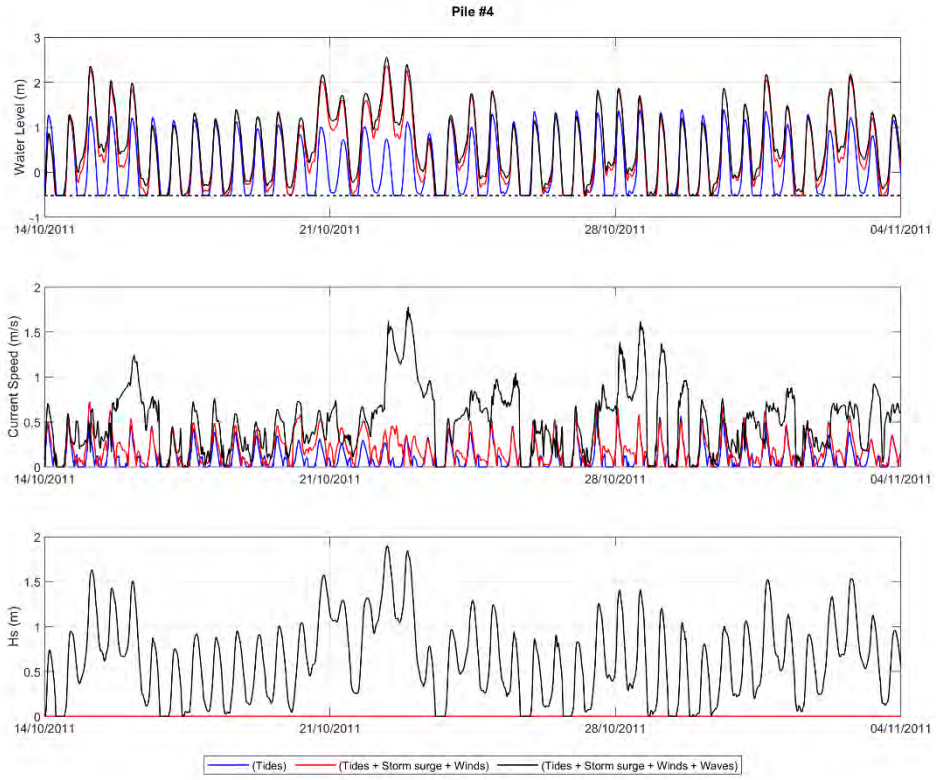
A.1 2019 bodem

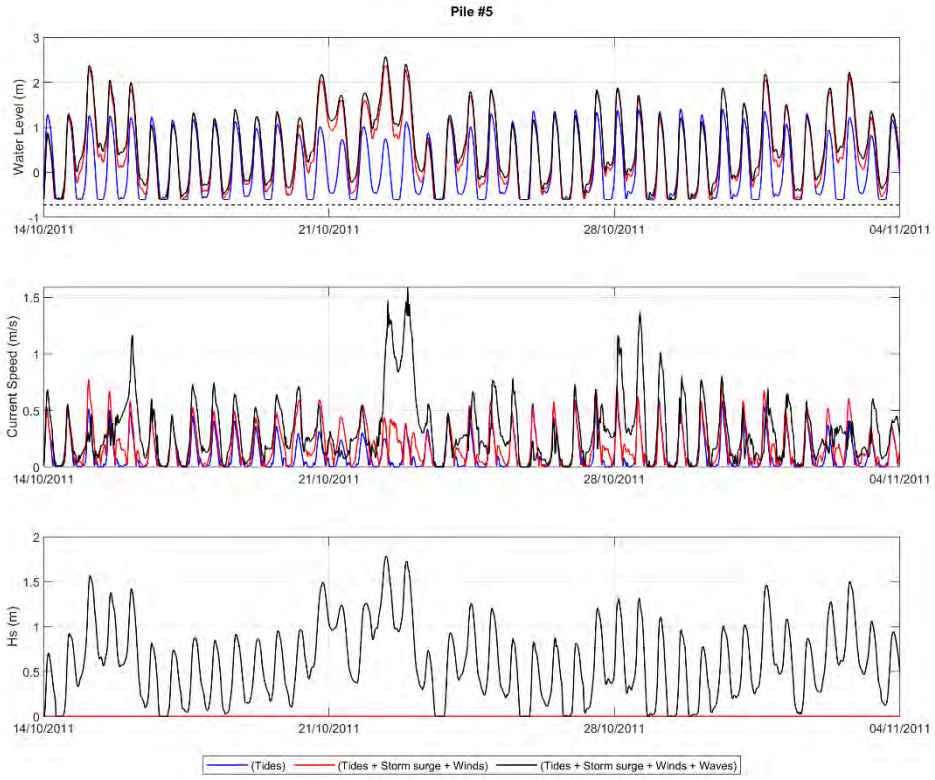
A.1.1 Scenario's 1, 2 en 3

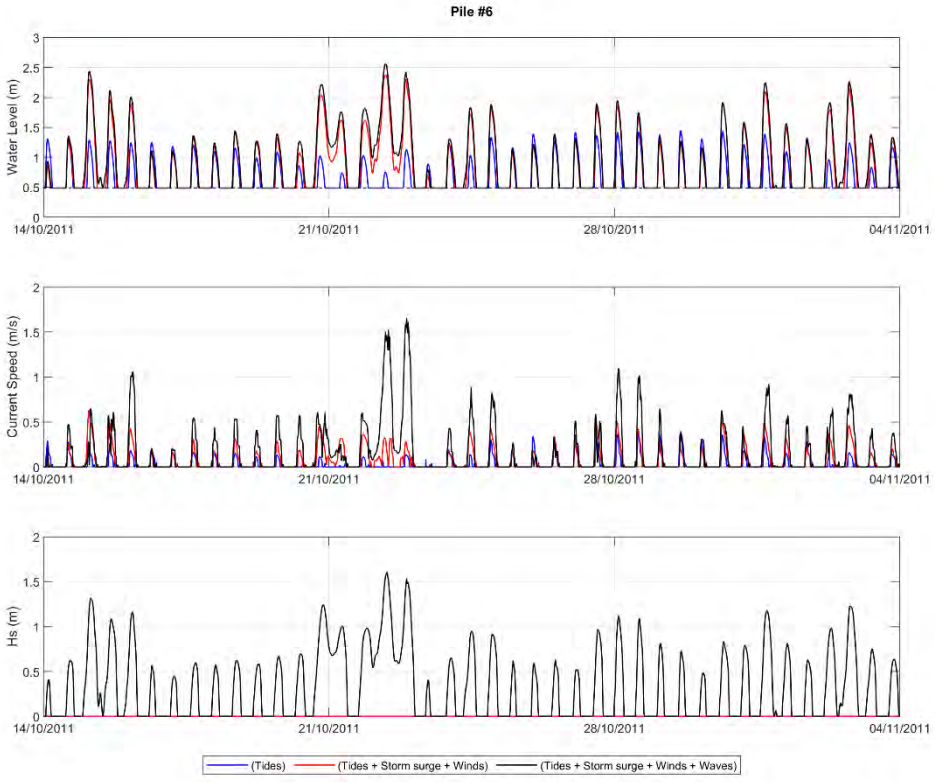


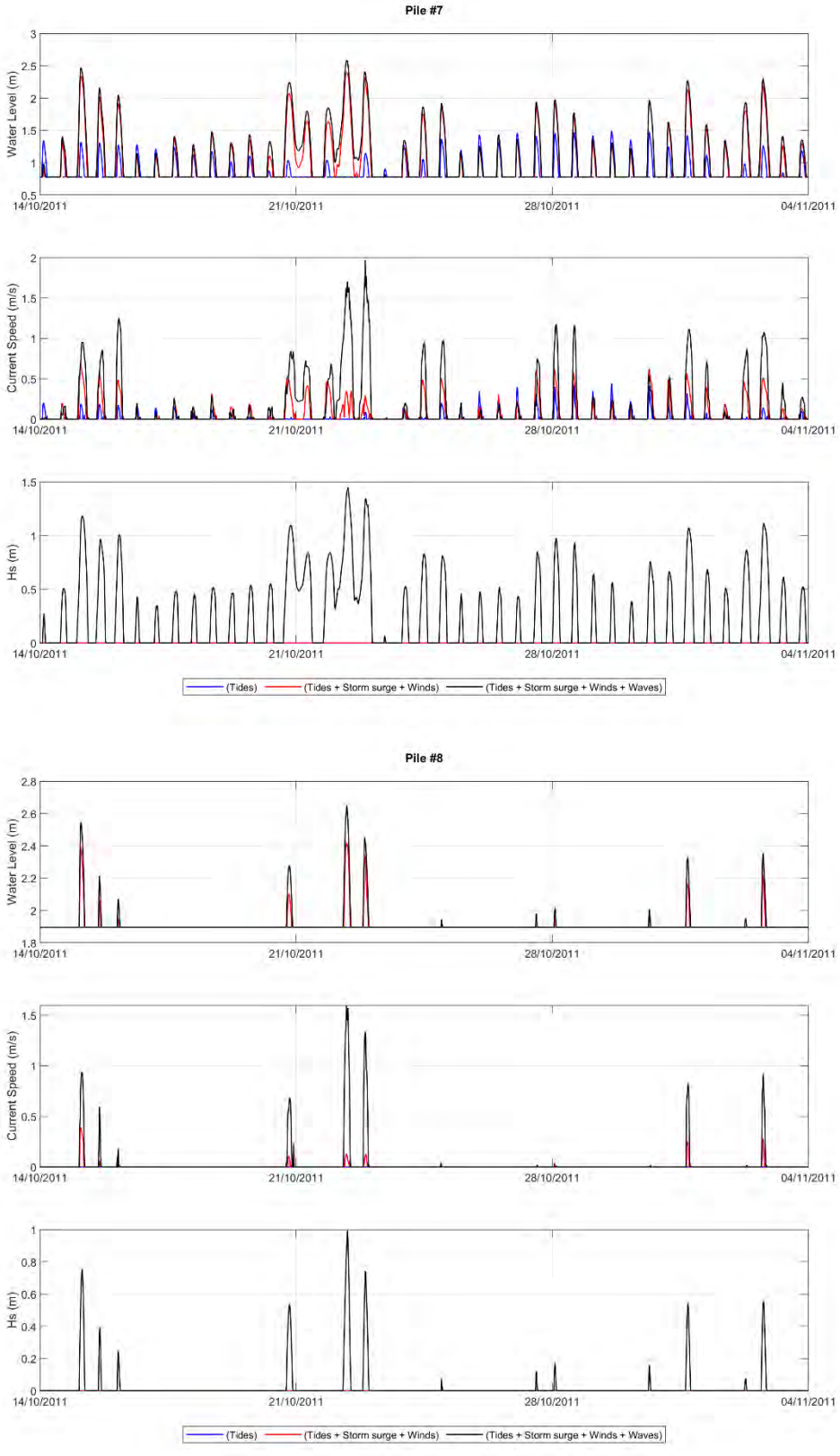


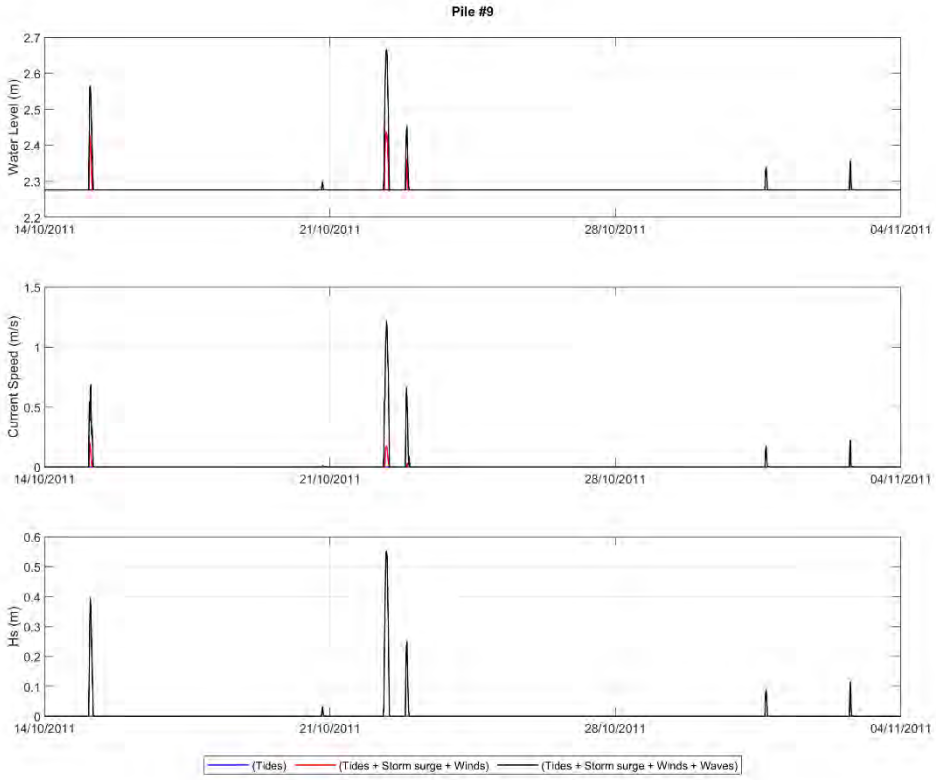

Pile #3
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

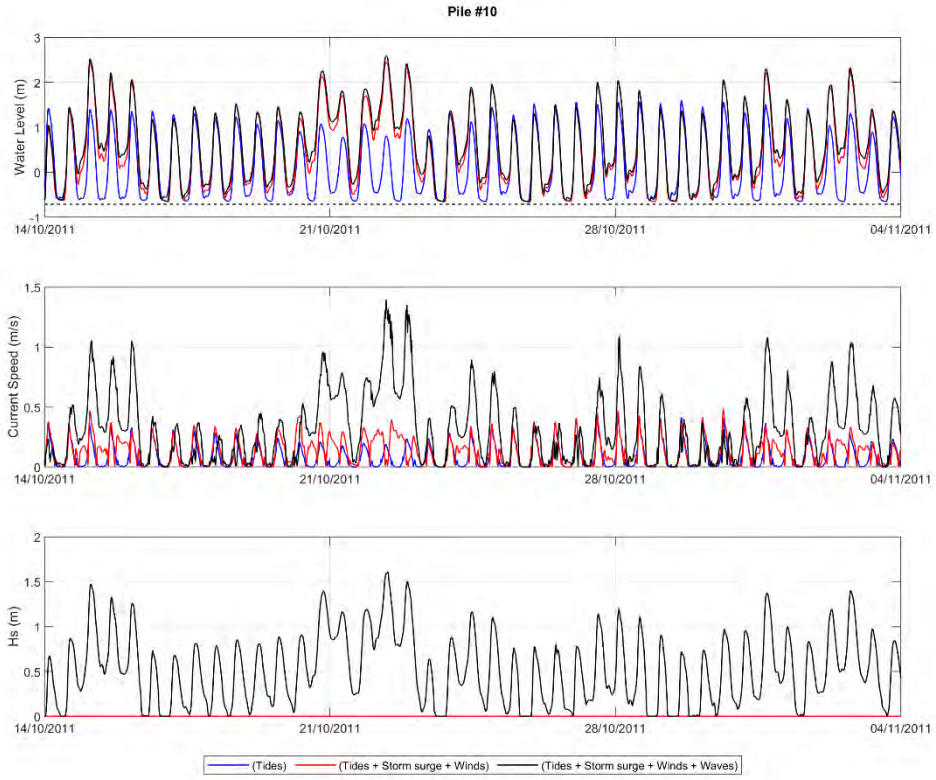

Pile #4
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

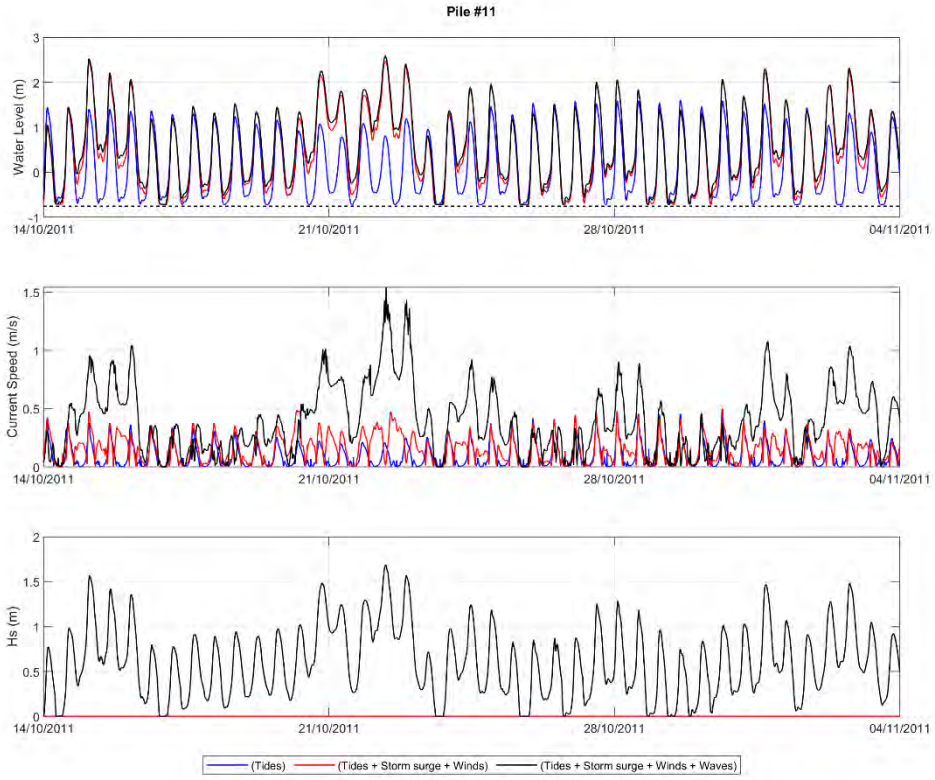

Pile #5
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

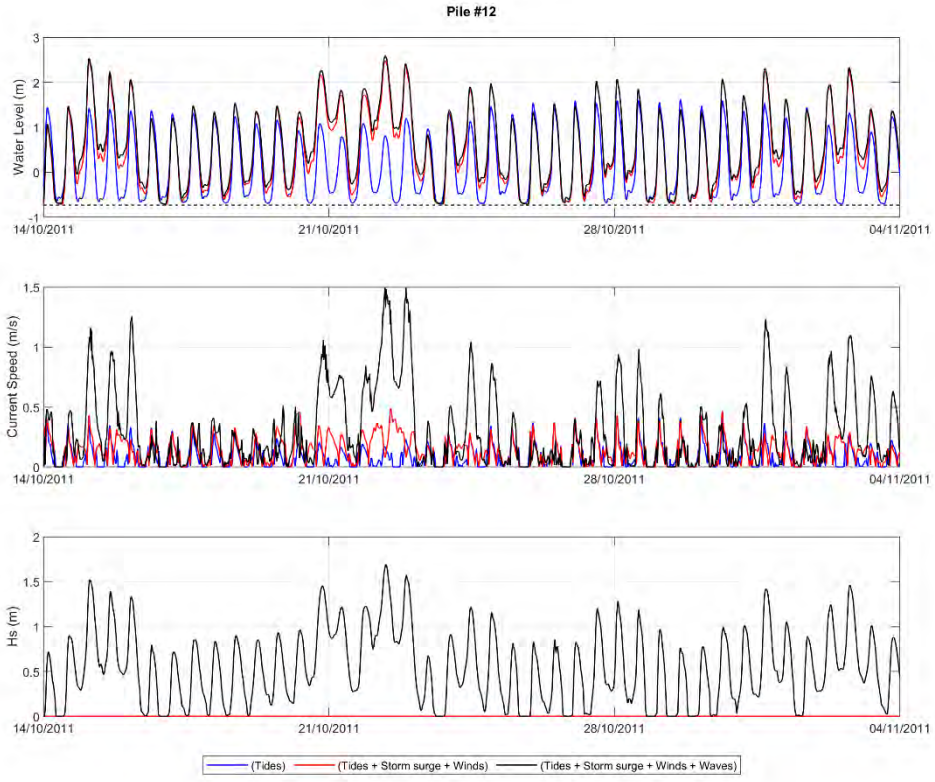

Pile #6
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)


Pile #7
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)
Pile #8
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

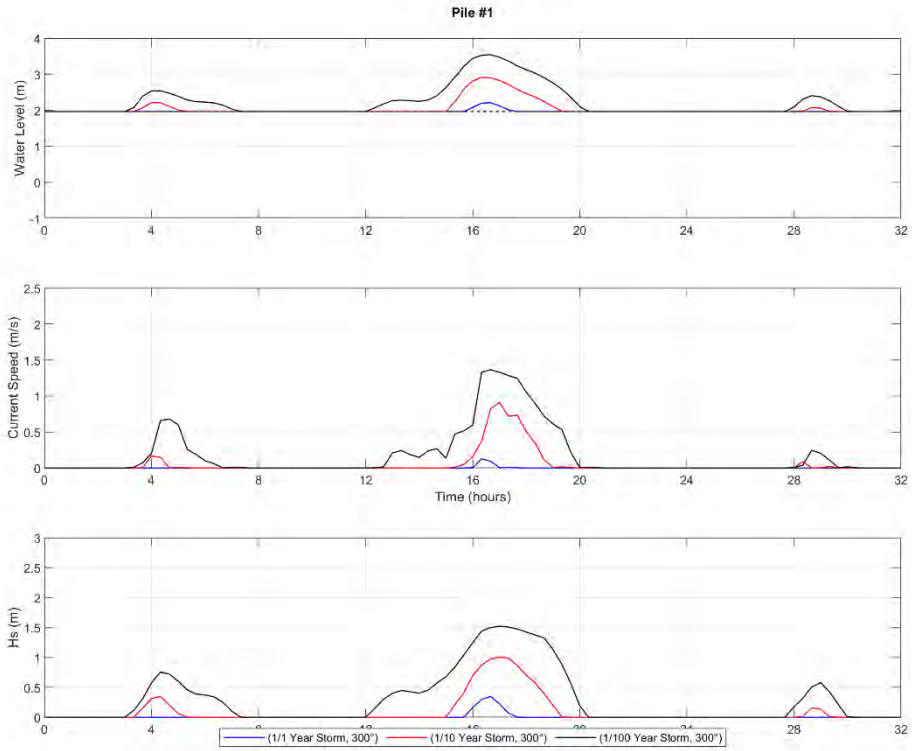

Pile #9
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

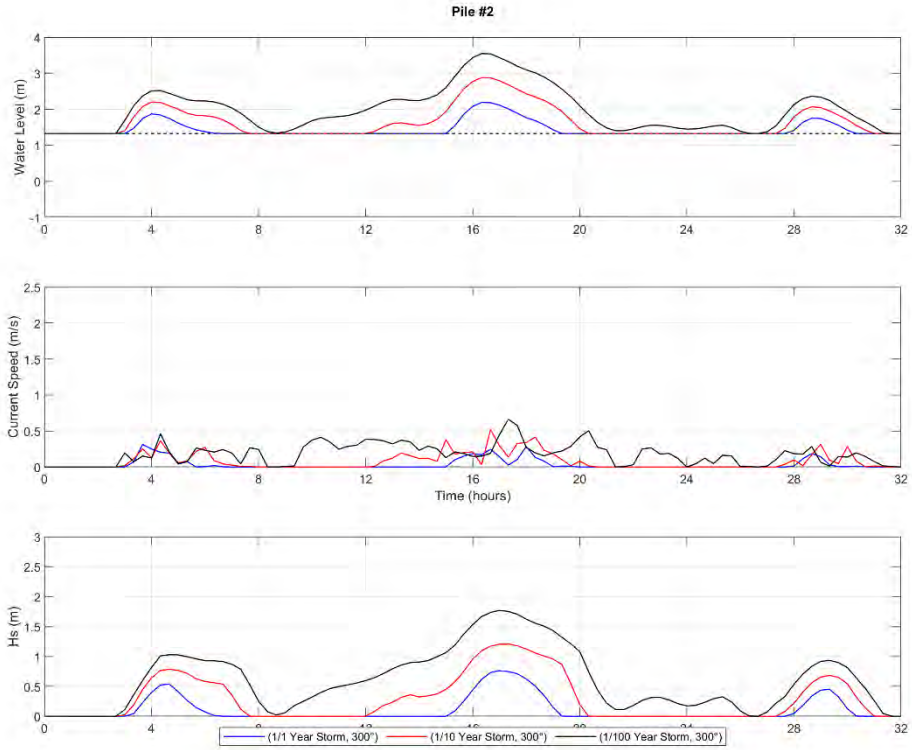

Pile #10
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

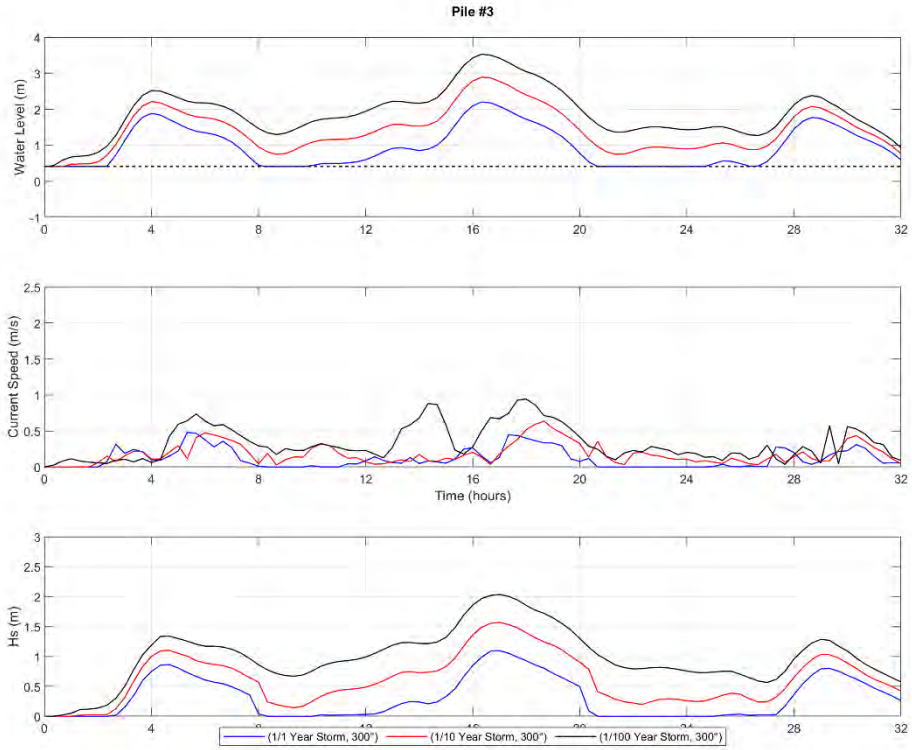

Pile #11
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

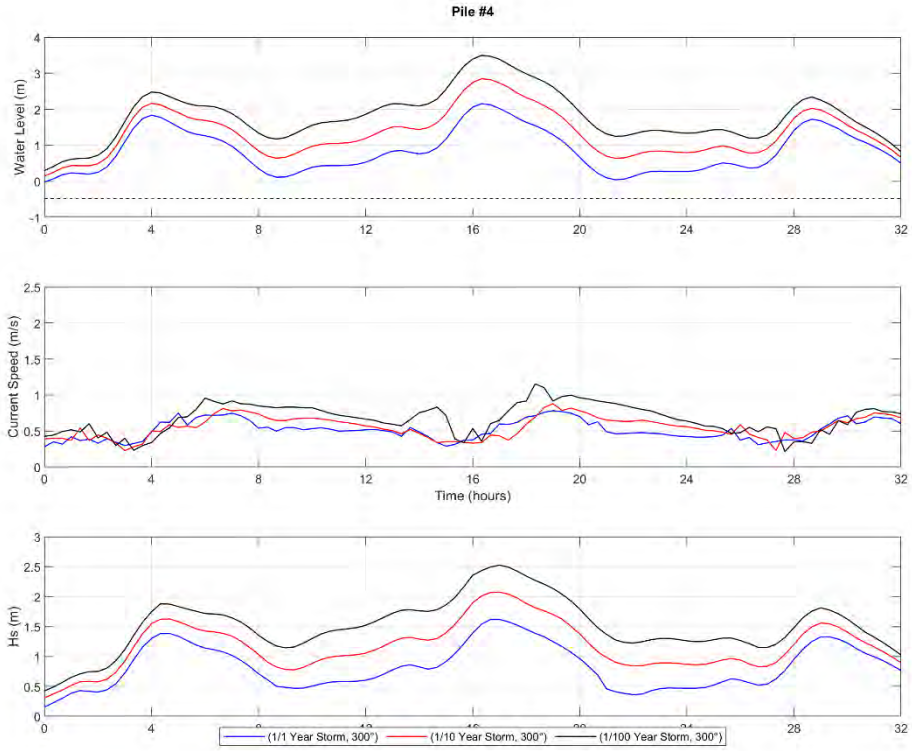

Pile #12
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

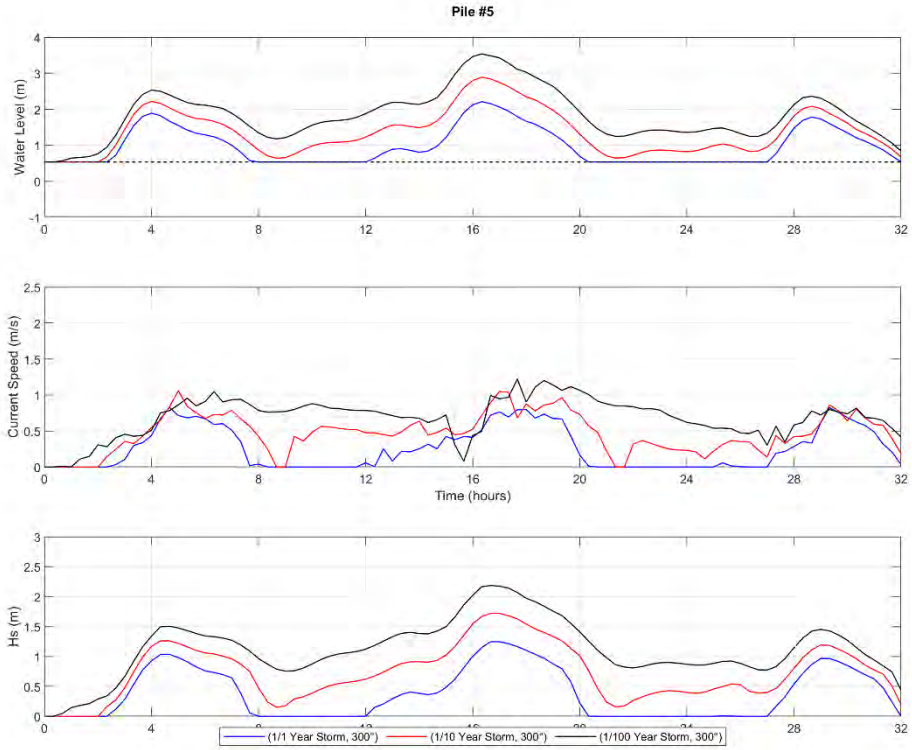
A.1.2 Scenario’s 4, 5 en 6

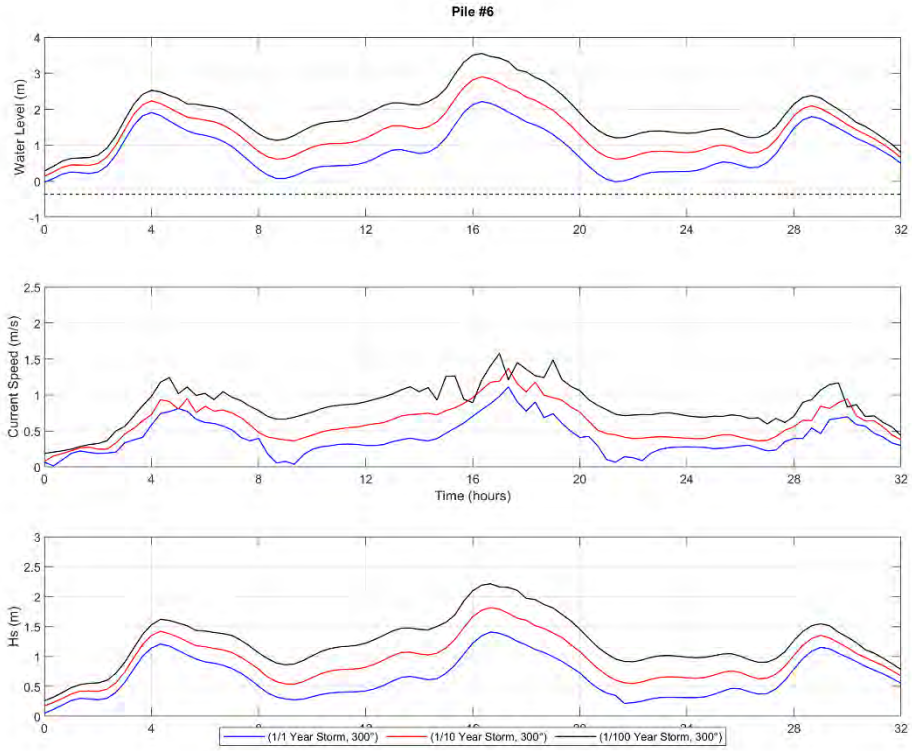


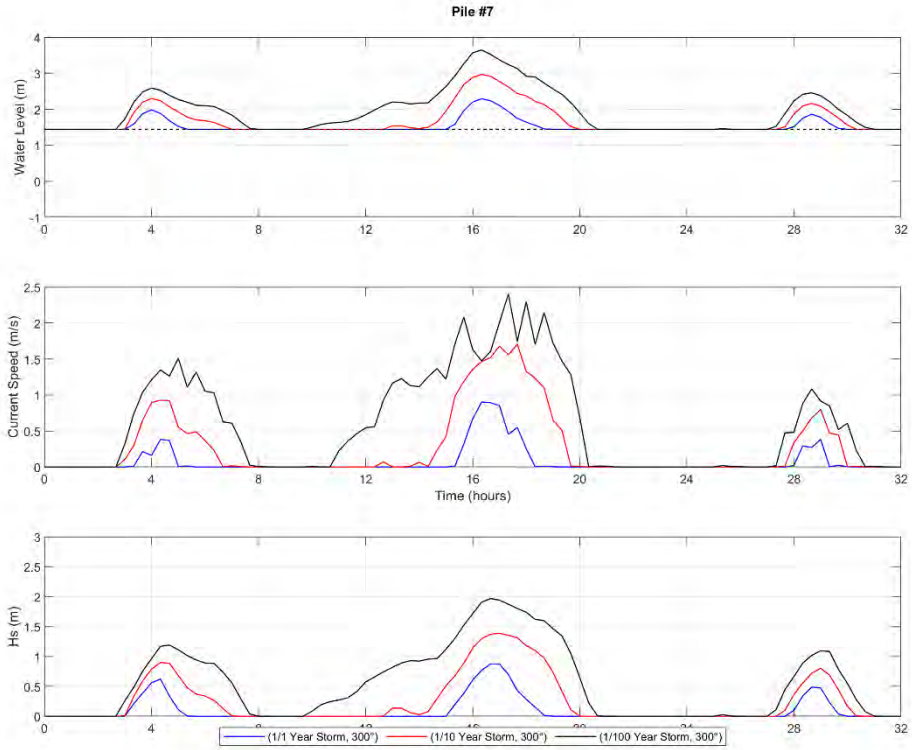


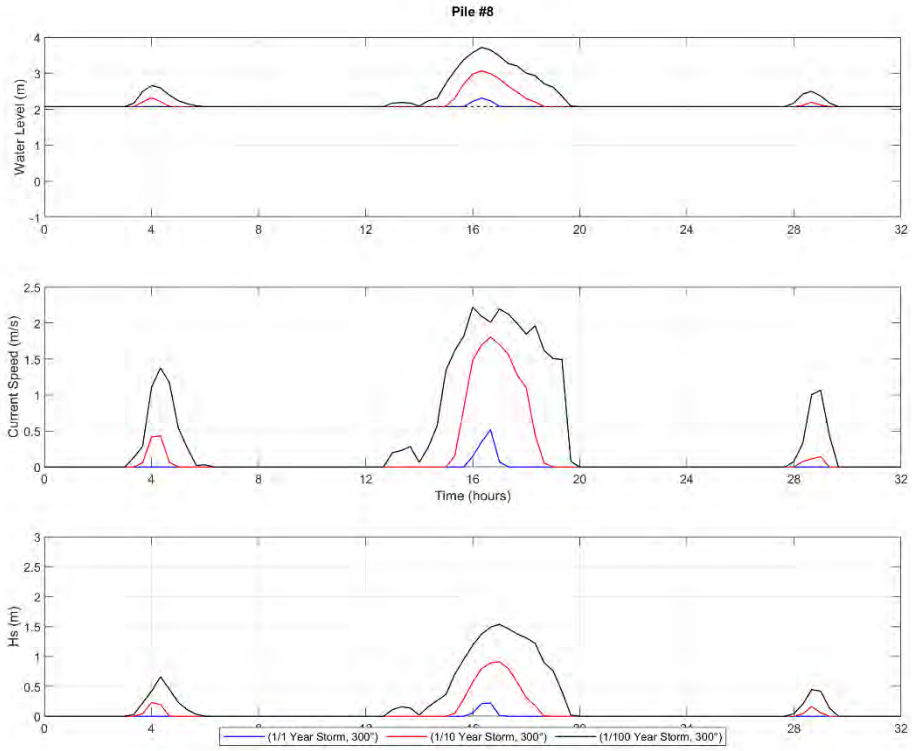

Pile #3
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

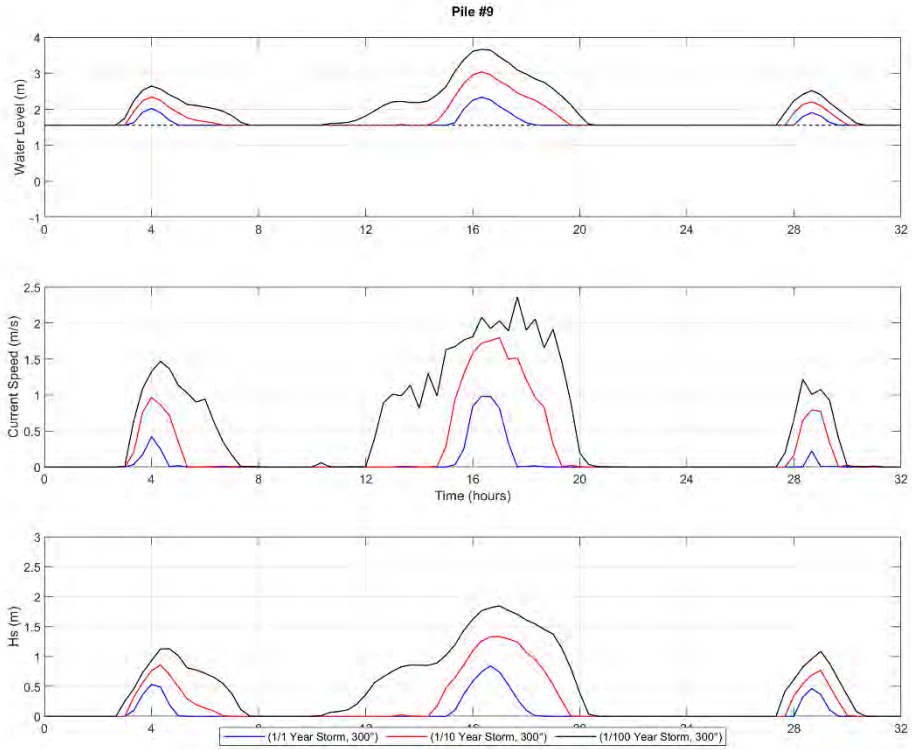

Pile #4
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

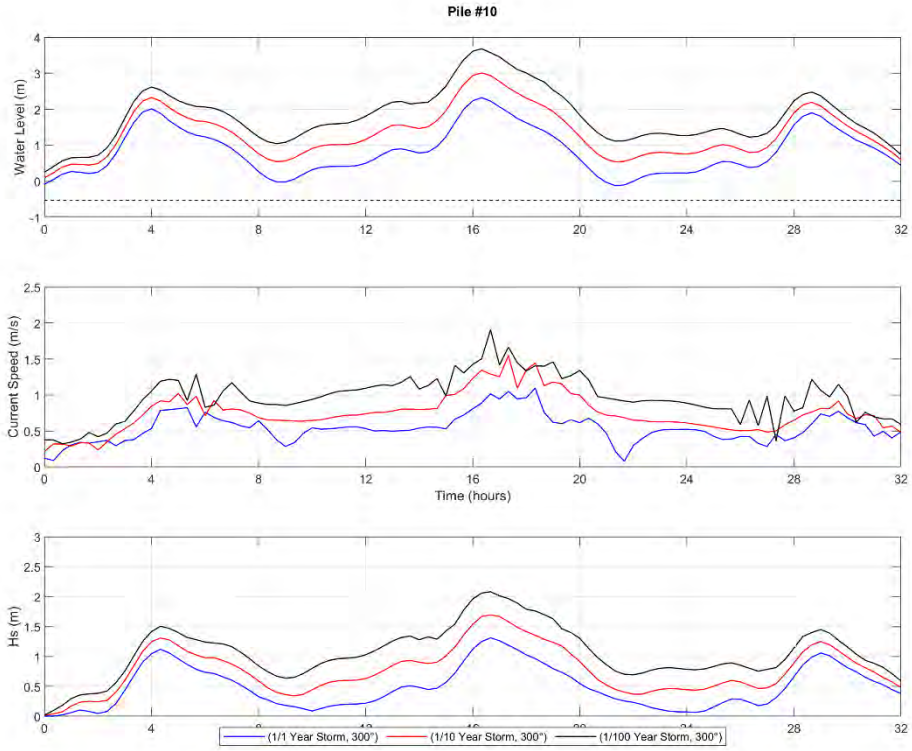

Pile #5
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

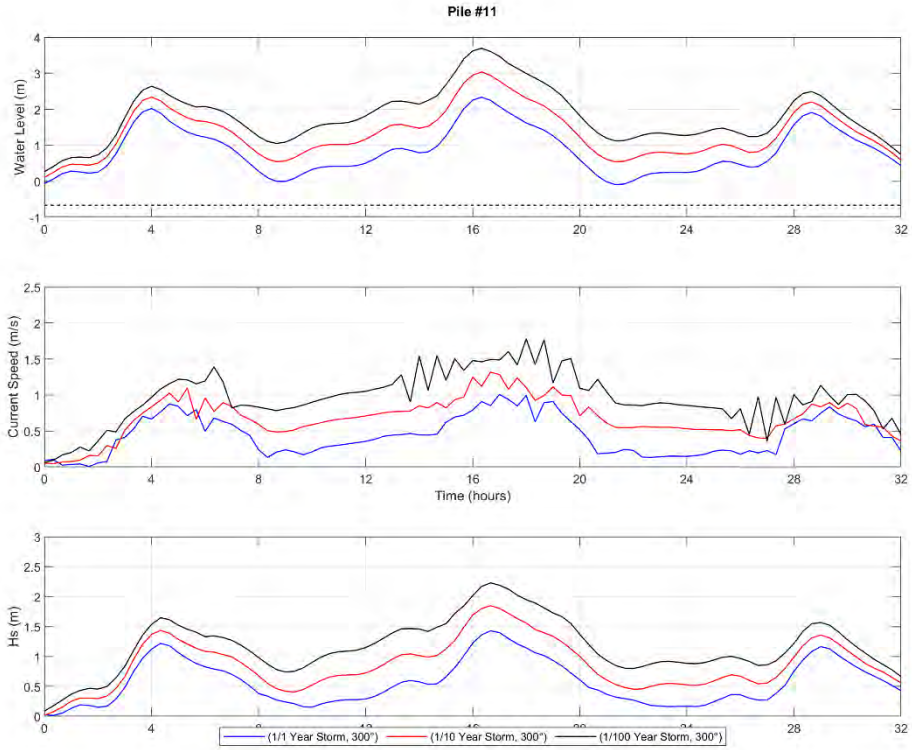

Pile #6
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

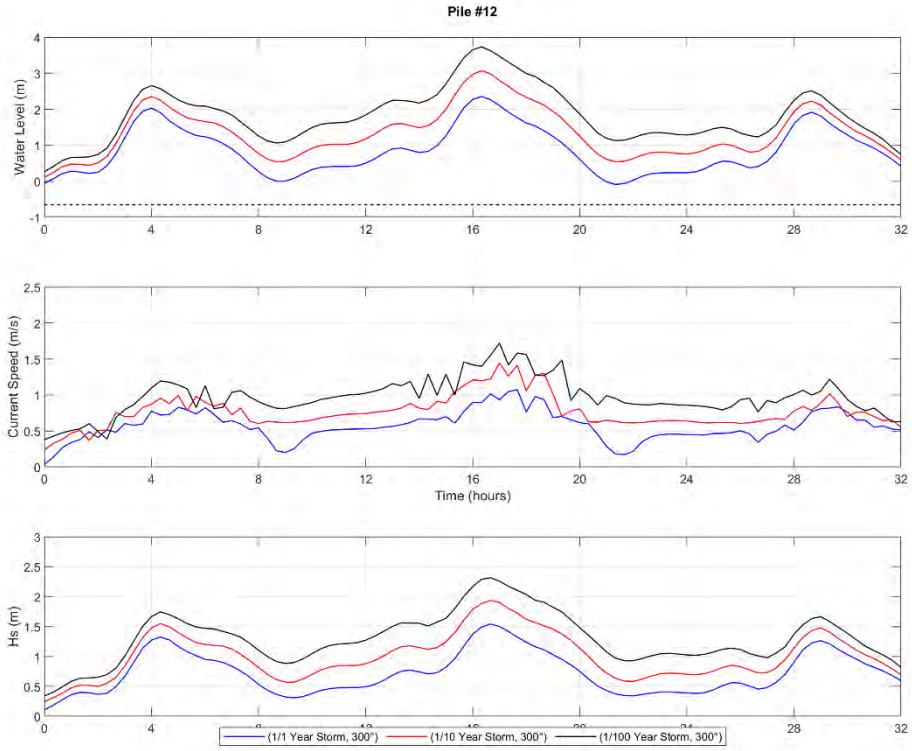

Pile #7
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #8
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #9
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

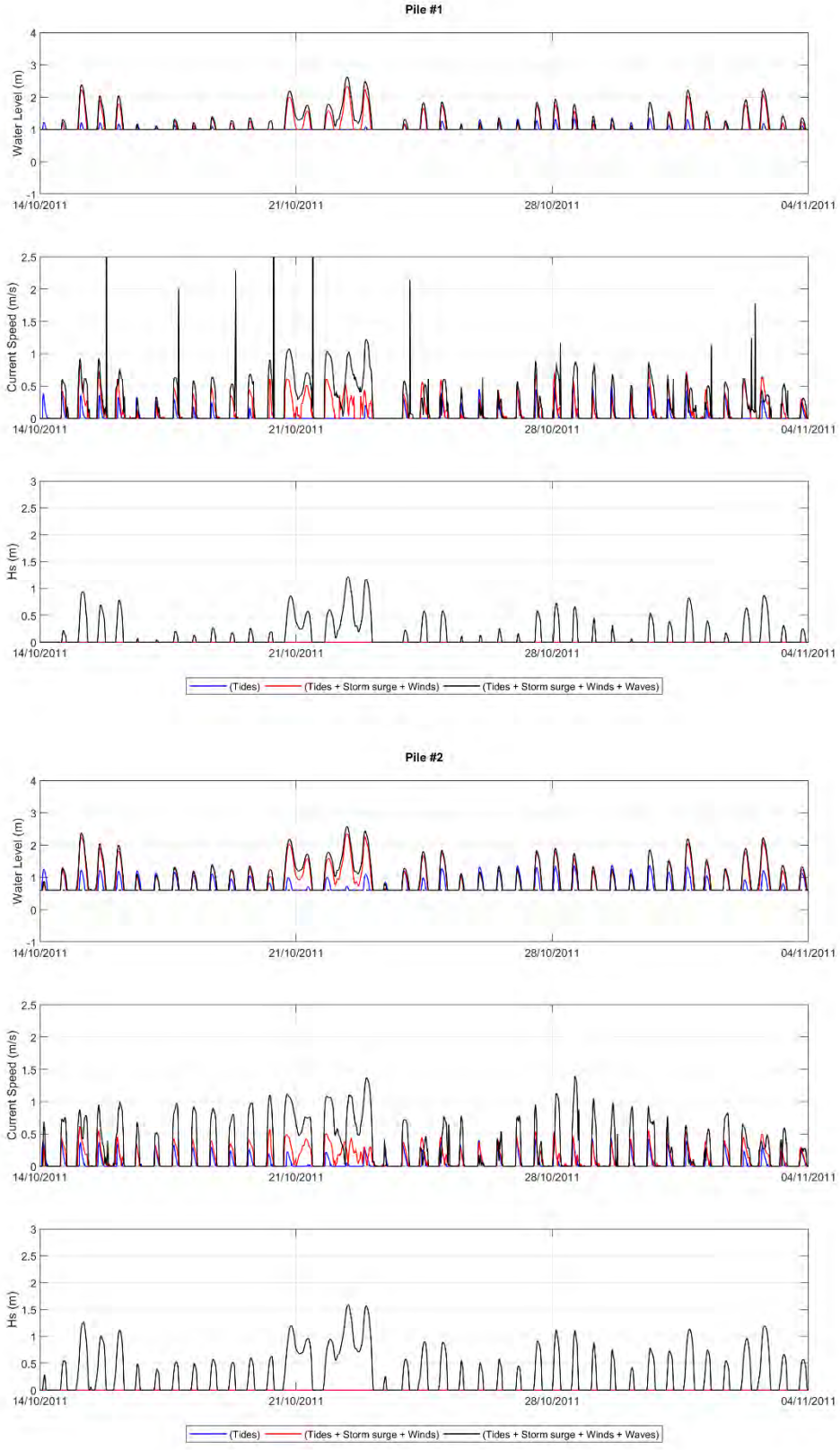

Pile #10
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

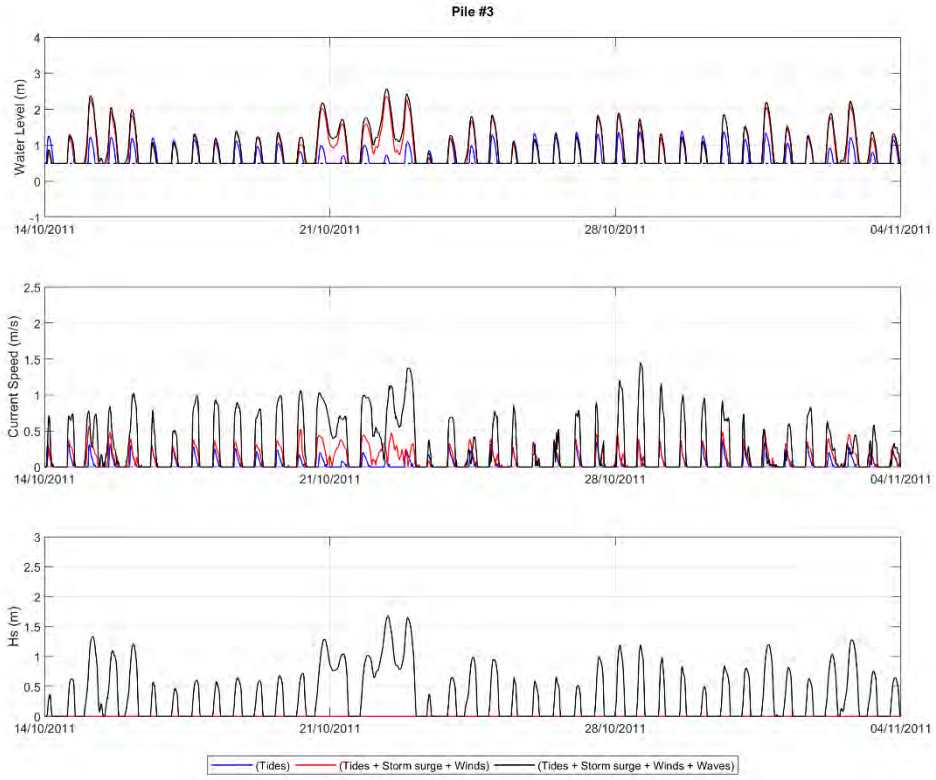

Pile #11
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

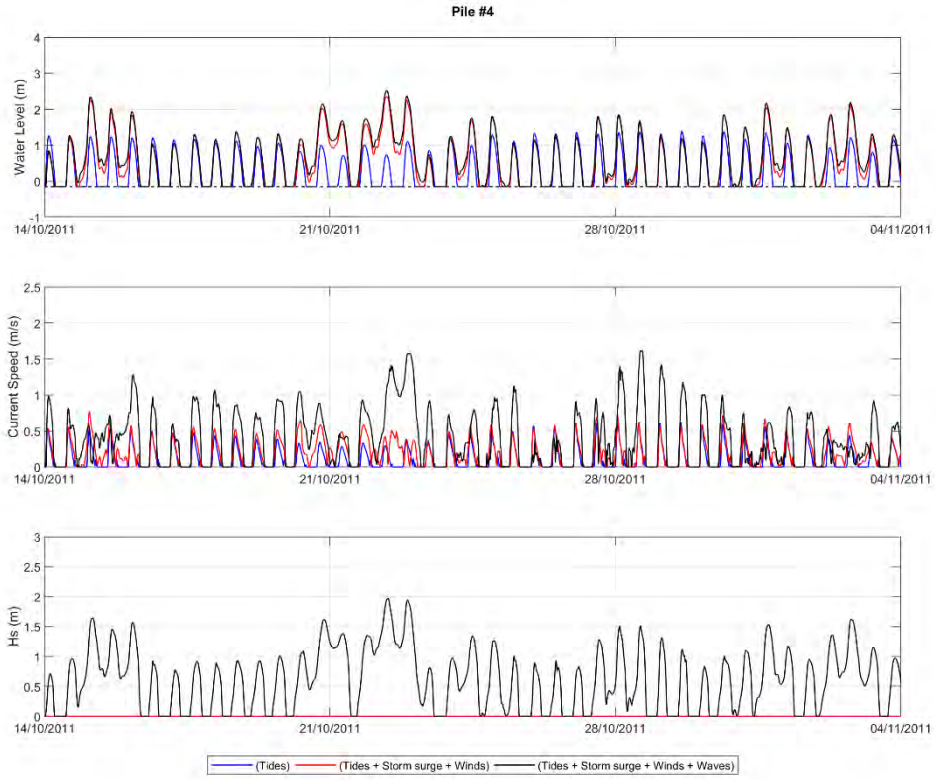

Pile #12
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

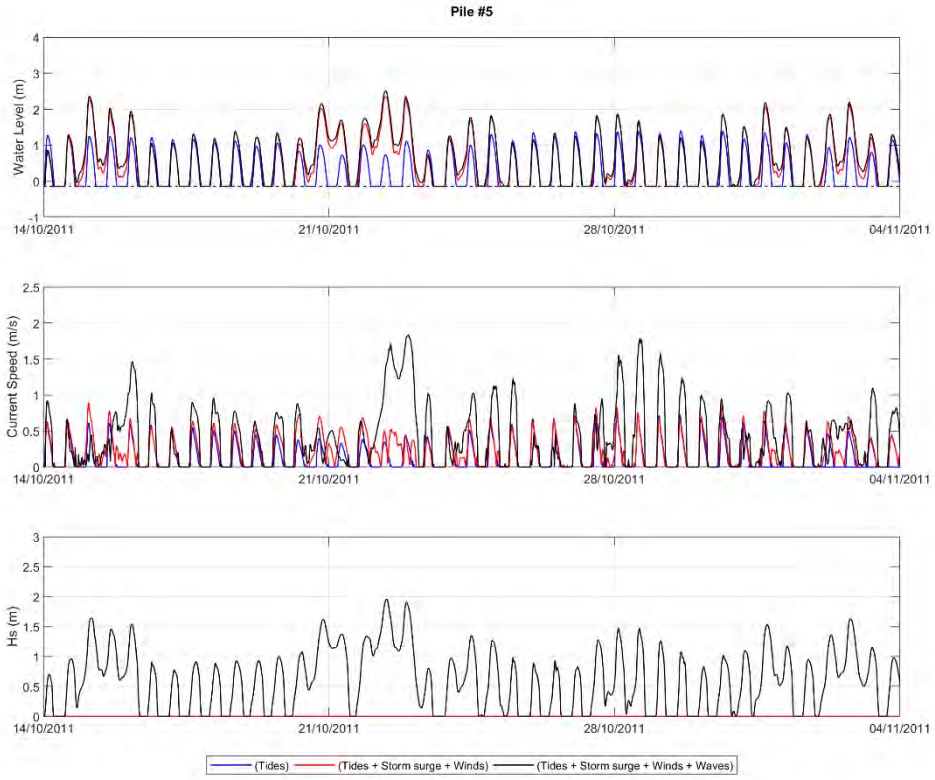
A.2 Ontwerpbodem

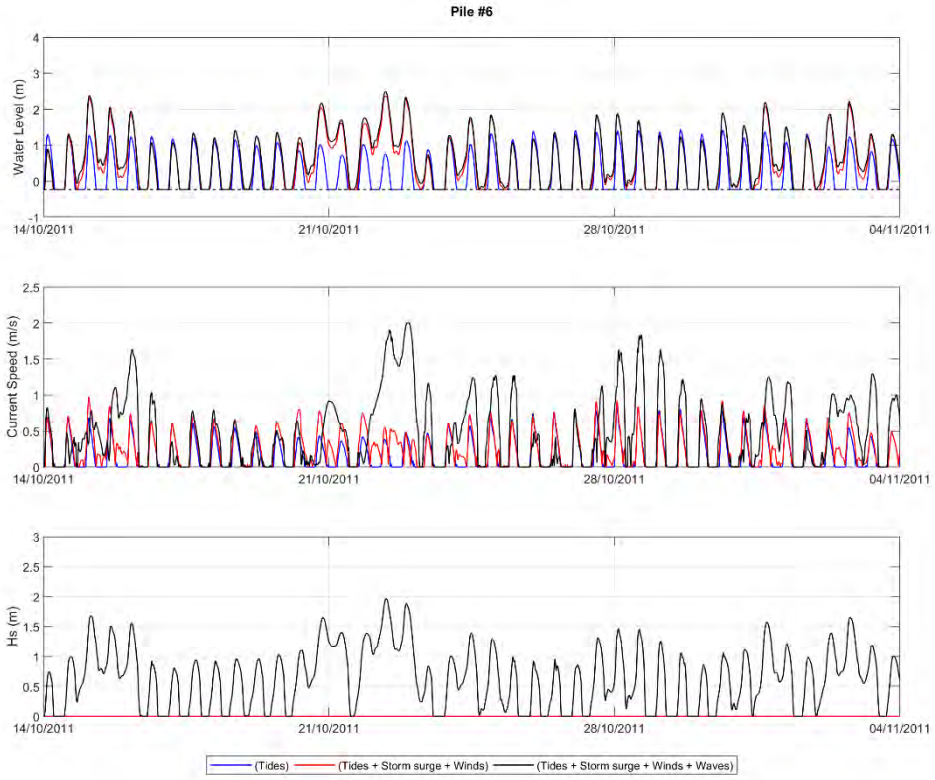
A.2.1 Scenario's 1, 2 en 3

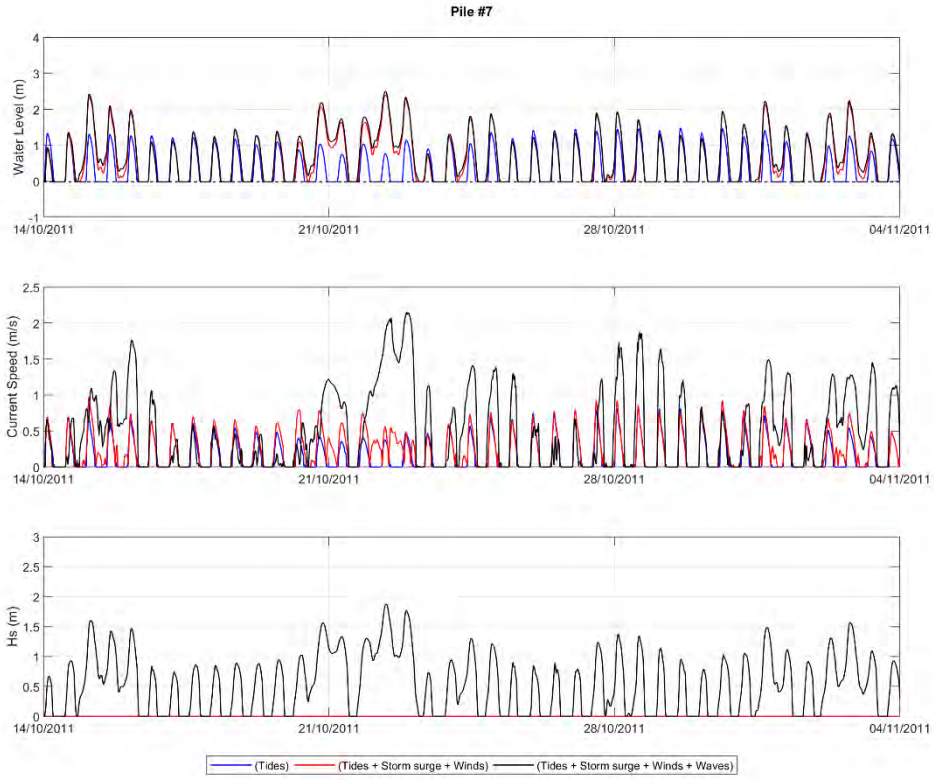


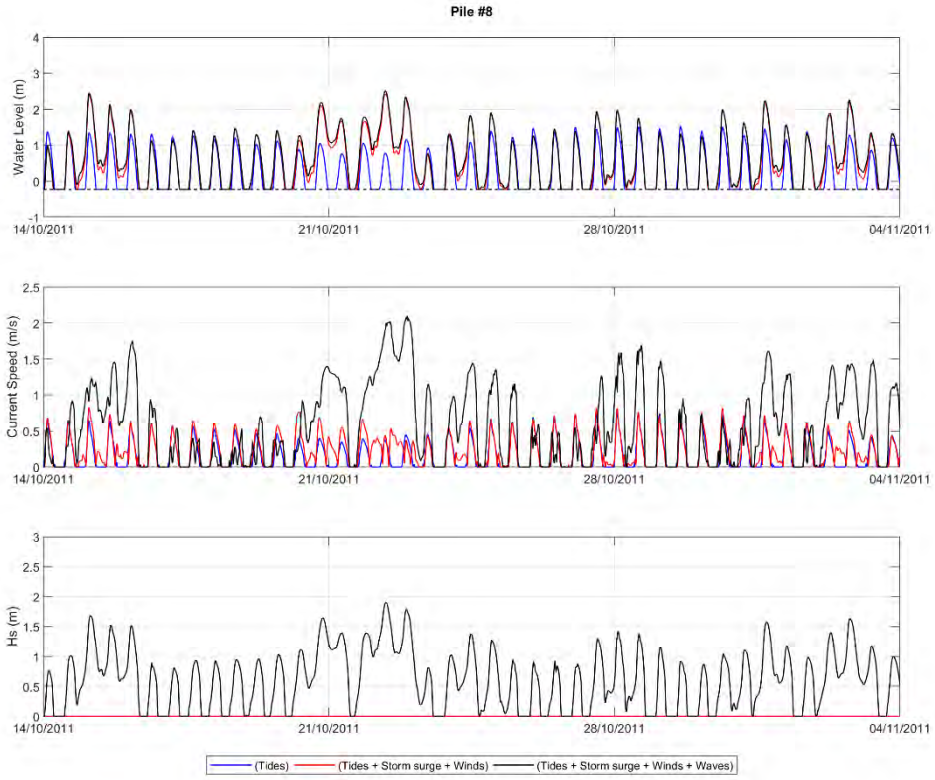

Pile #3
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

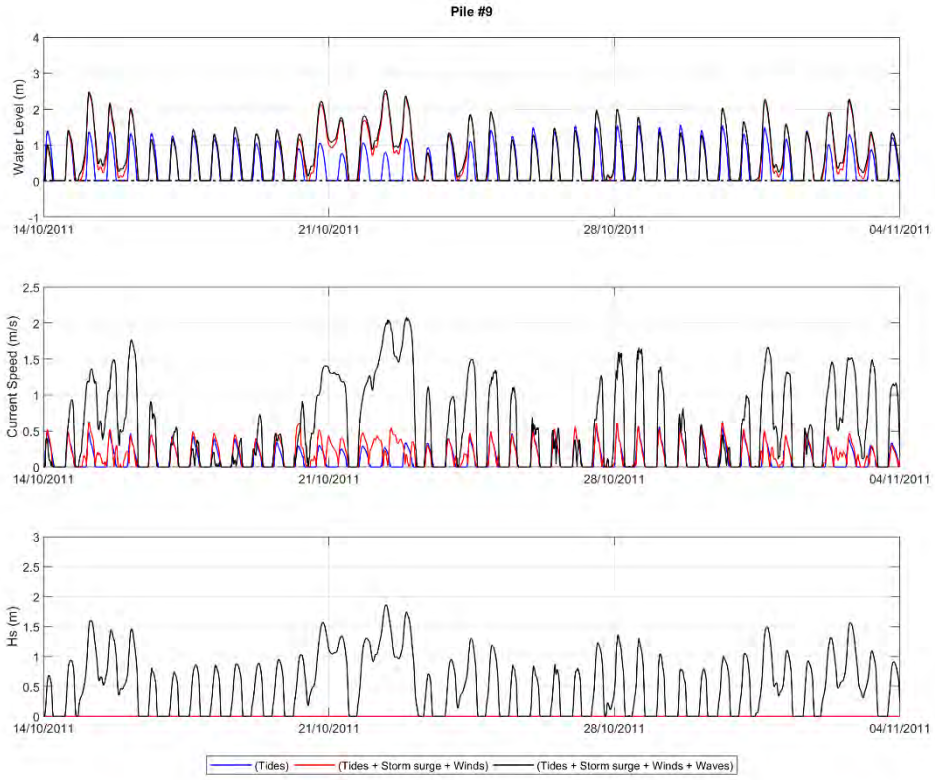

Pile #4
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

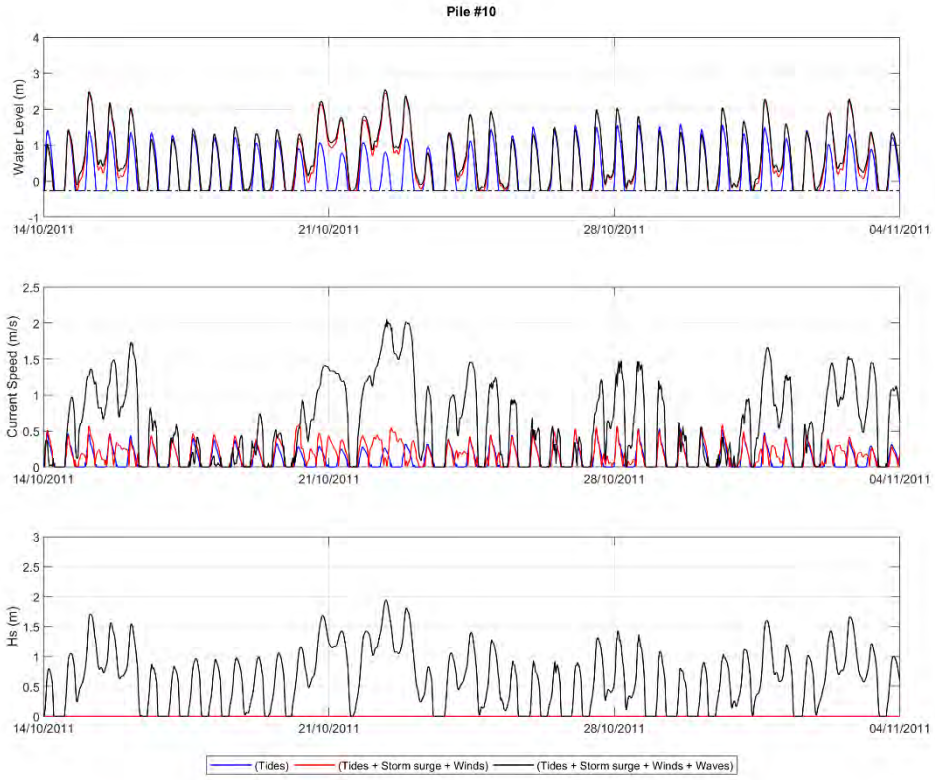

Pile #5
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

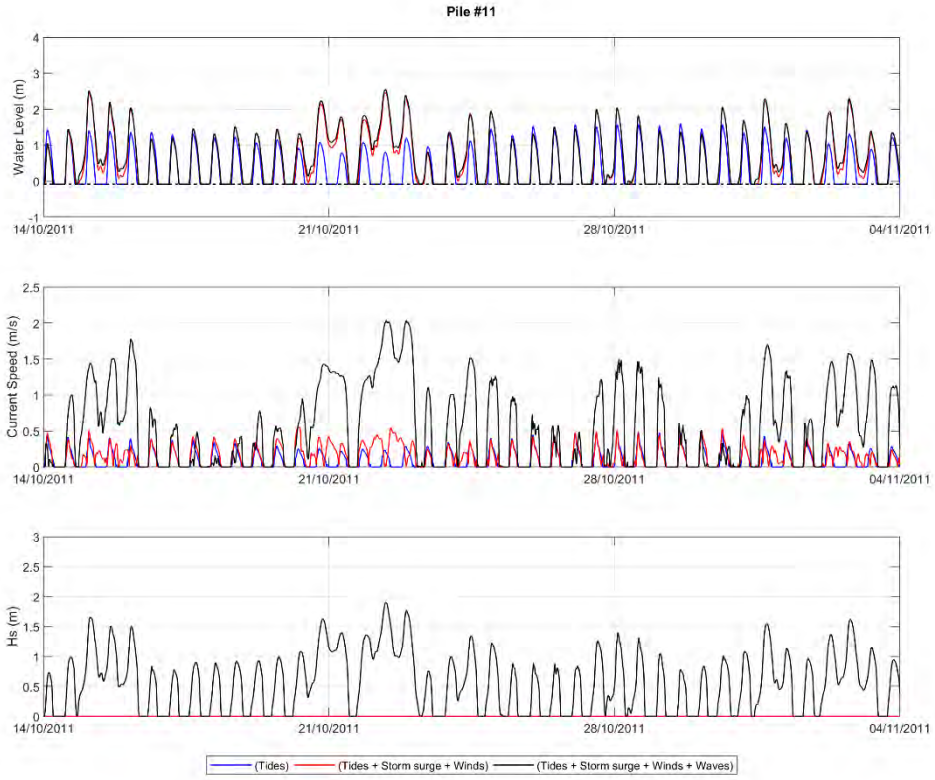

Pile #6
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

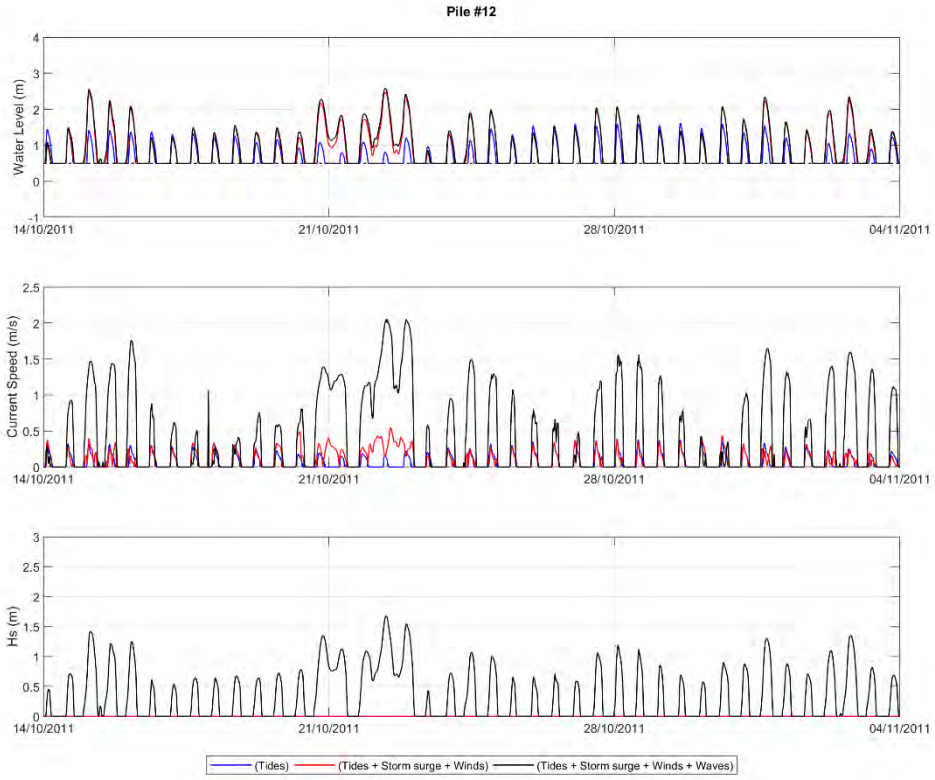

Pile #7
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)


Pile #8
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

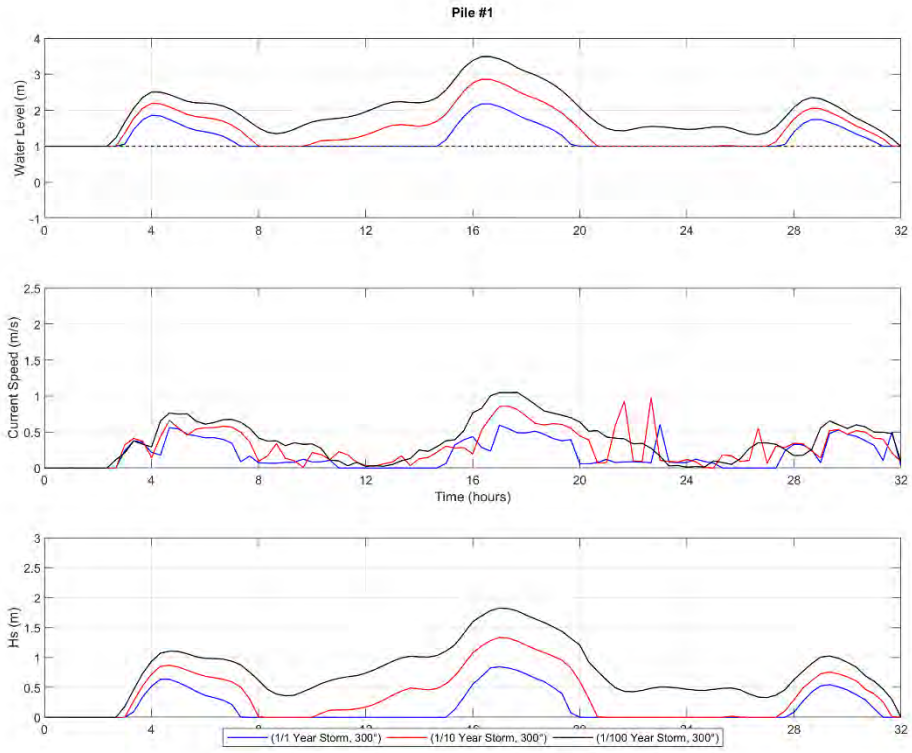

Pile #9
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

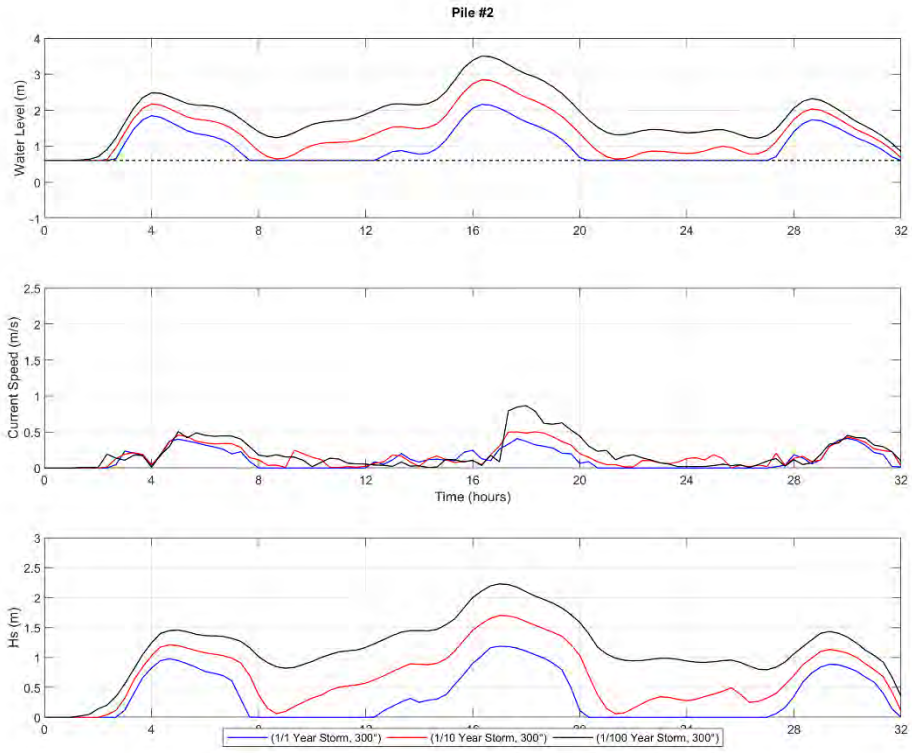

Pile #10
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

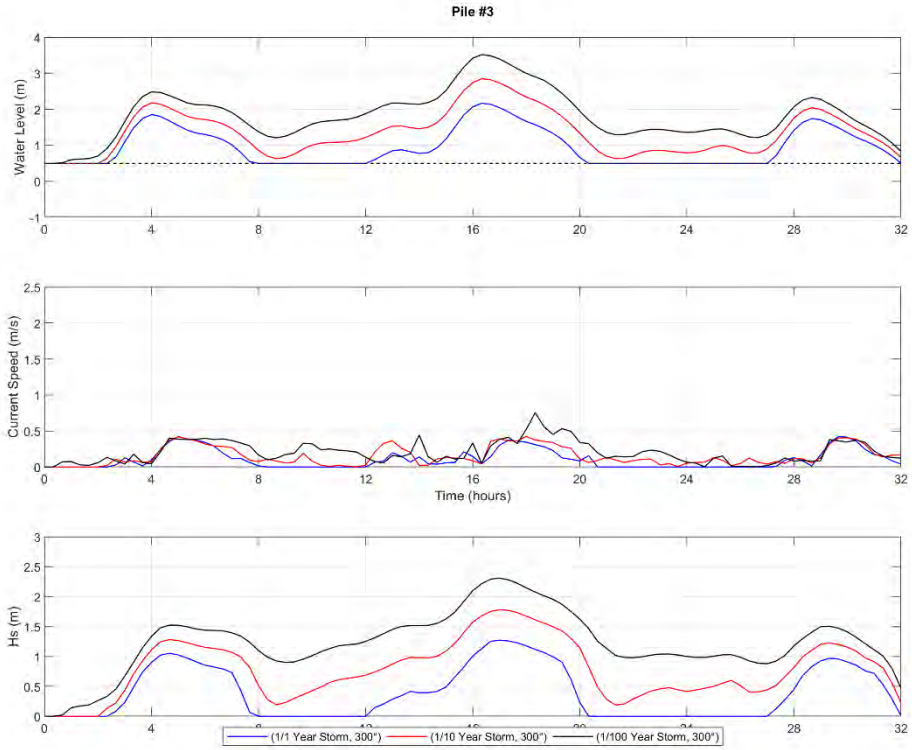

Pile #11
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

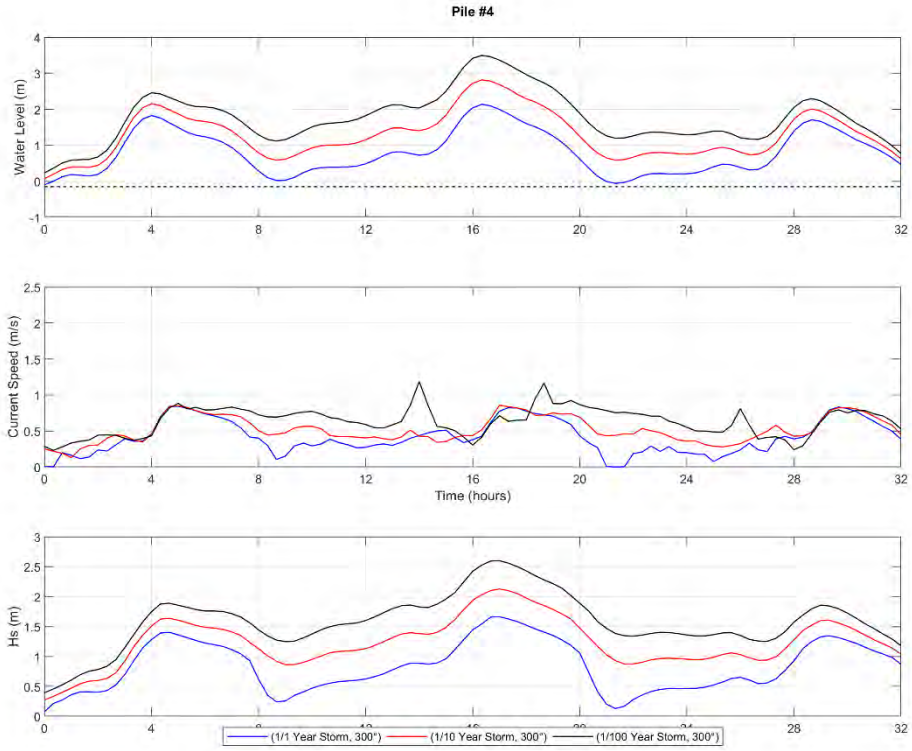

Pile #12
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Hs (m)
14/10/2011
21/10/2011
28/10/2011
04/11/2011
(Tides)
(Tides + Storm surge + Winds)
(Tides + Storm surge + Winds + Waves)

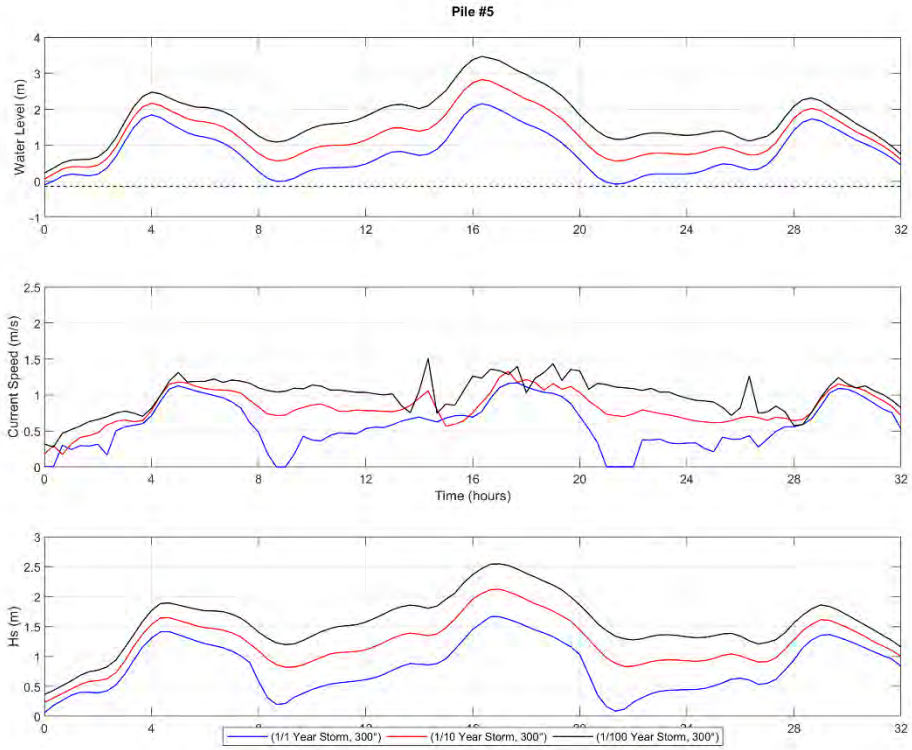
A.2.2 Scenario’s 4, 5 en 6

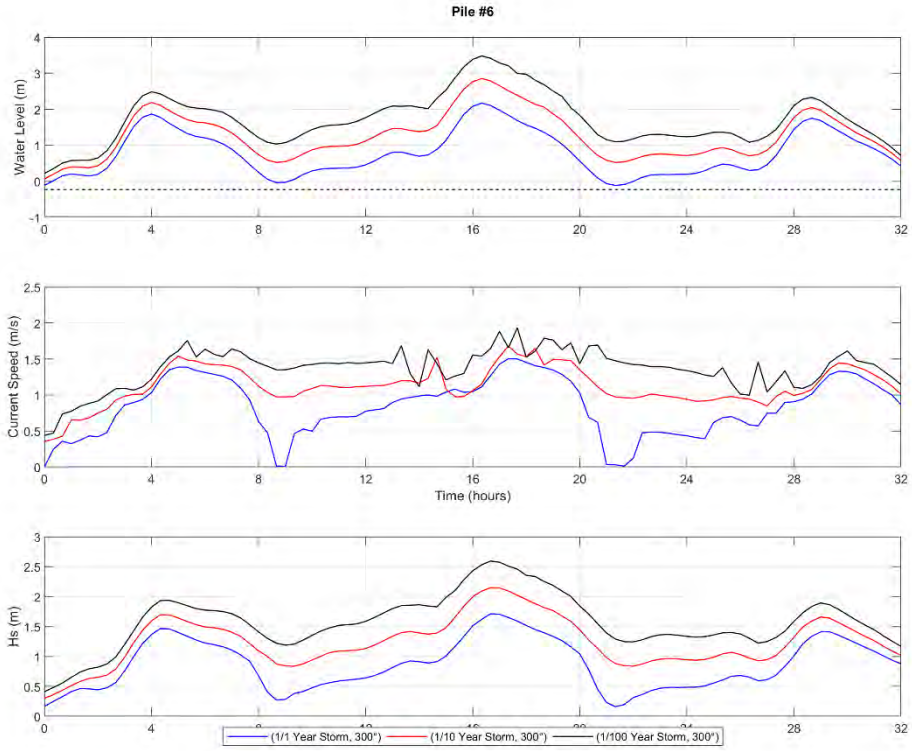


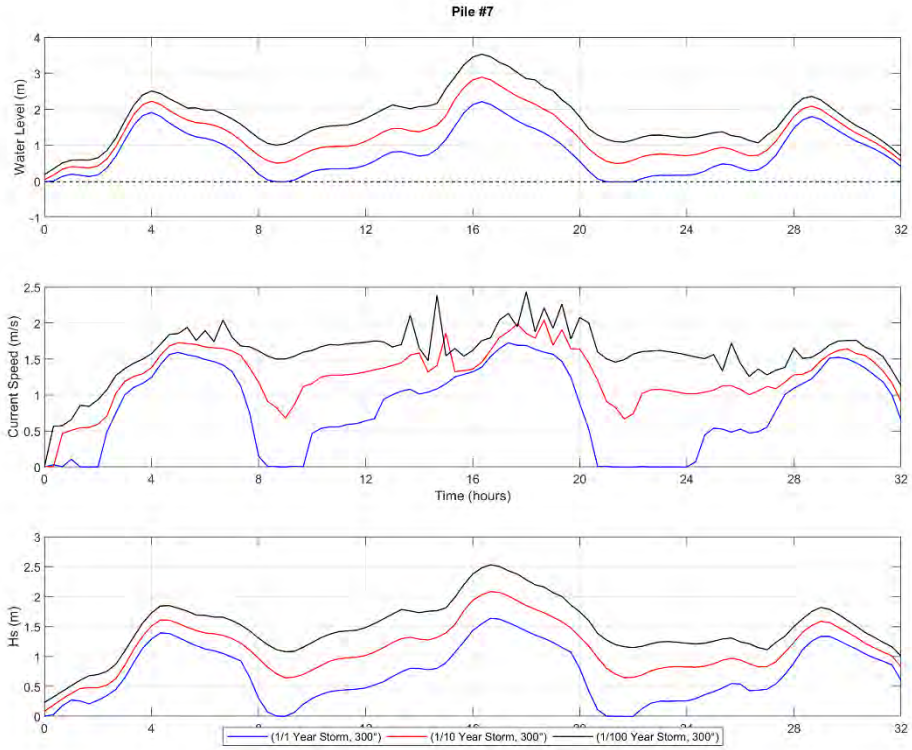


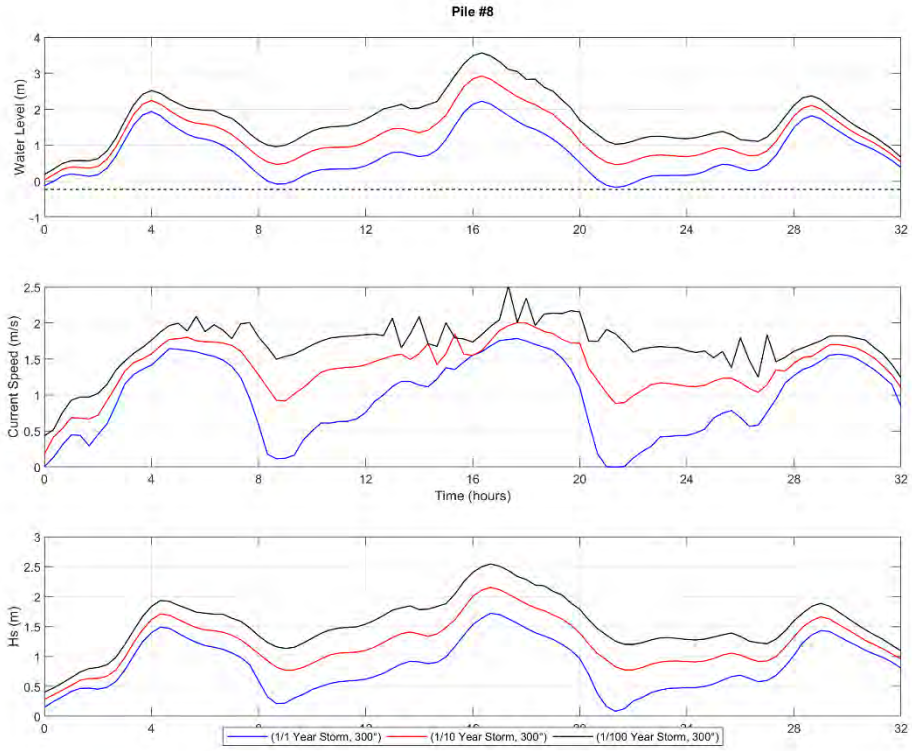

Pile #3
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

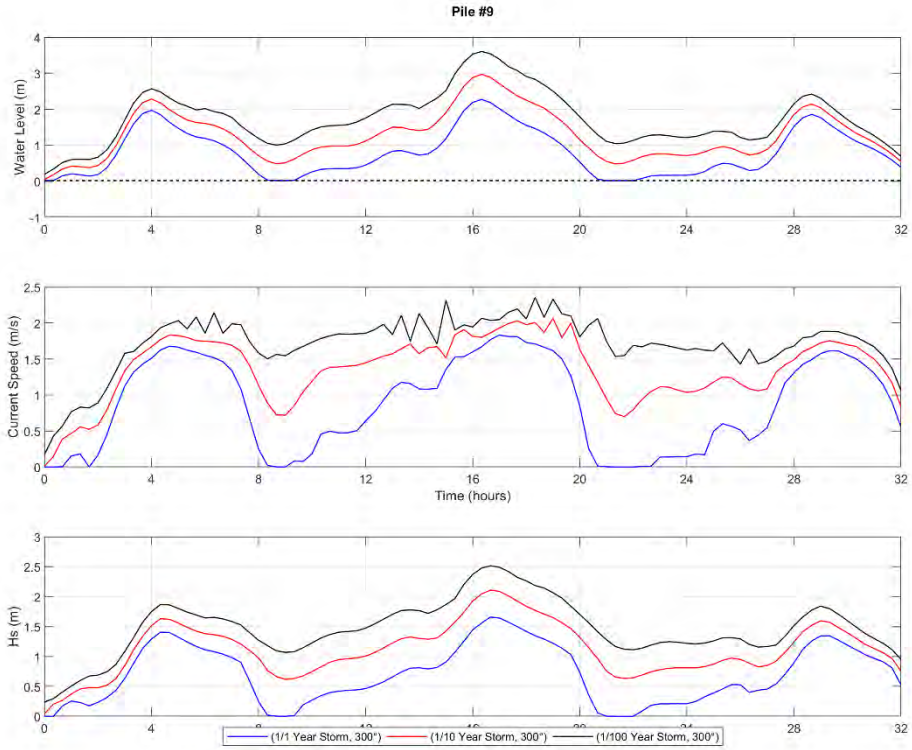

Pile #4
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

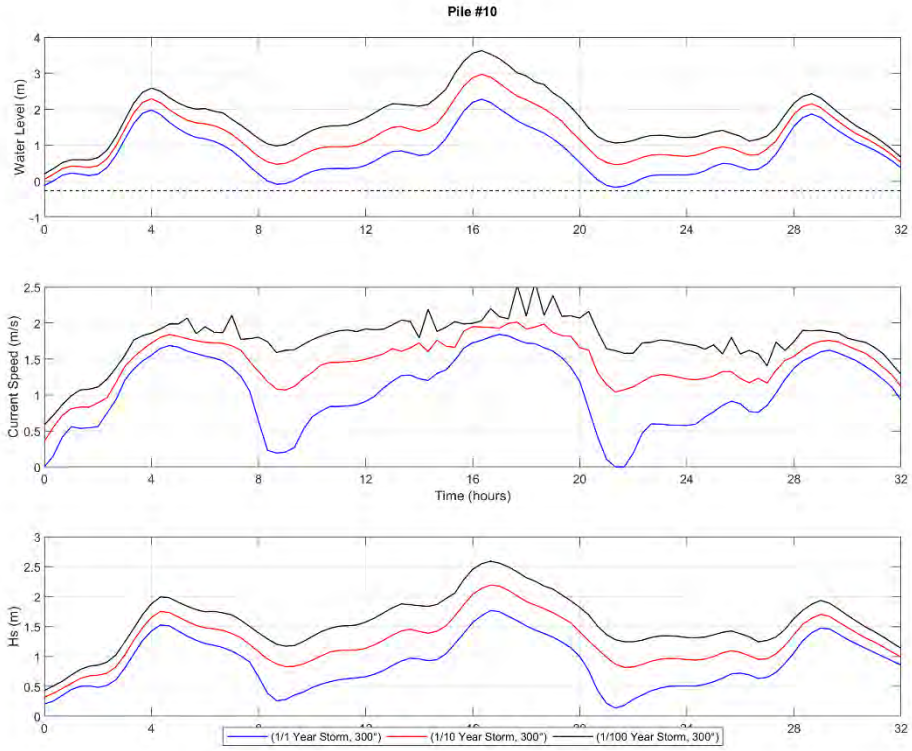

Pile #5
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

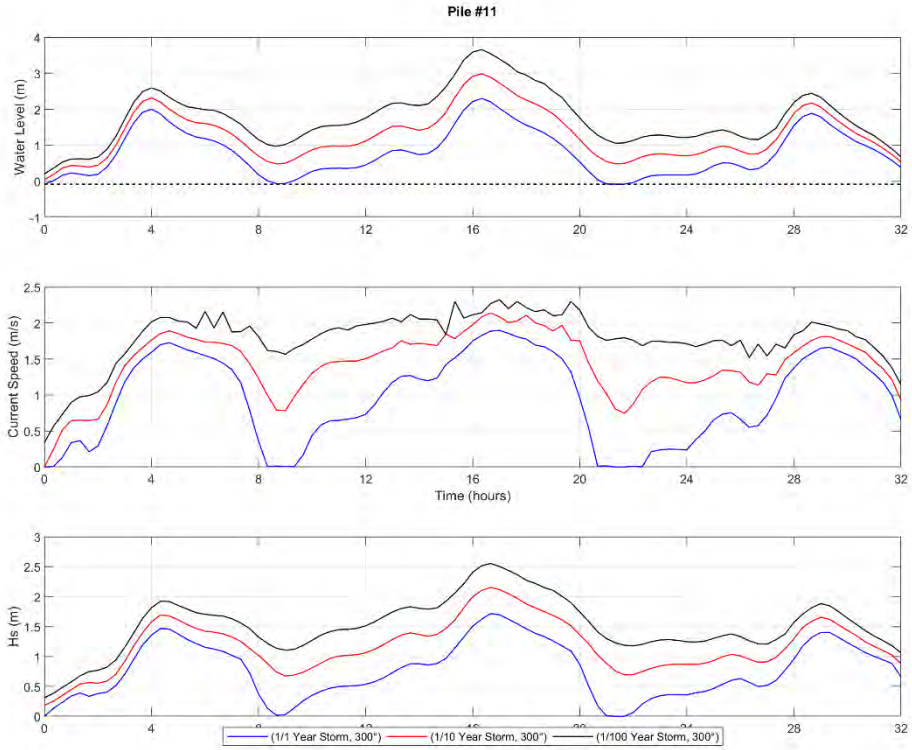

Pile #6
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

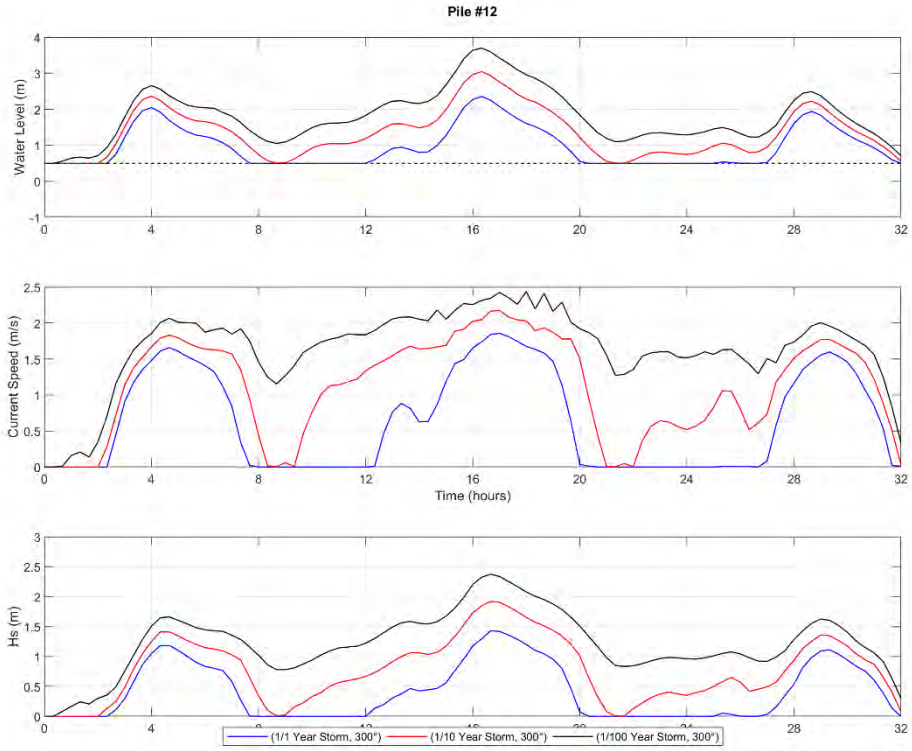

Pile #7
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #8
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #9
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #10
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #11
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)


Pile #12
Water Level (m)
Current Speed (m/s)
Time (hours)
Hs (m)
(1/1 Year Storm, 300°)
(1/10 Year Storm, 300°)
(1/100 Year Storm, 300°)

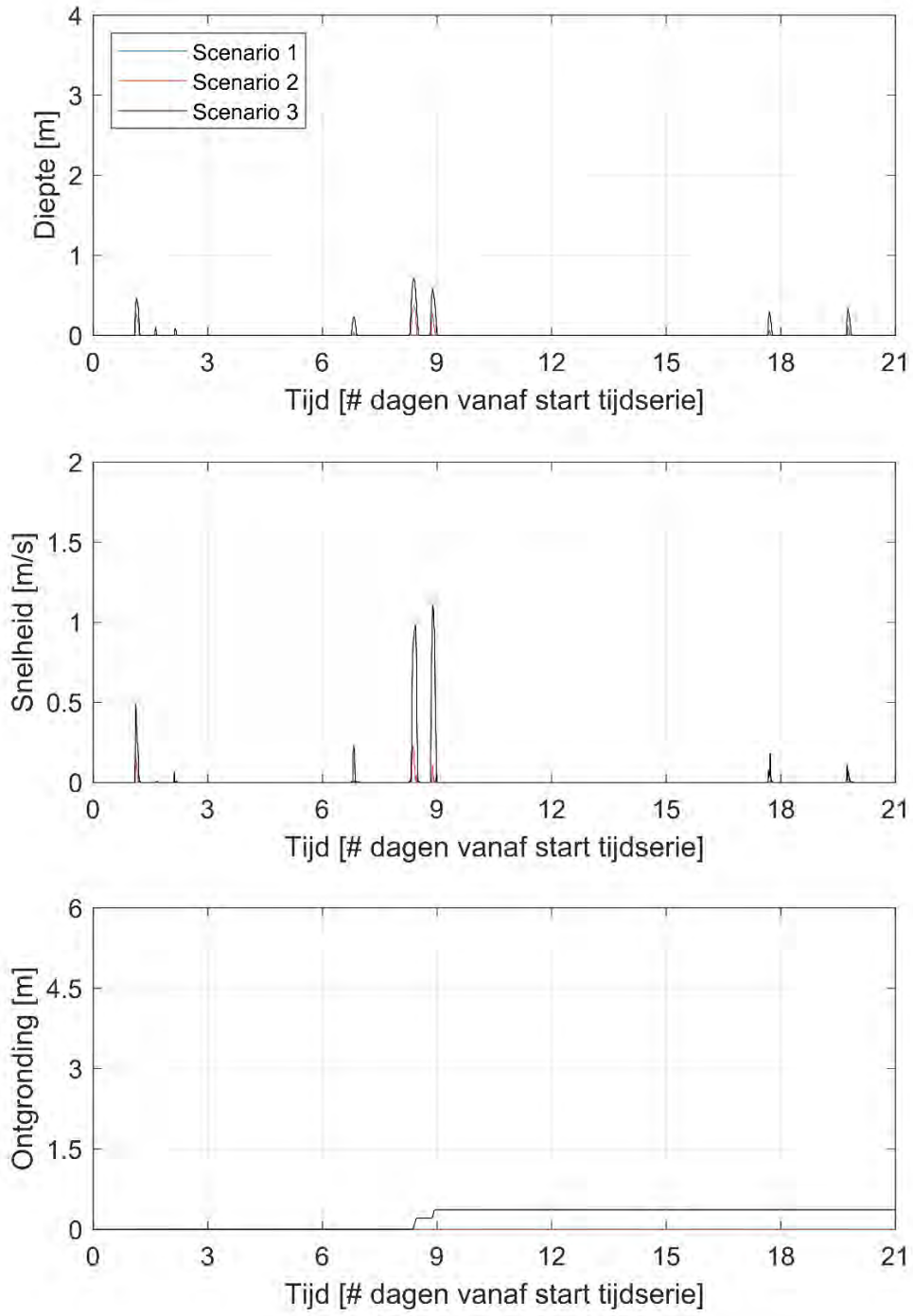
B Ontgrondingsgrafieken per windturbine

In deze bijlage worden ontgronding grafieken per windturbine gepresenteerd voor de twee beschouwde bodems. Deze bijlage bevat de volgende figuren:

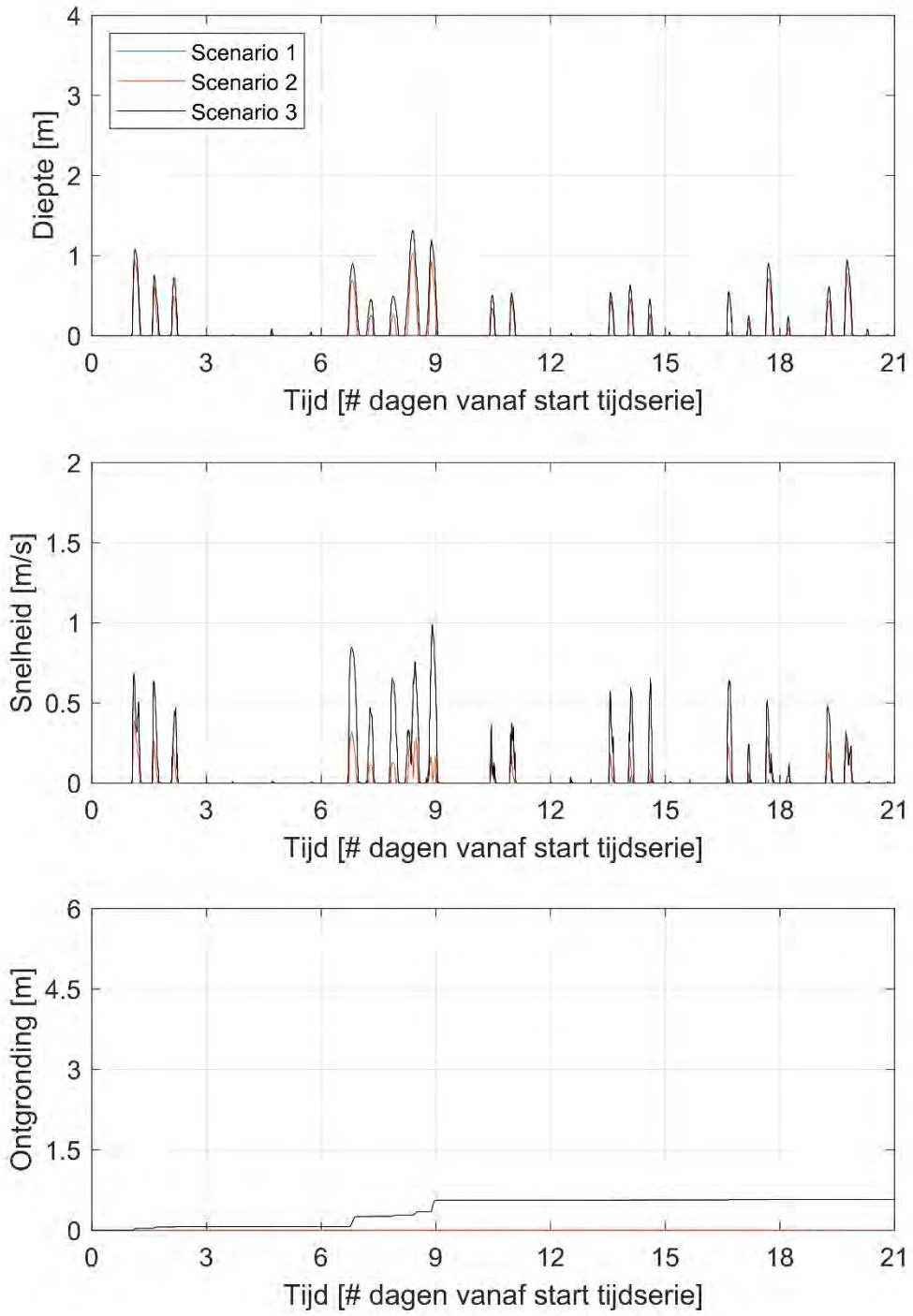
- Ontgronding per turbine voor scenario 1-3
- Ruimtelijk beeld van de ontgrondingen voor scenario 4-6 (1-, 10-, 100-jaarsstorm)
- Ontgronding per turbine inclusief onzekerheid voor de stormcondities.

B.1 Ontgrondingen per turbine voor scenario's 1-3

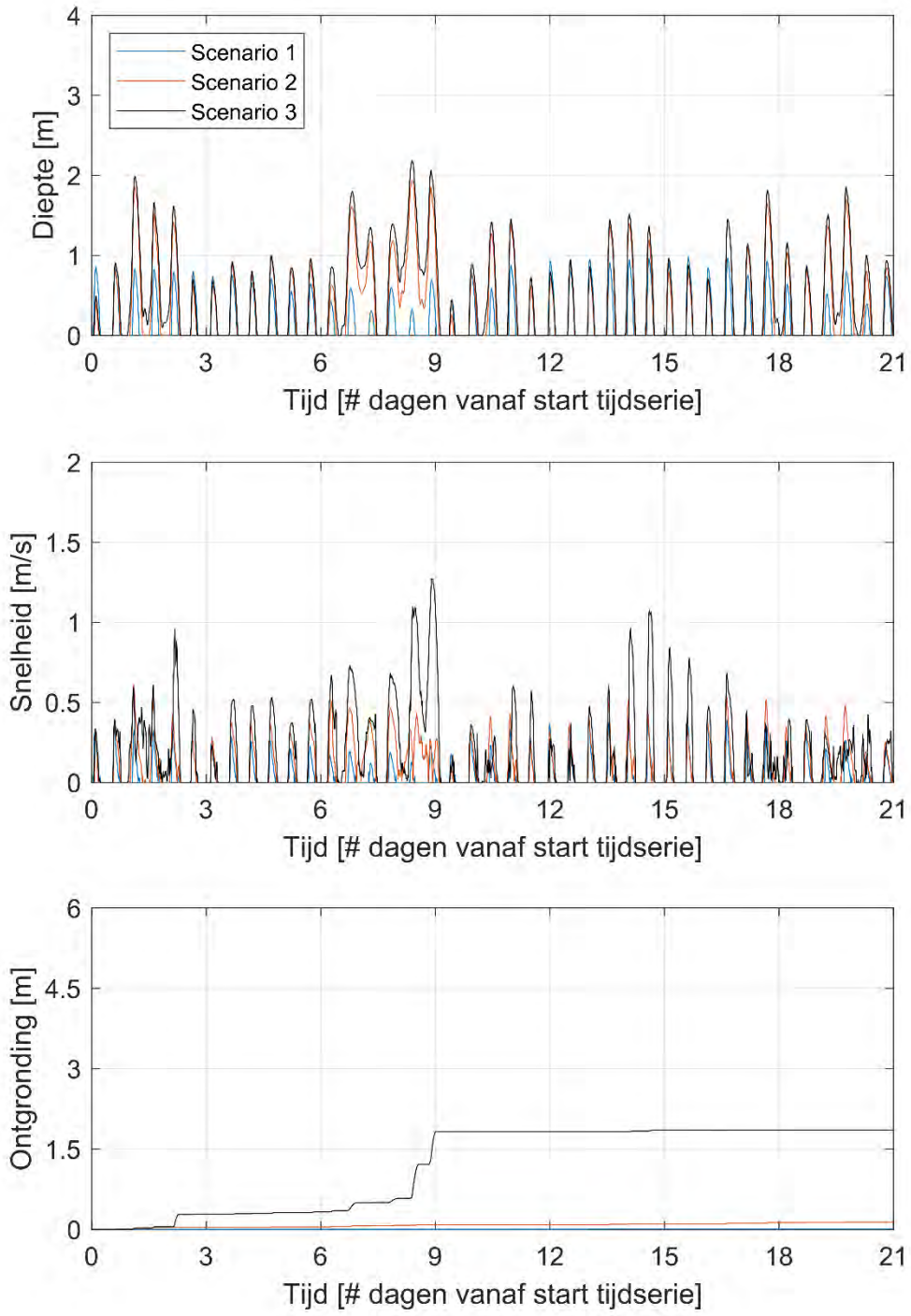
B.1.1.1. Bodemligging 2019



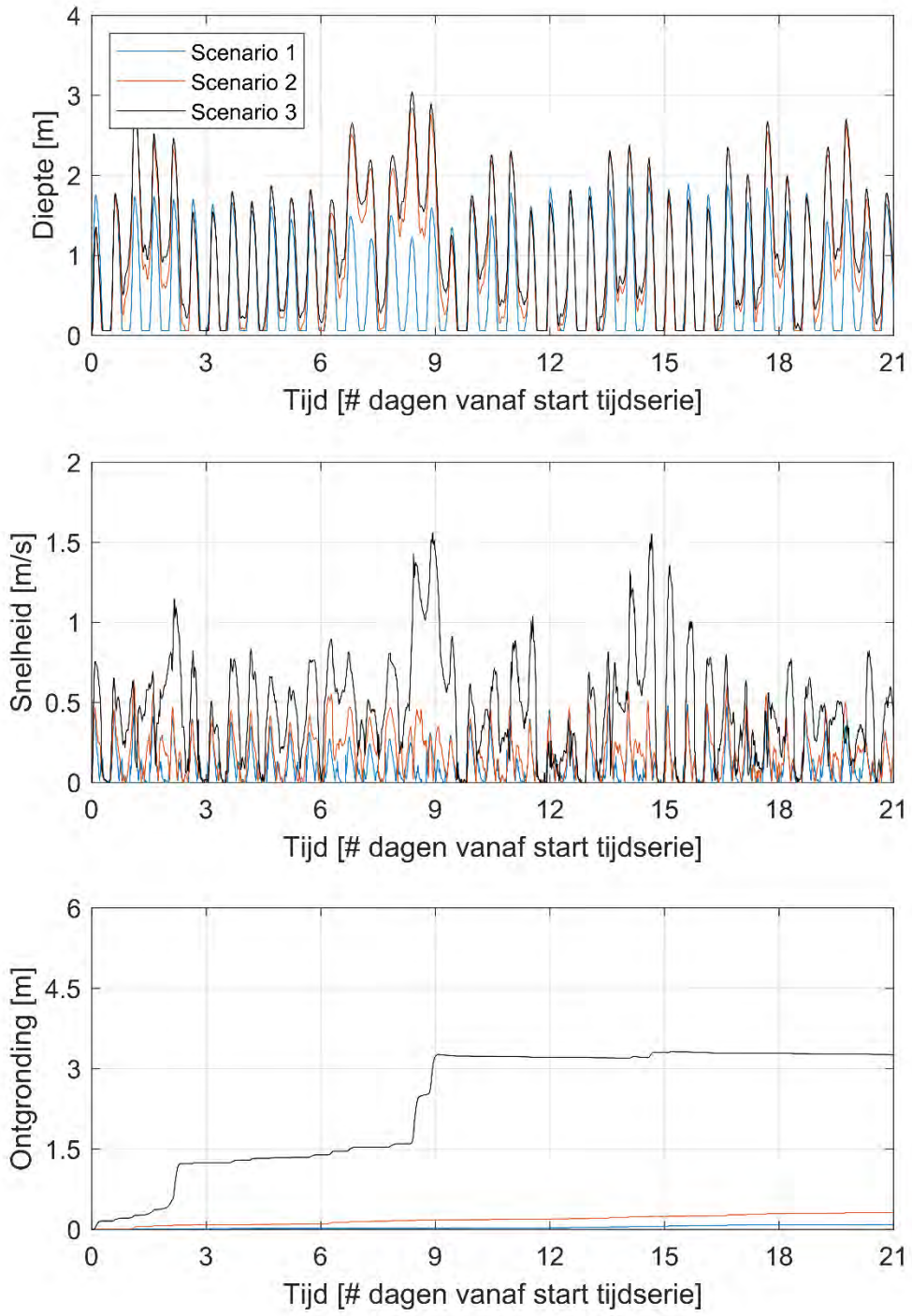
Figuur 7.1 Ontgronding voor windturbine 1 voor scenario 1-3



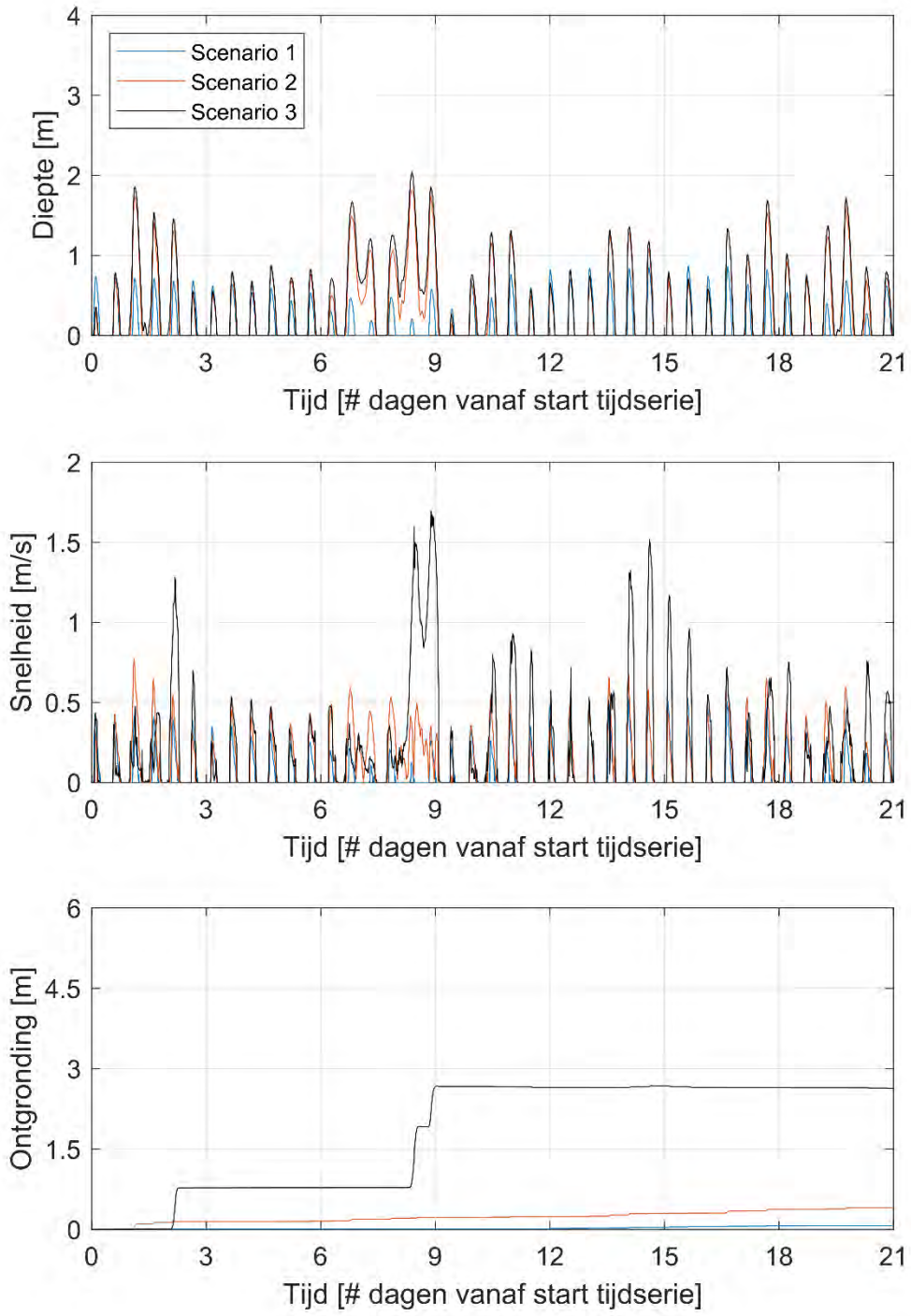
Figuur 7.2 - Ontgronding voor windturbine 2 voor scenario 1-3



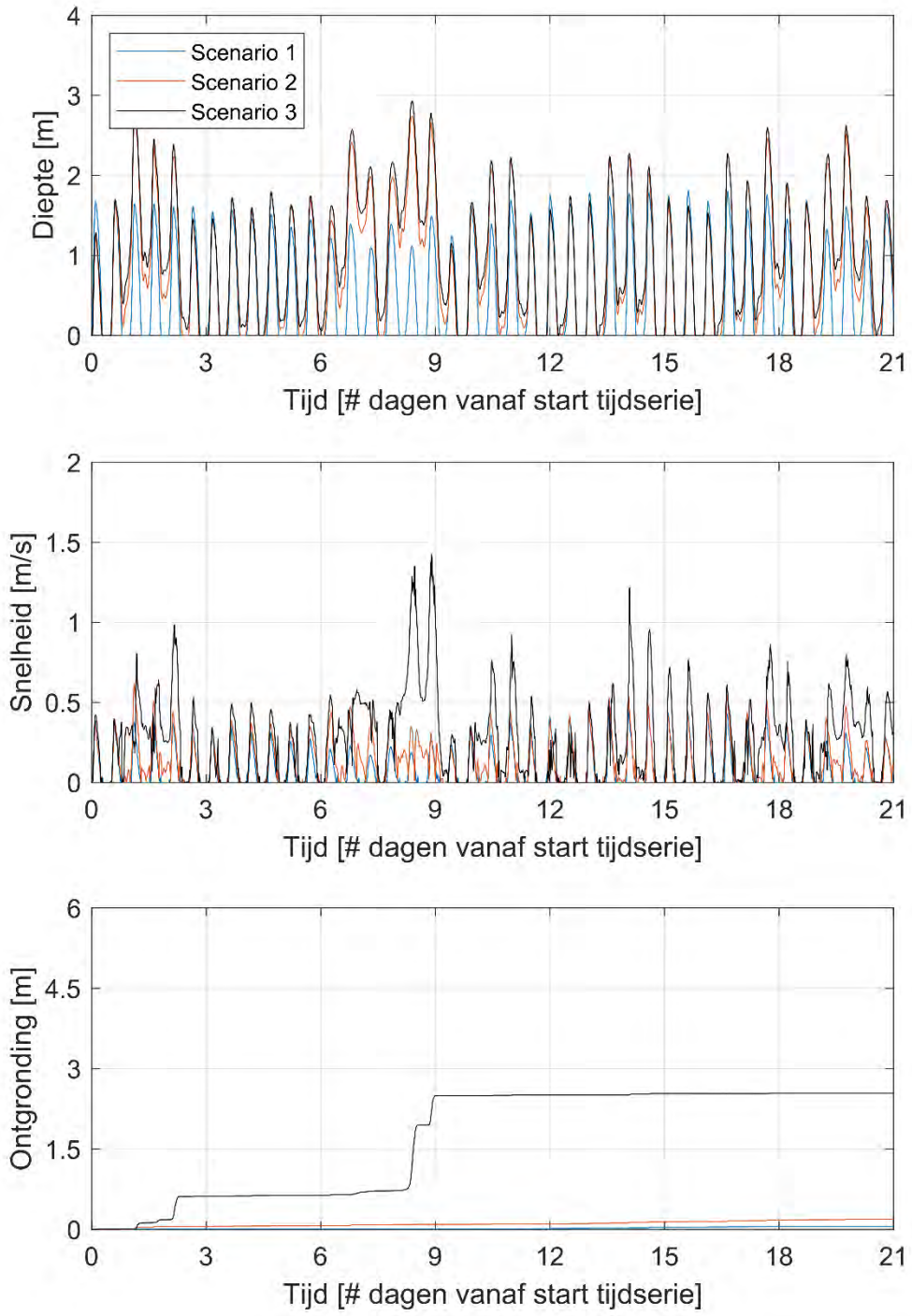
Figuur 7.3 Ontgronding voor windturbine 3 voor scenario 1-3



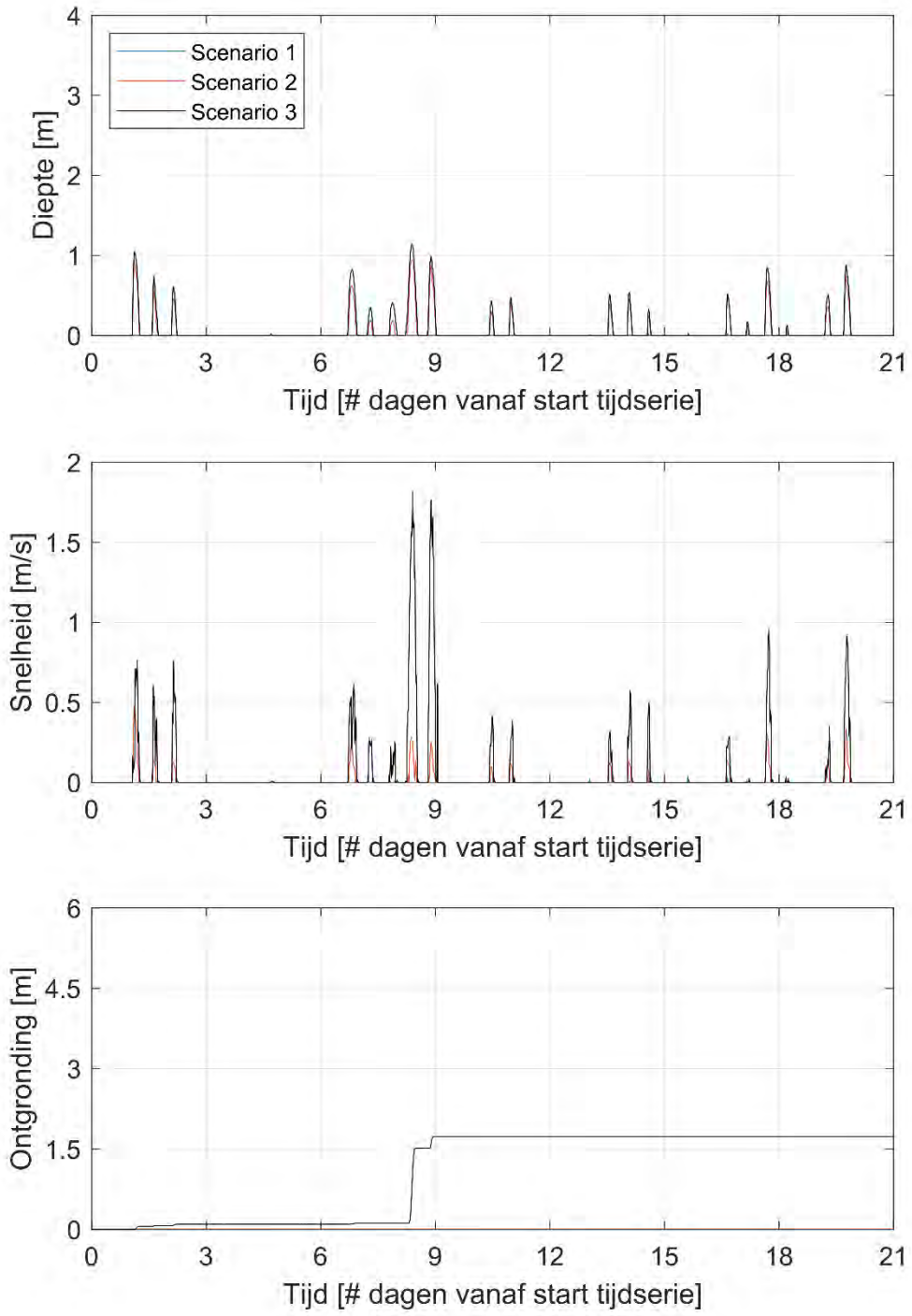
Figuur 7.4 Ontgronding voor windturbine 4 voor scenario 1-3



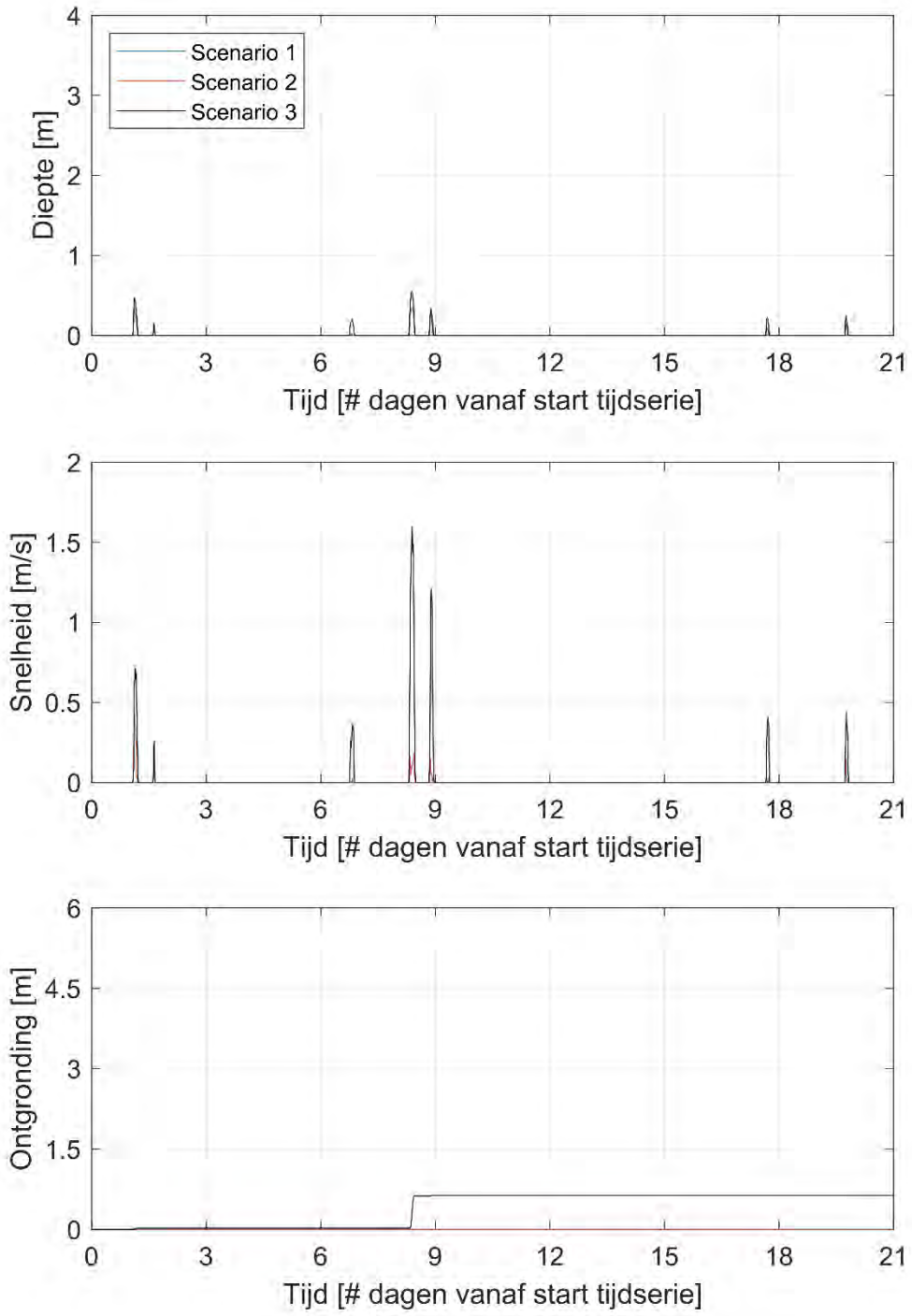
Figuur 7.5 Ontgronding voor windturbine 5 voor scenario 1-3



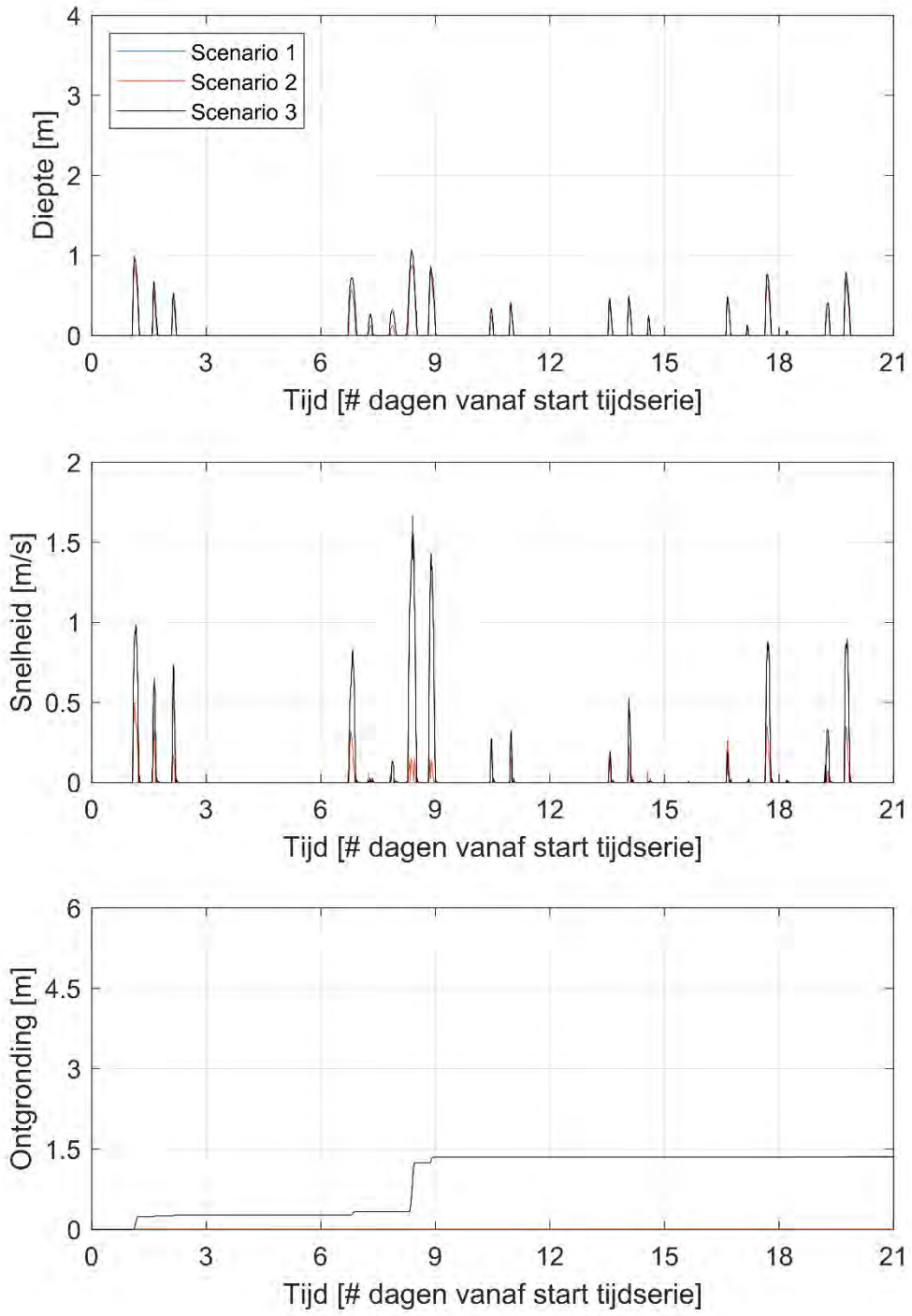
Figuur 7.6 Ontgronding voor windturbine 6 voor scenario 1-3



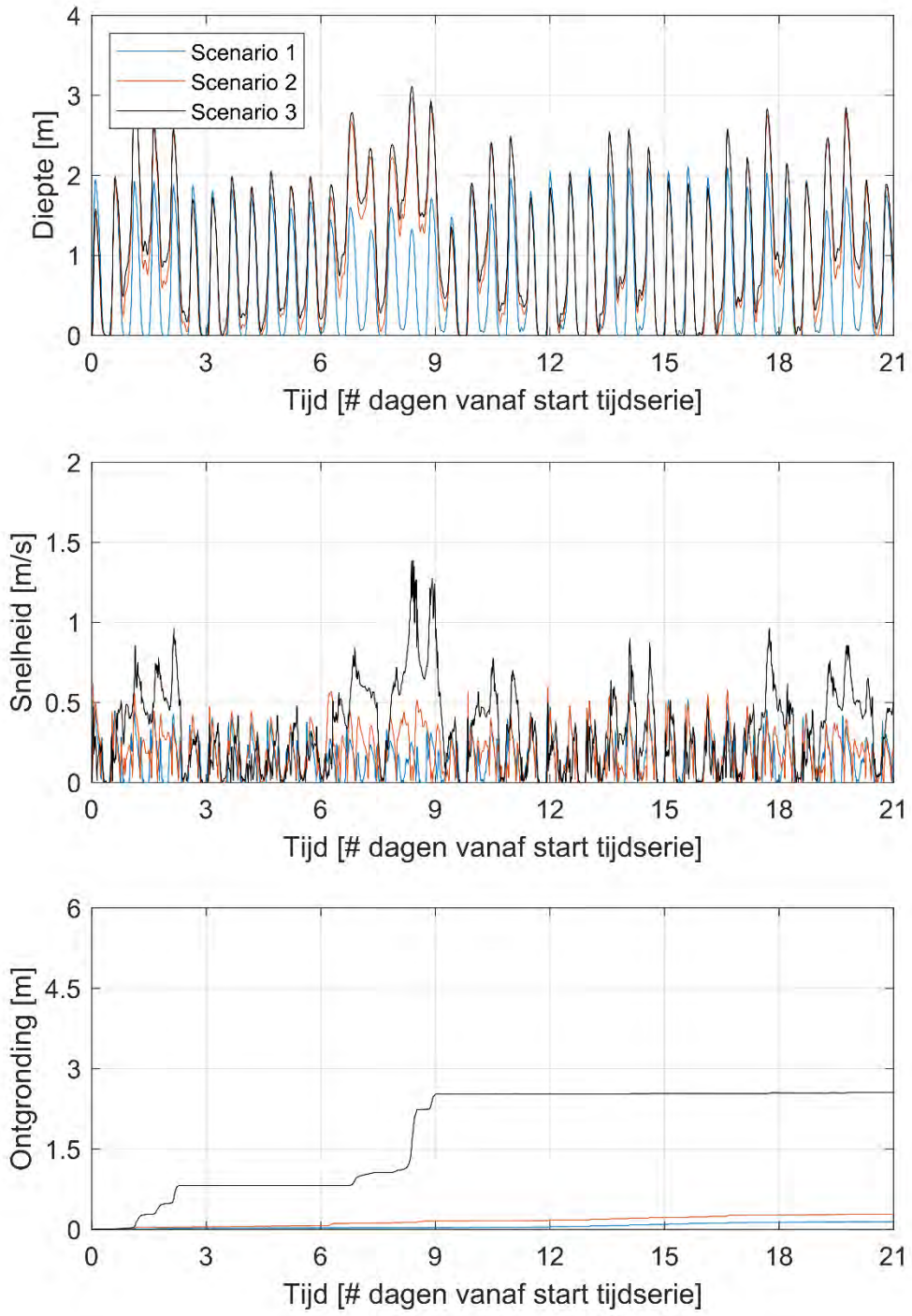
Figuur 7.7 Ontgronding voor windturbine 7 voor scenario 1-3



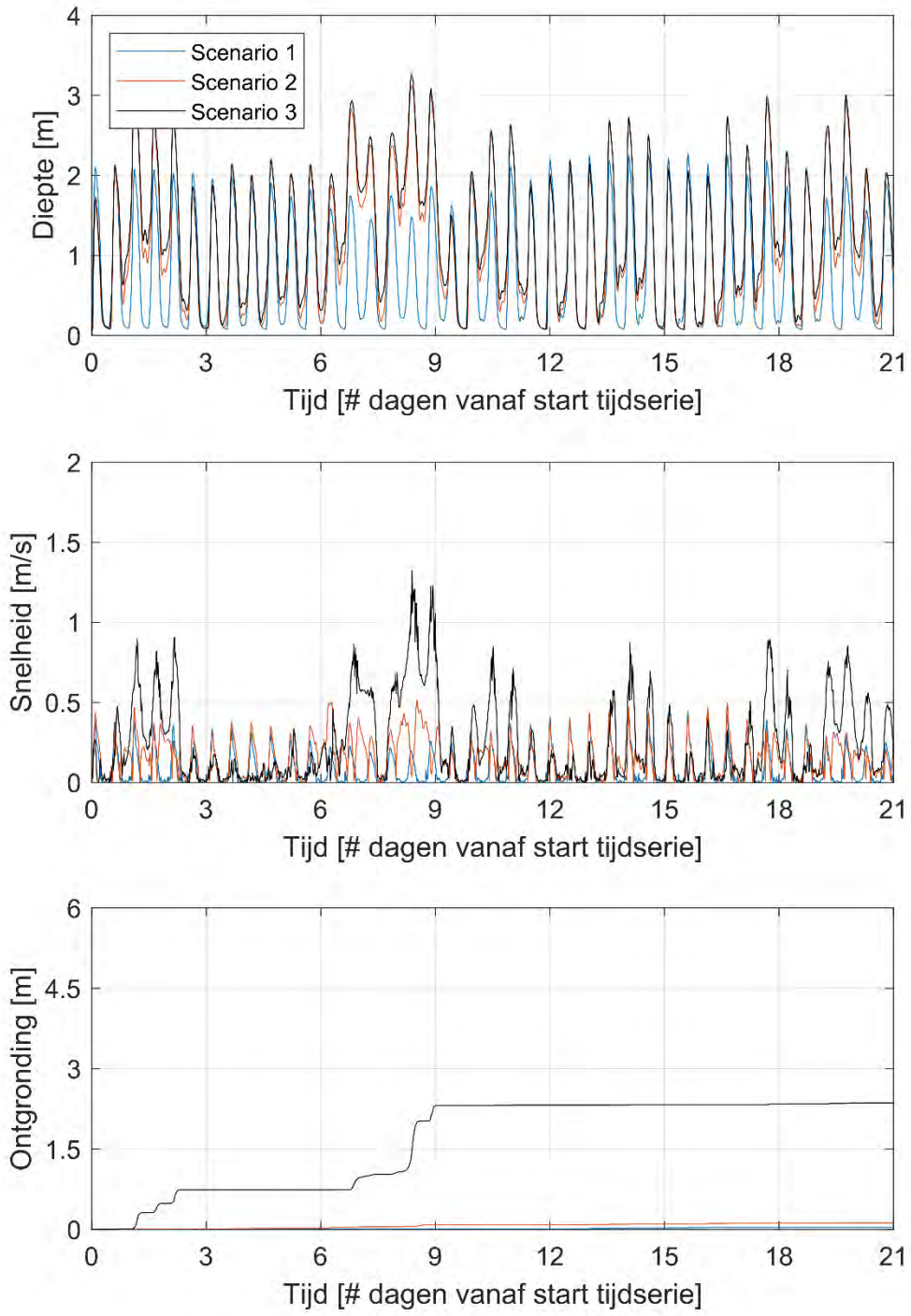
Figuur 7.8 Ontgronding voor windturbine 8 voor scenario 1-3



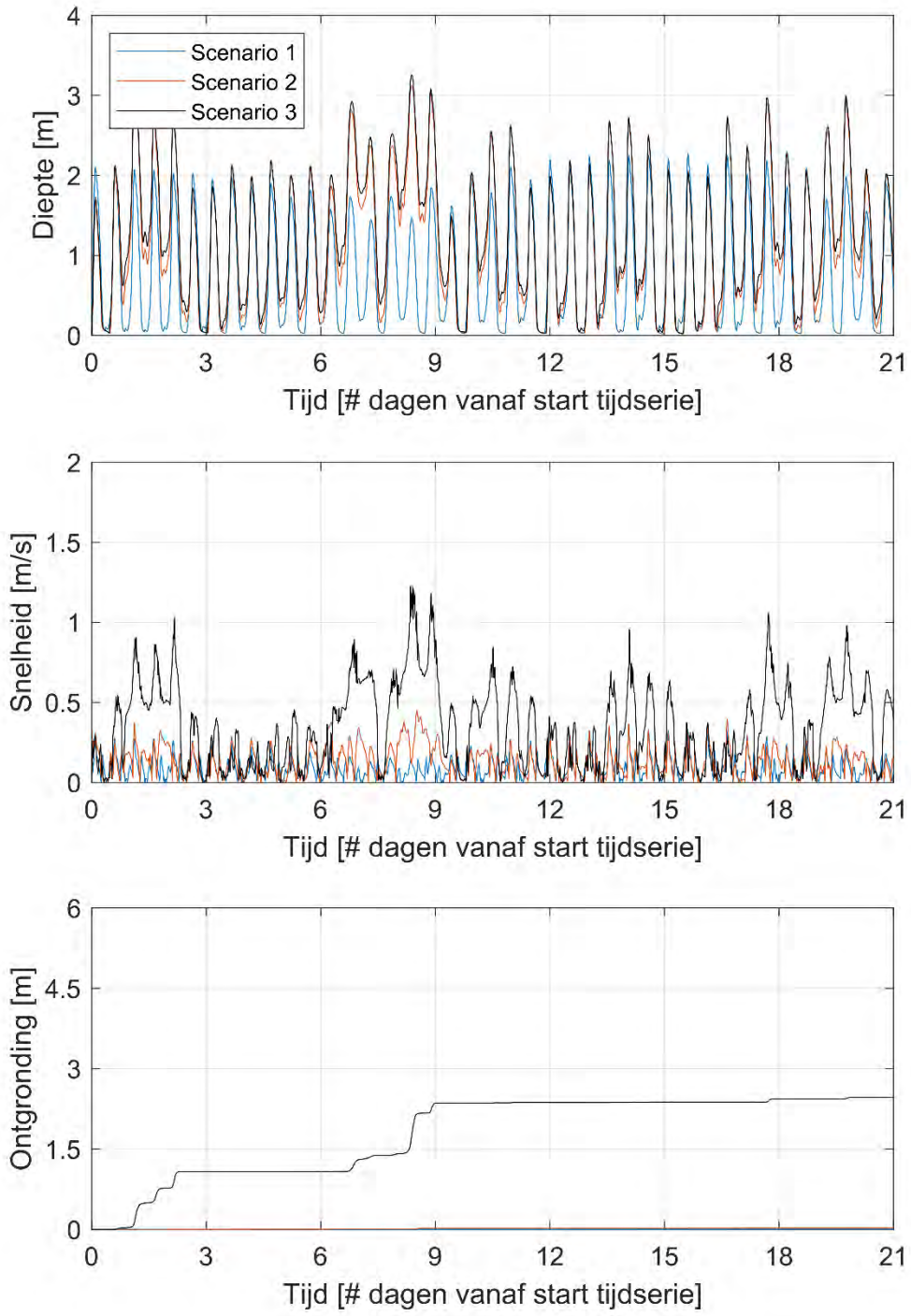
Figuur 7.9 Ontgronding voor windturbine 9 voor scenario 1-3



Figuur 7.10 Ontgronding voor windturbine 10 voor scenario 1-3

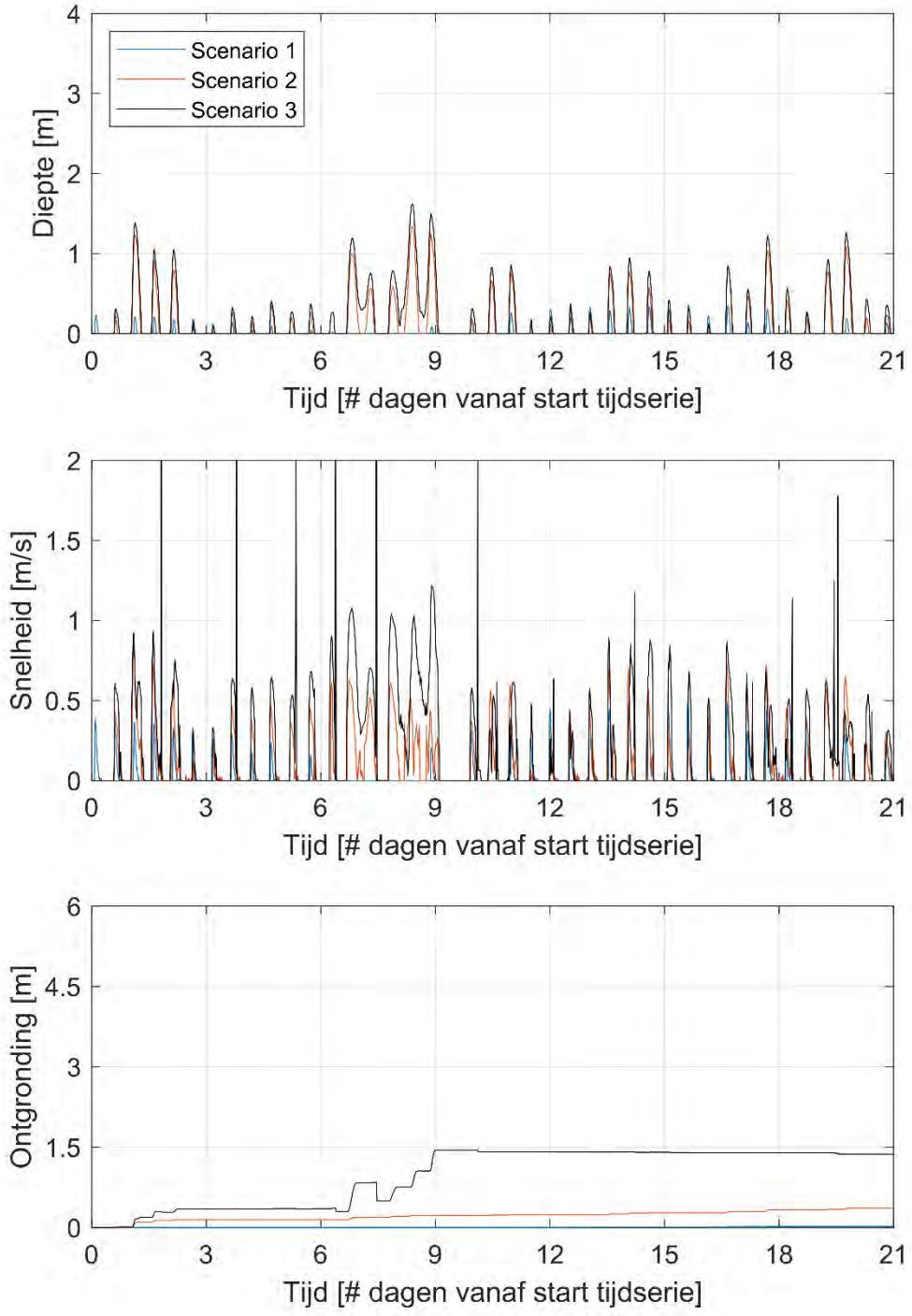


Figuur 7.11 Ontgronding voor windturbine 11 voor scenario 1-3

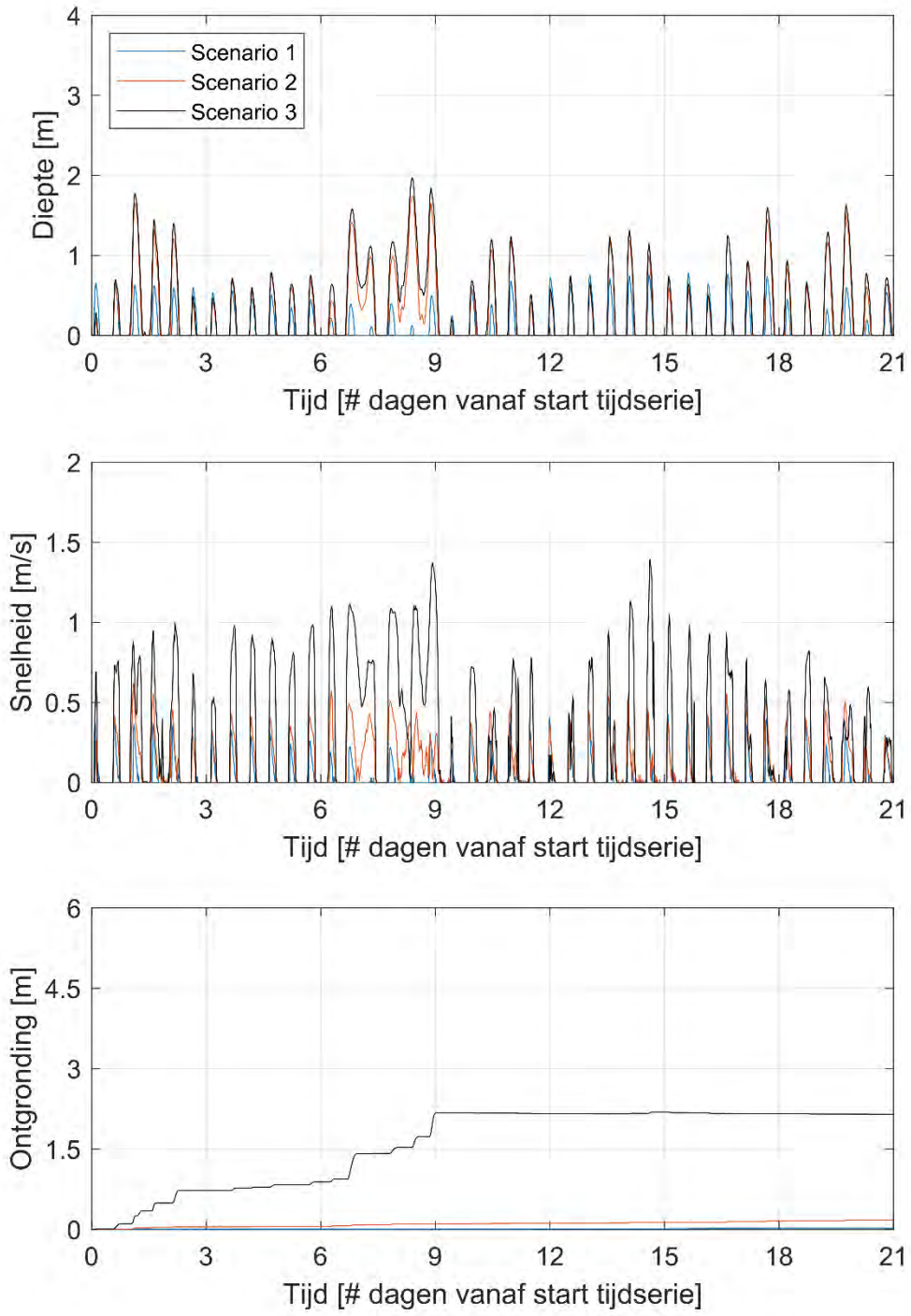


Figuur 7.12 Ontgronding voor windturbine 12 voor scenario 1-3

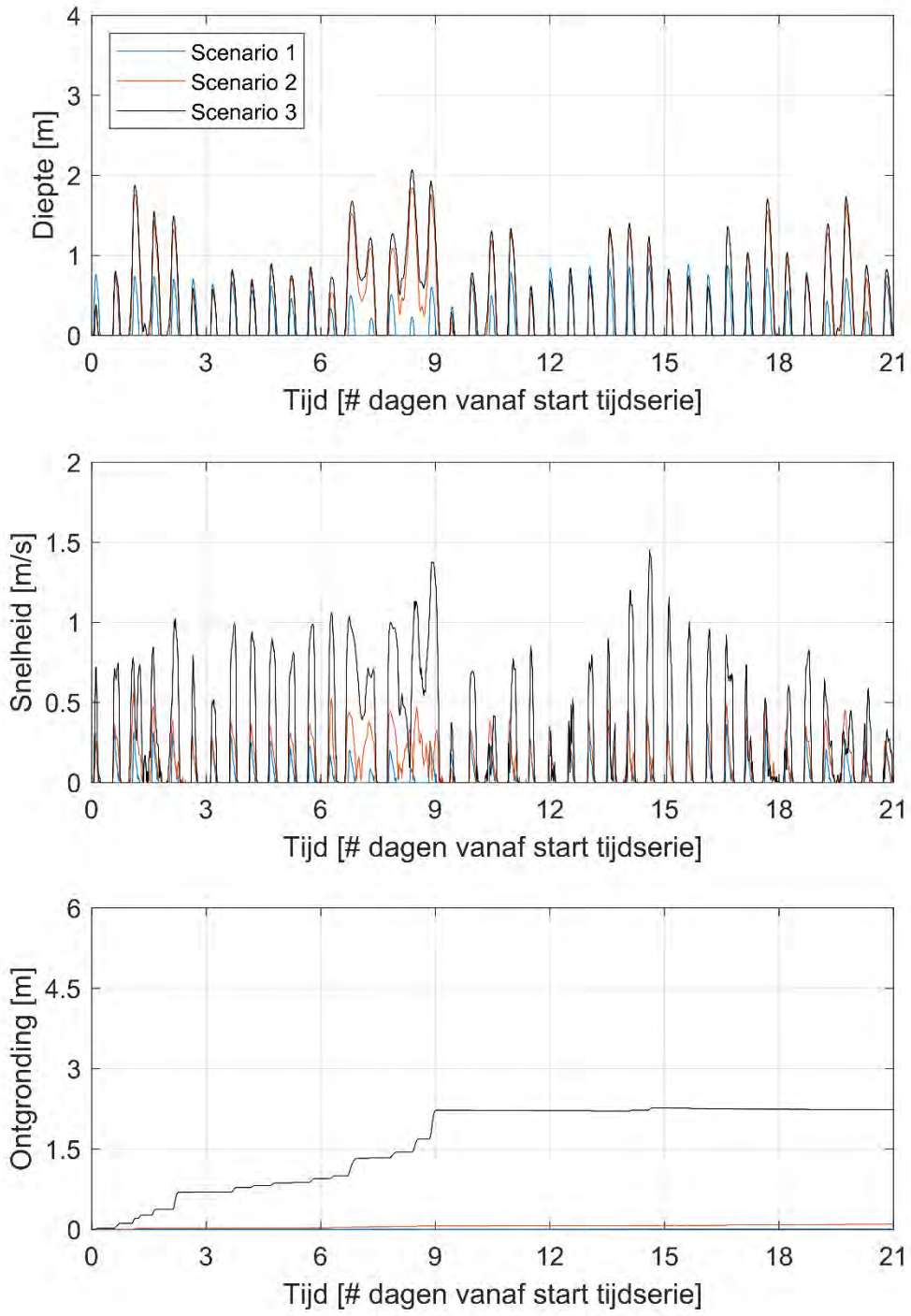
B.1.1.2. Ontwerpbodem



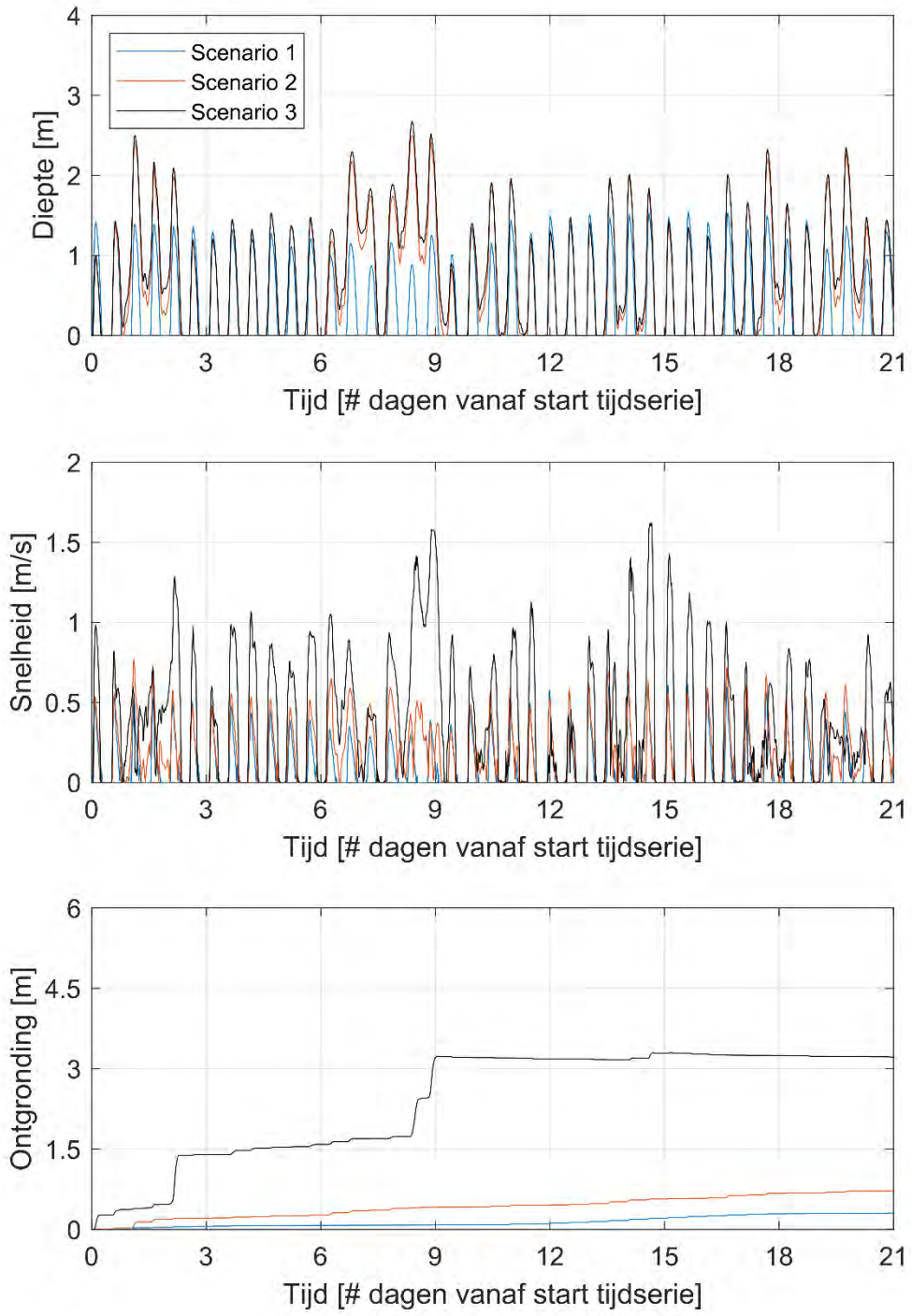
Figuur 7.13 Ontgronding voor windturbine 1 voor scenario 1-3.



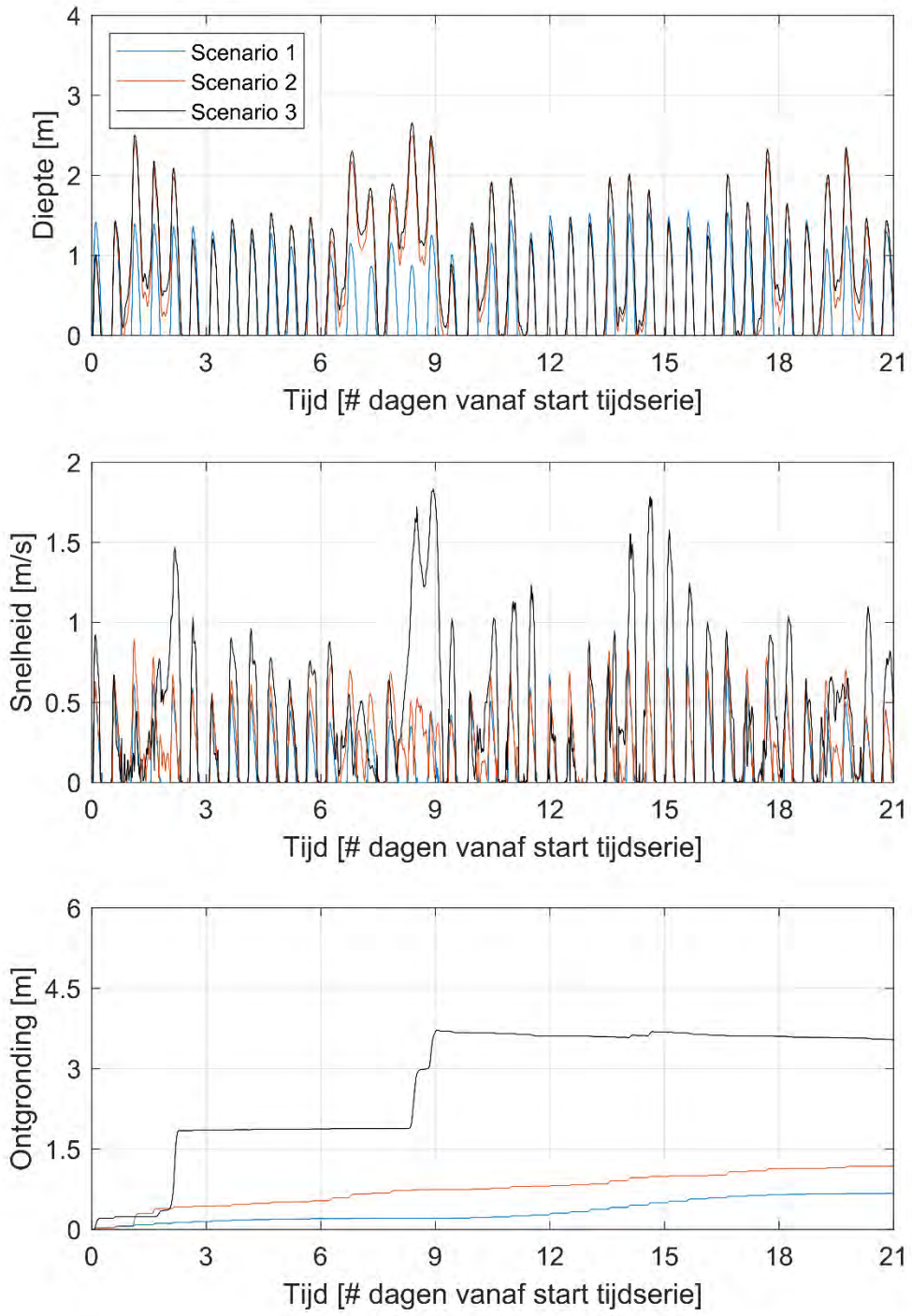
Figuur 7.14 Ontgronding voor windturbine 2 voor scenario 1-3



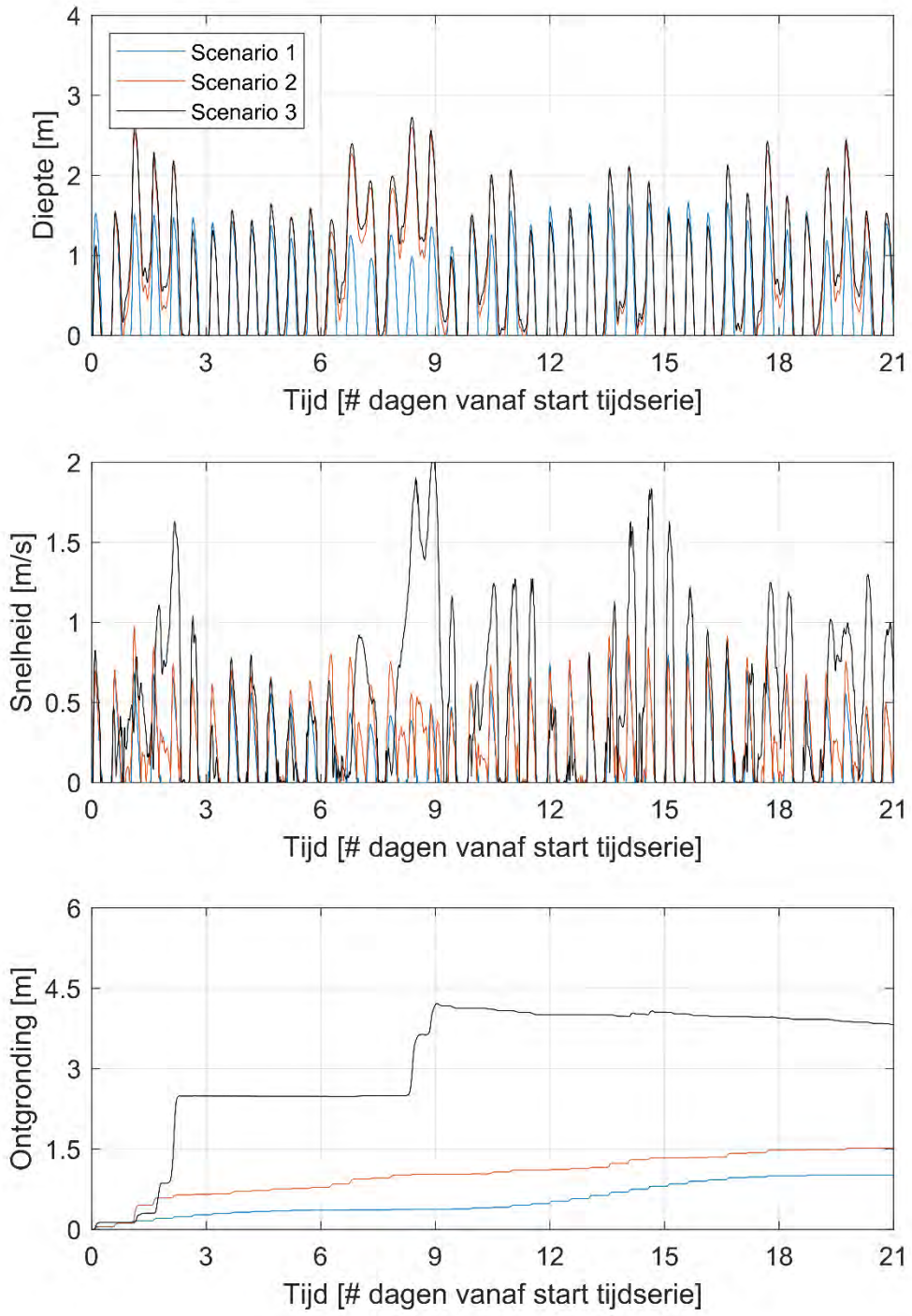
Figuur 7.15 Ontgronding voor windturbine 3 voor scenario 1-3



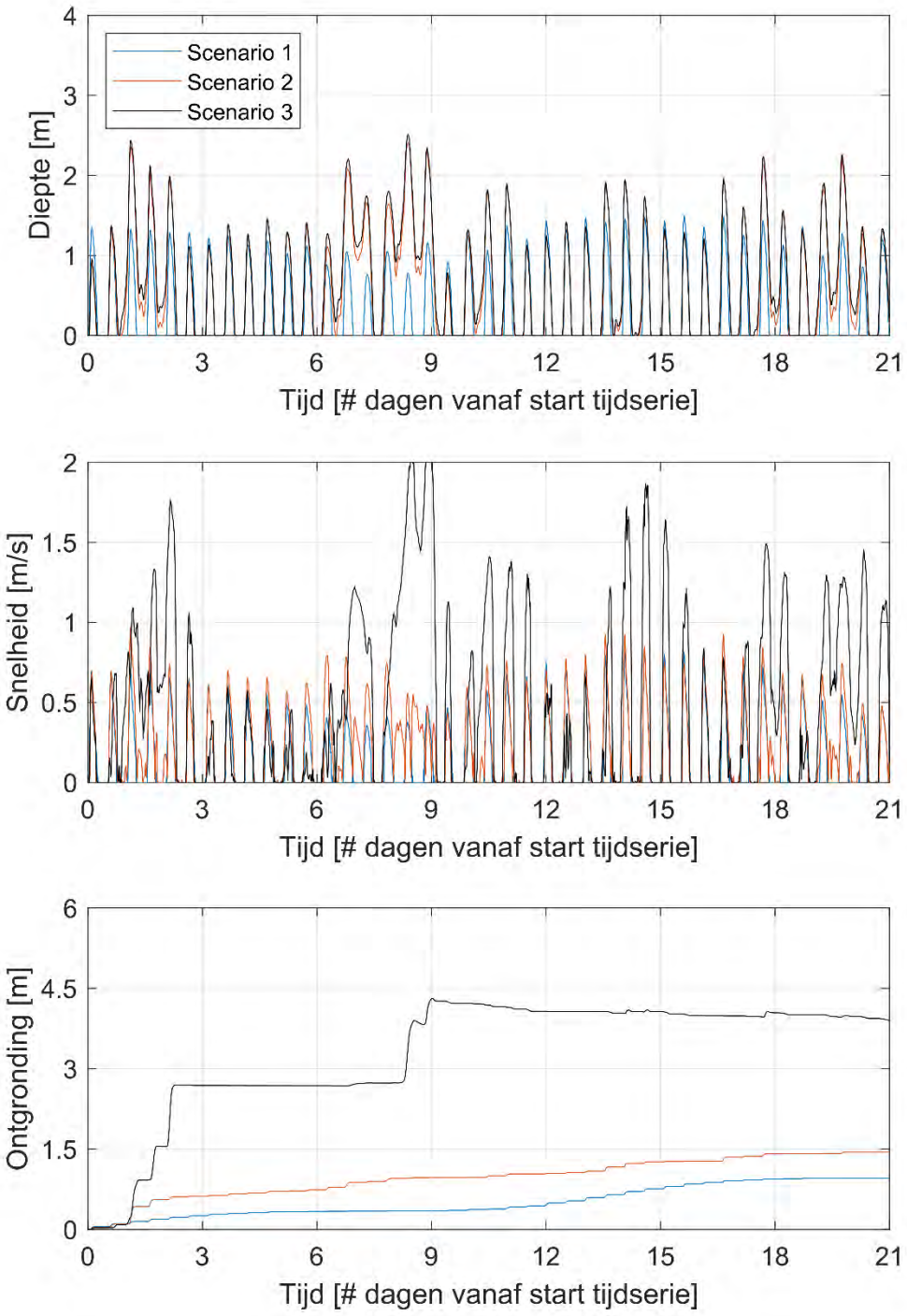
Figuur 7.16 Ontgronding voor windturbine 4 voor scenario 1-3



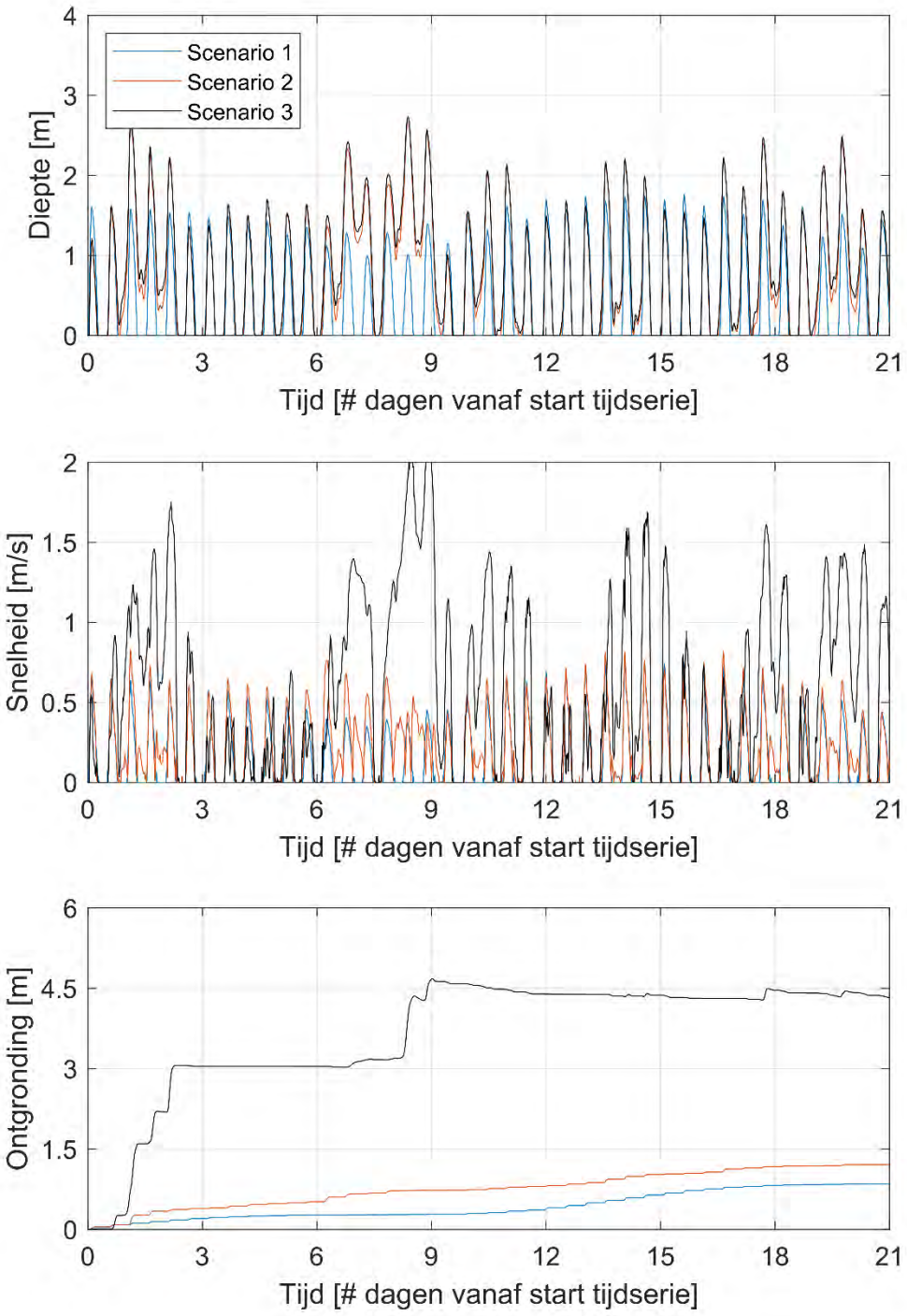
Figuur 7.17 Ontgronding voor windturbine 5 voor scenario 1-3



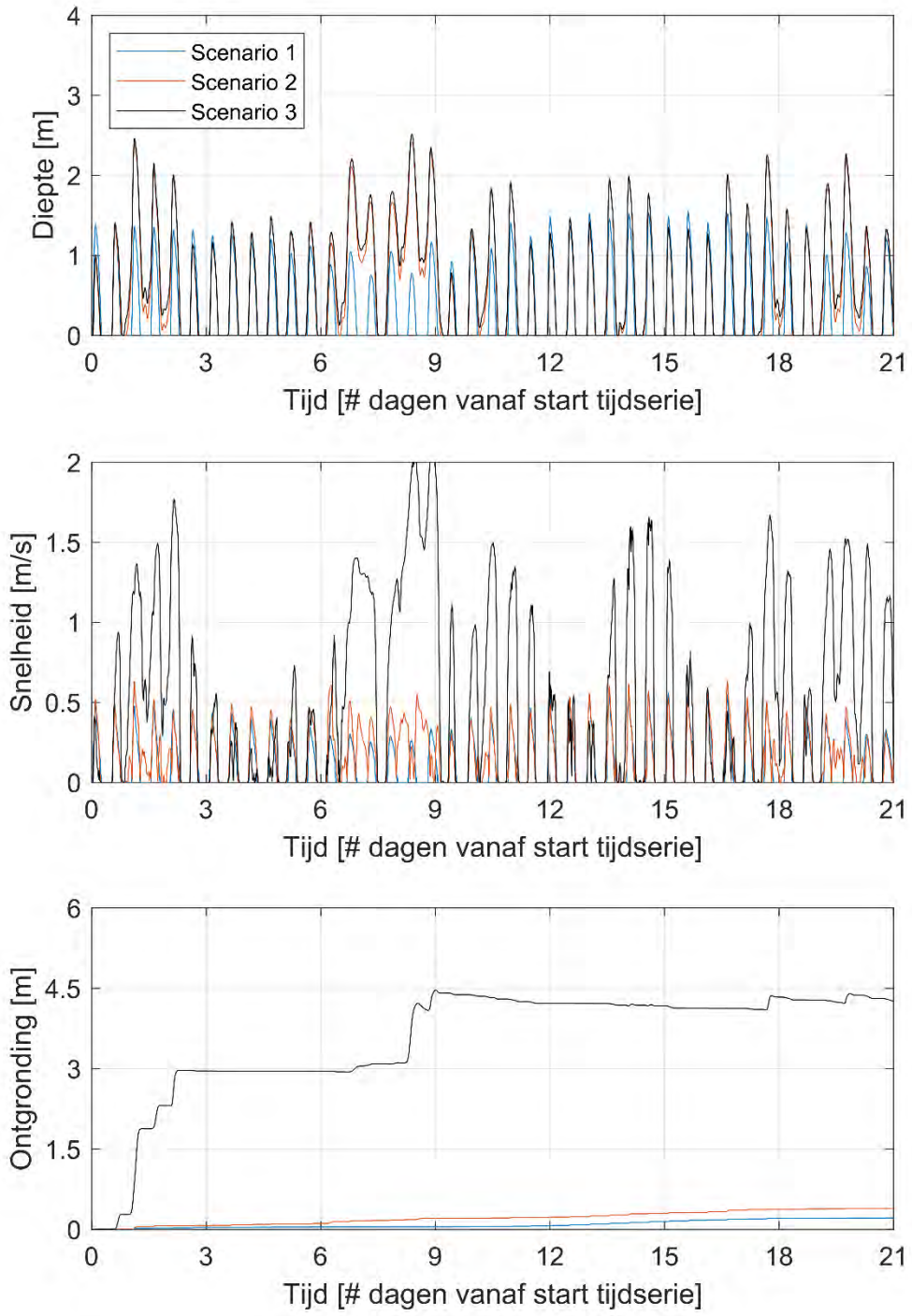
Figuur 7.18 Ontgronding voor windturbine 6 voor scenario 1-3



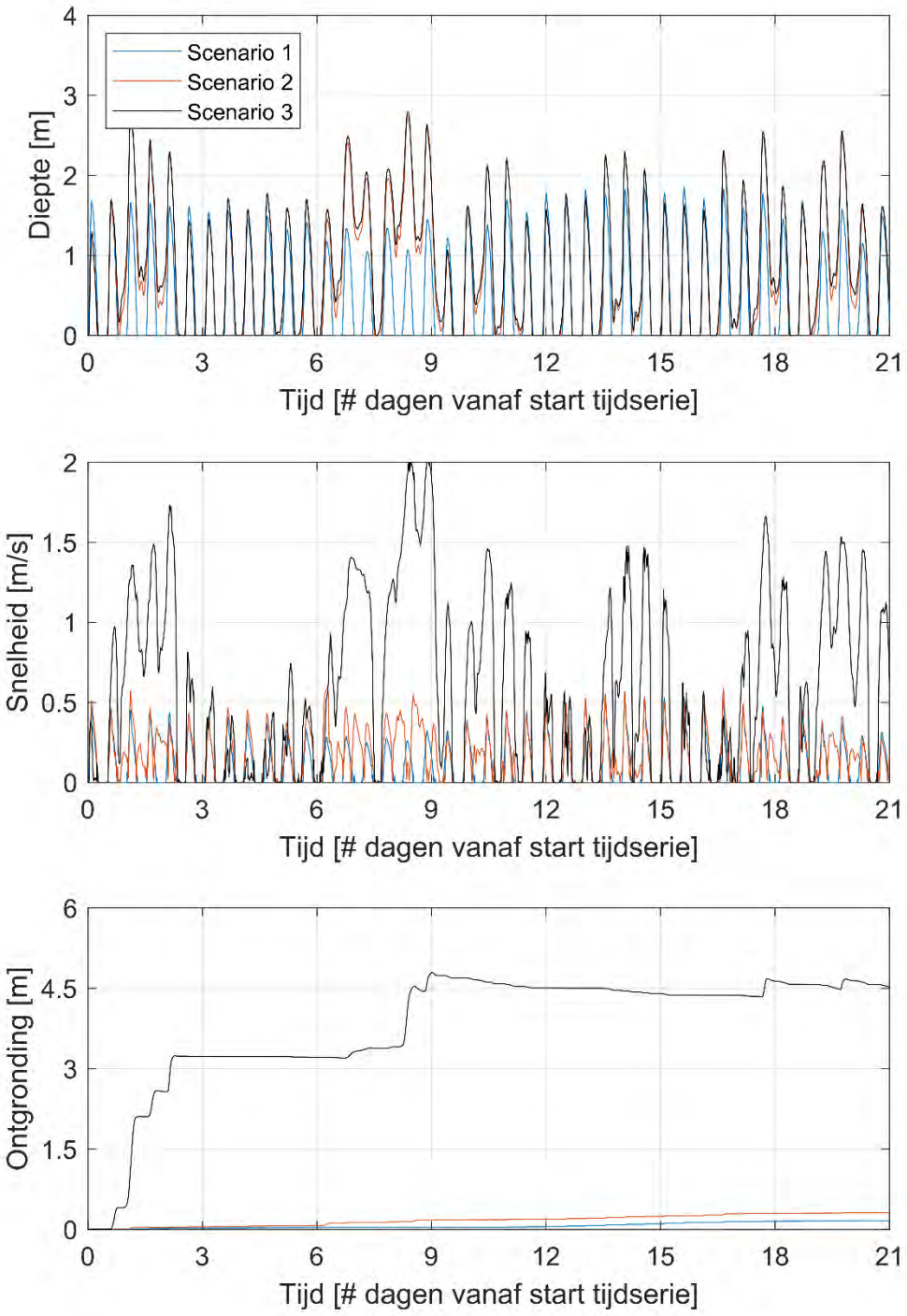
Figuur 7.19 Ontgronding voor windturbine 7 voor scenario 1-3



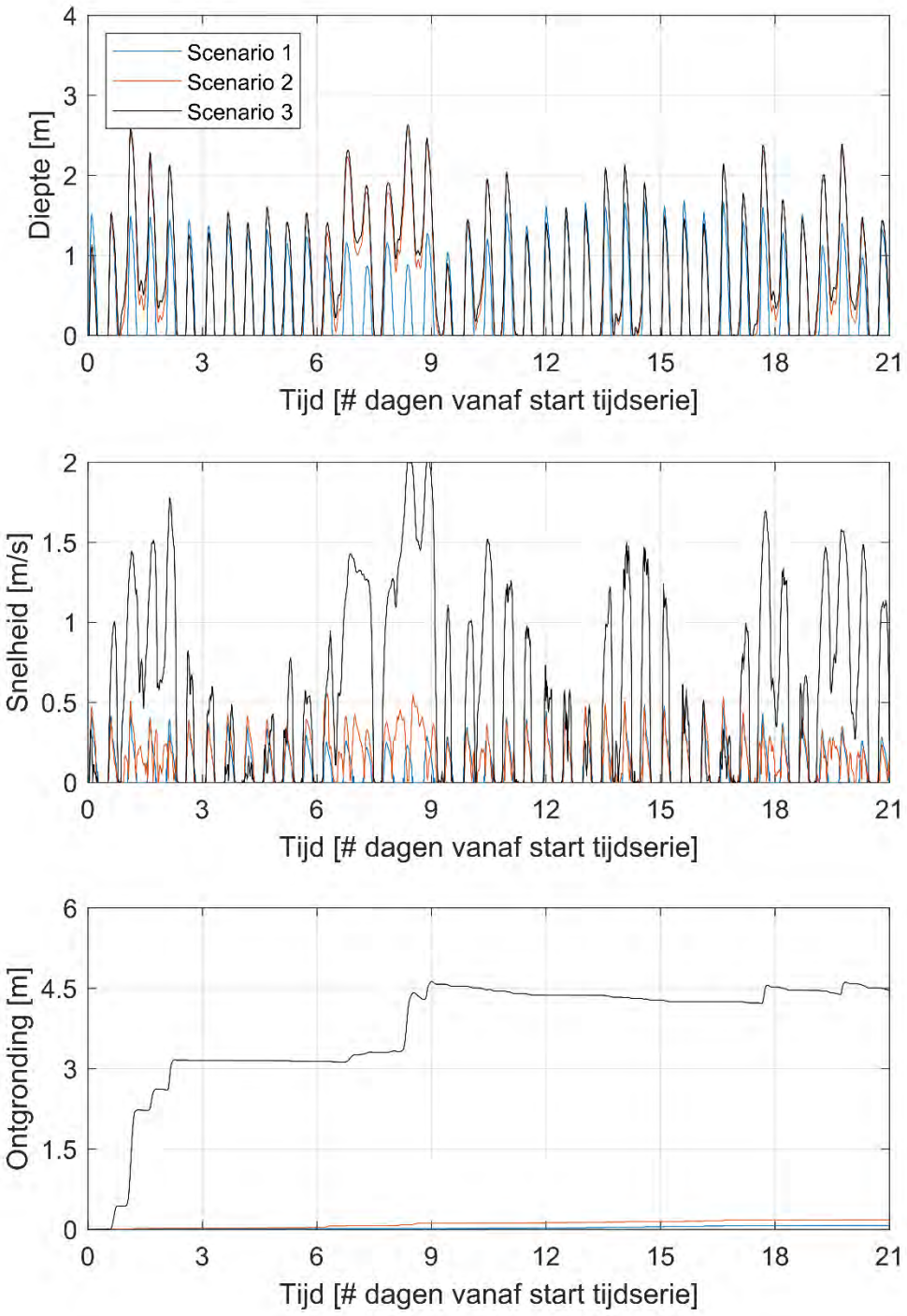
Figuur 7.20 Ontgronding voor windturbine 8 voor scenario 1-3



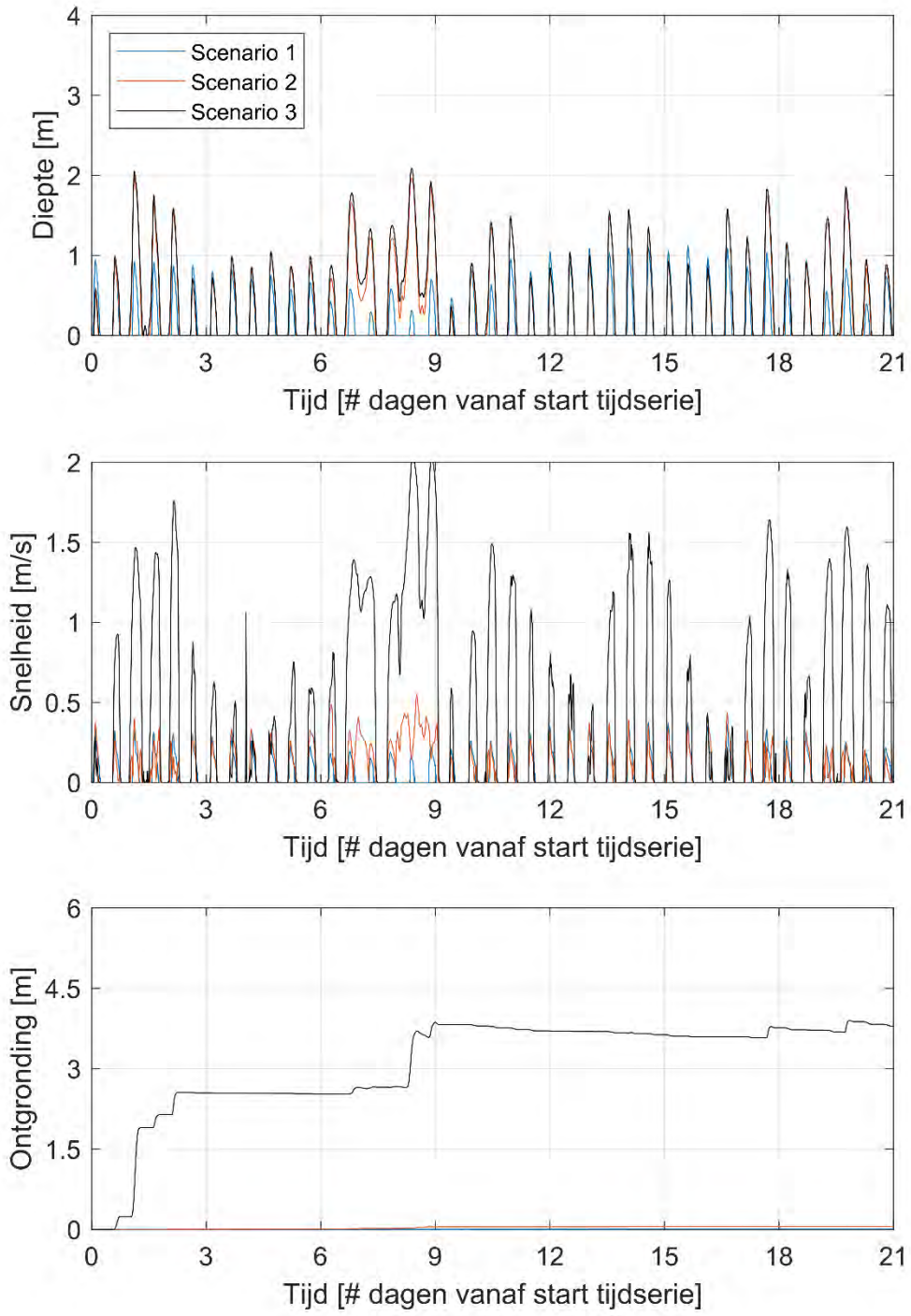
Figuur 7.21 – Ontgronding voor windturbine 9 voor scenario 1-3



Figuur 7.22 Ontgronding voor windturbine 10 voor scenario 1-3



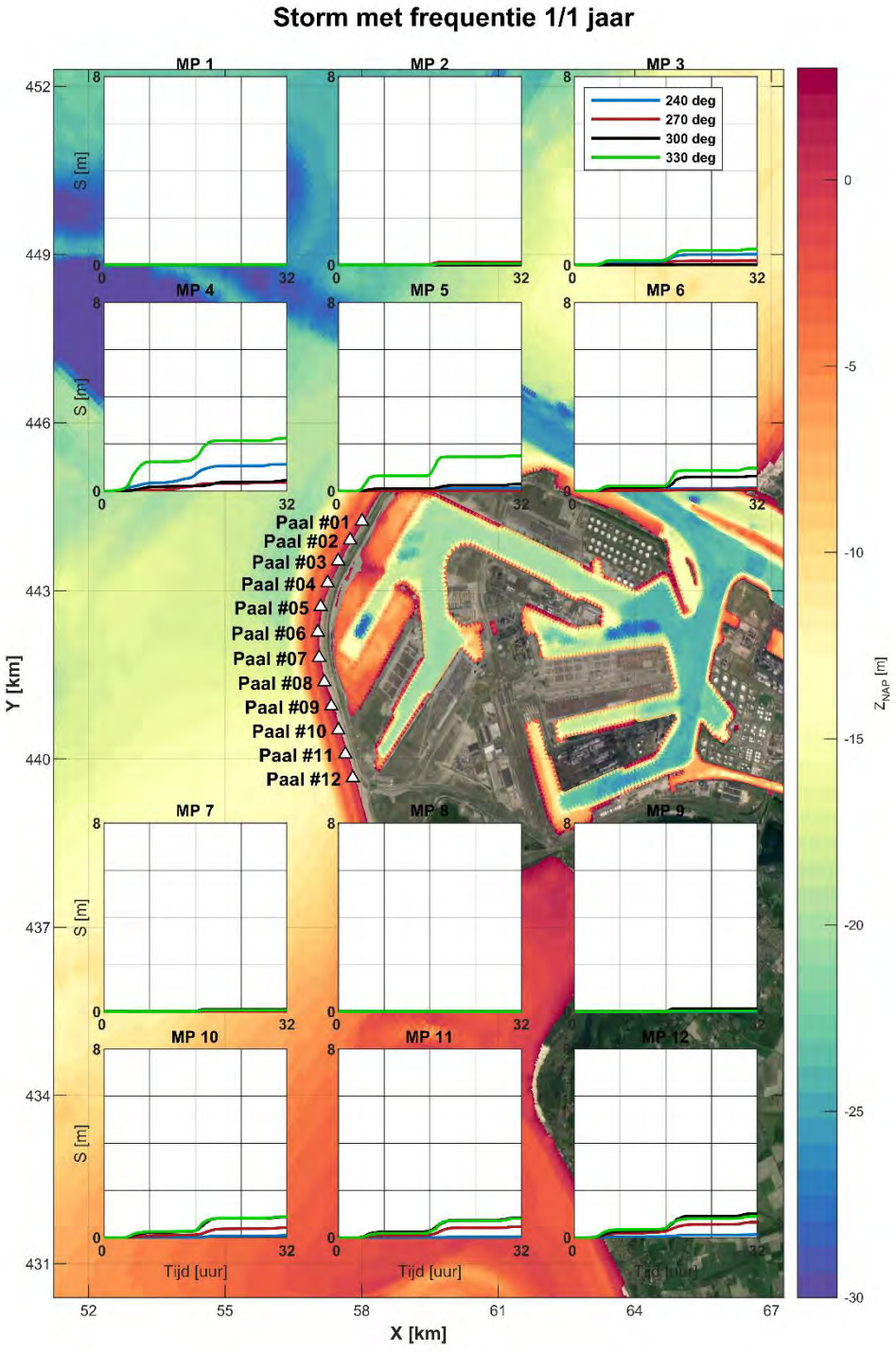
Figuur 7.23 Ontgronding voor windturbine 11 voor scenario 1-3



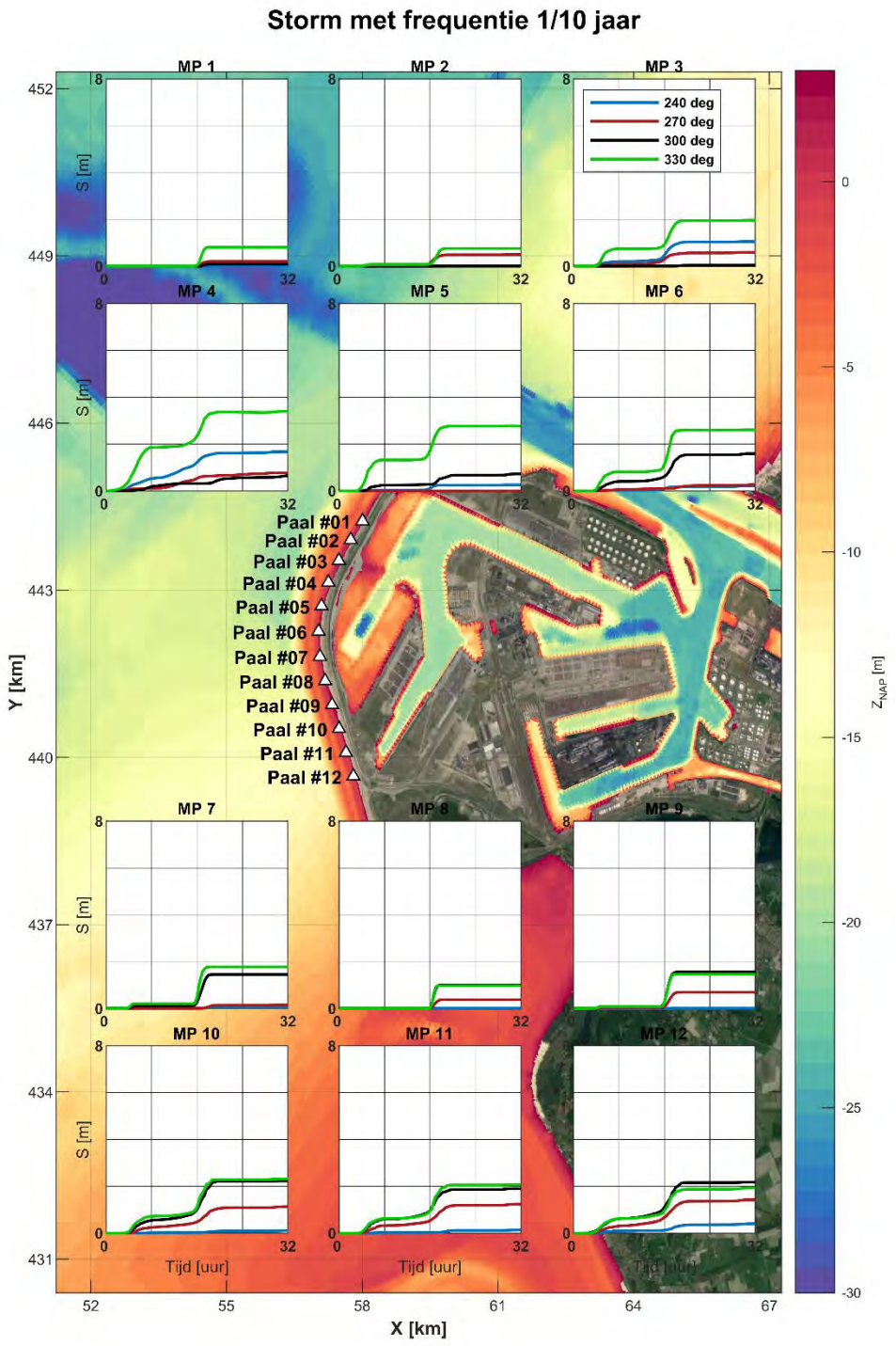
Figuur 7.24 Ontgronding voor windturbine 12 voor scenario 1-3

B.2 Ruimtelijk beeld van de ontgrondingen voor scenario's 4-6

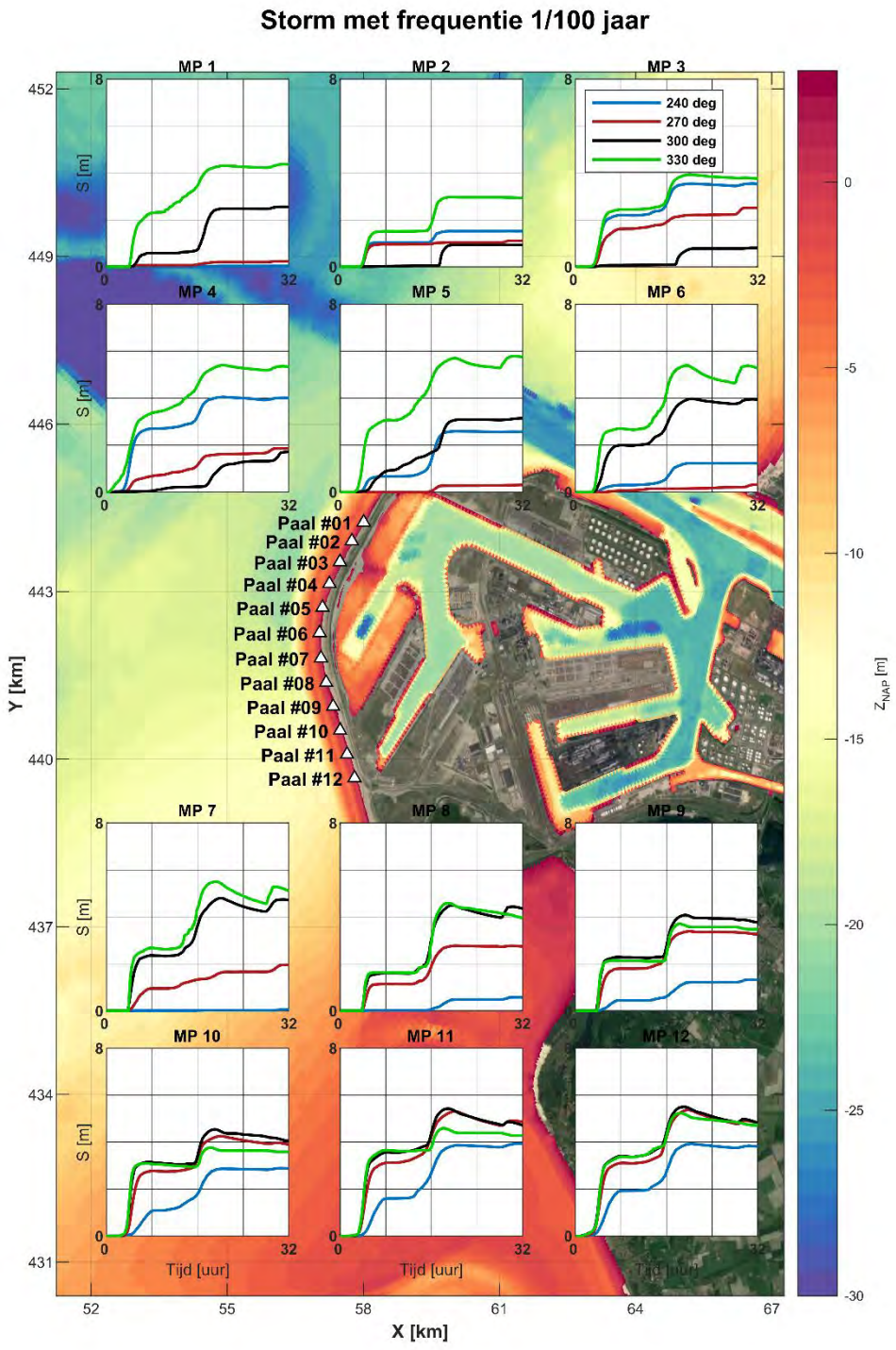
B.2.1 Bodemligging 2019



Figuur 7.25 Berekende ontgronding voor de 1-jaarsstorm

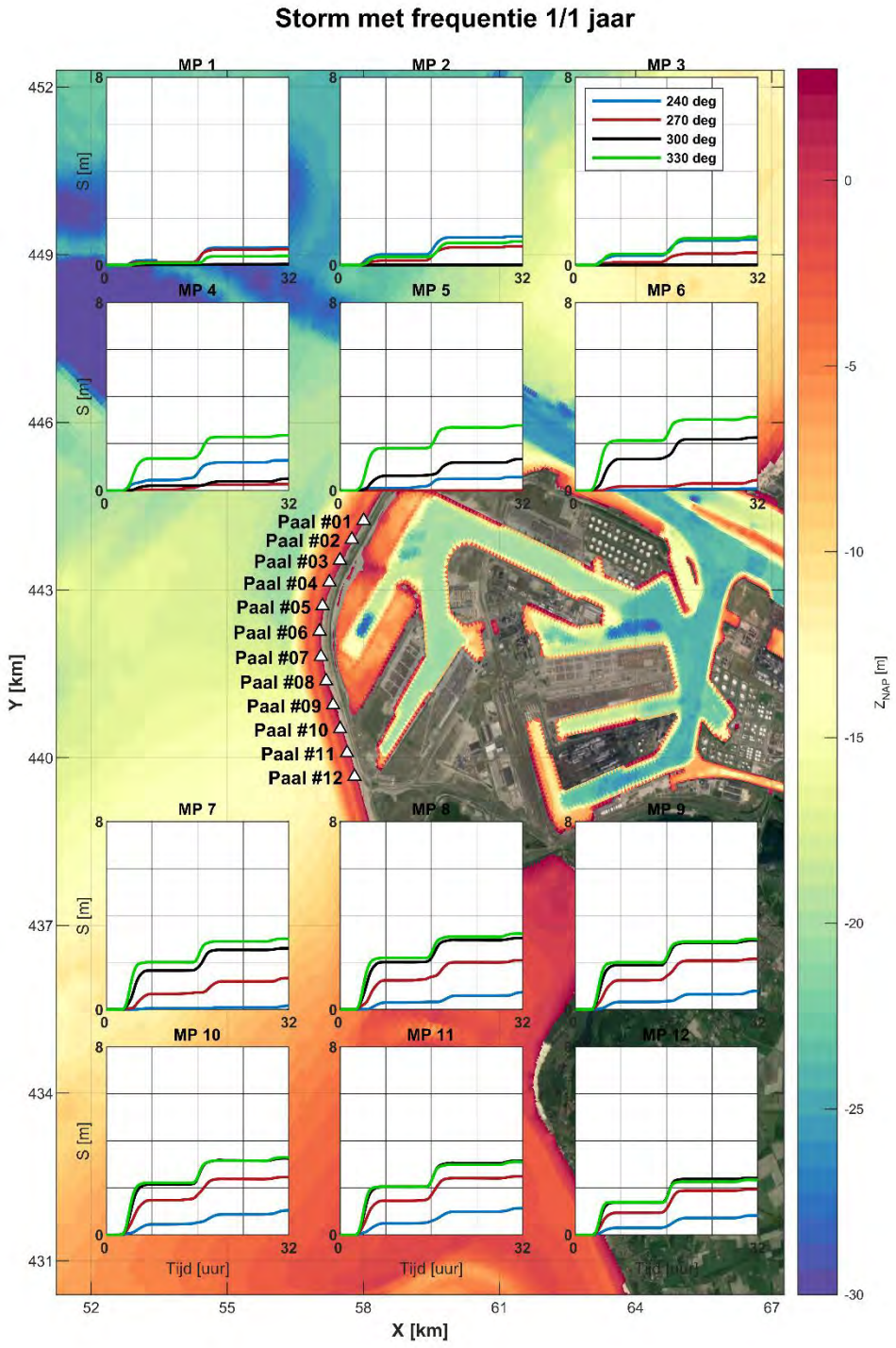


Figuur 7.26 Berekende ontgronding voor de 10-jaarsstorm

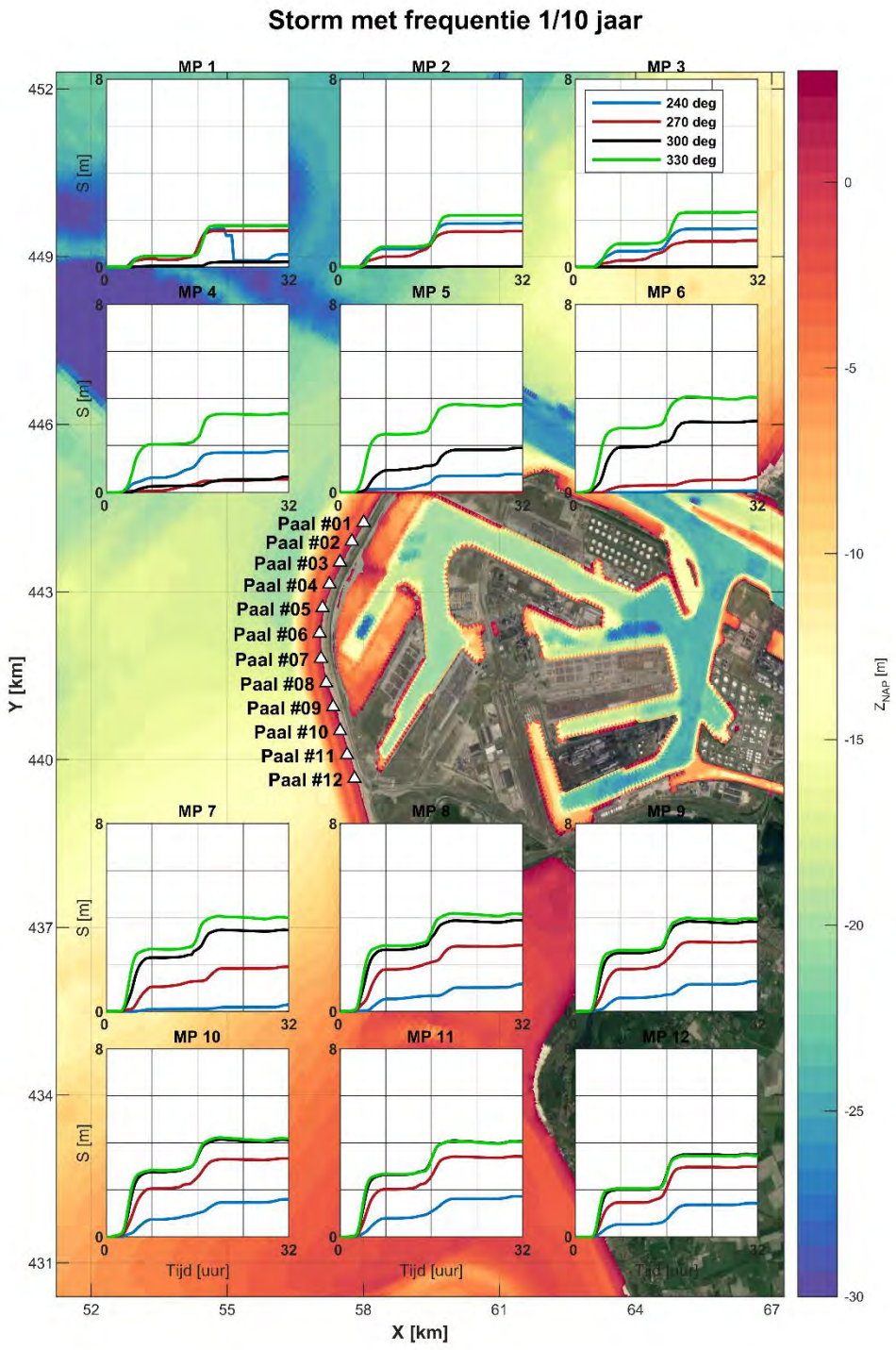


Figuur 7.27 Berekende ontgronding voor de 100-jaarsstorm

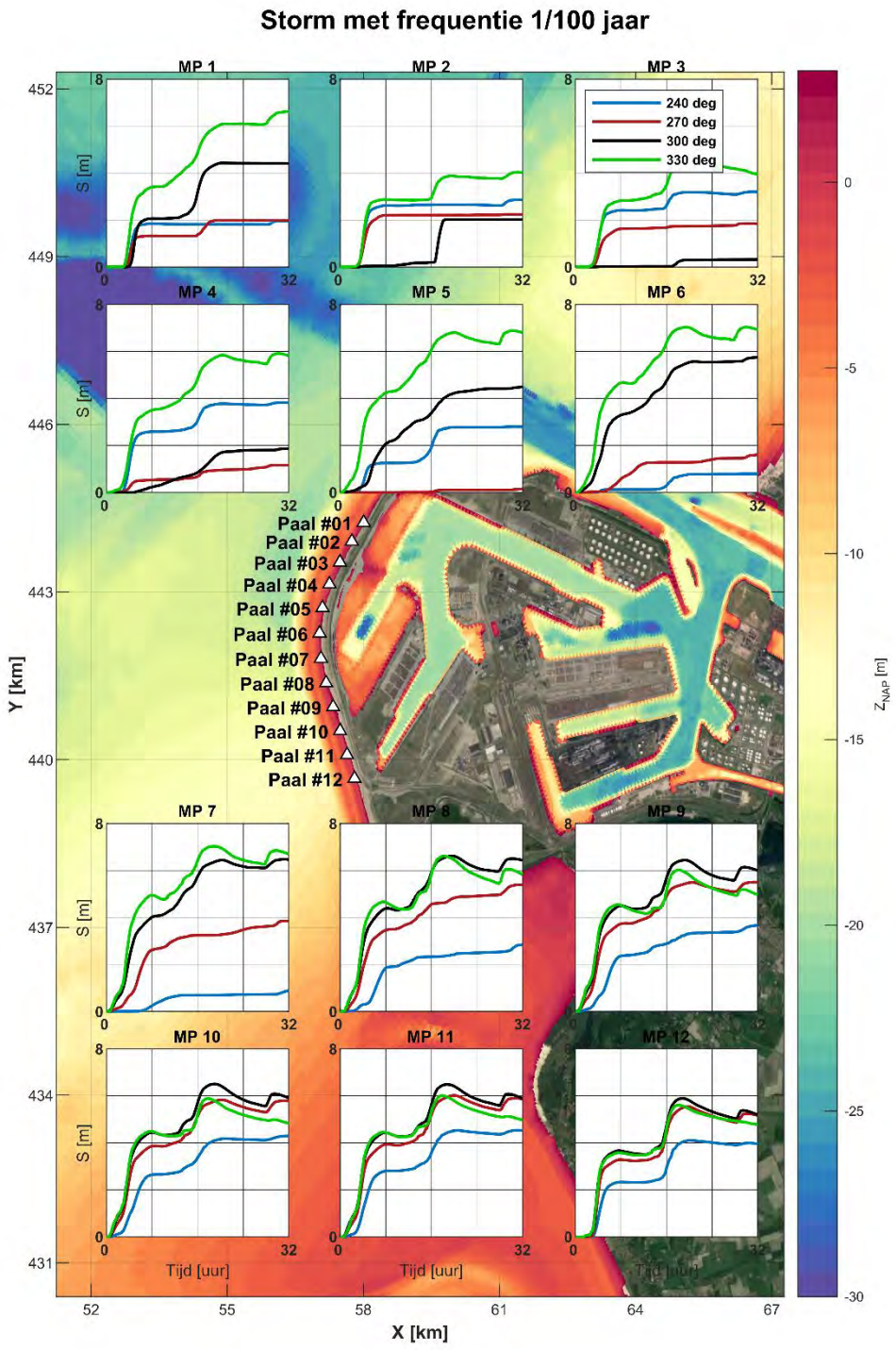
B.2.2 Ontwerpbodem



Figuur 7.28 Berekende ontgronding voor de 1-jaarsstorm

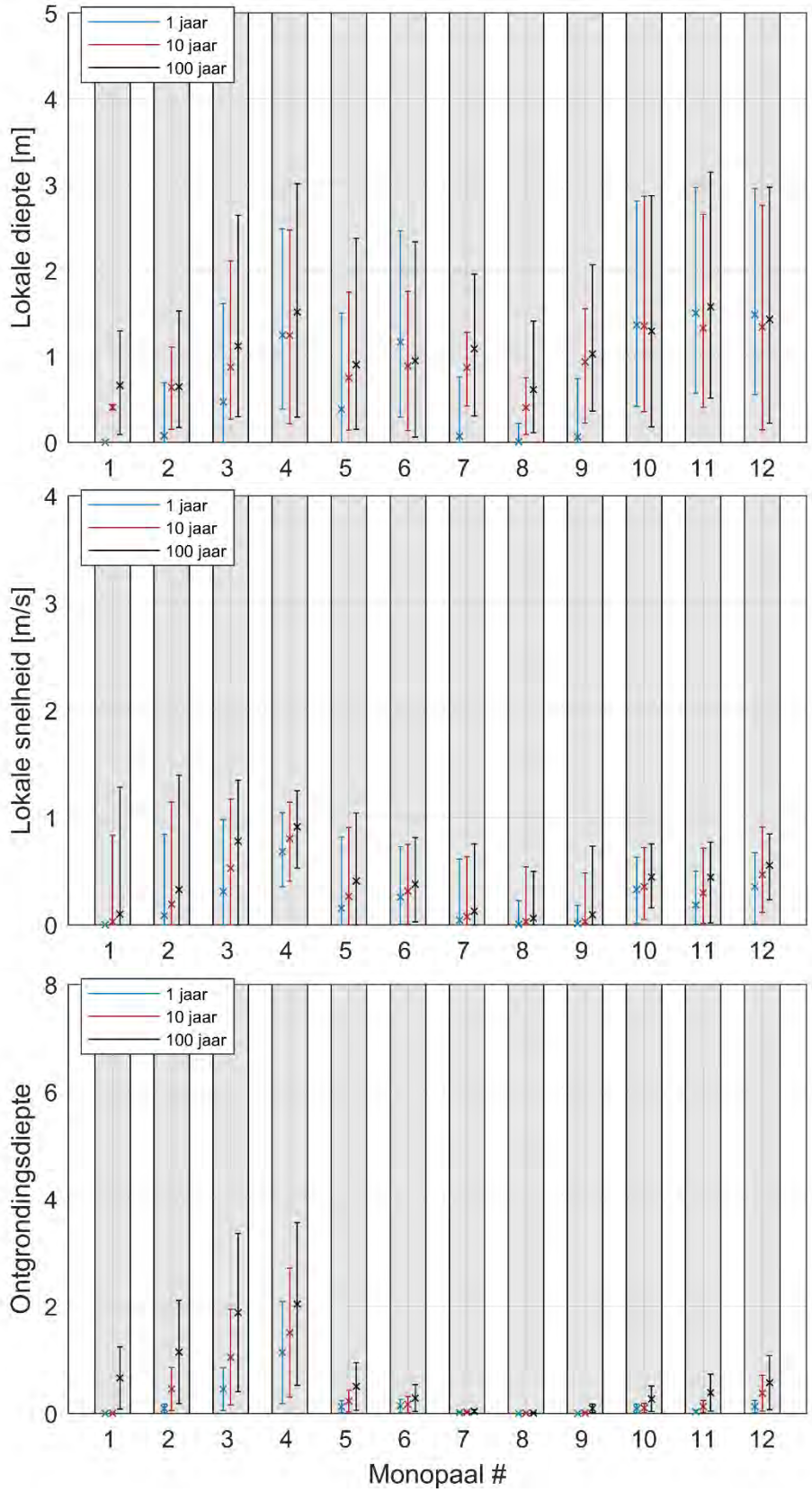


Figuur 7.29 Berekende ontgronding voor de 10-jaarsstorm

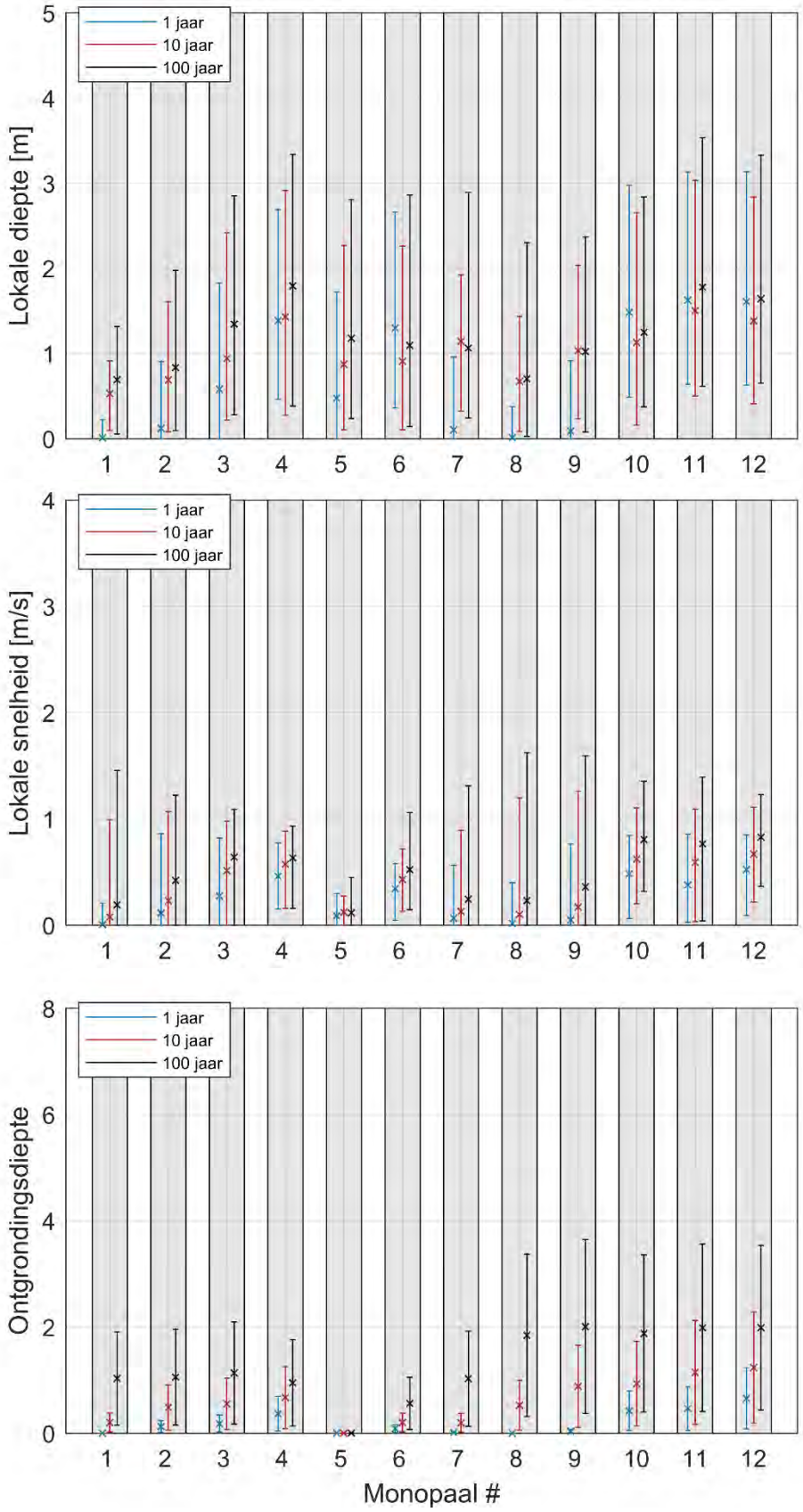


Figuur 7.30 Berekende ontgronding voor de 100-jaarsstorm

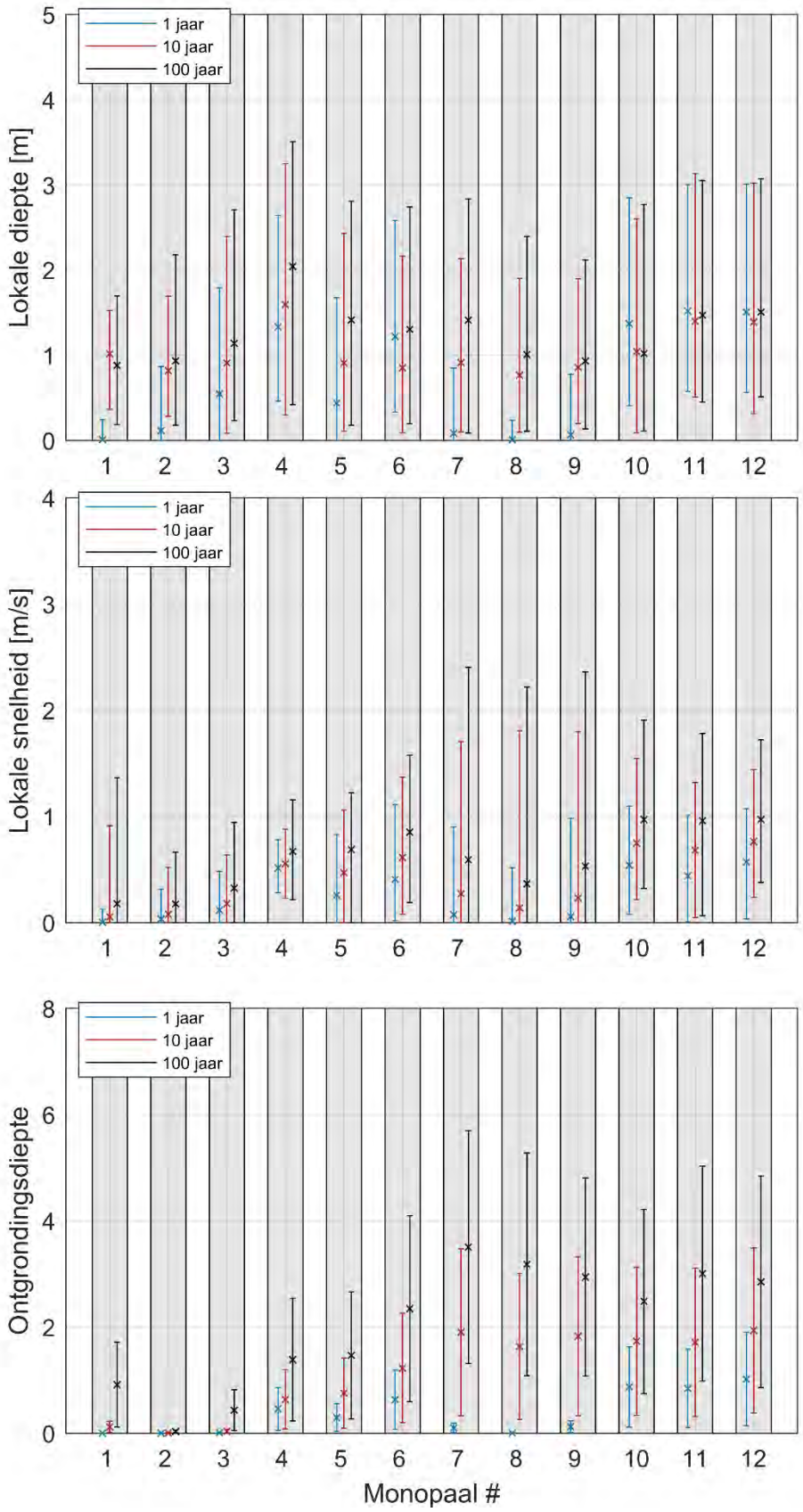
B.3 Ontgronding per turbine voor scenario's 4-6 (bodem 2019)



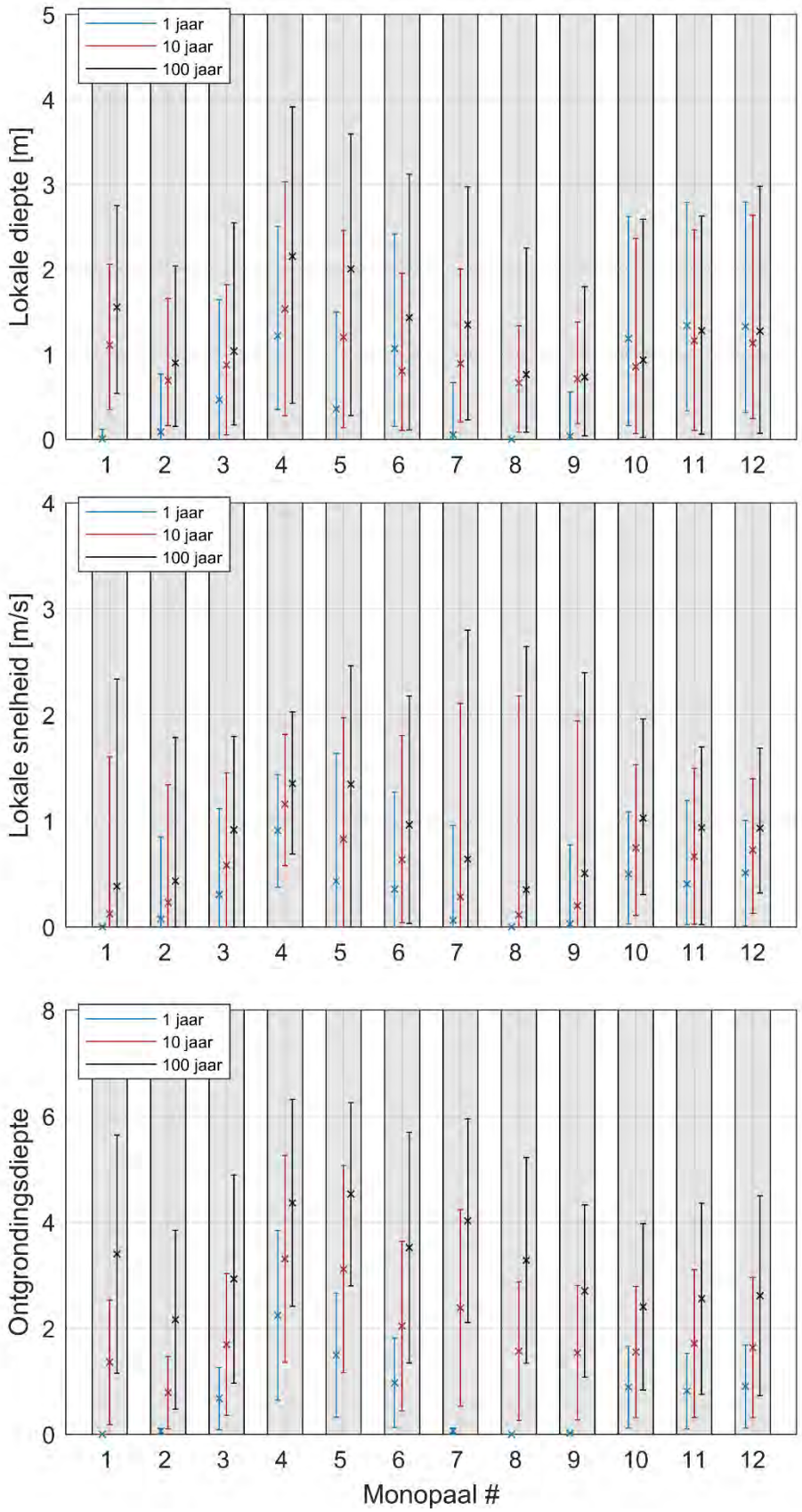
Figuur 7.31 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 240 graden



Figuur 7.32 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 270 graden

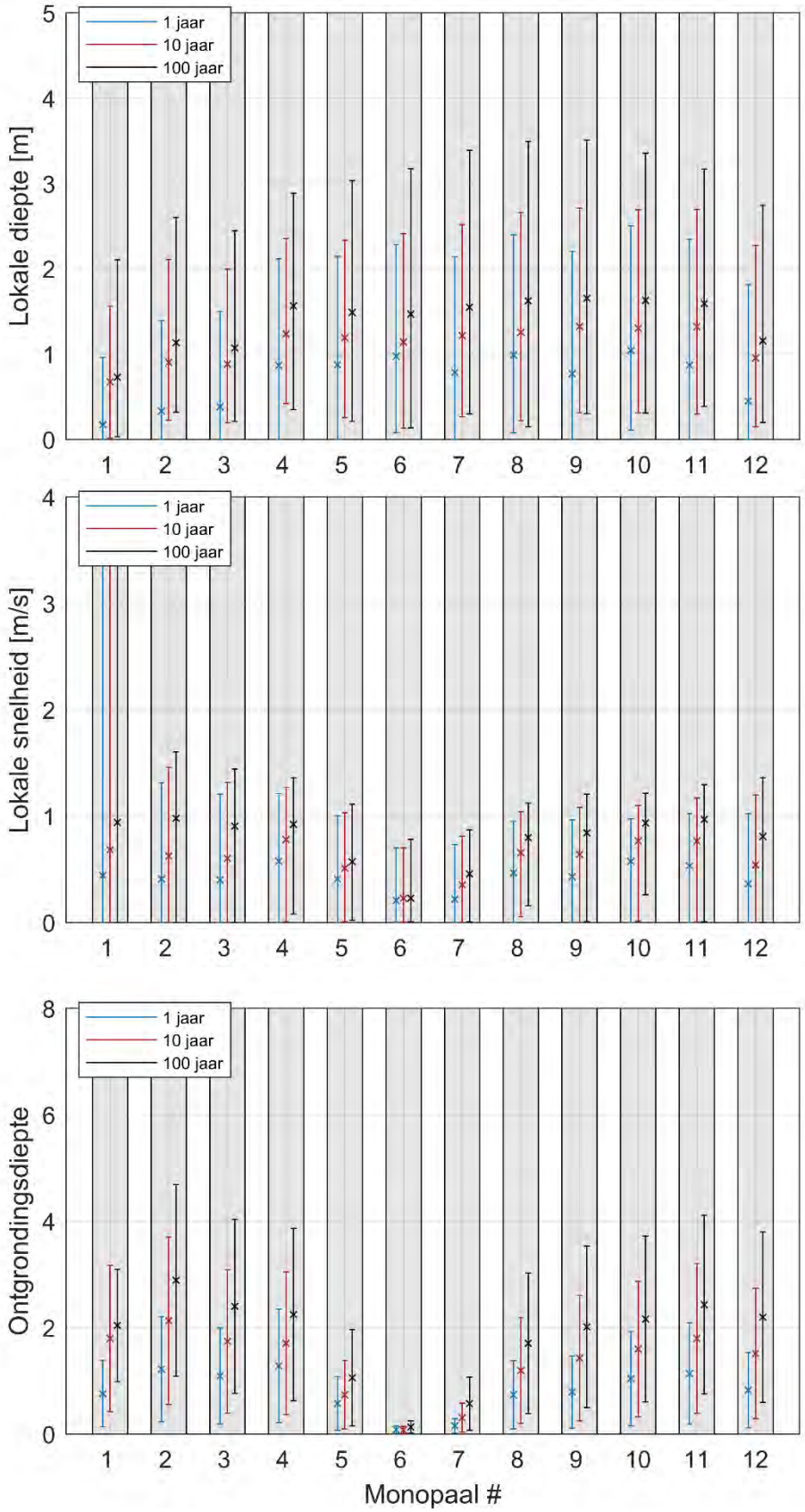


Figuur 7.33 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 300 graden

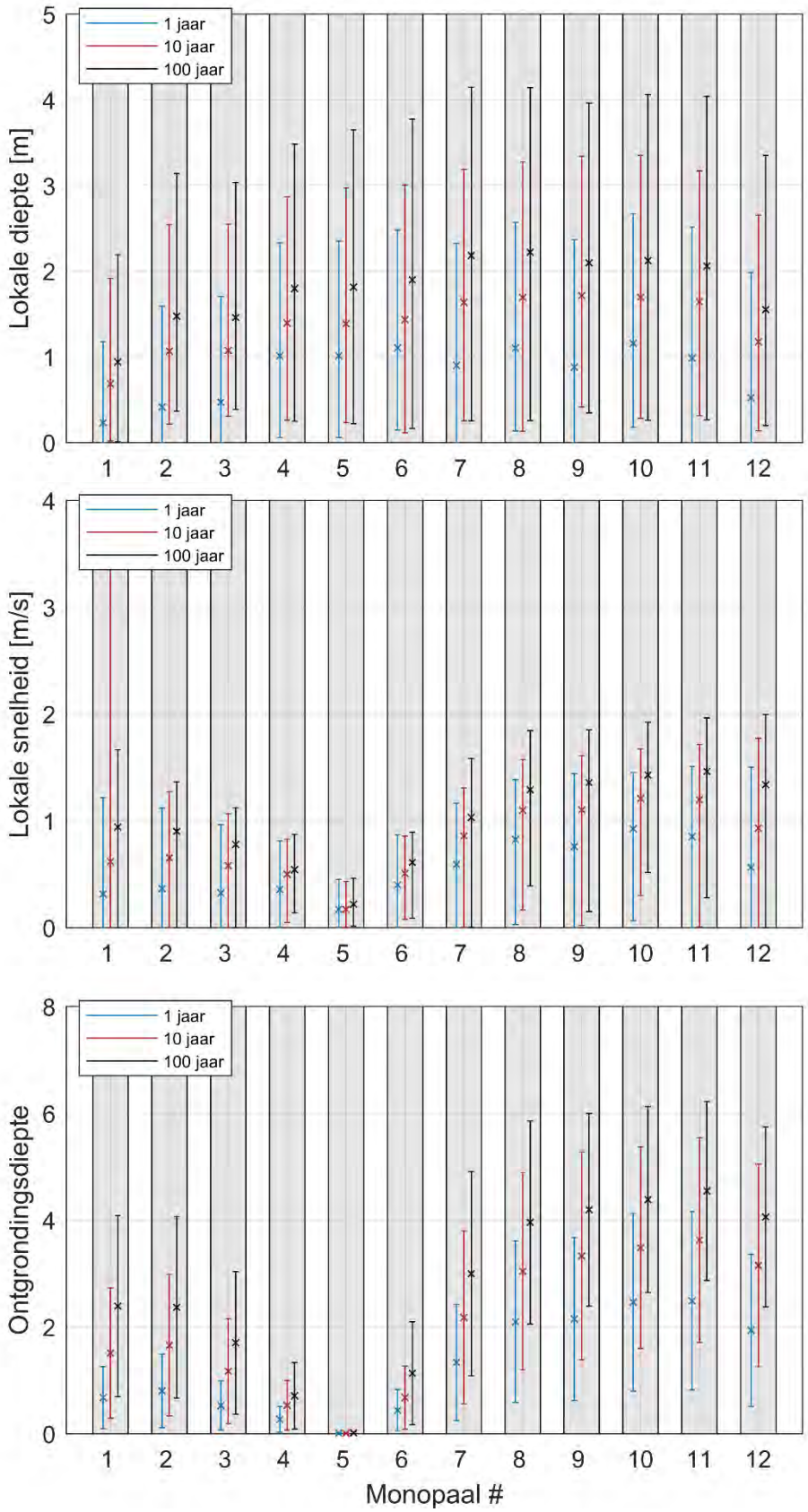


Figuur 7.34 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 330 graden (ook te vinden in het hoofdrapport).

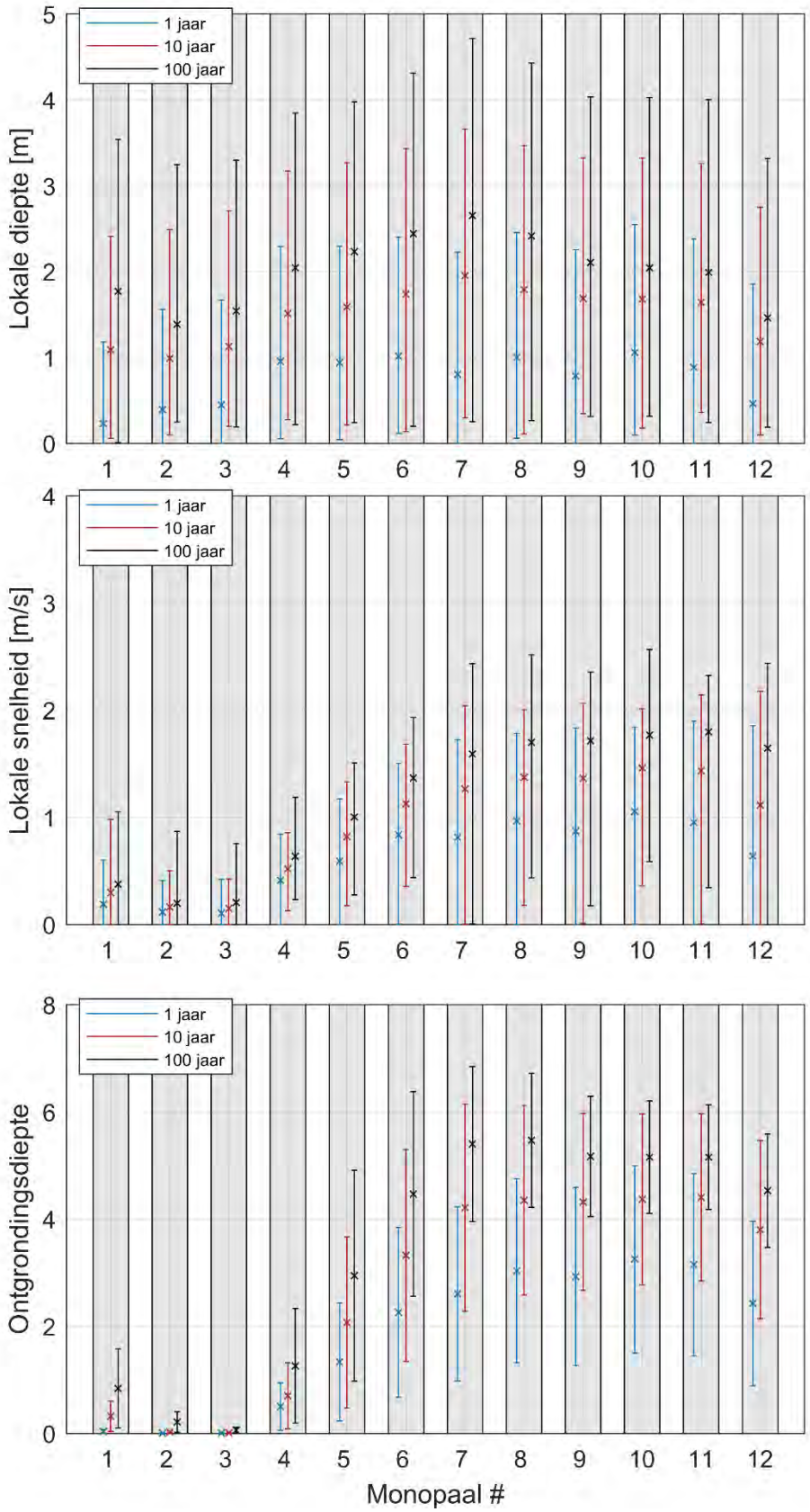
B.4 Ontgrondingen per turbine voor scenario's 4-6 (ontwerpbodem)



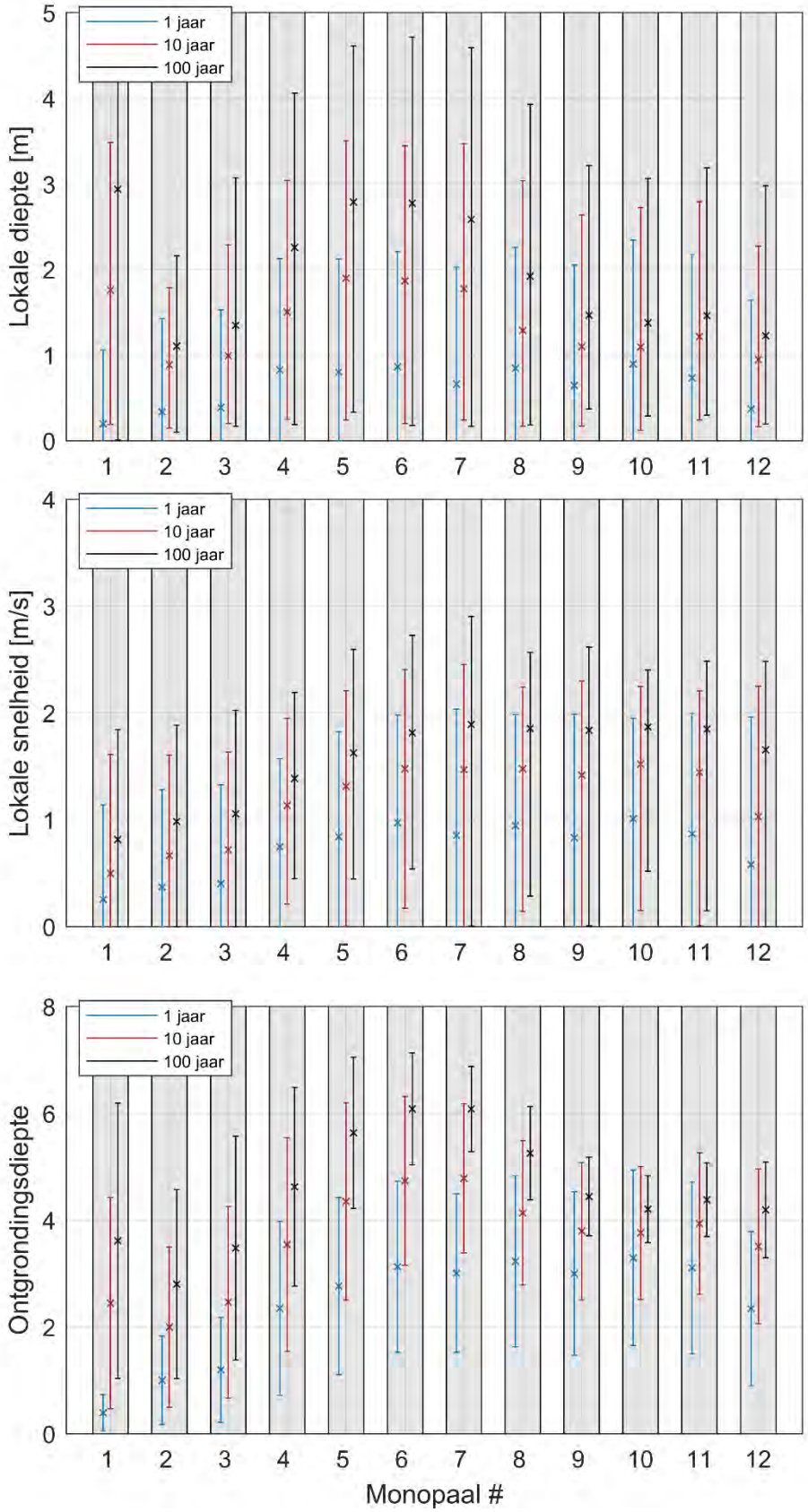
Figuur 7.35 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 240 graden



Figuur 7.36 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 270 graden



Figuur 7.37 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 300 graden



Figuur 7.38 Waterstand (boven), snelheid (midden) en ontgronding (onder) per paal voor een invalshoek van 330 graden (ook te vinden in het hoofdrapport).

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl

SVASEK 2020A 2034-U20125-C-LSPA

Morfogische Effecten Windmolens MV2

Royal HaskoningDHV

MEMO: MORFOLOGISCHE EFFECTEN VAN WINDTURBINES OP MV2 CONFIGURATIE ENECO APRIL 2020

Aan	: [redacted] (Royal Haskoning DHV)
Van	: [redacted] (Svašek Hydraulics)
Datum	: 29 april 2020
Referentie	: 2034/U20125/C/LSpa
Gecontroleerd door	: [redacted]

1 INTRODUCTIE

Svašek Hydraulics heeft in opdracht van Rijkswaterstaat uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van windturbines op de zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte (MV2). In het rapport 'Morfologische Analyse Windturbines MV2' (Svašek Hydraulics, 2019a) is onderzoek gedaan naar de morfologische effecten van winturbines op de zachte (zandige) wering van de Tweede Maasvlakte. Naar aanleiding van dat rapport en een Expert Meeting (zie Svašek Hydraulics, 2019e) zijn aanvullende analyses en XBeach berekeningen uitgevoerd (Svašek Hydraulics, 2019b), zowel wat betreft veiligheid als lange termijn onderhoud. In de tenderfase is voor Eneco maar in opdracht van Rijkswaterstaat een specifieke configuratie van turbines doorgerekend voor wat betreft stormafslag (veiligheid) en is een kwalitatieve inschatting gemaakt van het effect op lange termijn onderhoud (Svašek Hydraulics, 2019c). Dit alles heeft een relatief compleet beeld gegeven van de te verwachten effecten van windturbines op veiligheid en onderhoud van de wering.

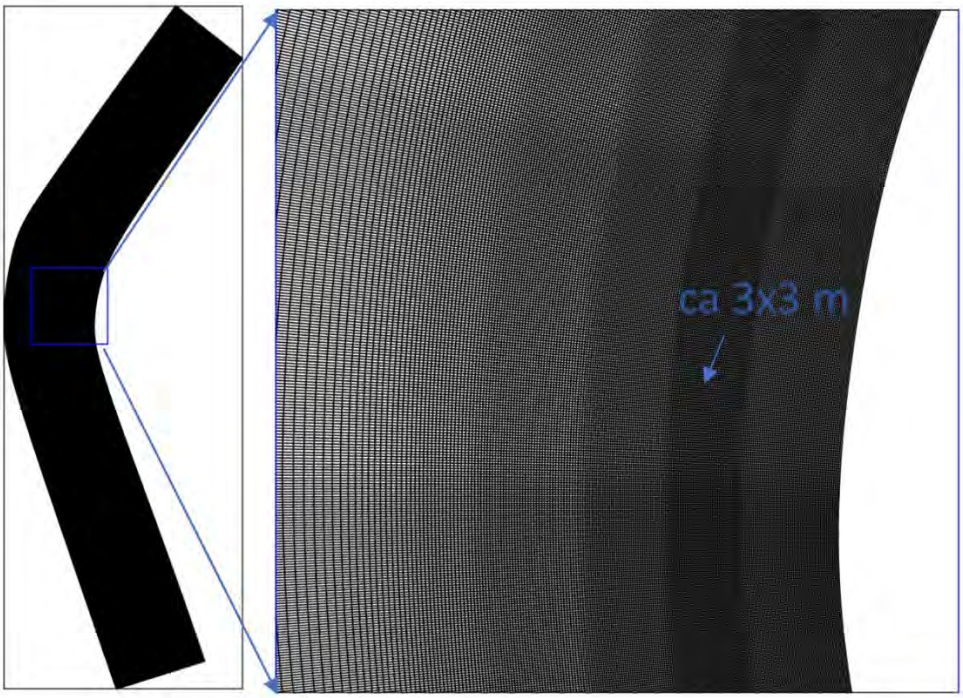
In de genoemde studies is een breed scala aan mogelijke configuraties onderzocht. De tender is gegund aan Eneco en in het ontwerpproces is inmiddels sprake van een nieuwe configuratie met twaalf turbines met een monopile fundering (in deze memo: Eneco-2020). RHDHV heeft namens Eneco Svašek Hydraulics gevraagd de effecten van deze configuratie in te schatten op veiligheid (stormafslag, kwantitatief met behulp van XBeach) en op lange termijn onderhoud (kwalitatief op basis van eerdere berekeningen en expert judgement).

Qua structuur volgt deze memo grotendeels Svašek Hydraulics (2019c). Relevante delen van de modelbeschrijving en uitgevoerde simulaties zijn uit deze eerdere memo overgenomen. De modelopzet (zie paragraaf sectie 2) beschrijft de aanpassingen die aan het model zijn gedaan (t.o.v. Svašek Hydraulics, 2019b, de modelopzet is gelijk aan die in Svašek Hydraulics, 2019c) om de analyse mogelijk te maken. Vervolgens (sectie 3) wordt ingegaan op de configuratie zoals aangeleverd door Eneco; hoe deze in het XBeach model is gerepresenteerd en hoe deze zich verhoudt tot de eerder beoordeelde configuratie van Rijkswaterstaat (vanaf hier RWS-2019, zie Svašek Hydraulics, 2019b) en de eerdere configuratie van Eneco (vanaf hier Eneco-2019, zie Svašek Hydraulics, 2019c). Daarna (sectie 4) wordt een overzicht gegeven van de stormsimulaties die in XBeach zijn gedaan. De resultaten van deze simulaties van de configuratie worden vervolgens getoond (sectie 5). Daarna wordt de configuratie kwalitatief beoordeeld op het effect op lange termijn onderhoud van de wering (sectie 6). Vervolgens (sectie 7) wordt de onzekerheid in de analyse toegelicht. De resultaten worden uiteindelijk samengevat in de conclusie (sectie 8) die volgt in de aanbeveling (sectie 9).

2 XBEACH REFERENTIEMODEL

De simulaties zijn uitgevoerd conform Svašek Hydraulics (2019c), welke in beginsel weer uitgevoerd zijn conform Svašek Hydraulics (2019b). Voor een volledige modelbeschrijving (met beperkte andere uitgangspunten) wordt verwezen naar het achtergrondrapport van de XBeach

studie (Svašek Hydraulics, 2019d). Het gebruikte rooster, met een verfijning tot 3x3 m, is afgebeeld in Figuur 2-1, het heeft circa 370 000 cellen.



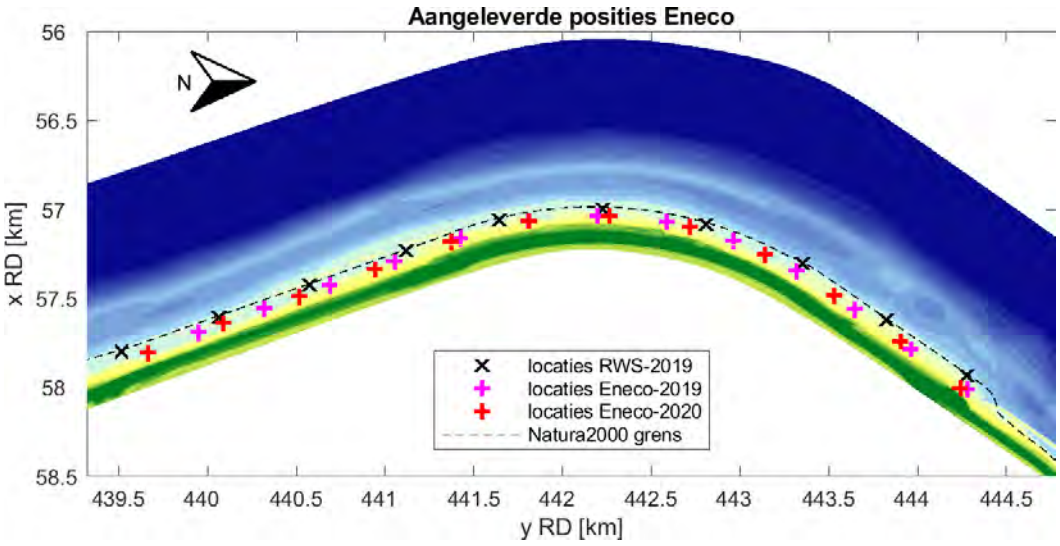
Figuur 2-1: Rooster gebruikt in huidige memo. De windturbines liggen in het verfijnde gebied met cellen van circa 3x3 m.

3 AANGELEVERDE CONFIGURATIE

Eneco heeft de windturbine configuratie aangeleverd zoals weergegeven in Tabel 3-1 en Figuur 3-1.

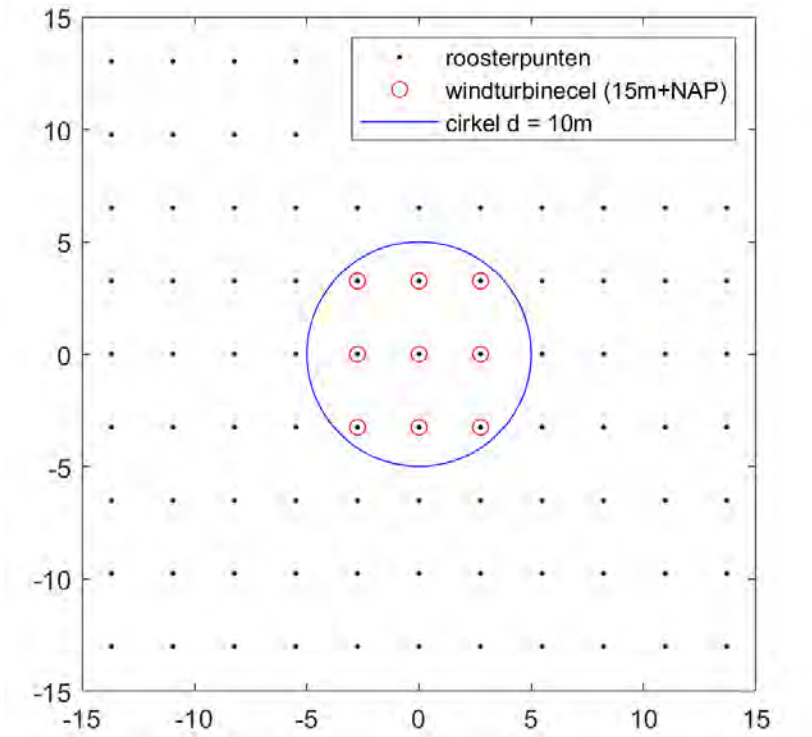
Tabel 3-1: Aangeleverde windturbine coördinaten (Eneco, 2020) en de positie hoogte op de 2019 bodem.

Windturbine	Eneco-2020		
	x RD [m]	y RD [m]	z [m+NAP]
1	58007,29	444242,88	2.3
2	57742,87	443906,67	1.4
3	57485,32	443531,87	0.5
4	57251,22	443142,79	-0.5
5	57099,15	442714,88	0.8
6	57035,71	442265,22	0.0
7	57063,31	441811,96	1.7
8	57180,28	441373,14	2.1
9	57333,38	440944,81	1.7
10	57486,47	440516,47	-0.4
11	57639,56	440088,14	-0.7
12	57805,45	439665,35	-0.6



Figuur 3-1: Aangeleverde ruimtelijke configuratie. Het rooster is in langsrichting iets minder fijn dan in dwarsrichting.

Het betreft monopiles met een diameter van 5 à 6 m. Het rooster in XBeach heeft een verfijning naar circa 3x3m[1]. Er is een afweging gemaakt tussen enerzijds het met het juiste formaat en anderzijds het met voldoende rekencellen representeren van de fundering. Er is voor gekozen om een fundering met een diameter van circa 10 m aan te houden. Het resultaat is weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 3-2: Implementatie 10 m diameter mast in (bij benadering) 3x3 m XBeach rooster.

Alle locaties die onderdeel zijn van de turbine zijn niet erodeerbaar gemaakt.

[1] Het betreft een curvilineair rooster met daardoor varierende roosterafmetingen.

4 OVERZICHT XBEACH STORMSIMULATIES

Er wordt gerekend met twee bathymetrieën en twee stormen, waarbij steeds wordt gekeken naar de effecten ten opzichte van een referentie zonder windturbines. Voor deze memo worden zodoende acht XBeach simulaties gebruikt. In tegenstelling tot de eerdere studies (Svašek Hydraulics, 2019b, c) wordt uitgegaan van de 2019 bodem (Q2 2019). In de zomer van 2018 zijn suppleties uitgevoerd, dus deze bathymetrie bevat gemiddeld gezien meer volume op het strand en de vooroever dan de eerder gebruikte 2018 bodem.

De twee bathymetrieën zijn zodoende:

- De 2019 bodem (loding Q2 2019).
- De ontwerpbodem waarbij het minimaal te garanderen profiel aanwezig is.

De stormen duren 32 uur en zijn weergegeven in onderstaande tabel. Storm A is representatief voor maatgevende condities voor de noordkant van MV2, Storm B is representatief voor de zuidkant.

Tabel 4-1: 1:10.000 jaar randvoorwaarden.

	Hs [m]	Tp [s]	Dir °N	Wl [m+NAP]
Storm A	8.1	13.5	317	4.95
Storm B	7.6	13.5	306	4.95

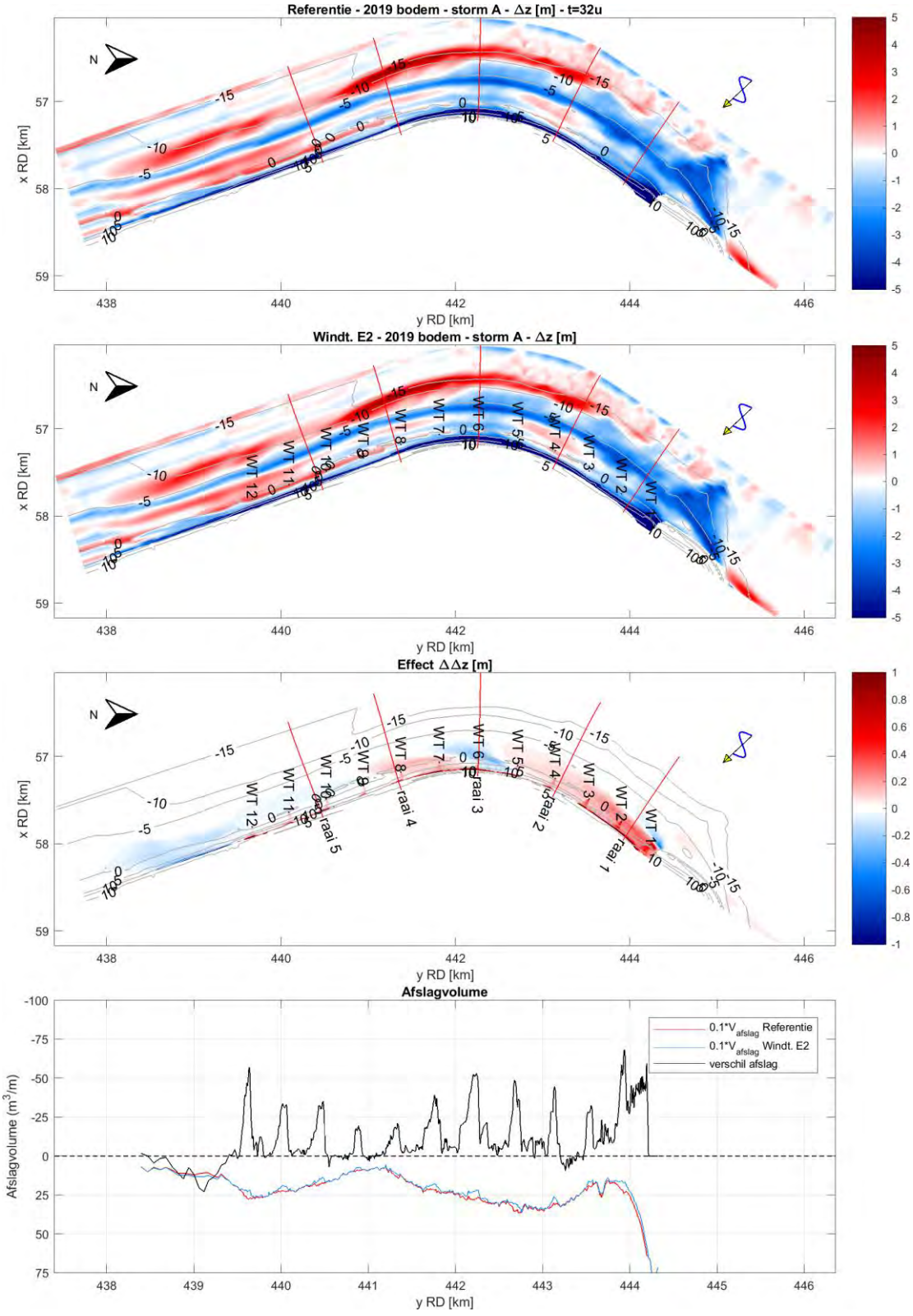
5 RESULTATEN

5.1 Erosie/sedimentatie figuren en effect op afslag

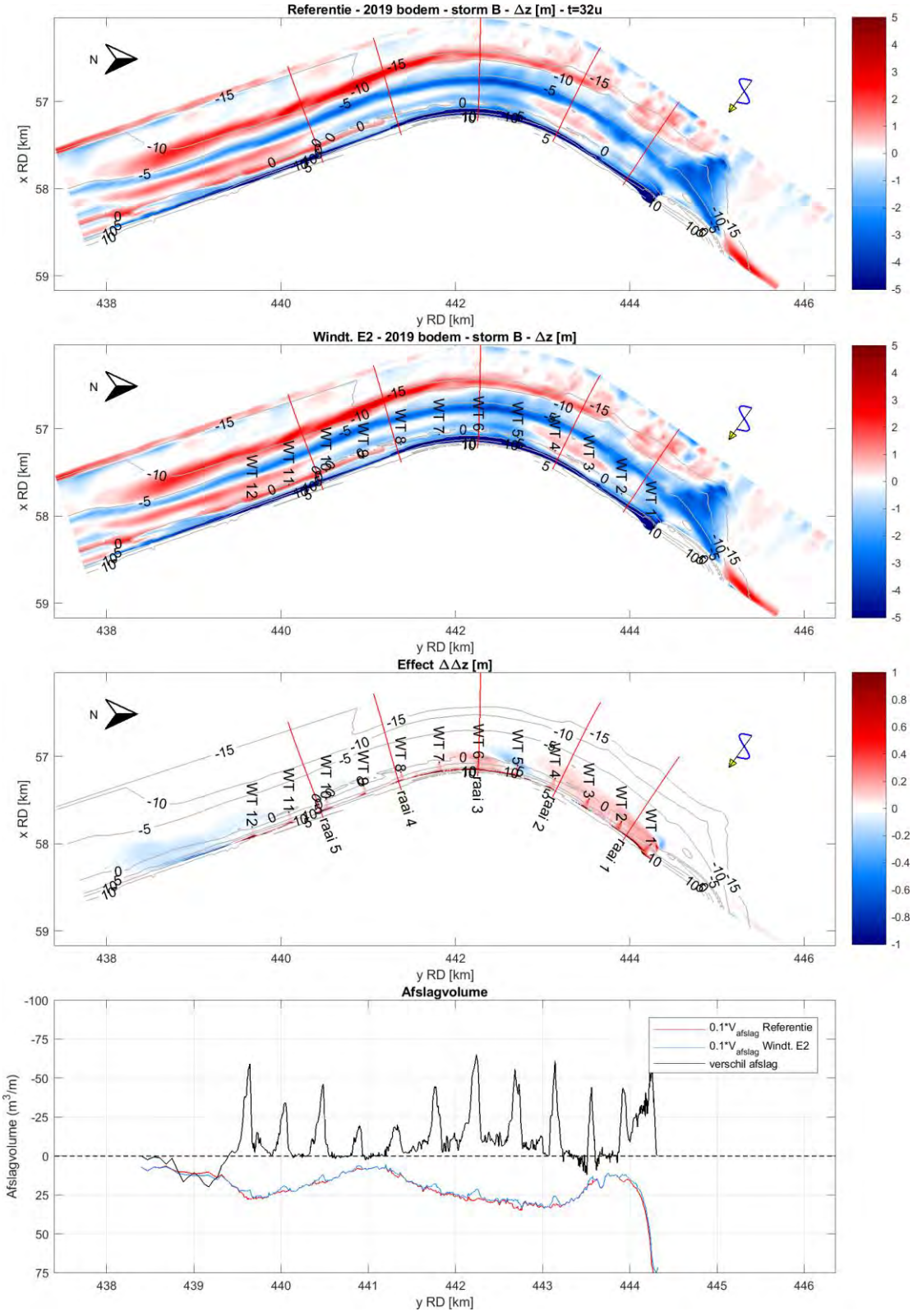
Voor ieder scenario is steeds een erosie/sedimentatie figuur van de referentiesituatie gegeven (bovenste), eenzelfde figuur maar met windturbines (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (onderste). Deze laatste geeft per scenario het afslagvolume boven rekenpeil (in al deze gevallen 4,95 m+NAP), en het verschil daartussen. Een negatief verschil geeft minder afslag voor de situatie met windturbines.

Door de hoge ruimtelijke resolutie zijn in de effecten achter de turbines (vooral bij de vlakke ontwerpbodem) stralenpatronen zichtbaar die overeenkomen met de richtingen meegenomen in de kortegolven-routine van XBeach (20° interval). In werkelijkheid is het golfspectrum continu en zullen dergelijk effecten niet op deze wijze zichtbaar zijn. Specifiek voor de huidige simulatie waar uitgegaan wordt van relatief smalle palen (10 m breed in simulatie, 5 m in werkelijkheid) is het de vraag hoeveel golfenergie daadwerkelijk breekt op de obstakels. In werkelijkheid zullen lange stormgolven voor een groot deel om de palen heen lopen. Wat betreft blokkade van golfenergie overschat de berekening dus het werkelijke effect.

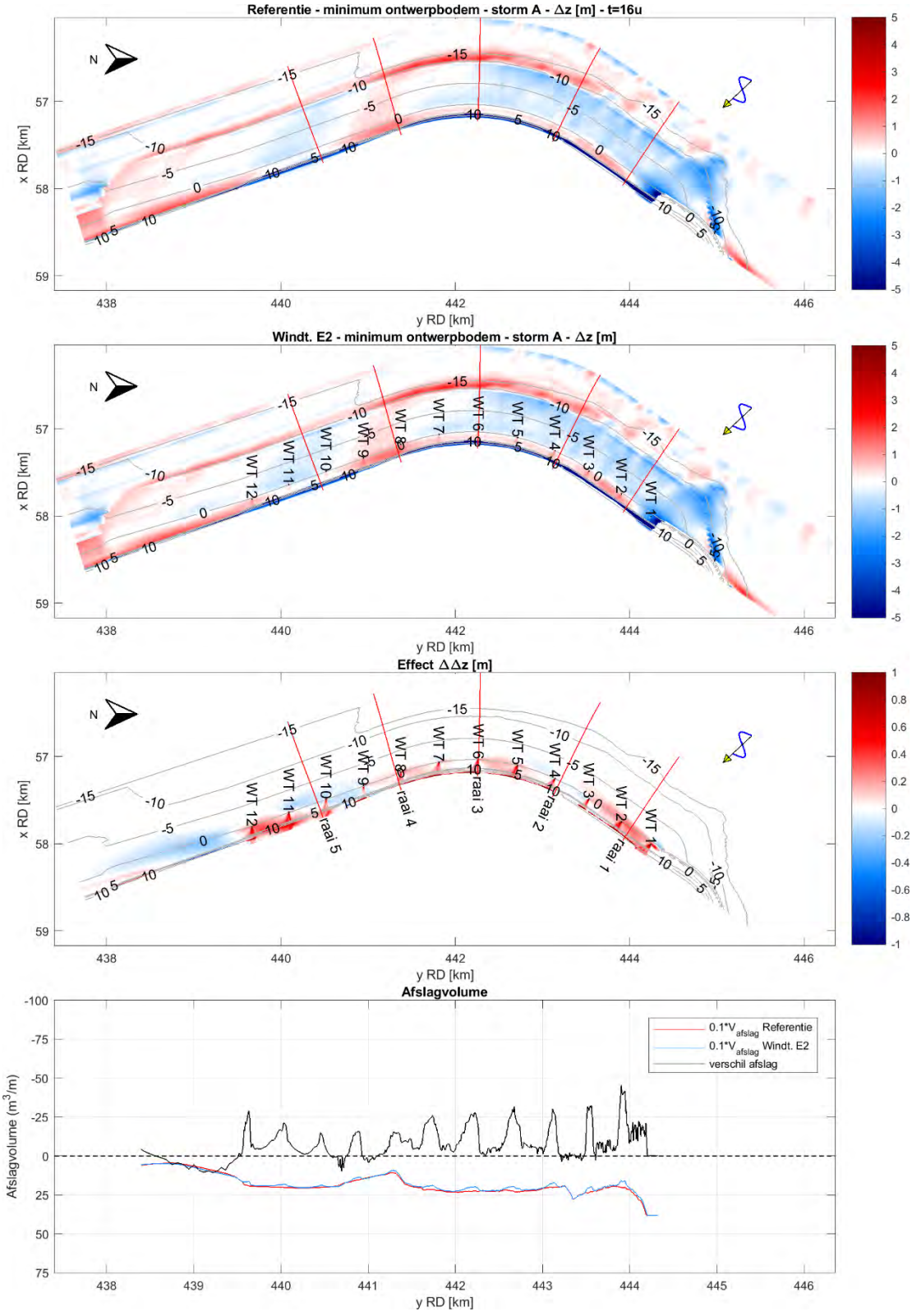
In geval van de simulatie met het minimale ontwerpprofiel breken de duinen over een groot deel van de bocht en in het zuidelijke deel in zijn geheel door. Een dergelijke overslagsituatie is niet representatief voor normale afslagprocessen. Er is daarom gekozen om op het moment voor doorbreken van de duinen de resultaten te presenteren voor het minimale ontwerpprofiel, het betreft resultaten op de helft van de simulatie, tijdens de piek van de storm. Overigens is de duinenrij bij de aansluiting hard-zacht dan al doorgebroken



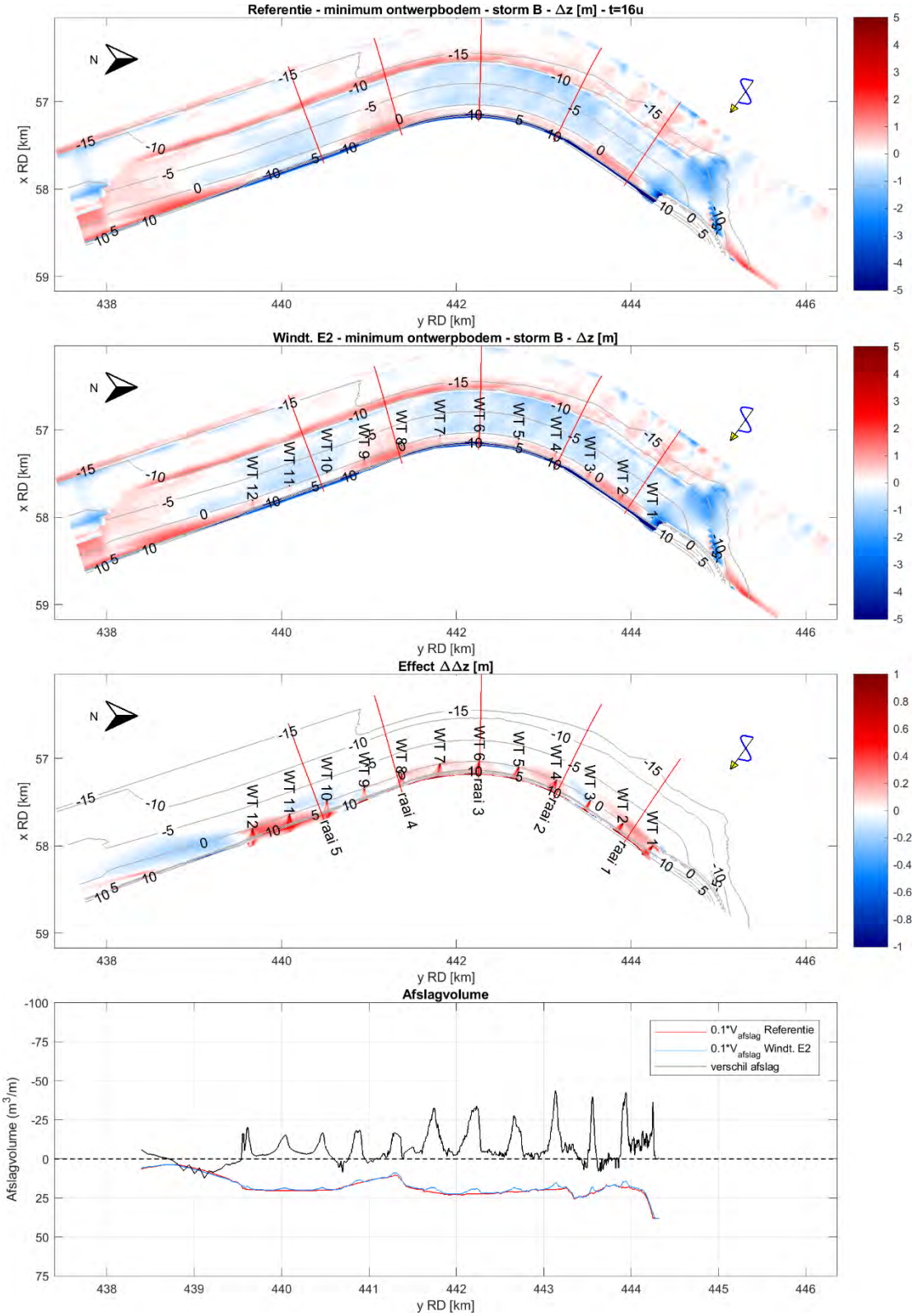
Figuur 5-1: Effect bij storm A, op basis van 2019 bodem.



Figuur 5-2: Effect bij storm B, op basis van 2019 bodem.



Figuur 5-3: Effect bij storm A, op basis van ontwerpbodem.



Figuur 5-4: Effect bij storm B, op basis van ontwerpbodem.

5.2 Resultaten in dwarsprofielen

Voor ieder scenario zijn de resultaten voor de vijf dwarsprofielen weergegeven in bijlage A. De locaties van deze dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 5-1 t/m Figuur 5-4. Daarnaast zijn er voor ieder scenario 12 dwarsprofielen bij de windturbines weergegeven in bijlage A.

5.3 Samenvatting uitkomsten XBeach stormsimulaties

Het effect is geconcentreerd achter de windturbines zichtbaar. Ten opzichte van Svašek Hydraulics (2019c) is het effect kleiner (verklaarbaar want er is met significant slankere obstakels gerekend). Het netto resultaat is in ieder geval dat de negatieve effecten tussen de turbines zeer beperkt blijven tot circa 10 m^3/m extra duinafslag zoals te zien in Tabel 5-1.

Bij zowel storm A als B is sprake van een kleinere opbouw van de voeroever ten zuiden van het traject van de windturbines. Dit leidt tot hogere afslag ter plaatse van 20 m^3/m (in geval van de 2019 bodem) zoals te zien in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Maximum extra afslag voor elk scenario, verdeeld in de gebieden tussen en ten zuiden van de turbines.

	Maximum extra afslag tussen turbines	Maximum extra afslag ten zuiden van turbines
2019 bodem storm A na 32 uur	9.5 m^3/m	NVT, want niet maatgevend[2]
2019 bodem storm B na 32 uur	12.1 m^3/m	19.9 m^3/m
Ontwerpbodem storm A na 16 uur	9.7 m^3/m	NVT, want niet maatgevend[2]
Ontwerpbodem storm B na 16 uur	8.5 m^3/m	12.3 m^3/m

Een opvallend effect is ook de relatief grote vermindering van erosie bij de overgang van hard naar zacht aan de noordkant van de zachte wering. Hier lijkt niet alleen sprake te zijn van effect achter de windturbines maar ook ter hoogte van de windturbines zelf. De overgangszone wordt gekarakteriseerd door grote erosie doordat golfgedreven kustlangse stroming met weinig sediment over de harde wering bij het strand aankomt en daar gelijk veel sediment oppikt. De eerste meest noordelijke windturbine vertraagt deze stroming en dus het morfologisch effect. Bij storm B komt de golf in deze zone loodrechter invallen en daardoor is de kustlangse stroming en ook het effect van windturbines hierop beperkter.

6 KWALITATIEVE BEOORDELING EFFECT OP LANGE TERMIJN ONDERHOUD

In Svašek Hydraulics (2019b) is het effect van de turbines met een positie tegen de rand van het Natura2000 in beeld gebracht, zowel wat betreft effect op eolisch transport als op watergedreven morfologie. Er is geconcludeerd dat er zowel positieve als negatieve effecten te verwachten zijn, die allen ruim een orde kleiner zijn dan het jaarlijks onderhoud van de zachte wering.

[2] Storm A is niet representatief voor maatgevende condities voor de zuidkant van MV2, waar de extra afslag ten zuiden van de turbines plaatsvindt,

Binnen de scope van het voorliggende onderzoek passen de (rekenintensieve) lange termijn XBeach berekeningen niet. Er wordt daarom een inschatting gemaakt op basis van de eerdere berekeningen in Svašek Hydraulics (2019b). Deze berekeningen lieten een beperkte salientvoming zien achter de turbines en een netto afname in de suppletiebehoefte van enkele tienduizenden kubieke meter per jaar. Het jaarlijks onderhoud van de wering is orde 600-700 duizend kubieke meter per jaar. Het lange termijn effect op zowel grootschalige watergedreven morfologie als op eolisch transport zal beperkter zijn door:

1. De beperkte diameter van het slanke monopile ontwerp.
2. De positie van de turbines hoger op het strand (in geval van de 2019 bodem op circa 1m+NAP). Omdat de turbines ongeveer op gemiddeld hoogwater staan zal er minder effect zijn op watergedreven transport. Daarnaast zal het effect op eolisch transport ook afnemen aangezien het intergetijdengebied wordt gezien als de bron voor eolisch transport (Svašek Hydraulics, 2019b).

Aan de eindconclusies van de eerdere rapportage (Svašek Hydraulics, 2019b) verandert dit weinig. Het effect is kleiner, maar zal nog steeds aanwezig zijn. Doordat zand wordt vastgelegd in salienten en het eolisch transport groter wordt kan de onderhoudsbehoefte initieel toenemen, zie Svašek Hydraulics (2019b, paragraaf 4.6). Op langere termijn wordt sediment beter vastgehouden en is een toename in onderhoud – op basis van de uitgevoerde analyse – niet te verwachten. Hierbij dient de kanttekening te worden geplaatst dat de effecten naar alle waarschijnlijkheid niet te onderscheiden zijn van de ‘natuurlijke’ variatie in onderhoud.

7 OMGAAN MET ONZEKERHEID

De expertgroep heeft tijdens de Expert Meeting in 2019 (zie Svašek Hydraulics, 2019e) aanbevolen om een onzekerheidsmarge af te leiden uit een gevoeligheisanalyse met XBeach. Deze is dan ook uitgevoerd als onderdeel van Svašek Hydraulics (2019b). Instellingen, de afstand van de kust en het aantal turbines zijn hierbij gevarieerd. Uit de resultaten blijkt het maximum verschil tussen referentie en ingreep niet erg gevoelig te zijn voor deze variaties. Op basis van expert judgement is uiteindelijk een factor van 2 aangenomen, als conservatieve factor. Zeker gegeven de toch al conservatieve benadering in de sommen (veel afslag, te grote turbine funderingen).

8 CONCLUSIES

De Eneco-2020 configuratie wijkt beperkt af van de eerder beschouwde ingrepen RWS-2019 en Eneco-2019 zie respectievelijk Svašek Hydraulics (2019b en c). Waar eerder een conventionele landfundering is beschouwd (en in de simulaties conservatief wordt gerepresenteerd) wordt in de aangeleverde configuratie uitgegaan van slankere monopiles. In deze configuratie zijn de monopiles (5 à 6 meter) gesimuleerd door palen met een diameter van circa 10 meter. De funderingen staan (net als Eneco-2019) wel beduidend dichter bij de hoogwaterlijn.

De berekening is om drie redenden conservatief en zal daardoor het effect van de turbines overschatten:

- De palen zijn geschematiseerd als 10 m brede objecten, terwijl ze in werkelijkheid 5 m breed worden.
- Korte golfenergie zal voor een deel om de palen heen lopen, in de korte-golven-module van XBeach wordt deze energie volledige geblokkeerd. Het effect van de palen wordt hierdoor dus overschat. Bij lange golven (maatgevend voor duinafslag) speelt dit niet omdat ze door XBeach volledig worden *resolved*.
- Het model laat sowieso veel afslag zien (de ontwerpduin breekt halverwege de storm door), bij meer default instellingen waarbij de afslag kleiner is, is ook het effect kleiner (zie Svašek Hydraulics, 2019b, Bijlage A.1).

Op grote schaal betekent dit dat de effecten van de turbines op vooral stormafslag beperkter zijn. De turbines blokkeren minder golven waardoor de verandering in afslag kleiner zal zijn. Extra afslag ten opzichte van de referentie blijft op de meeste locaties en voor alle scenario's beperkt tot circa 10 m^3/m. Alleen ten zuiden van de windturbines is door grootschalige onthouding van zand in de bocht (turbines zorgen lokaal voor minder afslag, waardoor op andere locaties minder opbouw is) sprake van een toename in afslag van 20 m^3/m.

Op het gebied van lange termijn onderhoud zullen de effecten vergelijkbaar zijn zoals ingeschat op basis van configuratie RWS-2019 (zie Svašek Hydraulics, 2019b). Ook hier zijn de palen ranker en staan ze hoger in het profiel dan eerder aangenomen. Maar in Svašek Hydraulics (2019b) is de conclusie al dat de effecten op onderhoud waarschijnlijk niet te onderscheiden zijn van de 'natuurlijke' variatie in onderhoud.

Effecten op lokale scour zijn in deze memo niet onderzocht.

9 AANBEVELING

De in deze memo gepresenteerde resultaten geven geen reden om af te wijken van eerder gedane aanbeveling (vrij naar Svašek Hydraulics, 2019b):

> Er wordt geadviseerd uit te gaan van 40 m^3/m extra toeslag boven rekenpeil. In eerste instantie is onderscheid in locatie gemaakt, maar uiteindelijk is in overleg met Rijkswaterstaat het advies gegeven de toeslag over de gehele zachte wering toe te passen. Dit kan worden gegarandeerd door het bestaande ontwerpprofiel (Dean) naar voren te schuiven (maar dit vergt een veelvoud van het benodigde zand en geeft uiteindelijk een grotere veiligheid dan nodig), of het te onderhouden profiel aan te passen aan het profiel zoals dat over de afgelopen zes jaar is ontstaan, bijvoorbeeld door het zand bovenop het duin te garanderen.
>
> Er dient rekening te worden gehouden met in ieder geval initieel extra onderhoud door een variatie in lange termijn morfologie en eolisch transport.

REFERENTIES

Eneco (2020). Gewijzigde coördinaten windmolens zachte zeewering. E-mail, 16 april 2020.

Svašek Hydraulics (2019a). Morfologische inpassing windturbines zachte zeewering MV2. Rapport, 11 maart 2019, referentie 1966/U19006/C/BvL.

Svašek Hydraulics (2019b). Effecten Windturbines op MV2 op stormafslag, lange termijn morfologie en eolisch transport - Opvolging adviezen expert meeting. Rapport, 18 juli 2019, referentie 1966/U19221/C/BvL.

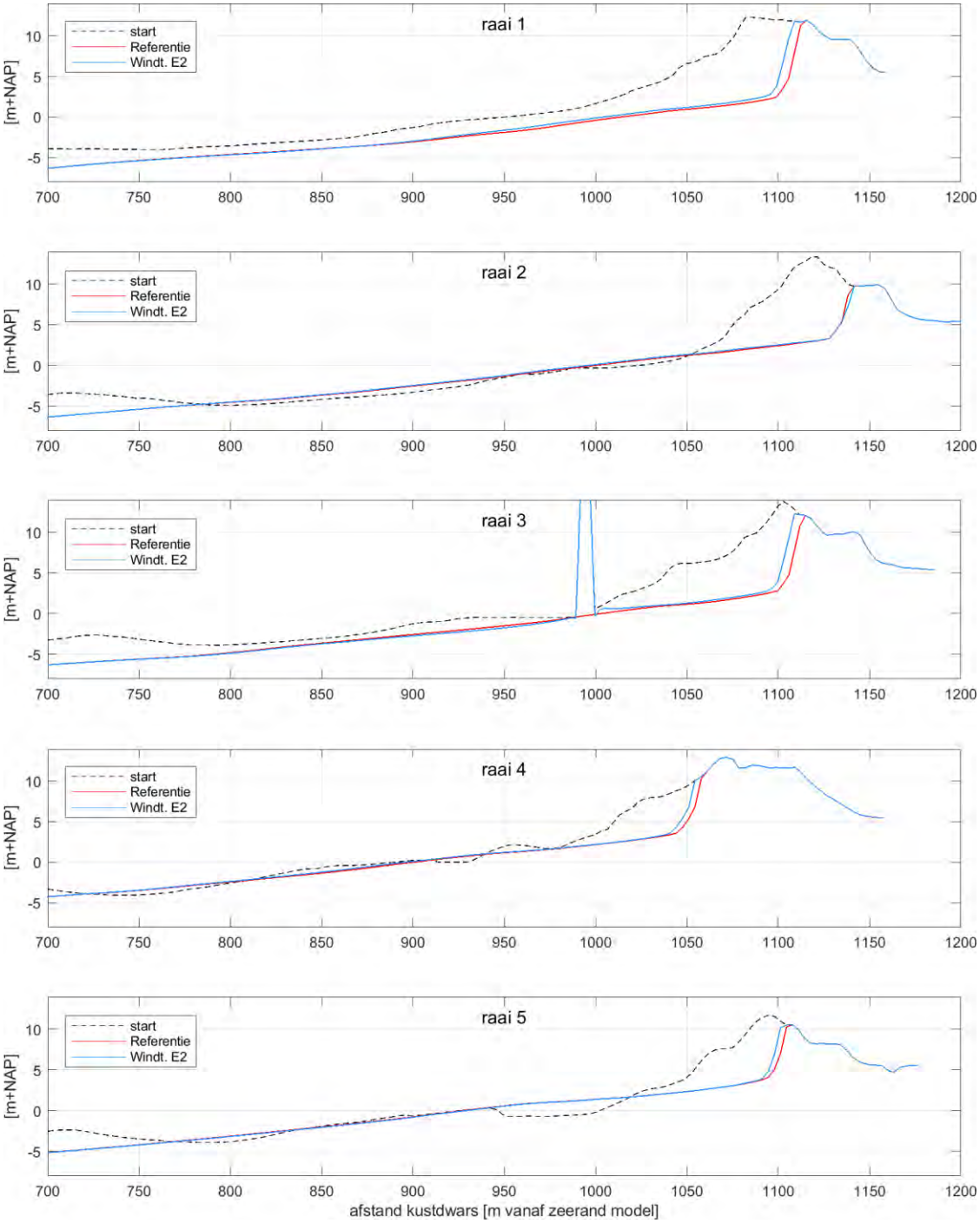
Svašek Hydraulics (2019c). Morfologische effecten op MV2 van windturbine configfuratie E. Memo, 9 oktober 2019, referentie: 1966/U19403/A/BvL.

Svašek Hydraulics (2019d). Achtergrondrapport: XBeach modellering windturbines op de Tweede Maasvlakte. Rapport, 13 juli 2019, referentie: 1966/U19244/A/YAT.

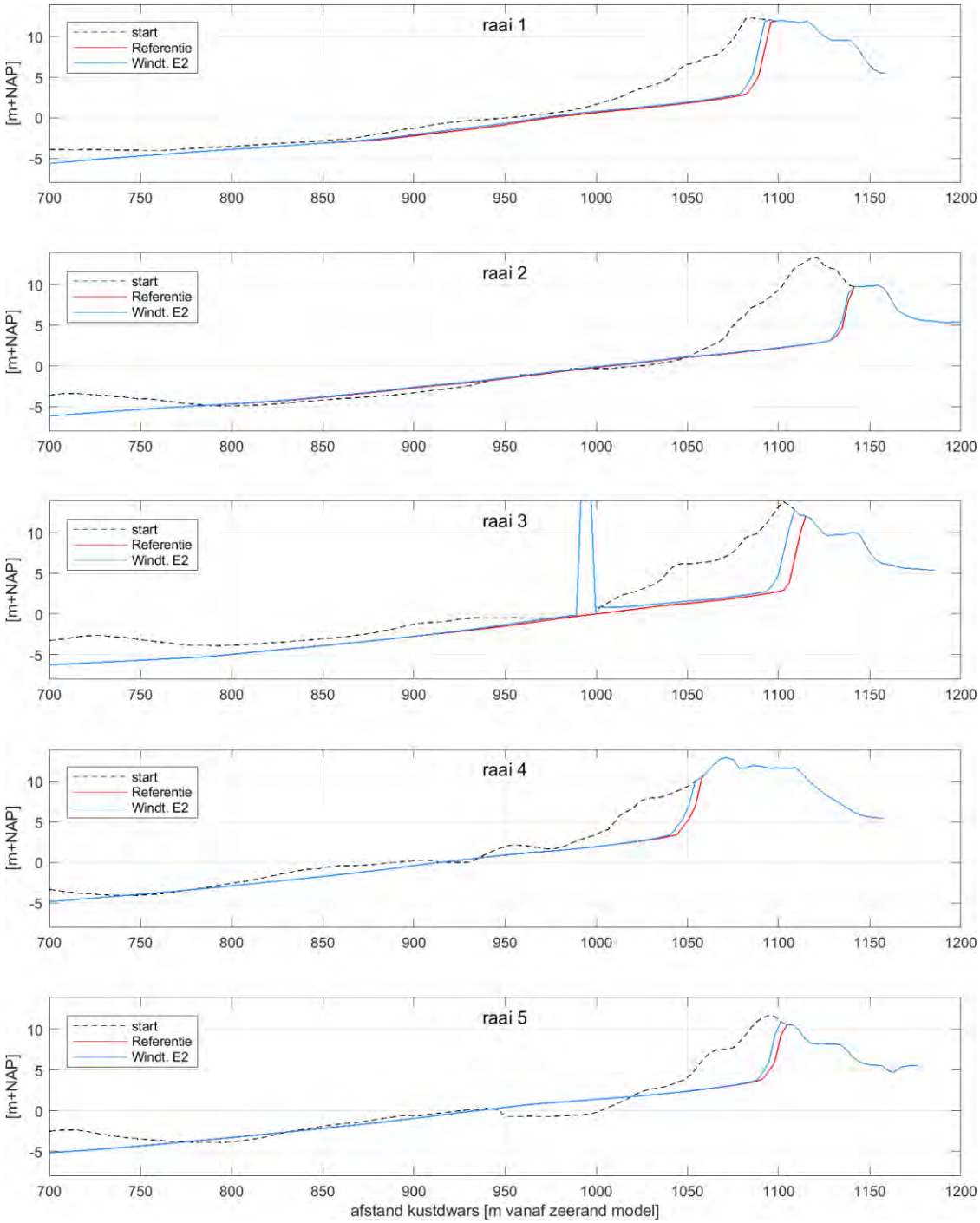
Svašek Hydraulics (2019e). Aanleg windturbines MV2 – Verslag Expert Meeting. Verslag 5 april 2019, referentie 1966/U19140/D/AKR.

10 BIJLAGE A: RESULTATEN IN DWARSPROFIELEN

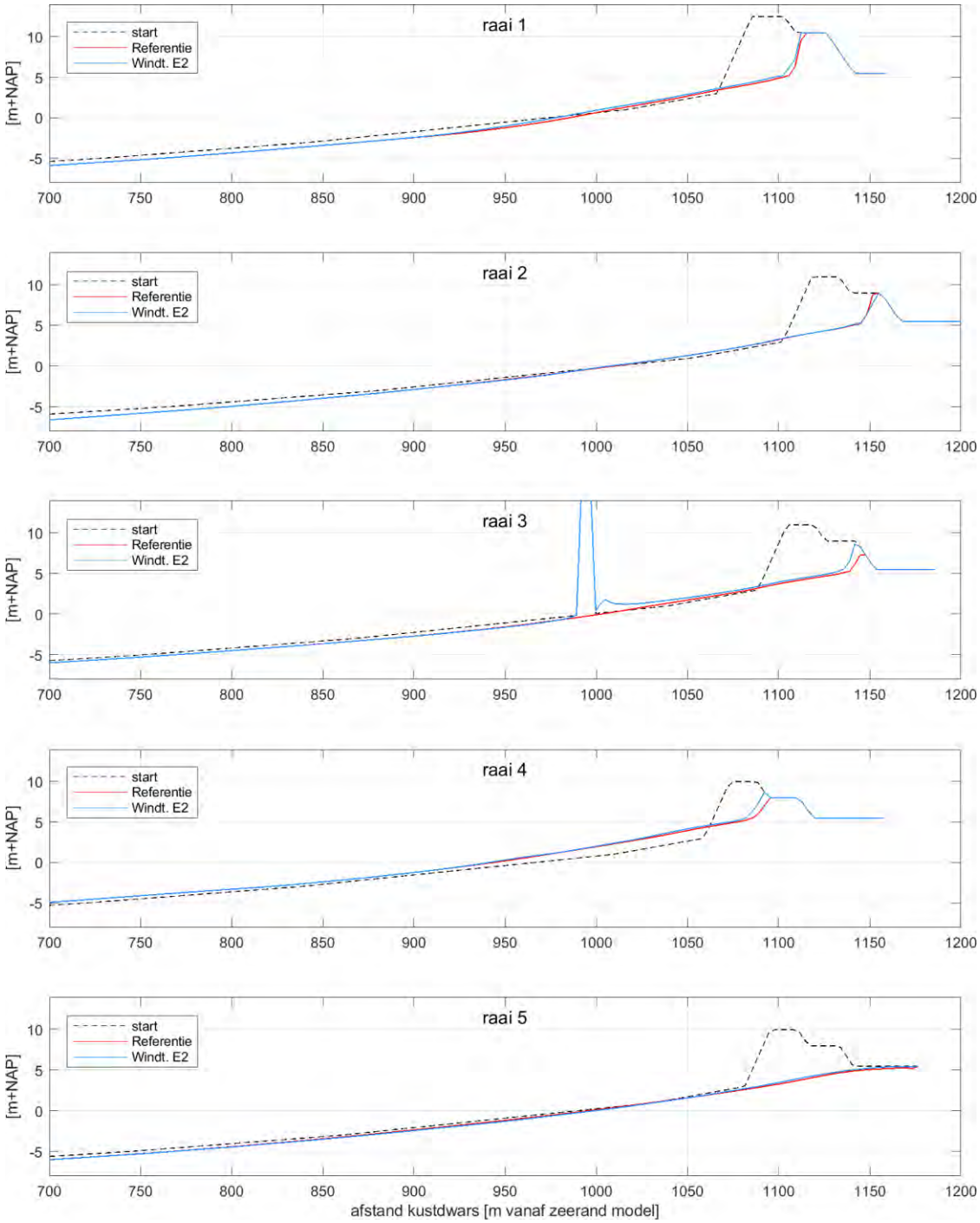
10.1 Dwarsprofielen bij de locaties uit de erosie/sedimentatie figuren



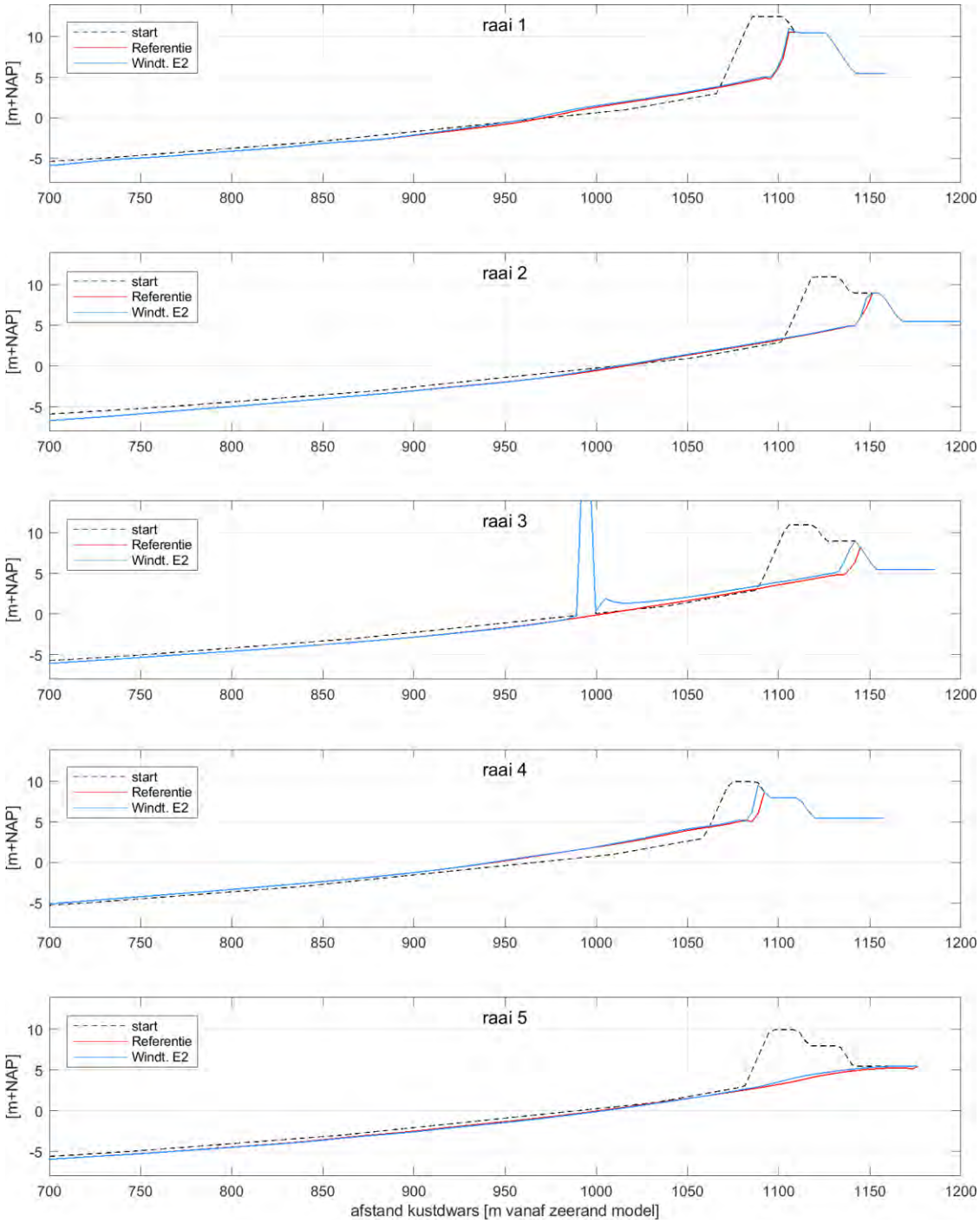
Figuur 10-1: Effect bij storm A, op basis van 2019 bodem, voor vijf raaien, zie Figuur 5-1.



Figuur 10-2: Effect bij storm B, op basis van 2019 bodem, voor vijf raaien, zie Figuur 5-2.

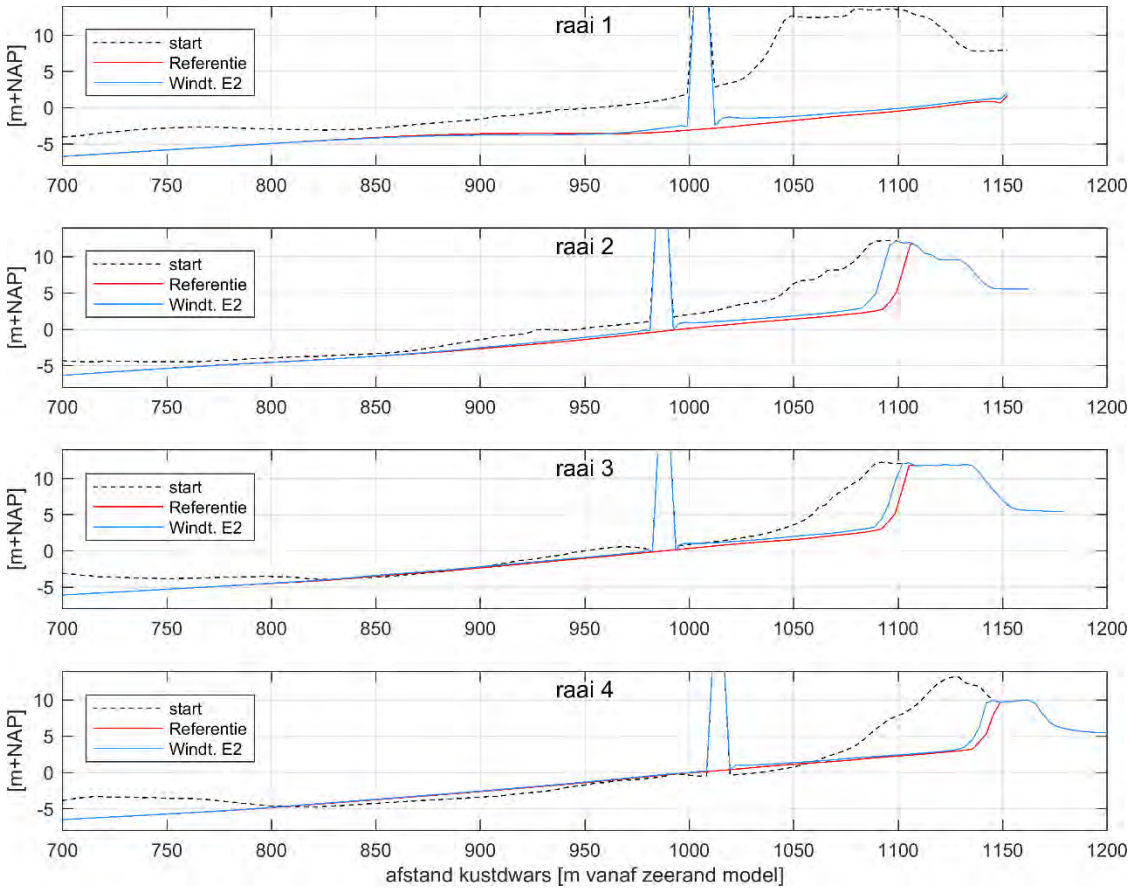


Figuur 10-3: Effect bij storm A, op basis van ontwerpbodem, voor vijf raaien, zie Figuur 5-3.



Figuur 10-4: Effect bij storm A, op basis van ontwerpbodem, voor vijf raaien, zie Figuur 5-4.

10.2 Dwarsprofielen bij de 12 windturbines



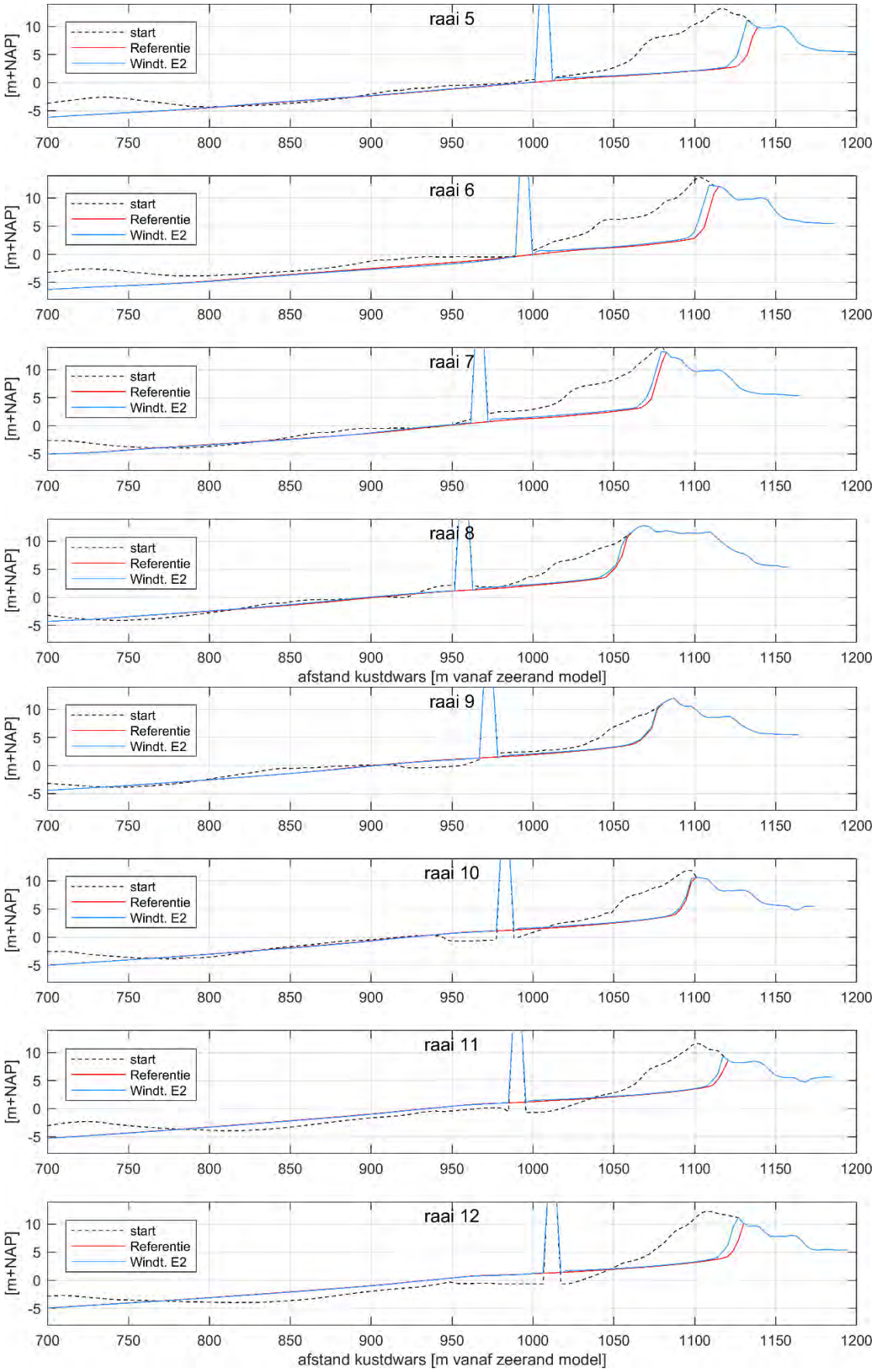
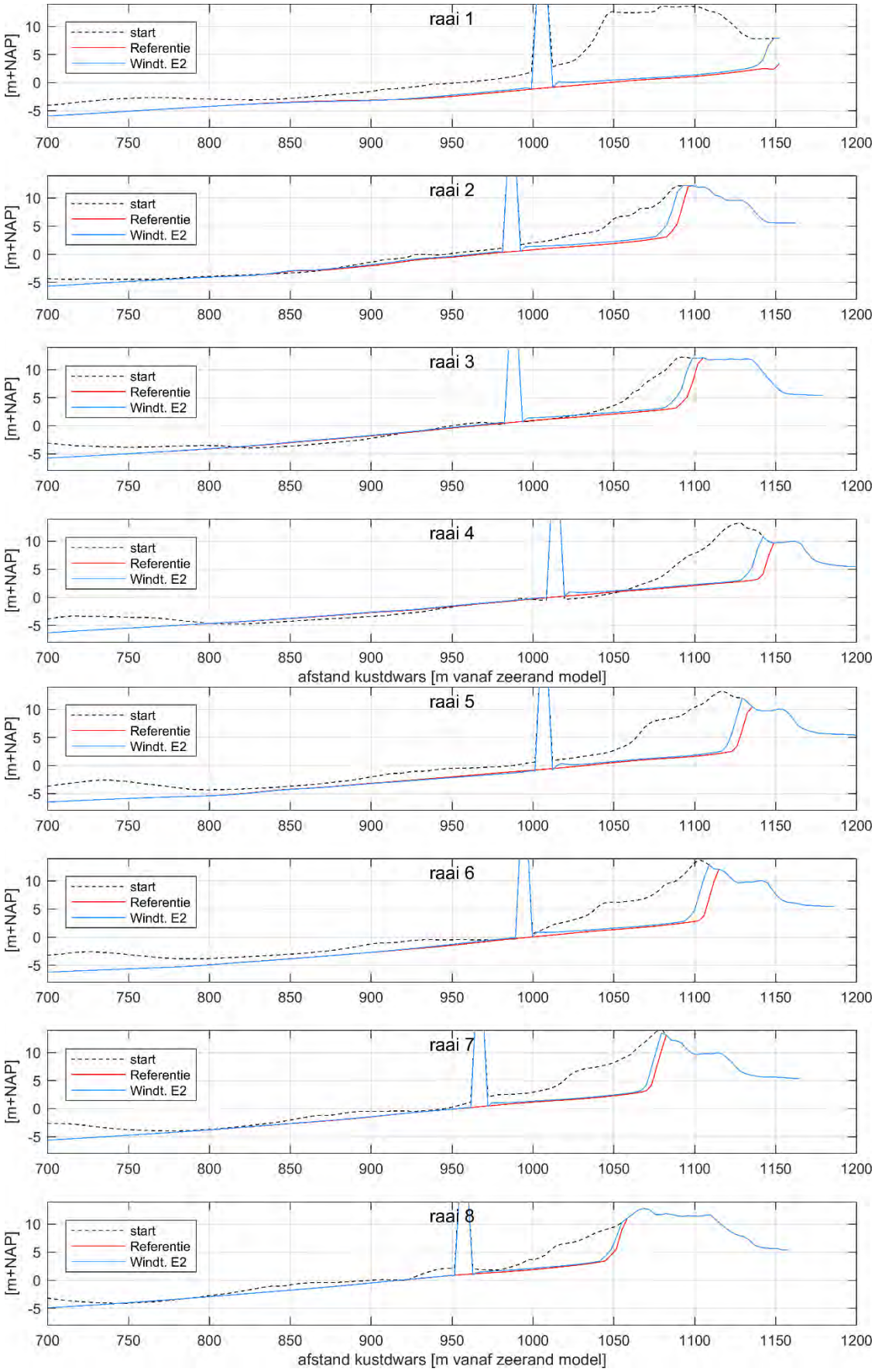


Figure 10-1: Effect bij storm A, op basis van 2019 bodem, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
raai 2
raai 3
raai 4
raai 5
raai 6
raai 7
raai 8
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]

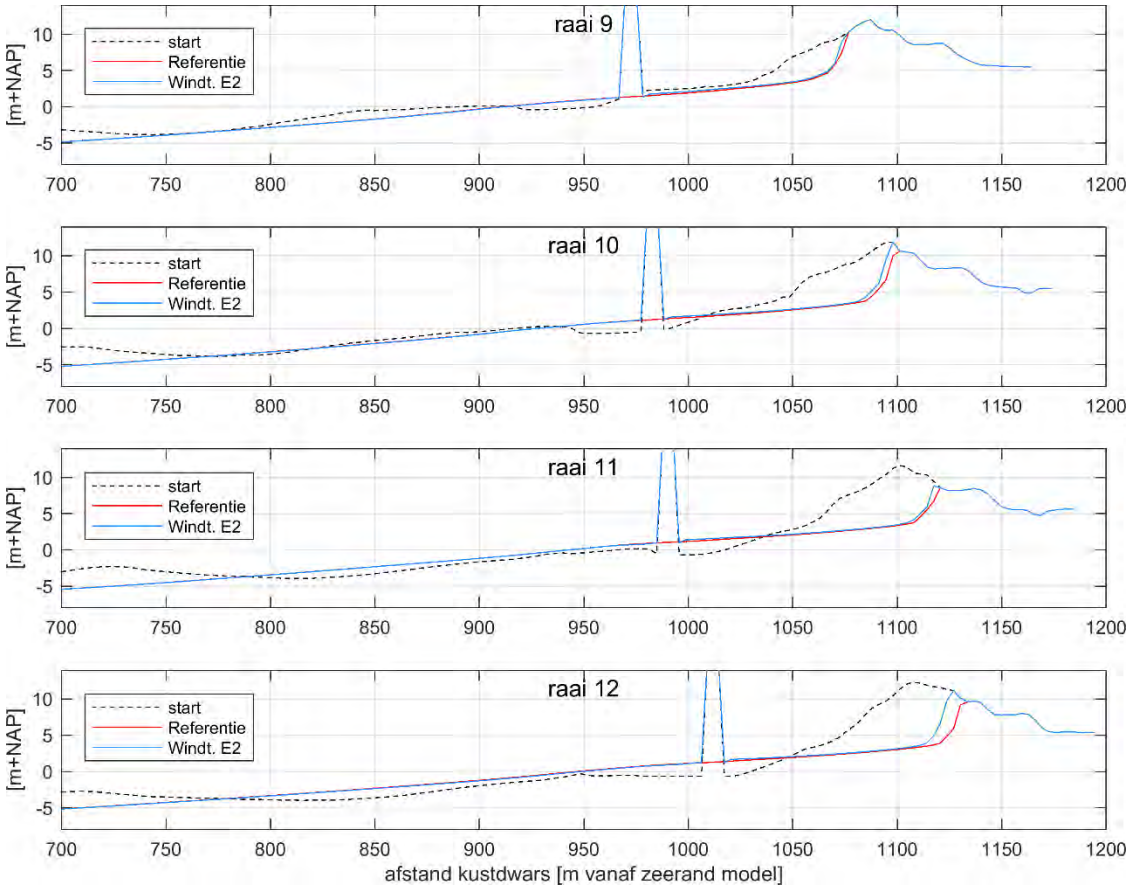
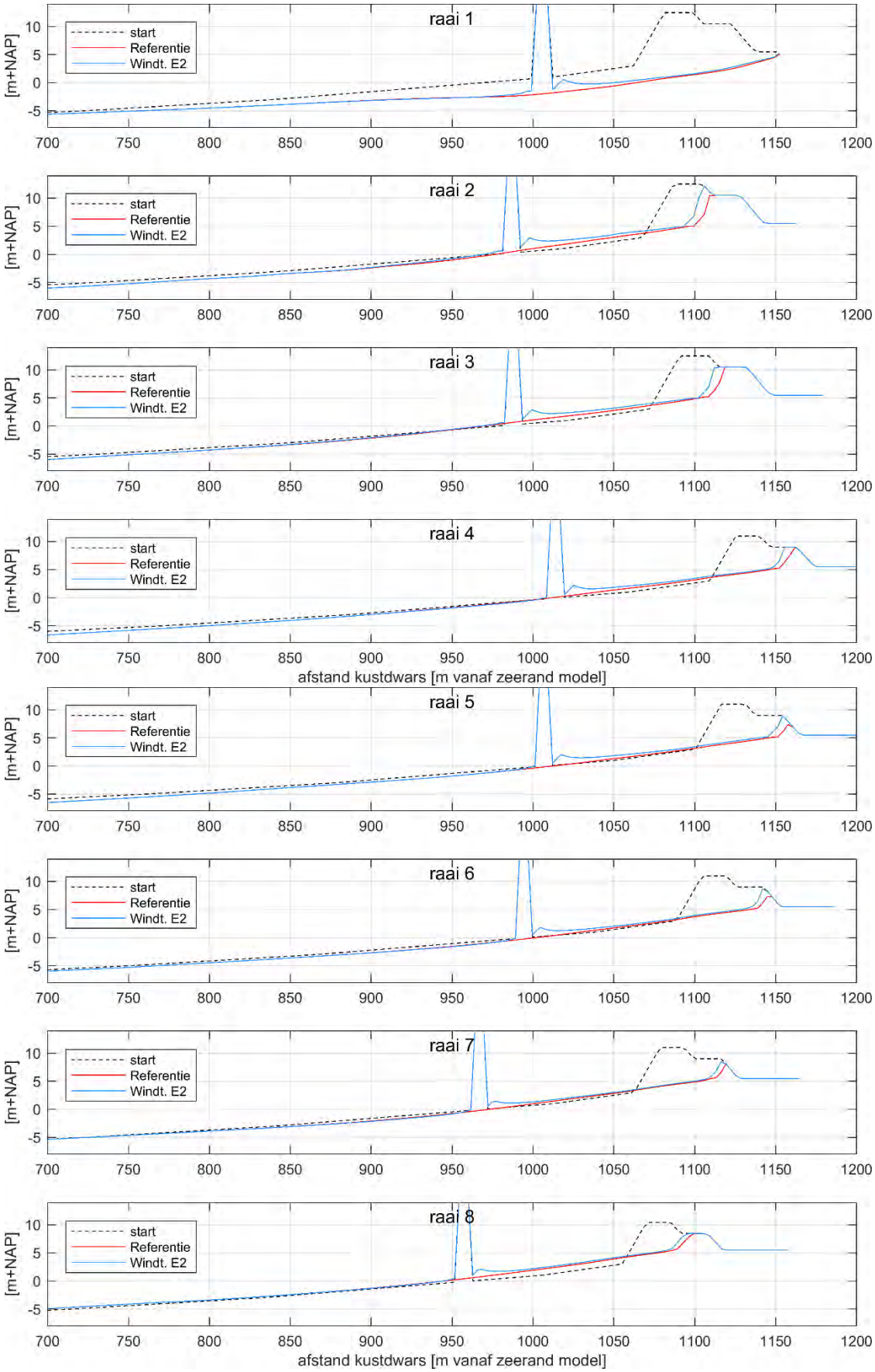


Figure 10-2: Effect bij storm B, op basis van 2019 bodem, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
raai 2
raai 3
raai 4
raai 5
raai 6
raai 7
raai 8
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]

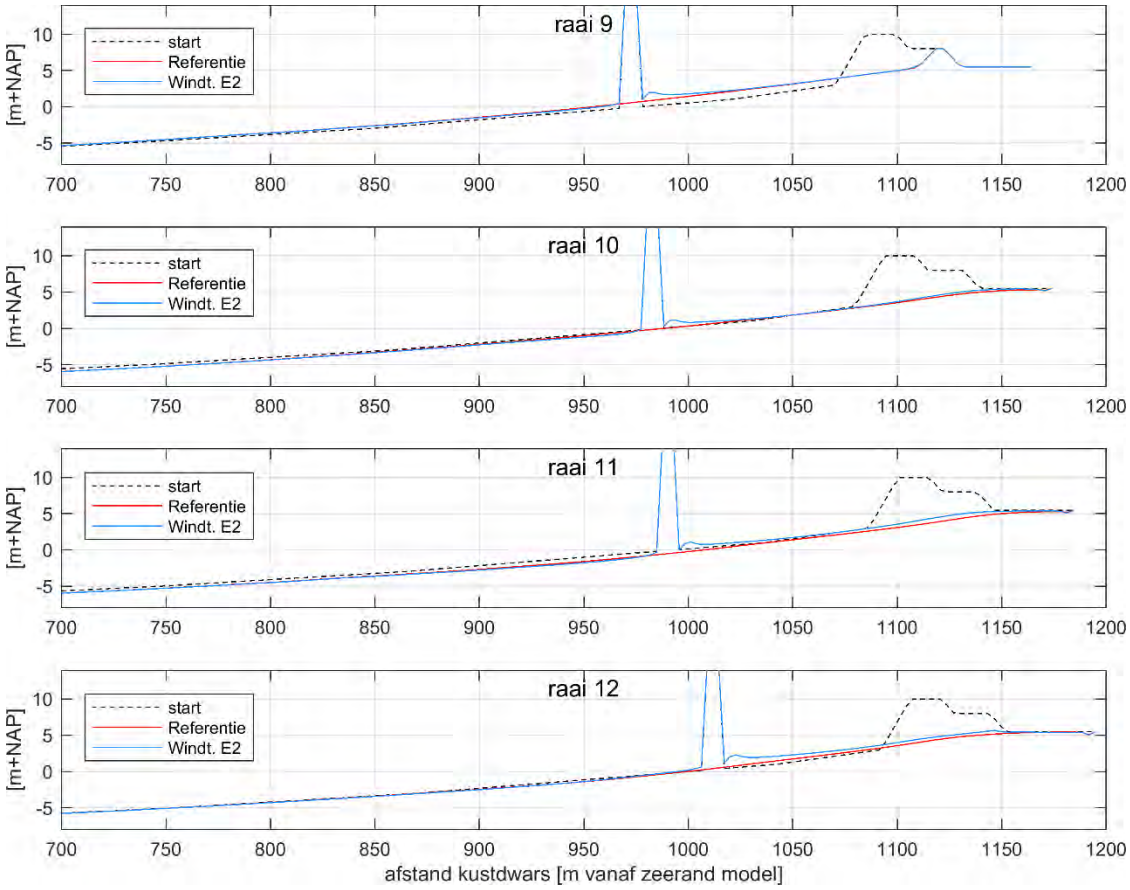
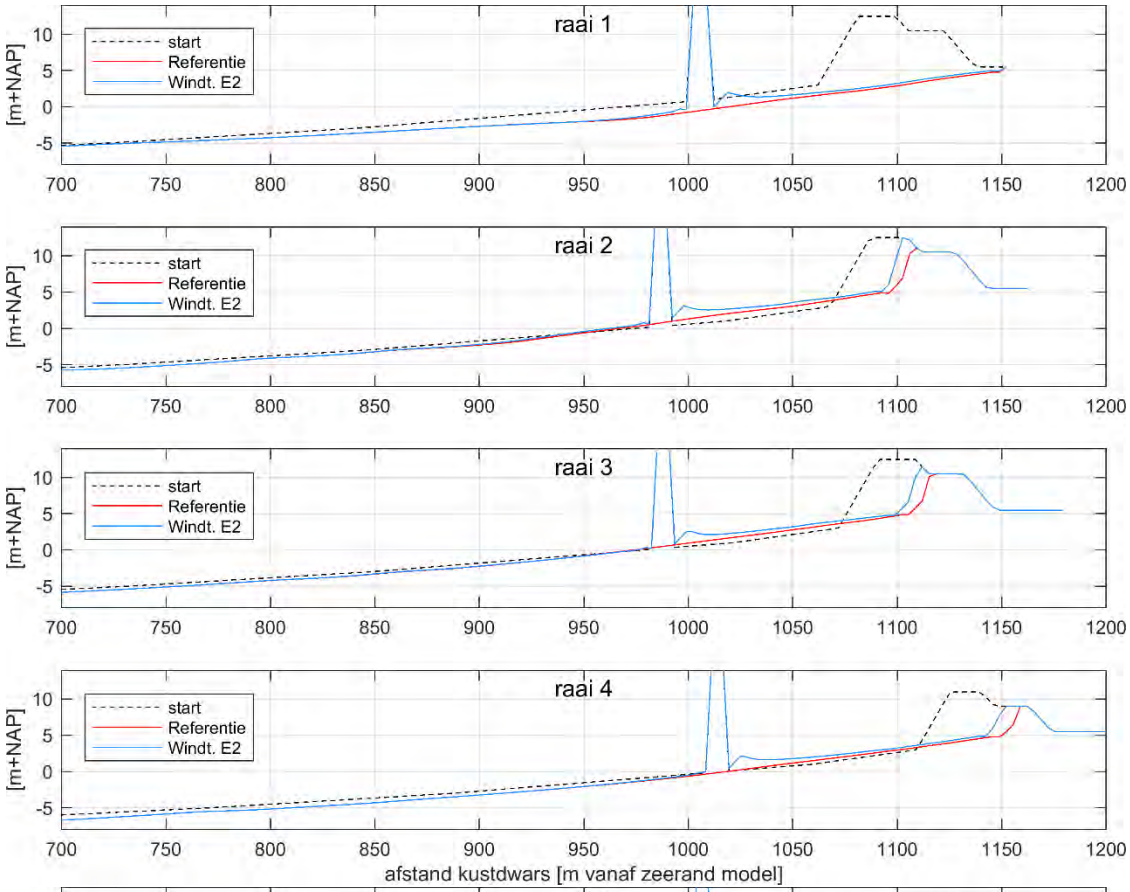


Figure 10-3: Effect bij storm A, op basis van ontwerpbodem, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 2
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 3
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 4
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]

raai 5
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 6
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 7
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200

raai 8
start
Referentie
Windt. E2
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]

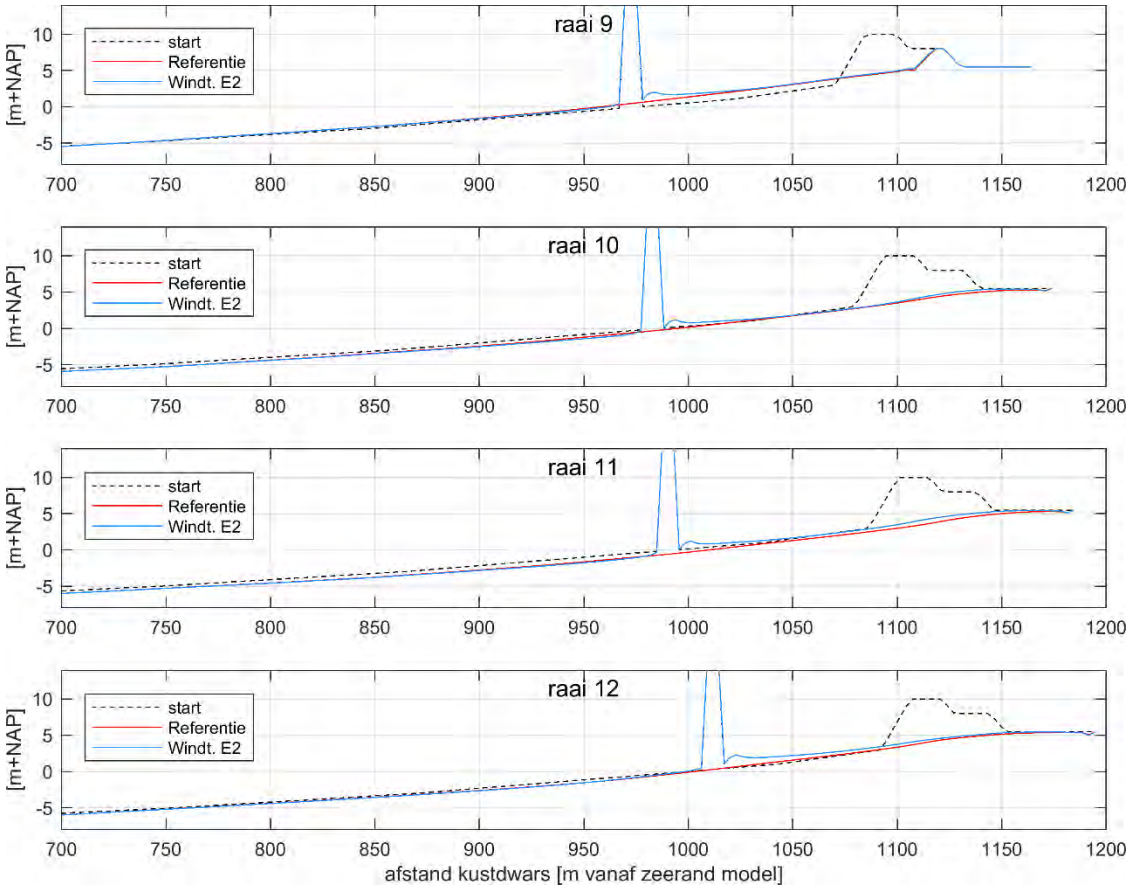


Figure 10-4: Effect bij storm B, op basis van ontwerpbodem, voor 12 raaien bij de windturbines.

SVASEK 2020B 2034-U20140-B-BVL

Inschatting minimum bodem obv Xbeach 1op10000som

Royal HaskoningDHV

MEMO: MINIMUM BODEM NA AFSLAG 1:10000 STORM

Aan	: [redacted] (RHDHV)
Van	: [redacted] (Svašek Hydraulics)
Datum	: 4 mei 2020
Referentie	: 2034/U20140/B/BvL
Status	: Werkdocument

DISCLAIMER

De in deze memo weergegeven werkwijze komt voort uit een zeer krappe planning en het beschikbaar zijn van slechts enkele stormafslagsommen in XBeach. Deze sommen zijn bovendien met een ander doel opgezet en daardoor voor de toepassing niet persé conservatief. De uitkomsten zijn zodoende expliciet van het karakter: 'beter dan niets' en dienen alleen als indicatie voor een werkelijke inschatting. De normale kwaliteitscontrole van Svašek is op deze memo niet van toepassing geweest.

1 PROBLEEMSTELLING

RHDHV vraagt de minimum hoogtepositie voor 12 windturbines op het strand van MV2.

Ons inziens kunnen deze bepaald worden door de minimumhoogte te nemen van:

- Minimum bodem gedurende normale condities en onderhoud volgens BIP (analyse Anne) MINUS maximum scour gedurende dagelijkse condities (Deltares).
- Minimum bodem tijdens storm condities (ontbreekt nog) MINUS maximum scour gedurende stormcondities (Deltares).

NB: er dient te worden gekeken naar het minimum van deze twee, de erosie dient NIET te worden opgeteld:

- Dat de bodem onder normale condities erg laag kan worden betekent bijvoorbeeld (uitgaande van gegarandeerd volumes) dat er erg veel sediment in het duin en het hoge strand zit, bij stormafslag kan dan worden aangenomen dat de bodem bij de turbines dan alleen maar omhoog komt.
- Anderzijds heeft het geen zin om met een dergelijke bodem te beginnen in de afslagberekening: voor bodemligging na de storm, is het volume in strand en duin voor de storm maatgevend, de verdeling is minder van belang. Deze stelling verdient overigens meer onderzoek. Dit is door Svašek in 2019 nagevraagd bij betrokkenen in het MV2 ontwerp, maar het effect van verschillende profielvormen op de duinafslag is tijdens het ontwerp nooit onderzocht. Dit is vreemd aangezien niet de profielvorm, maar alleen het bijbehorende volume wordt gegarandeerd.

Probleemstelling in het kort: de minimum bodemligging na stormafslag ter plaatse van de turbines ontbreekt. Deze memo geeft een snelle inschatting voor die bodemligging op basis van eerder gemaakte simulaties. Een betere inschatting zou kunnen worden gemaakt op basis van nieuwe berekeningen en extra analyse.

2 AANPAK

We beschikken over simulaties zonder turbines[1] met de ontwerpbodem (die minimum volumes volgens BIP bevat). De berekening is waarschijnlijk conservatief in de zin dat hij veel afslag laat zien en de duinen op veel locaties doorbreken. We gaan uit van het volgende:

- We nemen aan dat MV2 goed ontworpen is en de duinen stand houden bij een 1:10000 storm. Dit betekent dat het grensprofiel (in dit geval circa 28 m2 boven rekenpijl) moet blijven liggen (zie Technisch Rapport Duinafslag, 2007).
- Aan de andere kant nemen we aan dat de MV2 efficient is ontworpen en dat er ook niet veel méér dan het grensprofiel blijft liggen.
- Tot slot is het mogelijk dat in het begin van de storm (wanneer het rekenpijl nog laag is) op de windturbine locatie meer erosie kan zijn dan aan het eind (als de windturbine meer in de sedimentatiezone zit). Dus qua bodemligging is niet perse het moment maatgevend wanneer nog net het grensprofiel aanwezig is; dat moment kan eerder zijn.

Er wordt daarom een plot in de tijd gemaakt van de bodemligging bij de turbine gedurende de 1:10000 storm[2] en tegelijkertijd het volume dat beschikbaar is voor het grensprofiel. De minimum bodemligging die optreedt voordat het volume voor het grensprofiel < 28 m^2 is de maatgevende bodemligging.

3 DISCUSSIE/AANBEVELINGEN

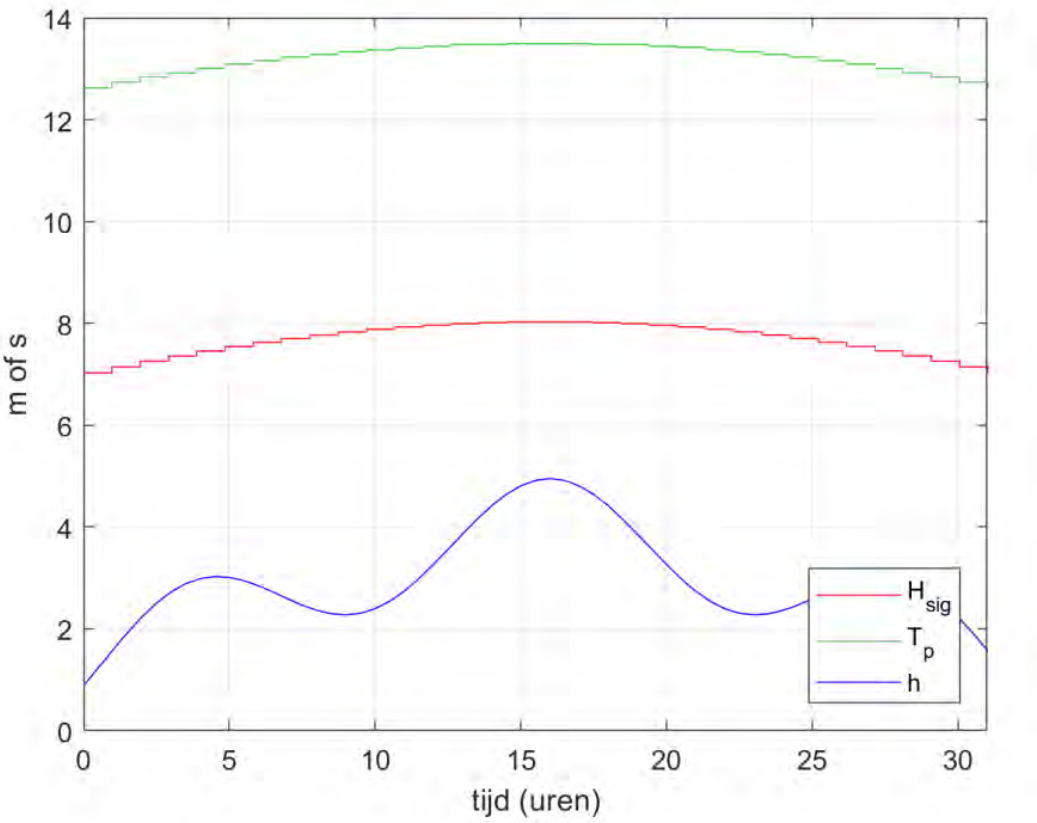
Deze aanpak is onderhevig aan diverse misten en maren - zie ook disclaimer aan het begin van deze memo – de belangrijkste aandachtspunten:

- Een harde storm met laag aangrijpingspunt kan mogelijkerwijs meer erosie veroorzaken dan de 1:10000 storm. We kijken ook naar de vroege fase in de 1:10000 storm, wanneer de waterstand nog relatief laag is (zie onderstaand figuur). Een goede analyse zou echter ook kleinere stormen meenemen. Een tussen-oplossing is ook de stormen van Deltares (1:1, 1:10 en 1:100?) met een gelijksoortige analyse te benaderen[3]; de laagste bodemligging is dan steeds maatgevend.

[1] Simulaties met turbines houden zand vast en de mate waarin dat gebeurt is onzeker, dus dat is geen conservatieve aanpak.

[2] Er zijn er 2: A en B, we kiezen degene die de de laagste bodemligging geeft.

[3] Klopt het dat de resolutie daarvan 10x10 m is? Zo ja, dat is erg grof voor een duinafslag berekening in XBeach.



- We kijken nu naar het absolutie effect in XBeach. Daar zit meer onzekerheid in dan in een effectbepaling. Het verdient aanbeveling om een gevoeligheidsanlayse met XBeach te doen waarbij o.a. ook numerieke instellingen (bijvoorbeeld aantal processoren) worden gevarieerd.
- Het eerder aangegeven proces van afslag die vanaf de bocht wordt afgezet aan weerzijden is onzeker en zal van invloed zijn op de strandligging voor zowel de bocht als aan weerzijden. Het zou goed zijn vooral het positieve effect hiervan te kwantificeren (bijvoorbeeld in een 1D berekening) want is de analyse niet overlag conservatief.
- De overgangszone (tussen hard en zacht) laat veel afslag en erosie zien. Voor zover bij ons bekend is de duinenrij hier extra versterkt. Die versterking zit vermoedelijk niet in de ontwerpbodem zoals die nu wordt gebruikt. Het zou goed zijn dit extra volume wel mee te nemen, want dan zul je op een hogere bodemligging uitkomen.
- Meer onderzoek zou nodig zijn naar effect van [profielvorm voor storm] naar [strandligging na storm].
- Een onzekerheidstoeslag zal geen overbodige luxe zijn. **Gegeven bovenstaande (maar niet alleen die) onzekerheden zou alleen op dit deel van de inschatting een minimale onzekerheidstoeslag van 2 m niet ongepast zijn**. Deze onzekerheid moet wel worden meegenomen in een bredere onzekerheidsanalyse van alle factoren in de minimum-bodemligging-bepaling zoals die aan het begin van deze memo is beschreven.

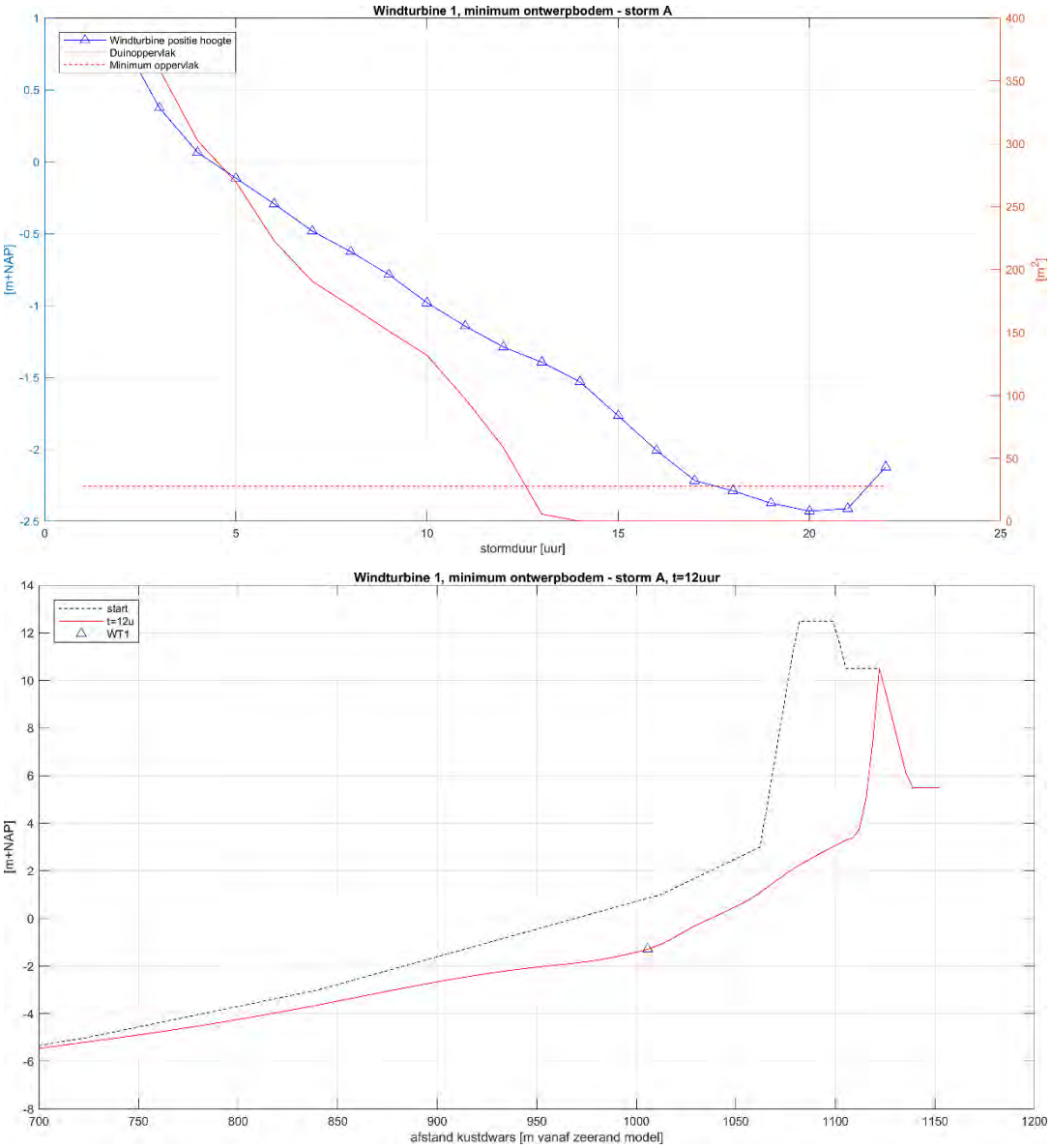
4 RESULTATEN

Eerst een tabel met de eindresultaten.

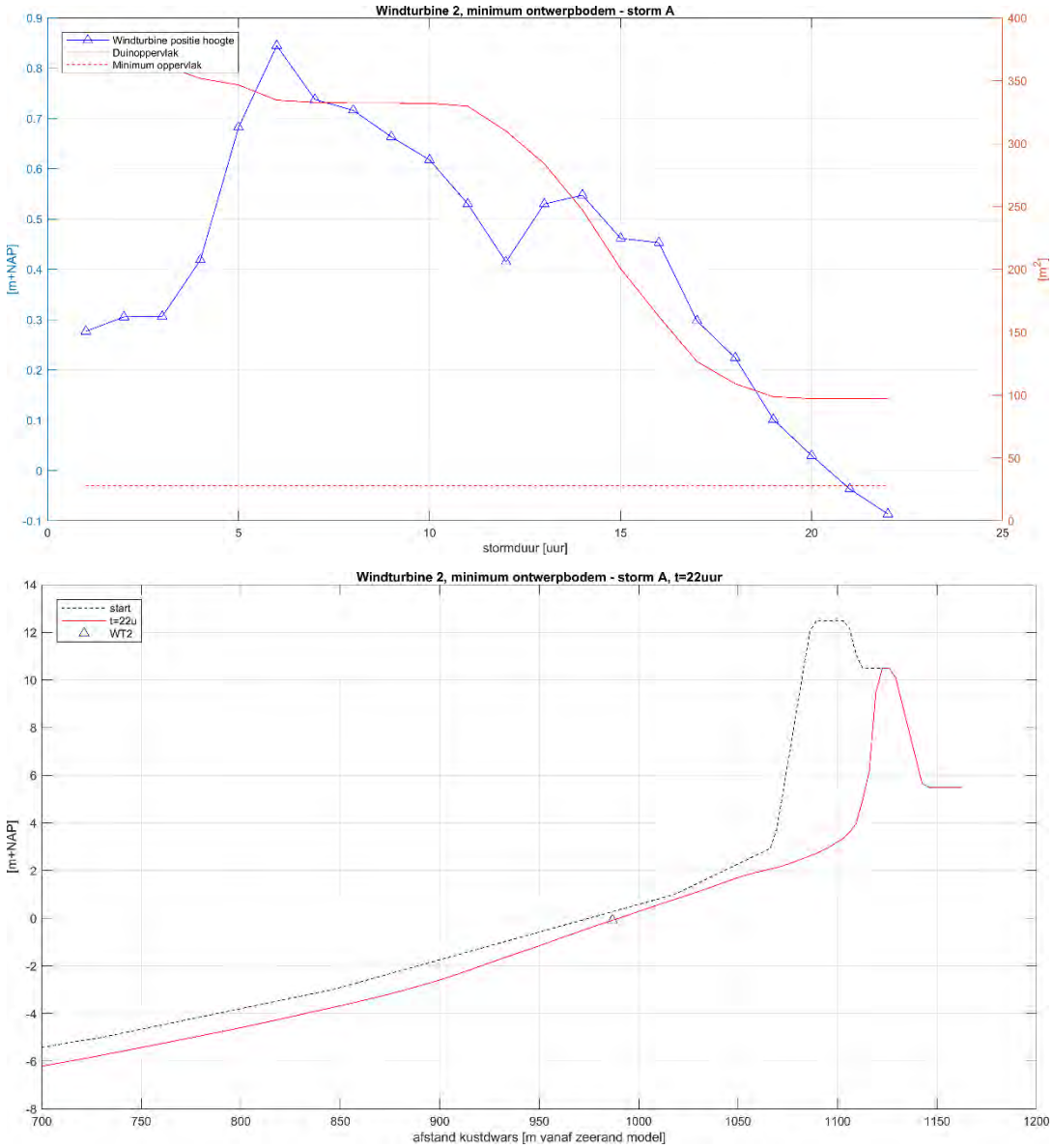
Daaronder per locatie een grafiek met bodemligging in de tijd en het afslagprofiel op het maatgevende moment.

Windturbine	Starthoogte [m+NAP]	Minimumhoogte [m+NAP]
1	0.8	-1.3
2	0.2	-0.1
3	0.2	0.1
4	-0.1	-0.3
5	0.0	-0.4
6	0.0	-0.5
7	-0.1	-0.4
8*	-0.1	-0.1
9	-0.1	-0.3
10	-0.1	-0.4
11	-0.1	-0.6
12	0.3	0.0

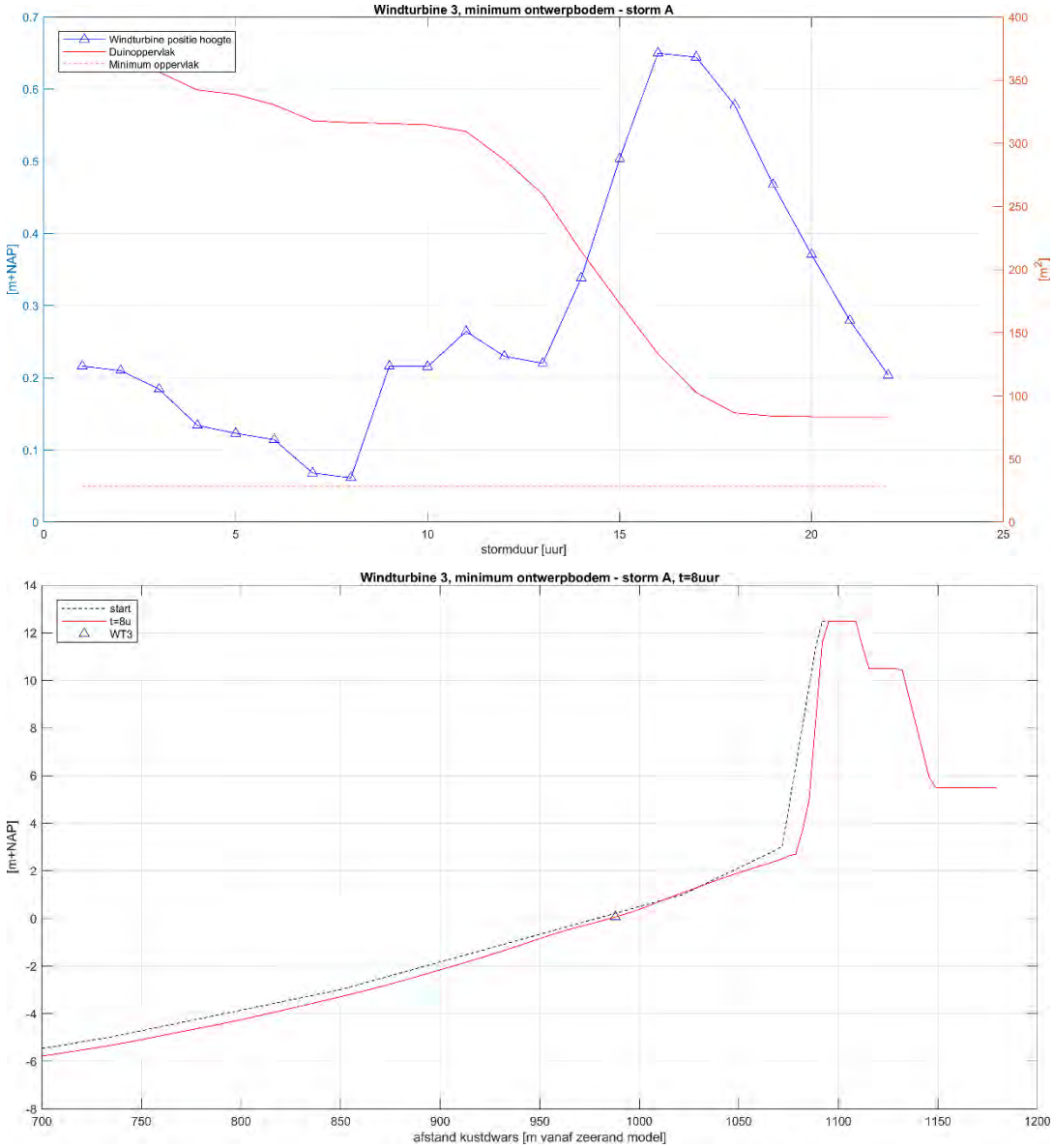
*) Windturbine 8 komt niet lager dan de starthoogte.



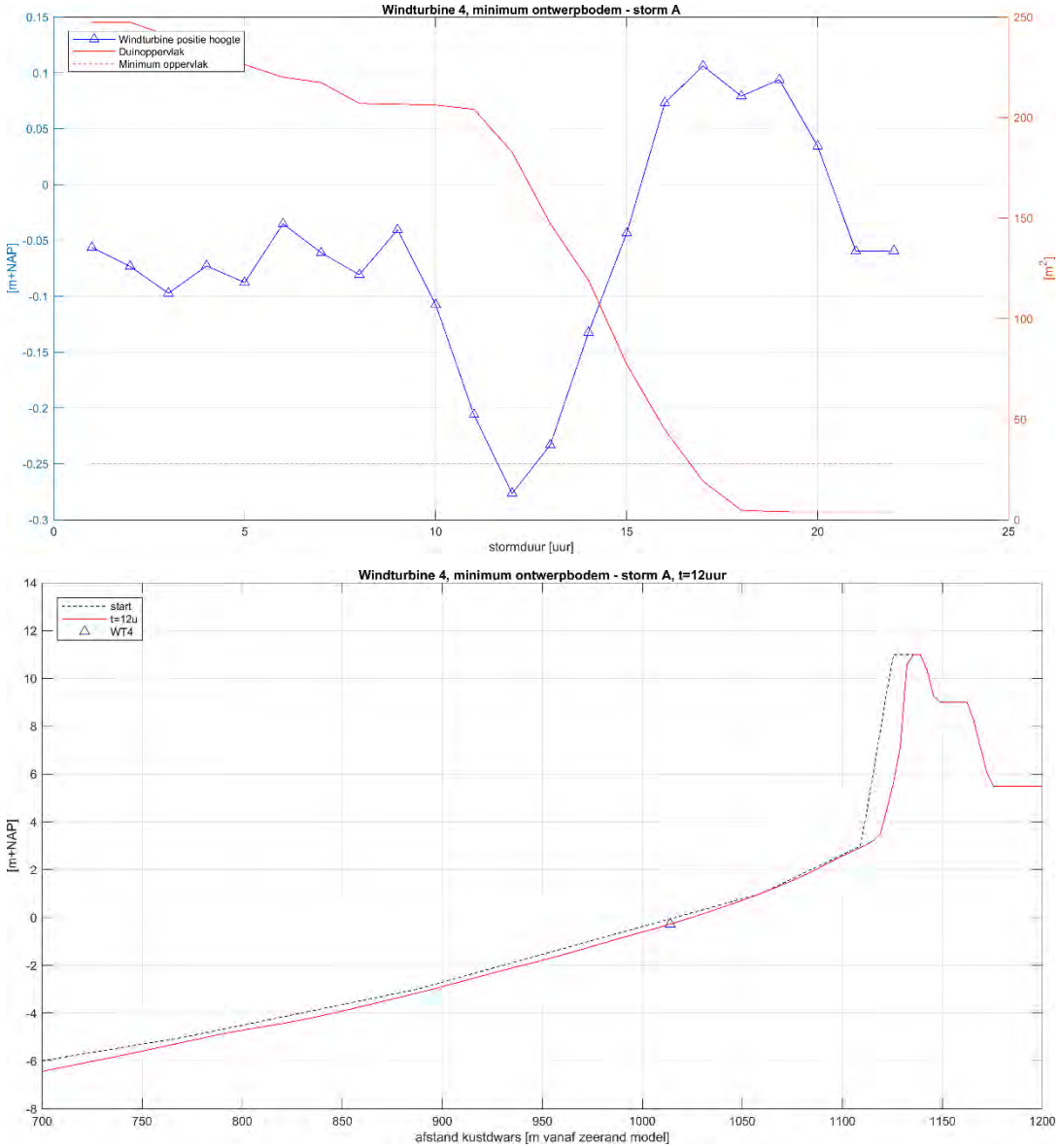
Figuur 1: Windturbine 1, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



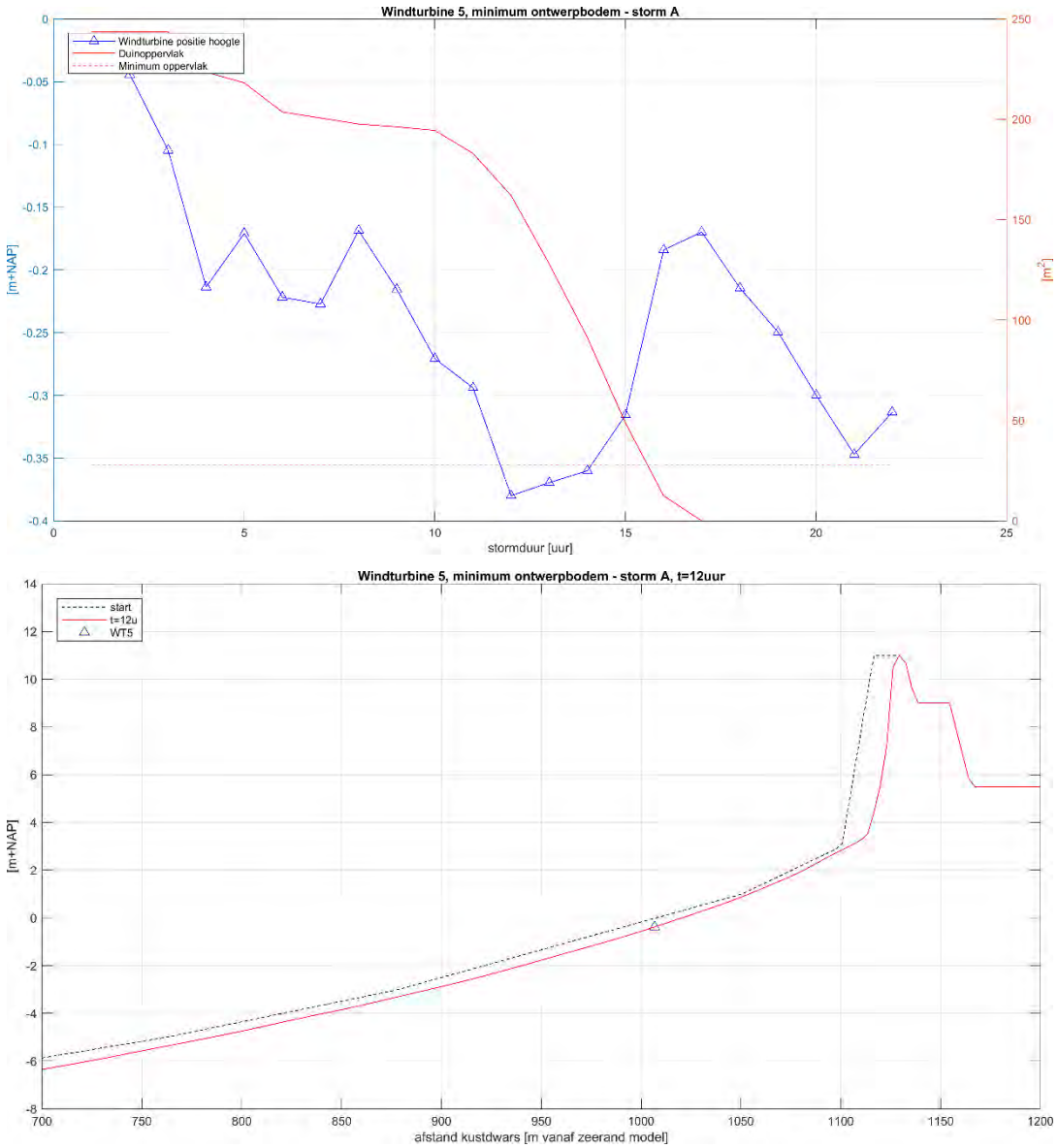
Figuur 2: Windturbine 2, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



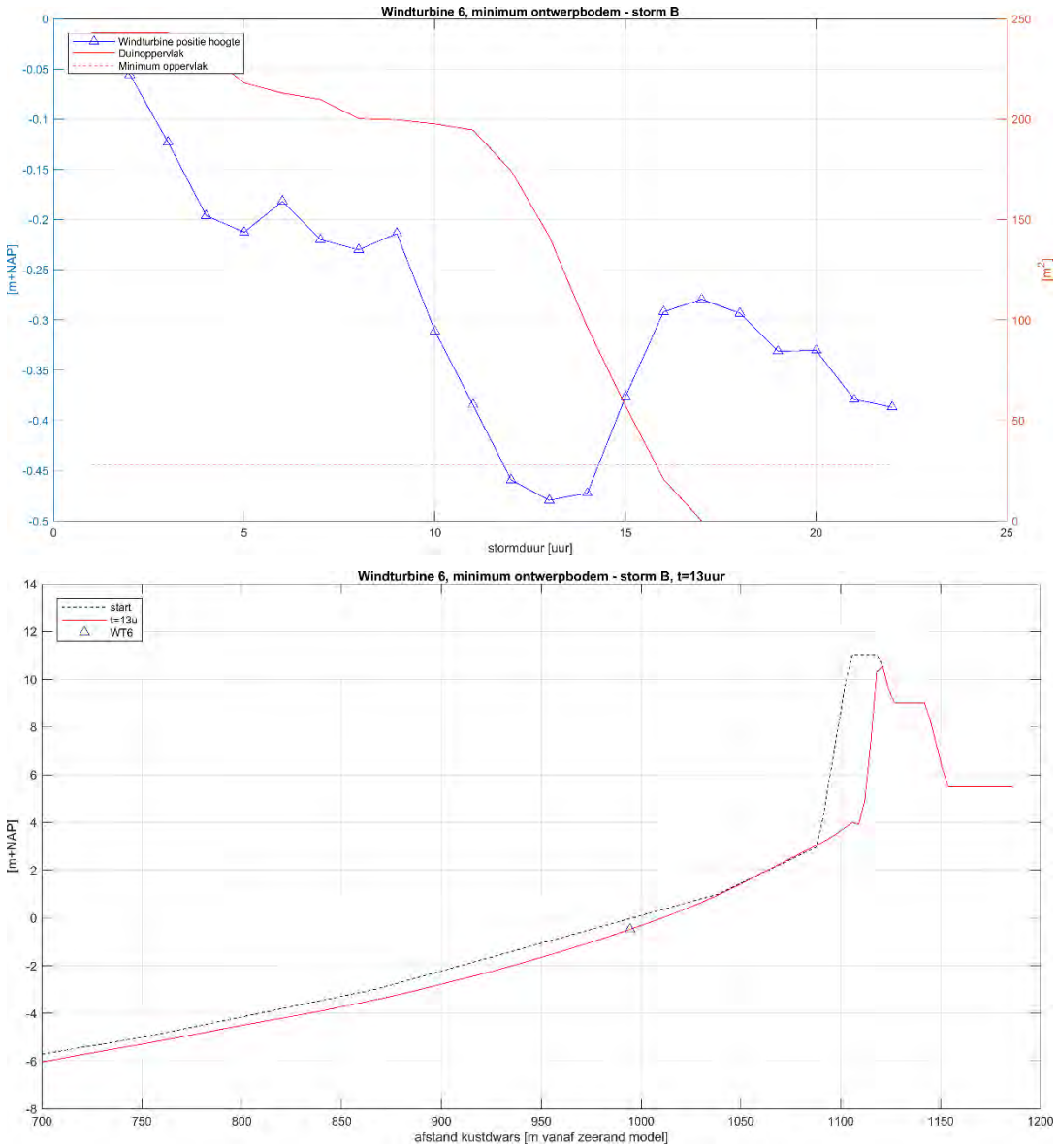
Figuur 3: Windturbine 3, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



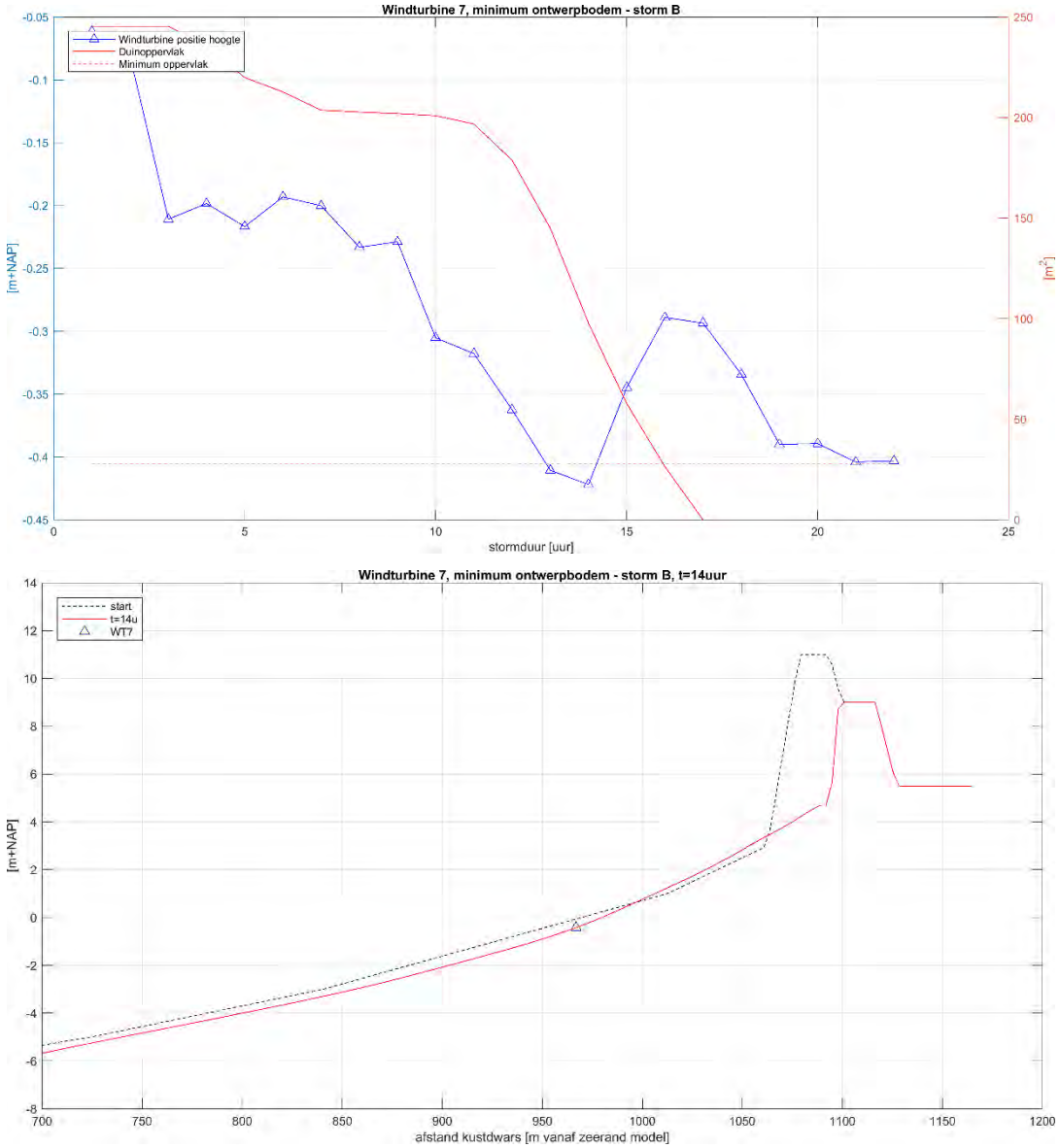
Figuur 4: Windturbine 4, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



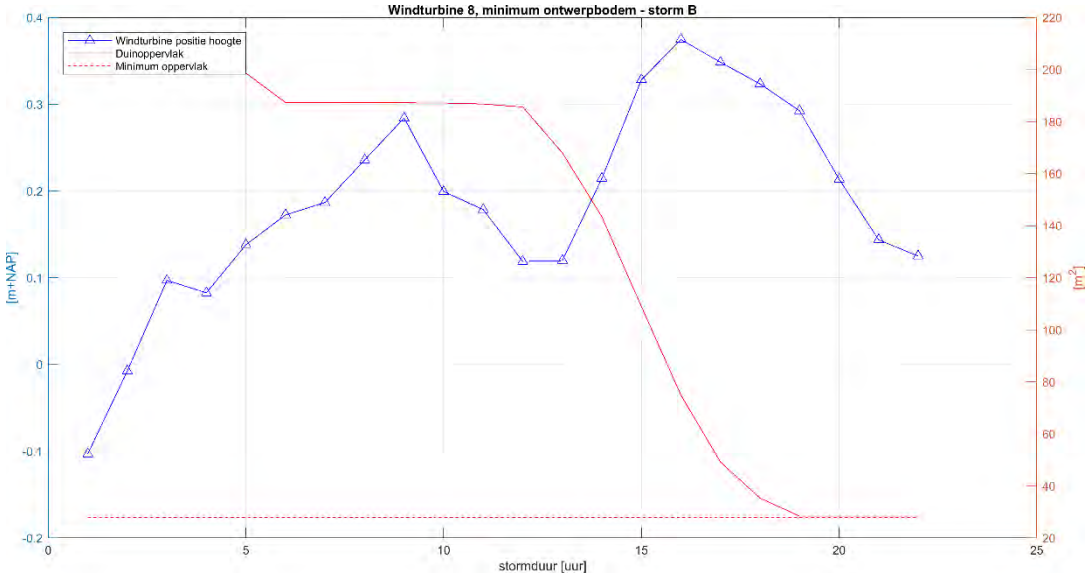
Figuur 5: Windturbine 5, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



Figuur 6: Windturbine 6, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).

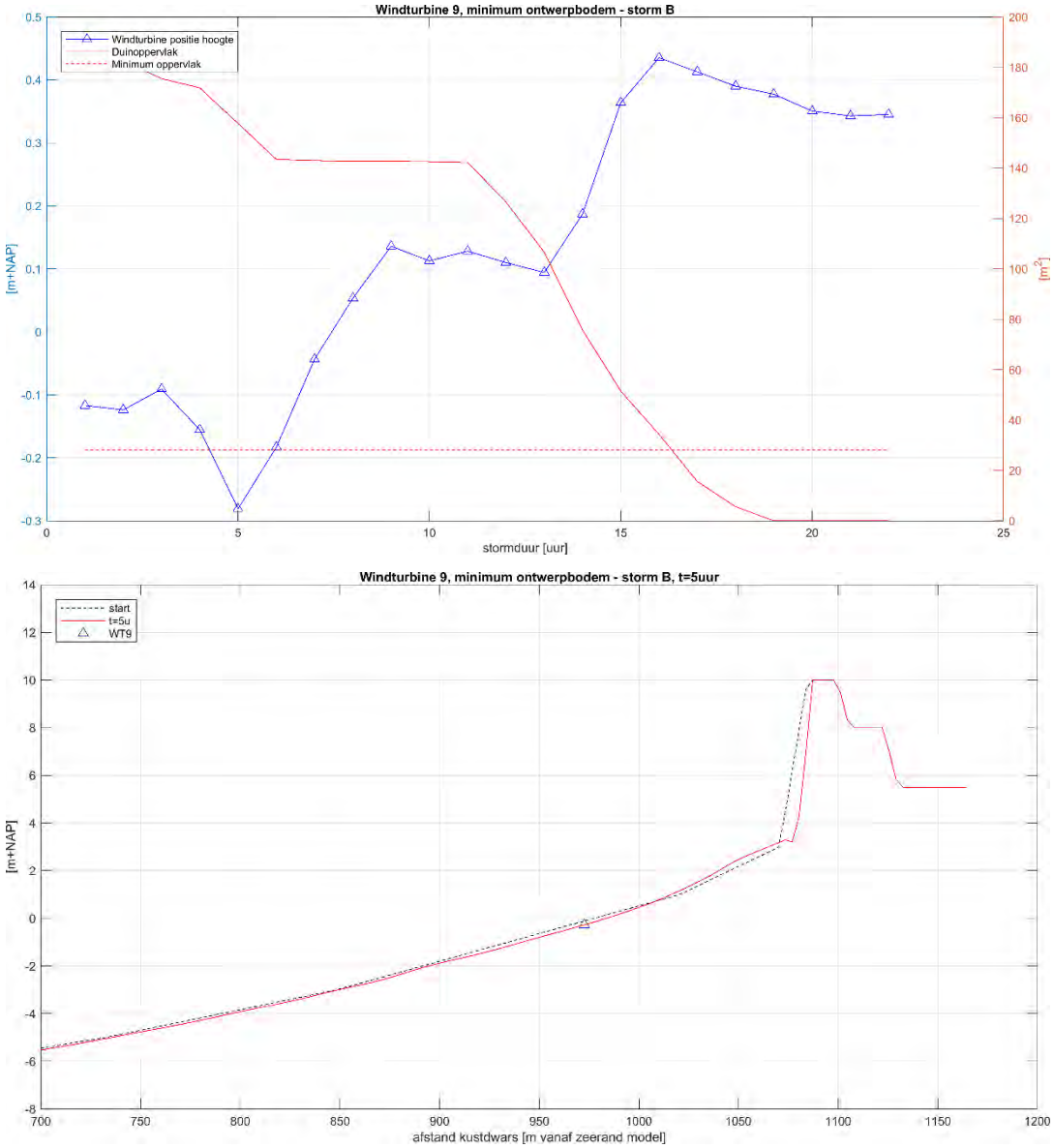


Figuur 7: Windturbine 7, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).

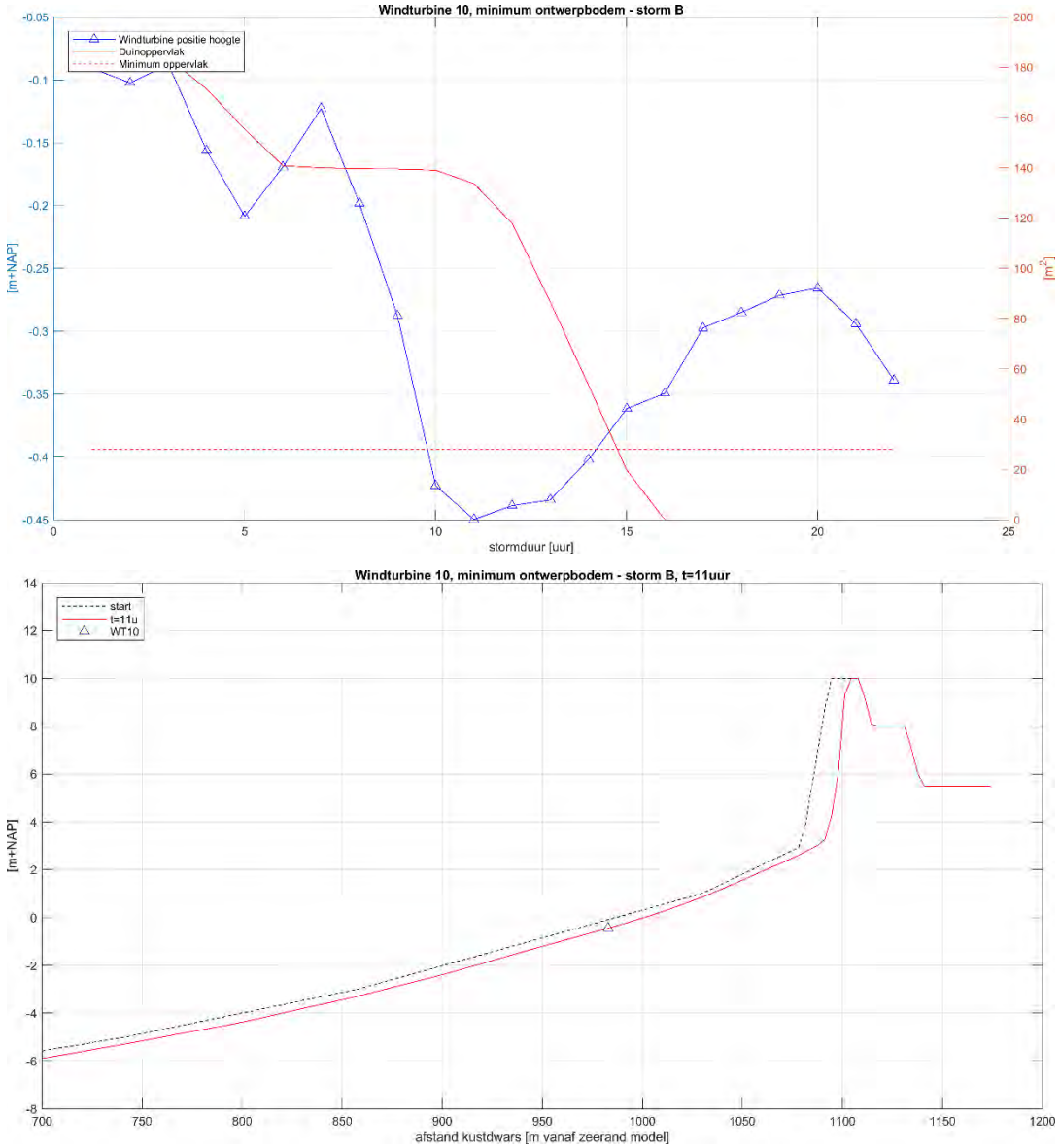


Figuur 8: Windturbine 8, bodemligging in de tijd.

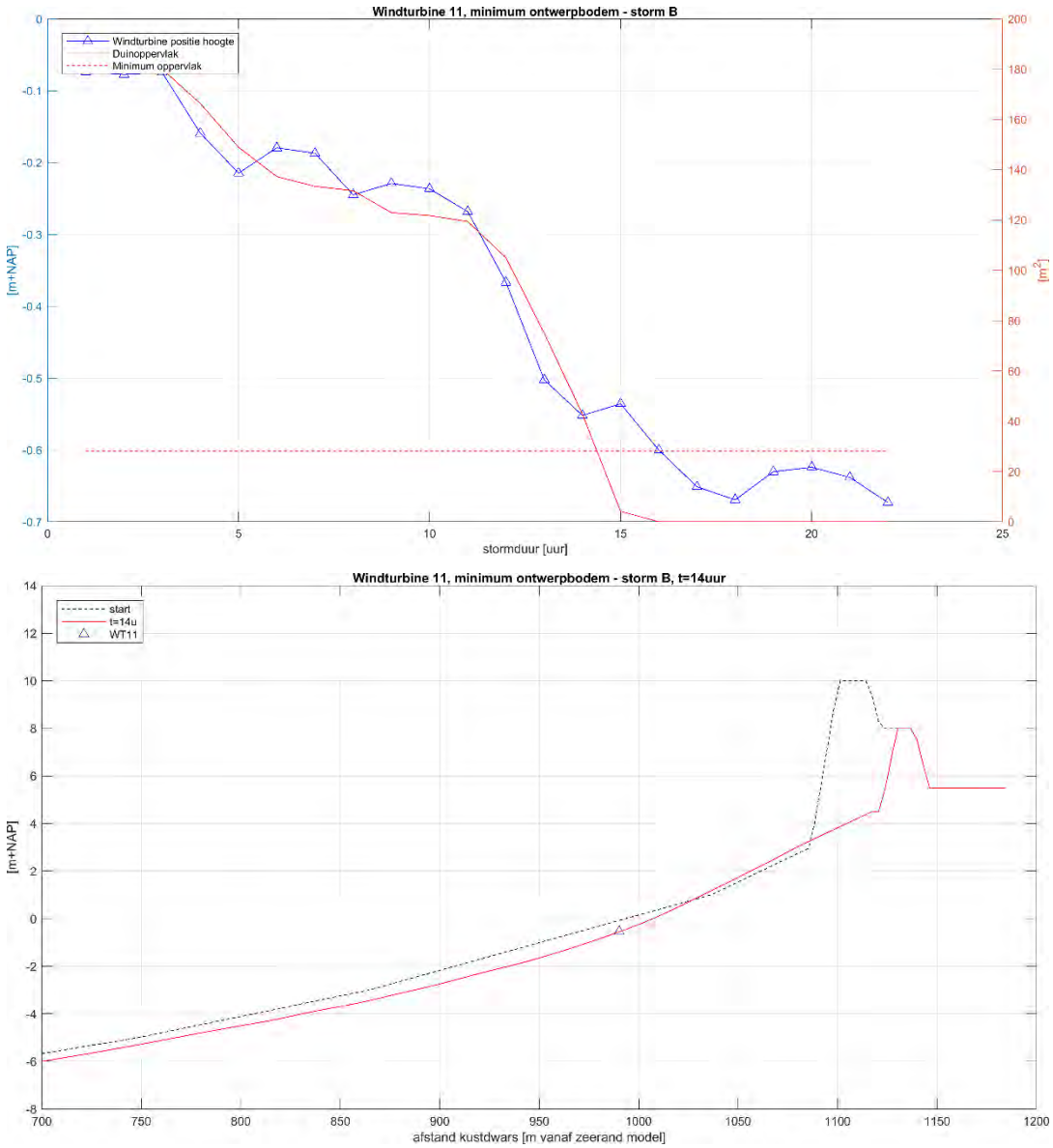
[raai figuur is opzettelijk achterwege gelaten. De minimum bodemligging is niet lager dan bij het ontwerpprofiel]



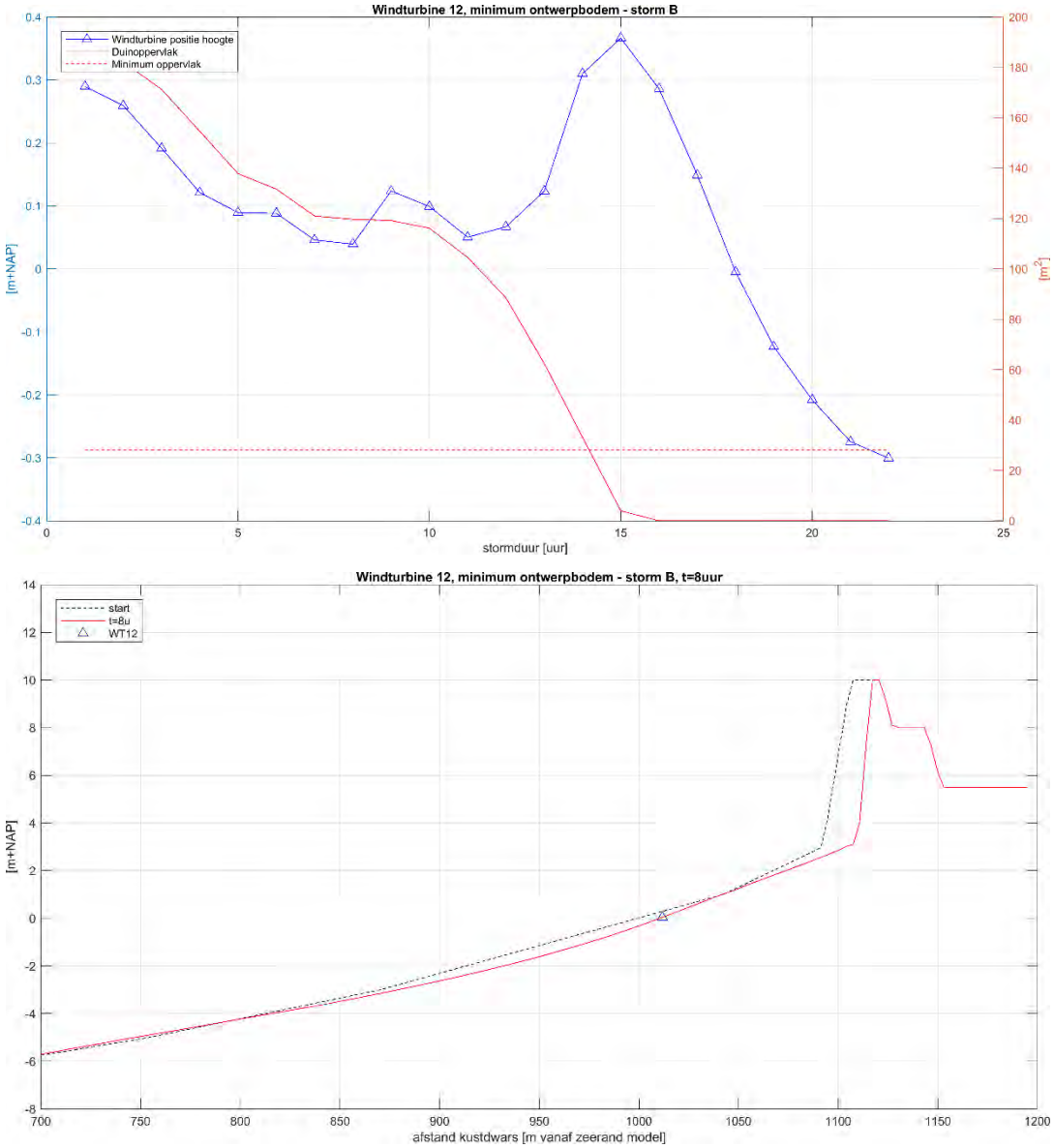
Figuur 9: Windturbine 9, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



Figuur 10: Windturbine 10, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



Figuur 11: Windturbine 11, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).



Figuur 12: Windturbine 12, bodemligging in de tijd (boven) en maatgevende afslagprofiel (onder).

SVASEK 2020C 2034-U20177-A-LSPA

Morfologische Effecten Erosiebescherming MV2

Royal HaskoningDHV

MEMO: MORFOLOGISCHE EFFECTEN EROSIEBESCHERMING ROND WINDTURBINES IN XBEACH SIMULATIES MV2

Aan	: [redacted], [redacted] (Royal Haskoning DHV)
Van	: [redacted] (Svašek Hydraulics)
Datum	: 3 juni 2020
Referentie	: 2034/U20177/A/LSpa
Gecontroleerd door	: [redacted]

1 INTRODUCTIE

Svašek Hydraulics heeft in opdracht van Rijkswaterstaat uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van windturbines op de zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte (MV2). Het huidige ontwerp bestaat uit een configuratie met twaalf turbines met een monopile fundering (Svašek Hydraulics, 2020).

Tussen de windturbines en de duin wordt een kabelbundel geplaatst. Onder andere om blootlegging van de kabels door scour rond de turbine te voorkomen wordt erosiebescherming rondom de windturbines toegepast. RHDHV heeft Svašek Hydraulics gevraagd de effecten van deze erosiebescherming in te schatten op veiligheid (stormafslag, kwantitatief met behulp van XBeach), door toepassing van hetzelfde model als eerder gebruikt voor effectbepaling van turbines op de veiligheid.

2 OVERZICHT XBEACH STORMSIMULATIES

Er wordt gerekend met twee configuraties, één met en één zonder erosiebescherming rondom de windturbines. In de situatie zonder erosiebescherming wordt een maximale ontgronding toegepast volgens Deltares (RHDHV, 2020), zoals weergegeven in Tabel 2-1. Vanaf de windturbines, waar deze maximale ontgronding wordt toegepast, volgen de ontgrondingskuilen een helling van 1:4 tot aan de ontwerpbodem. Deze ontgronding wordt al bij het begin van de berekening aangebracht. De aangebrachte erosiekuilen zijn qua volume om twee redenen groter dan ingeschat door Deltares:

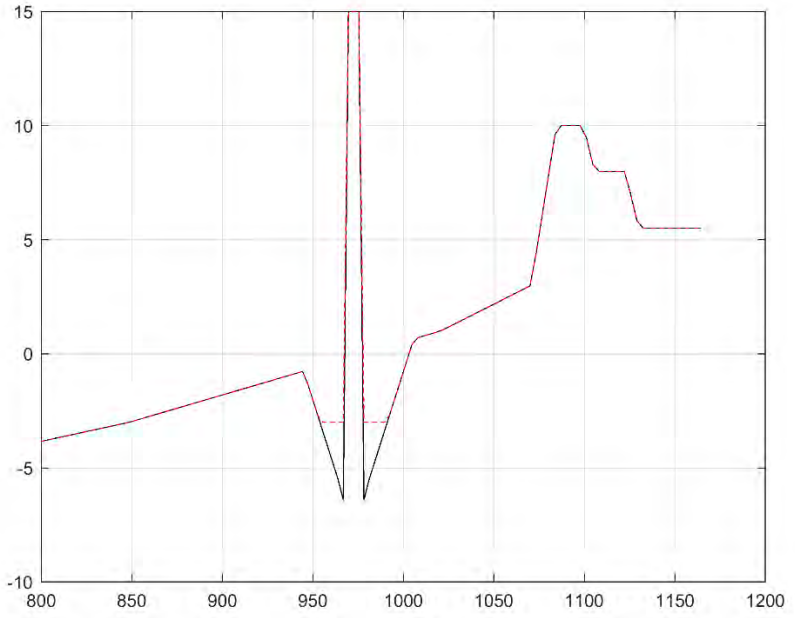
- de turbines hebben een grotere diameter in het model dan in het ontwerp (10 versus 5 m), pas vanaf de buitenkant van de turbine loopt de erosiekuil met een talud van 1:4 omhoog. Een grotere binnendiameter betekent een groter (qua volume) gat.
- de erosiegaten zijn door Deltares bepaald ten opzichte van een bodem tijdens 1:100 jaar stormafslag. De omliggende strandbodem gedurende die afslagberekening lager zijn komen te liggen dan aan de start van de berekening het geval is. De diepte van de erosiekuilen is ten opzichte van NAP gekozen en niet relatief ten opzichte van het omliggende strand.

Bij de configuratie met erosiebescherming is de maximale ontgronding gelijk aan de bovenkant van de beschermlaag (zie Tabel 2-1). Voor deze configuratie wordt aangenomen dat de dimensies van de ontgrondingskuilen boven de erosiebescherming gelijk zijn aan de situatie zonder erosiebescherming. De erosiebescherming wordt voor elke windturbine geïmplementeerd met een diameter van 50 meter. Zodoende is de diameter van de erosiebescherming groter dan de diameter van de ontgrondingskuilen.

Tabel 2-1: Maximale ontgronding en niveau erosiebescherming.

Windturbine	Max. ontgronding volgens Deltares [m NAP]	Niveau bovenkant erosiebescherming [m NAP]
1	-6.0	-4.0
2	-2.9	-3.0
3	-3.0	-3.0
4	-5.4	-3.0
5	-7.6	-4.0
6	-8.3	-4.5
7	-8.1	-4.0
8	-7.2	-3.5
9	-6.4	-3.0
10	-5.9	-3.5
11	-6.0	-3.0
12	-4.5	-3.0

De inplementatie (zowel met als zonder erosiebescherming) is als voorbeeld gegeven voor turbine locatie 9.



Figuur 2-1: Voorbeeld dwarsdoorsnede scourhole turbinelocatie 9. Zwarte lijn geeft de simulatie zonder erosiebescherming, rode onderbroken lijn met. Op de y-as [m+NAP], op de x-as [m dwars op de wering].

Naast de twee configuraties wordt er gerekend met twee stormen, waarbij wordt gekeken naar de effecten ten opzichte van de configuratie zonder erosiebescherming. Voor deze memo worden zodoende vier XBeach simulaties gebruikt. Er wordt voor deze studie gerekend met de ontwerpbodem.

De stormen duren 32 uur en zijn weergegeven in onderstaande tabel. Storm A is representatief voor maatgevende condities voor de noordkant van MV2, Storm B is representatief voor de zuidkant.

Tabel 2-2: 1:10.000 jaar randvoorwaarden.

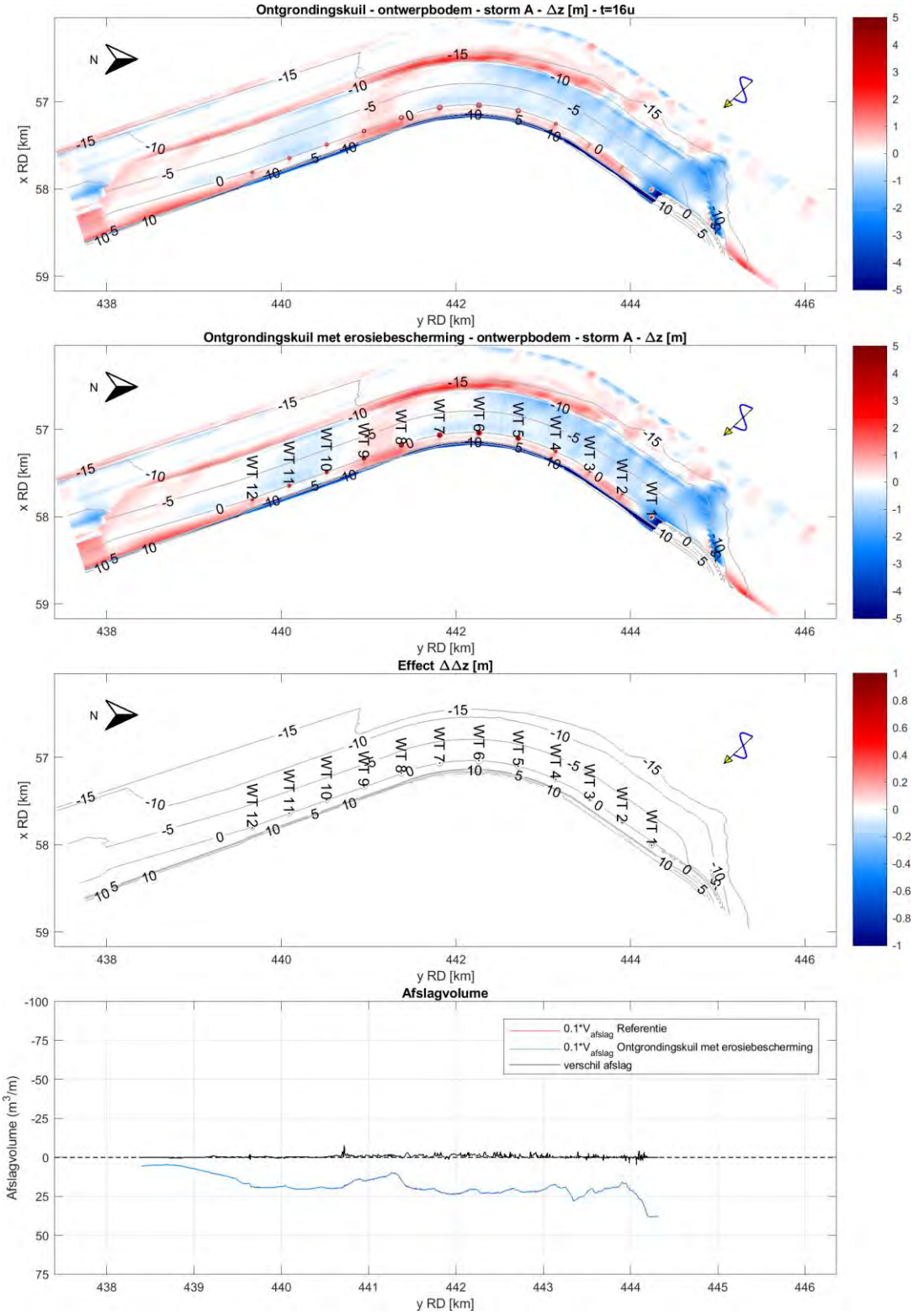
	Hs [m]	Tp [s]	Dir °N	Wl [m+NAP]
Storm A	8.1	13.5	317	4.95
Storm B	7.6	13.5	306	4.95

3 RESULTATEN

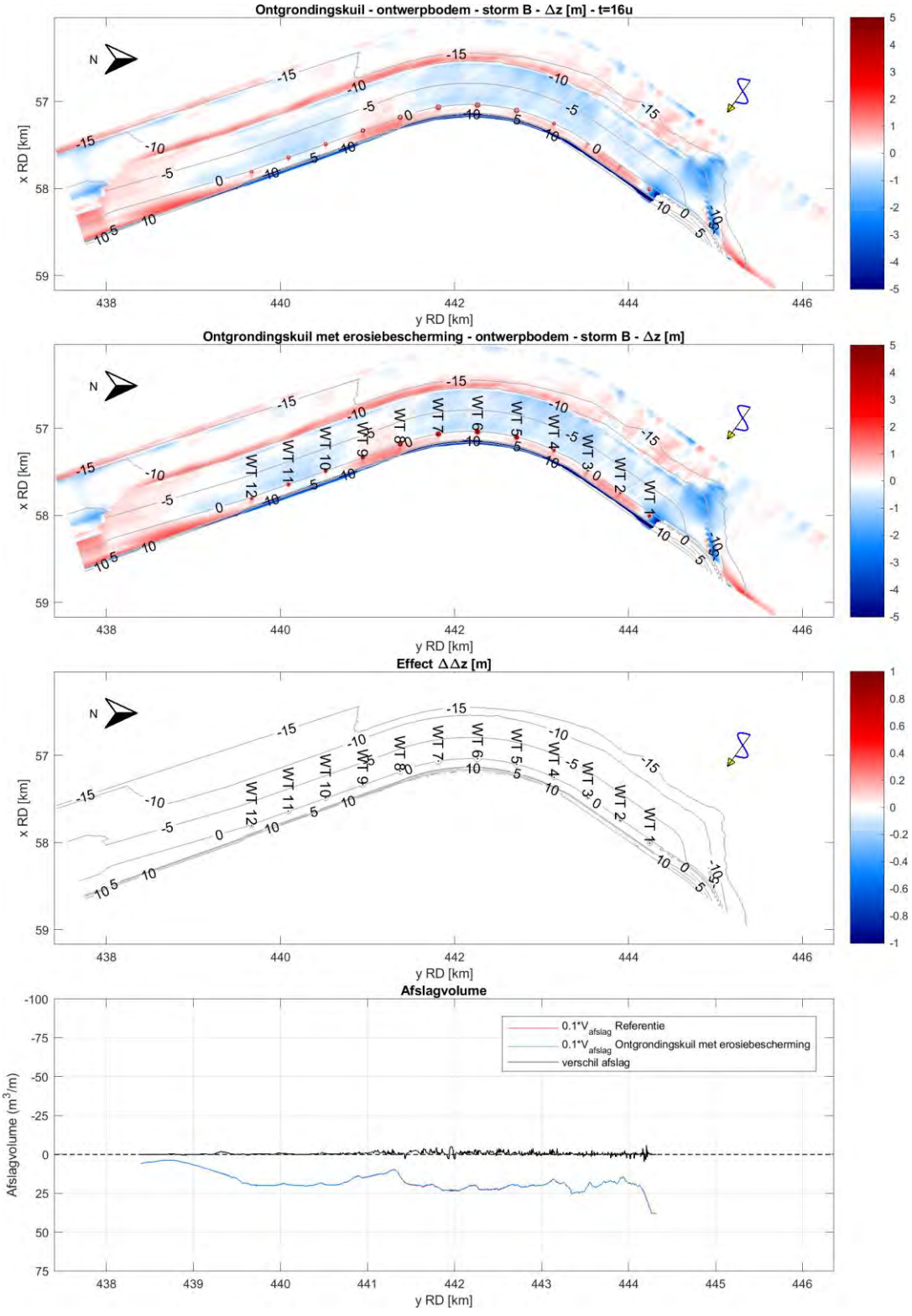
3.1 Erosie/sedimentatie figuren en effect op afslag

Voor beide stormen is een erosie/sedimentatie figuur van de situatie zonder erosiebescherming gegeven (bovenste), eenzelfde figuur maar met erosiebescherming (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (onderste). Deze laatste geeft per scenario het afslagvolume boven rekenpeil (in al deze gevallen 4,95 m+NAP), en het verschil daartussen. Een negatief verschil geeft minder afslag voor de situatie met erosiebescherming.

Het effect van de erosiebescherming in de berekeningen is is nauwelijks zichtbaar en te beoordelen als nihil.



Figuur 3-1: Effect bij storm A.



Figuur 3-2: Effect bij storm B.

4 CONCLUSIES

Het effect van erosiebescherming zoals dat blijkt uit de berekeningen is nihil.

REFERENTIES

Svašek Hydraulics (2020). Morfologische effecten op MV2 van windturbines op MV2 configuratie Eneco april 2020. Memo, 29 april 2020, referentie: 2034/U20125/C/LSpa.

Royal Haskoning DHV (2020). Afmetingen erosiekuilen & erosiebescherming. Excel, 29 mei 2020, referentie: 2034/IN20265/BvL.

SVASEK 2020D 2034-U20167-B-LSPA

Morfologische Effecten
Bouwfase MV2

Royal HaskoningDHV

MEMO: MORFOLOGISCHE EFFECTEN VAN WINDTURBINES EN BOUWPLATFORMEN OP MV2 CONFIGURATIE ENECO APRIL 2020

Aan	: [redacted] (Royal Haskoning DHV)
Van	: [redacted] (Svašek Hydraulics)
Datum	: 28 mei 2020
Referentie	: 2034/U20167/B/LSpa
Gecontroleerd door	: [redacted]

1 INTRODUCTIE

Svašek Hydraulics heeft in opdracht van Rijkswaterstaat uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van windturbines op de zachte zeewering van de Tweede Maasvlakte (MV2). Het huidige ontwerp bestaat uit een configuratie met twaalf turbines met een monopile fundering (Svašek Hydraulics, 2020).

Voor de bouw van de turbines wordt bij elke turbine een bouwplatform aangelegd. Dit betreft een zandlichaam met aan de zeezijde en weerszijden een damwand. RHDHV heeft Svašek Hydraulics gevraagd de effecten van deze bouwplatformen en turbines in te schatten op veiligheid (stormafslag, kwantitatief met behulp van XBeach).

2 OVERZICHT XBEACH STORMSIMULATIES

Er wordt gerekend met twee configuraties en twee stormen, waarbij steeds wordt gekeken naar de effecten ten opzichte van een referentie zonder windturbines en bouwplatformen (zoals berekend in Svašek Hydraulics, 2020). Voor deze memo worden zodoende vier XBeach simulaties gebruikt. Er wordt voor deze studie gerekend met de 2019 bodem (Q2 2019). De twee configuraties bestaan uit:

1. Alleen de zuidelijke zes platformen (tot 3.3m+NAP) zonder monopiles.
2. Alle twaalf platformen (tot 3.3m+NAP) met twaalf monopiles.

De stormen duren 32 uur en zijn weergegeven in onderstaande tabel. Storm A is representatief voor maatgevende condities voor de noordkant van MV2, Storm B is representatief voor de zuidkant.

Tabel 2-1: 1:10.000 jaar randvoorwaarden.

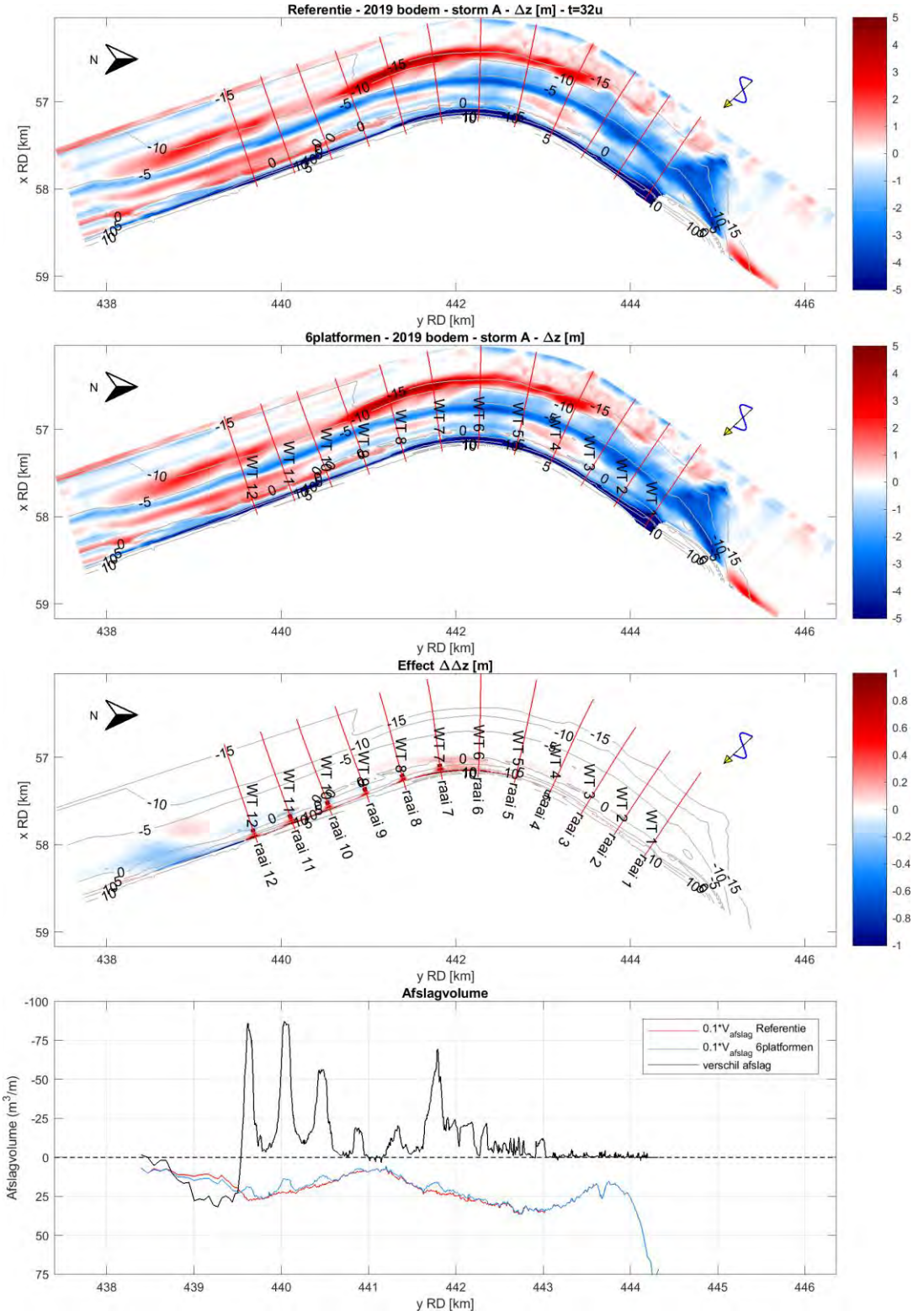
	Hs [m]	Tp [s]	Dir °N	Wl [m+NAP]
Storm A	8.1	13.5	317	4.95
Storm B	7.6	13.5	306	4.95

De gehele platformen, met een afmeting van circa 40x50 meter, worden gesimuleerd als niet-erodeerbare elementen. In werkelijkheid zijn alleen de damwanden aan de zeezijde en de zijkanten niet erodeerbaar. Mogelijkerwijs zal in werkelijkheid een deel van het zand in de platformen eroderen en aan de kustveiligheid ten goede komen.

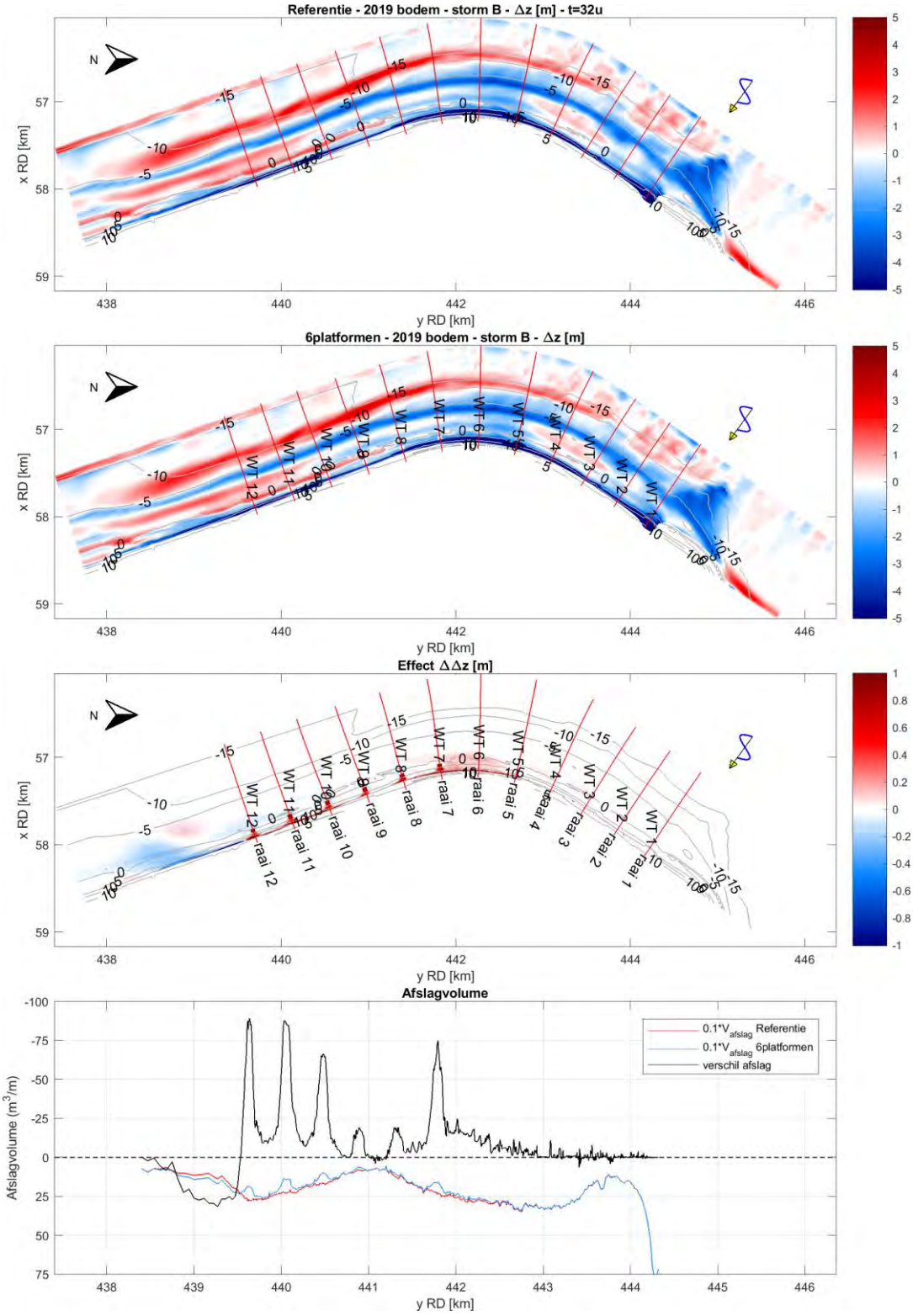
3 RESULTATEN

3.1 Erosie/sedimentatie figuren en effect op afslag

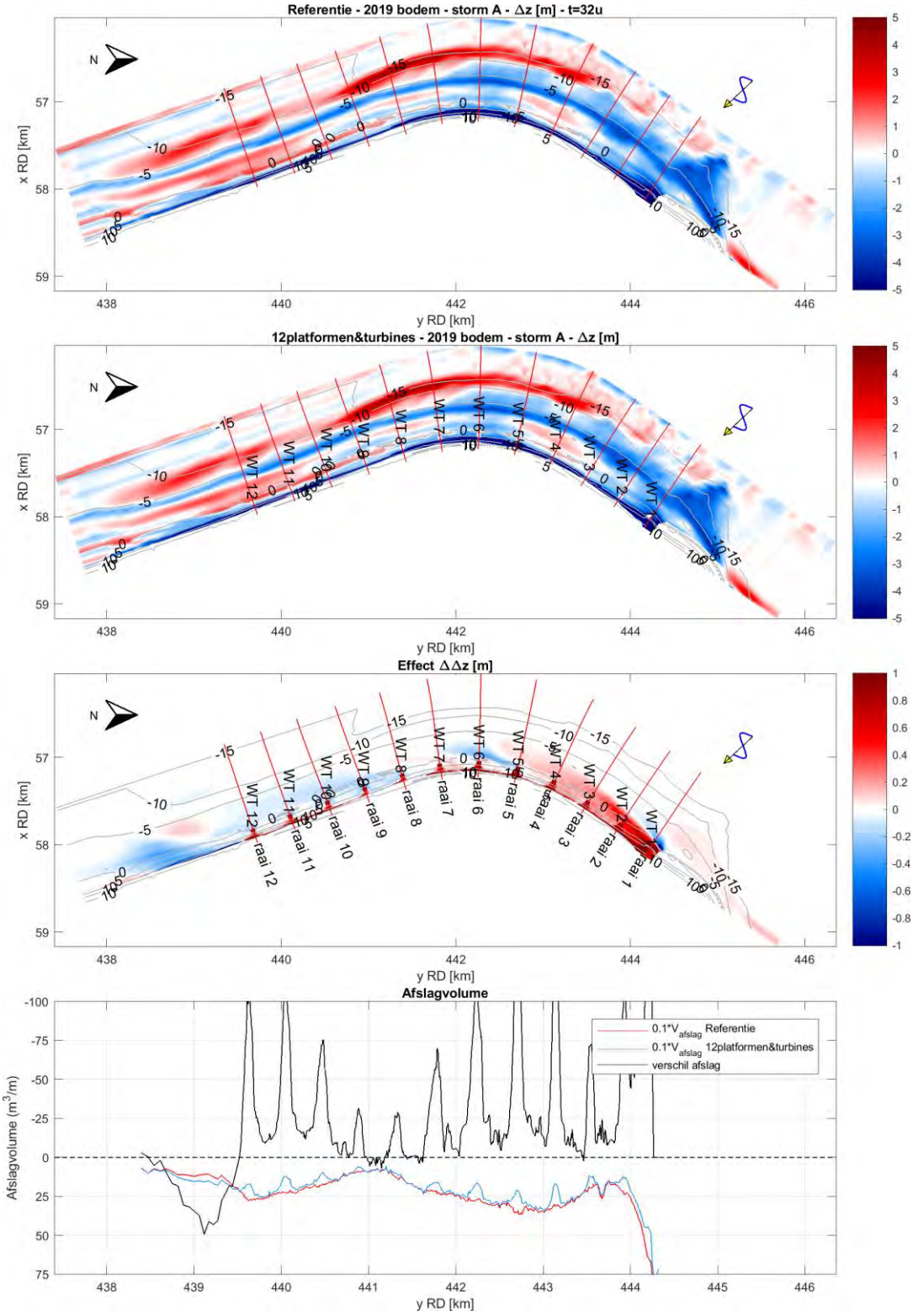
Voor ieder scenario is steeds een erosie/sedimentatie figuur van de referentiesituatie gegeven (bovenste), eenzelfde figuur maar met windturbines en/of platformen (midden boven), een verschilfiguur tussen de eindsituaties van beide scenario's (midden onder) en een afslagvolume plot (onderste). Deze laatste geeft per scenario het afslagvolume boven rekenpeil (in al deze gevallen 4,95 m+NAP), en het verschil daartussen. Een negatief verschil geeft minder afslag voor de situatie met windturbines en bouwplatforms.



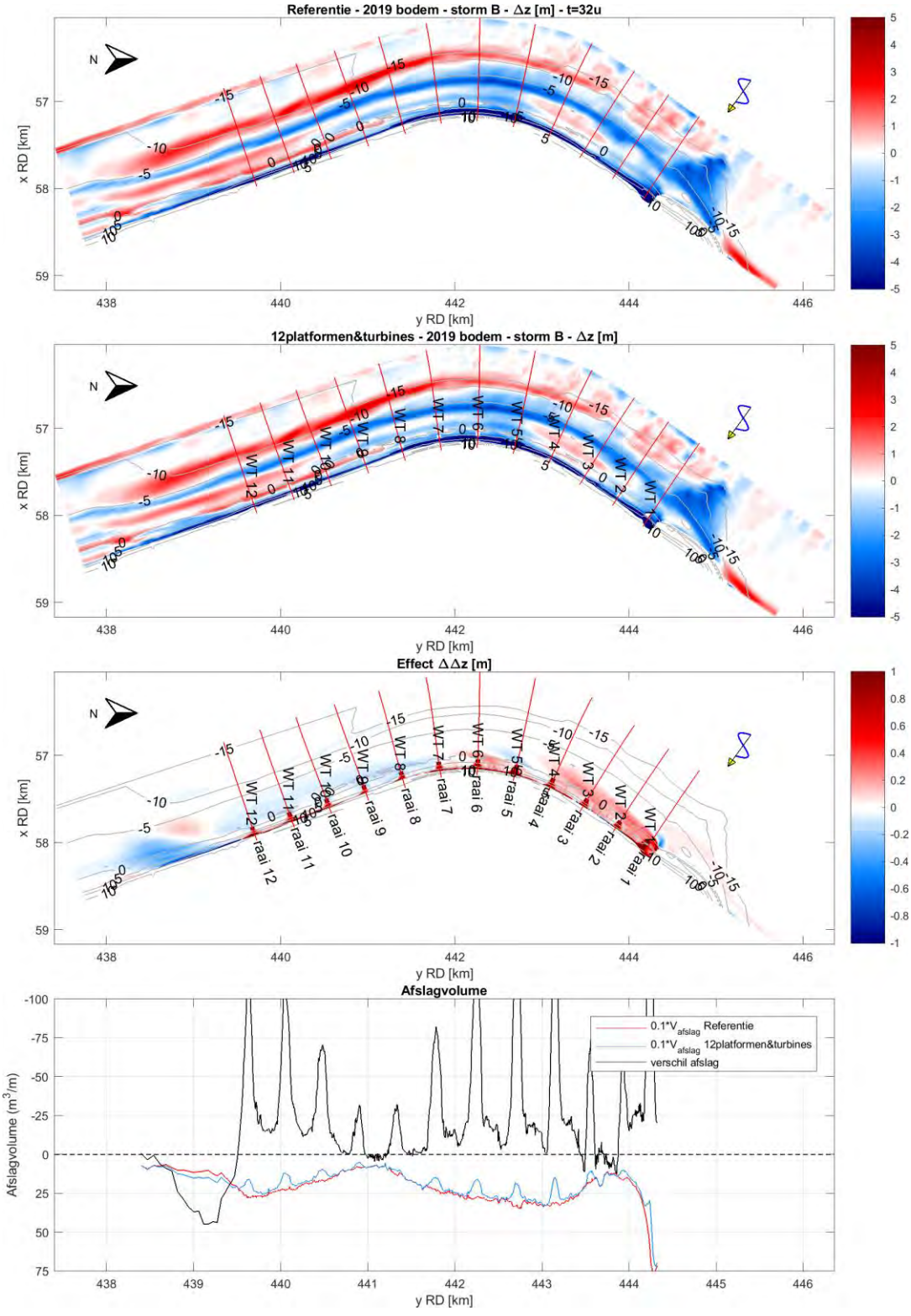
Figuur 3-1: Effect bij storm A, met de zes zuidelijke platformen.



Figuur 3-2: Effect bij storm B, met de zes zuidelijke platformen.



Figuur 3-3: Effect bij storm A, met alle twaalf platformen en monopiles.



Figuur 3-4: Effect bij storm B, met alle twaalf platformen en monopiles.

3.2 Resultaten in dwarsprofielen

Voor ieder scenario zijn de resultaten voor 12 dwarsprofielen bij de windturbines weergegeven in bijlage A. De locaties van deze dwarsprofielen zijn weergegeven in Figuur 3-1 t/m Figuur 3-4.

3.3 Samenvatting uitkomsten XBeach stormsimulaties

Het effect is geconcentreerd achter de platformen zichtbaar. Het netto resultaat is dat de negatieve effecten tussen de platformen beperkt blijven tot circa 10 m^3/m extra duinafslag zoals te zien in Tabel 3-1.

Bij zowel storm A als B is sprake van een kleinere opbouw van de voeroever ten zuiden van het traject van de windturbines. Dit leidt tot hogere afslag ter plaatse van 45 m^3/m in de situatie waarbij alle twaalf platformen en windturbines gebouwd zijn, zoals te zien in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Maximum extra afslag voor elk scenario, verdeeld in de gebieden tussen en ten zuiden van de platformen.

	Maximum extra afslag tussen turbines	Maximum extra afslag ten zuiden van turbines
2019 bodem storm A 6 platformen	3.5 m^3/m	NVT, want niet maatgevend[1]
2019 bodem storm B 6 platformen	6.3 m^3/m	31.5 m^3/m
2019 bodem storm A 12 platformen + windturbines	7.0 m^3/m	NVT, want niet maatgevend[1]
2019 bodem storm B 12 platformen + windturbines	12.5 m^3/m	45.0 m^3/m

4 CONCLUSIES

De extra afslag ten opzichte van de referentie blijft op de meeste locaties en voor alle scenario's beperkt tot circa 10 m^3/m. Alleen ten zuiden van de platformen en windturbines is door grootschalige onthouding van zand in de bocht (platformen en turbines zorgen lokaal voor minder afslag, waardoor op andere locaties minder opbouw is) sprake van een toename in afslag van 45 m^3/m.

De simulatie is tot op zekere hoogte conservatief omdat er in het model geen zand uit de platformen zelf kan eroderen, waardoor ter plaatse de blokkade van de duinen groot blijft en op andere locaties minder zand beschikbaar is voor de opbouw van de vooroever. In werkelijkheid zal in ieder geval een deel van het zand uit de platformen eroderen, dit zand kan de berekende duinafslag mogelijk reduceren. Echter de redenen dat voorgaande berekeningen zeer conservatief waren vallen bij de voorliggende configuratie weg: overdimensioneren van de ingreep om numerieke reden en het om een slanke paal heenlopen van korte golven. De huidige berekening is daardoor beduidend minder conservatief dan eerder (Svašek Hydraulics, 2020).

[1] Storm A is niet representatief voor maatgevende condities voor de zuidkant van MV2, waar de extra afslag ten zuiden van de turbines plaatsvindt.

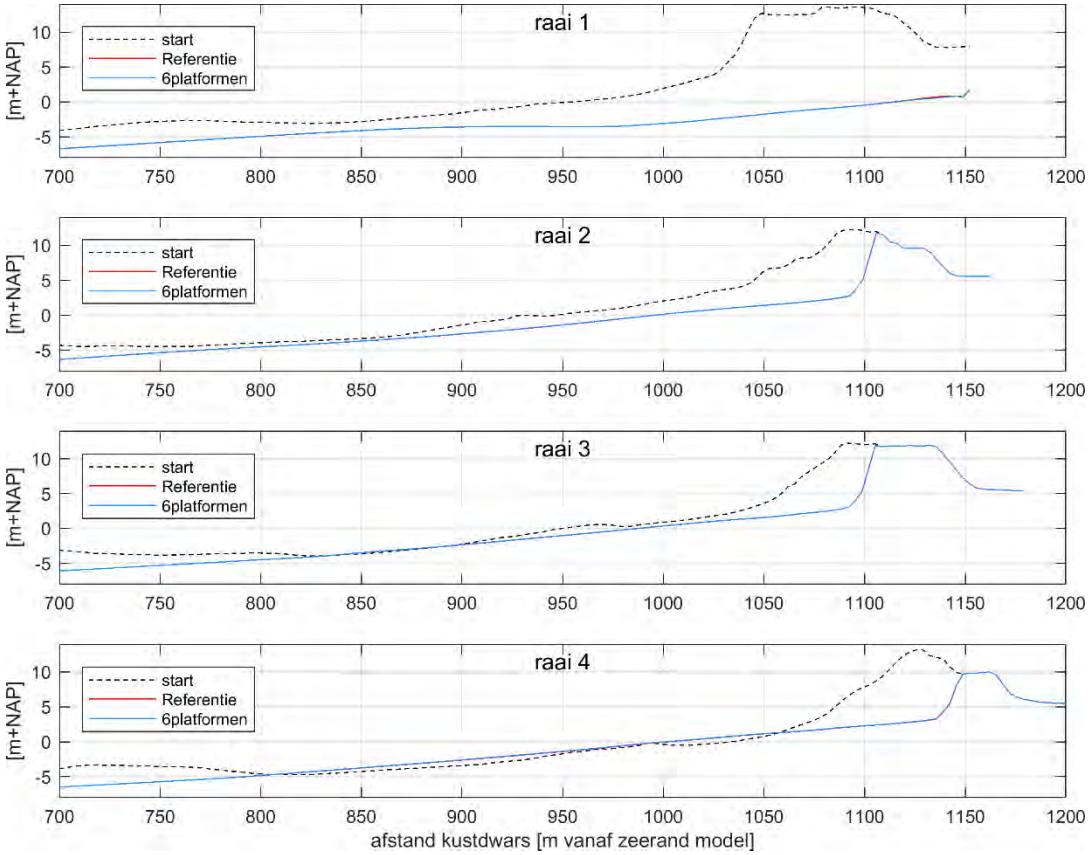
REFERENTIES

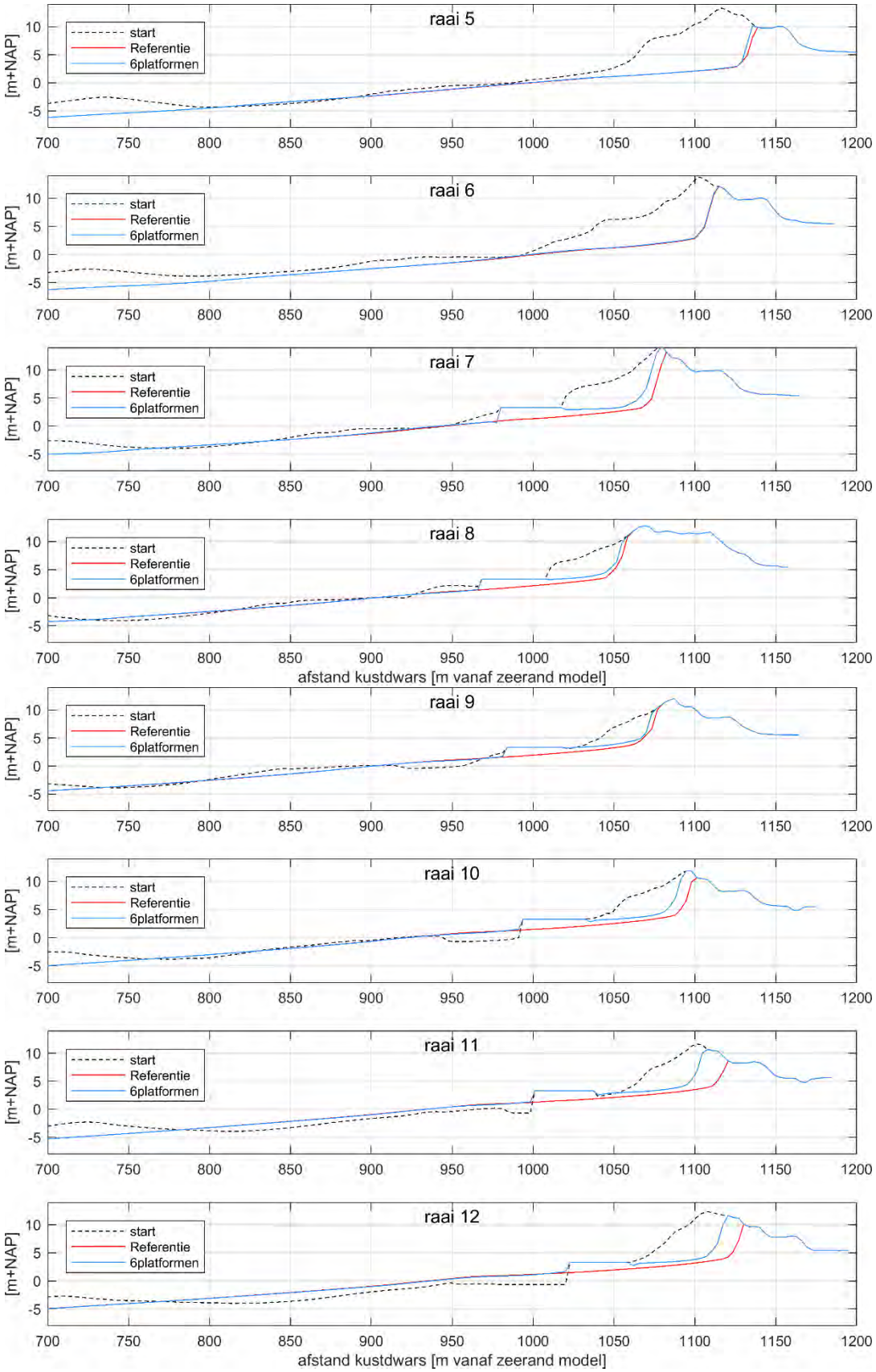
Svašek Hydraulics (2020). Morfologische effecten op MV2 van windturbines op MV2 configuratie Eneco april 2020. Memo, 29 april 2020, referentie: 2034/U20125/C/LSpa.

Svašek Hydraulics (2019). Effecten Windturbines op MV2 op stormafslag, lange termijn morfologie en eolisch transport - Opvolging adviezen expert meeting. Rapport, 18 juli 2019, referentie 1966/U19221/C/BvL.

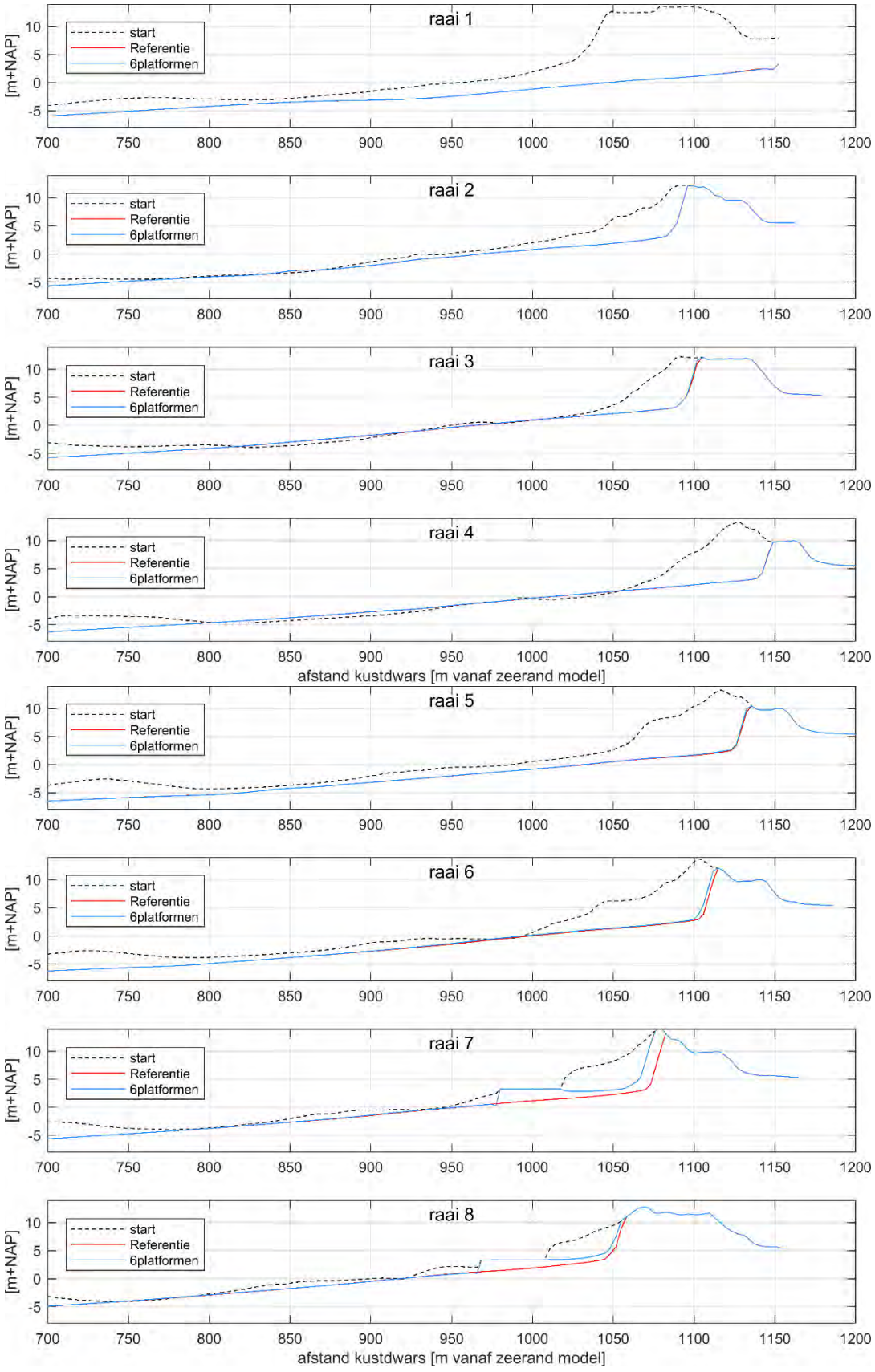
5 BIJLAGE A: RESULTATEN IN DWARSPROFIELEN

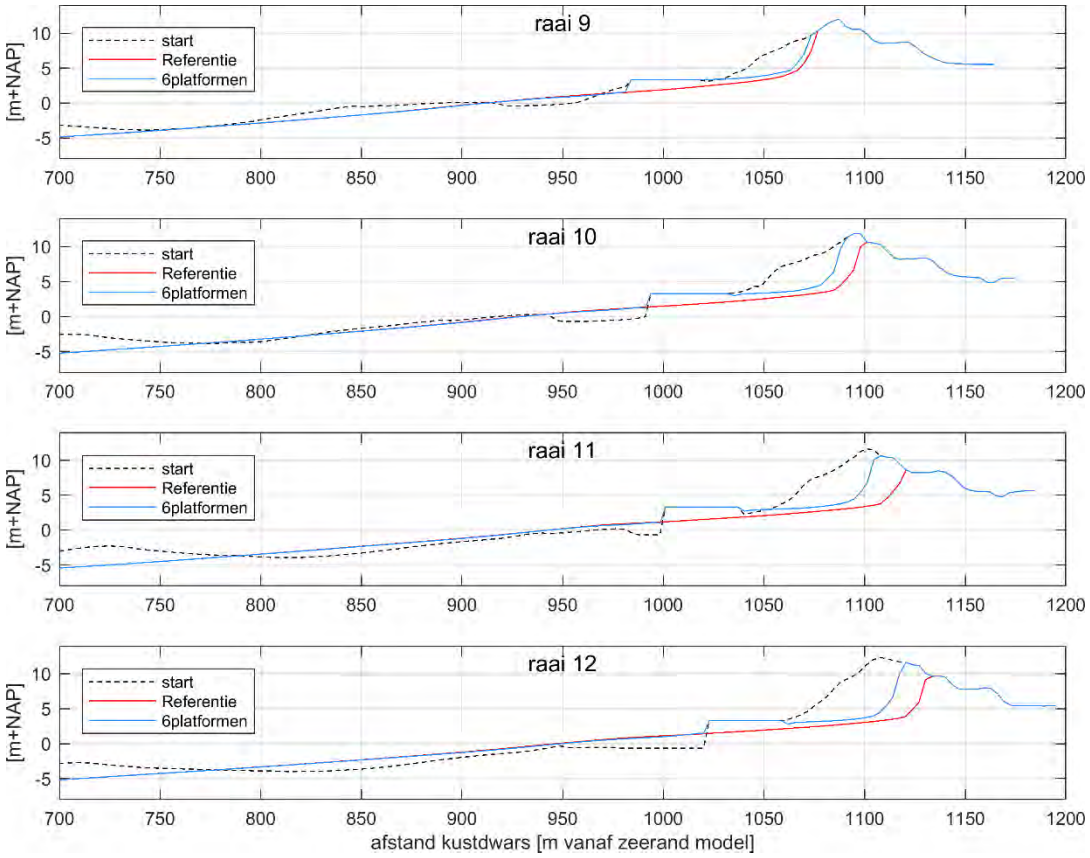
5.1 Dwarsprofielen bij de 12 windturbines



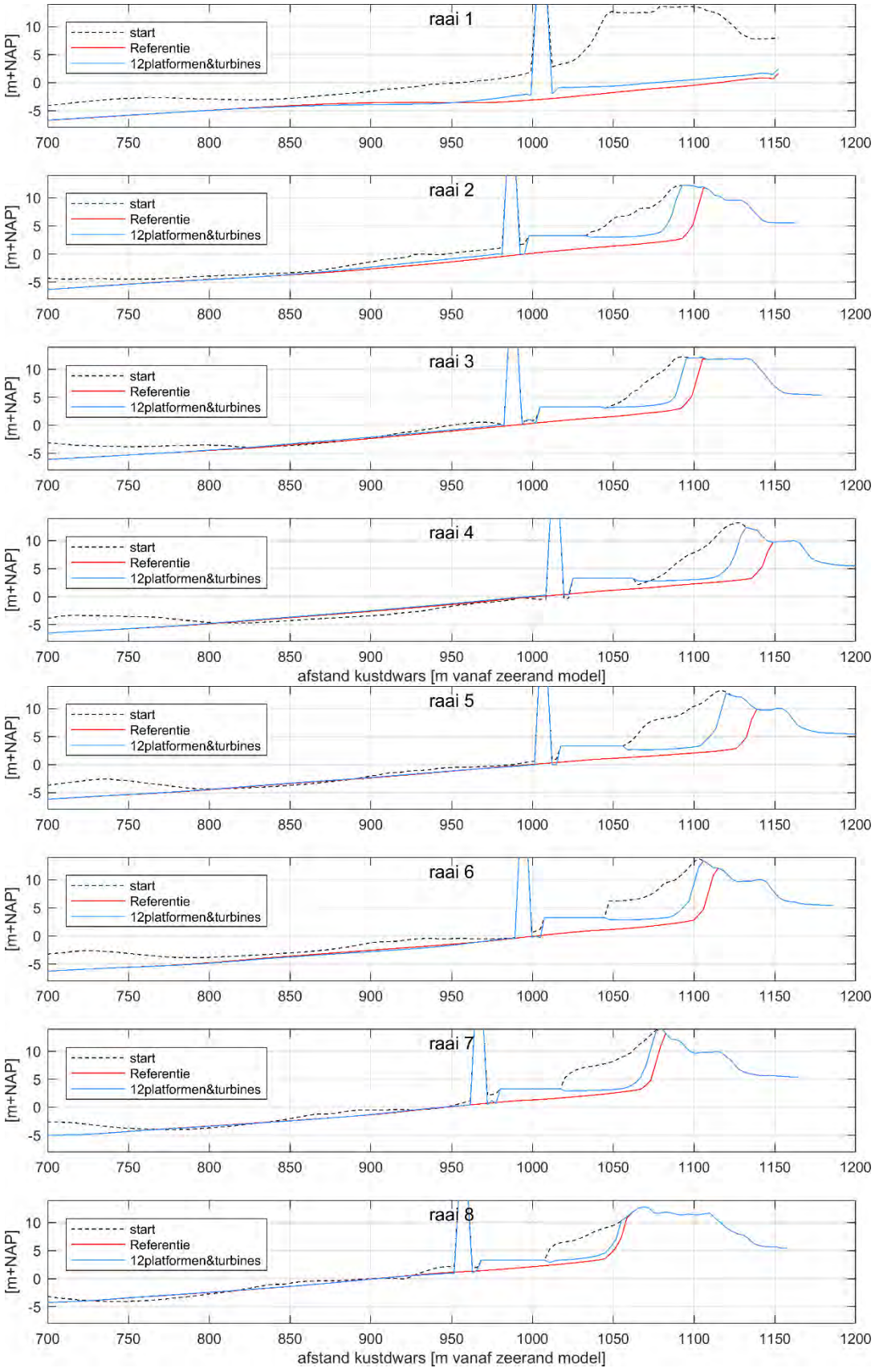


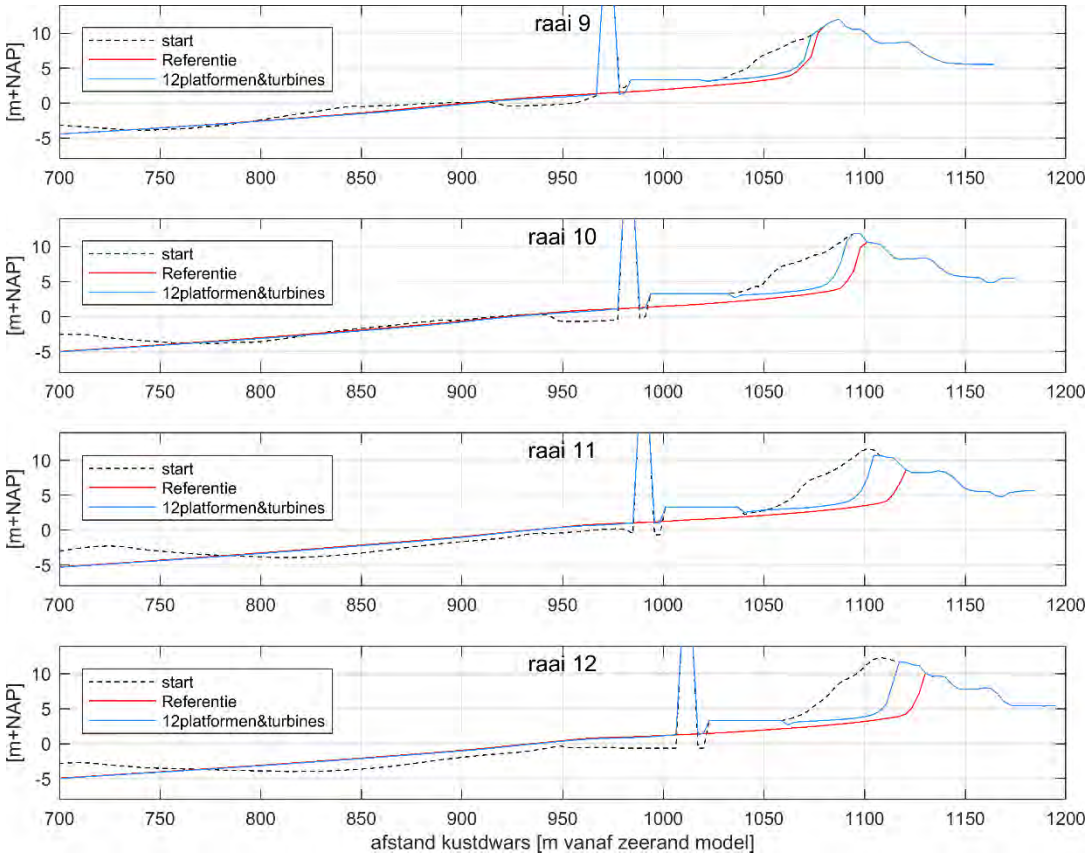
Figuur 5-1: Effect bij storm A, met de zes zuidelijke platformen, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
raai 2
raai 3
raai 4
raai 5
raai 6
raai 7
raai 8
start
Referentie
6platformen
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]

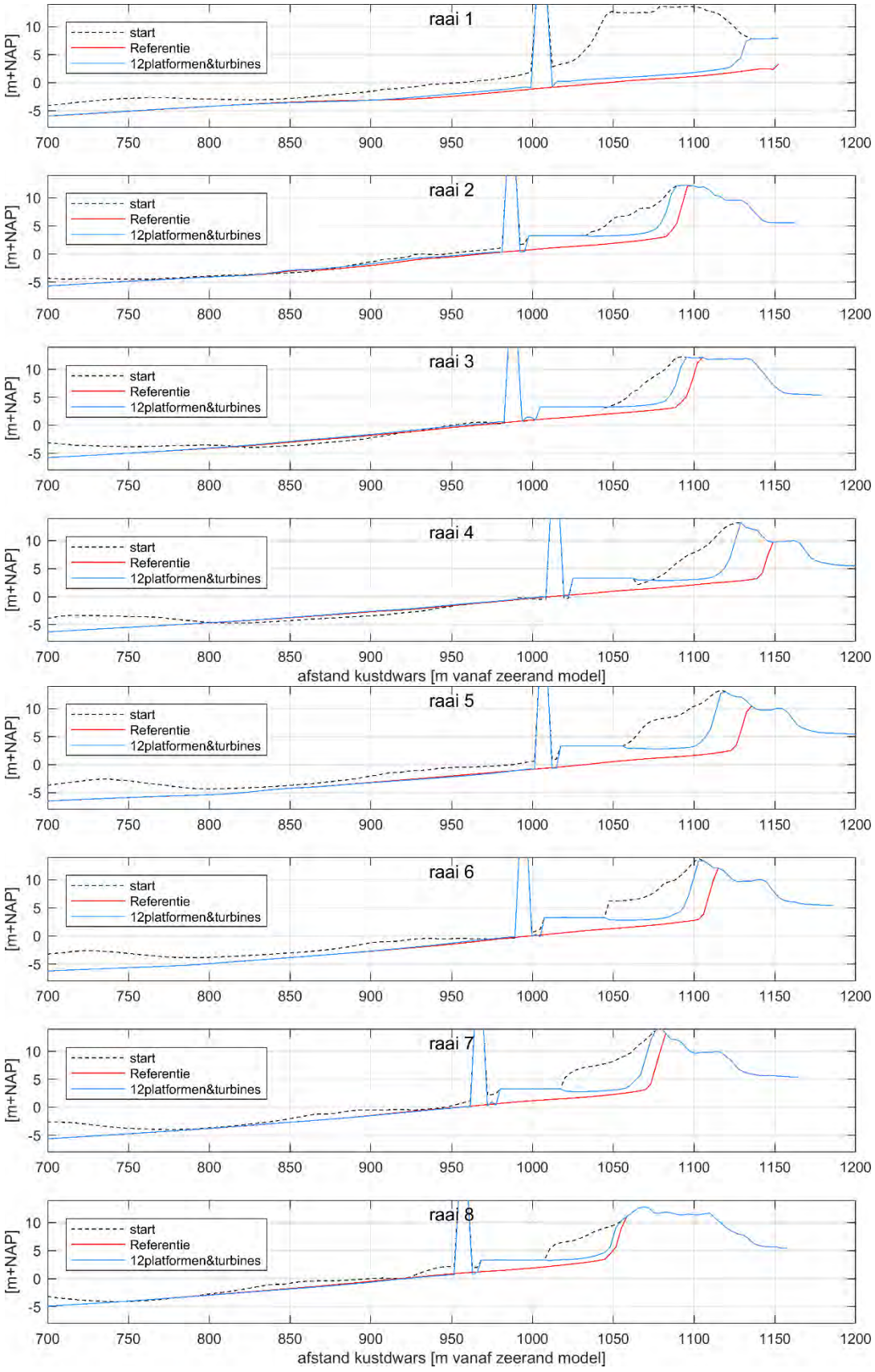


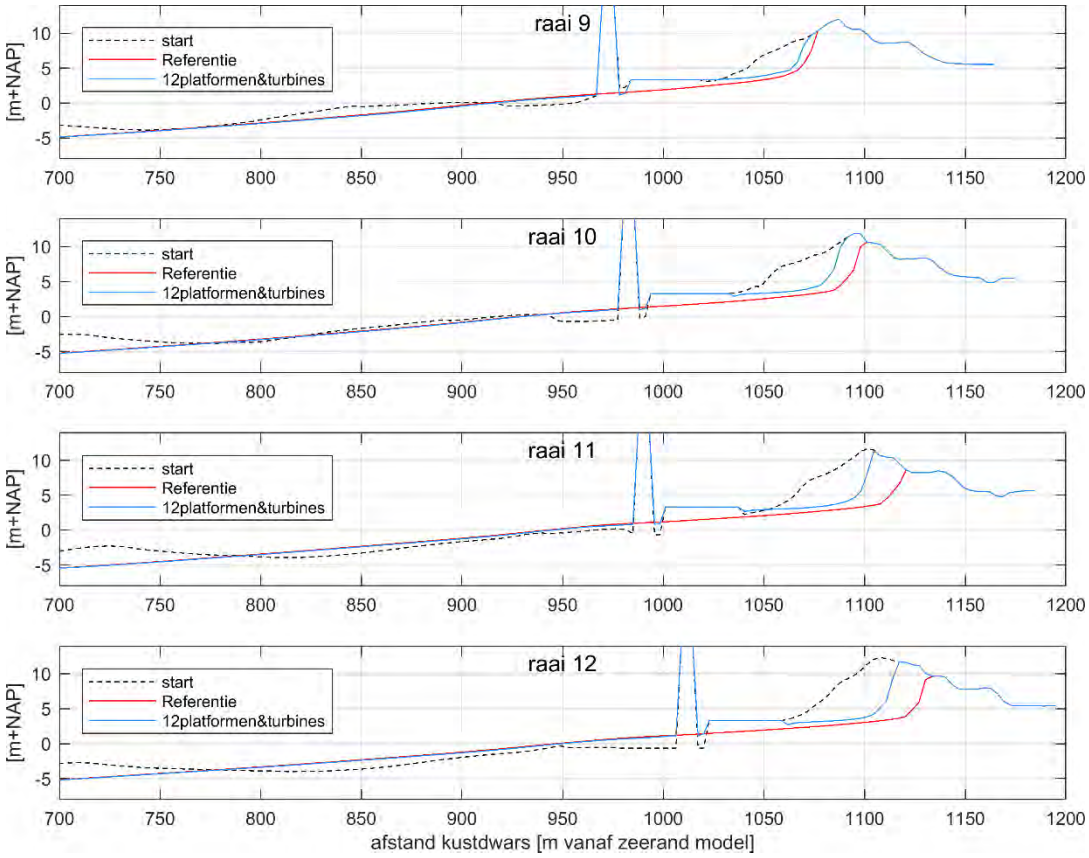
Figuur 5-2: Effect bij storm B, met de zes zuidelijke platformen, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
raai 2
raai 3
raai 4
raai 5
raai 6
raai 7
raai 8
start
Referentie
12platformen&turbines
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]



Figuur 5-3: Effect bij storm A, met alle twaalf platformen en monopiles, voor 12 raaien bij de windturbines.


raai 1
raai 2
raai 3
raai 4
raai 5
raai 6
raai 7
raai 8
start
Referentie
12platformen&turbines
[m+NAP]
10
5
0
-5
700
750
800
850
900
950
1000
1050
1100
1150
1200
afstand kustdwars [m vanaf zeerand model]



Figuur 5-4: Effect bij storm B, met alle twaalf platformen en monopiles, voor 12 raaien bij de windturbines.

Arcadis 2020a

Beschouwing omtrent standzekerheid en suppletie ten behoeve van windmolens in de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ONDERWERP
Beschouwing omtrent standzekerheid en suppletie ten behoeve van windmolens in de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2

DATUM
13 juli 2020

VAN
Martijn Onderwater

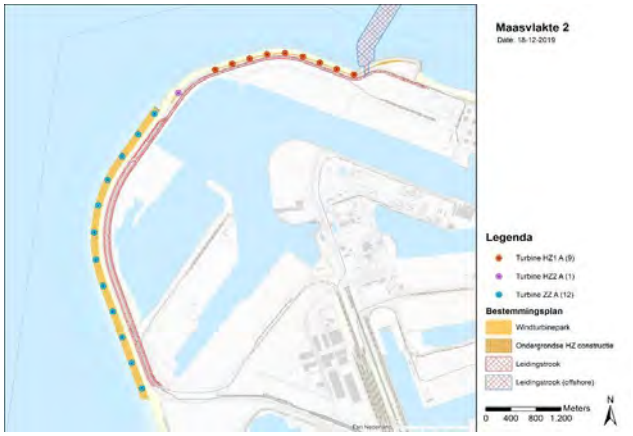
AAN
[redacted]

PROJECTNUMMER
C06041.000040

ONZE REFERENTIE
C06041.000040me01

Inleiding

Er zijn plannen voor het plaatsen van windmolens op zowel de Harde- als de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2. Langs de Zachte Zeewering zullen dit monopile constructies zijn met een diameter van ongeveer 5 meter. De monopiles zullen rond de waterlijn worden geplaatst. Er wordt verwacht dat monopiles van een dergelijke omvang geen effect zullen hebben op de grootschalige morfologie. Zeer lokaal kan enige invloed worden verwacht. Er heeft inmiddels overleg plaatsgevonden met Rijkswaterstaat en er is overeengekomen dat er ter compensatie van lokale effecten een extra zandbuffer van 40 m^3/m^1 aanwezig moet zijn langs de gehele Zachte Zeewering. Daarnaast verlangt Rijkswaterstaat dat de standzekerheid van de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2 wordt aangetoond middels de onlangs overeengekomen keuringsmethodiek voor de jaarlijkse keuring van Maasvlakte 2.



Figuur 1: Beoogde locatie van windmolens langs Maasvlakte 2

Arcadis is gevraagd om bij te dragen aan de standzekerheidsbeschouwing (door het uitvoeren van aanvullende berekeningen conform de keuringsmethodiek) en om mee te denken in mogelijke oplossingen om extra benodigd zand in het bestaande kustprofiel in te passen (dan wel als permanente aanpassingen in het duin, dan wel middels periodieke suppletie). Hierbij wordt alleen het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering beschouwd. In dit beknopte memo zijn de resultaten gepresenteerd.

Binnen deze opdracht zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. **De bepaling van het effect van de windmolens op de jaarlijkse keuring**.
   De jaarlijkse keuring van de Zachte Zeewering is aangepast zodat ook de extra benodigde 40 m^3/m^1 in de berekening is meegenomen. Uit de keuring (een trendlijn over een periode van 1,35 jaar na Q2-2020 voor de raaien KP3535 en KP3635) zal blijken wat het effect is van het extra benodigde zandvolume en in hoeverre er aanvullend gesuppleerd zou moeten worden ter compensatie van de aanwezigheid van de windmolens;
2. **De bepaling van eventueel benodigde (onderhouds-)suppletie voor standzekerheid**.
   Regulier onderhoud van het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2

vindt plaats door middel van een strandsuppletie. Hiertoe wordt een zandbanket aangebracht tegen de bestaande duinvoet. Als uit de keuring (activiteit 1) blijkt dat er suppletie nodig is, zal de omvang van de suppletie worden afgeleid door de benodigde breedte van het zandbanket (met kruin op NAP+3 m of NAP+5 m) te berekenen waarbij de Zachte Zeewering Standzeker is.

3. **Advisering over de (on)mogelijkheden met betrekking tot toevoeging van extra zand.** Onderhoud zoals benoemd onder activiteit 2 zal periodiek plaats moeten vinden. Ook zal dit onderhoud toenemen als gevolg van de windmolens, omdat een extra zandvolume van 40 m^3/m^1 ten alle tijden gegarandeerd dient te worden. Teneinde de extra onderhoudsbehoefte te voorkomen, zou het extra zand hoger in het profiel aangebracht moeten worden. Dit zand zal dan immers gedurende dagelijkse omstandigheden niet eroderen. Aanvulling van zand in het duin is echter aan regels/eisen gebonden. Op basis van de bestaande eisen en discussies die in de afgelopen jaren hierover hebben plaatsgevonden, wordt inzicht worden gegeven in de mogelijkheden en onmogelijkheden van zand toevoegen in het bestaande duin van de Zachte Zeewering.

Activiteit 1: Effect van windmolens op de keuring

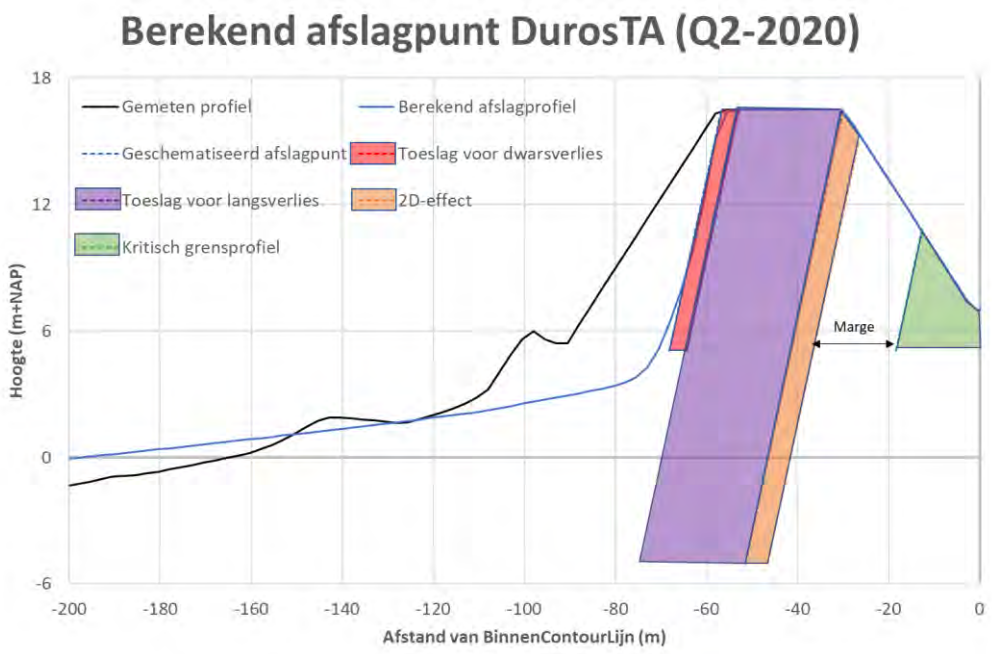
Toelichting van de keuringsmethodiek

Ten tijde van de realisatie van Maaslakte 2 is een keuringsmethodiek ontwikkeld waarin de aanwezige zandvolumes en de prognose van de ontwikkeling van deze zandvolumes centraal staat. Zo wordt elk jaar een keuring uitgevoerd op basis waarvan de geprognotiseerde zandverliezen na 1,35 jaar worden vastgesteld. Als het aanwezige zandvolume voldoende is voor de komende 1,35 jaar, is er geen onderhoudssuppletie nodig. Als het aanwezige zandvolume niet voldoende is voor de komende 1,35 jaar, wordt een onderhoudssuppletie uitgevoerd die voor een periode van 2,35 jaar het benodigde zandvolume moet garanderen.

Voor het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering bleek de hierboven genoemde methodiek niet goed te werken. Dit deel kenmerkt zich door sterke variatie in aanwezige zandvolumes. Volgens de oorspronkelijke keuringmethodiek leidt tot relatief grote suppletievolumes. Het aanbrengen van deze grote suppletievolumes brengt het natuurlijksysteem dan sterk uit evenwicht en dit leidt weer tot grote erosie van zand. Om deze grilligheid in suppletievolumes en daaruit volgende erosietrends te doorbreken is in de laatste jaren een aangepaste keuringsmethodiek ontwikkeld voor het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering. In deze keuringsmethodiek wordt niet alleen gekeken naar de prognose van aanwezige zandvolumes, maar wordt met name gekeken naar de prognose van de standzekerheid van 2 representatieve raaien, te weten Kp3535 en Kp3635.

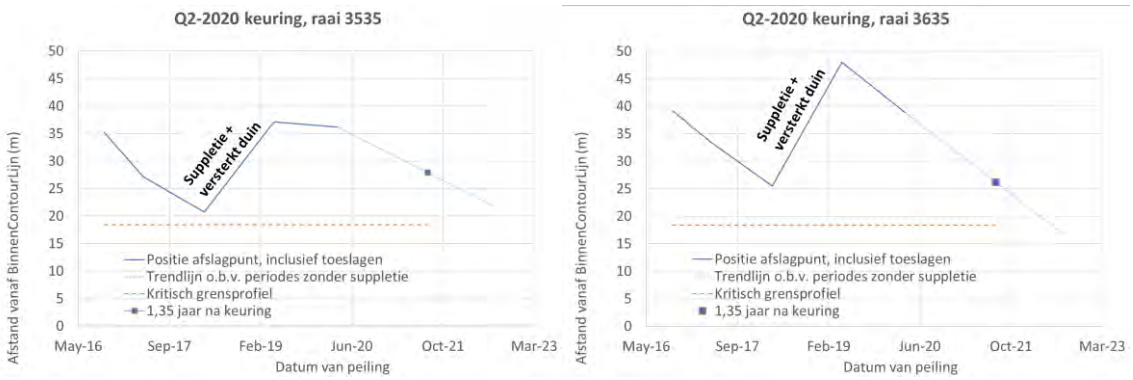
In de onderstaande Figuur 2 is de beschouwing van standzekerheid grafisch weergegeven. In deze beschouwing zijn de volgende elementen opgenomen:

- In het twee kwartaal (Q2) van elk jaar wordt het profiel ter plaatse van Kp3535 en Kp3635 ingemeten (zwarte lijn);
- Met behulp van het numerieke model DurosTA wordt de profielverandering berekend voor een ontwerpstormconditie met een overschrijdingskans van 1/10.000ste per jaar (blauwe lijn);
- Het afslagfront boven stormvloedpeil (NAP+5,07 m) wordt geschematiseerd tot een lijn met helling 1:1 (blauwe stippellijn);
- Ter compensatie van modelonzekerheden wordt een toeslag van 30% van het afslagvolume (boven stormvloedpeil) toegepast (rode arcering);
- Als gevolg van gradiënten in langverlies verdwijnt extra zand uit het betreffende kustvak en zal het afslagprofiel verder landwaarts verschuiven. Dit langsverlies (paarse arcering) is vastgesteld op basis van het ontwerp van Maasvlakte 2 en wordt niet elk jaar herzien. Gezien het grootschalige karakter, wordt langsverlies als een schil tussen NAP-5 m en de kruin van het duin toegepast.
- Het zandige gebied ten noorden van de Zachte Zeewering (de Conus) ligt qua profielligging lager dan de Zachte Zeewering zelf. Bij optreden van een zware storm zal zand uit de Zachte Zeewering richting de Conus verdwijnen, waardoor er langs het 200 m meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering een additioneel zandtekort ontstaat. Dit is het zogeheten 2D-effect. De extra achteruitgang (oranje arcering) wordt bepaald met behulp van het volumeverschil tussen de Conus en het berekende afslagprofiel ter plaatse van Kp3495. Gezien het grootschalige karakter, wordt het 2D-effect als een schil tussen NAP-5 m en de kruin van het duin toegepast.
- Het gekeurde dwarsprofiel is standzeker als de uiteindelijke ligging van het afslagpunt (inclusief de hierboven benoemde toeslagen) zeewaarts ligt van het kritieke grensprofiel (groene arcering).



Figuur 2: Beschouwing standzekerheid voor profiel Kp3535, Q2-2020

In de onderstaande figuur is de ligging van het afslagpunt (inclusief toeslagen) gepresenteerd voor de raaien Kp3535 en Kp3635 en voor de keuringen sinds Q3-2016 (blauwe lijn). Tussen Q2-2018 en Q2-2019 is het afslagpunt in zeewaartse richting verschoven. Dit komt door een uitgevoerde suppletie in combinatie met de versterking van het zandig duin. De stippellijn betreft de trend van het afslagpunt over een periode van 2,35 jaar. Deze trendlijn is afgeleid op basis van de 2 perioden waarin geen suppleties zijn uitgevoerd (te weten Q3-2016 – Q2-2018 en Q2-2019 – Q2-2020). Uit de keuringen volgt dat het afslagpunt voor de beide raaien na 1,35 jaar (blauwe punt) nog zeewaarts liggen van het kritieke grensprofiel. Dit houdt in dat er geen suppletie ingepland wordt.

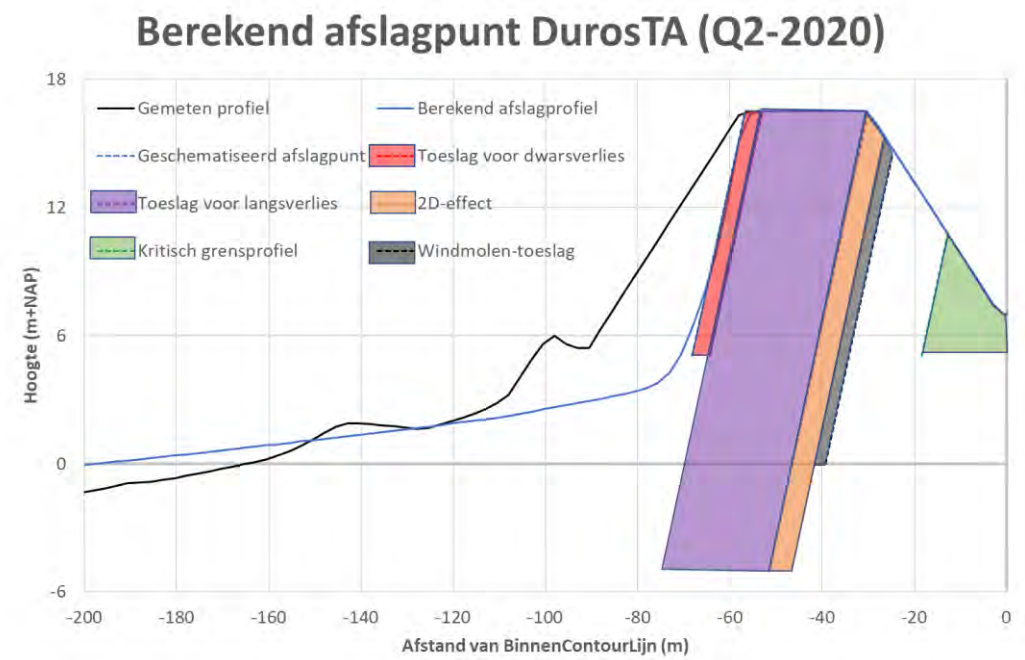


Figuur 3: Trendanalyse afslagpunt (inclusief toeslagen) voor raai Kp3535 (links) en Kp3635 (rechts)

Met Rijkswaterstaat is overeengekomen dat er ter compensatie van lokale verliezen rondom de monopiles een extra zandvolume van 40 m^3/m^1 aanwezig dient te zijn in elk dwarsprofiel van de Zachte Zeewering, zo ook in de keuringsraaien Kp3535 en Kp3635.

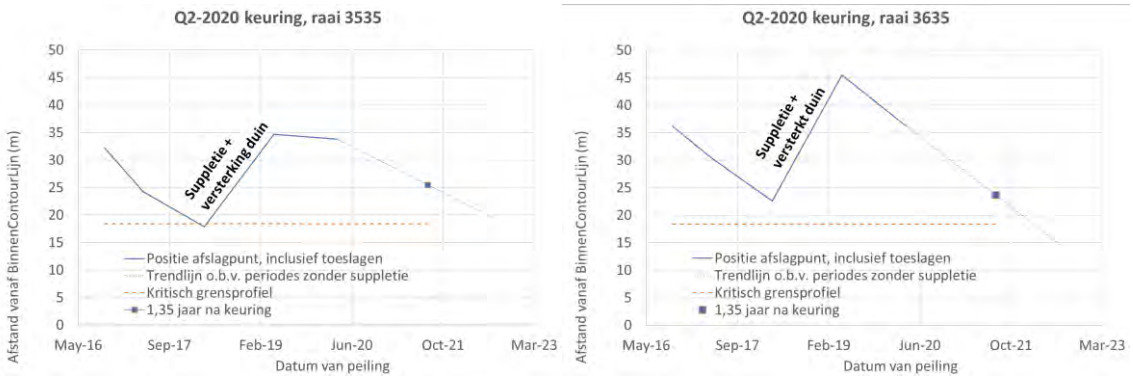
In de figuur hieronder is opnieuw de beschouwing voor standzekerheid voor profiel Kp3535 gepresenteerd, maar nu inclusief de benodigde 40 m^3/m^1 met betrekking tot de windmolens. Aangezien het een lokaal effect betreft, is ervoor gekozen om het volume als een schil tussen NAP en de kruin van het duin in te passen. Zoals te zien is in

de onderstaande figuur verschuift het afslagpunt ongeveer 3 m landwaarts als gevolg van de toeslag voor de windmolens.



Figuur 4: Beschouwing standzekerheid voor profiel Kp3535, Q2-2020, inclusief toeslag t.b.v. windmolens

In de onderstaande figuur is de ligging van het afslagpunt (inclusief toeslagen en inclusief toeslag voor windmolens) gepresenteerd voor de raaien Kp3535 en Kp3635 en voor de keuringen sinds Q3-2016 (blauwe lijn). Uit de keuringen volgt dat het afslagpunt voor de beide raaien na 1,35 jaar (blauwe punt) ook voor een situatie inclusief windmolens nog zeewaarts liggen van het kritieke grensprofiel. Dit houdt in dat er geen suppletie ingepland zou moeten worden om nog 1,35 jaar vooruit te komen.



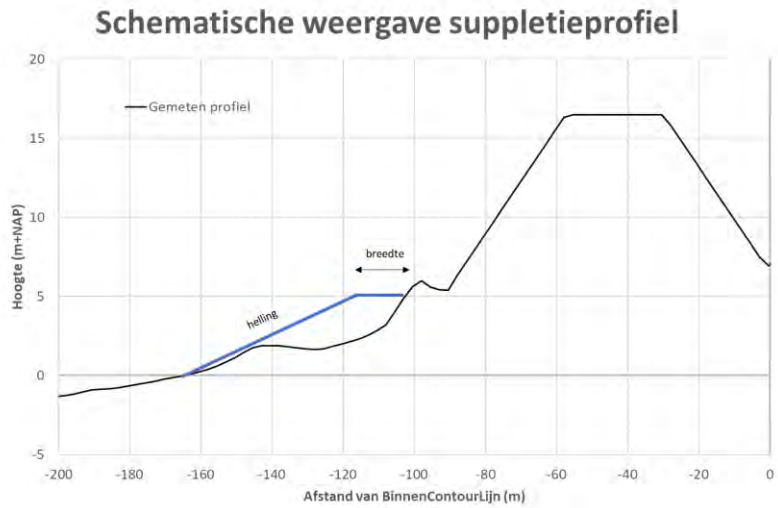
Figuur 5: Trendanalyse afslagpunt (inclusief toeslagen) voor raai Kp3535 (links) en Kp3635 (rechts), inclusief toeslag t.b.v. windmolens

Activiteit 2: Benodigde suppletie

Het onderhoudscontract schrijft voor dat aannemerscombinatie Puma de Zachte Zeewering na uitvoering van een onderhoudssuppletie de Zachte Zeewering dient op te leveren met een buffer die tenminste 2,35 jaar standzekerheid garandeert. Plaatsing van de windmolens is staat momenteel gepland voor 2022. Op dit moment kan niet worden voorspeld hoe de kust van de Zachte Zeewering er op dat moment bij ligt en wat de aanvullende

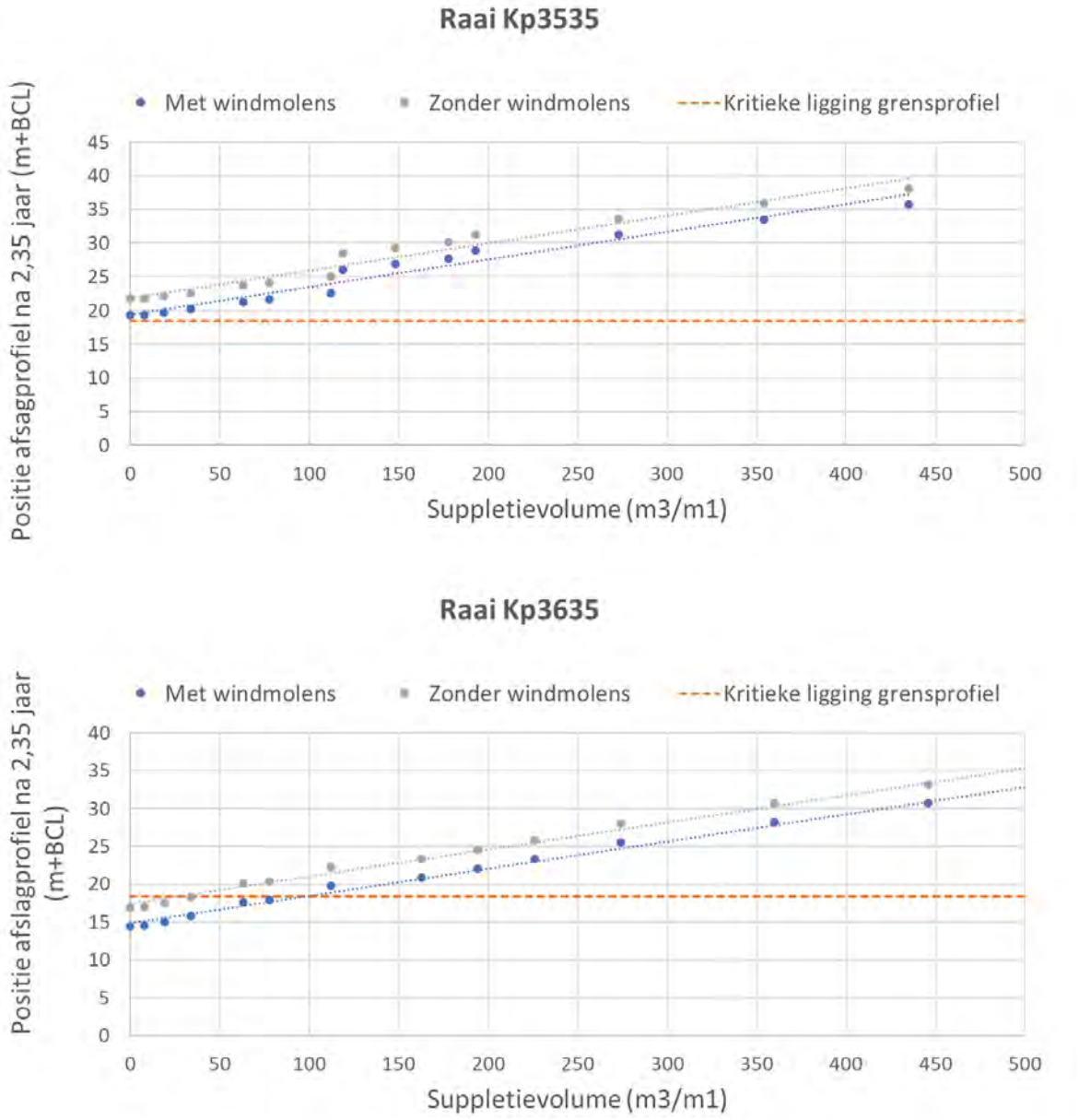
suppletiebehoefte dan zal zijn om voor dit 'nieuwe' kustsysteem de standzekerheid te garanderen. Om hier toch een uitspraak over te doen, is een denkbeeldige situatie verondersteld dat de windmolens in Q2-2020 zijn geplaatst. Zoals uit Figuur 5 blijkt, is de prognose voor profiel Kp3635 dat na 2,35 jaar het afslagpunt landwaarts ligt van het kritisch afslagpunt. In de huidige situatie (zonder windmolens) is deze overschrijding beperkt. De overschrijding zal vervolgens gecompenseerd worden door middel van een beperkte onderhoudssuppletie. In geval met windmolens zal de overschrijding groter zijn en daarmee is ook de suppletiebehoefte groter.

De suppleties langs het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering worden uitgevoerd middels een strandsuppletie. In de uitwerking van de benodigde suppletie wordt uitgegaan van een theoretisch profiel waarin een banket met een hoogte van NAP+3m of NAP+5 m met een zekere breedte wordt aangebracht tegen het bestaande profiel. Het banket sluit onder heling 1:x aan op het bestaande profiel. Het schematische suppletieprofiel is hieronder schematisch weergegeven.



Figuur 6: Schematisatie van ontwerpsuppletie

De benodigde suppletie om over een periode van 2,35 jaar standzekerheid te garanderen is aangehaald als case om het effect van de windmolens op het benodigde suppletievolume inzichtelijk te maken. Hiertoe is voor een verscheidenheid aan suppleties het afslagpunt berekend voor een situatie met en zonder windmolens. In de onderstaande figuur zijn de resultaten hiervan weergegeven.



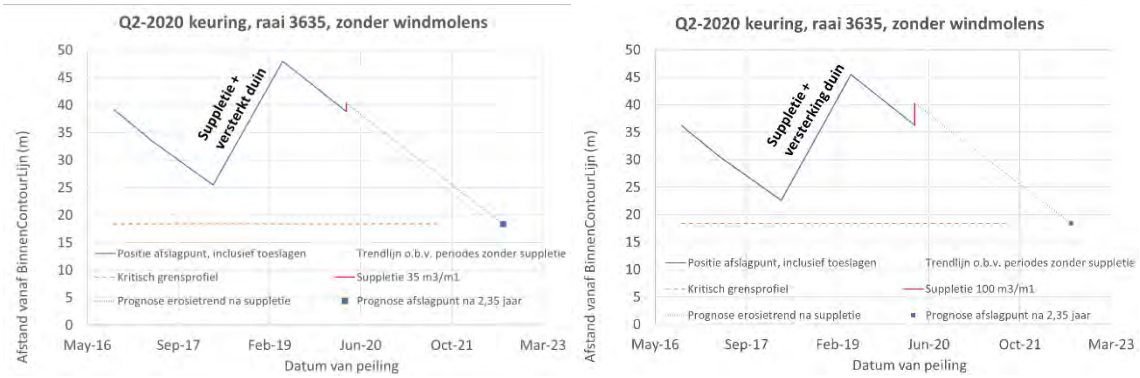
Figuur 7: Afslagpunt, 2,35 jaar na Q2-2020, als functie van het suppletievolume voor raai 3535 (boven) en raai 3635 (onder)

Uit de figuur volgt, net als uit Figuur 5, dat er ter plaatste van raai Kp3535 in principe geen suppletie noodzakelijk is om ook in een geval met windmolens over een periode van 2,35 jaar te voldoen aan de eisen met betrekking tot standzekerheid. Immers, ook zonder suppletie ligt het afslagpunt zeewaarts van het kritieke grensvolume. Ter plaatse van raai Kp3635 is wel een suppletie nodig om over 2,35 jaar te voldoen aan de eisen. In een situatie zonder windmolens is de suppletiebehoefte 35 m^3/m^1. In een situatie met windmolens is de benodigde suppletie 100 m^3/m^1. Dit is een verschil van 65 m^3/m^1.

Om het een en ander visueel te maken, zijn de suppletievolumes ingebracht in het keuringsresultaat voor raai Kp3635, Zie Figuur 8:

- In de linker figuur is de keuring weergegeven voor een situatie zonder windmolens (zie voor vergelijk de rechter figuur in Figuur 3). Door toevoeging van 35 m^3/m^1 wordt bereikt, dat het afslagpunt na 2,35 jaar precies op het kritieke grensprofiel ligt.

- In de rechter figuur is de keuring weergegeven voor een situatie zonder windmolens (zie voor vergelijk de rechter figuur in Figuur 5). Door toevoeging van 100 m^3/m^1 wordt bereikt, dat het afslagpunt na 2,35 jaar precies op het kritieke grensprofiel ligt.



Figuur 8: Visualisatie van het effect van een suppletie op de uitslag van de keuring. Links: Keuring zonder windmolens (suppletie 35 m^3/m^1). Rechts: Keuring met windmolens suppletie (100 m^3/m^1)

Om een enigszins vloeiende belijning van de kustlijn te behouden (dit is noodzakelijk om abrupte gradiënten in langstransport te voorkomen) zal zand gelijkmatig over een afstand van orde 200 m worden aangebracht. Op basis hiervan kan dus worden geconcludeerd dat er, langs het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering, als gevolg van de windmolens, orde 65 m^3/m^1 x 200 m = 13.000 m^3 extra zand gesuppleerd dient te worden om in de aankomende 2,35 jaar te voldoen aan de keuringseisen. Zoals gezegd, is deze afleiding uitgevoerd voor een denkbeeldige situatie waarin de windmolens in Q2-2020 zijn geplaatst. De hieruit volgende extra zandsuppletie van 13.000 m^3 is ook van toepassing als de windmolens op een later moment worden geplaatst.

Bij elke aankomende keuring wordt vervolgens opnieuw beoordeeld of de Zachte Zeewering aan de keuringseisen met betrekking tot standzekerheid voldoet. Het enige verschil tussen een situatie met en zonder windmolens is de extra toeslag van 40 m^3/m^1 (hetgeen overeenkomt met een verschuiving van het afslagpunt van ongeveer 3 m). Dit kan ook geïnterpreteerd worden als een te onderhouden kustlijn die 3 m verder zeewaarts ligt in vergelijking met een situatie zonder windmolens. Dit kan voor de aankomende onderhoudsperiode in één keer op orde worden gebracht door toevoeging van 13.000 m^3 zand. In de jaren erna wordt verwacht dat de 3 m zeewaarts verschoven kustlijn niet zal leiden tot een merkbare verhoging van de onderhoudsbehoefte (ofwel een verandering van de helling van de blauwe stippellijn in Figuur 8). Een verschuiving van ‘slechts’ 3 meter kan als nihil worden gezien ten opzichte van de dimensies van het grote systeem.

Activiteit 3: Mogelijkheden voor extra zand binnen profiel van Maasvlakte 2

Tussen Q2-2018 en Q2-2019 is het duin van het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering versterkt om daarmee dit deel van de Zachte Zeewering standzekerder te maken. Hierdoor is minder zand op het strand en de vooroever nodig om toch aan de eisen met betrekking tot standzekerheid te voldoen.

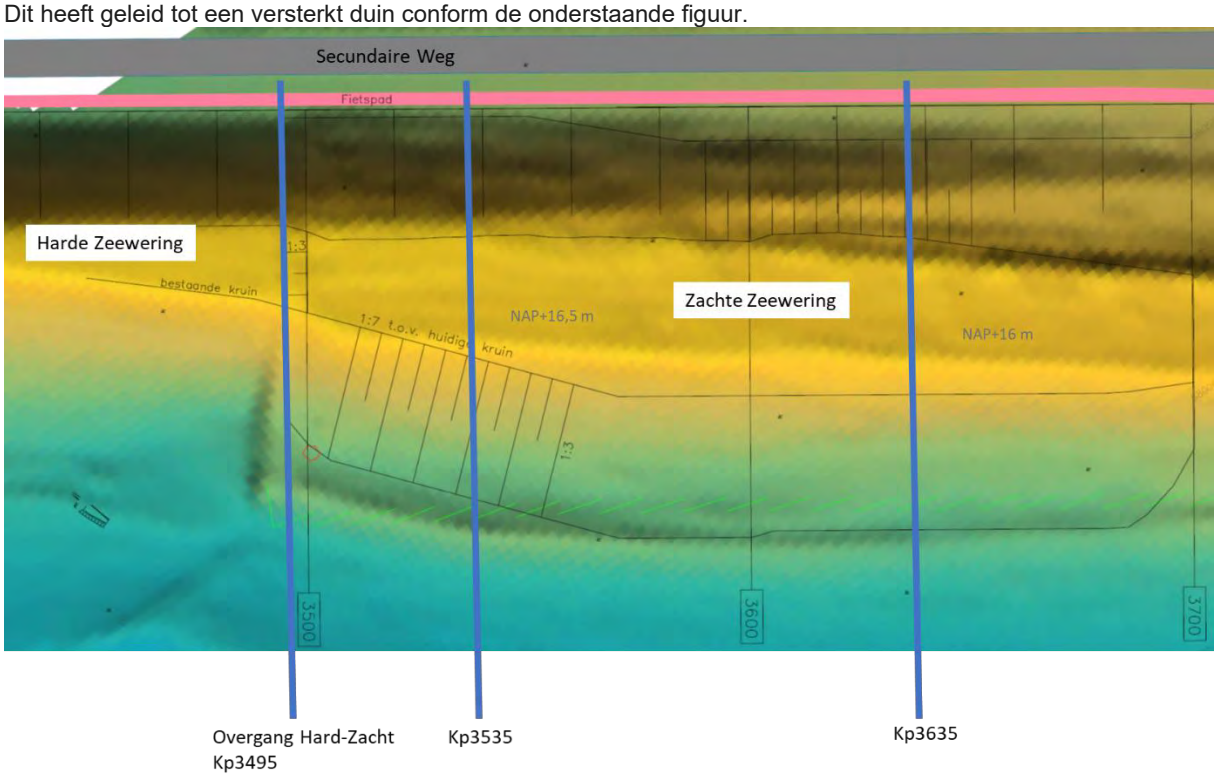
Uit de voorgaande analyse blijkt dat de extra suppletiebehoefte (na een initiële toevoeging van 13.000 m^3) in het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering als gevolg van de windmolens beperkt of zelfs nihil zal zijn. Indien ervoor wordt gekozen om de toeslag van 40m^3/m^1 toch fysiek en op een meer definitieve/duurzame wijze in het profiel gecompenseerd dient te worden, dient aanvullend zand (te weten 40 m^3/m^1) te worden aangevuld in het zandige duin, dat onder normale omstandigheden (en zelfs frequente stormcondities) niet zal eroderen als gevolg van hoge waterstanden en golfwerking. Ondoordacht zand toevoegen in het zandige duin is niet mogelijk aangezien de vormgeving van het duin en de aansluiting met het stenig duin van de Harde Zeewering aan eisen is gebonden. In bijlage A is een overzicht gepresenteerd van de eisen waaraan het zandig duin qua vormgeving dient te voldoen.

In overleg met Havenbedrijf Rotterdam zijn de functionele eisen zoals gepresenteerd in bijlage A concreet gemaakt. De volgende ‘spelregels’ zijn afgeleid om te voldoen aan eisen met betrekking tot een vloeiende

overgang van de Harde- naar de Zachte Zeewering (EBVM eisen MV.BC.13.01, MV.BC.1-13.03.04 en MV.BC.1.13.03.04.01):

- Het zandig profiel ter plaatse van de overgang tussen de Harde en Zachte Zeewering (Kp3495) blijft ongewijzigd;
- Overgangen dienen horizontaal 1:7 of flauwer te zijn:
  - Kruinlijn landzijde maximaal 1:7 ten opzichte van de BinnenContourLijn (BCL);
  - Kruinlijn zeezijde maximaal 1:7 ten opzichte van de buitenkruinlijn van de Harde Zeewering (HZ);
- Kruinhoogteverloop mag niet steiler zijn dan 1:3;
- Het talud aan landzijde mag niet steiler zijn dan 1:3;
- De platberm tussen het fietspad en het duintalud dient in stand gehouden te worden;
- Het talud aan zeezijde is constant, onder een helling van 1:3;
- De maximale kruinhoogte is NAP+16,5 m.

Dit heeft geleid tot een versterkt duin conform de onderstaande figuur.



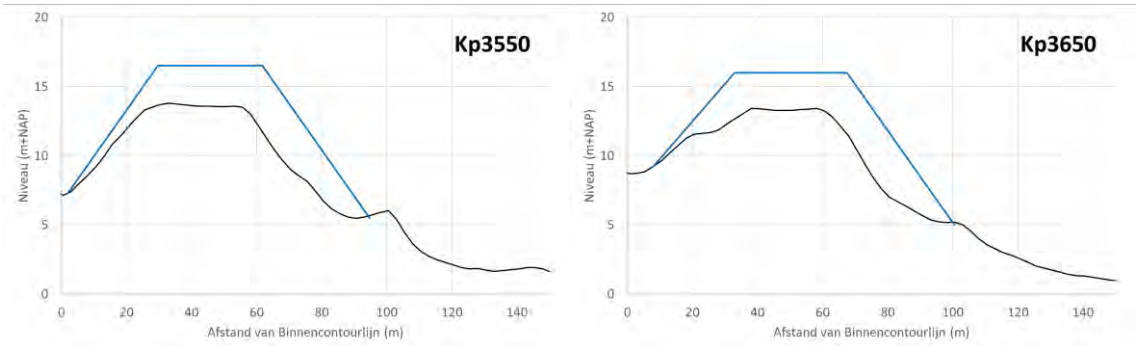
Figuur 9: Vormgeving van het versterkte duin

In Figuur 10 is voor een aantal profielen weergegeven hoe in 2019 een versterking van het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering is toegepast:

- Tussen Kp3500 en Kp3600 is een verhoging tot NAP+16,5 m toegepast. Het landwaartse- en zeewaartse talud is opgetrokken tot de maximale steilheid van 1:3. Het zeewaartse talud sluit aan op het voorduin op ongeveer NAP+5 m;
- Tussen Kp3500 en Kp3600 is een kleinere verhoging (tot NAP+16 m) toegepast, omdat langs deze sectie een kleinere versterking destijds afdoende was.

Er kan worden geconcludeerd dat het duin van het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering maximaal is opgerekt binnen de spelregels die er zijn. Extra zand toevoegen in het duinprofiel is hierdoor niet mogelijk. Binnen de spelregels zou mogelijk nog een zeewaartse verschuiving van het zeewaartse talud toegepast kunnen worden, maar dit is vanuit morfologisch oogpunt niet aanbevolen. Het versterkte duinprofiel zou dan immers bij relatief milde stormcondities al worden aangevallen door golven.

Op basis hiervan kan dus worden geconcludeerd dat toevoegen van 40 m^3/m^1 zand in het duin (teneinde elke discussie omtrent extra kustonderhoud te omzeilen) niet mogelijk is zonder opnieuw de discussie omtrent de vorm van het duin te voeren.



Figuur 10: Dwarsdoorsnede van het ontwerp van het versterkt duinprofiel voor Kp3550 en Kp3650

Conclusies

Er zijn plannen voor het plaatsen van windmolens op zowel de Harde- als de Zachte Zeewering van Maasvlakte 2. Langs de Zachte Zeewering zullen dit monopile constructies zijn met een diameter van ongeveer 5 meter. De monopiles zullen rond de waterlijn worden geplaatst. Er wordt verwacht dat monopiles van een dergelijke omvang geen effect zullen hebben op de grootschalige morfologie. Zeer lokaal kan enige invloed worden verwacht. Er heeft inmiddels overleg plaatsgevonden met Rijkswaterstaat en er is overeengekomen dat er ter compensatie van lokale effecten een extra zandbuffer van 40 m^3/m^1 aanwezig moet zijn langs de gehele Zachte Zeewering.

Arcadis is gevraagd om bij te dragen aan de standzekerheidsbeschouwing (door het uitvoeren van aanvullende berekeningen conform de keuringsmethodiek) en om mee te denken in mogelijke oplossingen om extra benodigd zand in het bestaande kustprofiel in te passen (dan wel als permanente aanpassingen in het duin, dan wel middels periodieke suppletie). Hieronder is de conclusie gepresenteerd voor elk van de 3 onderzoeksvragen:

1. **De bepaling van het effect van de windmolens op de jaarlijkse keuring**.
   Met Rijkswaterstaat is overeengekomen dat een aanvullend zandvolume van 40 m^3/m^1 gegarandeerd dient te worden ter compensatie van mogelijke negatieve effecten van de windmolens. In de keuringssystematiek is dit geïnterpreteerd als een extra toeslag (naast onzekerheden, langsverlies en 2D-effecten) tussen NAP en de kruin van het duin. Uit de keuring volgt dat er als gevolg van de windmolens een profiel gehandhaafd dient te worden waarbij (ten opzichte van het huidige te handhaven profiel) het afslagpunt ongeveer 3 m verder zeewaarts ligt;
2. **De bepaling van eventueel benodigde (onderhouds)suppletie voor standzekerheid**.
   In een denkbeeldige situatie is verondersteld dat de windmolens in Q2-2020 zijn geplaatst. Op basis van gemeten erosietrends is de suppletiebehoefte afgeleid voor een situatie met en zonder plaatsing van de windmolens. Conform het onderhoudscontract van Puma moet een onderhoudssuppletie de standzekerheid van het noordelijke deel van de Zachte Zeewering voor een duur van 2,35 jaar garanderen. Uit de nadere analyse volgt dat er, ter compensatie van de windmolens, aanvullend eenmalig 13,000 m^3 zand gesuppleerd dient te worden langs het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering. Dit extra zandvolume is ook van toepassing als de windmolens op een later moment worden geplaatst.
3. **Advisering over de (on)mogelijkheden met betrekking tot toevoeging van extra zand.**
   Tussen Q2-2018 en Q2-2019 is het duin van het meest noordelijke deel van de Zachte Zeewering versterkt om daarmee dit deel van de Zachte Zeewering standzekerder te maken. Door de duinversterking is minder zand op het strand en de vooroever nodig om toch aan de eisen met betrekking tot standzekerheid te voldoen. Door minder zand op het strand en de vooroever te suppleren, is het profiel makkelijker te onderhouden. De vorm van dit versterkte duin is overeengekomen met Havenbedrijf Rotterdam en laat binnen de huidige spelregels geen ruimte voor verdere versterking van het duin. Op basis hiervan kan dus worden geconcludeerd dat

toevoegen van 40 m^3/m^1 zand in het duin teneinde elke discussie omtrent extra kustonderhoud te omzeilen) niet mogelijk is zonder opnieuw de discussie omtrent de vorm van het duin te voeren. Dit volume kan wel in de vorm van een zandbanket op het strand worden gesuppleerd.

Het is nu de vraag of als gevolg van de instandhouding van deze windmolen-toeslag (te weten 3 m). De onderhoudsbehoefte in de toekomst gaat toenemen. Een instandhouding van een 3 m verder zeewaarts gelegen afslagpunt wordt vooralsnog als zeer gering gezien ten opzichte van de dimensies van het kustsysteem. Het wordt daarom verwacht dat dit geen invloed heeft op de erosietrend (blauwe stippellijn in Figuur 8) en er wordt verwacht dat de extra onderhoudsbehoefte als gevolg van compensatie voor de windmolens nihil zal zijn.

Bijlage A Eisen, gerelateerd aan de vormgeving van het zandig duin

Systeemeisen buitencontour (MV2.BC)

Eisenboom						
		Eis ID	**Titel en omschrijving**	**Bron**	**Bovenliggende eis**	**Onderliggende eis**
10	**Eisen aan de functionaliteit (gebruiksfase)**					
	11	***Functie eisen***				
	12	***Duurzaamheideisen***				
	13	***Raakvlakeisen***				
		MV.BC-13.01	**Intern raakvlak**			
			De aansluiting tussen de Harde Zeewering en de Zachte Zeewering moet zodanig worden vormgegeven dat de functies van beide zeeweringen over en weer niet nadelig worden beïnvloed.	PvE		MV.BC.1-13.03
	14	***Overige eisen***				
20	**Eisen aan de realisatie (bouwfase)**					
	21	***Realisatie eisen***				
	22	***Milieu- en veiligheidseisen***				
	23	***Eisen aan de oplevering***				
30	**Eisen aan beheer en onderhoud**					
	31	***Eisen aan monitoring en beheer***				
	32	***Onderhoudeisen***				

Eisen Zachte Zeewering (MV2.BC.2)

Eisenboom						
		Eis ID	**Titel en omschrijving**	**Bron**	**Bovenliggende eis**	**Onderliggende eis**
10	**Eisen aan de functionaliteit (gebruiksfase)**					
	11	***Functie eisen***				
	12	***Duurzaamheideisen***				
	13	***Raakvlakeisen***				
	14	***Overige eisen***				
		MV.BC.2-14.01	**Beperking hinder door stuivend zand**			
			De op de Zachte Zeewering gelegen secundaire weg en fietspad en de Inrichting van MV2, in het bijzonder de Infrabundel, moeten door middel van duurzame, preventieve maatregelen tot en met windkracht 7 Beaufort vrij blijven van de afzetting van (stuif)zand.	PvE	MV-14.03	
		MV.BC.2-14.01.01	**Ontwerpaspecten ter beperking van hinder door stuivend zand**			
			Bij de vormgeving van het duin moet rekening gehouden worden met beperking van stuivend zand.			
		MV.BC.2-14.01.02	**Maatregelen ter beperking van hinder door stuivend zand**			

			Maatregelen ter beperking van hinder door stuivend zand moeten worden gedefinieerd.			MV.BC.2-31.02
		MV.BC.2-14.01.02.01	**Tijdelijke maatregelen op het duin**			
			Op het duin moeten tijdelijke maatregelen genomen worden, tot duurzame vegetatie volgroeid is.	PUMA		
		MV.BC.2-14.01.02.02	**Helmgras op de kruin en de zeewaartse duinhelling**			
			Zeewaarts van het fietspad moet op de kruin en het zeewaartse talud van het duin helmgras of vergelijkbare vegetatie toegepast worden.	PUMA		
20	**Eisen aan de realisatie (bouwfase)**					
	21	***Realisatie eisen***				
	22	***Milieu- en veiligheidseisen***				
	23	***Eisen aan de oplevering***				
30	**Eisen aan beheer en onderhoud**					
	31	***Eisen aan Monitoring en beheer***				
		MV.BC.2-31.02	**Onderhoud maatregelen ten behoeve van hinder van stuivend zand**			
			Het functioneren van de maatregelen ter beperking van stuifhinder moet gedurende de Instelperiode worden gemonitord en indien nodig moet onderhoud worden uitgevoerd.	PUMA	MV.BC.2-14.01.02	
	32	***Onderhoudeisen***				
		MV.BC.2-32.02.02	**Voorkomen van klifvorming**			
			Steile afslagkanten en klifvorming (steiler dan 45 graden) moeten worden voorkomen, danwel na het ontstaan onverwijld worden afgevlakt.	PvE	MV.BC.2-11.03.02	

Eisen Harde Zeewering (MV2.BC.1)

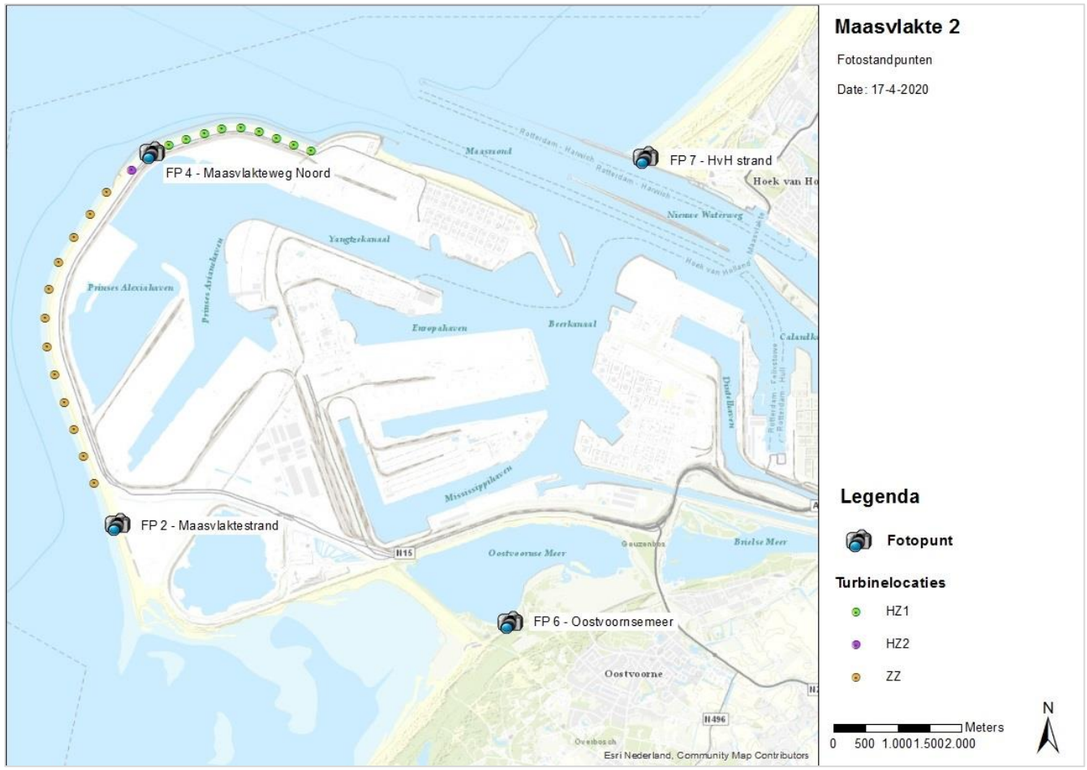
Eisenboom						
		Eis ID	**Titel en omschrijving**	**Bron**	**Bovenliggende eis**	**Onderliggende eis**
10	**Eisen aan de functionaliteit (gebruiksfase)**					
	11	***Functie eisen***				
	13	***Raakvlakeisen***				
		MV.BC.1-13.03.01	**Voorkoming vermenging zand en granulair steen**			

			De vermenging van deklaag zand en deklaag breuksteen dient zoveel mogelijk te worden voorkomen	PUMA		
		MV.BC.1-13.03.04	**Aansluiting op Zachte Zeewering**			
			De zuidelijke beëindiging en de Zachte Zeewering moeten vloeiend op elkaar aansluiten	PUMA		
		MV.BC.1-13.03.04.01	**Vloeiende aansluiting op Zachte Zeewering**			
			Het meest zuidelijke profiel van de zuidelijke beëindiging moet qua vorm gelijk zijn aan het meest noordelijke profiel van de Zachte Zeewering	PUMA		
	14	***Overige eisen***				
20	**Eisen aan de realisatie (bouwfase)**					
	21	***Realisatie eisen***				
	23	***Eisen aan de oplevering***				
30	**Eisen aan beheer en onderhoud**					
	31	***Eisen aan monitoring en beheer***				
	32	***Onderhoudeisen***				

BIJLAGE 5



Visualisaties Windpark Maasvlakte 2



Versie: v2
Datum: 9 juni 2020

Gegevens	Alternatief 1			Alternatief 2			VKA		
	Harde zeewering noord	Harde zeewering zuid	Zachte zeewering	Harde zeewering noord	Harde zeewering zuid	Zachte zeewering	Harde zeewering noord	Harde zeewering zuid	Zachte zeewering
Aantal turbines	9	1	12	9	1	12	9	1	12
Gebruikte windturbine	E115	E115	V150	SWT120	V162	V162	SWT120	V162	V162
Rotordiameter	115	115	150	120	162	162	120	162	162
Ashoogte	67	67	101	76	107	107	76	107	105

Fotopunt 1 Maasvlakte Noord - Huidige situatie



Fotopunt 1 Maasvlakte Noord - Alternatief 1



Fotopunt 1 Maasvlakte Noord - Alternatief 2



Fotopunt 1 Maasvlakte Noord – VKA



Fotopunt 2 Maasvlakte Strand - Huidige situatie



Fotopunt 2 Maasvlakte Strand - Alternatief 1



Fotopunt 2 Maasvlakte Strand - Alternatief 2



Fotopunt 2 Maasvlakte Strand – VKA



Fotopunt 3 Oostvoornsemeer - Huidige situatie



Fotopunt 3 Oostvoornsemeer - Alternatief 1



Fotopunt 3 Oostvoornsemeer - Alternatief 2



Fotopunt 3 Oostvoornsemeer -VKA



Fotopunt 4 Hoek van Holland - Huidige situatie



Fotopunt 4 Hoek van Holland - Alternatief 1



Fotopunt 4 Hoek van Holland - Alternatief 2



Fotopunt 4 Hoek van Holland - VKA



BIJLAGE 6



Gemeente Rotterdam

Onderwerp:
A2020045 Rotterdam, Maasvlakte II, plaatsing windturbines

Bezoek-/postadres:
Archeologie Rotterdam (BOOR)
Ceintuurbaan 213b
3051 KC Rotterdam
Internet: www.rotterdam.nl/archeologie

Retouradres: Ceintuurbaan 213b, 3051 KC Rotterdam

Pondera Consult
[redacted]
Postbus 919
6800 AX ARNHEM

Van: [redacted]
Telefoon: 0[redacted]
E-mail: [redacted]

Ons kenmerk: AS20/03112-20/0004441

Datum: 4 maart 2020

Geachte heer[redacted],

De afdeling Archeologie van de gemeente Rotterdam (BOOR) heeft op uw verzoek de noodzaak van het uitvoeren van een archeologisch (voor)onderzoek in het kader van de voorgenomen grondwerkzaamheden in het kader van het plaatsen va een aantal windturbines op de zeewering van Maasvlakte II te Rotterdam beoordeeld.

Beleidsbesluit
De gemeente Rotterdam ziet naar aanleiding van de plannen geen reden tot archeologisch vooronderzoek (bureauonderzoek en/of inventariserend veldonderzoek) op de planlocatie. De locatie kan voor de voorgenomen ontwikkeling worden vrijgegeven zonder archeologische bemoeienis. Wel wordt benadrukt dat er altijd rekening gehouden dient te worden met zogenaamde toevalsvondsten. Hiervan dient men op basis van de Erfgoedwet 2016, art. 5.10 het bevoegd gezag (de gemeente Rotterdam, voor deze Archeologie Rotterdam) te informeren.

Onderbouwing
Op de Archeologische Waarden- en Beleidskaart Rotterdam (AWK 2005) wordt aan de locatie een redelijk tot hoge archeologische verwachting toegekend. Conform het bestemmingsplan ‘Maasvlakte II’ (2018) geldt voor de locatie een bouwregeling en een omgevingsvergunning voor bouw- en graafwerkzaamheden die dieper reiken dan 18,0 meter beneden NAP en die tevens een oppervlakte beslaan van meer dan 200 vierkante meter.

De grondroerende werkzaamheden bestaan uit het plaatsen van 19 tot 22 windturbines op de harde en zachte zeeweringen van Maasvlakte II. Het betreft gebied waar de archeologisch relevante lagen zich dieper dan de oorspronkelijke zeebodem zullen bevinden. De werkzaamheden overschrijden de toegestane marges van het bestemmingsplan, echter de ontgravingen bereiken voor wat betreft de harde zeewering niet de archeologische relevante dieptes. Voor wat betreft de zachte zeewering is dit wel het geval. Ook bevestigen twee van de sonderingen, nummers 6 en 1, de aanwezigheid van een archeologisch relevant niveau. Het gaat om een rivierduin op een diepte van 21,5-23 m - NAP. Echter, gezien de beperkte verstoring van het duin (in de betreffende zone worden twee turbines geplaatst, twee monopiles aangebracht) en het feit dat het geen hoge duintop betreft, kiest Archeologie Rotterdam ervoor om in voorliggend geval geen onderzoekseis op te leggen.

Bij eventuele wijzigingen in het bouw-, aanlegplan kan een archeologisch vooronderzoek alsnog nodig zijn en dient het opnieuw aan de afdeling Archeologie te worden voorgelegd.

Met een vriendelijke groet,
hoogachtend,

DIRECTEUR STADSBEHEER OPENBARE WERKEN
(voor deze)



dr. [redacted]
Hoofd Archeologie Rotterdam (BOOR)

BIJLAGE 7



ENERGIEOPBRENGSTBEREKENING TWEEDE MAASVLAKTE

Datum	23-05-2020
Auteur	Pondera Consult
Projectnummer	719071
Versie	2

Initiatiefnemer Eneco onderzoekt de mogelijkheid om windturbines te bouwen en te exploiteren op de Tweede Maasvlakte. Pondera is gevraagd het windaanbod te bepalen en modelberekeningen te maken voor de jaarlijkse energieopbrengst voor 22 windturbines, waarbij de opbrengst is berekend voor alternatief 1, alternatief 2 en het voorkeursalternatief. De windturbineposities voor alternatief 1 en alternatief 2 zijn in Figuur 1 in rood weergegeven. Het voorkeursalternatief is een variatie op alternatief 2, met lichte verschuivingen van enkele windturbines. De blauwe windturbines zijn bestaande turbines in de omgeving.

Figuur 1 Lay-out windpark Tweede Maasvlakte



Deze energieopbrengststudie bestaat uit de volgende onderdelen:

- Bepaling windklimaat;
- Berekening bruto en PARK energieopbrengst;

Tabel 1 bevat de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de bouw van het model en de doorrekening van de opstellingen. De resultaten van dit memo zijn nadrukkelijk indicatief: het doel van dit memo is om de onderlinge verschillen van de alternatieve opstellingen op de energieopbrengst aan te tonen.

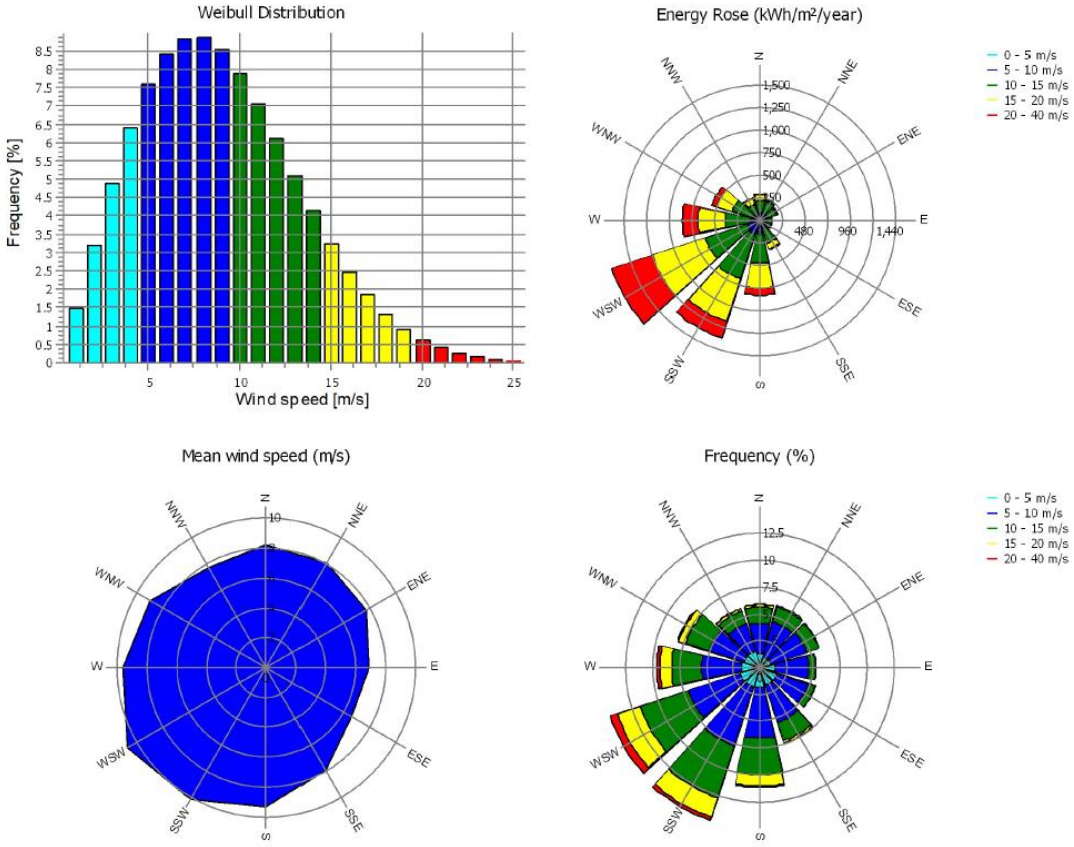
Tabel 1 Uitgangspunten algemeen en per opstelling

Algemene uitgangspunten			
Hoogtemodel	Invoer Eneco		
Ruwheidsmodel	Invoer Eneco		
Hoeveelheid gemodelleerde obstakels	5		
Gebruikte wind- en/of productiedata	Invoer Eneco		
Nabijgelegen windparken	Windpark Slufter / GE Haliade / Maasmond		
Zog-vervalconstante	Invoer Eneco		
Levensduur project [jaar]	20		
Uitgangspunten per opstelling	**Alt1**	**Alt2**	**VKA**
Aantal windturbines	22	22	22
Totaalvermogen [MW]	109.2	110.2	110.2
Luchtdichtheid [kg/m3]	1.234	1.234	1.234
Windturbinetype harde zeewing	Enercon E-115 EP3-4200 kW	Siemens Gamesa SWT-DD-120-4300 kW	Siemens Gamesa SWT-DD-120-4300 kW
Rotordiameter harde zeewing [m]	115	120	120
Ashoogte harde zeewering [m]	67	76	76
Windturbinetype zachte zeewing	Vestas V150-5600 kW	Vestas V162-5600 kW	Vestas V162-5600 kW
Rotordiameter zachte zeewing [m]	150	162	162
Ashoogte zachte zeewering [m]	101	107	105

Tabel 2 Lokaal windklimaat op hoogte 100 meter

Windrichting	Weibull A [m/s]	Windsnelheid [m/s]	Weibull k [-]	Frequentie [%]
N	9.23	8.18	2.37	5.90
NNO	9.04	8.05	2.86	5.90
ONO	8.65	7.71	2.90	5.80
O	7.80	6.93	2.69	5.20
OZO	7.44	6.60	2.51	5.50
ZZO	8.96	7.94	2.31	7.40
Z	10.55	9.35	2.30	11.20
ZZW	11.45	10.16	2.41	14.90
WZW	12.15	10.76	2.21	14.70
W	10.89	9.65	2.08	9.60
WNW	10.18	9.01	2.20	8.10
NNW	8.67	7.68	2.06	5.80
Totaal	10.12	8.96	2.15	100.00

Figuur 2 Karakteristieken lokaal windklimaat op 100 meter



Tabel 3 bevat de jaarlijks gemiddelde energieopbrengst van de alternatieven Alternatief 1 en Alternatief 2 en het voorkeursalternatief. De resultaten zijn P50-waarden, wat wil zeggen dat dit

de netto energieopbrengst is die jaarlijks gemiddeld verwacht mag worden. De productieverliezen zijn per post uitgesplitst in Tabel 4.

Tabel 3 Uitkomsten op parkniveau

Uitkomsten op parkniveau	Alt1	Alt2	VKA
Windsnelheid op ashoogte [m/s]	8.7	8.8	8.8
Bruto productie [GWh/jr]	476.1	518.2	517.0
PARK* productie [GWh/jr]	426.2	462.8	461.5
Verliezen totaal [%]	17.1%	17.3%	17.4%
- Wake-effecten [%]	10.5%	10.7%	10.7%
- Overige verliezen [%]	7.4%	7.4%	7.4%
P50			
Netto energieproductie [GWh/jr]	394.5	428.4	427.2
Vollasturen [uur/jr]	3613	3888	3876

* PARK = Bruto energieopbrengst minus wake-verliezen

Tabel 4 Detailoverzicht productieverliezen

Detailoverzicht productieverliezen	Alt1	Alt2	VKA
Groep 1: Wake-effecten			
Wake-effecten (alle turbines)	10.5%	10.7%	10.7%
Groep 2: Beschikbaarheid			
Niet-beschikbaarheid	3.0%	3.0%	3.0%
Balance of plant	0.1%	0.1%	0.1%
Netuitval	0.1%	0.1%	0.1%
Groep 3: Turbine-prestaties			
Power curve	0.0%	0.0%	0.0%
Uitval door windvlagen (hysterese)	0.5%	0.5%	0.5%
Windstroming	0.0%	0.0%	0.0%
Groep 4: Elektrisch			
Elektrische verliezen	3.0%	3.0%	3.0%
Eigen consumptie windturbine	0.3%	0.3%	0.3%
Groep 5: Omgevingsgerelateerd			
Bladdegradatie door ijsvorming	0.3%	0.3%	0.3%
Bladdegradatie door beschadiging en vervuiling	0.3%	0.3%	0.3%
Shutdown door ijsafzetting, bliksem, hagel	0.1%	0.1%	0.1%
Extreme temperaturen	0.0%	0.0%	0.0%
Groep 6: Mitigatie			
Wind sector management	0.0%	0.0%	0.0%
Beperkingen netcapaciteit	0.0%	0.0%	0.0%

Power purchase agreement	0.0%	0.0%	0.0%
Geluid	0.0%	0.0%	0.0%
Slagschaduw	0.0%	0.0%	0.0%
Vogels	0.0%	0.0%	0.0%
Vleermuizen	0.0%	0.0%	0.0%

BIJLAGE 8



Defensie & Veiligheid
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Pondera Consult
T.a.v. de heer [redacted]
Nooitgedacht 2
3701 AN ZEIST

Datum
19 mei 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332580

E-mail
[redacted]

Doorkiesnummer
[redacted]

Projectnummer
060.42771/01.19.01

Onderwerp
Radarhindertoetsing windpark Tweede Maasvlakte

Geachte heer [redacted],

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek voor het windpark Tweede Maasvlakte gelegen in de gemeente Rotterdam, Zuid-Holland. Voor de radardefinitie van de SMART-L EWC GB is uitgegaan van de verbeterde versie, die in de loop van 2019 is ingevoerd, waardoor het detectiegedrag boven het windpark realistischer wordt gesimuleerd. Aangezien de nieuwe locatie bij Herwijnen nog niet definitief is, worden de drie formele alternatieve locaties, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort ook in de berekeningen meegenomen.

Het bouwplan
Het bouwplan betreft alle wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie die betrekking hebben op het te bouwen windturbinepark. In dit rapport zullen deze wijzigingen worden aangeduid als ‘het bouwplan’. Voor de huidige aanvraag betreft dit de plaatsing van 22 nieuwe windturbines. De coördinaten van de te plaatsen windturbines zijn verderop gegeven. Aangezien er in dit stadium van het project nog geen keuze is gemaakt voor een specifiek windturbinetype, is voor de afmetingen van de windturbines uitgegaan van een windturbine uit de 4 MW klasse (type 1) en 5-6 MW klasse (type 2). Dit is een windturbine met worst-case afmetingen, samengesteld uit het op dit moment bij TNO beschikbare windturbinebestand met een opgewekt vermogen tussen de 3.5 en 4.4 MW (type 1) en 4.5 – 6.4 MW (type 2). De toegepaste maximale ashoogtes en maximale rotordiameter zijn als volgt:

- Type 1: Een vermogensklasse van 4 MW met een maximale ashoogte van 76 m en een maximale rotordiameter van 120 m.
- Type 2: Een vermogensklasse van 5-6 MW met een maximale ashoogte van 105 m en een maximale rotordiameter van 162 m.

De toepassing van een windturbine met worst case afmetingen houdt in dat de berekende effecten op de radars altijd minder zullen zijn, als bij de keuze van de

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

specifieke windturbine het opgewekt vermogen, maximale ashoogte en rotordiameter niet wordt overschreden.

De uitgevoerde berekeningen
TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduweffect berekend met behulp van het radarhinder simulatiemodel PERSEUS, volgens de toetsingsmethode, die op 1 oktober 2012 is ingevoerd. Het bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkels van één van de Military Approach Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars en binnen de 75 km cirkels rond de locatie van de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. De analyse is uitgevoerd voor de volgende radarsystemen:
(1) Het primaire verkeersleidingsradarnetwerk, bestaande uit een zestal MASS verkeersleidingsradarsystemen verspreid over Nederland, aangevuld met de Terminal Approach radar (TAR) West bij Schiphol en de infill radar te Wemeldinge.
(2) De SMART gevechtsleidingsradar op de alternatieve locaties bij Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort.

Resultaten primaire verkeersleidingsradarnetwerk
Op de locatie van de windturbines eist het Ministerie van Defensie voor het verkeersleidingsradarnetwerk een minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak van 2 m^2. Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:
1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
   Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet een vermindering van de detectiekans tot 98 % geconstateerd ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan. Het bouwplan voldoet dus aan de thans 2020 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
   De MASS radar Woensdrecht, de Scanter infill radar Wemeldinge en de TAR West radar bij Schiphol ondersteunen elkaar volledig in de gebieden waar door de schaduwwerking van het bouwplan een verlies aan bereik kan ontstaan. Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet geen verlies aan bereik geconstateerd. Het bouwplan voldoet dus aan de gehanteerde 2020 norm.

Resultaten SMART gevechtsleidingsradar op de alternatieve locaties voor Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort
Op de locatie van de windturbines eist het Ministerie van Defensie voor de gevechtsleidingsradars een minimale detectiekans van 90%.
Omdat de specificaties van de gevechtsleidingsradars gerubriceerd zijn, wordt de in de berekening gebruikte waarde van het radaroppervlak van het doel hier niet vermeld. De resultaten van de radarhinderberekening voor de gevechtsleidingsradar zijn eveneens gerubriceerd en kunnen om die reden alleen rechtstreeks naar het ministerie van Defensie worden verstuurd. Dit gebeurt echter pas na toestemming van u. Wel mag in deze brief worden vermeld dat er twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
   De detectiekans is na realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde 2020 norm gebleven voor alle drie alternatieve locaties voor Herwijnen.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
   Het maximum bereik van de radar op deze hoogte in de sector waarin schaduwwerking optreedt, blijft na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2020 norm voor alle drie alternatieve locaties voor Herwijnen.

Details vindt u in bijgaande documentatie.

Voor de achtergronden van de toegepaste rekenmethode wordt kortheidshalve verwezen naar de toelichting die is te downloaden van de TNO-website: http://www.tno.nl/perseus.

Hoogachtend,

[redacted]

Senior Research Medewerker

1 Locatie- en radargegevens

De locaties van de te toetsen windturbines van het bouwplan zijn weergegeven in Tabel 1. De weergegeven rijksdriehoekcoördinaten en fundatiehoogtes zijn afkomstig van de opdrachtgever. De WGS 84 coördinaten voor de locaties zijn hiervan afgeleid. Het type windturbine geeft de worst-case afmetingen aan.

Tabel 1 Locatiegegevens van het bouwplan zoals opgegeven door de opdrachtgever.

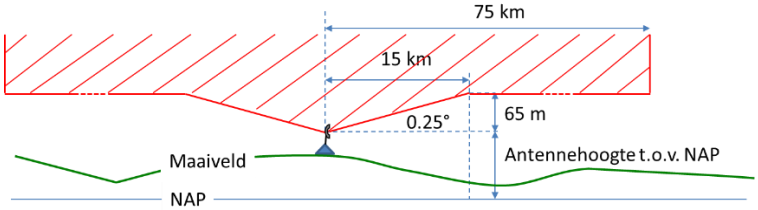
Nr	ID	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		Fundatiehoogte	
		X [m]	Y [m]	Latitude [º]	Longitude [º]	t.o.v. NAP [m]	Type
1	HZ-01	61225	444898	51.98455	4.02207	15.0	1
2	HZ-02	60947	444989	51.98532	4.01800	15.0	1
3	HZ-03	60674	445097	51.98624	4.01400	15.0	1
4	HZ-04	60401	445201	51.98713	4.00999	15.0	1
5	HZ-05	60114	445256	51.98758	4.00580	15.0	1
6	HZ-06	59823	445238	51.98737	4.00157	15.0	1
7	HZ-07	59542	445163	51.98664	3.99750	15.0	1
8	HZ-08	59264	445079	51.98584	3.99348	15.0	1
9	HZ-09	58990	444979	51.98490	3.98952	13.0	1
10	HZ-10	58392	444592	51.98131	3.98093	13.0	2
11	ZZ-01	58007	444243	51.97811	3.97542	6.0	2
12	ZZ-02	57743	443907	51.97505	3.97168	6.0	2
13	ZZ-03	57485	443532	51.97163	3.96803	6.0	2
14	ZZ-04	57251	443143	51.96809	3.96474	6.0	2
15	ZZ-05	57099	442715	51.96422	3.96265	6.0	2
16	ZZ-06	57036	442265	51.96017	3.96186	6.0	2
17	ZZ-07	57063	441812	51.95610	3.96238	6.0	2
18	ZZ-08	57180	441373	51.95218	3.96421	6.0	2
19	ZZ-09	57333	440945	51.94836	3.96655	6.0	2
20	ZZ-10	57486	440516	51.94453	3.96890	6.0	2
21	ZZ-11	57640	440088	51.94071	3.97126	6.0	2
22	ZZ-12	57805	439665	51.93694	3.97378	6.0	2

De locaties van de te plaatsen windturbines zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 De gele stippen geven de locaties aan van de nieuwe windturbines [Bing].

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom de verkeersleidingsradars en de gevechtsleidingsradars. Het profiel van het toetsingsvolume is weergegeven in Figuur 2. Er dient getoetst te worden indien de tip van de wiek hoger is dan de rode lijn. Bouwplannen die verder verwijderd zijn dan 75 km kunnen zondermeer geplaatst worden.



Figuur 2 Het toetsingsprofiel (niet op schaal) zoals gehanteerd door het Ministerie van Defensie rondom elk van de militaire radarsystemen.

De gevechtsleidingsradars zullen binnenkort worden vervangen, waarbij de radarlocatie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen. Deze nieuwe locatie is per 1 juli 2016 in de Rarro opgenomen en is dan ook meegenomen in deze toetsing. Begin 2017 is de nieuwe Terminal Approach Radar, TAR West bij Schiphol operationeel geworden en is deze radar opgenomen in het MASS verkeersleidingsradarnetwerk. Omdat het geen militaire radar is, geldt er rond deze radar geen toetsingsprofiel zoals weergegeven in Figuur 2.
De toetsingsplicht voor windturbines rond deze radar zijn vastgelegd in het Luchtvaart Inpassingsbesluit (LIB) van Schiphol. Tot slot is in 2019 het verkeersleidingsradarnetwerk verder uitgebreid worden met een extra Hensoldt ASR-NG MASS radar op het Marinevliegkamp De Kooy bij Den Helder, die dan ook per 1 januari 2019 eveneens opgenomen is in de Rarro en in 2020 de Scanter 4002 infill radar bij Wemeldinge. De locatiegegevens van de

verkeersleidingsradars en de gevechtsleidingsradars worden weergegeven in Tabel 2. In deze tabel zijn zowel de antennehoogtes aangegeven die aangehouden worden voor de bepaling van het toetsingsprofiel als ook de feitelijke antennehoogtes van de primaire radarantenne, toegepast in de detectiekansberekeningen.

Tabel 2 Locatiegegevens van de zes MASS radars, de TAR West, de infill radar en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier, de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne. De gevechtsleidingsradars zullen worden vervangen, waarbij de radarpositie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen.

Radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte toetsingsprofiel t.o.v. NAP	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP
	X [m]	Y [m]	[m]	[m]
Leeuwarden	179139	582794	30	27.3
Twenthe	258306	477021	71	68.8
Soesterberg	147393	460816	63	60.2
Volkel	176525	407965	49	46.9
Woensdrecht	083081	385868	48	45.2
De Kooy	113911	548781	27	27.1
TAR West Schiphol	109603	482283	n.v.t.*	34.0
Scanter Wemeldinge	059912	392950	30	30.4
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd**
Wier (SMART-L)	170513	585673	24	Gerubriceerd**
Herwijnen (SMART-L)	137106	427741	25	Gerubriceerd**

* *Deze radar zijn niet opgenomen in de Rarro en heeft dus geen toetsingsprofiel*
** *Deze gegevens zijn bekend bij defensie.*

Aangezien er nog geen volledige zekerheid is over de plaatsing van de gevechtsleidingsradar op de beoogde locatie Herwijnen, is een onderzoek uitgevoerd naar alternatieve locaties. Daar zijn drie locaties uitgekomen die in deze rapportage eveneens worden getoetst. De coördinaten van deze drie locaties is opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3 Locatiegegevens van de drie alternatieve locaties voor de SMART-L radar te Herwijnen.

SMART-L radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte t.o.v. NAP
	X [m]	Y [m]	[m]
Goudriaan	121286	436321	Gerubriceerd*
Meerkerk	126684	437319	Gerubriceerd*
Nieuwpoort	121789	438142	Gerubriceerd*

** *Deze gegevens zijn bekend bij defensie.*

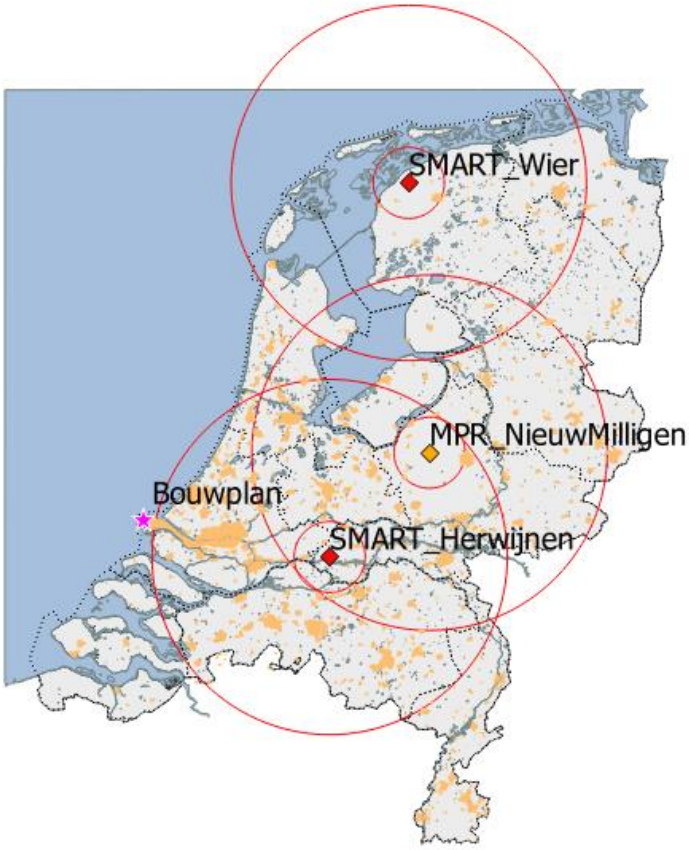
Variaties in de hoogte van het terrein worden bepaald uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-2) en AHN3 voor alleen Friesland, Zeeland en delen van Zuid-Holland. In dit bestand bevindt zich bebouwing zoals aanwezig tijdens de opnames tussen 2007 en 2012 voor AHN2 en 2014 voor AHN3. Naast dit hoogtebestand met bebouwing hanteert TNO eveneens een bestand voor het maaiveld bepaald met alleen het AHN2 bestand. Beide bestanden

bezitten een ruimtelijke resolutie van 10 m. Buiten Nederland gebruikt TNO terreinhoogtegegevens afkomstig van de NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM1) met een resolutie van 1 boogseconde (ongeveer 30 m langs een meridiaan). Het kan voorkomen dat een deel van het bouwplan wordt afgeschermd door het tussenliggende terrein of door bebouwing en dus niet wordt belicht door de radar. In dat geval wordt dit deel van het bouwplan niet meegenomen in de berekening.

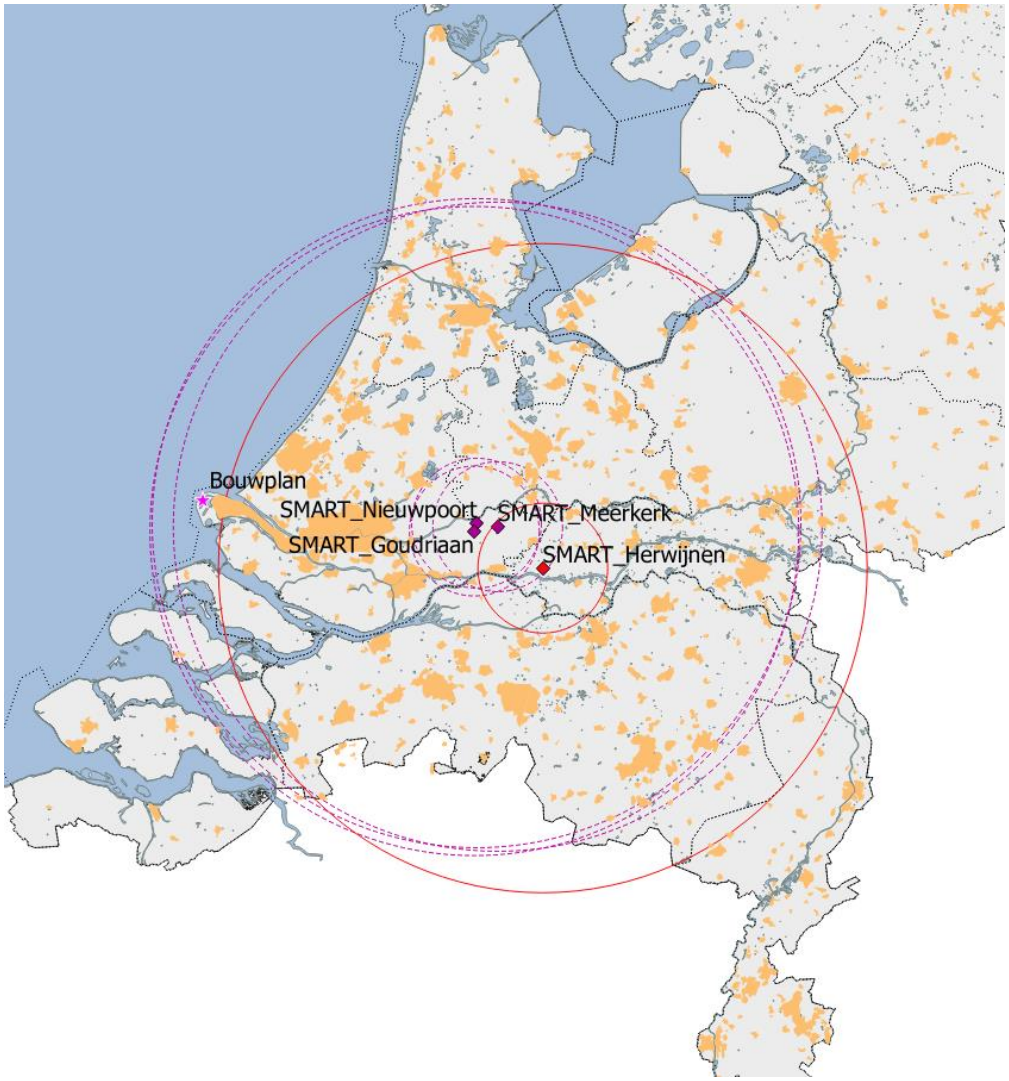
De 15 en 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergeven in Figuur 3. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergeven in Figuur 4 en van de drie alternatieve locaties voor gevechtsleidingsradar in Herwijnen in Figuur 5.



Figuur 3 *Locaties van de zes MASS verkeersleidingsradarsystemen (groene ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De TAR West radar bij Schiphol is aangegeven met een oranje ruit en de infill radar te Wemeldinge met een paarse ruit. De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.*



Figuur 4 Locaties van de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradars (rode ruit) en de bestaande MPR (oranje ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

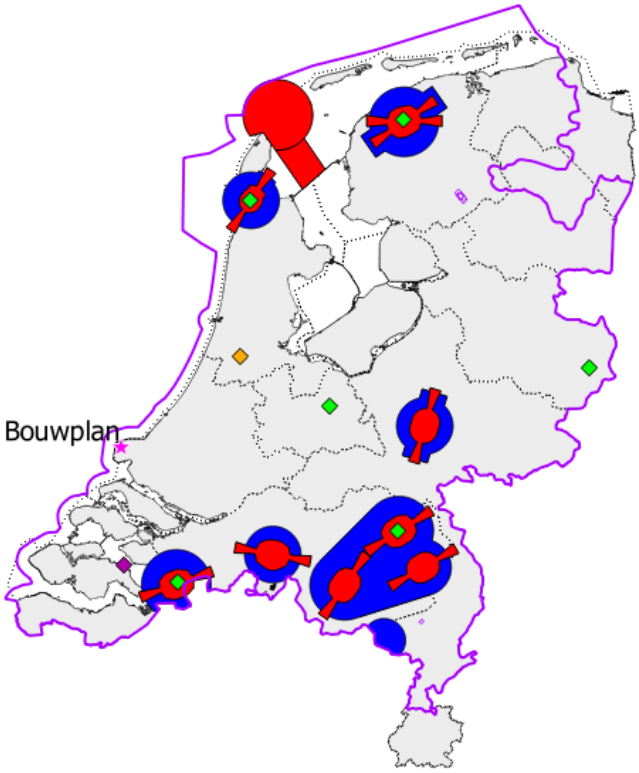


Figuur 5 Locaties van de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort (paarse ruit) voor de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradar te Herwijnen (rode ruit). De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkel rond de MASS radar van Woensdrecht en infill radar te Wemeldinge en binnen de 75 km cirkels rond de drie alternatieve locaties voor gevechtsleidingsradar bij Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. Daarnaast zijn de tiphoogtes van alle te toetsen windturbines groter dan de in Figuur 2 aangegeven hoogte. Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor zowel het primaire verkeersleidingsradarnetwerk als de drie alternatieve locaties van de gevechtsleidingsradars bij Herwijnen.

2 Rekenmethode primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Het radarsimulatiemodel PERSEUS berekent voor elk radarsysteem de detectiekans van een doel met een radardoorsnede van 2 m^2, fluctuatiestatistiek Swerling case 1, en loos alarmkans 1×10^{-6}. Afhankelijk van de locatie van het bouwplan moet de detectiekans geëvalueerd worden op een normhoogte van 300, 500 of 1000 voet ten opzichte van het maaiveld. Indien op 1000 voet geëvalueerd wordt, zal middeling van detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m toegepast worden. De 300 en 500 voet normhoogtes liggen over het algemeen rond de verschillende militaire vliegvelden in Nederland. Op een hoogte van 1000 voet dient er, met enige uitzonderingen, landelijke dekking te zijn.
In Figuur 6 worden de normhoogtegebieden getoond.



Figuur 6 De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de ligging van de thans gehanteerde 2020 normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet (paars) dient het verkeersleidingsradarnetwerk, op enkele uitzonderingen na, een landelijke dekking te hebben. Tevens zijn op deze kaart met een groene markering de locaties aangeven van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit een zestal MASS radarsystemen en in oranje de TAR West radar te Schiphol en in paars de infill radar te Wemeldinge.

Het bouwplan valt binnen de normhoogte van 1000 voet.

De detectiekans van de zes MASS radarsystemen te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West van Schiphol is conform de met Defensie overeengekomen rekenmethode gesimuleerd in één radarnetwerk, waarbij de radars elkaar eventueel ondersteuning kunnen bieden bij de detectie van radardoelen. Daarbij wordt rekening gehouden met de upgrade van de MASS primaire radar en het Wind Farm Filter (WFF) in de TAR West radar, zoals TNO die op dit moment in PERSEUS gemodelleerd heeft.
Als referentie zijn ook de radardetectiekansdiagrammen berekend voor de zogenaamde baseline situatie, dat wil zeggen, rekening houdend met alle bestaande windturbines en dus voor realisatie van het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in het begin van januari 2020, door Windstats.nl. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde: fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter.
Het bouwplan wordt daar vervolgens aan toegevoegd en voor beide situaties (baseline en baseline met bouwplan) worden detectiediagrammen berekend. Door een vergelijking van beide diagrammen kan het detectieverlies worden vastgesteld in de directe nabijheid van het bouwplan veroorzaakt door reflecties van het bouwplan en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

3 Gegevens windturbines

Voor de bepaling van de effecten op de radars is de *worst-case* windturbine uit de 4 MW klasse (type 1) en uit de 5-6 MW klasse (type 2) genomen.
Dit is een windturbine met worst-case afmetingen, samengesteld uit het op dit moment bij TNO beschikbare windturbinebestand met een opgewekt vermogen tussen de 3.5 en 4.4 MW (type 1) en 4.5 – 6.4 MW (type 2). De toegepaste maximale ashoogtes en maximale rotordiameter zijn als volgt:

- Type 1: Een vermogensklasse van 4 MW met een maximale ashoogte van 76 m en een maximale rotordiameter van 120 m.
- Type 2: Een vermogensklasse van 5-6 MW met een maximale ashoogte van 105 m en een maximale rotordiameter van 162 m.

Bij toepassing van een specifieke windturbine met realistische afmetingen uit eenzelfde of lagere vermogensklasse en waarbij de maximaal getoetste ashoogte en rotordiameter niet wordt overgeschreden, zullen de berekende effecten op de radars geringer zijn.

De lengte van de gondel is gedefinieerd als de afstand van de ‘hub’ tot aan de achterzijde van de gondel in het verlengde van de as. De hoogte en breedte van de gondel zijn gebaseerd op het effectieve oppervlak van de voor- en zijkant van de gondel en kunnen dus iets afwijken van de feitelijke afmetingen. De lengte van de wiek is gedefinieerd als de halve diameter van de rotor. De breedte van de wiek wordt afgeleid van het frontaal oppervlak van de wiek.

In Tabel 4 is de maatvoering weergeven van de te toetsen windturbine (*type 1*), noodzakelijk voor de juiste modellering.

Tabel 4 De afmetingen de worst-case windturbine uit de 4 MW klasse met een ashoogte van 76 m t.o.v. het maaiveld en een rotordiameter van 120 m.

Onderdeel	Afmeting [m]
Ashoogte t.o.v. maaiveld	76.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	136.0
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	0.0
Breedte gondel	5.4
Lengte gondel	19.0
Hoogte gondel	8.8
Diameter mast onder	5.8
Diameter mast boven	4.4
Lengte mast	71.6
Lengte wiek	60.0
Breedte wiek	3.8

In Tabel 5 is de maatvoering weergeven van de te toetsen windturbine (*type 2*), noodzakelijk voor de juiste modellering.

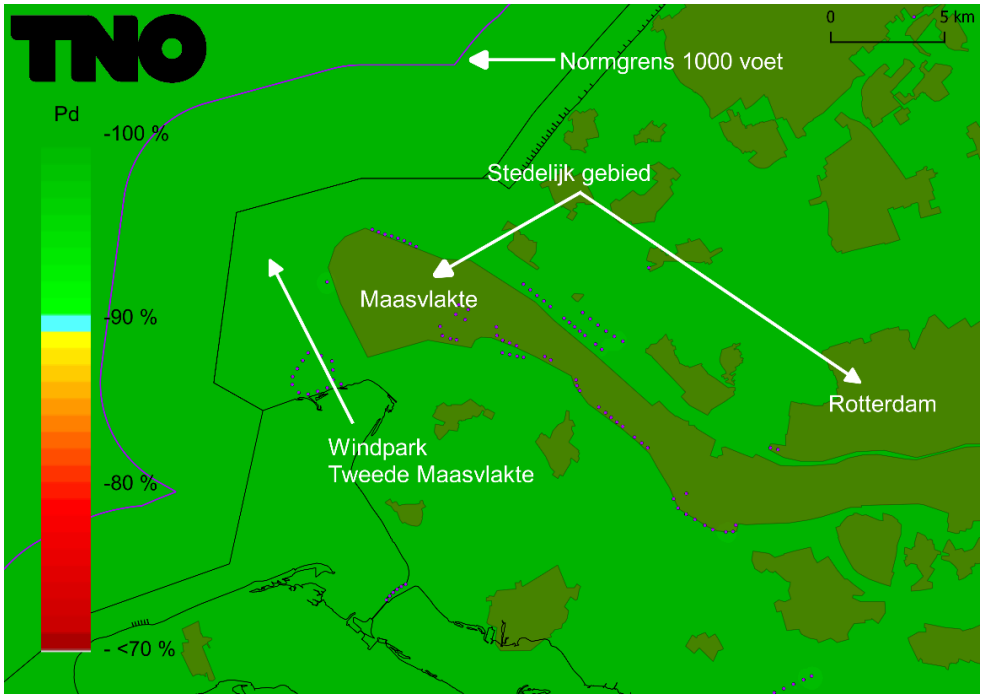
Tabel 5 De afmetingen de worst-case windturbine uit de 5-6 MW klasse met een ashoogte van 105 m t.o.v. het maaiveld en een rotordiameter van 162 m.

Onderdeel	Afmeting [m]
Ashoogte t.o.v. maaiveld	105.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	186.0
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	0.0
Breedte gondel	6.0
Lengte gondel	24.1
Hoogte gondel	8.8
Diameter mast onder	9.7
Diameter mast boven	5.4
Lengte mast	100.6
Lengte wiek	81.0
Breedte wiek	3.8

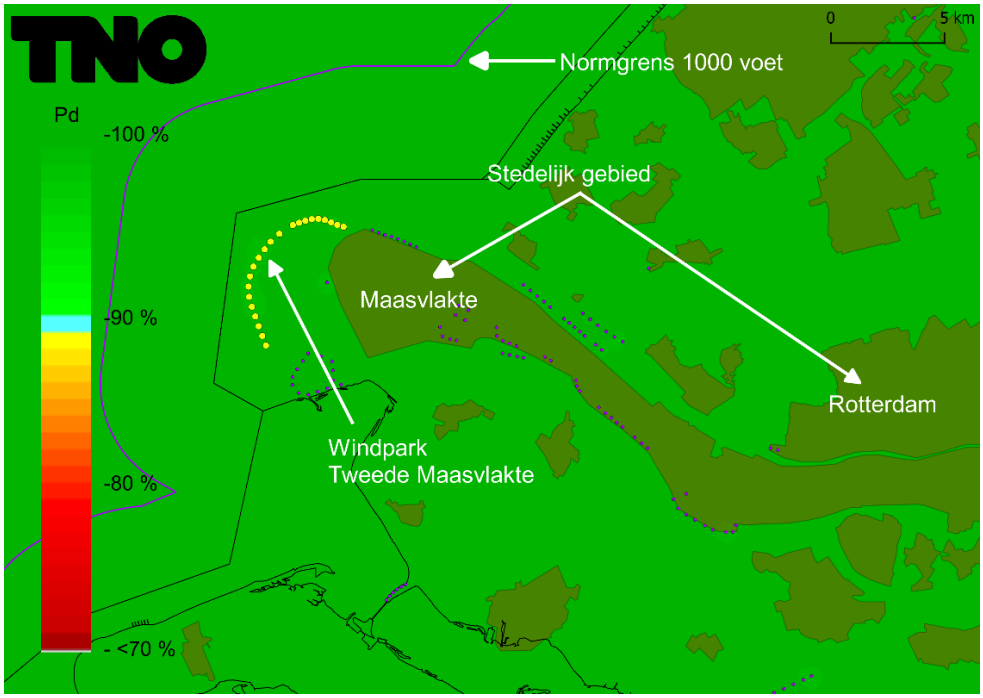
4 Berekeningen radardetectiekans diagrammen primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan

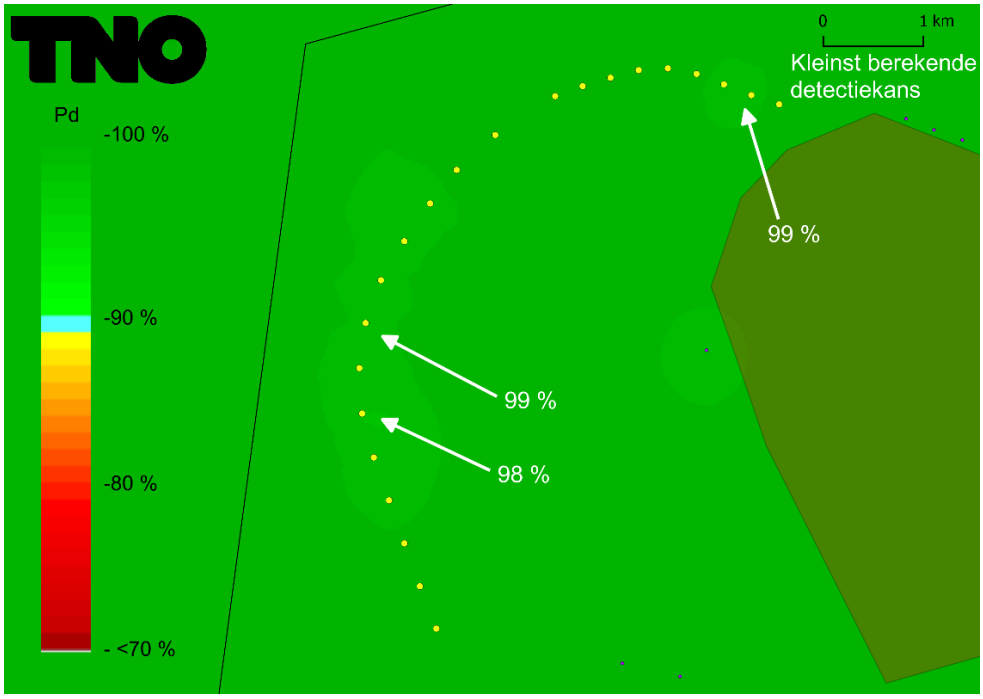
In Figuur 7 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 1000 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. Figuur 8 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 9 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans die door het Ministerie van Defensie wordt geëist bedraagt 90%. In groen gekleurde gebieden wordt aan deze eis voldaan. Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van het bouwplan en binnen het 1000 voet normgebied is er een verlies van de radardetectiekans waarneembaar tot 98%. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.



Figuur 7 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).



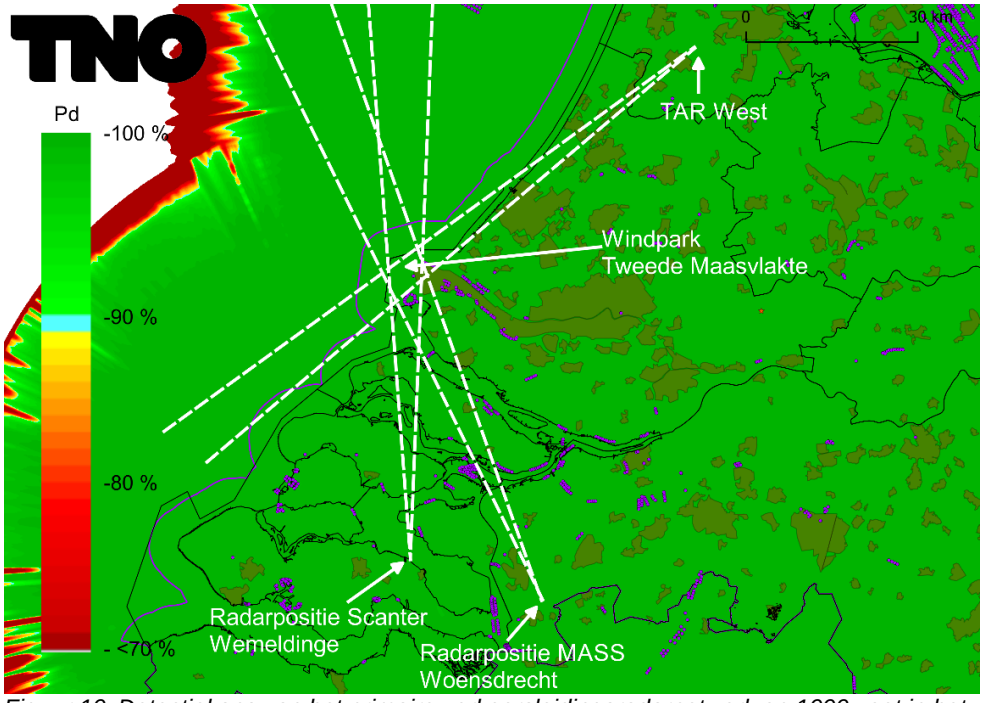
Figuur 8 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locatie van de nieuwe windturbines is aangegeven met gele stippen.



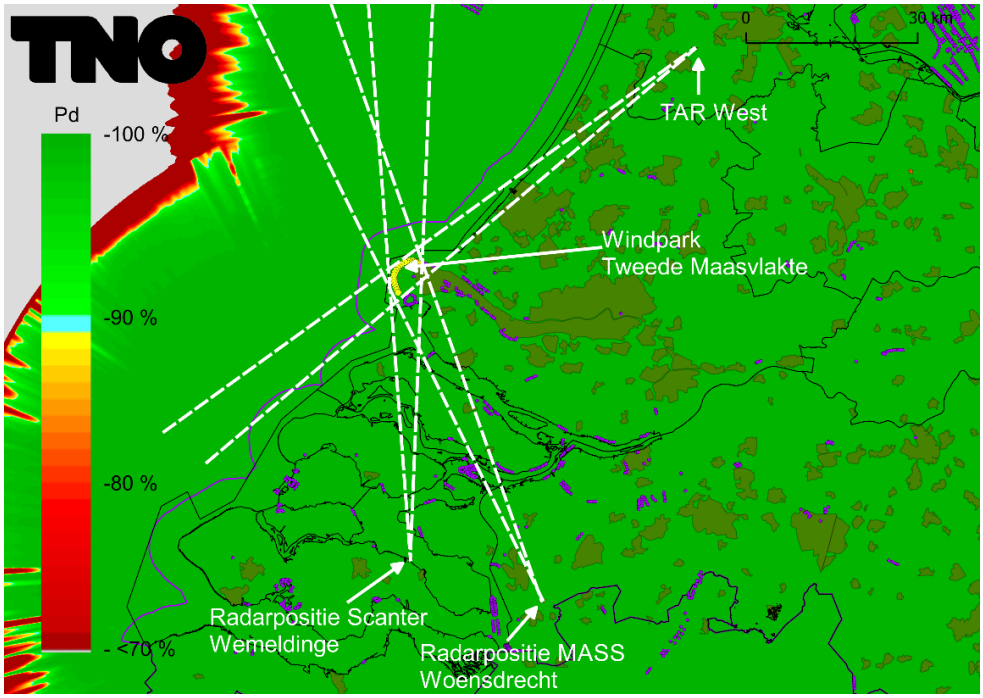
Figuur 9 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 8 groter weergegeven.

Detectiekans in de schaduw van het bouwplan

In Figuur 10 is de detectiekans op 1000 voet van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk uitgerekend voor de gebieden waar schaduw kan ontstaan ten gevolge van het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. De stippellijnen afkomstig van de MASS posities van Woensdrecht, de infill radar te Wemeldinge en de TAR West radar van Schiphol lopend over het bouwplan, geven de zones aan waartussen een verminderde detectiekans zou kunnen ontstaan als gevolg van de schaduwwerking. In Figuur 11 is de detectiekans berekend voor hetzelfde gebied na realisatie van het bouwplan. De figuur toont aan dat de betrokken radars elkaar volledig ondersteunen in de gebieden waar door de schaduwwerking van het bouwplan een verlies aan bereik kan ontstaan. Er is dan ook geen verlies aan bereik aanwezig is. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.



Figuur 10 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan voordat deze is gerealiseerd (baseline). Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan gaan ontstaan.



Figuur 11 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk berekend op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan ontstaan.

5 Rekenmethode gevechtsleidingsradars

Een vergelijkbare methodiek als bij de verkeersleidingsradars is toegepast bij de gevechtsleidingsradars. De bestaande MPR-radars hebben hun maximale levensduur bereikt en zullen worden vervangen door de nieuwe SMART-L EWC GB radar. Deze vervanging vindt plaatst voor de locatie Wier, maar niet voor de locatie Nieuw Milligen. De tweede SMART-L zal worden geplaatst op de locatie Herwijnen, waarna de radarlocatie Nieuw Milligen komt te vervallen. Ook de bestaande radarlocatie te Nieuw Milligen blijft tot nader orde toetsingsplichtig.
Voor de radardefinitie van de SMART-L EWC GB is uitgegaan van de verbeterde versie, die in de loop van 2019 is ingevoerd, waardoor de het detectiegedrag boven het windpark realistischer wordt gesimuleerd. Aangezien er nog geen volledige zekerheid is over de plaatsing van de radar op deze locatie, is een onderzoek uitgevoerd naar alternatieve locaties, te weten Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. Voor de militaire gevechtsleidingsradars wordt één toetsingshoogte van 1000 voet aangehouden. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met een eventuele ondersteunende dekking van elkaar. Iedere radar dient dus afzonderlijk een goede dekking te hebben.
Als referentie zijn ook de radardetectiekansdiagrammen berekend voor de zogenaamde baseline situatie, dat wil zeggen, rekening houdend met alle bestaande windturbines en dus voor realisatie van het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in begin januari 2020 door Windstats.nl. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter.
Het bouwplan wordt daar vervolgens aan toegevoegd en voor beide situaties (baseline en baseline met bouwplan) worden detectiediagrammen berekend. Door een vergelijking van beide diagrammen kan het detectieverlies worden vastgesteld in de directe nabijheid van het bouwplan veroorzaakt door reflecties van het bouwplan en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

<u>Conclusies over de detectiekans van de gevechtsleidingsradars op de drie alternatieve locaties voor Herwijnen ten gevolge van het bouwplan</u>

De radardetectiekansdiagrammen die het resultaat van deze berekeningen zijn, kunnen niet worden overhandigd omdat deze gerubriceerd zijn.

Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht, de conclusie van deze berekeningen is als volgt:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
   Voor alle drie alternatieve locaties van de gevechtsleidingsradar bij Herwijnen is de detectiekans is na realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde
   2020 norm gebleven.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
   Voor alle drie alternatieve locaties van de gevechtsleidingsradar bij Herwijnen is het verlies aan maximum bereik op deze hoogte van 1000 voet in de sector

waarin schaduwwerking optreedt, na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2020 norm gebleven.

6 Afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
CTR	Controlled Traffic Region
EWC GB	Early Warning Capability Ground Based
LIB	Luchtvaart Inpassingsbesluit
MASS	Military Approach Surveillance System
MPR	Medium Power Radar
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PSR	Primary Surveillance Radar
Rarro	Regeling algemene regels ruimtelijke ordening
RDS	Rijksdriehoekstelsel
SMART-L	Signaal Multibeam Acquisition Radar for Tracking, L band
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TAR	Terminal Approach Radar
WFF	Wind Farm Filter