

Defence, Safety & Security
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag

www.tno.nl

Datum
29 oktober 2024
Onze referentie

Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Zeeuwind

Postbus 5054
4380 KB VLISSINGEN

Onderwerp Radarhindertoetsing windpark Limagrain, Rilland

Geachte

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek van het windpark Limagrain, gelegen in de gemeente Rilland, Zeeland.

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 bouw van twee nieuwe windturbines. De coördinaten van de te plaatsen windturbines zijn verderop gegeven. Voor de afmetingen van de windturbines is uitgegaan van de EWT DW61 met een opgewekt vermogen tussen de 0.5 en 1.0 MW, een ashoogte van 69 m ten opzichte van de fundatie en een rotordiameter van 61 m.

De uitgevoerde berekeningen

TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduw effect 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 minstens één van de Military Approach Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars en buiten de 75 km cirkels rond de locaties van de gevechtsleidingsradars. De analyse is uitgevoerd voor alleen het primaire verkeers-leidingsradarnetwerk, 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.

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.

Resultaten primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Het bouwplan bevindt zijn in de westelijke funnel van de vliegbasis Woensdrecht en in het gedeelte wat buiten de CTR valt. Er geldt dus een toetsingshoogte van 300 voet. Op deze locatie van de windturbines en op deze doelhoogte eist het Ministerie van Defensie voor het verkeersleidingsradarnetwerk een minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak van 2 m². Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van het bouwplan en op een toetsingshoogte van 300 voet is er een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot maximaal 89%.
Op een toetsingshoogte van 500 voet zou deze waarde maximaal 90% zijn.
Het bouwplan voldoet hierom niet aan de gehanteerde 2024 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
De MASS radar te Woensdrecht en de infill radar bij Wemeldingen ondersteunen elkaar waardoor er door de schaduwwerking van het bouwplan geen verlies aan bereik kan ontstaan.
Het bouwplan voldoet hierom wel aan de gehanteerde 2024 norm.

Details vindt u in bijgaande documentatie.

Voor de achtergronden van de toegepaste rekenmethode wordt korthedshalve verwezen naar de toelichting die is te downloaden van de TNO-website: <http://www.tno.nl/perseus>.

Met vriendelijke groet,



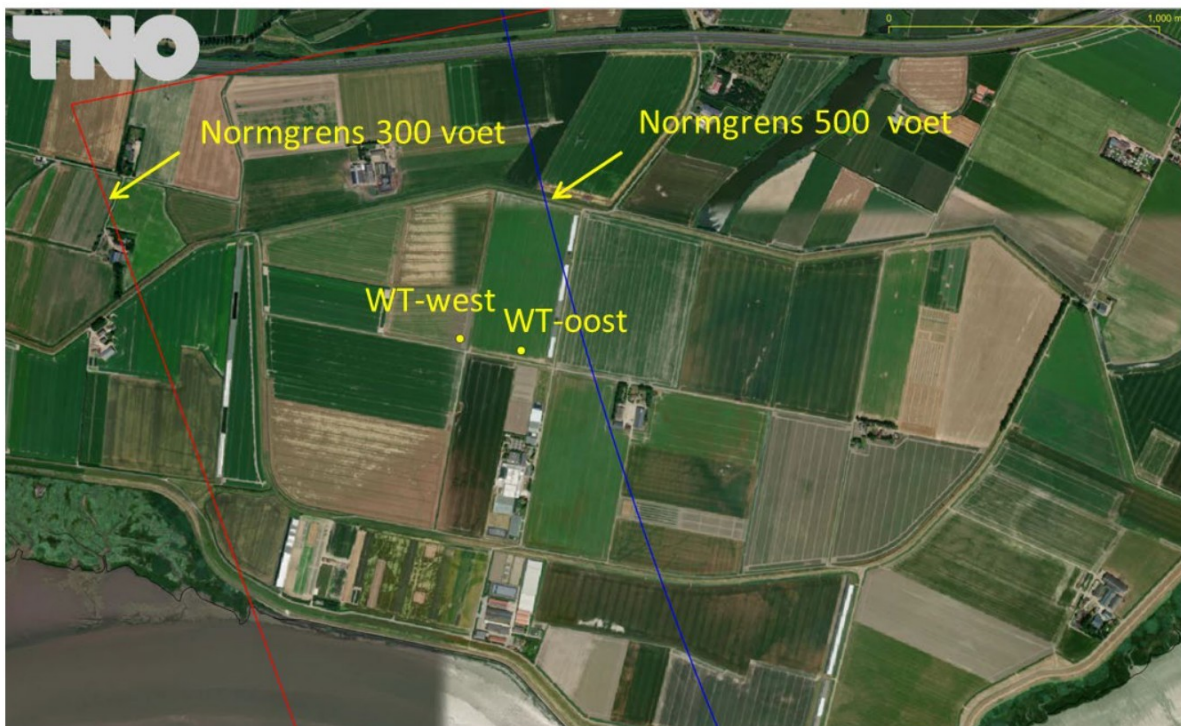
1 Locatie- en radargegevens

De locaties van de te toetsen windturbines van het bouwplan zijn weergegeven in Tabel 1.
De weergegeven rijsdriehoekcoördinaten en maaiveldhoogte zijn afkomstig van de opdrachtgever.
De WGS 84 coördinaten voor de locaties zijn hiervan afgeleid.

Tabel 1 Locatiegegevens van het bouwplan zoals opgegeven door de opdrachtgever.

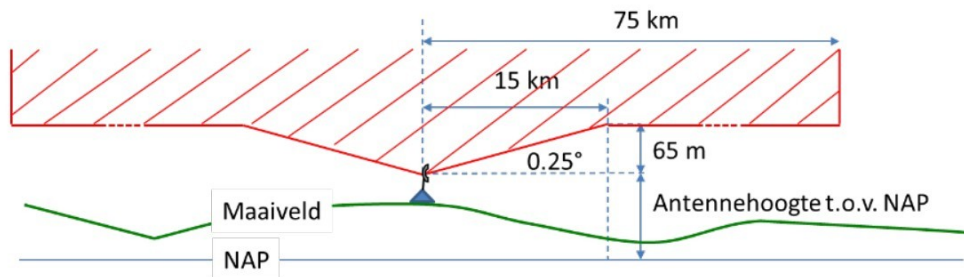
Nr	ID	RDS coördinaten		WGS 84 coördinaten		Maaiveldhoogte t.o.v. NAP [m]
		X	Y	Latitude [°]	Longitude [°]	
1	WT-oost	67889	380785	51.40947	4.13511	1.3
2	WT-west	67665	380827	51.40981	4.13188	1.3

De posities van de te plaatsen windturbines zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 De gele stippen geven de locaties aan van de nieuwe windturbines horende bij het bouwplan [Bing].

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom zowel de militaire als de civiele 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.

Er wordt binnen de regeling op dit moment rekening gehouden met de zes Military Approach en Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars (te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy in den Helder), de infill radar bij Wemeldinge en de civiele TAR West radar bij Schiphol. Ten behoeve van de extra ondersteuning van de radardekking boven zuidoost Nederland is ook de nieuwe Belgische militaire ASR-M verkeersleidingsradar bij Kleine Brogel in het primaire verkeersleidingsradarnetwerk opgenomen. Deze radar wordt vanaf 1 november 2020 meegenomen in de berekeningen indien er een normoverschrijding aanwezig is zonder de steun van deze radar. Naast de verkeersleidingsradars zijn er ook twee militaire gevechtsleidingsradars te Wier (Noord Friesland) en Nieuw Milligen (op de Veluwe), opgenomen in de regeling. Deze laatste zal op termijn worden vervangen door een nieuwe SMART-L radar op de locatie Herwijnen. 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 TAR Centrum, de infill radar en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier. De gevechtsleidingsradars zullen worden vervangen, waarbij de radarpositie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen. Naast de locatiegegevens staan ook de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne aangegeven.

Radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte toetsingsprofiel t.o.v. NAP [m]	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP [m]
	X [m]	Y [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	37	34.0
TAR Centrum* Schiphol	113877	480571	17	18.5
Infill radar Wemeldinge	059912	392950	30	30.4
ASR-M Kleine Brogel (B)	160417	353466	n.v.t.**	84.0
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd***
Wier (SMART-L)	170513	585673	24	Gerubriceerd***
Herwijnen (SMART-L)	137106	427741	25	Gerubriceerd***

* Dit is alleen een secundaire radar, ook bekend als TAR 1.

** Dit is een buitenlandse radar en is daarom niet opgenomen in de Omgevingswet.

*** 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 [m]
	X [m]	Y [m]	
Goudriaan	121286	436321	Gerubriceerd*
Meerkerk	126684	437319	Gerubriceerd*
Nieuwpoort	121789	438142	Gerubriceerd*

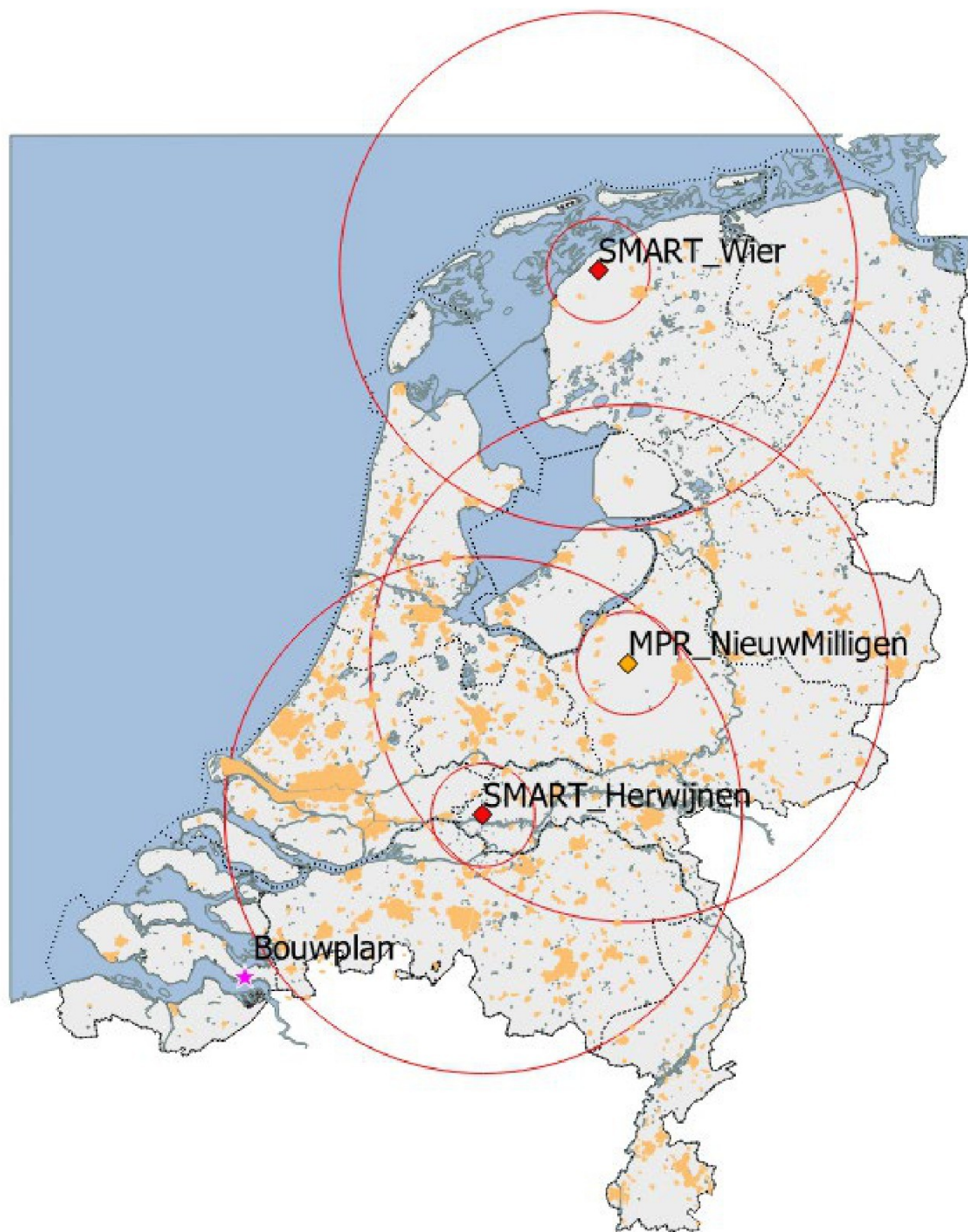
* Deze gegevens zijn bekend bij defensie.

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.

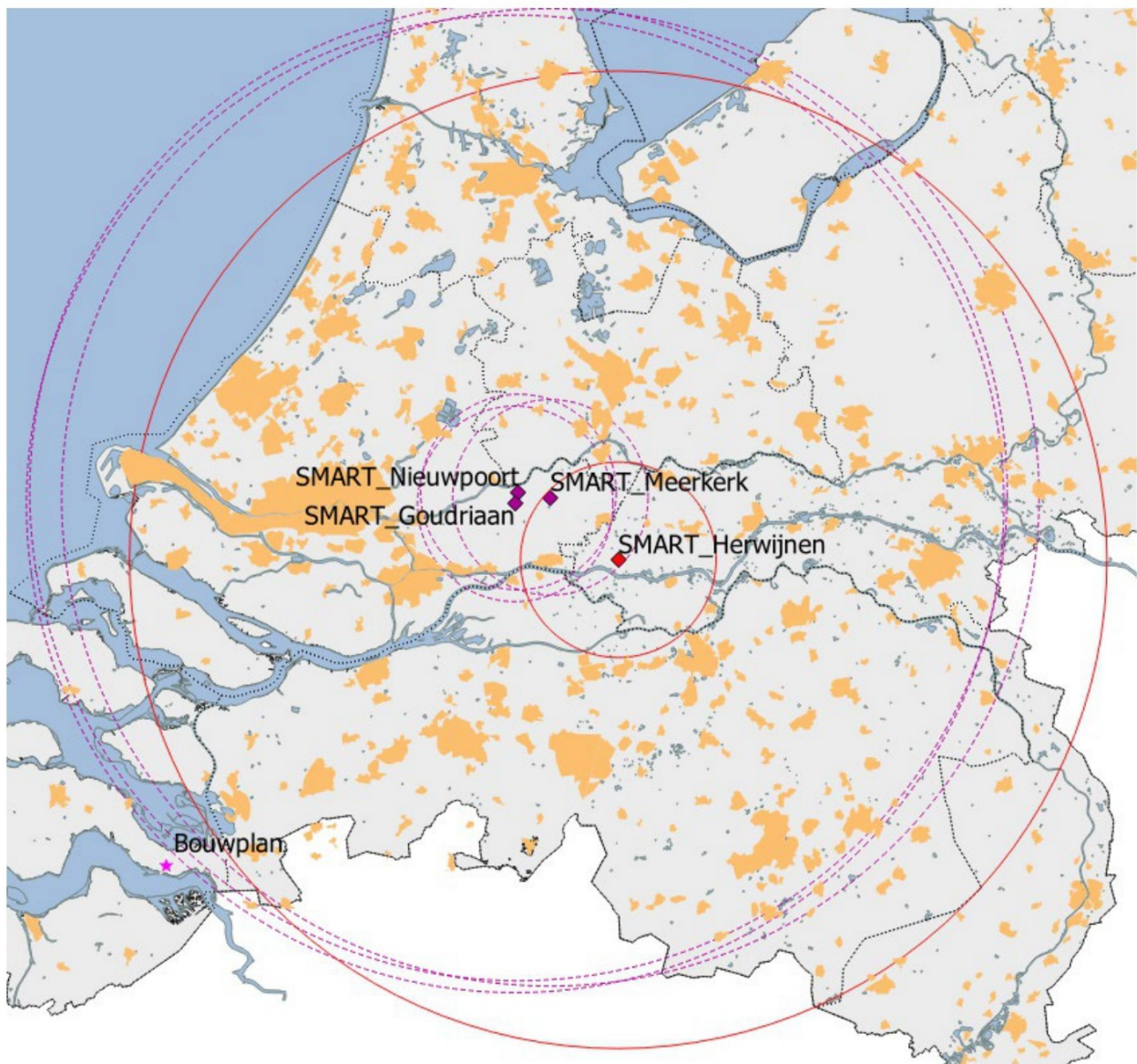
De 15 en 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 3. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 4. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradar te Herwijnen en de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort zijn weergegeven 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.

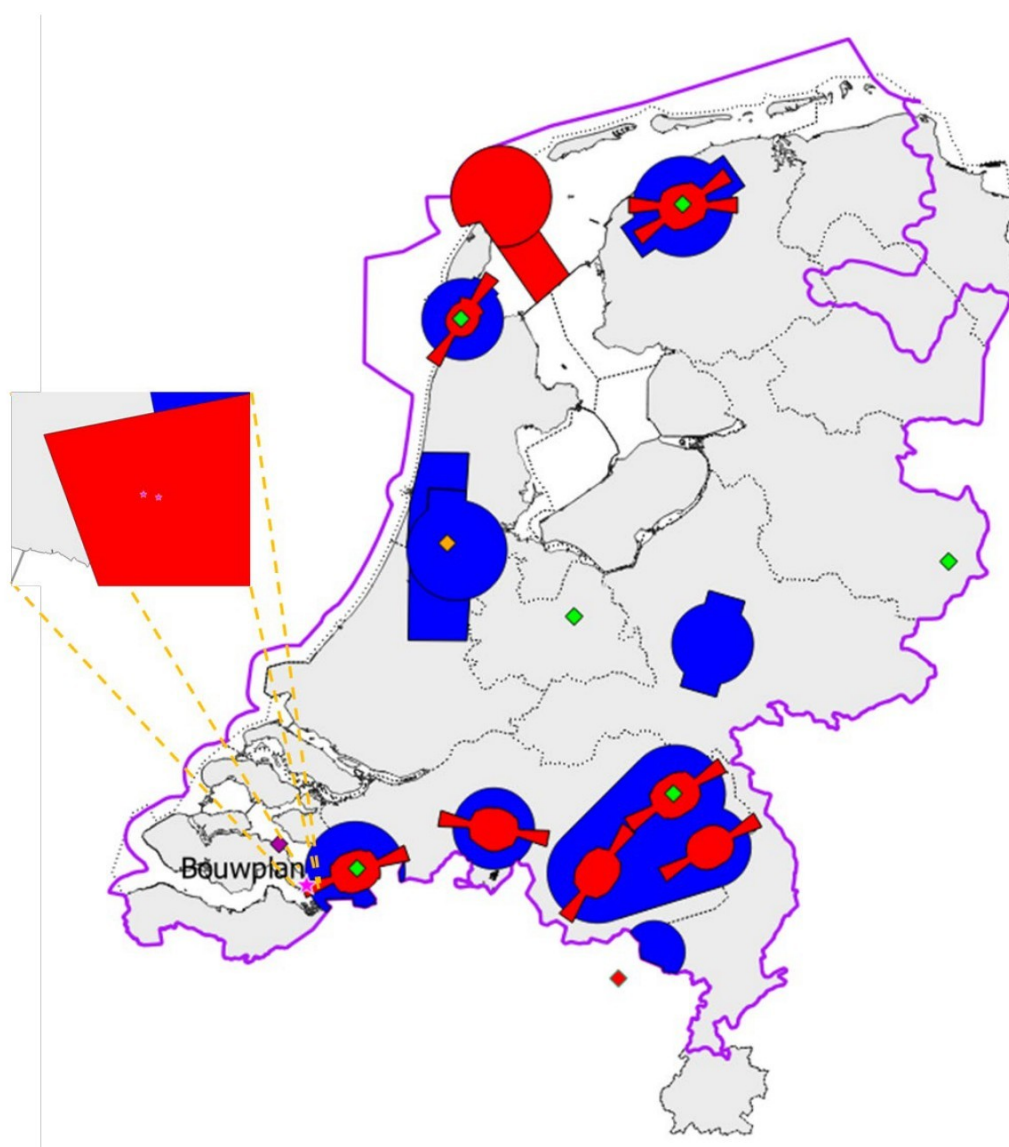


Figuur 5. Locaties van de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort (paarse ruit) voor de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradar te Herwijnen (rode ruit). De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkel rond de MASS radar van Woensdrecht en de infill radar bij Wemeldinge, maar buiten de 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradars. Daarnaast zijn de tiphoogte van de te toetsen windturbine groter dan de in Figuur 2 aangegeven hoogte. Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor alleen het primaire verkeersleidingsradarnetwerk.

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 2024 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 aangegeven 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 300 voet.

De detectiekans van de zes MASS radarsystemen te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West van Schiphol en de infill radar te Wemeldinge 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. De Belgische militaire ASR-M verkeersleidingsradar wordt vanaf 1 november 2020 meegenomen in de berekeningen indien er een normoverschrijding aanwezig is zonder de steun van deze radar.

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 2024, 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 windturbine

Voor de bepaling van de effecten op de radars is uitgegaan van een EWT DW61 windturbine met een vermogen tussen de 0.5 en 1.0 MW, een ashoogte van 69 m t.o.v. de fundatie en een rotordiameter van 61 m. Dit resulteert in een tiphoogte van 99.5 m t.o.v. het maaiveld, zie Figuur 7.



Figuur 7 De DW61 op en ashoogte van 69 m van EWT met een opgewekt vermogen tussen de 0.5 en 1.0 MW.

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 weergegeven van de te toetsen windturbines, noodzakelijk voor de juiste modellering.

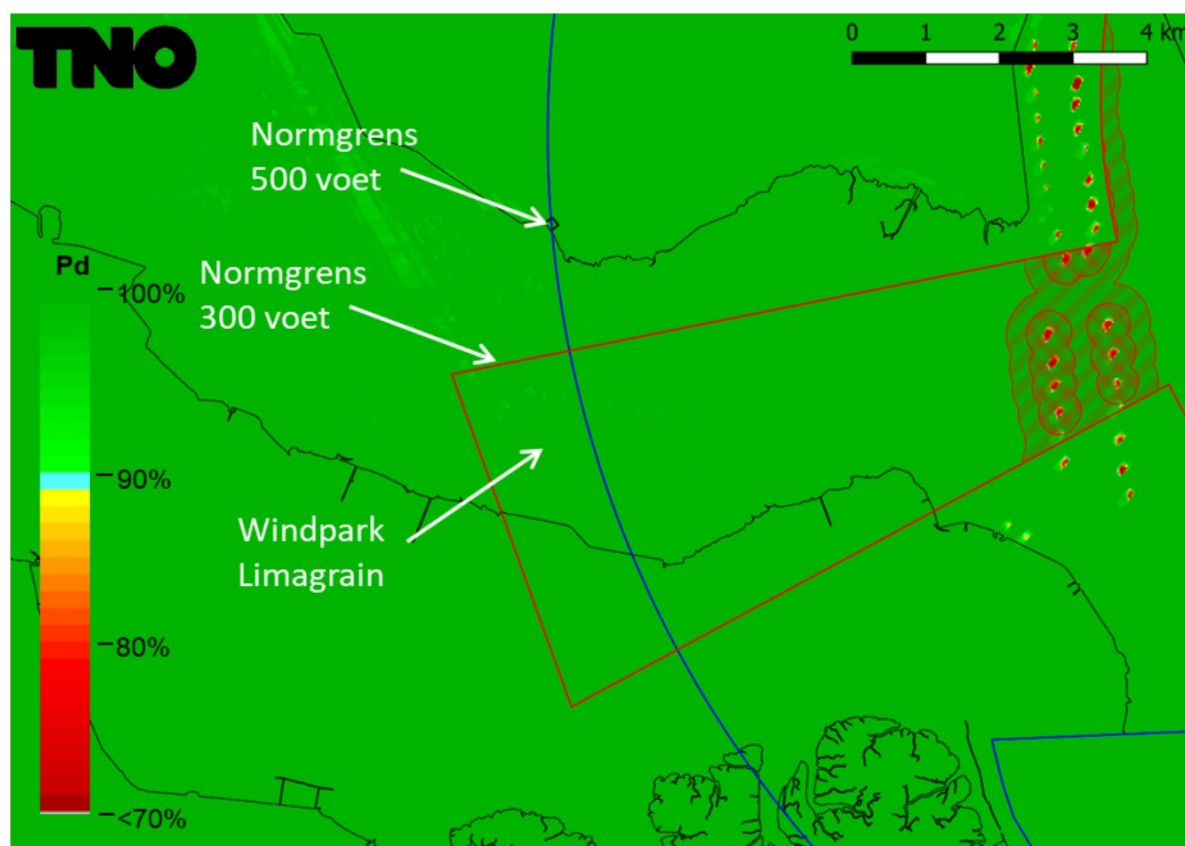
Tabel 4 De afmetingen van de EWT DW61 windturbine met een vermogen tussen 0.5 en 1.0 MW en een ashoogte van 69 m t.o.v. met maaiveld en een rotordiameter van 61 m.

Onderdeel	DW61 0.5-1.0 MW Afmeting [m]
Ashoogte t.o.v. maaiveld	69.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	99.5
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	0.0
Breedte gondel	7.2
Lengte gondel	5.6
Hoogte gondel	4.8
Diameter mast onder	3.8
Diameter mast boven	1.9
Lengte mast	65.2
Lengte wiek	30.4
Breedte wiek	1.7

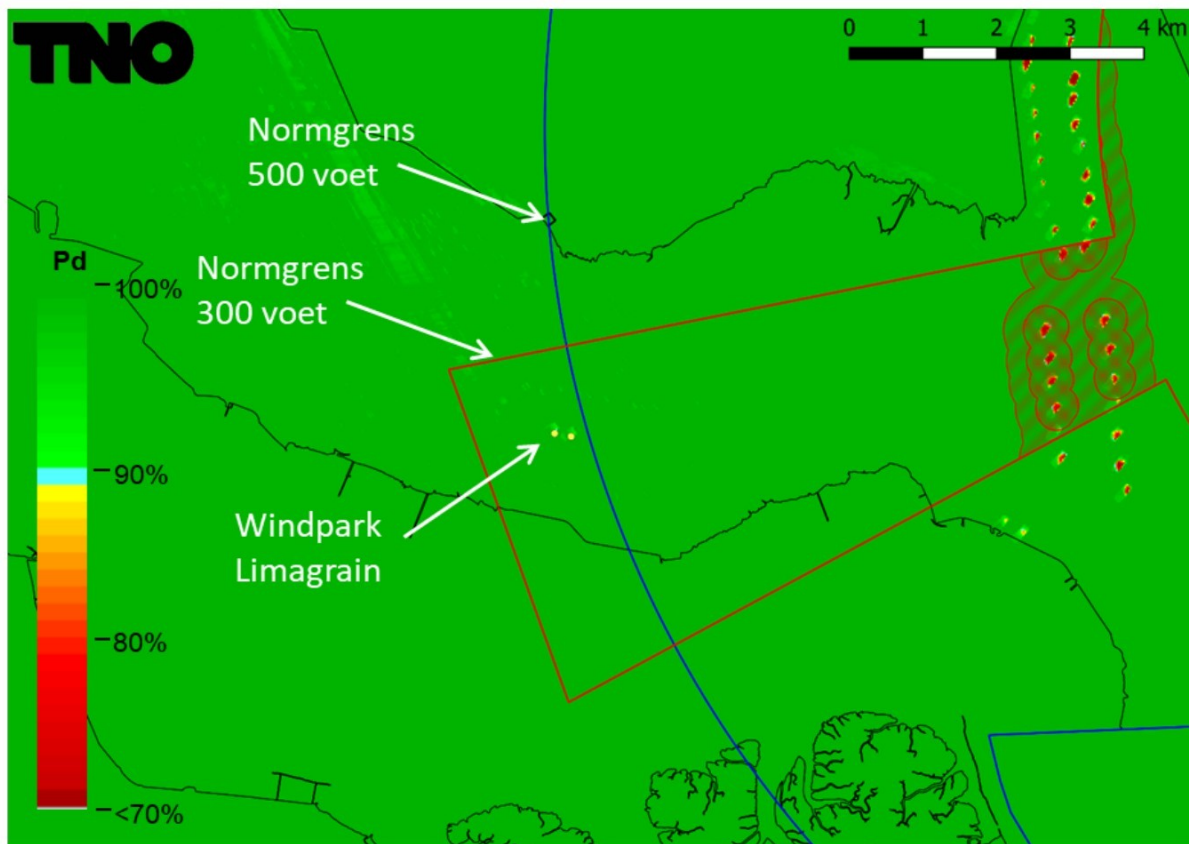
4 Berekeningen radardetectiekans diagrammen primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 300 voet

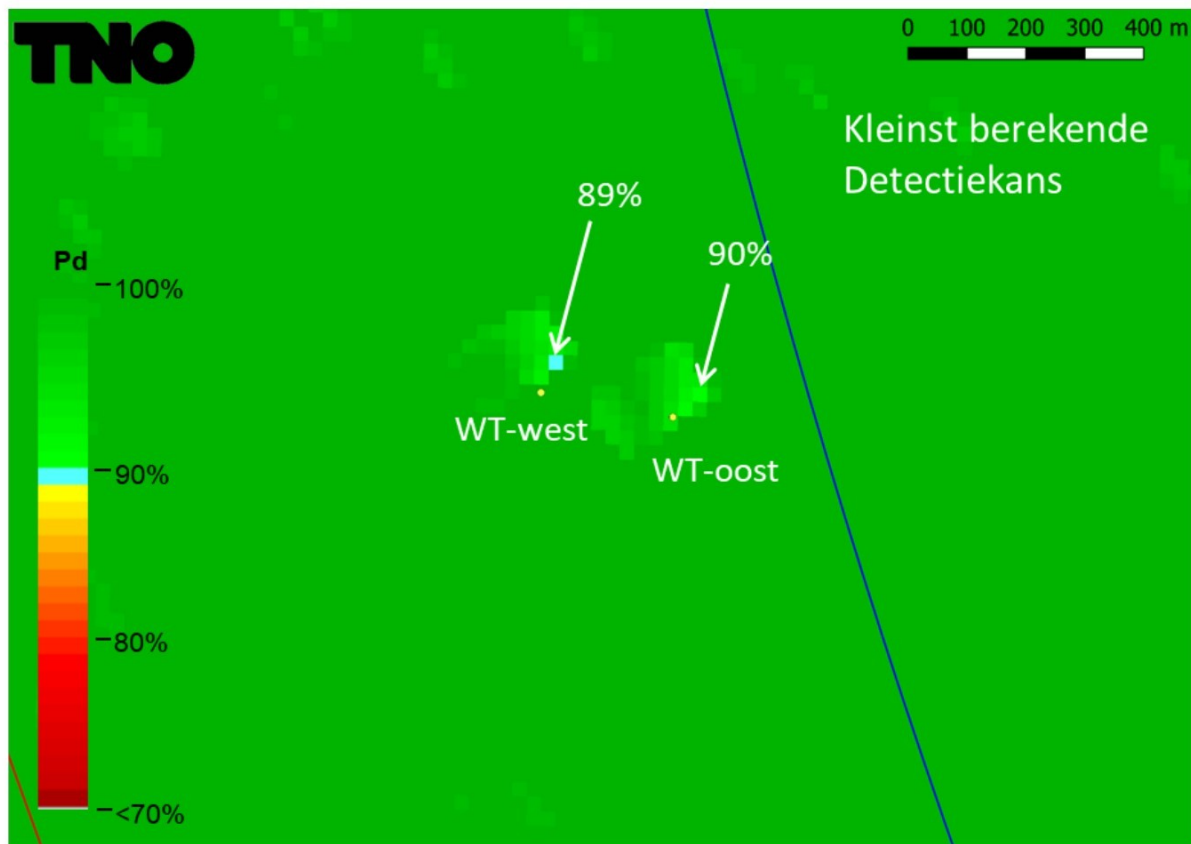
In Figuur 8 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 300 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Figuur 9 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 10 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans 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 het bouwplan en binnen het 300 voet normgebied is er een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot maximaal 89%. De minimale waarde geldt voor één pixel met de afmetingen van 25 x 25 m. Het bouwplan voldoet hierdoor dus niet aan de thans gehanteerde 2024 norm.



Figuur 8 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 300 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).



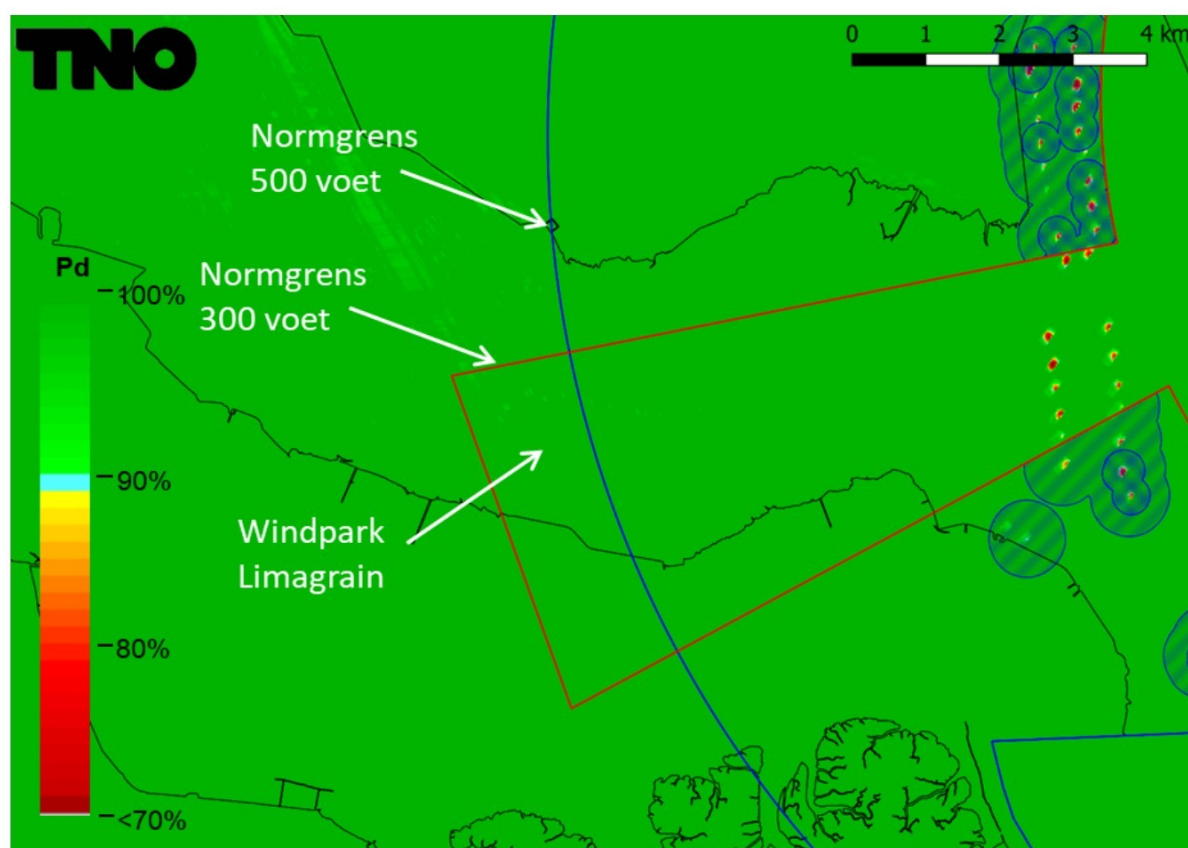
Figuur 9 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de nieuwe windturbines zijn aangegeven met een gele stip.



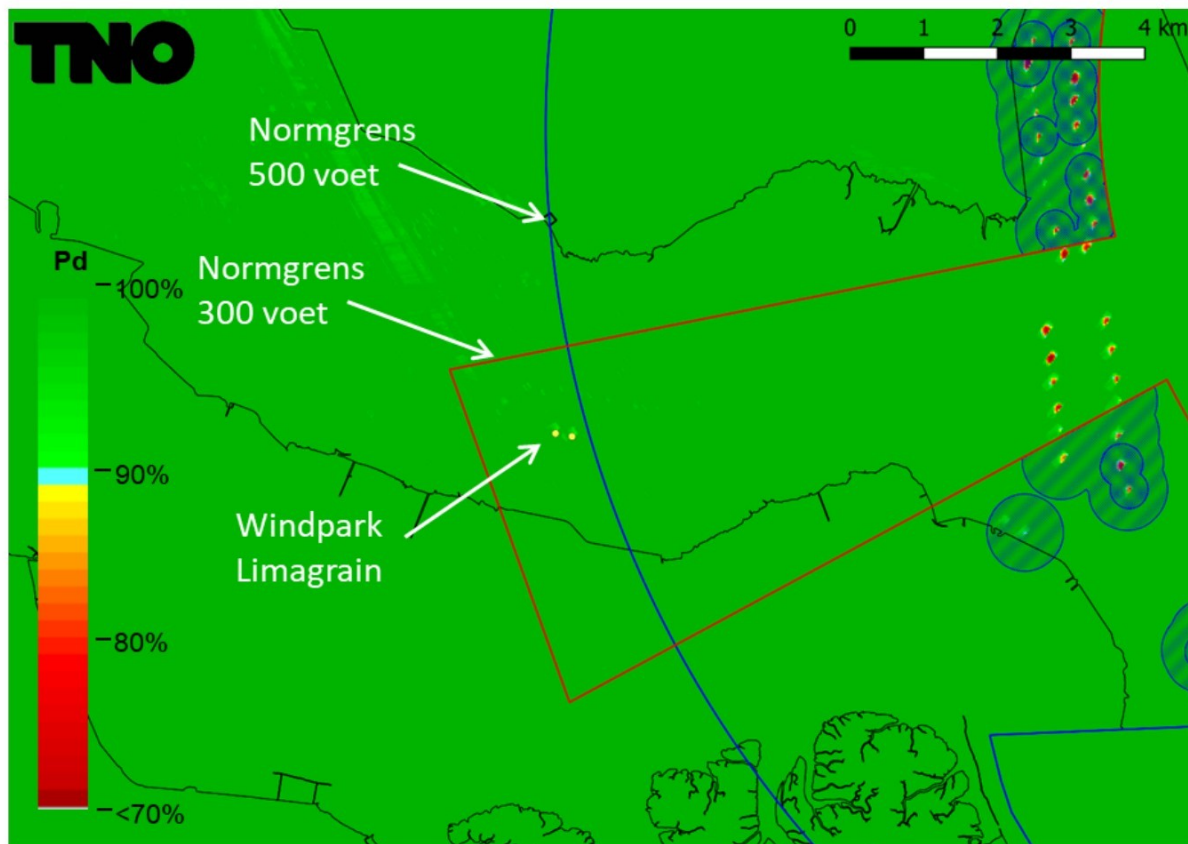
Figuur 10 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 9 groter weergegeven. De pixelgrootte bedraagt 25 x 25 m.

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 500 voet

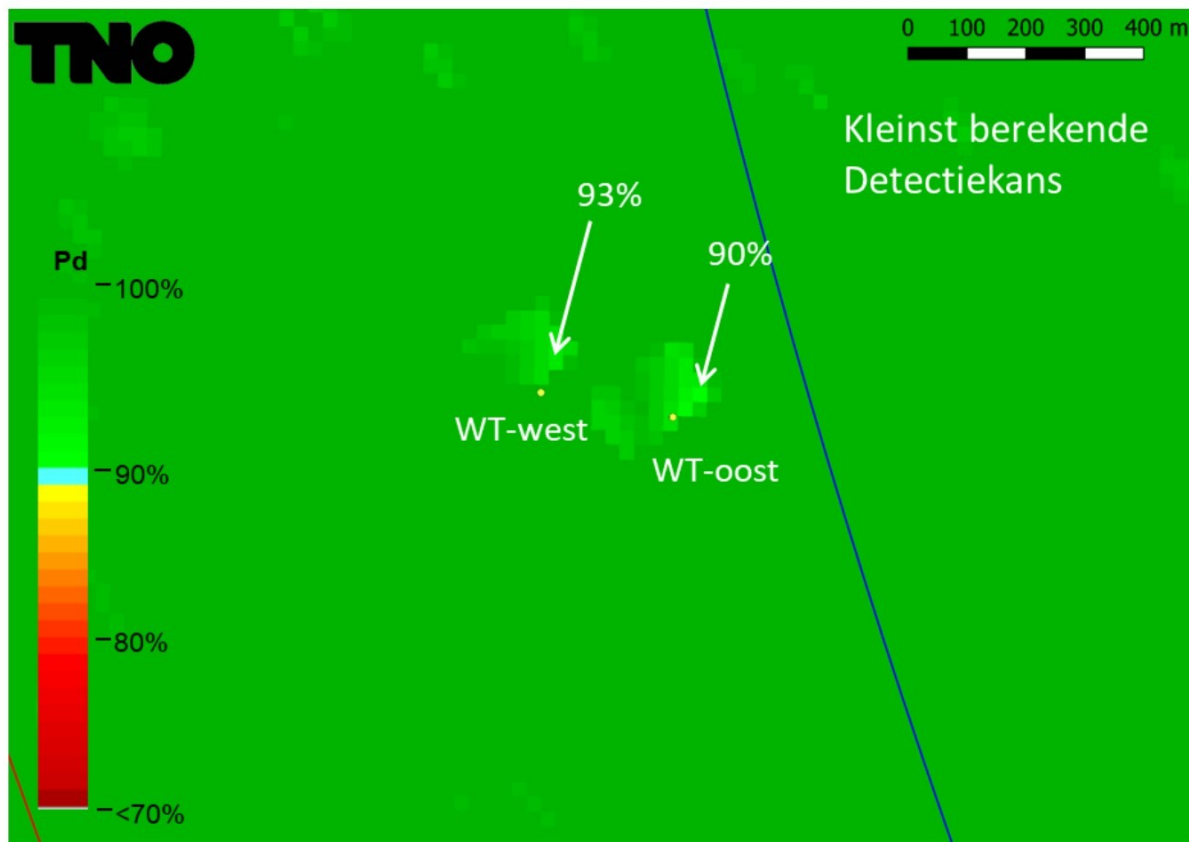
Aangezien het bouwplan zich in het funnel zone bevindt dat buiten de CTR valt, zijn er ook berekeningen uitgevoerd voor een doelhoogte van 500 m. In Figuur 11 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 500 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Figuur 12 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 13 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans die door het Ministerie van Defensie wordt geëist binnen de CTR en op 500 voet bedraagt 90%. In groen gekleurde gebieden wordt aan deze eis voldaan. Ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan en op een hoogte van 500 voet is er een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot maximaal 90%.



Figuur 11 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).



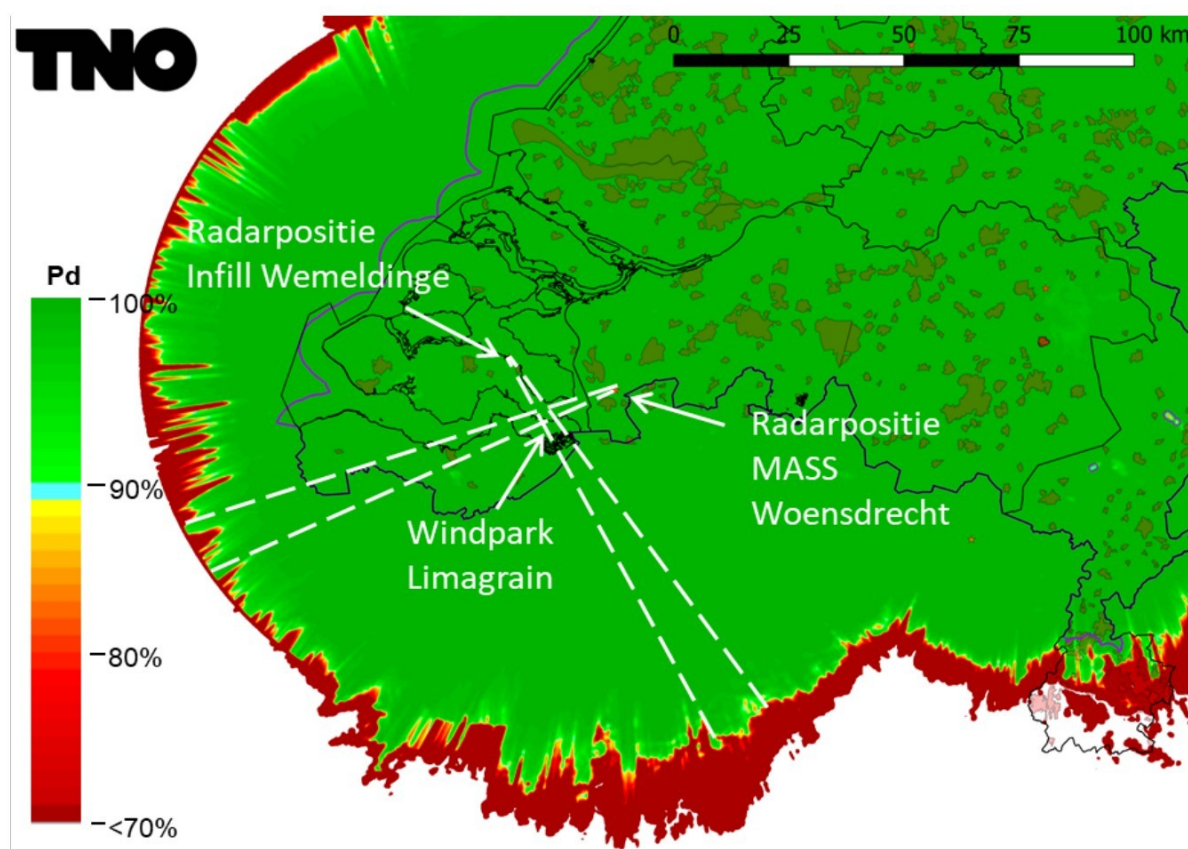
Figuur 12 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de nieuwe windturbines zijn aangegeven met een gele stip.



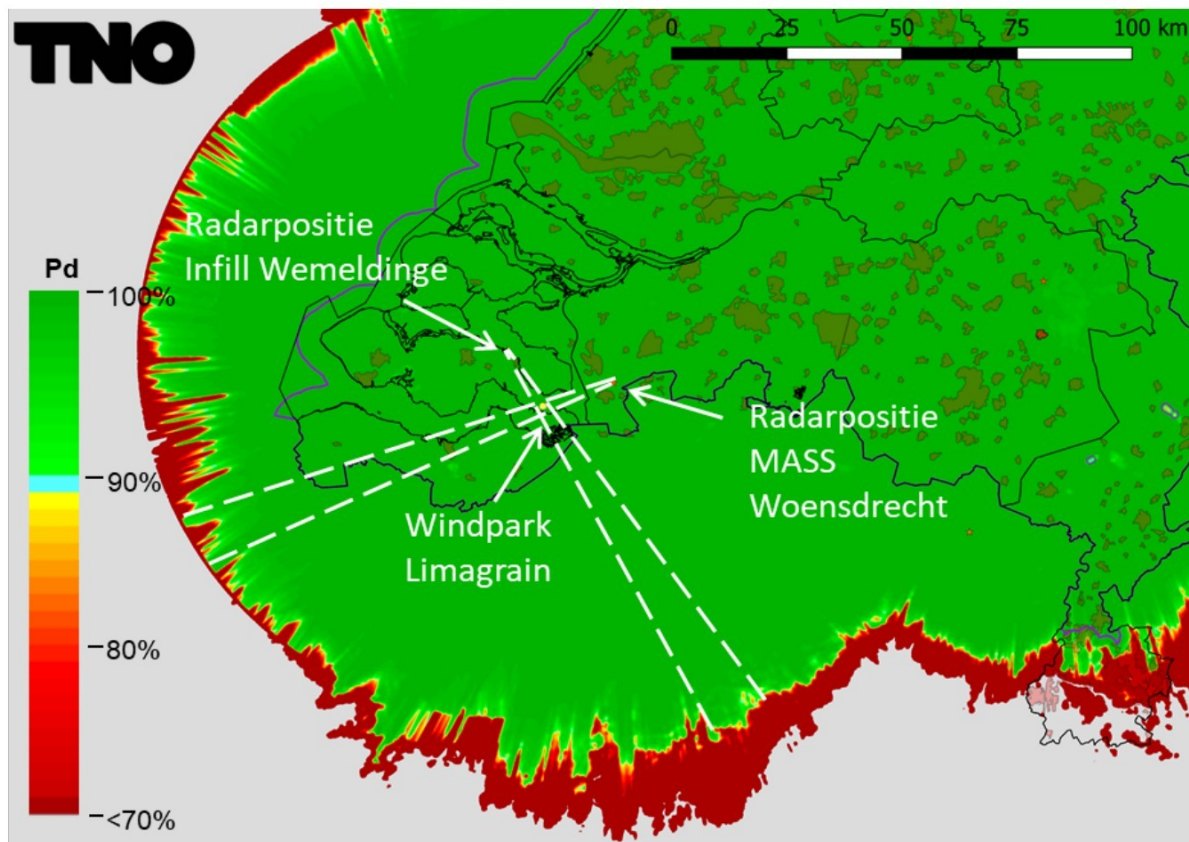
Figuur 13 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 12 groter weergegeven.

Detectiekans in de schaduw van het bouwplan op 1000 voet

In Figuur 14 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 positie van de MASS Woensdrecht en de Infill radar bij Wemeldinge, lopend over het bouwplan, geven de zones aan waartussen een verminderde detectiekans zou kunnen ontstaan als gevolg van de schaduwwerking. In Figuur 15 is de detectiekans berekend voor hetzelfde gebied na realisatie van het bouwplan. De figuur toont aan dat er geen verlies aan bereik ontstaat door de schaduwwerking van het bouwplan. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2024 norm.



Figuur 14 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 waartussen de schaduw kan gaan ontstaan.



Figuur 15 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 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
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