

RAPPORT

Rivierkundige beoordeling Feyenoord City

Beoordeling van de ontwikkeling van het stadion en de
langsdam

Klant: Feyenoord

Referentie: BF3499WATRP190913_f3.0

Status: 3.0/Definitief

Datum: 29-11-2019

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: Rivierkundige beoordeling Feyenoord City

Ondertitel:
Referentie: BF3499WATRP190913_f3.0
Status: 3.0/Definitief
Datum: 29-11-2019
Projectnaam: Rivierkundige beoordeling Feyenoord
Projectnummer: BF3499
Auteur(s): Bram Evers

Opgesteld door: Bram Evers

Gecontroleerd door: Wiebe de Jong

Datum/paraaf: 28-11-2019

Goedgekeurd door: André Schram

Datum/paraaf: 29-11-2019

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Actualisatie	6
2	Uitgangspunten en aanpak analyse waterstandseffecten	8
2.1	Werkwijze hydraulische beoordeling	8
2.2	Uitgangspunten	9
2.3	Ontwerp	10
3	Resultaten en analyse	12
3.1.1	Maatgevende waterstand	12
3.1.1.1	Buitendijkse ontwikkeling	15
3.1.2	Volume waterberging	17
3.1.2.1	Compensatie opgave	17
3.1.2.2	Compensatie locaties	19
3.1.2.3	Volume waterberging balans	24
3.1.3	Stroombeeld	25
3.1.4	Morfologie	32
3.1.4.1	Bestaande erosiekuil en zandwininput	33
3.1.4.2	Aanwezige Evides Leiding	35
3.1.4.3	Overige effecten	36
3.1.5	Nautische veiligheid	38
3.1.5.1	Referentie situatie	38
3.1.5.2	Verandering stroombeeld op de rivier	38
3.1.5.3	Verandering windpatroon	39
3.1.5.4	Breedte en bochtstraal van de vaarweg	40
4	Conclusies	42
5	Referenties	44

Tabellen

Tabel 1: Wijzigingen in waterbergingsvolumes als gevolg van de ingreep voor de eindsituatie (DO).	18
Tabel 2: Volume waterberging dat gecreëerd wordt per locatie op het Eiland van Brienenoord.	20
Tabel 3: Stroomsnelheden en verschillen ter plaatse van de erosiekuil.	34
Tabel 4: Vergelijking van de Bocht van Esch met RVW 2017 en vergelijkbare bochten	41
Tabel 5: combinaties van randvoorwaarden	2

Tabel 6 Kenmerken SDS-bestanden	2
---------------------------------	---

Figuren

Figuur 1: Overgangsgebied Rijn-Maasmonding	8
Figuur 2: deelmodel met SOBEK-uitvoerlocaties (groen). Locaties weergegeven in cyaan zijn deelmodelranden of de projectlocatie.	9
Figuur 3: Eindsituatie (DO) ontwerp stadion en langsdam.	10
Figuur 4: Opname ingrepen in Baseline schematisatie met links het hoogtemodel en rechts het ruwheidsmodel. De bovenste figuur geeft de referentiesituatie aan, de middelste bouwphase en de onderste de eindsituatie (DO).	11
Figuur 5: Absolute maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de bouwphase.	13
Figuur 6: Relatieve waterstandsverschillen bij de maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de bouwphase.	13
Figuur 7: Absolute maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de eindsituatie (DO).	14
Figuur 8: Relatieve waterstandsverschillen bij de maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de eindsituatie (DO).	14
<i>Figuur 9: Absolute waterstand in de referentie situatie (boven) en de relatieve waterstandsverschillen (onder) bij maatgevende condities buiten de rivieras voor de eindsituatie (DO)</i>	15
Figuur 10: Uitgiftepanelen van de Gemeente Rotterdam voor de ontwikkelingslocatie (rode pijl).	16
Figuur 11: 3D isometrie van de eindsituatie van het ontwerp met daarin de locatie van onderstaand dwarsprofiel aangegeven.	18
Figuur 12: Doorsnede van het ontwerp met daarin aangegeven welk volume gecompenseerd dient te worden.	18
Figuur 13: Compensatie locaties ten opzichte van de ingreep.	19
Figuur 14: Profiel van oude en nieuwe zuidoever eiland van Brienenoord dat de schijf aangeeft die meetelt in de compensatie. Dit is een schematisatie van de werkelijkheid, de volumes zijn bepaald op basis van een hoogtemodel in GIS, zoals getoond in figuur 15.	21
Figuur 15: Compensatie locatie eiland van Brienenoord, boven geeft de locatie op de luchtfoto weer, onder geeft het nieuwe hoogtemodel weer. In rood zijn de locaties aangegeven waar het maaiveld wordt aangepast.	21
Figuur 16: Inrichtingsplannen Eiland van Brienenoord (west en oost).	22
Figuur 17: Huidige (links) en toekomstige (rechts) situatie op locatie Stormpolder.	23
Figuur 18: Inrichtingsplannen locatie Stormpolder, bovenaanzicht en principeprofiel 4.	23
Figuur 19: Ebstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de referentiesituatie (Svasek, 2018)	26

Figuur 20: Ebstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de eindsituatie (Svasek, 2018).	26
Figuur 21: Verschil in stroomsnelheden tussen referentie- en eindsituatie tijdens maximale ebstroom voor de bovenste 1,5 meter van de waterkolom (Svasek, 2018).	27
Figuur 22: Vloedstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de referentiesituatie (Svasek, 2018).	28
Figuur 23: Vloedstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de eindsituatie (Svasek, 2018).	28
Figuur 24: Verschil in stroomsnelheden tussen de referentie- en eindsituatie voor maximale vloed-storm voor de bovenste 1,5 meter van de waterkolom (Svasek, 2018).	29
Figuur 25: Maximale stroomsnelheden in de referentie situatie.	30
Figuur 26: Stroomsnelheidsverschil als gevolg van de ingrepen ten tijde van maximaal optredende stroomsnelheden.	31
Figuur 27: Locaties waar de morfologische activiteit verandert	33
Figuur 28: Grindbestorting in de Nieuwe Maas met daarin de locatie van de erosiekuil aangegeven	35
Figuur 29: Windpatroon in huidige situatie voor westenwind op 6 meter hoogte	40
Figuur 30: Windpatroon in de toekomstige situatie voor westenwind op 6 meter hoogte	40
Figuur 31: modeldomein RMM-5 model (blauw) en deelmodel (rood)	3
Figuur 32: deelmodel met SOBEK-uitvoerlocaties (groen). Locaties weergegeven in cyaan zijn deelmodelranden of de projectlocatie.	4
Figuur 33: Ontwerp tekening stadion en langsdam, bouwfase.	5
Figuur 34: Ontwerp tekening stadion en langsdam, eindsituatie.	6
Figuur 35: Baseline schematisatie hoogtemodel referentie (boven), bouwfase (midden) en eindsituatie DO (onder).	8
Figuur 36: Baseline schematisatie ruwheden referentie (boven), bouwfase (midden) en eindsituatie DO (onder).	10

Bijlagen

A1	Werkwijze en uitgangspunten
A2	Opbouw deelmodel
A3	Ontwerp tekeningen stadion en langsdam en verwerking in Baseline
A4	Ontwerp tekeningen stadion en langsdam
A5	Ontwerp tekeningen Eiland van Brienenoord
A6	Ontwerp tekeningen Stormpolder
A7	DO landaanwinning en langsdam - November 2019
A8	Aanvullende notitie Marin omtrent wijzigingen DO en effect op stroombeeld – November 2019



- A9 Memo Royal HaskoningDHV stabiliteit langsdam in relatie tot erosiekuil – November 2019
- A10 Analyse Ecologisch areaal – November 2019

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ten behoeve van de vergunningverlening waterwet voor de ontwikkeling van het nieuwe Feyenoord stadion dient inzichtelijk gemaakt te worden wat de gevolgen zijn van de plannen voor het nieuwe stadion op het aspect rivierkunde. De beoogde nieuwe stadionlocatie wordt deels in de vaargeul gebouwd en heeft daarmee een effect op de functies in het riviersysteem. Het betreft hier de beoordeling van de ontwikkeling van het nieuwe stadion en de bijhorende langsdam.

Voorliggende studie is een vervolg op eerder uitgevoerd werk in 2016 en 2018 en betreft een rivierkundige beoordeling van het definitieve ontwerp. Hiervoor wordt de systematiek van het rivierkundig beoordelingskader versie 4.0 gehanteerd. Het inmiddels oude rivierkundig beoordelingskader 4.0 wordt gebruikt in plaats van de actuele, vigerende versie 5.0 gezien het een lopend vergunningstraject betreft waarvoor reeds het rivierkundig beoordelingskader (in dit geval versie 4.0) en het hydraulische model door RWS-WNZ is uitgeleverd.

In het verleden is in het kader van het nieuwe Feyenoord stadion al een studie uitgevoerd naar de waterstandseffecten van het nieuwe stadion en de locatie keuze (Royal HaskoningDHV, 14 maart 2016). Ook is er door Svasek Hydraulics inzicht gegeven in de mogelijke nautische effecten (Svasek Hydraulics, 16 maart 2016). In het kader van de MER Feyenoord City is er in 2018 aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en vergunbaarheid van de ontwikkelingsplannen van Feyenoord City, inclusief de oeverzone ontwikkeling (Royal HaskoningDHV, 8 Oktober 2018). Als vervolg hierop is er aanvullend onderzoek gedaan naar de nautische veiligheid en de gevolgen van het verleggen van de vaarweg (Marin, 2018).

Voorliggende rivierkundige beoordeling toets het definitieve ontwerp (DO) van de landaanwinning en de langsdam voor zowel de bouwfase als de eindsituatie. Hierin is al het voorgaande en verdiepende werk dat is uitgevoerd meegenomen.

1.2 Actualisatie

Voor u ligt versie 3 van de rivierkundige beoordeling, hierin zijn op verzoek van Rijkswaterstaat aanvullende onderzoeken en toelichtingen opgenomen. Daarnaast is het document geactualiseerd en is de laatste stand van zaken meegenomen. Dit hoofdstuk dient als toelichting op welke zaken er zijn veranderd ten opzichte van de vorige versie en welke actualisaties er zijn doorgevoerd inclusief de gevolgen hiervan en manier van verwerking.

In de vergunningaanvraag is bewust niet langer het ontwerp van het stadion meegenomen, maar enkel de landaanwinning waarop het stadion komt en de langsdam. Dit heeft geen verdere gevolgen voor de rivierkundige beoordeling en de gepresenteerde resultaten, de bouw van het stadion zelf heeft namelijk geen invloed op de stroming of de waterstand en daarmee ook niet op de rivierkundige beoordeling. Enige uitzondering hierop is het onderzoeksrapport van Marin waarin het effect van wind op scheepvaart wordt meegenomen, dit is nader toegelicht in bijlage A8.

Het DO van de landaanwinning en langsdam is licht gewijzigd; de langsdam zal 30 meter korter worden aan de Noordelijke kant om zo niet te dicht bij de zinker van Evides te komen. De effecten hiervan op het stroombeeld zijn niet significant, de eerder gepresenteerde resultaten zullen hierdoor dus niet veranderen en zijn ongewijzigd. De inkorting van de langsdam zorgt er wel voor dat het volume waterberging dat gecompenseerd dient te worden is verminderd met 560 m³, gezien het om een zeer kleine afname van de

opgave gaat is dit **niet** verwerkt in het hoofdstuk volume waterberging (3.1.2). Het nieuwe DO is opgenomen als bijlage A7.

Er is een oplegnotitie door Marin geproduceerd die aangeeft wat de effecten zijn van het volledig laten aansluiten van de landaanwinning op de langsdam. Hierdoor is er geen stroming meer mogelijk achter de langsdam. De stroming was echter dusdanig klein dat het volledig dichtzetten van de zone tussen langsdam en landaanwinning geen voor- of nadelige effecten heeft op het stroombeeld. Dit is in de resultaten sectie verwerkt in hoofdstuk 3.1.3, alinea 3. De oplegnotitie is beschikbaar als bijlage A8.

De stabiliteit van de langsdam is gewaarborgd in het ontwerp, het DO hiervan is in Januari 2020 beschikbaar. Er is een aanvullende memo opgesteld en opgenomen als bijlage A9 die de huidige stand van zaken van het ontwerp weergeeft. In de memo is onderbouwd dat de stabiliteit gewaarborgd is, dit is tevens opgenomen in hoofdstuk 3.4.3.1, alinea 1.

De overeenkomsten met gemeenten Rotterdam en Krimpen aan den IJssel omtrent compensatie volumes waterberging zijn verwerkt in hoofdstuk 3.1.2.3.

Er zijn principe afspraken gemaakt met Evides over het beschermen van de zinker, de gevolgen hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 3.1.4.2.

Er is een aanvullende memo beschikbaar omtrent het ecologisch areaal, hierin is weergegeven wat de effecten van de ingreep zijn op de ecologische toestand van het waterlichaam. Deze memo is opgenomen als bijlage A10.

Daarnaast zijn de volgende aanpassingen aan de beoordeling doorgevoerd;

- Er is een nadere toelichting opgenomen wat betreft de bepaling van de volumes waterberging compensatie in hoofdstuk 3.1.2.2, Eiland van Brienenoord.
- Er is een extra passage opgenomen omtrent het beheer van eventuele nadelige morfologische effecten in hoofdstuk 3.1.4, bullet 3 t/m 5. Het gaat hier om het beheer van eventueel optredende erosie in de binnenbocht en verwachte aanslibbing achter de langsdam.
- Het hoofdstuk conclusies (4) is aangevuld waar nodig zodat dit in lijn is met de rest van de rapportage.

2 Uitgangspunten en aanpak analyse waterstandseffecten

Zoals al eerder aangegeven valt de rivierkundige beoordeling van het stadion en de langsdam in een lopend vergunningstraject. Het reeds door RWS-WNZ uitgeleverde rivierkundige beoordelingskader 4.0 en het reeds uitgeleverde hydraulische model (Beno15_5-v1) worden daarom gehanteerd.

2.1 Werkwijze hydraulische beoordeling

In de Rijntakken en de Maas wordt de waterstand vooral bepaald door de rivierafvoer. In de Rijn-Maasmonding wordt de waterstand vooral bepaald door het samenspel van rivierafvoer, wind en getij.

De locatie van het nieuwe Feyenoord stadion is gelegen op de grens van gebied waar de zeewaterstand dominant is voor maatgevende condities, en het gebied wat geldt als overgangsgebied tussen zee- en rivierafvoer gebieden, zie ook Figuur 1.



Figuur 1: Overgangsgebied Rijn-Maasmonding

Voor overgangsgebieden worden de hydraulische randvoorwaarden (HR) berekend met een stochastische/probabilistische methode. Door het grote aantal benodigde sommen (enkele duizenden) is deze methodiek ongeschikt voor het beoordelen van het hydraulisch effect van een voorgenomen maatregel zoals het stadion Rotterdam. Om te voorkomen dat er een groot aantal berekeningen uitgevoerd moet worden is door RWS de methode van de conditionele illustratiepunten voorgeschreven in het rivierkundig beoordelingskader. Met deze methode kan met een relatief klein aantal berekeningen het effect van een maatregel op het toetspeil bepaald worden.

Specifiek voor de locaties van het stadion is door RWS een drietal combinaties van randvoorwaarden afgeleid (zie ook Tabel 5 in Bijlage A1 en RBK versie 4.0) waarvoor het hydraulische effect bepaald moet worden:

- AAA: Zee gedomineerd: lage rivierafvoer en hoge waterstanden op zee;
- AAB: Zee gedomineerd: lage rivierafvoer en hoge waterstanden op zee, minder extreem dan AAA;
- AAC: Rivier gedomineerd: hoge rivierafvoer, lagere waterstanden op zee.

De kans bijdrage van elke combinatie is 33%. Hieruit volgt dat het **gemiddelde** van de effecten maatgevend is.

Het idee achter deze drie combinaties is dat ze voor de locatie van interesse in de referentiesituatie alle drie zouden moeten leiden tot dezelfde absolute waterstand. Voor de volledigheid wordt hier opgemerkt dat de in deze studie gevonden absolute waterstanden niet helemaal vergelijkbaar zijn. Voor de situatie met een hoge rivierafvoer wordt een lagere absolute waterstand gevonden.

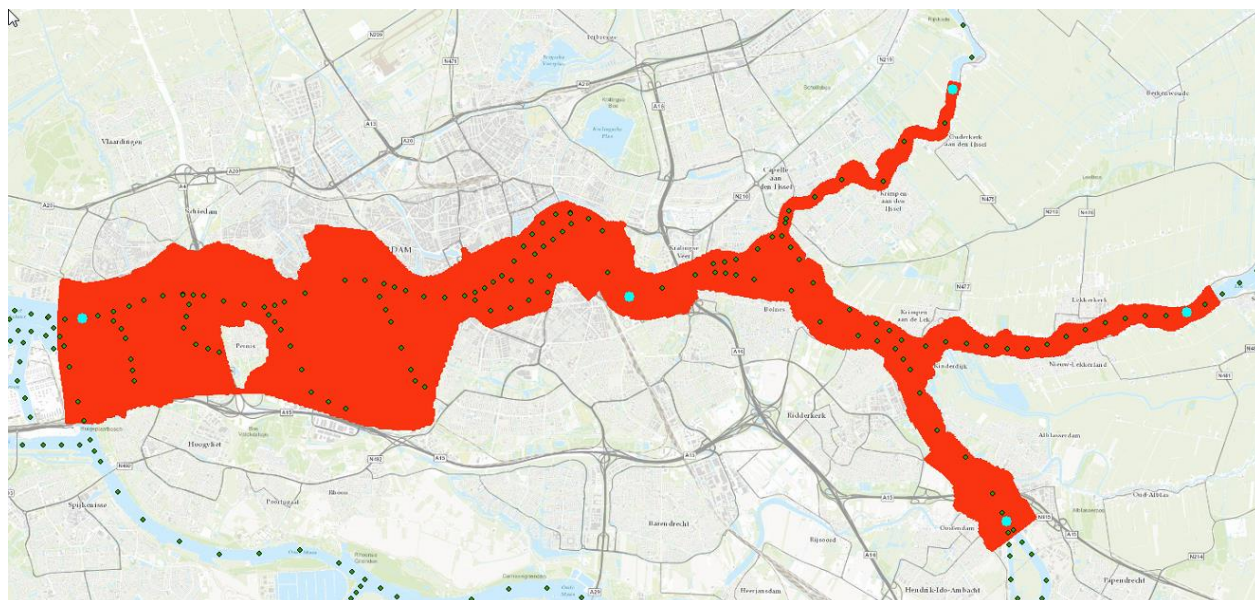
2.2 Uitgangspunten

In Bijlage A1 is een uitgebreid overzicht gegeven van de gehanteerde uitgangspunten, in Bijlage A2 is opgenomen hoe het verfijnde deelmodel is opgesteld.

Opgemerkt wordt dat er voor de locatie van het nieuwe stadion geen officieel verfijnd deelmodel in WAQUA beschikbaar was. In de voorgaande studie (Royal HaskoningDHV, 2016) is in overleg met RWS-WNZ besloten om voor deze analyse een niet officieel deelmodel te creëren. Voor de huidige studie is, na afstemming met RWS-WNZ, hetzelfde deelmodel gebruikt.

De belangrijkste kenmerken van de uitgevoerde WAQUA berekeningen zijn als volgt:

- De gebruikte WAQUA versie is Simona 2015 (laatste patch), deze versie is aangehouden om verschillen met de voorgaande studie te voorkomen;
- Het gehanteerde WAQUA model is het 'RMM-5/beno15_5-v1' model;
- Het complete RMM-5 model heeft een lange rekentijd en complexe aansturing. Om de rekentijd te verkorten en de aansturing te vergemakkelijken, is een deelmodel gemaakt op basis van het gehele model (zie Figuur 2). Deze werkwijze is conform het Rivierkundig Beoordelingskader;
- Randvoorwaarden voor het deelmodel zijn overgenomen uit SOBEK resultaten, aangeleverd door RWS-WNZ (conform de methode voor de Conditionele illustratiepunten zoals in paragraaf 2.1 beschreven).



Figuur 2: deelmodel met SOBEK-uitvoerlocaties (groen). Locaties weergegeven in cyaan zijn deelmodelranden of de projectlocatie.

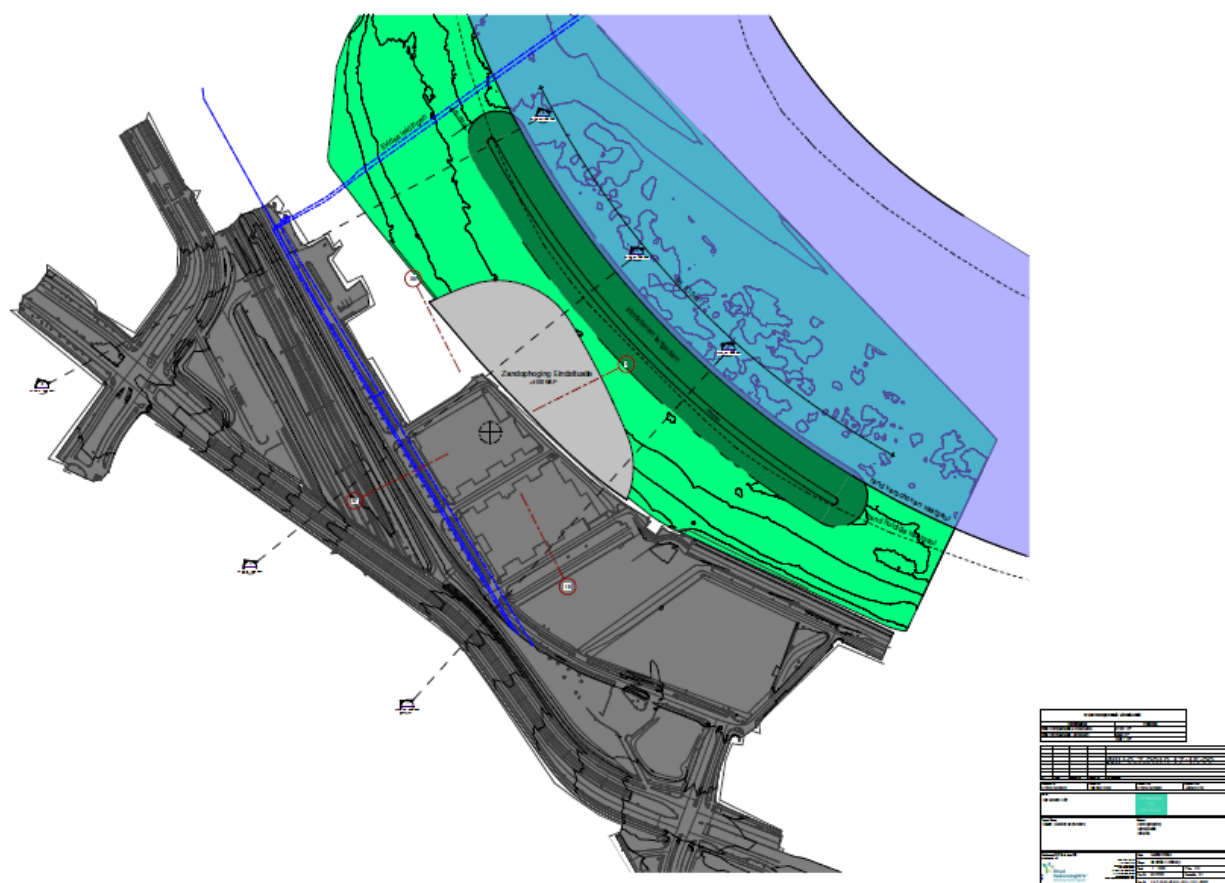
Naast het opknippen van het model is het rekenrooster drie keer verfijnd. Hierdoor is voldoende detailniveau aanwezig om de maatregelen goed op te nemen in het model. Om het model stabiel te krijgen is de rekentijdstap aangepast naar 0,05 minuut en is de viscositeit aangepast aan de benedenstroomse rand (plaatselijk verhoogd naar 100 m²/s).

2.3 Ontwerp

In de berekeningen zijn twee varianten meegenomen:

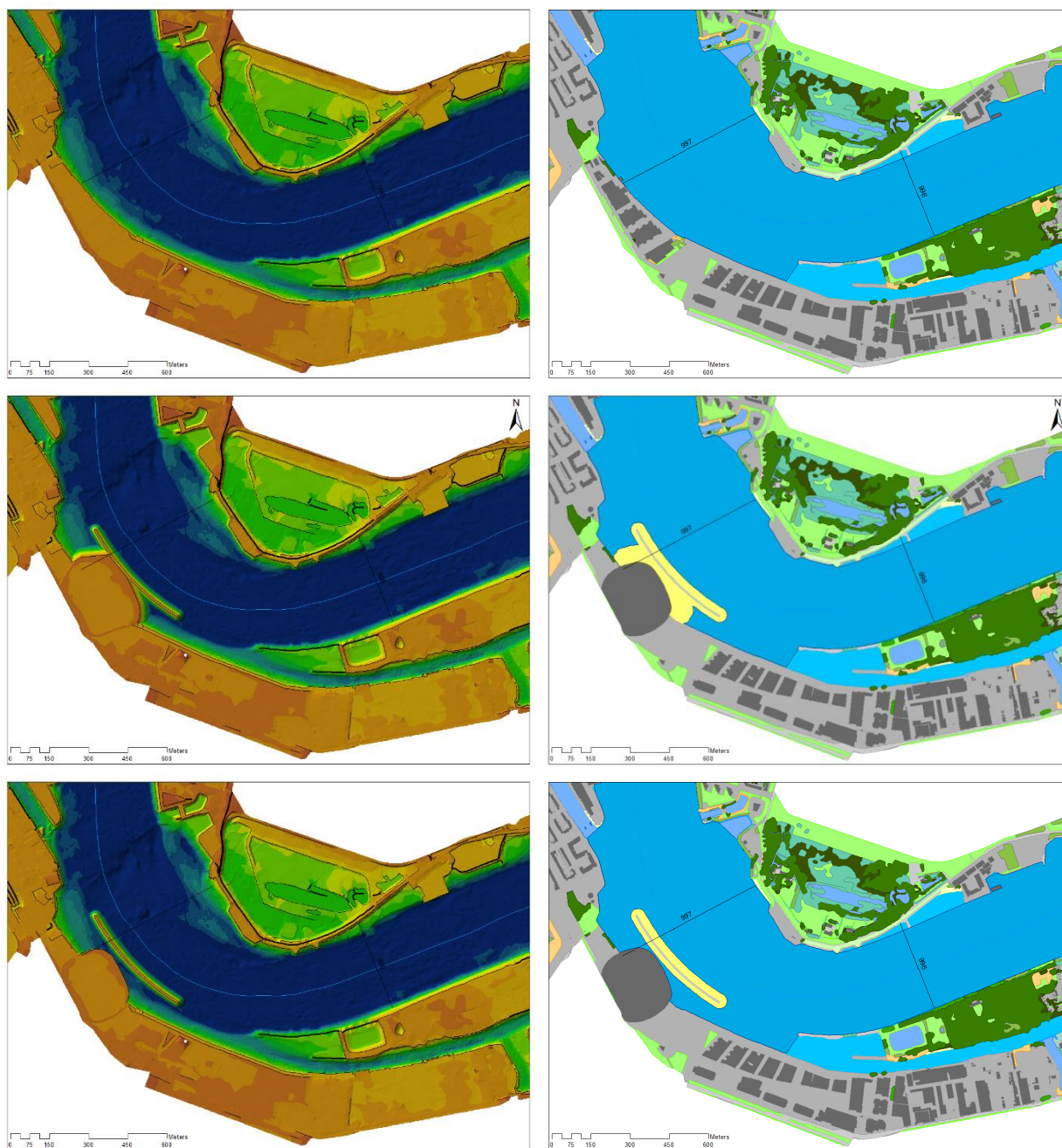
- Het huidige ontwerp voor de eindsituatie, hierin is de landaanwinning ten behoeve van het stadion als de langsdam opgenomen.
- De bouwfase waarin de landaanwinning groter is dan in de eindsituatie door aanwezigheid van bouwkuipen.

De eindsituatie (DO) voor het stadion en de langsdam is in de berekeningen opgenomen (Figuur 3). In dit ontwerp wordt het stadion gebouwd op een landaanwinning dat een hoogte heeft meegekregen die iets hoger is dan de huidige kade hoogte (4,10+NAP). Voorlangs het stadion is een langsdam opgenomen in het hoogtemodel middels hoogteverschillijnen zodat het energieverlies goed wordt meegenomen, de langsdam heeft een hoogte van 3,00m+NAP en loopt onder een scherp talud af naar het zomerbed.



Figuur 3: Eindsituatie (DO) ontwerp stadion en langsdam.

Bijlage A3 bevat de ontwerpen die zijn gebruikt in de schematisatie. De eindsituatie schematisatie is te zien in Figuur 4, deze figuur bevat het referentie en eindbeeld voor zowel de hydraulische ruwheid (van o.a. vegetatie en bebouwing) als het hoogtemodel.



Figuur 4: Opname ingrepen in Baseline schematisatie met links het hoogtemodel en rechts het ruwheidsmodel. De bovenste figuur geeft de referentiesituatie aan, de middelste bouwfase en de onderste de eindsituatie (DO).

3 Resultaten en analyse

3.1.1 Maatgevende waterstand

In Bijlage A1 is beschreven dat waterstandseffecten zijn bepaald voor drie combinaties van randvoorwaarden (zie ook Tabel 5 in Bijlage A1):

- AAA: Zee gedomineerd: lage rivierafvoer en hoge waterstanden op zee;
- AAB: Zee gedomineerd: lage rivierafvoer en hoge waterstanden op zee, minder extreem dan AAA;
- AAC: Rivier gedomineerd: hoge rivierafvoer, lagere waterstanden op zee.

De kans bijdrage van elke combinatie is 33%. Hieruit volgt dat het gemiddelde van de effecten maatgevend is.

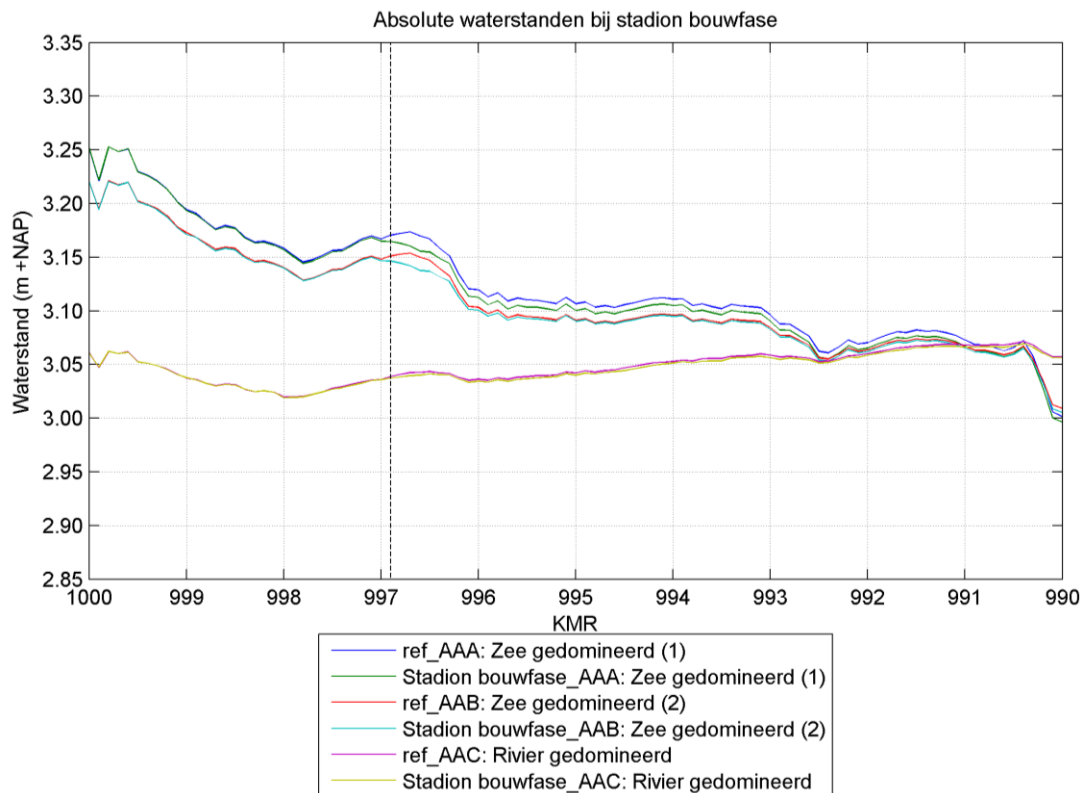
Er is een periode van zes dagen doorgerekend. De maximale waterstand (de zogenaamde 'max13') voor zowel de referentie als de varianten is weergegeven voor alle combinaties van randvoorwaarden in Figuur 5 en Figuur 7. Figuur 6 en Figuur 8 tonen de waterstandsverschillen van de varianten ten opzichte van de referentie voor alle drie de combinaties van randvoorwaarden. Het gemiddelde maatgevende waterstandsverschil is gegeven in blauwgroen.

De maximale hoogwaterstanden treden voor beide varianten op als gevolg van een hoge stormopzet waarbij de hoge zeewaterstanden zorgen voor een verhoogde waterstand op de rivier.

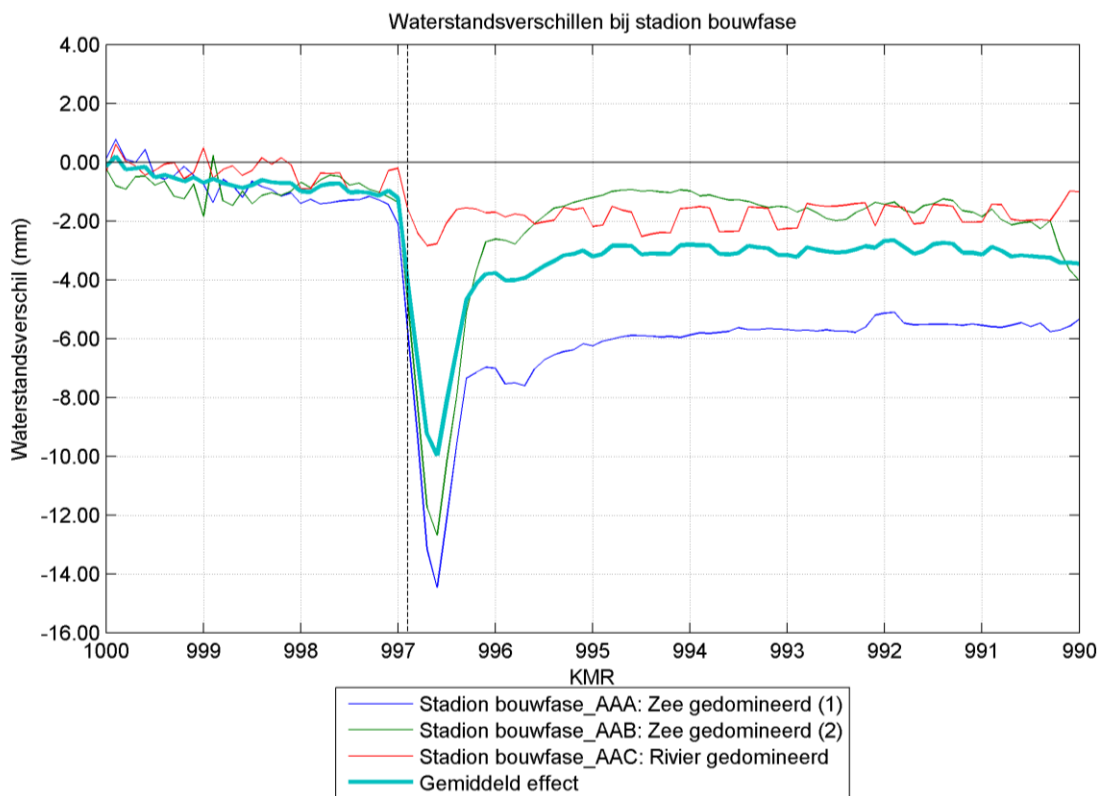
De bouwfase zorgt netto voor een waterstandsverlaging van gemiddeld 3 mm. Er is geen plaatselijke opstuwing te zien, wel een plaatselijke maximale verlaging van 10 mm. Gemiddeld gezien zorgt de ingreep voor een waterstandsverlaging, dit komt doordat de maatgevende condities ontstaan tijdens een hoge stormopzet. Het stadion zorgt in deze situatie voor een vernauwing en toename van hydraulische weerstand van de rivier waardoor de stormopzet minder gemakkelijk stroomopwaarts migreert.

De eindsituatie zorgt netto voor een waterstandsverlaging die minder extreem is dan de bouwfase, de verlaging is benedenstrooms van de ingreep niet significant en bovenstrooms iets minder dan 2 mm. Er is een plaatselijke maximale opstuwing te zien van 1 mm die wegvalt tegen een plaatselijke maximale verlaging van 7 mm. Gemiddeld gezien zorgt de ingreep voor een waterstandsverlaging van enkele mm's.

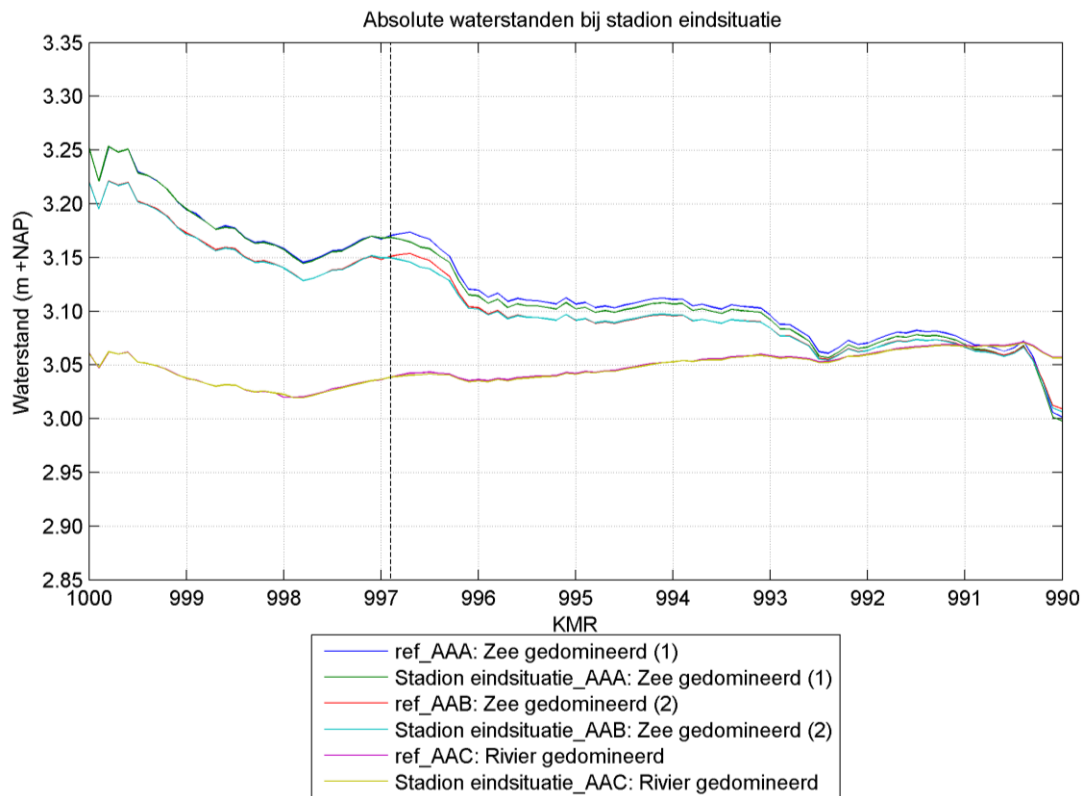
Wanneer er in meer detail gekeken wordt naar het waterstandsverloop dan is te zien dat het getij licht vervormd wordt door de ingreep. Door het gedeeltelijk knijpen van de rivier door het stadion en de oeverzone ontwikkeling ontstaat er meer wrijving en weerstand op de inkomende getijdegolf waardoor deze vertraagt en licht vervormd binnenkomt. Dit zorgt in sommige gevallen plaatselijk en/of tijdelijk voor een verlaging of verhoging van de waterstand (orde mm's). Dit effect treedt zowel in de bouwfase als eindsituatie op. Er dient rekening gehouden te worden met een grotere vervorming van het getij wanneer de rivierbreedte verder afneemt door bebouwing. De extra landaanwinning in de bouwfase zorgt dus voor een lichte extra vervorming van het getij en daarmee in enkele gevallen voor een licht grotere verhoging van de waterstand. Dit zijn effecten op de systeemwerking, de maximale (maatgevende) hoogwaterstand stijgt niet als gevolg van de ingreep.



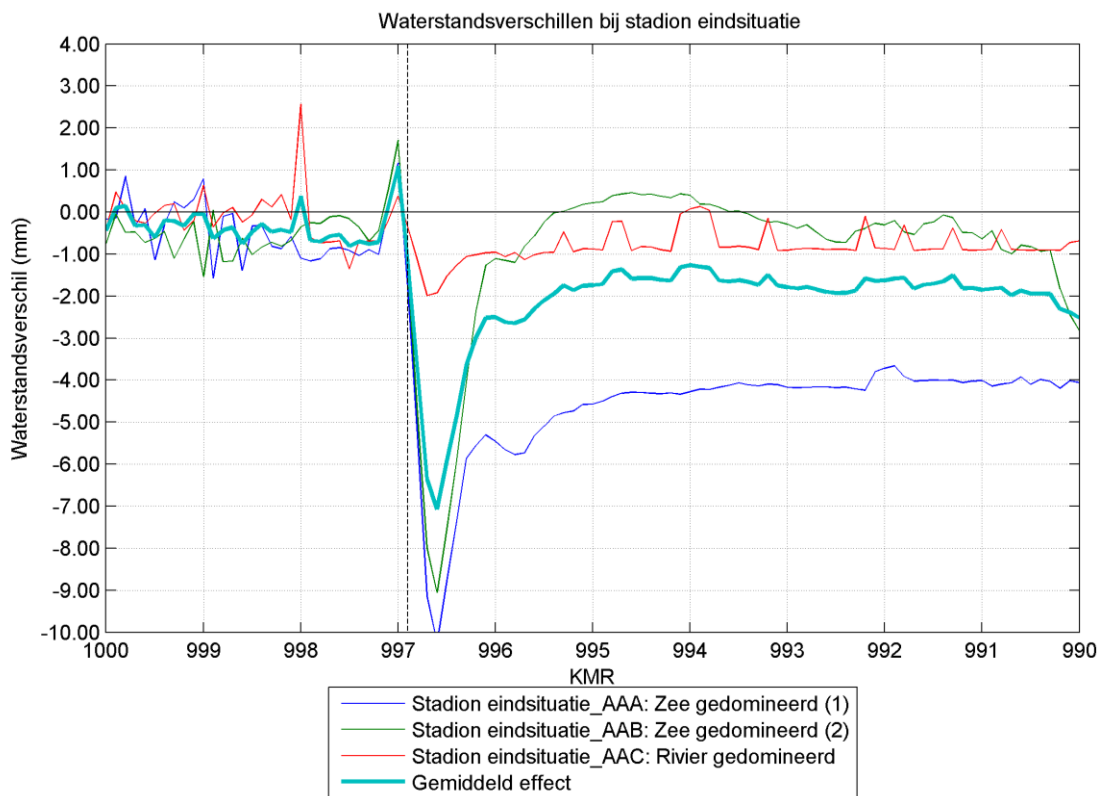
Figuur 5: Absolute maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de bouwphase.



Figuur 6: Relatieve waterstandsverschillen bij de maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de bouwphase.

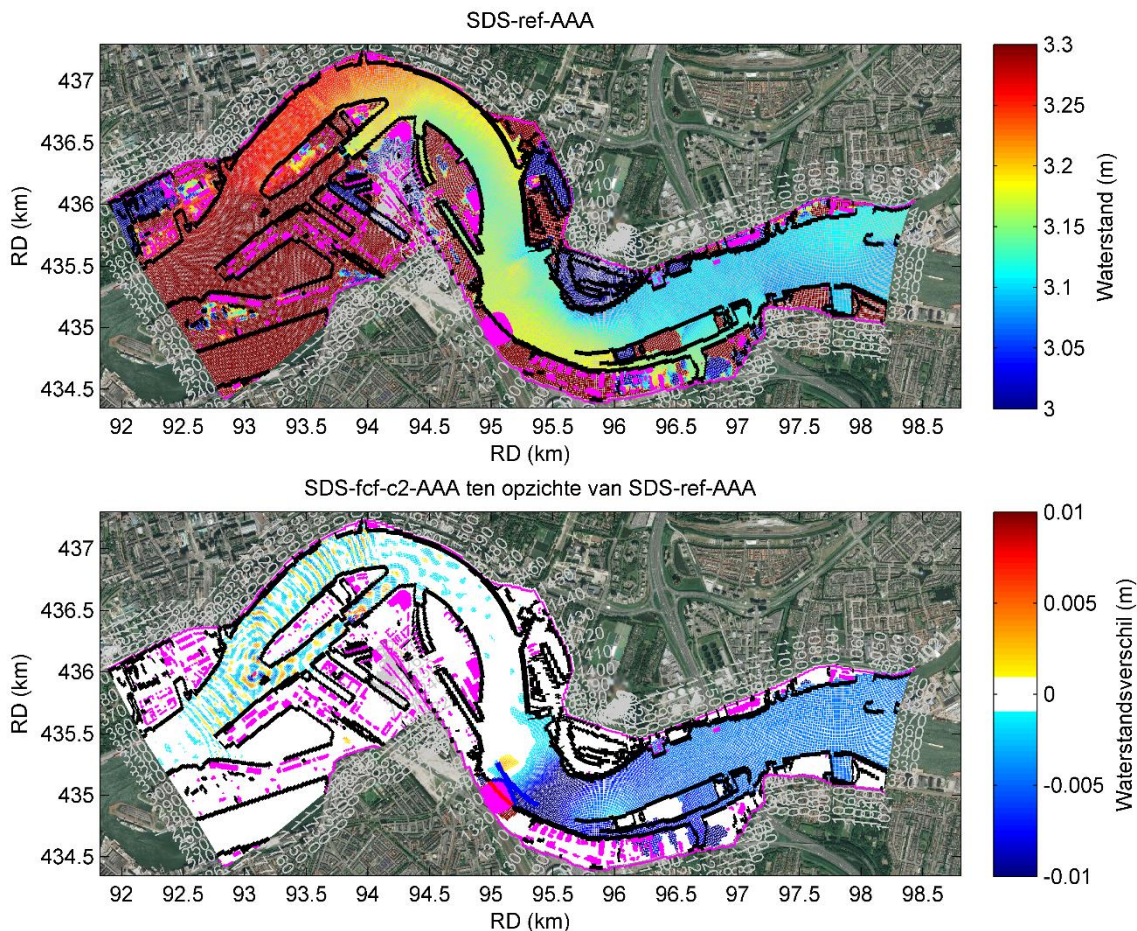


Figuur 7: Absolute maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de eindsituatie (DO).



Figuur 8: Relatieve waterstandsverschillen bij de maximale waterstanden tijdens maatgevende condities voor de eindsituatie (DO).

De maatgevende waterstand buiten de rivieras is voor de bouwfase en eindsituatie nagenoeg gelijk. De figuur met waterstandsverschillen buiten de rivieras (Figuur 9) laat zien dat er geen verhoging van de waterstand plaatsvindt nabij de primaire waterkeringen. De waterstand blijft in alle gevallen lager dan de kades, hierdoor treedt er alleen een waterstandsverschil op in de vaarweg zelf. Deze ligt in de orde van enkele millimeters verlaging bovenstrooms van het stadion en geen verschil benedenstrooms van het stadion. De opstuwing is zeer lokaal en treedt voornamelijk op in de buitenbocht bij de benedenstroomse punt van de langsdam. Water wordt deels gevangen achter deze constructie waardoor een lokale opstuwing zichtbaar is.



Figuur 9: Absolute waterstand in de referentie situatie (boven) en de relatieve waterstandsverschillen (onder) bij maatgevende condities buiten de rivieras voor de eindsituatie (DO)

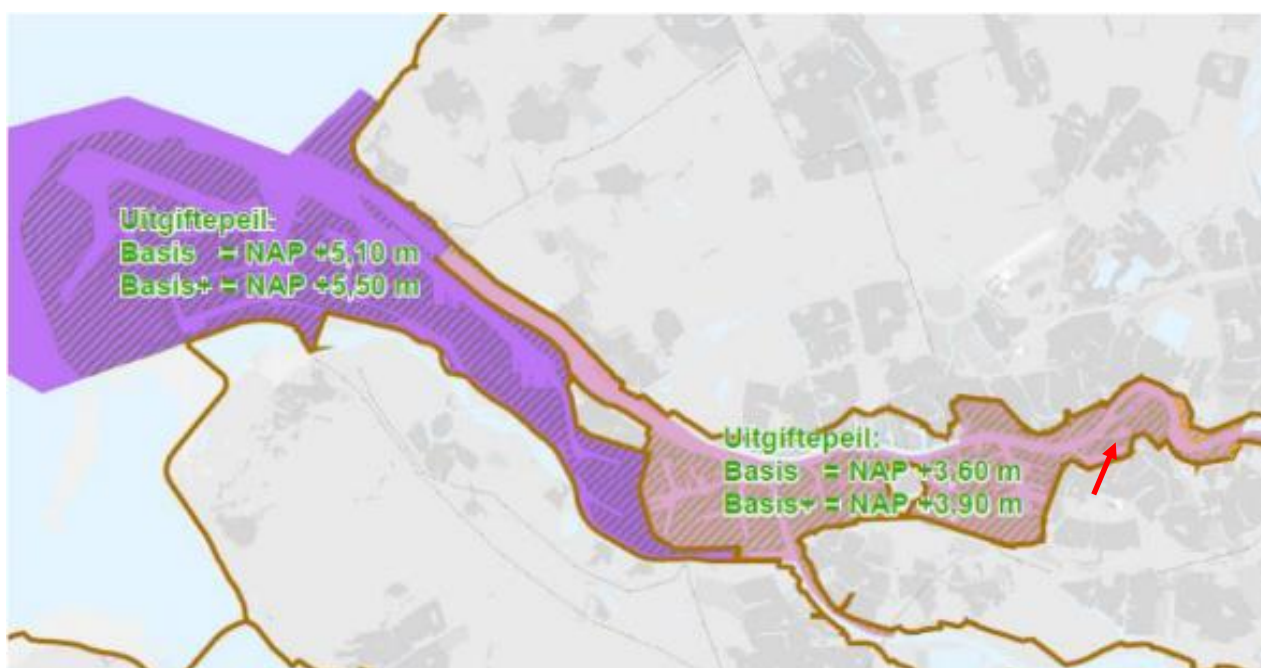
3.1.1.1 Buitendijkse ontwikkeling

Naast toetsing aan de maatgevende waterstand is de buitendijkse ontwikkeling ook getoetst aan de uitgegeven waterdichte hoogtes (stoepniveau of maaiveldniveau) uit de Risicoapplicatie Buitendijks (RAB) van de Provincie Zuid-Holland. Er is gekeken naar het lokaal individueel risico (LIR) en het groepsrisico. Het LIR blijft onder de referentiewaarde van een overstromingsrisico van 10^{-5} bij een minimale waterdichte hoogte van NAP+3,25 (LIR 2100) en het groepsrisico bij een minimale waterdichte hoogte van NAP+3,50 m (Integraal beleid buitendijks, Gemeente Rotterdam, 2014)

Bij ruimtelijke ontwikkelingen in het buitendijks gebied adviseert de Gemeente Rotterdam via 'uitgiftepeilenbeleid' over het beheersen van overstromingsrisico's. Voor de ontwikkeling van Feyenoord wordt aanbevolen aan dit uitgiftepeilenbeleid voldoen. Voor de ontwikkeling kan het uitgiftepeil Basis

(3,60m+NAP, Gemeente Rotterdam, 2018) gehanteerd worden gezien het in het geval van Feyenoord gaat om reguliere, niet kwetsbare functies. Er mag hier beargumenteerd van worden afgeweken.

Wel kan het zo zijn dat door de ontwikkeling van het stadion de benodigde minimale waterdichte hoogte (het maaiveld- of trottoirniveau) voor het voldoen aan de referentiewaarde voor het groepsrisico bijgesteld moet worden vanwege het groot aantal mensen op een klein oppervlak. De minimale waterdichte hoogte bij meer dan 32.500 gebruikers ligt in de range van 3,50m tot 3,80m+NAP, de minimale waterdichte hoogte bij 117.000 gebruikers ligt in de range van 3,85m tot 4,04m+NAP. Deze waarden (ranges) zijn handreikingen genoemd in het Integraal beleid buitendijks van de gemeente Rotterdam (2014). Uiteindelijk komt het er op neer om samen met alle relevante partijen tot een realistisch en onderbouwd terreinniveau te komen dat zich verhoudt tot het risicoprofiel.



Figuur 10: Uitgiftepanelen van de Gemeente Rotterdam voor de ontwikkelingslocatie (rode pijl).

In de huidige situatie ligt het bestaande maaiveld met hoogtes van ca. NAP+3,8 m overal boven 3,60m+NAP, de ontwikkelingslocatie voldoet dus in de huidige situatie al aan het uitgiftepeilenbeleid van de Gemeente en aan de minimale waterdichte hoogte om aan de referentiewaarde voor het individueel overstromingsrisico te voldoen. Volgens het uitgiftepeilenbeleid is er daarmee op de ontwikkelingslocatie in de huidige situatie geen sprake van een overstromingsrisico hoger dan de referentiewaarde. In de toekomstige situatie blijft dit zo, de kade wordt zelfs nog verhoogd ten opzichte van de huidige situatie waardoor het risico afneemt.

3.1.2 Volume waterberging

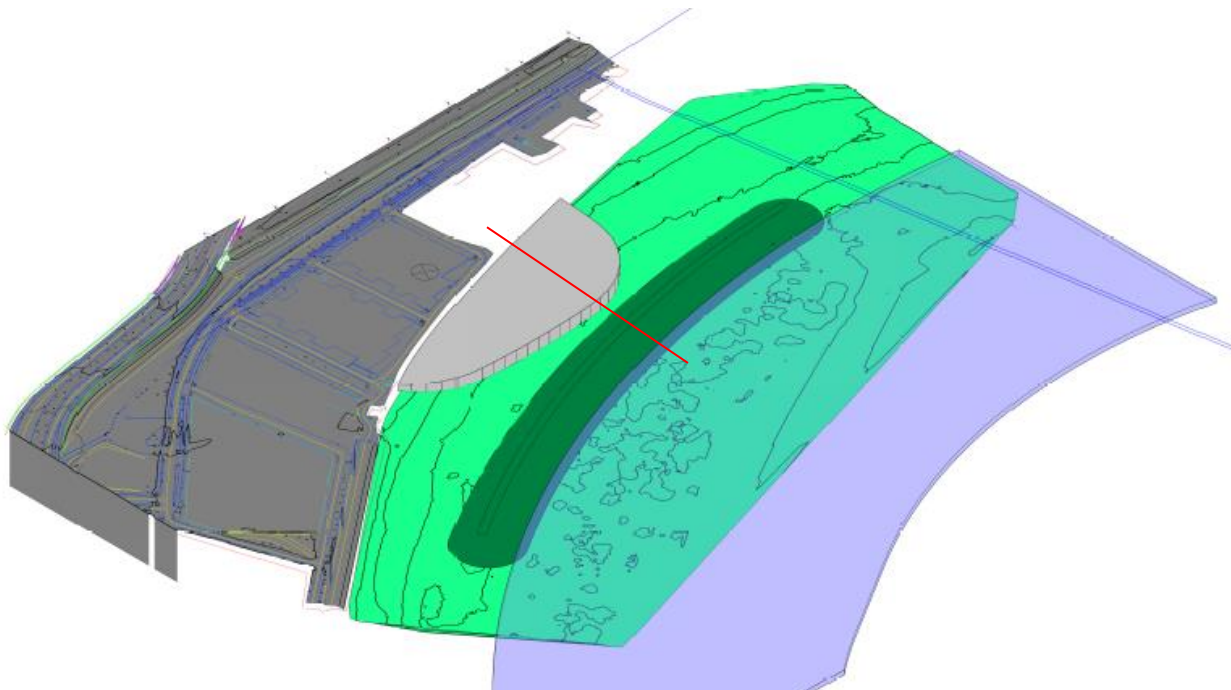
Als er een activiteit wordt uitgevoerd in het deel van het riviergebied dat valt onder het zogenaamde “bergend regime” in de Beleidslijn Grote Rivieren, dan dient deze te voldoen aan de algemene voorwaarden van de Beleidslijn. Een van deze voorwaarden is dat het verlies aan bergend vermogen gecompenseerd moet worden. Activiteiten (nieuwbouw, uitbreiding bebouwing) in het bergend winterbed betekenen in het algemeen een afname van bergend vermogen (volume berging). Ondanks de lokaal geringe waterstandeffecten leidt de afname van berging tot een verhoging in het gehele benedenstrooms van de ingreep gelegen deel van de rivier. Deze verhoging is het gevolg van een afname van de topvervlakking van de hoogwatergolf. Afname van bergend vermogen op de benedenrivieren kan daarnaast ook leiden tot verhoging in bovenstroomse richting. In de Rijn-Maasmonding is de afname van het bergend vermogen gedefinieerd als het volume dat zich bevindt tussen gemiddeld hoogwater (GHW) en de maatgevende waterstand (MHW).

3.1.2.1 Compensatie opgave

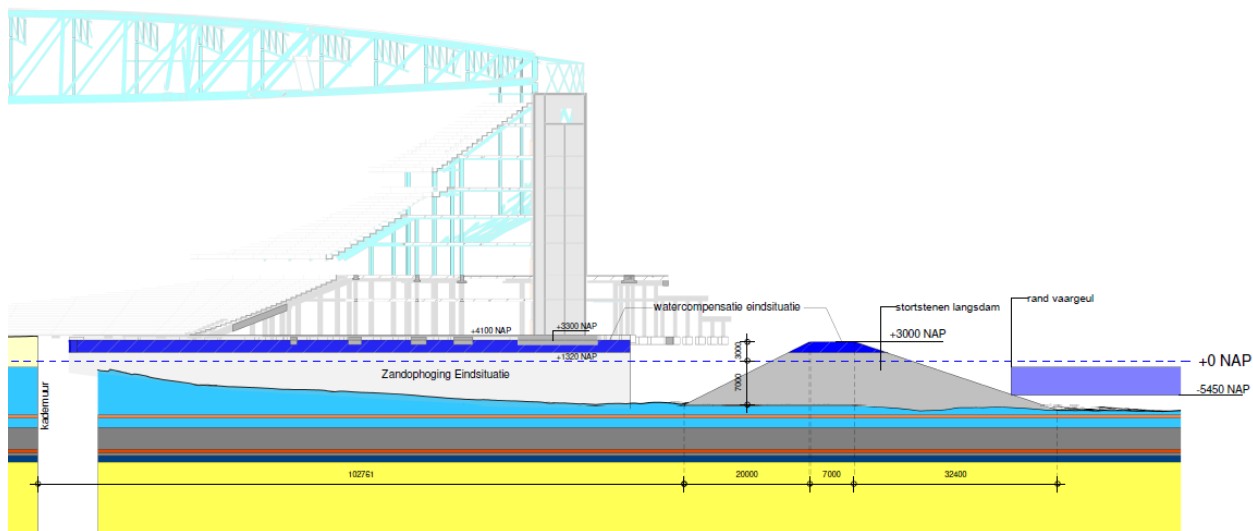
De ingreep ligt in de Rijn-Maasmonding waar men te maken heeft met de compensatieplicht voor eventueel waterbergingsverlies. In de praktijk betekent dit dat elk volume dat tussen de peilen 1,32m+NAP (GHW) en 3.30m+NAP (MHW) wordt volgebouwd op een andere locatie gecompenseerd dient te worden. Zowel de landaanwinning voor het stadion als de langsdam worden (deels) gebouwd in deze waterschijf en zorgen dus voor een vermindering van het waterbergingsvolume. Het ontwerp voor het stadion en de langsdam zijn weergegeven in Figuur 11. Figuur 12 laat een doorsnede van het ontwerp zien met daarin duidelijk aangegeven welk volume gecompenseerd dient te worden, de plannen zijn ook opgenomen in de bijlage (A4). Het volume waterberging dat gecompenseerd dient te worden is weergegeven in Tabel 1¹, in totaal dient er 41.000 m³ gecompenseerd te worden.

In de bouwfase is de landaanwinning groter en zou er een groter volume gecompenseerd moeten worden, deze fase duurt echter korter dan 5 jaar en kan daarom bestempeld worden als tijdelijk. Voor tijdelijke situaties hoeft er geen compensatie van het bergend vermogen plaats te vinden zolang de veroorzaakte opstuwing binnen de 1,0 mm blijft, in hoofdstuk 3.1.1 is aangetoond dat dit het geval is. Er is daarmee geen compensatie voor de bouwfase nodig.

¹ De volumes zijn bepaald aan de hand van het 3D model van het DO ontwerp van de nieuwbouw van stadion en langsdam. Met dit 3D model zijn de volumes tussen de waterschijf van 1,32m en 3.30m+NAP nauwkeurig te bepalen.



Figuur 11: 3D isometrie van de eindsituatie van het ontwerp met daarin de locatie van onderstaand dwarsprofiel aangegeven.



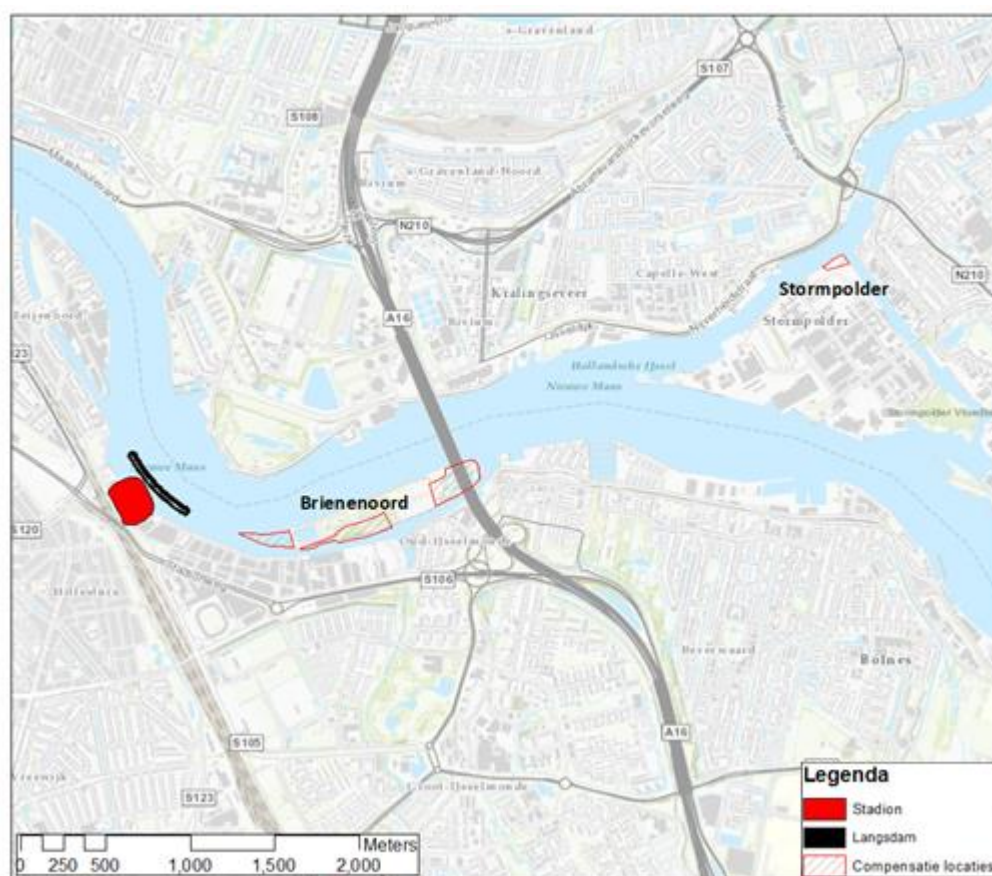
Figuur 12: Doorsnede van het ontwerp met daarin aangegeven welk volume gecompenseerd dient te worden.

Tabel 1: Wijzigingen in waterbergingsvolumes als gevolg van de ingreep voor de eindsituatie (DO).

Onderdeel	Volume tussen 1.32 en 3.30m+NAP	Effect
Langsdam	8.880 m ³	Vermindering
Landaanwinning stadion	31.991 m ³	Vermindering
Totaal	40.871m³	Vermindering

3.1.2.2 Compensatie locaties

De ontwikkeling van het nieuwe Feyenoord stadion heeft een compensatie opgave van afgerond 41.000 m³, hiervoor zijn 2 compensatielocaties geselecteerd (Figuur 13) waarvoor een ontwerp is opgesteld, te weten: Eiland van Brienoord en Stormpolder. Beide locaties zijn bovenstrooms gelegen van de ingreep maar dusdanig dichtbij de ingreep dat de ruimte die hier gecreëerd wordt tussen GHW en MHW meegeteld mag worden als compensatie voor het waterbergingsverlies als gevolg van de ingreep. De locaties en ontwerpen zullen in dit hoofdstuk beschouwd worden.



Figuur 13: Compensatie locaties ten opzichte van de ingreep.

Eiland van Brienoord

Het eiland van Brienoord is de eerste compensatie locatie, gelegen net bovenstrooms van de ingreep ter hoogte van rivierkilometer NM_996.00. Hier gelden dan ook dezelfde compensatie peilen als voor de ingreep, de ruimte die gecreëerd wordt tussen 1,32m+NAP en 3,30m+NAP mag meegeteld worden als compensatie voor het bergingsverlies.

In de huidige situatie is het Eiland van Brienoord een overwegend groen eiland gelegen in de Nieuwe Maas, achter het eiland langs loopt het Zuiddiepje. Het eiland is relatief hooggelegen en heeft een gemiddelde hoogte die boven de 3m+NAP ligt. De bodemhoogte varieert over het eiland, het eiland kent zowel hoge als lagere delen en is omringd door steile oevers.

De volumes waterberging zijn weergegeven in tabel 2. Deze zijn berekend op basis van een digitaal hoogtemodel (in GIS). Dit model is opgebouwd op basis van AHN3 en de tekening van het inrichtingsplan Brienoord, zoals aangegeven in figuur 16. Op basis hiervan is het verschil volume nauwkeurig berekend.

Op het eiland van Brienenoord worden op verschillende locaties aanpassingen gedaan aan het maaiveld zodat hier getijdenatuur kan ontstaan. Figuur 15 geeft aan waar de veranderingen plaatsvinden, per locatie vlak is de toename in waterbergend volume nadere bepaald en toegelicht.

Locatie 1: De veranderingen op de westelijke punt (1) zijn hierbij niet relevant, zowel de huidige als toekomstige situatie ligt het bodemniveau onder de GHW-stand van 1.32m+NAP en ontstaat hier dus geen nieuw volume in de waterbergende schijf.

Locatie 2: Op locatie 2 – de zuidoever wordt de oever afgegraven, de huidige oevers zijn zeer steil en voor het grootste gedeelte boven de MHW-stand van 3.30+NAP gelegen (Figuur 14). In de nieuwe situatie worden deze oevers afgegraven en met een zeer flauw talud aangelegd tussen gemiddeld laagwater (GLW) en de huidige maaiveldhoogte (+/- 3.0 - 4.0m+NAP). Het afgraven van de oevers zorgt dus direct voor meer ruimte in de waterbergende schijf, zie hiervoor ook Figuur 14. Dit profiel wordt over een lengte van ongeveer 480 meter aangelegd, de breedte van het profiel varieert zoals zichtbaar is in de kaart. In het westen is deze smaller met een breedte van 30 meter, in het midden is deze over korte afstand met 100 meter zeer breed en in het oosten is deze 50-60 meter breed. Het oppervlak van het volume binnen de waterschijf is voor het voorbeeld in Figuur 14 ongeveer 75m². De eerste 5m telt niet mee omdat deze boven de MHW grens blijft, daarna is er een talud over 25m waarvan 25m² meetelt ($\frac{1}{2} * 25 * 2$) en daarna is er over 25m een stuk waarbinnen de schijf volledig wordt afgegraven en waarvan dus 50m² meetelt ($25 * 2$). Over een lengte van 480 meter zou dit uitkomen op 34.500m³ ($480 * 75$). Echter, het profiel is niet overal zo breed en wat grilliger dan het voorbeeld, in de praktijk komt het volume daardoor wat lager uit op een volume van 25.143m³ compensatie op locatie 2.

Locatie 3: Op locatie 3 wordt het huidige maaiveld afgegraven zodat de bestaande plas ten oosten van de locatie uitgebreid wordt, in het midden wordt een klein eiland aangelegd, dit eiland krijgt een hoogte van 1,5m+NAP. Het huidige maaiveld is hier hooggelegen (+/- 3.0 - 4.0m+NAP), de afgraving zorgt dus voor meer ruimte in de waterbergingschijf. Over een oppervlak van ongeveer 5.500m² wordt het maaiveld verlaagd tot onder de 1.32m+NAP, hier wordt over de volledige schijf van 2m dik waterberging gecreëerd. Het volume waterberging dat gecreëerd wordt is dan ongeveer 11.000m³ ($5.500 * 2$). Buiten deze zone wordt er ook nog een talud aangebracht vanaf het huidige maaiveld, dit talud wordt aangebracht over een gebied van ongeveer 4.500m². In de taludzone mag dus niet de volledige dikte van de waterbergende schijf worden meegeteld, maar slechts de helft (1m dikte dus). Hierdoor ontstaat er in de taludzone een volume van ongeveer 4.500m³. Beide zones samen leiden tot een volume van 15.500m³ aan extra waterbergend volume, in detail wordt het echter iets grilliger aangelegd en komt het volume iets lager uit op 14.630m³ op locatie 3.

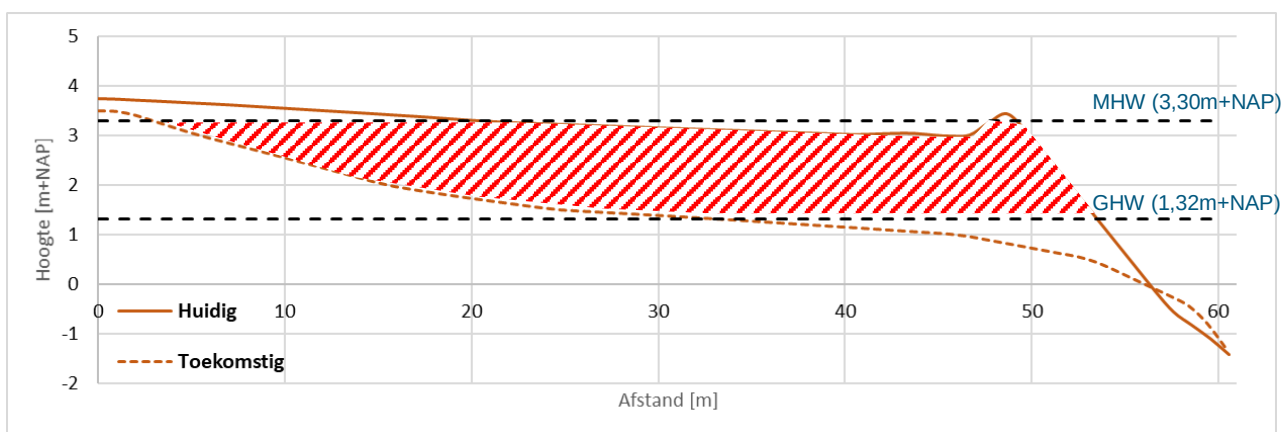
Locatie 4: Locatie 4 op de oostelijke punt van het eiland betreft een herinrichting van de oever, hier wordt de bodem zowel opgehoogd als verlaagd. Binnen de waterbergingschijf is er gemiddeld een verlaging te zien en draagt de ontwikkeling dus bij aan het vergroten van het bergingsvolume. Het volume dat hier gecreëerd wordt is dan ook relatief klein met 944 m³.

Figuur 16 laat de huidige inrichtingsplannen ter plaatse van het Eiland van Brienenoord zien, deze zijn ook opgenomen in de bijlage (A5). De afgraving van de oevers en het maaiveld zorgt in totaal voor een toename van het bergend volume met 40.717 m³, afgerond 40.500m³.

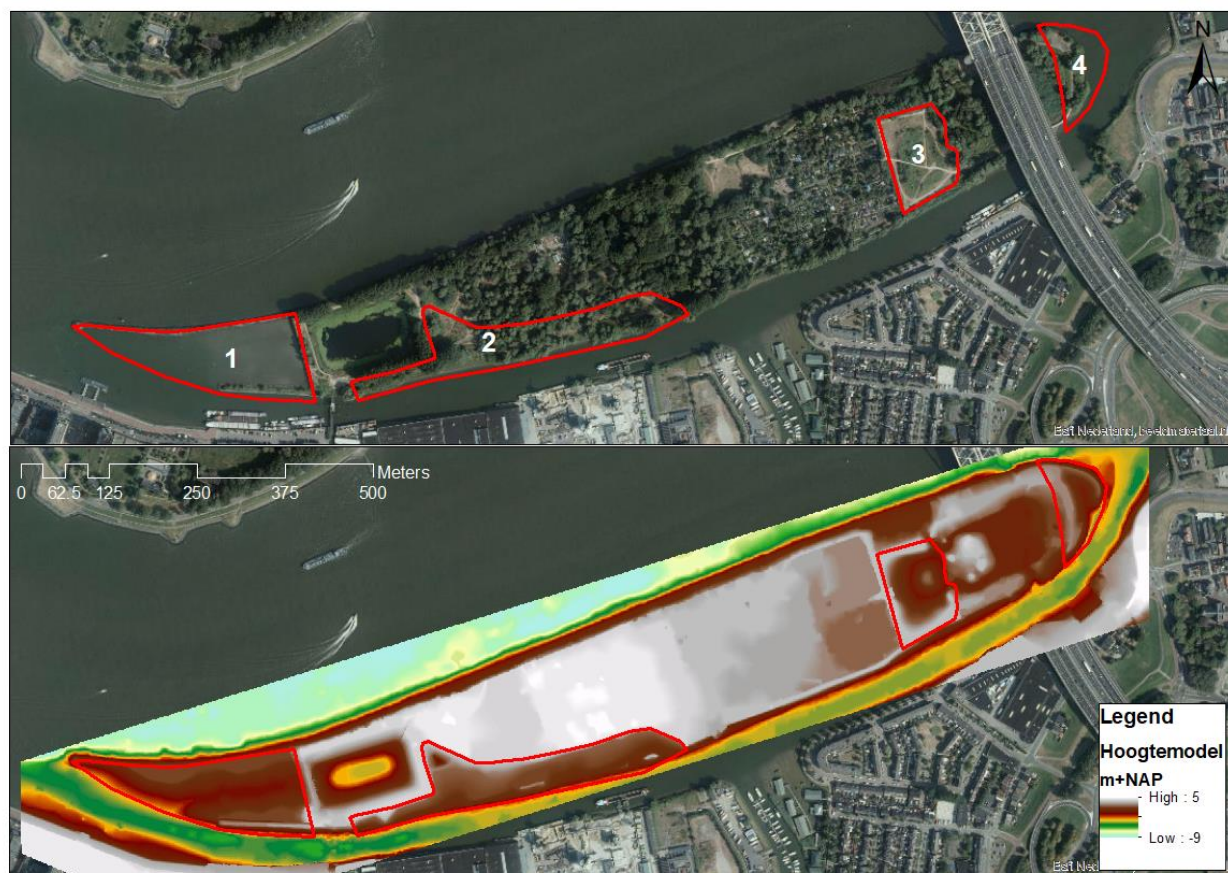
Tabel 2: Volume waterberging dat gecreëerd wordt per locatie op het Eiland van Brienenoord.

Locatie	Volume	Oppervlakte
1 – Westoever	0 m ³	24.660 m ²
2 – Zuidoever	25.143 m ³	24.875 m ²

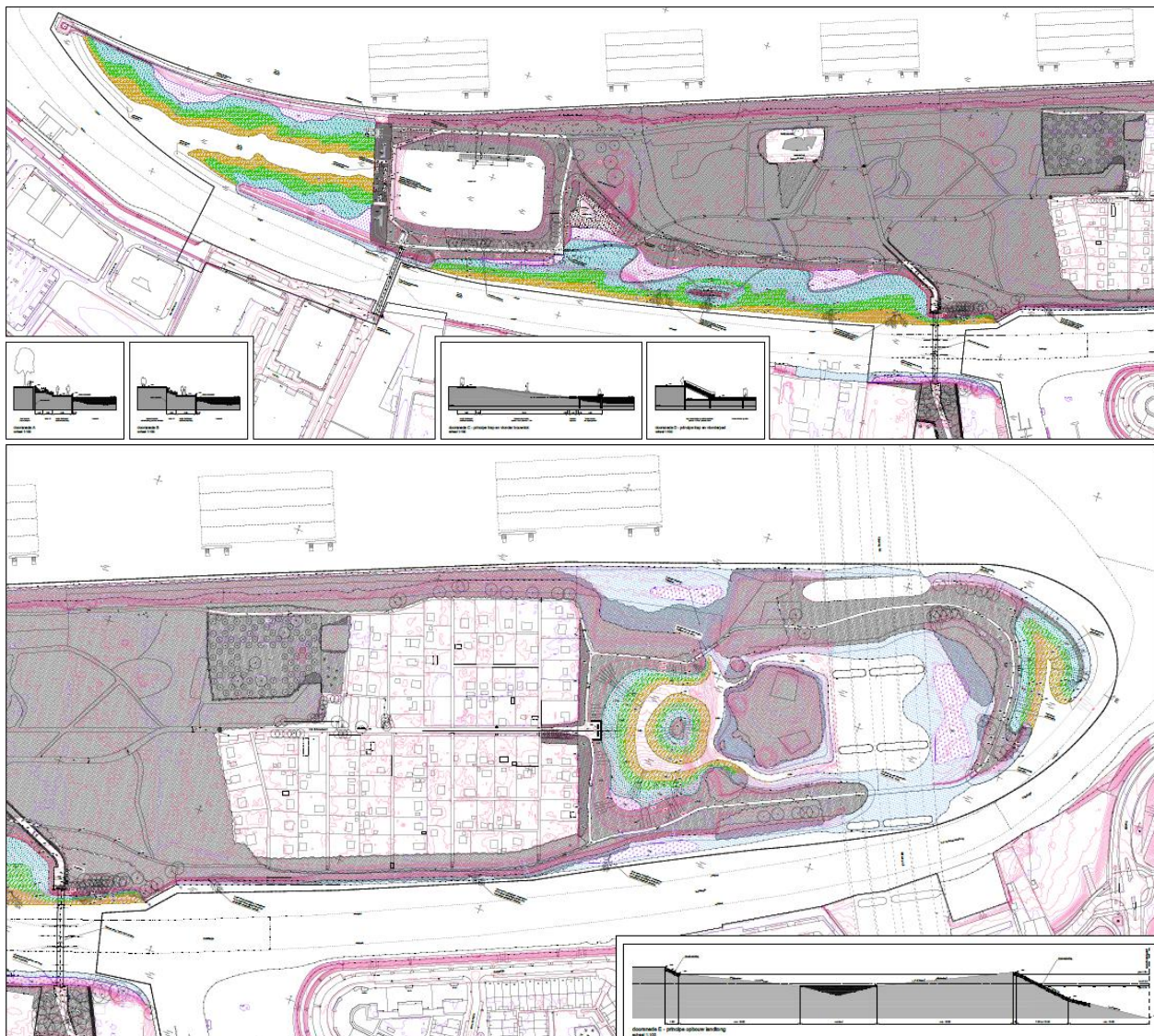
3 – Midden plas	14.630 m ³	11.329 m ²
4 – Oostoever	944 m ³	8.141 m ²
Totaal	40.717 m ³ Afgerond 41.000 m ³	



Figuur 14: Profiel van oude en nieuwe zuidoever eiland van Brienenoord dat de schijf aangeeft die meetelt in de compensatie. Dit is een schematisatie van de werkelijkheid, de volumes zijn bepaald op basis van een hoogtemodel in GIS, zoals getoond in figuur 15.



Figuur 15: Compensatie locatie eiland van Brienenoord, boven geeft de locatie op de luchtfoto weer, onder geeft het nieuwe hoogtemodel weer. In rood zijn de locaties aangegeven waar het maaiveld wordt aangepast.



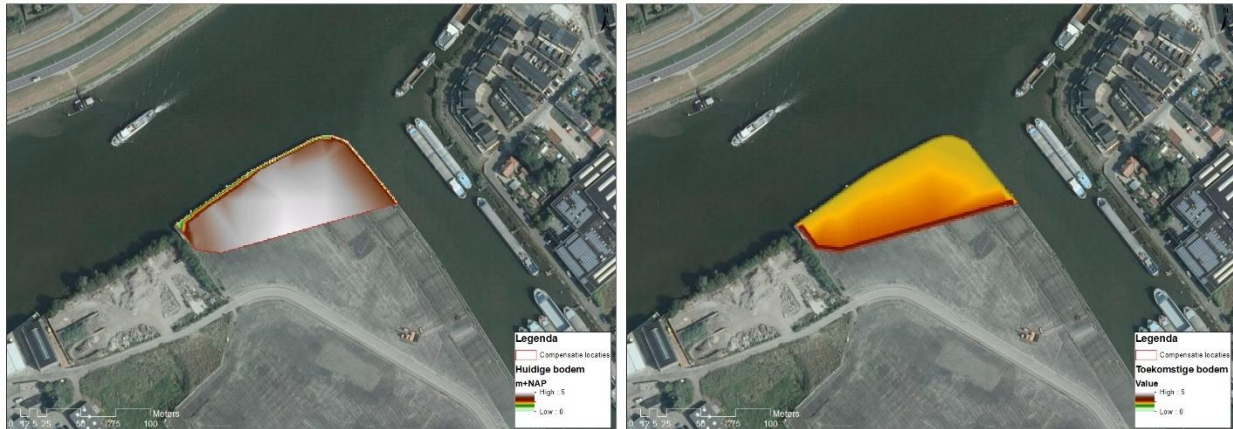
Figuur 16: Inrichtingsplannen Eiland van Brienenoord (west en oost).

Stormpolder

Stormpolder is de andere compensatie locatie, gelegen tussen de andere 2 locaties in, bovenstrooms van de ingreep ter hoogte van rivierkilometer NM_993.00 of HY_18.30. Hier gelden dan ook net iets andere compensatie peilen als voor de ingreep, de ruimte die gecreëerd wordt tussen 1,25m+NAP en 3,30m+NAP mag meegeteld worden als compensatie voor het bergingsverlies.

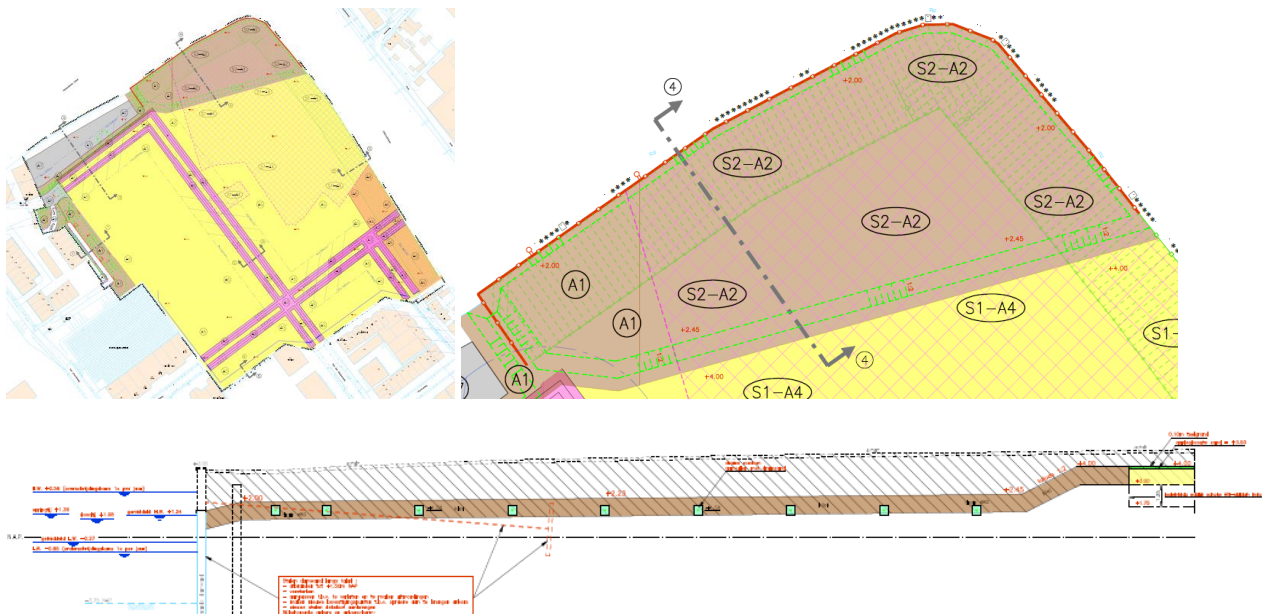
Stormpolder is een industriegebied tussen de Hollandse IJssel en de Nieuw Maas in, de ingreep locatie is een momenteel braakliggend terrein. Het maaiveld ligt hier gemiddeld op +4m+NAP. De huidige situatie is weergegeven in Figuur 17, het ingreepgebied is ongeveer 0,6 hectare groot. De inrichtingsplannen zijn weergegeven in Figuur 18 en tevens opgenomen in bijlage A7.

Ook hier zijn de volumes waterberging bepaald op basis van een hoogtemodel in GIS welke een verschil berekent tussen de nieuwe en toekomstige bodemligging, zoals getoond in figuur 17.



Figuur 17: Huidige (links) en toekomstige (rechts) situatie op locatie Stormpolder.

Locatie Stormpolder wordt ontwikkeld en bouwrijp gemaakt, als onderdeel hiervan wordt er een groenstrook aangelegd langs de Hollandse IJssel die relatief laaggelegen is. De groenstrook heeft een hoogte die varieert tussen de 2.45m+NAP en 2.00m+NAP en zal hierdoor jaarlijks onder water staan. De groenstrook sluit aan bij het bouwrijp gemaakte gebied dat een hoogte heeft van 4.0m+NAP. De afgraving van de kade zorgt voor een toename van het bergend volume met 6.500 m³.



Figuur 18: Inrichtingsplannen locatie Stormpolder, bovenaanzicht en principeprofiel 4.

3.1.2.3 Volume waterberging balans

Het nieuwe stadion met langsdam zorgen in de eindsituatie gezamenlijk voor een verlies aan waterbergend vermogen van 41.000 m³. Dit volume dient gecompenseerd te worden om de ingreep vergunbaar te maken.

De benodigde watercompensatie kan plaatsvinden op de volgende 2 locaties:

- Eiland van Brienenoord (beschikbaar 34.500 m³)
- Stormpolder (beschikbaar 6.500 m³)

Stand van zaken per November 2019:

- **Eiland van Brienenoord:**
 - Beschikbare watercompensatie bedraagt hier 40.500 m³ volgens vastgesteld plan (besteksontwerp) van gemeente Rotterdam.
 - Gemeente heeft hiervan **34.500 m³** ter beschikking gesteld aan Feyenoord City als compensatie voor de ingreep (stadion en langsdam). Hiervoor heeft gemeente Rotterdam schriftelijke toestemming van RWS.
 - Gemeente en Feyenoord City hebben een onderling overeengekomen watercompensatie-overeenkomst opgesteld. Deze zal worden getekend als de benodigde vergunningen voor aanleg landaanwinning en langsdam onherroepelijk zijn.
- **Stormpolder:**
 - Beschikbare watercompensatie bedraagt hier **6.500 m³** volgens vastgesteld plan (besteksontwerp) van gemeente Krimpen aan den IJssel.
 - Gemeente Krimpen heeft deze 6.500 m³ ter beschikking gesteld aan Feyenoord City. Op de reguliere overleggen met RWS heeft RWS aangegeven hiertegen geen bezwaar te hebben.
 - Gemeente Krimpen aan den IJssel en Feyenoord City hebben een onderling overeengekomen watercompensatie-overeenkomst opgesteld. Deze zal worden getekend als de benodigde vergunningen voor aanleg landaanwinning en langsdam onherroepelijk zijn.

3.1.3 Stroombeeld

Het stroombeeld en de verandering daarvan is weergegeven voor een drietal situaties:

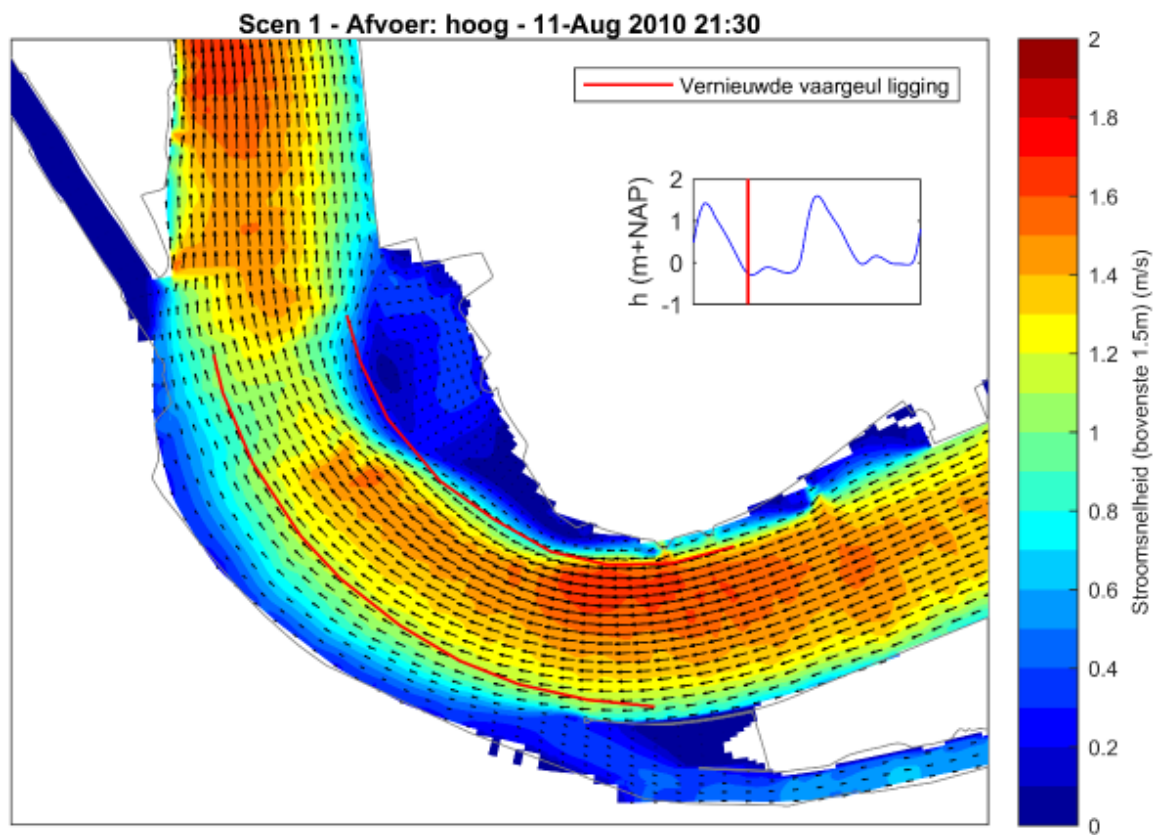
- Maximale stroomsnelheid tijdens dagelijkse eb
- Maximale stroomsnelheid tijdens dagelijkse vloed
- Maximale stroomsnelheid tijdens hoge afvoer

Deze drie situaties zullen nader beschouwd worden om een inzicht te geven in de verandering in stroming als gevolg van de ingreep. De gepresenteerde resultaten zijn een mix van Simona OSR-resultaten (dagelijkse omstandigheden) en WAQUA-resultaten (hoge afvoer). De eb- en vloedstroom betreffen 3D berekeningen, de hoge afvoer betreft een 2D berekening. In het geval van de 2D berekening beschouwen we de dieptegemiddelde stroomsnelheid. De dieptegemiddelde snelheid is de stroomsnelheid gemiddeld over de diepte, hierin wordt dus geen rekening gehouden met de stroomsnelheidsverschillen die in de verschillende waterlagen (dieptes) voorkomen als gevolg van bodemwrijving, dichtheidsverschillen en spiraalstroming. In het geval van de 3D berekeningen kijken we naar de stroomsnelheden in de bovenste 1,5m waterkolom omdat deze het meeste invloed heeft op de scheepvaart.

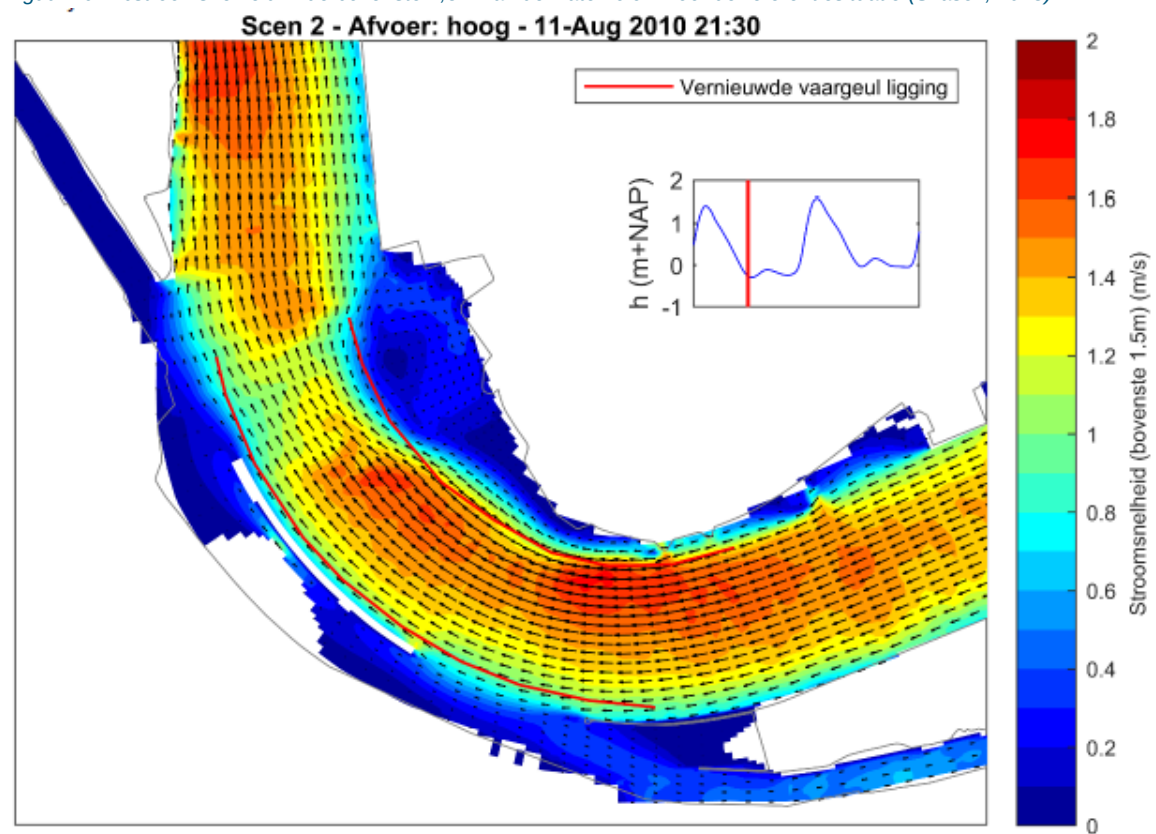
De locatie van het nieuwe stadion is gelegen in de buitenbocht van de Maas op een locatie waar de rivier zich plaatselijk verruimt. Hierdoor is de dieptegemiddelde stroomsnelheid in de bocht lager dan boven- en benedenstrooms van de bocht. De waterbeweging staat in dit deel van de rivier sterk onder invloed van vloed- en ebstromen. Het dubbel daagse getij zorgt hier voor een constante wisseling van zowel de stroomrichting als de stroomsnelheid. Wel is er sprake van een sterke bochtstroming en bovenstroom in de bocht.

Om de verandering van de stroming op de rivier te beoordelen zijn stroombeeldberekeningen uitgevoerd door Svasek (Svasek, 2018). Er is hierbij gekeken naar verandering in maximale eb- en maximale vloedstroming. Er is in de berekeningen van Svasek nog uitgegaan van de mogelijkheid tot stroming achter de langsdam langs. Dit is in het huidige ontwerp echter niet meer mogelijk. De stroming die optreedt achter de langsdam is echter dusdanig klein ($< 1\%$ van de totale afvoer door de rivier (bij eb en vloedstroom)) dat deze verandering geen significante invloed heeft op de resultaten. Voor een verdere toelichting zie hiervoor ook de aanvullende analyse van Marin (bijlage A8).

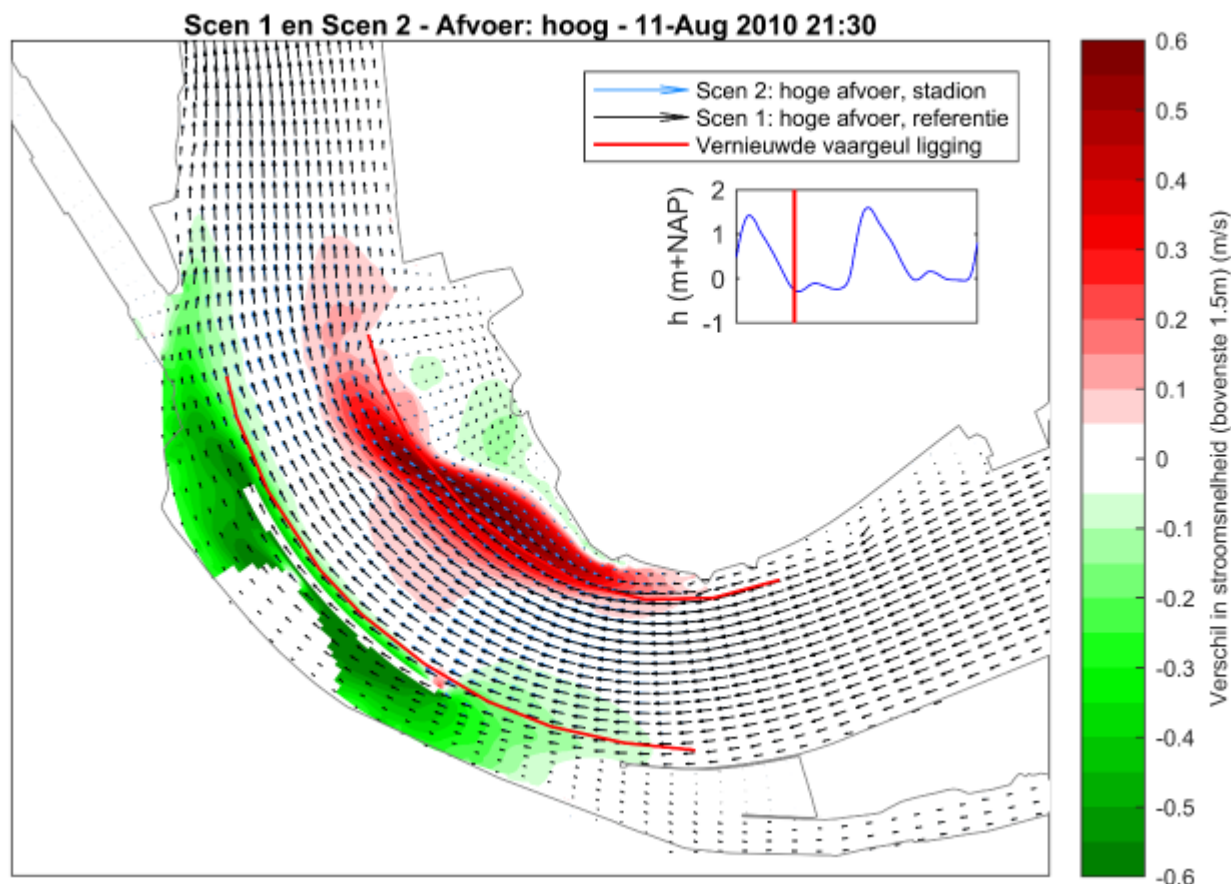
Maximale eb-stroming; in de buitenbocht zijn er nauwelijks verschillen in langsstroom tijdens eb (+ of $- 0,10$ m/s), in de binnenbocht zijn deze verschillen wel groter (tot $+0,60$ m/s) (Figuur 21). Dit lijkt in de binnenbocht een behoorlijke verstoring ten opzichte van de huidige situatie. Dit wordt echter met name veroorzaakt door een groot verschil in stroomsnelheid ter plaatse van de erosiekuil. In de situatie met stadion en langsdam (eindsituatie) is de maximale stroomsnelheid echter nauwelijks hoger, de hogere stroom is meer uitgespreid over de rivier. De gemiddelde stroming wordt over een groot gebied hoger, maar de onregelmatigheden uit het huidige stroombeeld worden verkleind. Dit kan het effect zijn van de langsdam die de stroom meer kanaliseert, de stroming in de bocht wordt daardoor gelijkmatiger.



Figuur 19: Ebstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de referentiesituatie (Svasek, 2018)

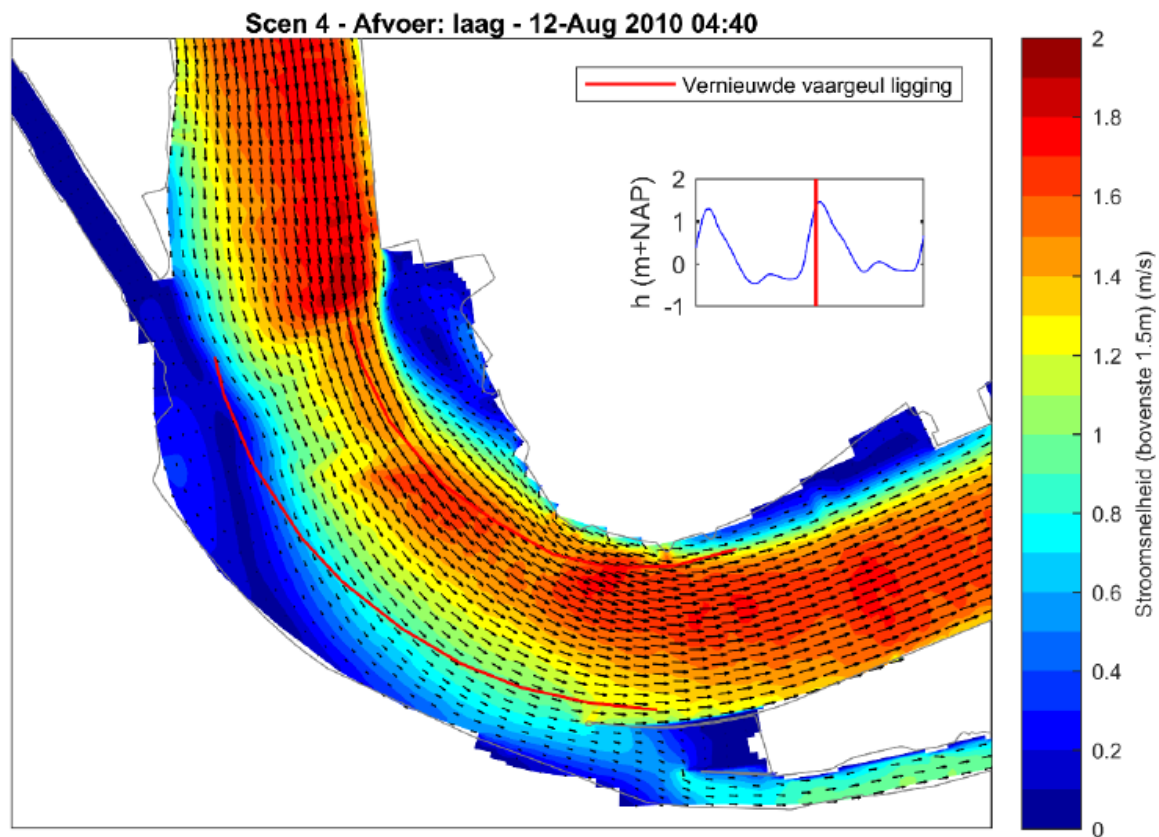


Figuur 20: Ebstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de eindsituatie (Svasek, 2018).

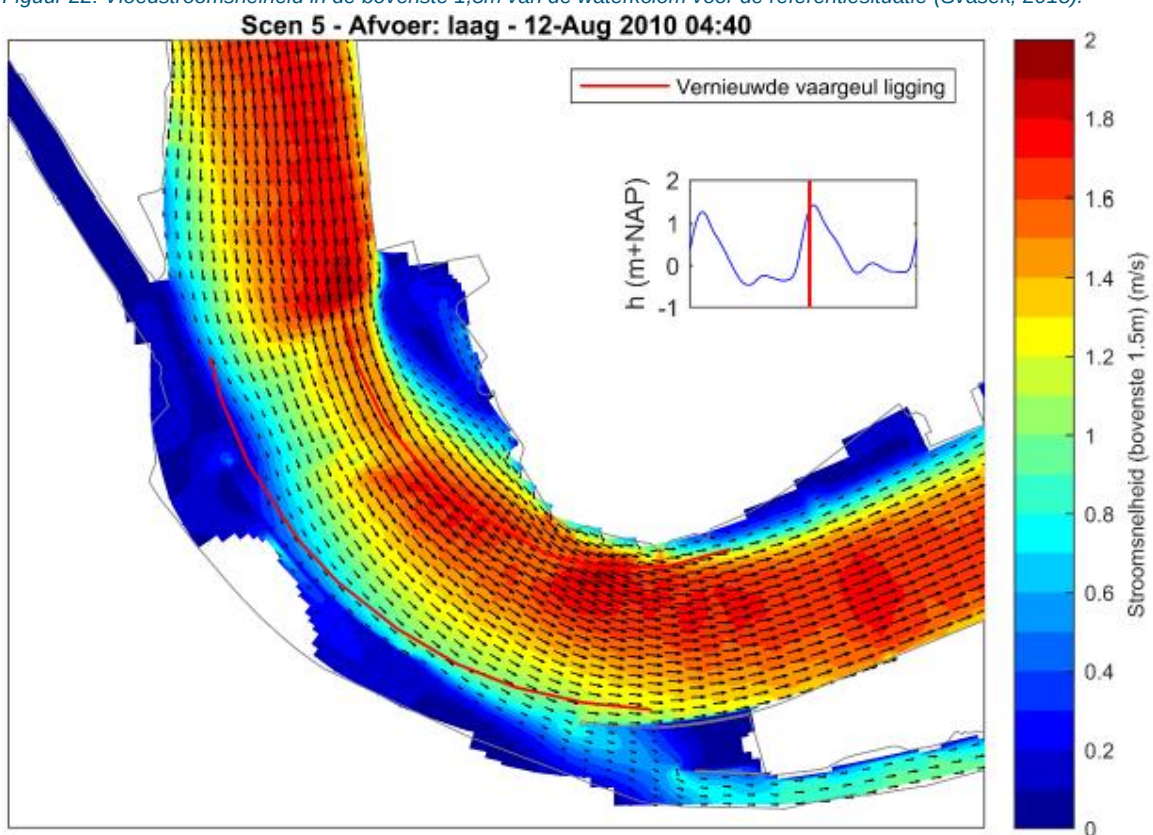


Figuur 21: Verschil in stroomsnelheden tussen referentie- en eindsituatie tijdens maximale ebstroom voor de bovenste 1,5 meter van de waterkolom (Svasek, 2018).

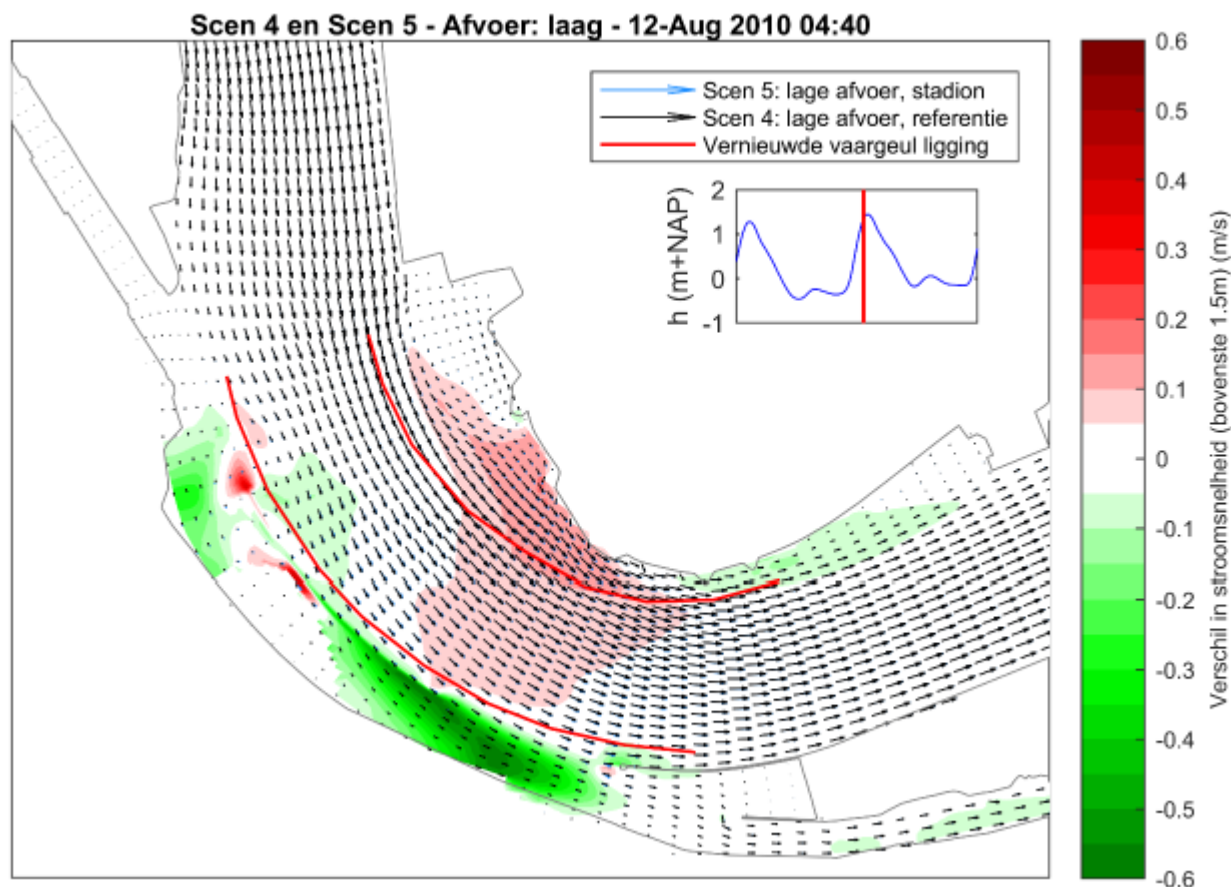
Maximale vloed-stroming; De verschillen in langsstroom tussen huidige en toekomstige situatie zijn in de binnenbocht (tot 0,15 m/s) en buitenbocht (tot 0,10 m/s) klein (Figuur 24). De stroom aan de benedenstroomse kant van de buitenbocht wordt in de eindsituatie iets gelijkmatiger. De stroomvertraging die op deze locatie in de referentiesituatie voorkomt wordt minder in de toekomst, waardoor er minder onregelmatigheden in de langsstroom voorkomen.



Figuur 22: Vloedstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de referentiesituatie (Svasek, 2018).

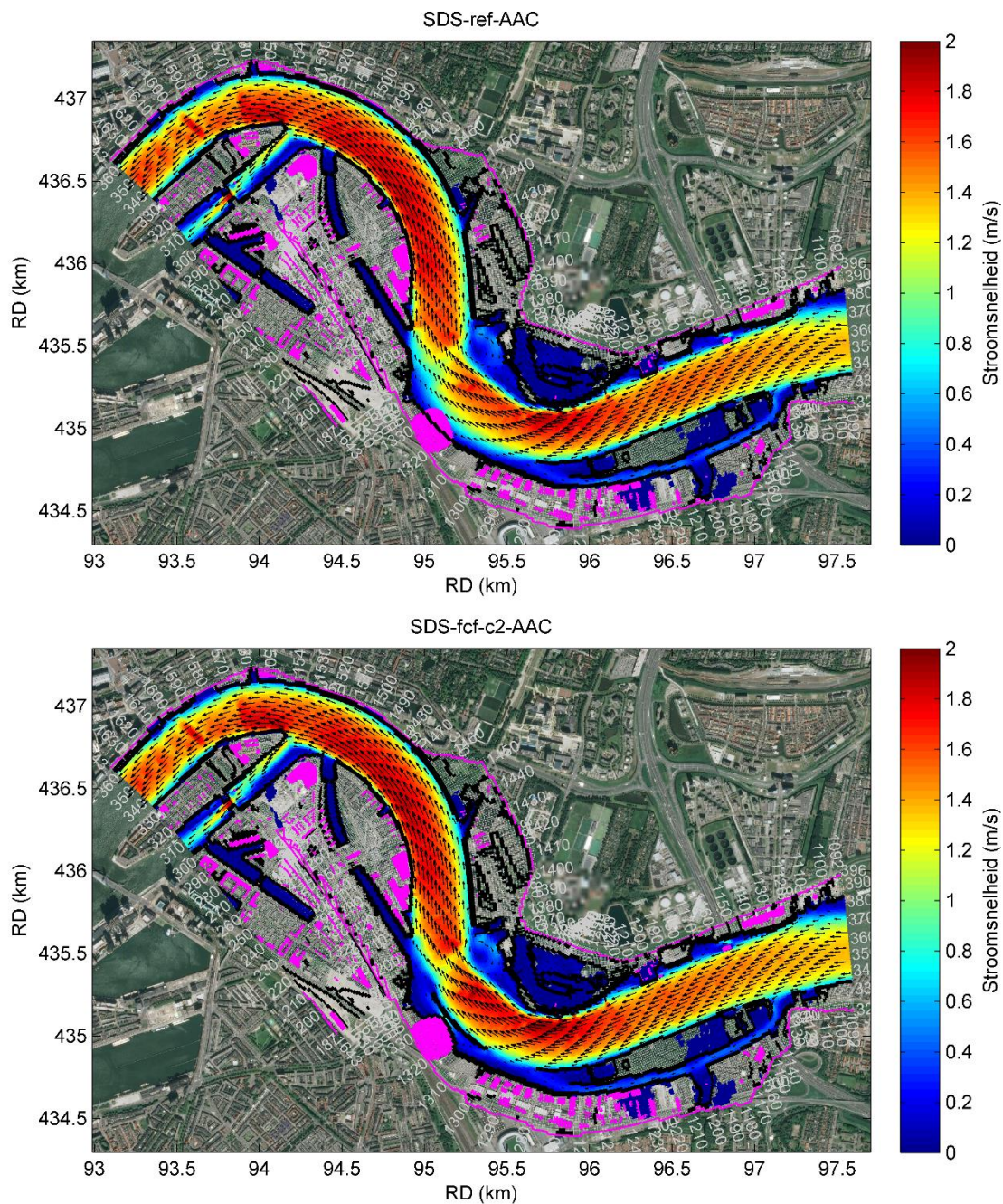


Figuur 23: Vloedstroomsnelheid in de bovenste 1,5m van de waterkolom voor de eindsituatie (Svasek, 2018).

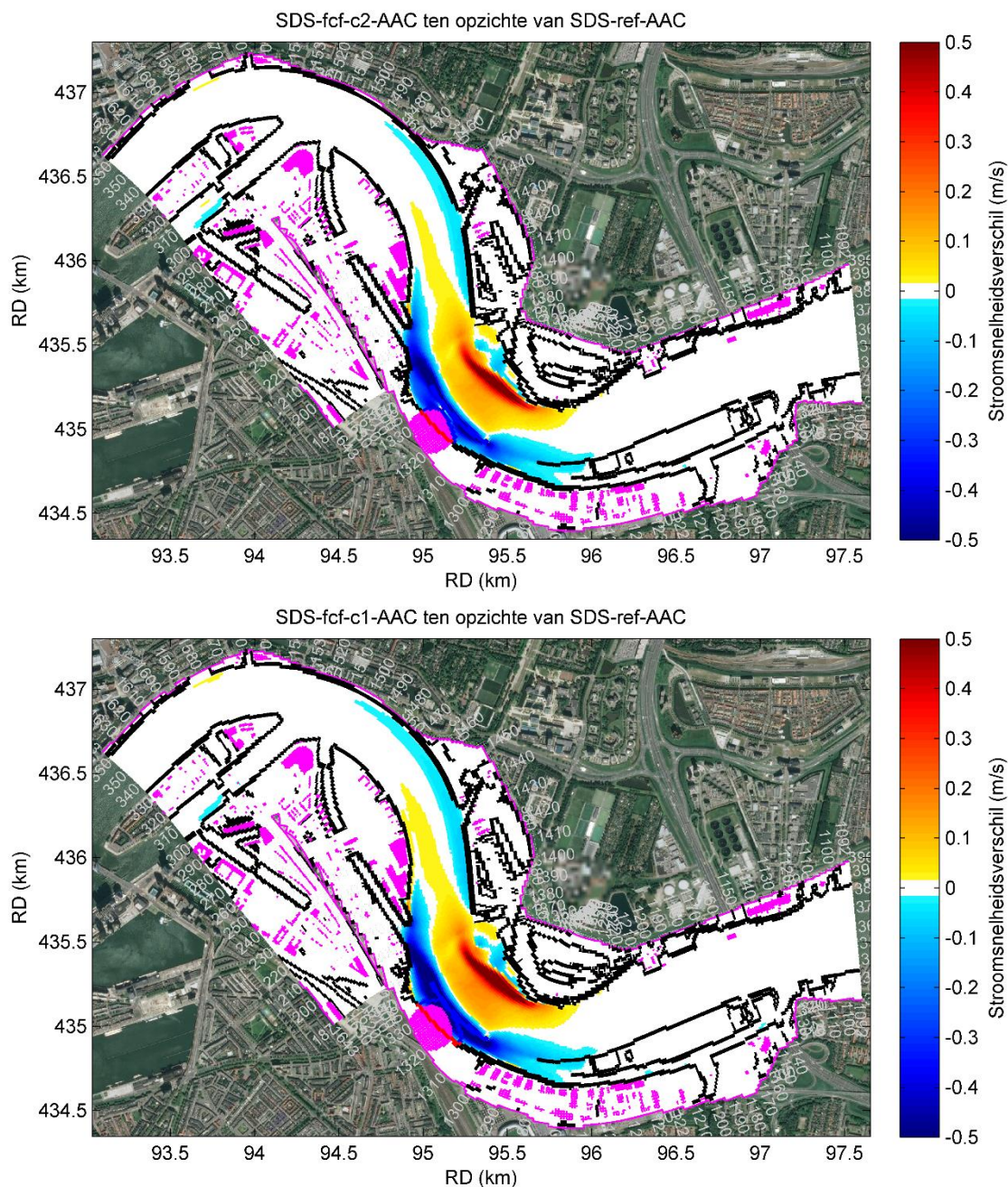


Figuur 24: Verskil in stroomsnelheden tussen de referentie- en eindsituatie voor maximale vloed-storm voor de bovenste 1,5 meter van de waterkolom (Svasek, 2018).

Tijdens een hoge rivierafvoer zijn de stroomsnelheidsverschillen het grootst, er is op dat moment een sterke stroming en door de vernauwing van het profiel neemt de snelheid van deze stroming toe. Dit is een situatie die plaats vindt bij een hoge Maas ($1.535 \text{ m}^3/\text{s}$) en Rijnaafvoer ($7.614 \text{ m}^3/\text{s}$), dit is een afvoer die eens per 3 à 4 jaar voorkomt. In de huidige situatie worden dieptegemiddelde stroomsnelheden van gemiddeld $1,7 \text{ m/s}$ en maxima van $2,0 \text{ m/s}$ berekend. Door de vernauwing van de rivier nemen deze stroomsnelheden in de binnenbocht toe met maximaal $0,5 \text{ m/s}$. In de buitenbocht is de toename kleiner met maximaal $0,2 \text{ m/s}$. Hierdoor ontstaat een situatie waarin de stroming in de bocht toeneemt met 10 tot 25% ten opzichte van de huidige situatie. De bouwfase en eindsituatie zijn vergelijkbaar qua effect. Achter de langsdam neemt de stroming af tot nagenoeg 0 m/s .



Figuur 25: Maximale stroomsnelheden in de referentie situatie.



Figuur 26: Stroomsnelheidsverschil als gevolg van de ingrepen ten tijde van maximaal optredende stroomsnelheden.

Zowel tijdens dagelijkse als extreme omstandigheden ontstaan er stroomluwe zones achter de langsdam (in zone tussen oever en langsdam). In deze zones is de stroming al relatief laag en door de ingreep ontstaan er zones waar het water nog nauwelijks stroomt en stagnant water zal ontstaan. Dit geeft aandachtspunten voor waterkwaliteit en ophoping van (drijf)vuil en slib.

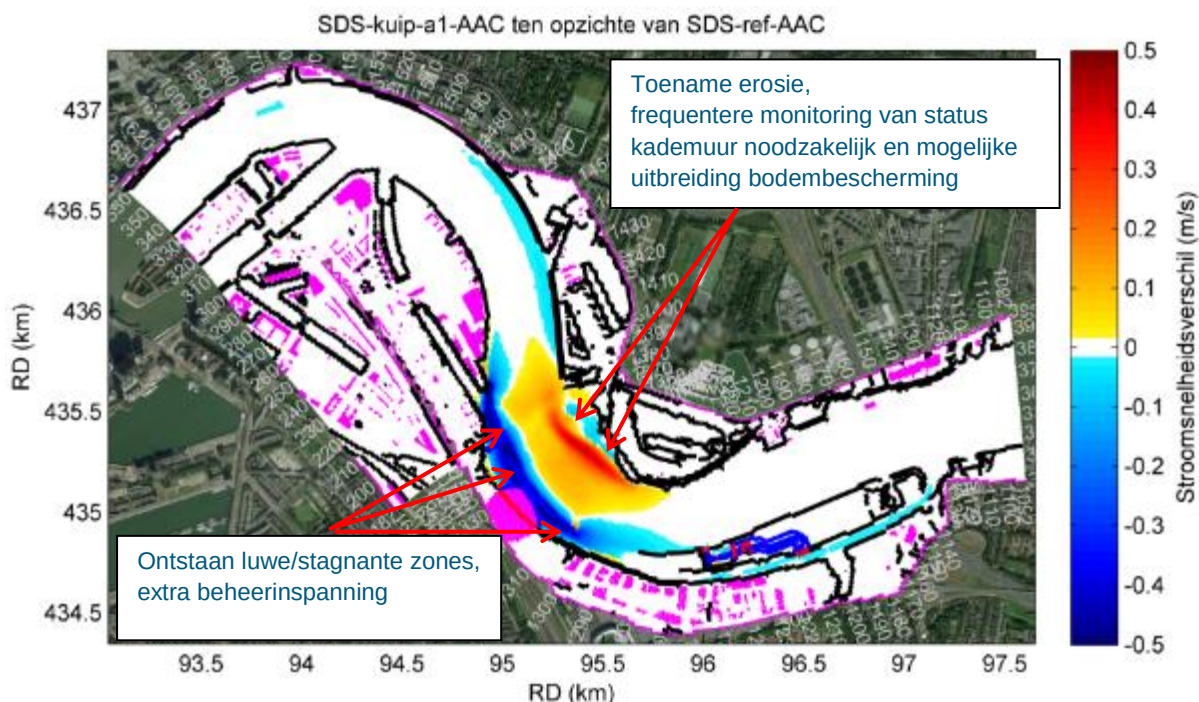
De wijzigingen in het stroombeeld zorgen enerzijds voor locaties waar de stroomsnelheid afneemt en anderzijds voor locaties waar de stroomsnelheid toeneemt. Dit kan zorgen voor plaatselijke problemen. Tegelijkertijd wordt het gemiddelde stroombeeld rustiger, waar in de referentiesituatie de bocht een locatie is waar de stroomsnelheid lokaal afneemt wordt dit in de toekomst een locatie waar de stroomsnelheid gelijk blijft aan beneden- en bovenstroomse traject.

3.1.4 Morfologie

De veranderingen in het dieptegemiddelde stroombeeld en de toename van zowel de dagelijkse als extreme stroomsnelheden zullen zorgen voor een toename van de morfologische dynamiek. Onderstaand de belangrijkste conclusies:

- Door de toename in stroomsnelheid zal de morfologische activiteit toenemen in de gehele bocht. In de huidige situatie ligt bijna de gehele Nieuwe Maas in de grindbestorting, vanwege de aanwezige grindbestorting (Figuur 28) is er geen erosie van de vaarweg te verwachten op de locaties van de bestorting, uitgaande van een stabiele en dekkende grindbestorting op de gehele bodem. Daarvoor is de toename in stroomsnelheid te gering.
- Er wordt geen aanzanding in de vaarweg verwacht, en daarmee ook geen ondieptes in de (vershoven) vaargeul, als gevolg van het stadion en de langsdam.
- De toename in snelheid (gering onder dagelijkse omstandigheden van vloed, significant tijdens jaarlijkse omstandigheden van hoogwater) geeft mogelijk een beperkte toename van erosie in de binnenbocht. Deze erosie hoeft geen consequenties te hebben op de stabiliteit van de bodem van de vaargeul of de stabiliteit van de oever. Verwachting is dat de toename in snelheid geen direct effect heeft op de bodemontwikkeling langs de oever en er geen directe maatregelen nodig zijn. Of mitigerende maatregelen op termijn nodig zijn, moet gezien worden in relatie tot de huidige bodemontwikkeling en het huidige bodembeheer. Dit is ons momenteel onbekend. Eventuele mitigerende maatregelen moeten worden gekoppeld aan het reeds uitgevoerde bodembeheer. Verwachting is dat er momenteel geen actief beheer van de bodem op deze locatie is en er ook geen aanleiding toe is. De reguliere monitoring van de bodem door RWS moet uitwijzen of het huidige bodembeheer ook voldoende is voor het beheer van de bodem in de toekomstige situatie. Indien monitoring uitwijst dat actiever bodembeheer nodig is zal de initiatiefnemer hierbij zijn schadeplichtigheid niet ontkennen.
- Vanwege de ligging van de aanwezige zinker van Evides is aandacht gevraagd voor de bodemontwikkeling van de kuil. De autonome ontwikkeling van de kuil toont dat de kuil toeneemt in diepte en omvang. Het stadion en de langsdam hebben hier geen effect op. De effecten die het stadion heeft op de stroomsnelheid in de kuil treden uitsluitend op tijdens een ebstroom bij hoge rivierafvoer, deze condities komen slechts enkele dagen per jaar gedurende enkele uren per dag voor. Daarmee is het effect van het stadion en langsdam op de diepte en omvang van de erosiekuil beperkt. Maatregelen om voldoende dekking op de zinker te behouden moeten worden gezien vanuit de autonome ontwikkeling van deze erosiekuil. Dit geldt eveneens voor maatregelen voor de stabiliteit van de oever nabij de kuil. Momenteel wordt er in samenspraak met Evides gewerkt aan een duurzame oplossing die voldoende dekking boven de zinker moet garanderen.
- Door het ontstaan van extra stromingsluwe, stagnante zones wordt er aanslibbing verwacht in de zone achter de langsdam (tussen de langsdam en de oever). Door de langsdam en de landaanwinning gaat het hier minder stromen. Hier zal vuil ophopen en slib bezinken. Dit heeft geen effect op de scheepvaart omdat het buiten de vaarweg plaats vindt. Vanuit waterkwaliteit zal het nodig zijn om deze zones op te nemen in een langjarig baggeronderhoud (verwachte frequentie 15-25 jaar). Ook het verwijderen van drijfvuil moet worden opgenomen in beheer- en onderhoudsplannen en beheerd worden (bv. halfjaarlijks verwijderen van drijfvuil door reinigingsbedrijf). Ook hier geldt dat de initiatiefnemer zijn schadeplichtigheid niet zal ontkennen.

In de volgende hoofdstukken zijn de morfologische aandachtspunten bij de bestaande erosiekuil en Evides zinker nader beschouwd.



Figuur 27: Locaties waar de morfologische activiteit verandert

3.1.4.1 Bestaande erosiekuil en zandwinning

In de huidige situatie is er zowel een zandwinning als een erosiekuil aanwezig in de vaarweg, beide liggen in het door het stadion beïnvloede gebied. De aanwezige erosiekuil in de Nieuwe Maas (op riviervak 997,2) groeit in de autonome situatie sterk in omvang en diepte. In de afgelopen 5 jaar is deze 1,1 m dieper geworden en in oppervlak met een factor 2 gegroeid (Deltares, 2016). Deze erosiekuil (genaamd NMS_4 in rapport Deltares) is daardoor een belangrijk aandachtspunt en uitbreiding van deze kuil is zeer ongewenst vanwege mogelijke risico's op instabiliteit van naastgelegen (kade)constructies. Zolang het aanbod van sediment aan de RMM achterblijft bij de transportcapaciteit in de riviervakken van de RMM, zal de ontwikkeling van kuilen in horizontale en verticale richting komende decennia min of meer onverminderd doorgaan.

Deltares (2016) adviseert aan RWS om op basis van de autonome ontwikkeling van de erosiekuil eerst te achterhalen of de recente sterke dynamiek (afgelopen 5 jaar) wordt veroorzaakt door de zandwinning of door natuurlijke processen. Indien de dynamiek natuurlijk is, heeft het hoge prioriteit om een nadere analyse uit te voeren. Indien de dynamiek toe te schrijven valt aan de zandwinning is de prioriteit lager. Ook bij een zandwinning kunnen hellingen te steil worden en tot instabiliteit leiden van de oever, rivierbodem of constructies.

In de huidige situatie is er reeds sprake van een ongewenste ontwikkeling van de erosiekuil. Deze autonome ontwikkeling kan mogelijk leiden tot instabiliteit van de oever, rivierbodem of constructies. RWS-WNZ heeft reeds aandacht voor het probleem rond de ontwikkeling van erosiekuilen in de RMM en werkt aan een adequate beheerstrategie. Hiertoe worden ook van tijd tot tijd metingen van de bodemligging gemaakt door RWS. Een eroderende bodem kan alleen stabiel gehouden worden door regelmatige suppletie van sediment en/of het eenmalig bestorten met stabiel materiaal (stortsteen). Er wordt momenteel nagedacht over een beheerstrategie door middel van eenmalig of regelmatig opvullen d.m.v. suppletie al dan niet in combinatie met bestorten met een grindlaag. Bodembescherming door bestorten is een beproefd concept voor de RMM, waarvan de effectiviteit kan worden vastgesteld. Dat geldt echter niet voor suppletie. De pilot

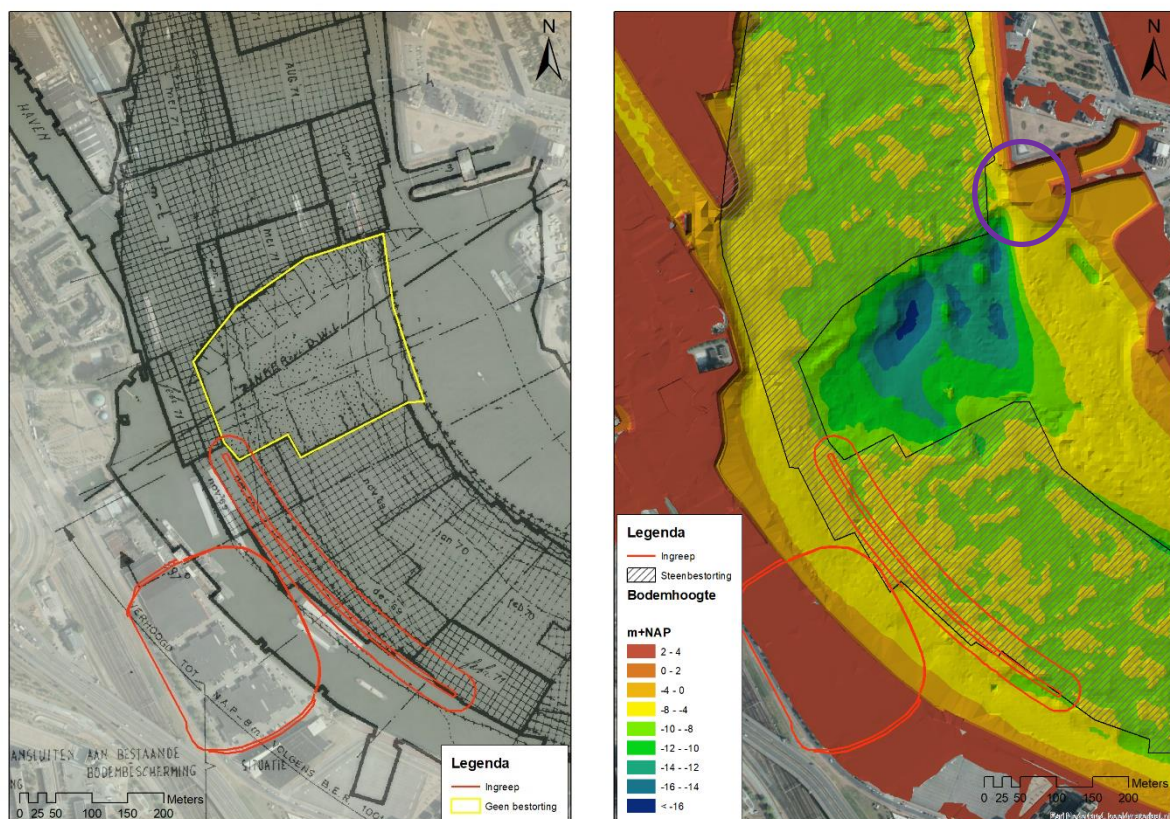
in de Oude Maas (2018-2020) zal wellicht inzicht geven in de effectiviteit van suppleties in de RMM. RWS-WNZ is dus bezig met het formuleren van de juiste beheerstrategie voor erosiekuilen, waaronder deze bewuste erosiekuil.

De ontwikkeling van het stadion en de langsdam in de vaarweg leidt tot een toename van de dieptegemiddelde stroming bij zowel normale (vloedstroom dominant) als jaarlijkse condities (ebstroom in combinatie met een jaarlijks terugkerende hoge afvoer). In Tabel 3 zijn de absolute stroomsnelheden weergegeven ter plaatse van de erosiekuil. Onder dagelijkse omstandigheden zijn de verschillen zeer minimaal, hetgeen waarschijnlijk slechts tot een minimaal effect zal leiden op de morfodynamiek van de kuil. Bij een combinatie van hogere afvoeren en een ebstroom neemt de stroomsnelheid in met name de binnenbocht (noord) wel significant toe met ca. 10-40%. In de buitenbocht neemt de snelheid af. Dit verschil kan wel leiden tot een toename van de morfologische dynamiek in de erosiekuil en dan met name op de taluds van de kuil. Deze condities komen echter maar een aantal dagen van het jaar voor. Daarmee is het effect van het stadion en langsdam op de diepte van de erosiekuil beperkt. Maatregelen om voldoende dekking op de zinker te behouden moeten worden gezien vanuit de autonome ontwikkeling van deze erosiekuil.

Tabel 3: Stroomsnelheden en verschillen ter plaatse van de erosiekuil.

Situatie	Stroomsnelheid huidig (dieptegemiddeld)	Stroomsnelheid met stadion en langsdam (dieptegemiddeld)	Verskil in stroomsnelheid (dieptegemiddeld)
Vloedstroom bij gemiddeld springtij met lage afvoer (1019 m ³ /s)	0,7 m/s (vaargeul grens zuid) tot 1,3 m/s (vaargeul grens noord)	0,7 m/s (vaargeul grens zuid) tot 1,3 m/s vaargeul grens noord)	Versillen tussen -0,05 (vaargeul grens zuid) tot 0,05 m/s (vaargeul grens noord)
Ebstroom bij gemiddeld springtij met hoge afvoer (5162 m ³ /s)	0,7 m/s (vaargeul grens zuid) tot 1,2 m/s vaargeul grens noord)	0,7 m/s (vaargeul grens zuid) tot 1,3 m/s vaargeul grens noord)	Versillen tussen -0,1 (vaargeul grens zuid) tot 0,4 m/s (vaargeul grens noord)

Omdat de oever van de binnenbocht niet direct grenst aan de taludhellingen van de erosiekuil is er op grootste deel van de kuil geen risico op instabiliteit. Enkel op de benedenstroomse rand van de kuil grenst de oever direct aan de kuil. Het is vanuit de autonome ontwikkeling van de kuil aannemelijk dat de oever hier versterkt zal moeten worden met extra steenbestorting (*falling apron*) om risico op erosie direct langs de oever te mitigeren. Deze locatie is in Figuur 28 aangegeven met een paarse cirkel. Maatregelen voor bescherming op deze locatie moeten worden gezien vanuit de autonome ontwikkeling van deze erosiekuil en zijn geen effect van het stadion of de langsdam.



Figuur 28: Grindbestorting in de Nieuwe Maas met daarin de locatie van de erosiekuil aangegeven

3.1.4.2 Aanwezige Evides Leiding

De effecten op de Evides leiding hangen sterk samen met de effecten op de erosiekuil. De Evides leiding loopt onder de erosiekuil door, ter plaatse van rivierkilometer 997,1. De morfodynamiek van de erosiekuil is voorgaand toegelicht evenals de effecten van het stadion en de langsdam op deze morfodynamiek.

Er heeft het afgelopen jaar (2019) regelmatig overleg plaatsgevonden tussen Feyenoord City en Evides, hetgeen is vastgelegd in gespreksverslagen.

Duidelijk is dat er in de huidige situatie reeds sprake is van optredende erosie boven de zinkerconstructie Z18 van Evides en dat deze erosie zal worden versneld door het verschuiven van de vaargeul a.g.v. aanbrengen langsdam en landaanwinning voor het stadion, maar niet duidelijk is in welke mate deze versnelling dan zal gaan optreden.

Tijdens de overleggen werden Evides en Feyenoord City het met elkaar eens dat het weinig zin heeft om nog meer energie en kosten in rapportages te steken en dat het beter is om gezamenlijk tot een pragmatische duurzame oplossing te komen. Duidelijk is dat een vergelijkbare steenbestorting, zoals nu aanwezig is op de bodem van de vaargeul rondom de erosiekuil, voldoende soelaas kan bieden om de benodigde dekking boven de zinkerconstructie van Evides te kunnen blijven garanderen gegeven de, goeddeels autonome, ontwikkeling van de erosiekuil.

Evides heeft recent een impact analyse (Bijker, 2019) laten uitvoeren m.b.t. de huidige erosiekuil t.p.v. zinker Z18 met het ingemeten verloop van de bodem over de afgelopen jaren (periode 2008 – 2019).

De belangrijkste conclusies /waarnemingen van de analyse ten behoeve van de ontwerp-strategie voor het bestortingsplan zijn:

1. Net benedenstrooms van Z18 bevinden zich twee langzaam tot niet erodeerbare bulten;
2. Deze bulten beperken de 'bewegingsvrijheid' van erosiekuilen net bovenstrooms van Z18;
3. De huidige dekking is slechts enkele decimeters en kleine veranderingen (plaats en diepte) van de erosiekuilen kunnen de leidingen doen blootspoelen;
4. De kans is reëel dat initiële beperkte blootspoeling leidt tot versnelde erosie rond de leidingen en vrije overspanningen;
5. De kans dat er vervolgens schade ontstaat als gevolg van VIV (vortex induced vibrations) is naar verwachting klein door de gefixeerde bundeling van de drie parallelle pijpleidingen (deze stelling is niet gekwantificeerd/verifieerd);
6. De kans dat Z18 faalt door een hakend anker is naar verwachting klein (deze stelling is niet gekwantificeerd/geverifieerd);
7. Verkleining van doorstromingsprofiel rivier door Feijenoord City en langsdam zal leiden tot grotere stroomsnelheden en meer erosie;
8. De kans op blootspoelingen is reëel en er wordt daarom geadviseerd deze kans significant te verkleinen door lokaal de leidingen van een bescherming te voorzien.

Evides heeft inmiddels ook een ontwerpvoorstel voor een bestortingsplan boven de zinkerconstructie laten opstellen. Het ontwerp bestortingsplan bestaat globaal uit een grindafdekking van 1,50 m (richtlijn vaarwegen) boven de zinkerconstructie over een afstand van ca. 150 m met een breedte van 2 x 10 m aan weerszijden van de zinkerconstructie. Hiervoor is ca. 4.000 m³ grind nodig, met een gradering van 40 – 125 mm. Volgens Evides is dit een voldoende robuuste en duurzame oplossing voor de komende 50 jaar.

Het plan is nu verder om de aanwezige grindlaag ter plaatse van de landaanwinning, die toch moet worden verwijderd, te verwerken als steenbestorting boven de zinkerconstructie (bij gebleken kwalitatieve en kwantitatieve geschiktheid).

3.1.4.3 Overige effecten

De toename in stroomsnelheid zal leiden tot een grote belasting door stroming in de buitenbocht aan de buitenteen van de langsdam. De langsdam zal daartoe adequaat beschermd moeten zijn middels een teenverdediging. In het ontwerp van de langsdam (bijlage A9) moet hier rekening mee gehouden worden om de standzekerheid van de langsdam te waarborgen. Ook in de programmering van beheer en onderhoud en frequentie van monitoring moet hier rekening mee gehouden worden. Dit laatste geldt ook voor de kademuur en bodem in de binnenbocht. Ook hier neemt de stroomsnelheid toe en neemt de stromingsbelasting op zowel de kade als de bodem toe. Dit kan leiden tot groei van erosie langs de kademuur indien de bodem en teenverdediging niet adequaat is vormgegeven.

Qua vaardiepte is er vooralsnog geen knelpunt voor de scheepvaart in deze bocht. Enige aanzanding rondom de erosiekuil zorgt niet voor ondieptes voor de scheepvaart. Wel kunnen scherpe wisselingen in waterdiepte zorgen voor een onrustig stroompatroon en het duiken van de boeg van schepen (onrustig vaarpatroon). Er wordt geen aanzanding in de vaarweg verwacht, en daarmee ook geen ondieptes in de (vershoven) vaargeul, als gevolg van het stadion en de langsdam.

Door het ontstaan van extra stromingsluwe, stagnante zones wordt er aanslibbing verwacht in de zone achter de langsdam (tussen langsdam en oever). Door de langsdam en de landaanwinning gaat het hier lokaal minder stromen en ontstaan stromingsluwe locaties. Hier zal vuil ophopen en slib bezinken. Dit heeft geen effect op de scheepvaart omdat het buiten de vaarweg plaats vindt. Vanuit waterkwaliteit zal het nodig zijn om deze zones mee te nemen in het langjarig baggeronderhoud (verwachte frequentie 15-25 jaar)

binnen het prestatiecontract van RWS. Ook het verwijderen van drijfvuil moet worden opgenomen in beheer- en onderhoudsplannen en beheerd worden (bv. halfjaarlijks verwijderen van drijfvuil door reinigingsbedrijf).

3.1.5 Nautische veiligheid

Op het gebied van nautische veiligheid voor schepen in de vaarweg zijn het de eindsituatie en de bouwphase nauwelijks van elkaar te onderscheiden. In het kader van de MER zijn er door Marin aanvullende analyses uitgevoerd naar de nautische veiligheid en het effect van het opschuiven van de vaargeul en het aanleggen van het stadion & langsdam (Marin, 2018). Deze analyse concludeert dat er geen merkbare negatieve effecten zijn op de veiligheid en vlotheid van de scheepvaart t.g.v. de ontwikkelingen. Dit hoofdstuk geeft de belangrijkste conclusies uit het onderzoek van Marin weer omdat deze een gedetailleerder en beter beeld geven van het effect op scheepvaart dan de standaard WAQUA-berekeningen.

3.1.5.1 Referentie situatie

De locatie van het stadion ligt aan de drukbevaren vaarroute waar dagelijks vele schepen passeren, een groot deel van deze schepen bevat gevaarlijke stoffen. De veiligheid en vlotheid van de scheepvaart is daarom een belangrijk aandachtspunt welke niet in het geding mag komen.

Het stadion wordt geplaatst in de buitenbocht van de Bocht van Esch. Deze bocht is genoemd als een bocht die voor schepen gemiddeld gezien lastiger navigeren is. Door de sterke bovenstroom is het op bepaalde momenten van het getij lastig navigeren voor langsvarende schepen, met name bij opkomend springtij. Daarnaast is het navigeren door een bocht per definitie lastiger doordat het schip in een drift door de bocht zal gaan. Schippers die de situatie kennen, kunnen hier echter goed op anticiperen.

De ontwerpbreedte van de Bocht van Esch is volgens de Richtlijn Vaarwegen 2017 (RVW 2017, RWS) ruim voldoende in de huidige situatie (ruim 40 m breder dan in de RVW 2017 aangegeven). De RVW 2017 zijn echter niet gevalideerd voor een vaarweg als de Nieuwe Maas met een langsstroming groter dan 0,5m/s. in een situatie met een grotere langsstroom zal de padbreedte van de schepen die stroom mee hebben toenemen. Over het algemeen zal er op stromend water meer ruimte nodig zijn dan aangegeven in de RVW 2017. Deze ruimte is in de Bocht van Esch ruim voldoende aanwezig.

De bochtstraal van de Bocht van Esch is te klein volgens de RVW 2017. De bochtstraal zou voor een klasse VIb vaarweg 6L (6 maal de lengte van het maatgevende schip) moeten zijn. Gezien de manoeuvreereigenschappen van een maatgevende schip is deze kleinere bochtstraal echter geen enkel probleem. Alleen de vlotheid zou door deze kleinere bochtstraal iets negatief beïnvloed kunnen worden, door de grotere beschikbare breedte wordt dit echter ruim gecompenseerd.

De vergelijking met twee gelijksoortige bochten (bocht bij Nijmegen en bocht bij Heerjansdam) qua dimensies, verkeersaanbod en vlootsamenstelling geeft aan dat de Bocht van Esch zeker geen kritische bocht is voor het huidige verkeersaanbod.

De veiligheid en vlotheid in de bocht wordt door een aantal zaken beïnvloed als gevolg van de ingreep; zowel het stroombeeld als het windpatroon verandert. Om te beoordelen of deze veranderingen een negatieve invloed hebben op de veiligheid en vlotheid is er wederom getoetst aan de RVW 2017, zie hiervoor respectievelijk de paragrafen 3.1.5.2 en 3.1.5.3

3.1.5.2 Verandering stroombeeld op de rivier

Om de verandering van de stroming op de rivier te beoordelen zijn stroombeeldberekeningen uitgevoerd door Svasek (Svasek, 2018), deze berekeningen zijn gebruikt in het onderzoek van Marin (Marin, 2018) om het effect op de scheepvaart te bepalen. De verandering in stroming is weergegeven in hoofdstuk 3.1.3, deze paragraaf geeft aan wat het effect van die verandering is op scheepvaart.

Maximale eb-stroming; De schippers zullen over een groter gebied ebstroom ervaren maar er zal minder verstoring van de vaart zijn door verschillen in langsstroom, zoals in de huidige situatie. In principe zal de padbreedte in de binnenbocht iets toenemen bij een hogere ebstroomsnelheid en in de buitenbocht afnemen. De variatie in padbreedte door de variërende langsstroom in de huidige situatie zal echter afnemen. De schippers zullen snel wennen aan de hogere stroomsnelheid en omdat de stroom minder varieert dan in de huidige situatie zijn in de toekomst geen problemen te verwachten met de hogere stroomsnelheid.

Maximale vloed-stroming; De stroom aan de benedenstroomse kant van de buitenbocht wordt in de toekomstige situatie iets gelijkmatiger. De stroomvertraging op die locatie in de huidige situatie wordt minder in de toekomst, waardoor de scheepvaart minder last zal hebben van onregelmatigheden in de langsstroom.

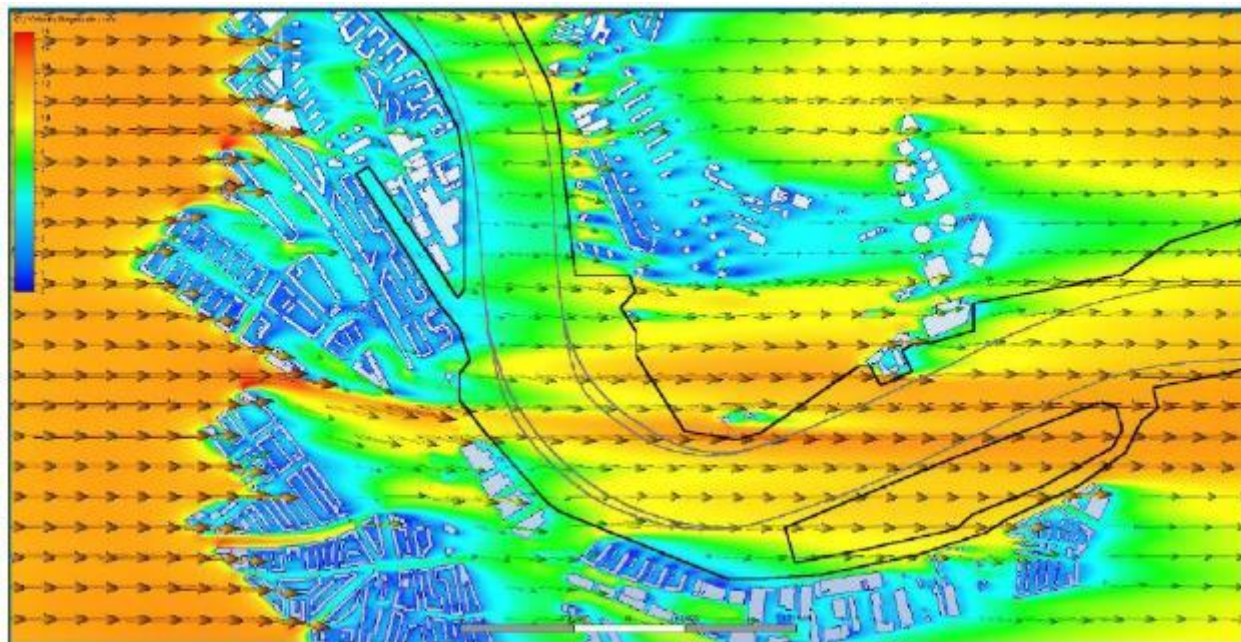
3.1.5.3 Verandering windpatroon

De verandering in windpatroon voor de windvelden voor Z, ZW en W wind zijn geanalyseerd omdat de geplande bebouwing zich aan de ZW kant van de vaarweg bevindt. Wind uit de overige richtingen zal nauwelijks beïnvloed worden door de benedenwindse bebouwing.

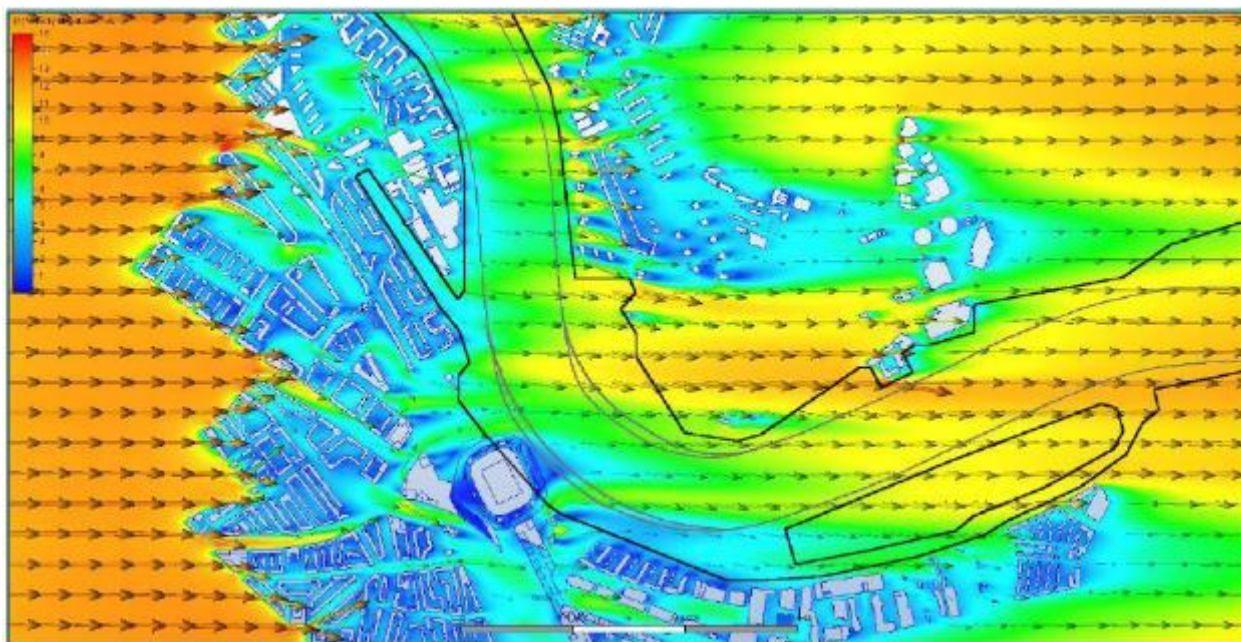
De zuidenwind ten noorden van het stadion draait iets meer in de richting van de geul en neemt af van 13 m/s naar 11 m/s. Dit effect zal de scheepvaart alleen maar positief beïnvloeden omdat de wind afneemt en meer in de richting van de geul staat. Ten oosten van het stadion ontstaat een sterke verandering van de wind langs de vaarrichting maar de windsnelheid is daar relatief laag (5-7 m/s) zodat de daar optredende gradiënten geen negatieve invloed hebben op de scheepvaart.

Voor de zuidwestenwind draait de wind ten noordoosten van het stadion ten opzichte van de geul en neemt af van 12 m/s naar 7 m/s. De wind staat hier al dwars op de geul en de kleine verandering in richting heeft geen nadelige invloed op de scheepvaart, temeer daar de gemiddelde snelheid sterk afneemt in de toekomstige situatie. Ook ten oosten van het stadion is er geen nadelige invloed door verandering in wind.

Voor de westenwind is er in de huidige situatie een sterke stroming zichtbaar ten noorden van het stadion (Figuur 29). Deze stroming zorgt in de huidige situatie voor een sterke variatie van de windsnelheid langs de vaarrichting. In de toekomstige situatie is een gelijkmatiger beeld te zien waarbij de gemiddelde windsnelheid ook nog afneemt (Figuur 29 en Figuur 30). De wind in de toekomstige situatie heeft daarom geen nadelige invloed op de scheepvaart.



Figuur 29: Windpatroon in huidige situatie voor westenwind op 6 meter hoogte



Figuur 30: Windpatroon in de toekomstige situatie voor westenwind op 6 meter hoogte

3.1.5.4 Breedte en bochtstraal van de vaarweg

Bij het verplaatsen van de vaarweg blijft de breedte van de ontwerpgeul hetzelfde en zal de bochtstraal afnemen. De ontwerpbreedte is ruim voldoende en het verschil in bochtstraal van 645 m (huidig) naar 615 m (toekomstig) zal geen merkbare invloed hebben op de veiligheid en vlotheid van de scheepvaart. In de tabel zijn de volgens RVW 2017 benodigde breedte en beschikbare breedte gegevens van de Bocht van Esch, de bocht bij Heerjansdam en de bocht bij Nijmegen weergegeven. Deze drie bochten zijn qua aantallen schepen en vloot samenstelling redelijk vergelijkbaar. Uit Tabel 4 blijkt dat de ontwerpbreedte van

de Bocht van Esch ruim voldoende is in de huidige én toekomstige situatie. De bochtstraal is te klein, echter gezien de manoeuvreer eigenschappen van de maatgevende schepen is de te kleine bochtstraal geen probleem, de vlotheid kan wel negatief beïnvloed worden.

Tabel 4: Vergelijking van de Bocht van Esch met RVW 2017 en vergelijkbare bochten

Locatie	Dimensie	Bocht v. Esch			Heerjansdam	Nijmegen
		RVW	Huidig	Toekomst	Huidig	Huidig
Klasse vaarweg	-	Vla	Vla	Vla	Vlb	Vlb
Aantal passages/jaar	-	131158	131158	131158	65586	150000
Lengte geladen ontwerpschip	m	270	270	270	270	270
Lengte lege ontwerpschip	m	190	190	190	190	190
Wt (breedte op geladen diepgang)	m	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2
Windtoeslag	m	9	9	9	9	9
Aandeel laadvermogen Klasse Vlb, Vlc Vlla	%	10.5	10.5	10.5	2.3	16
Extra windtoeslag voor klasse Vlb	m	8	8	8	0	14
Gemiddeld laadvermogen	ton	1854	1854	1854	2554	2600
Intensiteitstoeslag	m	54	54	54	28	75
Benodigde breedte rechtstand	m	162	162	162	128	189
Bochtstraal as vaarweg	m	1620	645	615	950	1000
C1 geladen Vlb	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Bochttoeslag geladen vaart	m	9	23	24	15	15
C2 leeg Vlb	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Bochttoeslag lege vaart	m	9	22	23	15	14
Benodigde breedte in bocht	m	180	207	209	159	218
Beschikbare breedte in bocht	m	250	250	250	185	170

Door het nieuwe stadion verschuift de vaargeul van de Nieuwe Maas ter hoogte van de bocht (Bocht van Esch) met 35m naar het noordoosten. Het verplaatsen van de vaargeul levert geen aanvullende problemen op voor de scheepvaart. Een analyse van vaarbewegingen (AIS-analyse) toont dat de scheepvaart in de huidige situatie al nauwelijks gebruik maakt van de nu nog beschikbare zuidwestelijke strook van de vaargeul. Het ontnemen van deze strook aan de vaarweg heeft dan ook weinig tot geen effect op de scheepvaart. De modelberekeningen tonen dat de effecten als gevolg van de veranderende stroombeelden en windpatronen zeer klein zijn en niet ongunstig zijn te noemen. De nieuwe bebouwing werkt bijvoorbeeld als een soort windscherm bij zuidwestelijke wind. De bocht van Esch kan, op het gebied van vlotheid en veiligheid scheepvaart, nu en in de toekomst niet als kritisch worden beoordeeld in vergelijking met gelijksoortige bochten. Er is geen merkbare verslechtering ten aanzien van de nautische vlotheid en veiligheid in de nieuwe situatie. Als gevolg van de ingreep wordt er wel een nieuw object langs de vaargeul geïntroduceerd en moet de bestaande radarpost verplaatst worden.

Het verschuiven van de vaargeul heeft geen ontwerpogave in de binnenbocht tot gevolg. Extra oeverbescherming of initieel baggeren van de binnenbocht lijkt niet noodzakelijk doordat er geen wijziging in belastingen plaats vindt door de scheepvaart t.o.v. de huidige situatie. In de buitenbocht moet de langsdam ontworpen worden op maatgevende stroomsnelheden, maatgevende scheepsgolven en moet rekening worden gehouden met stroombelasting t.g.v. schroefstralen van langskomende schepen. Ook moet rekening gehouden worden met de dynamiek van de rivierbodem (ondanks dat deze afgepleisterd is), waarmee een adequate teenconstructie van de dam moet worden ontworpen.

4 Conclusies

De ontwikkeling van het stadion en de langsdam zijn zowel voor de bouwfase als eindsituatie hydraulisch doorgerekend en rivierkundig beoordeeld op de verschillende deelonderwerpen. De resultaten hiervan zijn per onderdeel in onderstaande tabel weergegeven. Het onderscheid tussen de twee varianten (bouwfase en eindsituatie) is voor alle criteria zeer klein. De resultaten voor de eindsituatie zijn daarom weergegeven in onderstaande tabel.

Onderwerp	Effect
Maatgevende hoogwaterstand	Positief effect, de maatgevende hoogwaterstand neemt ter plaatse van het stadion gemiddeld met iets meer dan een millimeter af. Er is sprake van een zeer plaatselijke opstuwing in de as van de rivier van 1mm die wegvalt tegen de plaatselijke verlaging van 7mm. Ook langs de primaire waterkering is er geen opstuwing zichtbaar. In de bouwfase is het effect extremer en neemt de waterstand nog verder af.
Volume waterberging	Positief effect, op de twee compensatie locaties kan er voldoende waterbergingsvolume gecreëerd worden om de afname als gevolg van de ontwikkelingen van het stadion en de langsdam te compenseren. Het verlies aan waterberging wordt gecompenseerd op locatie Brienenoord en Stormpolder.
Stroombeeld	Het stroombeeld wijzigt een toename in stroomsnelheden onder zowel dagelijkse als extreme omstandigheden ontstaat als gevolg van vernauwing van de vaarweg ter plaatse van de stadionlocatie in de vaarweg.
Morfologie	Er wordt geen aanzanding in de vaarweg verwacht, en daarmee ook geen ondieptes in de (vershoven) vaargeul, als gevolg van het stadion en de langsdam. Door de toename in stroomsnelheid zal de erosie op de onbeschermde delen van de vaarweg mogelijk toenemen. De toename in snelheid (gering onder dagelijkse omstandigheden van vloed, significant tijdens jaarlijkse omstandigheden van hoogwater) geeft mogelijk een beperkte toename van erosie in de binnenbocht. Deze erosie hoeft geen consequenties te hebben op de stabiliteit van de bodem van de vaargeul of de stabiliteit van de oever. Eventuele optredende erosie wordt gemonitord, de initiatiefnemer zal in deze zijn eventuele schadeplichtigheid niet ontkennen. Het effect van het stadion en langsdam op de diepte en omvang van de erosiekuil is beperkt. Maatregelen om voldoende dekking op de zinker te behouden worden opgesteld in samenspraak met Evides. De bodemontwikkeling van de kuil is een belangrijk aandachtspunt en is meegenomen in het ontwerp van de langsdam. Door het ontstaan van extra stromingsluwe, stagnante zones wordt er aanslibbing verwacht in de zone achter de langsdam (tussen de langsdam en de oever), de initiatiefnemer zal in deze zijn eventuele schadeplichtigheid niet ontkennen.
Nautische veiligheid	De aanvullende studies die zijn uitgevoerd naar het effect van de ingreep op de nautische veiligheid tonen aan dat er geen merkbare negatieve effecten zijn op de veiligheid en vlotheid van de scheepvaart t.g.v. de ontwikkelingen.

In de bouwfase is de landaanwinning groter en zou er een groter volume gecompenseerd moeten worden, deze fase duurt echter korter dan 5 jaar en kan daarom bestempeld worden als tijdelijk. Voor tijdelijke situaties hoeft er geen compensatie van het bergend vermogen plaats te vinden zolang de veroorzaakte opstuwing binnen de 1,0 mm blijft, in hoofdstuk 3.1.1 is aangetoond dat dit het geval is. Er is daarmee geen compensatie voor de bouwfase nodig.

In de huidige situatie ligt het bestaande maaiveld met hoogtes van ca. NAP+3,8 m overal boven het uitgiftepeil (3,60m+NAP) van de Gemeente Rotterdam. De ontwikkellocatie voldoet aan de referentiewaarde voor het individueel overstromingsrisico. Volgens het uitgiftepeilenbeleid is er daarmee op de ontwikkelingslocatie in de huidige situatie geen sprake van een overstromingsrisico hoger dan de referentiewaarde. In de toekomstige situatie blijft dit zo, de kade wordt zelfs nog verhoogd ten opzichte van de huidige situatie waardoor het risico afneemt.

De belangrijkste aandachtspunten liggen bij de morfologische effecten, de mogelijke negatieve effecten zijn echter op te lossen door het aanvullen van de bestaande bodembescherming, adequaat ontwerp van de langsdam en een actiever sedimentbeheer (t.g.v. autonome bodemontwikkeling van de erosiekuil en zandwinning). De overige beoordelingsaspecten uit het rivierkundig beoordelingskader; Maatgevende waterstand, Volume waterberging, Stroombeeld en Nautische veiligheid, scoren neutraal of positief.

5 Referenties

Bijker, 2019, Impact analyse en maatregelen Zinker Z18.

Deltares, 2016, Advies beheer rivierbodem van de Rijn-Maasmonding Eindadvies project "Advies beheer rivierbodem RMM", 208925-000

Gemeente Rotterdam, januari 2018, *Herijking beleid uitgiftepeilen in buitendijks gebied, beleid en onderbouwing*.

Marin, 2018, Nautisch onderzoek verplaatsen vaargeul nieuwe Maas, 2 november 2018

Rijkswaterstaat, 2017, *Richtlijnen vaarwegen 2017*.

Royal HaskoningDHV, 14 maart 2016, *Bepalen waterstandseffecten t.b.v. locatiekeuze stadionpark Rotterdam*

RHDHV, 2018 MER Feyenoord City, concept versie 0.2, 14 december 2018

RHDHV, 2018, Impact van Basis Rivierbodempligging op beleid en beheer, Beschrijving van 3 pilots voor uitwerking signaleringsinstrument en afsprakenkader, 30 mei 2018

RHDHV, 2018 Scenariostudie t.b.v. besluit sedimentbeheerplan RMM, 31 december 2018

Svasek Hydraulics, 16 maart 2016, *Nautische effectstudie nieuw stadion Feyenoord in bocht van Esch*.

Svasek Hydraulics, 31 juli 2018, Effectstudie Feyenoord City, modellering van stroming rondom het nieuwe stadion

RWS directie beneden rivieren, VERHOGEN EN VASTLEGGEN BODEM Nw MAAS VAN KMR.9936 – 9995, VORDERINGEN TEKENING" 1 OKT 1971, nr. 70018

Tekening Z18 13-4.tif, ligging zinker Evides

Appendices

A1 Werkwijze en uitgangspunten

In de voorliggende studie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Waterstandsverschillen worden bepaald bij maatgevende condities, met een herhalingsstijd van 4000 jaar;
- Hierbij wordt gebruik gemaakt van de methode met conditionele illustratiepunten (cip);
- Het gebruikte cip is Nieuwe Maas km 996. Dit punt is bepaald door Rijkswaterstaat West-Nederland-Zuid (RWS-WNZ).

De kenmerken van de uitgevoerde Baseline schematisaties zijn als volgt:

- De schematisatie van de rivierkundige ingrepen zijn aangemaakt met behulp van Baseline versie 5.3.3. Er wordt gebruik gemaakt van ArcGIS 10.3 SP1;
- Het aangeleverde volledige Baseline model 'beno15_5-v1' is gebruikt als referentiemodel;
- De schematisatie de bouwphase heeft als kenmerk gekregen 'ma_fcf_c1'. De maatregel is ingemixt in het volledige Baseline model, wat leidt tot de variant met kenmerk 'Beno15_5_fcf_c1';
- De schematisatie de eindsituatie heeft als kenmerk gekregen 'ma_fcf_c2'. De maatregel is ingemixt in het volledige Baseline model, wat leidt tot de variant met kenmerk 'Beno15_5_fcf_c2';

De kenmerken van de uitgevoerde WAQUA berekeningen zijn als volgt:

- De gebruikte WAQUA versie is Simona 2015 (laatste patch);
- Het vigerende WAQUA model is het 'RMM-5/beno15_5-v1' model;
- Het complete RMM-5 model heeft een lange rekentijd en complexe aansturing. Om de rekentijd te verkorten en de aansturing te vergemakkelijken, is een deelmodel gemaakt op basis van het gehele model. Deze werkwijze is conform het Rivierkundig Beoordelingskader;
- Randvoorwaarden voor het deelmodel zijn overgenomen uit SOBEK resultaten, aangeleverd door RWS-WNZ;
- De WAQUA berekeningen zijn uitgevoerd bij drie verschillende combinaties van randvoorwaarden. Deze combinaties zijn bepaald door RWS-WNZ en zijn te vinden in Tabel 5. De Europoortkering is in alle drie de situaties geopend;
- Er zijn geen lateralen aanwezig in het deelmodel;
- Er wordt niet-stationair gerekend;
- De modeltijdstep is 0,05 minuut (3 seconden);
- Een overzicht van de WAQUA SDS-bestanden is te vinden in Tabel 6.

Tabel 5: combinaties van randvoorwaarden

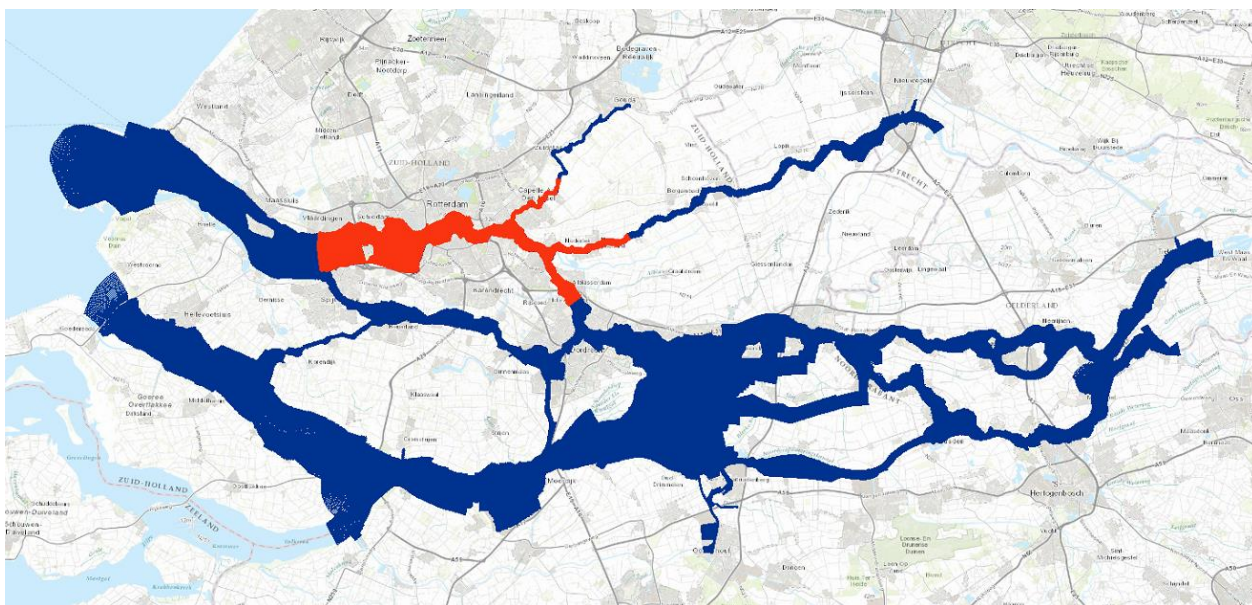
Naam	Afvoer Rijn (m ³ /s)	Afvoer Maas (m ³ /s)	Zeewaterstand (m +NAP)	Windsnelheid (m/s)	Windrichting	Kansbijdrage
AAA	1605	171	3.55	23.0	NW	33%
AAB	3193	497	3.47	22.0	NW	33%
AAC	7614	1535	3.11	19.0	NW	33%

Tabel 6 Kenmerken SDS-bestanden

Situatie	Referentie	Variant 1	Variant 2
AAA	Ref_AAA	fcf_c1_AAA	fcf_c2_AAA
AAB	Ref_AAB	fcf_c1_AAB	fcf_c2_AAB
AAC	Ref_AAC	fcf_c1_AAC	fcf_c2_AAC

A2 Opbouw deelmodel

Het complete RMM-5 domein is te zien in Figuur 31. Het deelmodel wordt in diezelfde figuur getoond in het rood.

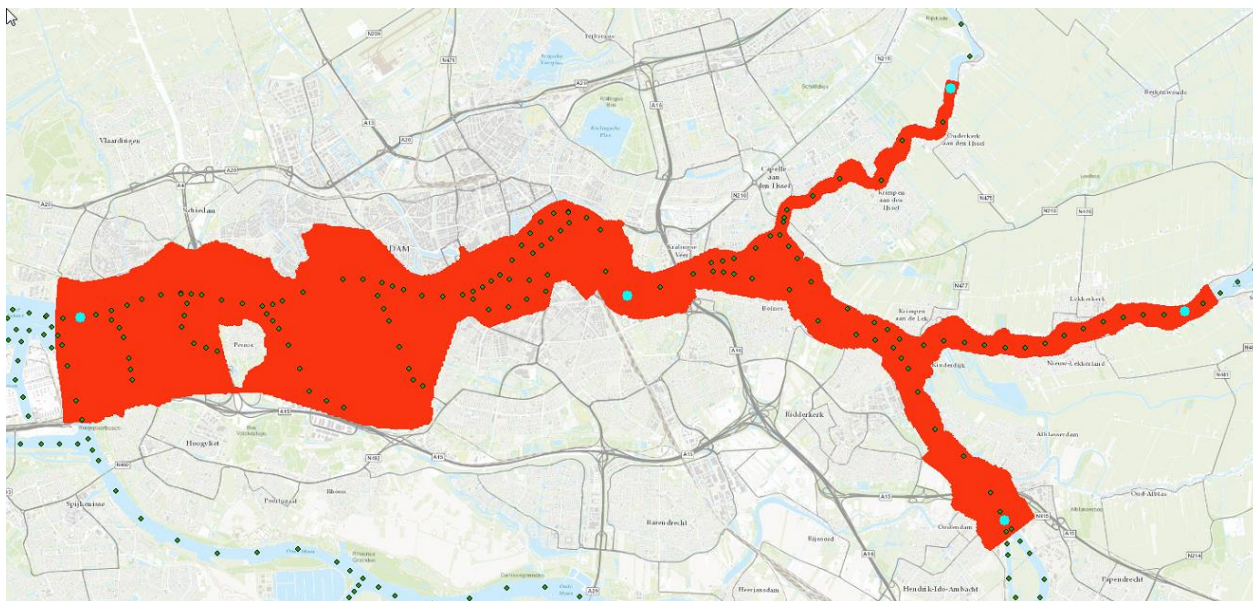


Figuur 31: modeldomein RMM-5 model (blauw) en deelmodel (rood)

Figuur 32 toont het domein van het deelmodel. Het RMM-5 grid is afgesneden nabij SOBEK-uitvoerlocaties die zijn gebruikt om randvoorwaarden op te leggen:

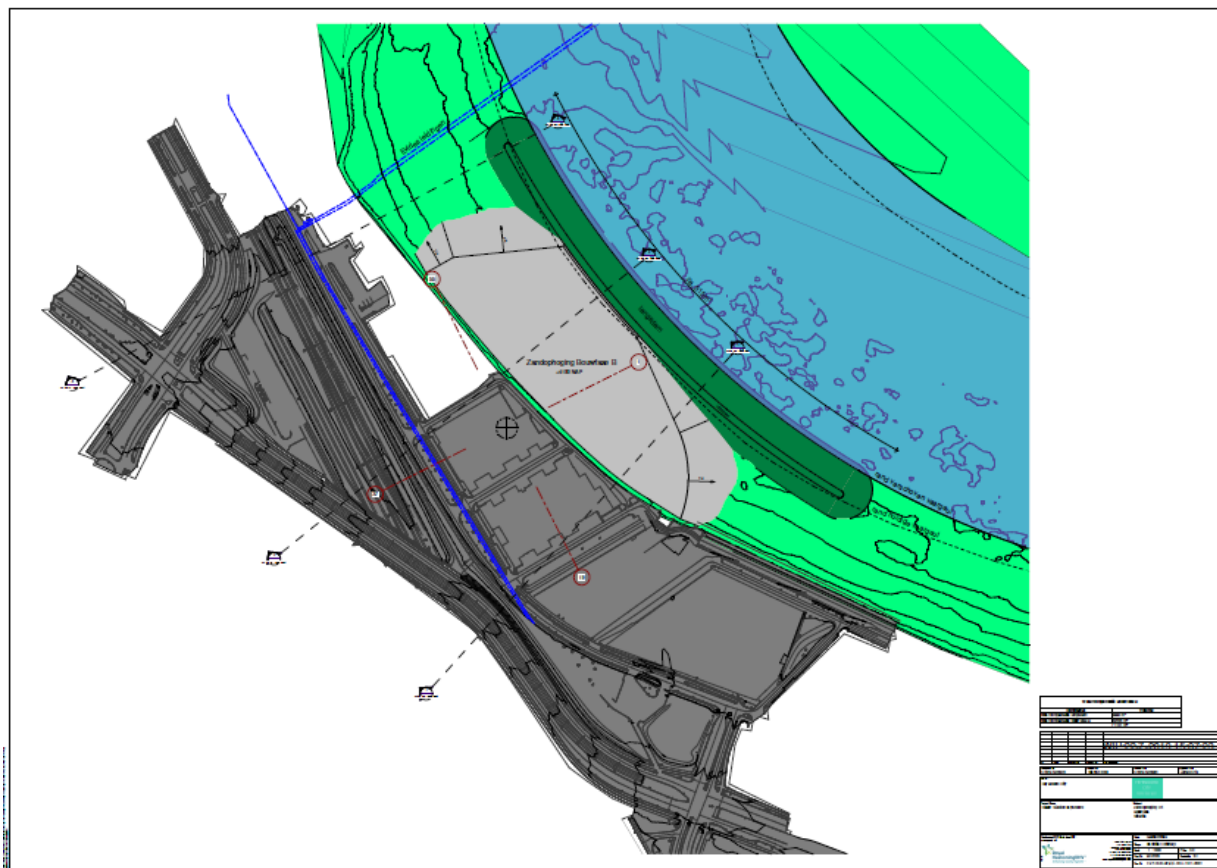
- Bij de Hollandsche IJssel wordt SOBEK-uitvoerlocatie 'HoiJ029_12028' gebruikt om een debiet op te leggen. Dit punt ligt nabij KMR 12;
- Bij de Lek wordt SOBEK-uitvoerlocatie 'Lek 2_34117' gebruikt om een debiet op te leggen. Dit punt ligt nabij KMR 982;
- Bij de Noord wordt SOBEK-uitvoerlocatie 'NOOR098_261,175' gebruikt om een debiet op te leggen. Dit punt ligt nabij KMR 980;
- Bij de Nieuwe Maas wordt SOBEK-uitvoerlocatie 'NiMa010_772' gebruikt om een waterstand op te leggen. Dit punt ligt nabij KMR 1012.

De projectlocatie ligt op de Nieuwe Maas nabij SOBEK-uitvoerlocatie NiMa010_772 bij KMR 997.

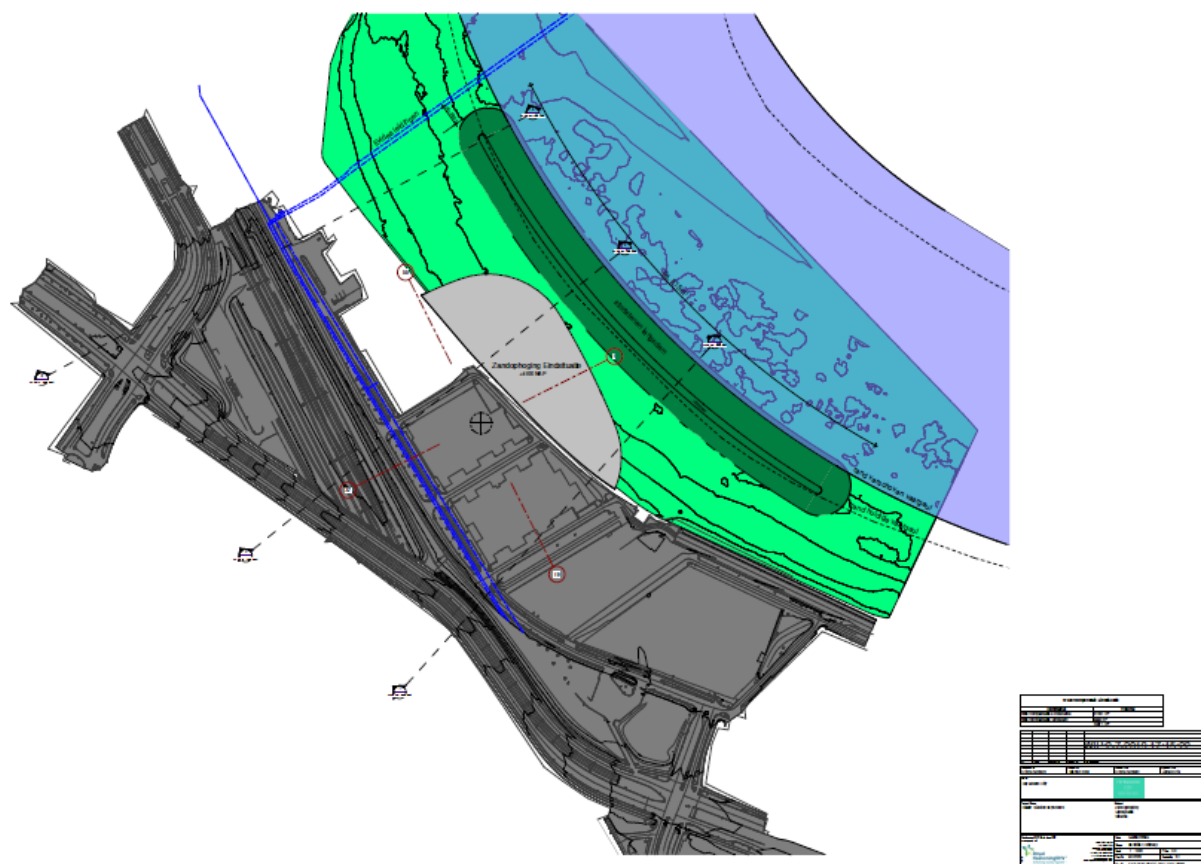


Naast het opknippen van het model is het rekenrooster drie keer verfijnd. Hierdoor is voldoende detailniveau aanwezig om de maatregelen goed op te nemen in het model. Om het model stabiel te krijgen is de rekentijdstap aangepast naar 0,05 minuut en is de viscositeit aangepast aan de benedenstroomse rand (plaatselijk verhoogd naar 100 m²/s).

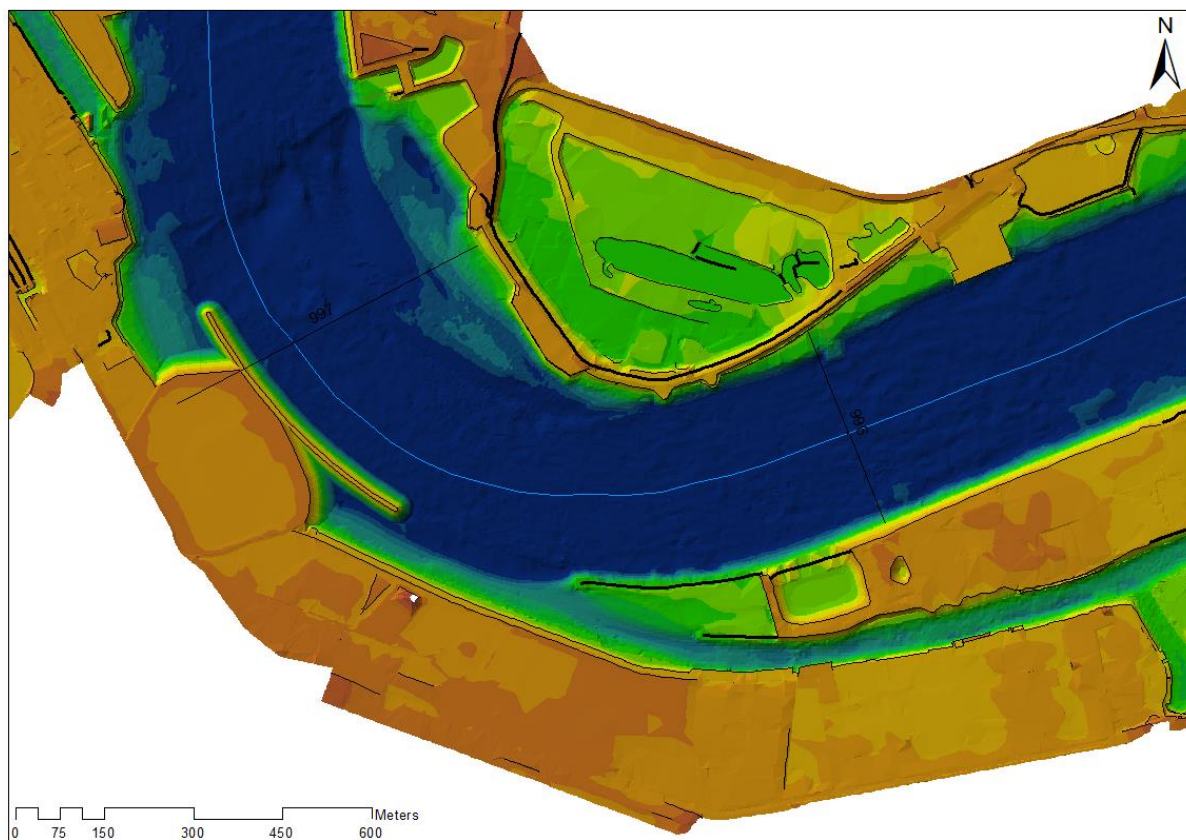
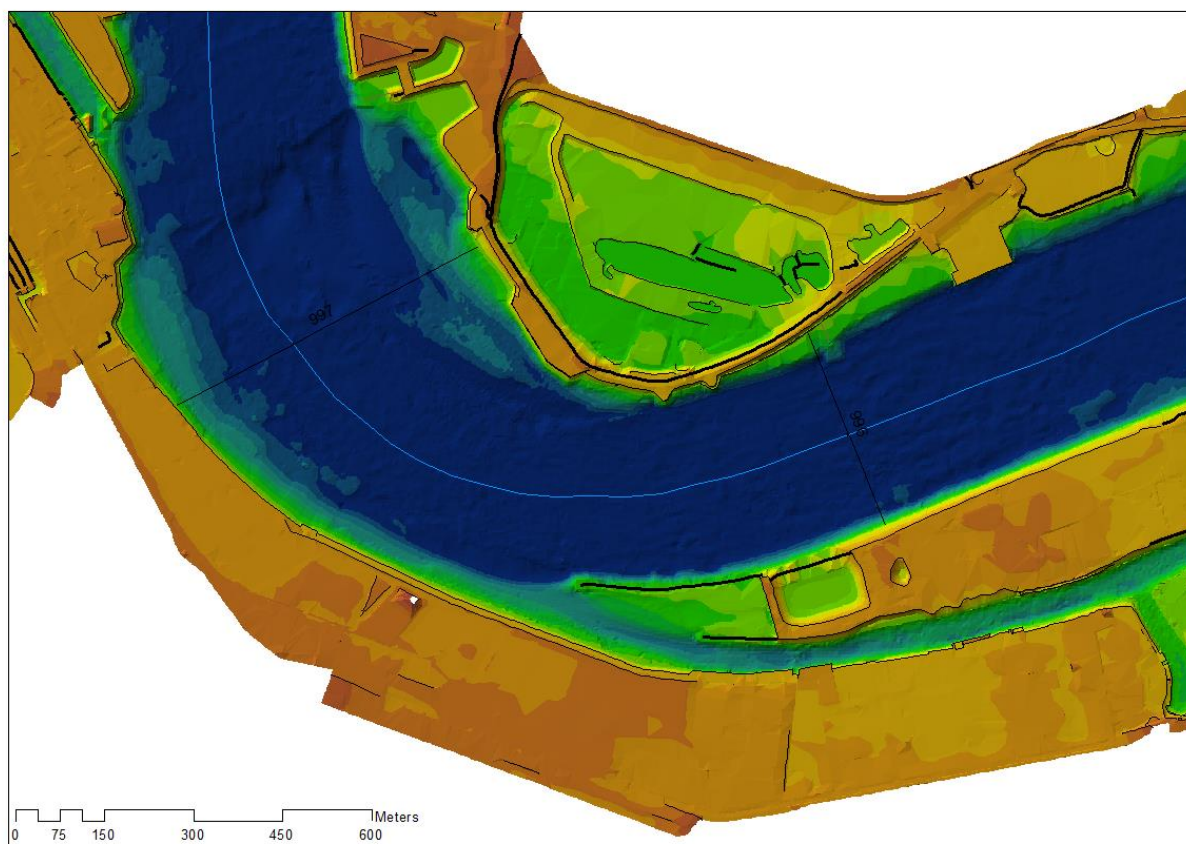
A3 Ontwerp tekeningen stadion en langsdam en verwerking in Baseline

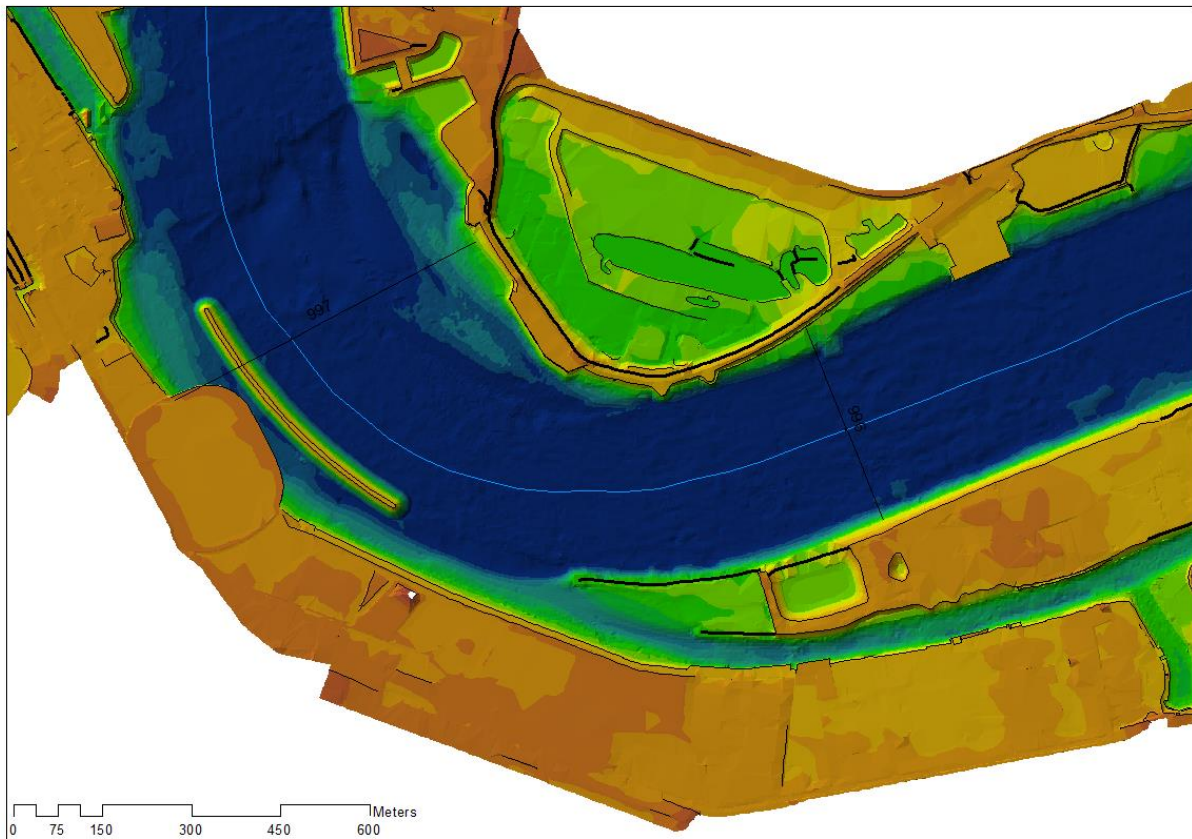


Figuur 33: Ontwerp tekening stadion en langsdam, bouwfase.

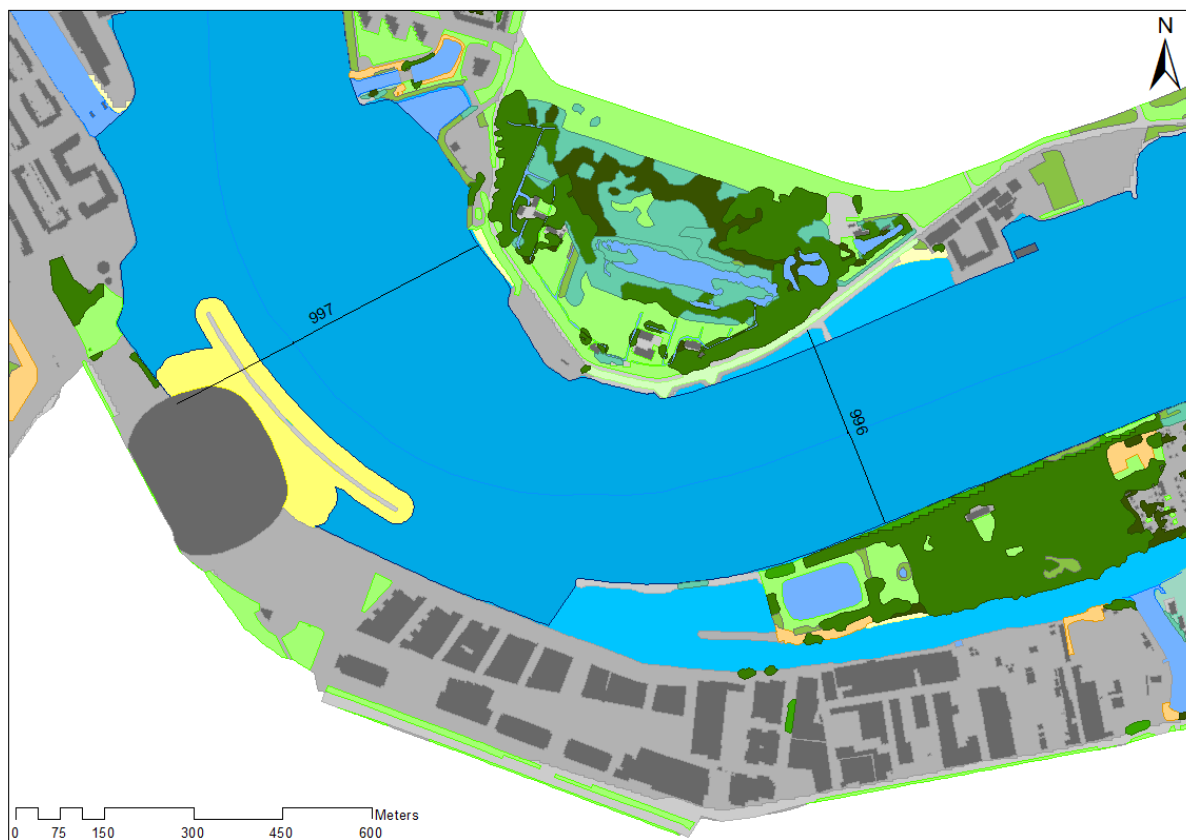
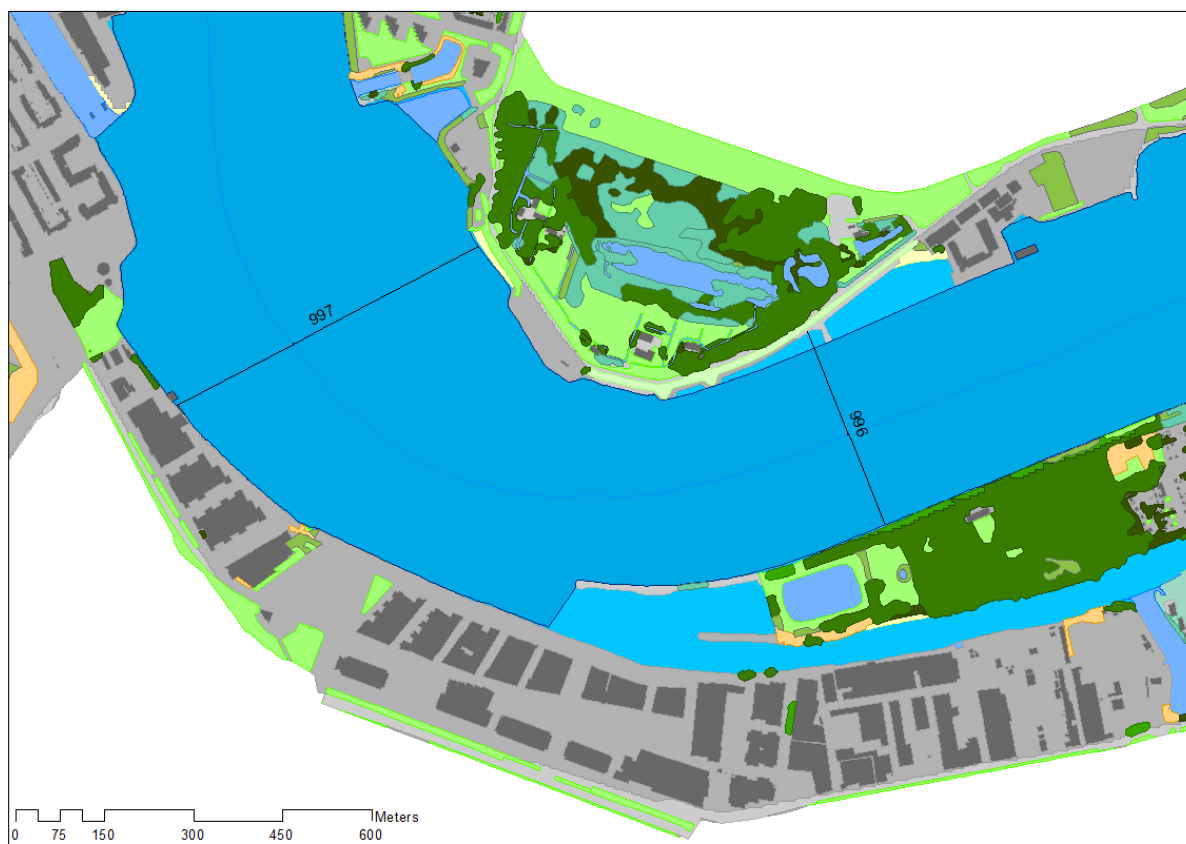


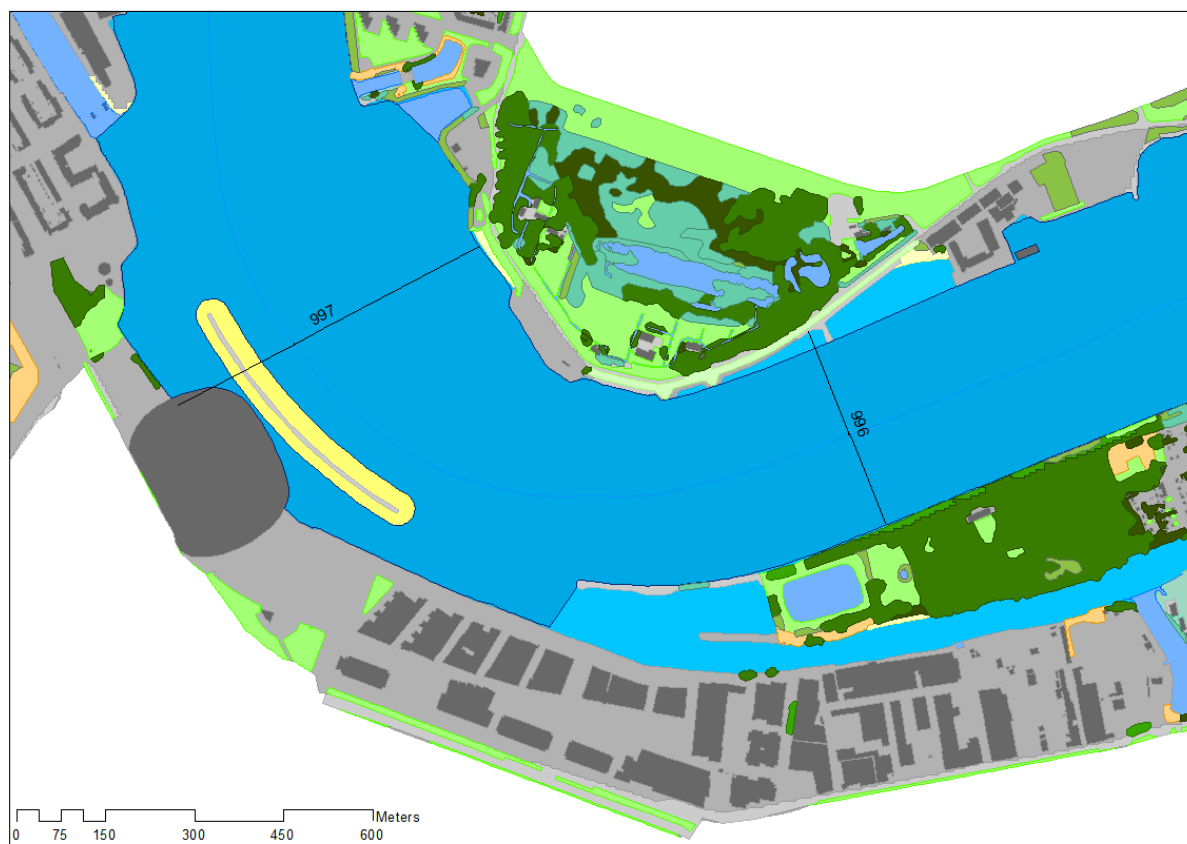
29-11-2019





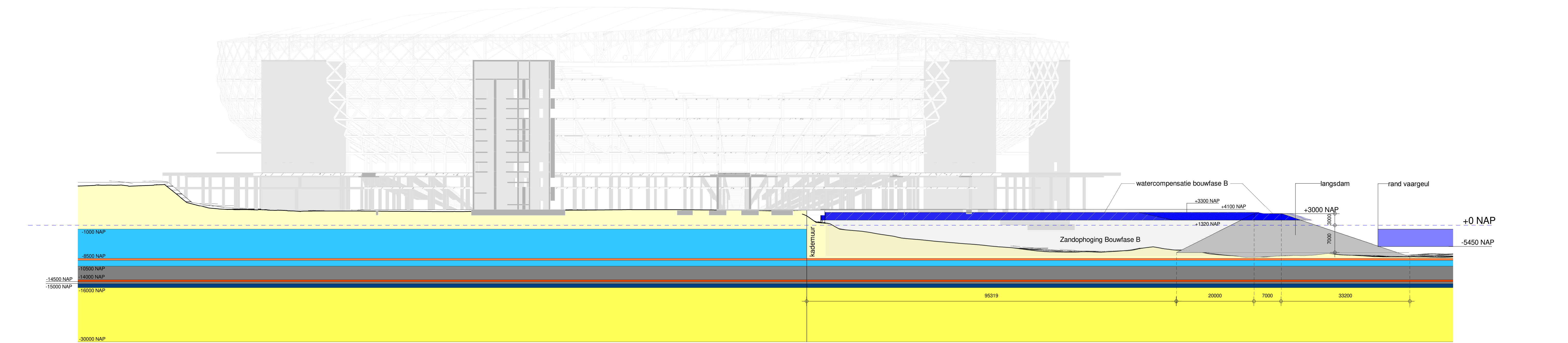
Figuur 35: Baseline schematisatie hoogtemodel referentie (boven), bouwfase (midden) en eindsituatie DO (onder).



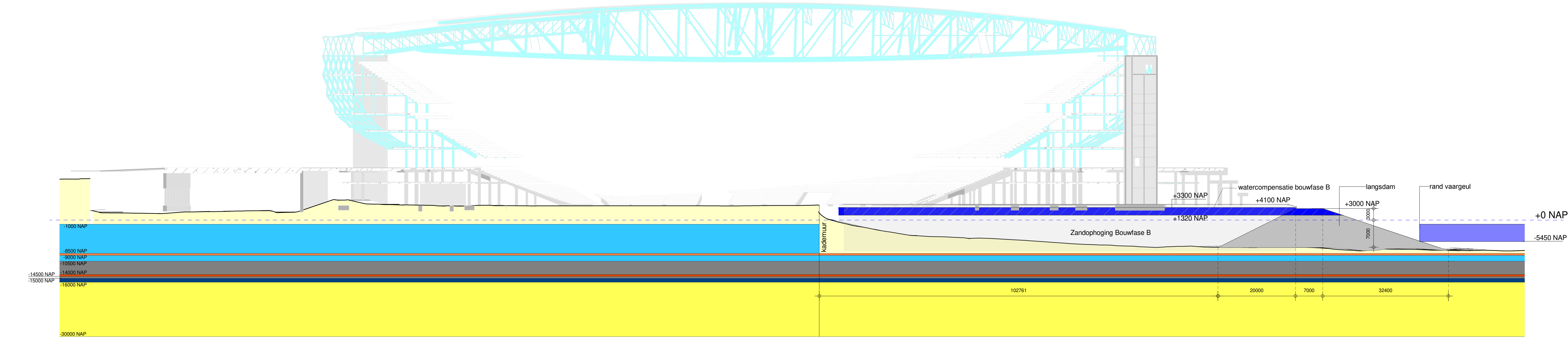


Figuur 36: Baseline schematisatie ruwheden referentie (boven), bouwfase (midden) en eindsituatie DO (onder).

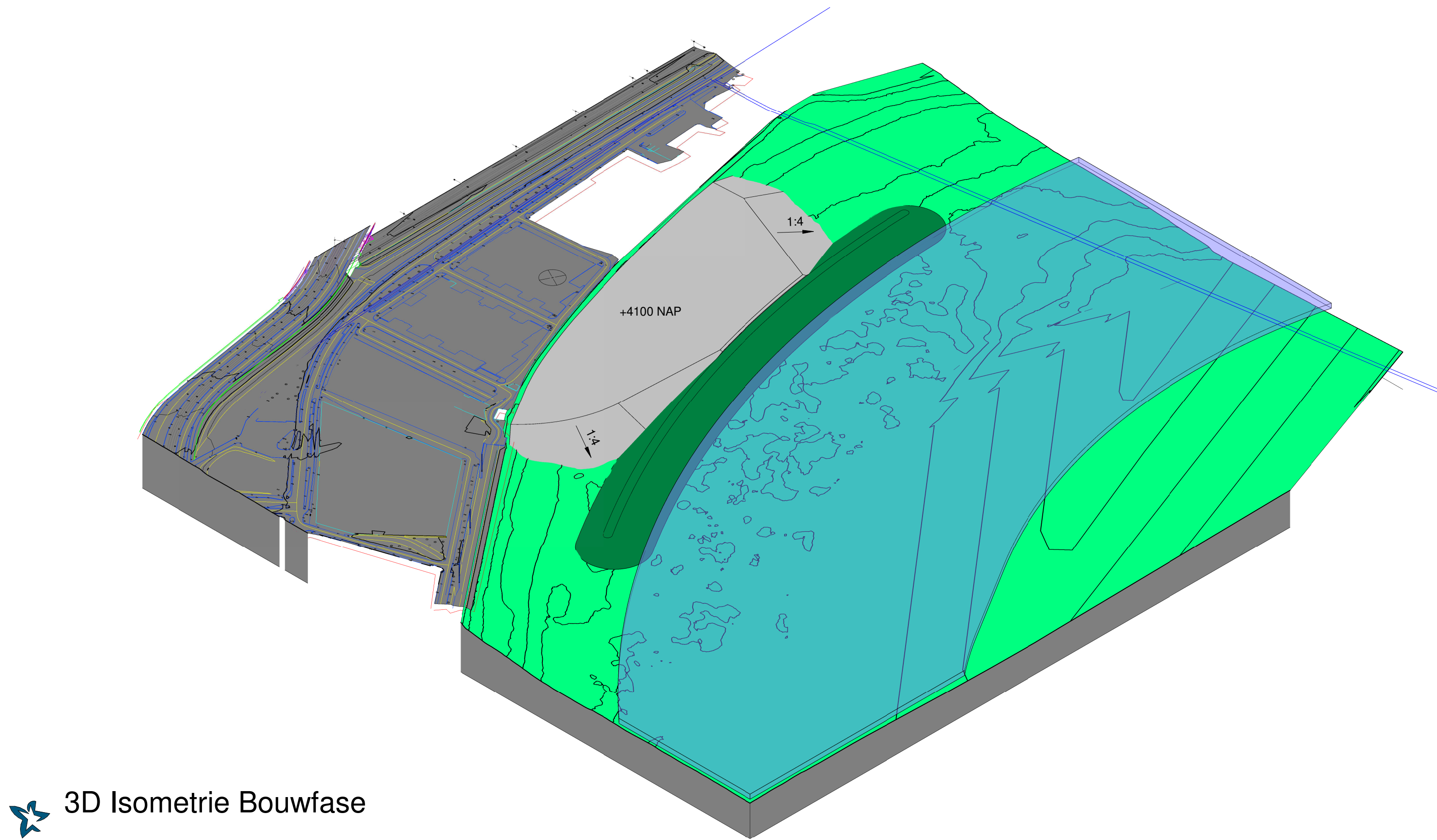
A4 Ontwerp tekeningen stadion en langsdam



Zandophoging Bouwfase_B 1



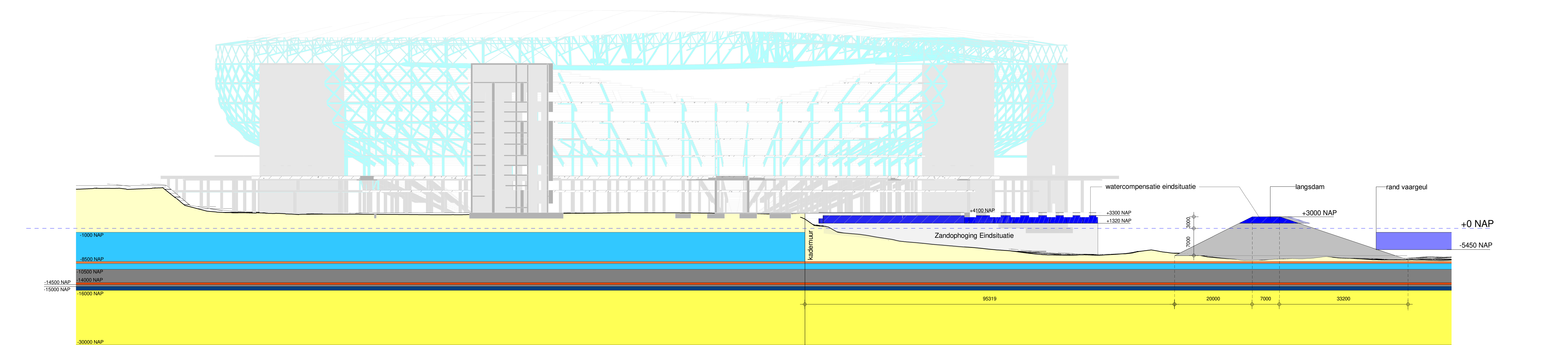
Zandophoging Bouwfase_B 2



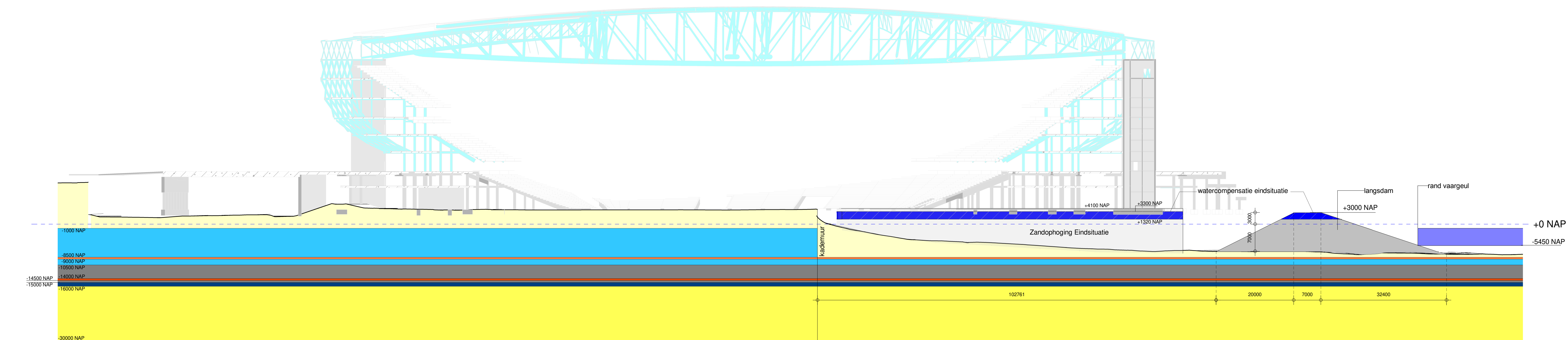
3D Isometrie Bouwfase

Watercompensatie Bouwfase B	
Comments	Volume
watercompensatie langsdam	8880 m³
watercompensatie bouwphase B	62220 m³
	71101 m³

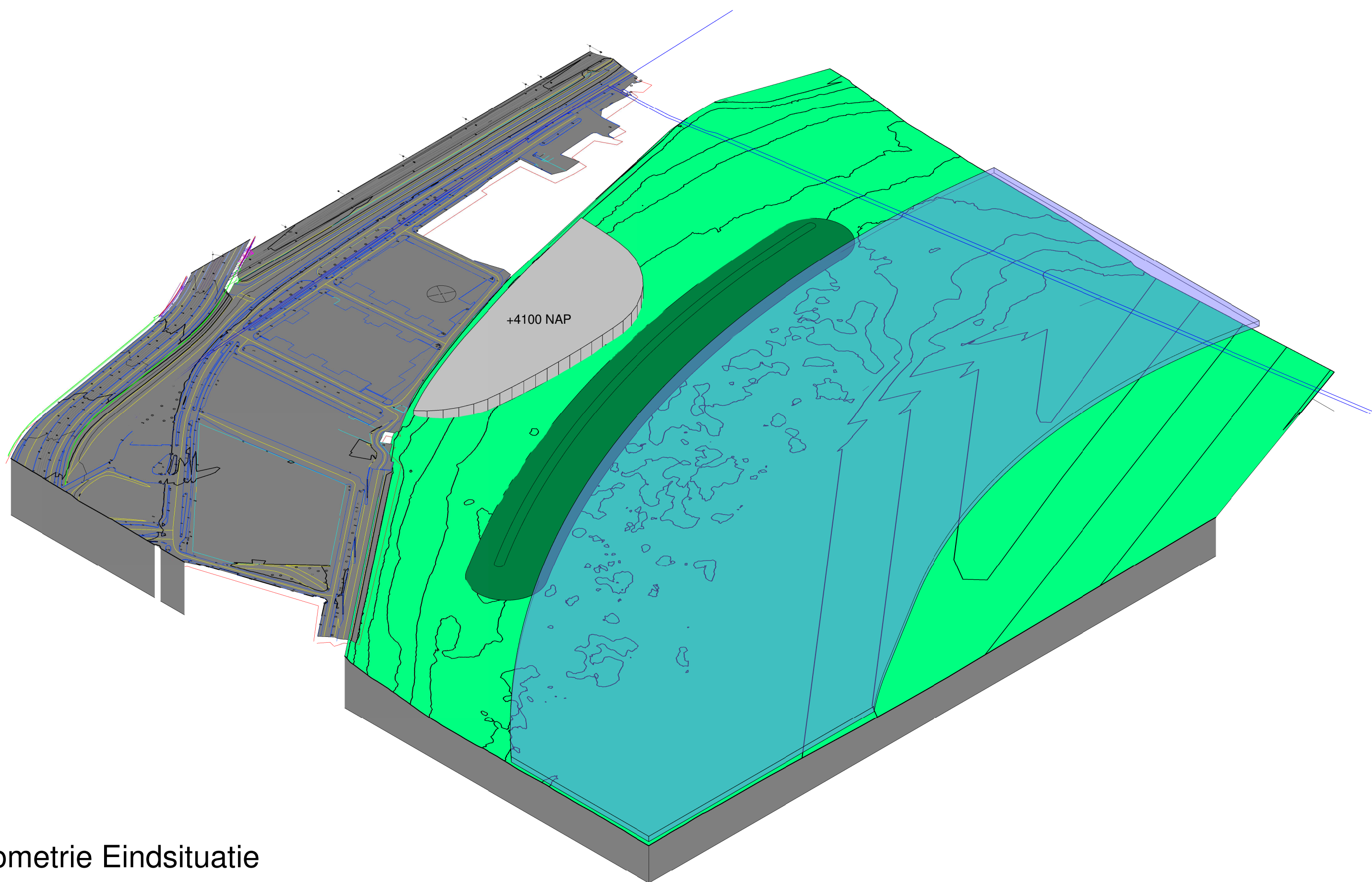
WIP:22-7-2019 15:29:56			
Nr.	Date	Issued by	Description
Designed by	Andre Schram	Drawn by	Steven Knol
Checked by	Andre Schram	Approved by	Jarkko Arts
Client	FEYENOORD CITY Junkies door sport		
Project Name	Nieuw Stadion Feyenoord		
Subject	Zandophoging 1/4 Bouwphase Doorsneden		
HaskoningDHV Nederland B.V. a company of		Role: Geotechniek Stage: Definitief Ontwerp Scale: 1 : 500 Proj.Nr: BF3499 Stability: S1 Dwg.Nr: FEY-RHD-ZZ-XX-DR-1-1511-5001	



Zandophoging Eindsituatie 1



Zandophoging Eindsituatie 2



3D Isometrie Eindsituatie

Watercompensatie Eindsituatie	
Comments	Volume
watercompensatie eindsituatie	31991 m³
watercompensatie langsdam	8880 m³
	40871 m³

WIP:22-7-2019 15:26:51			
Nr.	Date	Issued by	Description
Designed by	Andre Schram	Drawn by	Stavien Knol
Checked by	Andre Schram	Approved by	Jurkko Arts
Client	FEYENOORD CITY Stad van Rotterdam		
Project Name	Nieuw Stadion Feyenoord		
Subject	Zandophoging Eindfase Doorsneden		
HaskoningDHV Nederland B.V. a company of		Role: Geotechniek	
Lage 1014-4-10 weg 101, 1015 C, 1015-1015-1015 E: info@haskoningdhv.com www.haskoningdhv.com		Scale: 1 : 500	P. Size: A0
Proj. Nr.: BF3499		Stability: S1	
Dwg. Nr.: FEY-RHD-ZZ-XX-DR-1-1511-5002			

A5 Ontwerp tekeningen Eiland van Brienenoord



VERKLARING

- gazonband 10 x 20 cm "Rotterdam"
- opsluitband 6 x 20 cm "Rotterdam"
- trottoirband 18/20 x 25 cm "Rotterdam"
- trottoirband "Rotterdam" verzonken
- inritband "Rotterdam"
- invaldenoort volgens Standaard Wegenbouw Detail
- asfalt zwart
- asfalt rood
- asfalt afgestemd betonstraatssteen "Rotterdam"
- asfalt rond Stadionpark met 70% morene of bestone steenslag en 30% reflexing white steenslag, markeringen nader te bepalen
- betontegels "Rotterdam" 30 x 30 x 4,5 cm
- betontegels "Rotterdam" 30 x 15 x 8 cm
- bestaande lichtmast
- te vervallen lichtmast
- lichtmast 6m, conisch met uithouder, armatuur Lightwell SRDS2
- armatuur voorzet van dimming en detectie
- paalloop lichtmast, kleur Rotterdamgrijs, armatuur type ...
- verkeersbord met typeaanduiding
- verkeersbord B11-16
- wildrooster
- picknicktafel, type nader te bepalen
- afvalbak "Rotterdam", 90 liter, kleur Antracietgrijs
- informatiebord "Rotterdam" kleur Antracietgrijs
- betonnen entree-element voor 'ronde Stadionpark', nader uit te werken, afmetingen ca. 10 x 0,5 x 0,45m, in het werk gestort
- hekwerk, type nader te bepalen
- bestaande situatie
- bestaande situatie welke vervalt
- nieuw aan te leggen situatie
- verkeersdrempel 30 km/u (SWD 1.2.10)
- materialengrens
- knijplijn tussen bestratingsrichtingen
- hooglijn bestaand
- hooglijn nieuw
- water
- waterlijn bij hoog- of laagwater
- gerijdezone
- verplichte richting (geen markering)
- bestaand peil t.o.v. N.A.P.
- gewenst aanlegpeil t.o.v. N.A.P.
- vastgesteld peil t.o.v. N.A.P. (SO-SB afld. B)
- landmeeskundige as
- ulgragegrens (streeplijn is fictief)
- maatvoering in meters
- projectgrens

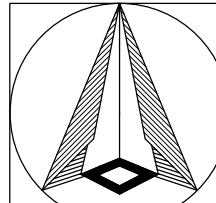
Groenelementen

- bestaande boom
- bestaande boom, ingemeten
- bestaande boom overgenomen uit luchtfoto, exacte locatie onzeker
- te planten boom, 1e grootte
- te roeien boom
- ruw gras
- gefundeerd gras
- grasvegetatie extensief
- struweel
- bodembedekkende heesters
- geschoon haag met aanduiding voor hoogte
- zeewuise haag
- begroeid hekwerk
- rievvegetatie

- belangrijkste wijzigingen na VUZ
- noordelijke landhoofd nieuwe brug naar achteren geschoven.
 - parkeren op terrein jachthaven aangegeven, terreingrenzen aangepast, hekwerk aan binnenzijde haag geplaatst.
 - 2e entree terrein jachthaven ingetekend, ligging rondje Stadionpark ter plaatse + lokale bomen aangepast.
 - noordelijke punt jachthaven: inrichting aangepast.
 - haag rond uitgeefbare kavel gewijzigd in zeewuise haag.

- dit inrichtingsplan bestaat uit:
- blad 1 Eiland van Brieneoord - westelijk deel
 - blad 2 Eiland van Brieneoord - oostelijk deel
 - blad 3 Eiland van Brieneoord - Kreekehaven
 - blad 4 Eiland van Brieneoord - Bordenplan (1:1000)
 - blad 5 Eiland van Brieneoord - westelijk deel - Beplantingsplan
 - blad 6 Eiland van Brieneoord - oostelijk deel - Beplantingsplan
 - blad 7 Eiland van Brieneoord - Kreekehaven - Beplantingsplan

Akkoord Team Openbare Ruimte - voorzitter:		W.H. Oldenburg	07-03-2019
Akkoord Stadsontwikkeling - projectmanager:		W.H. Oldenburg	10-11-2018
Akkoord Stadsontwikkeling - manager openbare werken gebied:		W.H. Oldenburg	07-11-2018
Vastgesteld Stadsontwikkeling - gebiedsaccounmanager:		Geenheid door	Datum



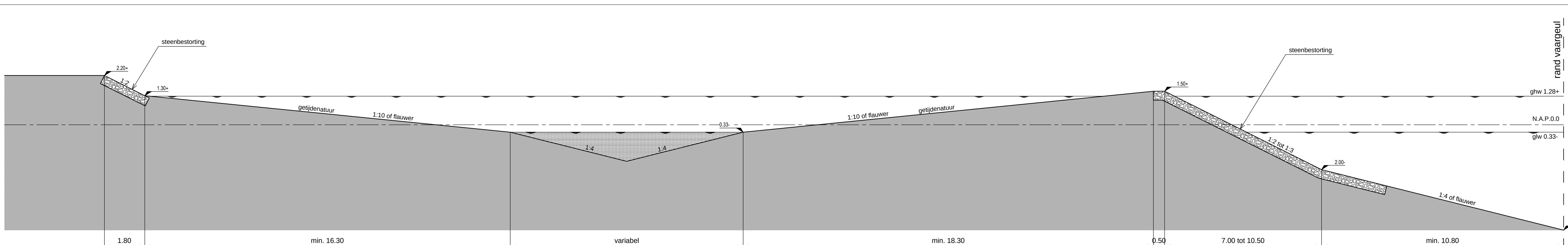
Voorlopig Inrichtingsplan
Getijdenpark Eiland van Brieneoord - Kreekehaven
IJsselmonde - Oud IJsselmonde

Schaal: 1:500
Formaat: A0
Bladz: 6320, 23, 23, 41

Gemeente Rotterdam
Stadsontwikkeling
Afdeling Ruimte & Wonen

Bestandsnaam: Y5_VE_IP_Eiland van Brieneoord.dwg
TE - 17 / 00081

Bladz: 3/7



VERKLARING

	asfalt afgesloten
	asfalt onder Sandopak met 70% morene of bestaande zand en 30% afvulling witte steenslag, markeren naar de bepalen
	Stoetjes hanteerend (voor mix, bij verspanne paven vóór de bijkomende afbouw)
	helfwending schroeven gewenst voor schroeven op (deur van bouw)werk
	bezoeken kintman
	in verloop kintman
	kintman (in, oorspan met zijdwars, armatuur Lijfweg SRS02 armatuur voorzet van dinnig en detecte
	Klaarzet, roo-wa (Rofdeemte Stij)
	pankank 3,0m, zonder armatuur, afdoebijg. koor Armateergips pankank 3,0m, zonder armatuur, koor Armateergips
	afgeheggen, kanten, n.b. met landschapsscheid horen vóórderkand, nader uit te werken
	kleinere (voor) "Stoetjes" naar Armateergips afbouw 10,0m, 50 liter, koor Armateergips
	oude lieren en toebereiden op deur van bouwtek in oude gure herstellen herstellen "Stoetjes" 40,0m, koor Armateergips, planking 50 n.b. u.v.
	wilmoort
	houte, type, en kleur nader te bepalen
	terreafschuiving b.v. n. runderen, b.v. kastenrijen, met doorgang moeder klopper
	bezoeken situatie
	bezoeken situatie welke voorzet
	rieten aan te leggen situatie
	materialen
	hoogte bij bestand
	hoogte nieuw
	vóórderop op paalen
	stuurpad
	water
	water bij hoog- of laagwater
	perijcende
	stafelijer
	landbouw afsluitend oltend oltend, paveln hanteerend, afgewenst met staalbetalen, nader uit te werken
	bezoeken p.d. o.v. N.A.P.
	geenert aangelegd (o.v. N.A.P.)
	landmeetlundege as
	naarvoning in meters
	projecties

Groenelementen

	bestaande boom
	bestaande boom, ingesloten
	bestaande boom overgenomen uit luchtofdo, exacte lokatie onzeker
	te planten boom, te groeien
	te planten boom, te groeien
	te roeien boom
	gufundusd groei
	groeivegetatie intensief
	ruigte
	stuwende
	te verwijderen boswijk
	bestaande boogvegetatie
	koopstraten open stratenreeks natuurlijk

Moeras en Oevervegetatie

	rel-vegetatie
	moerasvegetatie boomrijke
	moerasvegetatie lage schermen
	grieken (wielplanten) en grasen
	overstamde natuurrijke oever
	moerasvegetatie bloemrijke ruigte

- halfverharding schelpendpad vervangen door stabilizer
- strook gefundeerd gras plaatselijk langs hoofdroute
- verbreding in toegangsweg volkstuinen (passeergelegenheid)
- locatie windroosters gewijzigd, klapek kom te vervallen
- landong aangebracht op oostelijke punt van eiland
- landhoofden oostelijke brug aangepast
- westelijke brug wordt vervangen door nieuwe brug
- omgeving bouwdoek, o.a. vlonder en trappen
- landhoofd en trap naar vlonderpad
- openbare verlichting rondje Stadionpark op eiland komt te vervallen

Verschillende onderdelen nader technisch uit te werken in overleg

- oostelijke en westelijke brug
- landhoofden en aanlandingen van de bruggen
- onderwaterdammen op westpunt eiland
- vlinder bouwdoek
- betonnen trappen in talud bouwdoek
- verlaagd deel rondje Stadionpark langs deur bouwdoek
- vlinderpad door getijdenatuur
- keermwand/bastion en trap naar vlinderpad
- uitzichtpunt ten oosten van volkstuinen

kan bestaan uit:
Eind van de

- Eiland van Brieneoord - oostelijk deel
Eiland van Brieneoord - Kreekschoven
Eiland van Brieneoord - Bordenplan (1:1000)
Eiland van Brieneoord - westelijk deel - Beplantingsplan
Eiland van Brieneoord - oostelijk deel - Beplantingsplan
Eiland van Brieneoord - Kreekschoven - Beplantingsplan

in Openbare Ruimte - voorzitter
 dekkhoff.nl - openbaar@dekkhoff.nl

bedrijfsbeheer - manager operationeel werkbied:

Adressverwaltung - geleitsaccountmanager.

Voorlopig Inrichtingsplan

Getijdenpark Eilan

IJsselmonde - Oud IJss

 Gemeente Rotterdam

21, 23, 41

		W.H. Oldenburg	07-03-2019	
		W.H. Oldenburg	10-11-2019	18.0

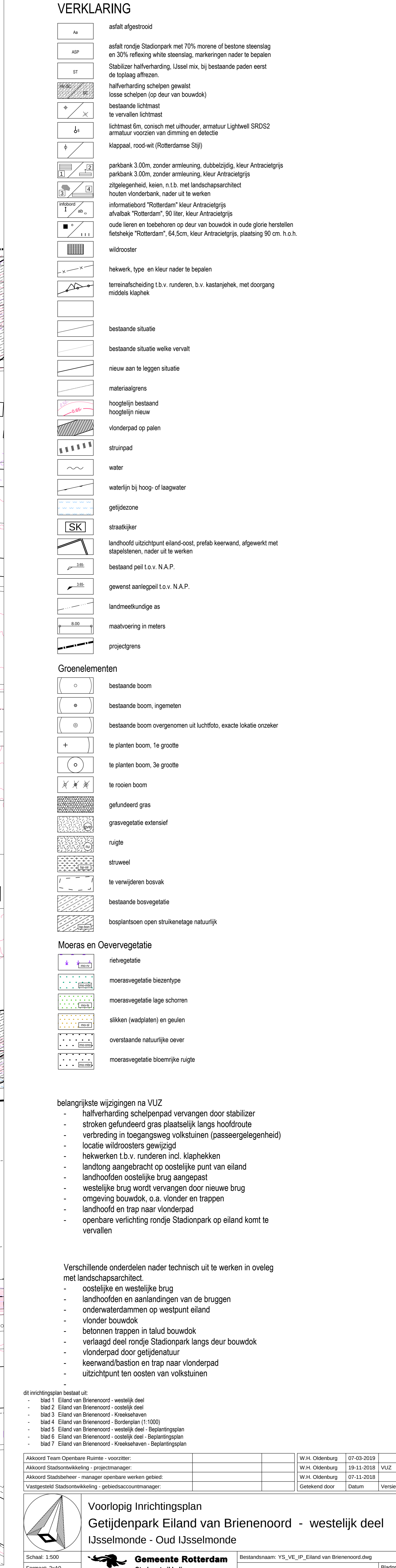
	W.H. Ockenburg	10-11-2018	VOM
14-11-2018	W.H. Ockenburg	07-11-2018	

		Gefreigd door	Datum	Vers
--	--	---------------	-------	------

ienenoord - oostelijk deel

Bestandsnaam: Y5_VE_IP_Eiland van Brinkenoordweg	
	Ma

TE - 17 / 00081



A6 Ontwerp tekeningen Stormpolder

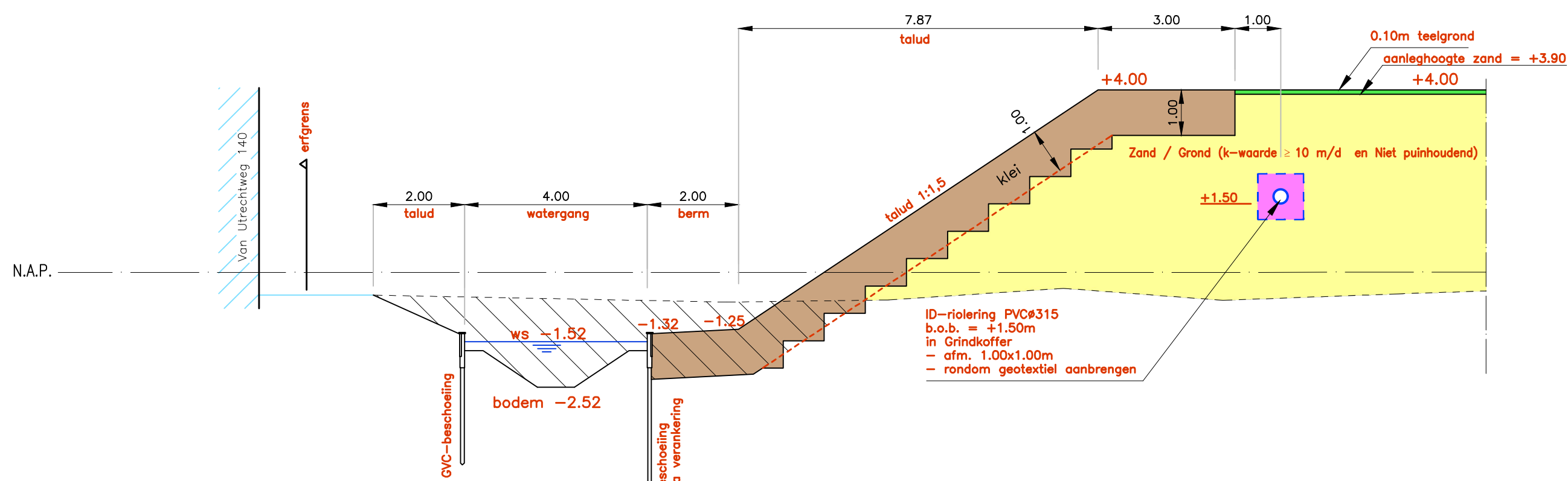
Algemeen	
Nieuw dijkhuis breedte : 40,00m	
Bout KU 115 : 3,937m+NAP dies : Schaal 1:5 omringing: Loods Gardner Zuidgevel	
Bestaande OV-mast	
Bestaande boom	
Laad lijnen	
Te handhaven stuude	
Te handhaven beton-cementwand Zie blad T01	
Al te branden en te versterken dampwanden met stekerschemen lang 1,00m Zie blad T01	
Te versterken dampwanden met stekerschemen Zie blad T01	
Te handhaven dampwanden Zie blad T01	
Te handhaven raderingen - Betonnen M.S.-bus - PVC bus - xxxx damster 1e mm Te handhaven putten en kokers - Betonnen pomp - Betonnen inspectieput Zie blad T01	
Aanreghoogte in meter t.o.v. NAP	+4.00
Werkgrens	
Principedoornde Zie blad T06	

Funderingslagen	
Gebied A7 Aan te brengen uitvoering van Betonvloer 0/31.5mm - t.p.v. voornamelijk bestrijdingsdepot - Aanreghoogte : 3,00m+NAP op gestort Aanreghoogte conform principedoornde	
Gebied A8 Aan te brengen uitvoering van Betonvloer 0/31.5mm - t.p.v. Schaal 1:5 nabij nr.15 - Aanreghoogte : variabel van 3,00m+NAP tot 4,00m+NAP op gestort	
Gebied A9 Aan te brengen gefundeerd straatwerk Betonvloerlagen kelformaat Kier Road - Trilplaatjes 130/150x250mm in specie met steun van stapelen - struifslag van breksand laagdikte : gemiddeld 30mm - uitvoering Betonvloer 0/31.5mm t.p.v. offst. Schaal 1:5 nabij nr.15	
Aan te brengen Beschoeiingen	
Aan te brengen beschoeiingen Lange nieuwe watergang Zie blad T02 en T06 Lange bestrijdingsdepot O.V. beschoeiing scheutdikte laag 0,50m putten lang 3,00m, buis 0,30m (standaard Kringen van den IJssel) Lange Oostelijke buis, nieuw laad - Zware beschoeiing voorzien van extra versterking E.o.a. nader te bepalen	

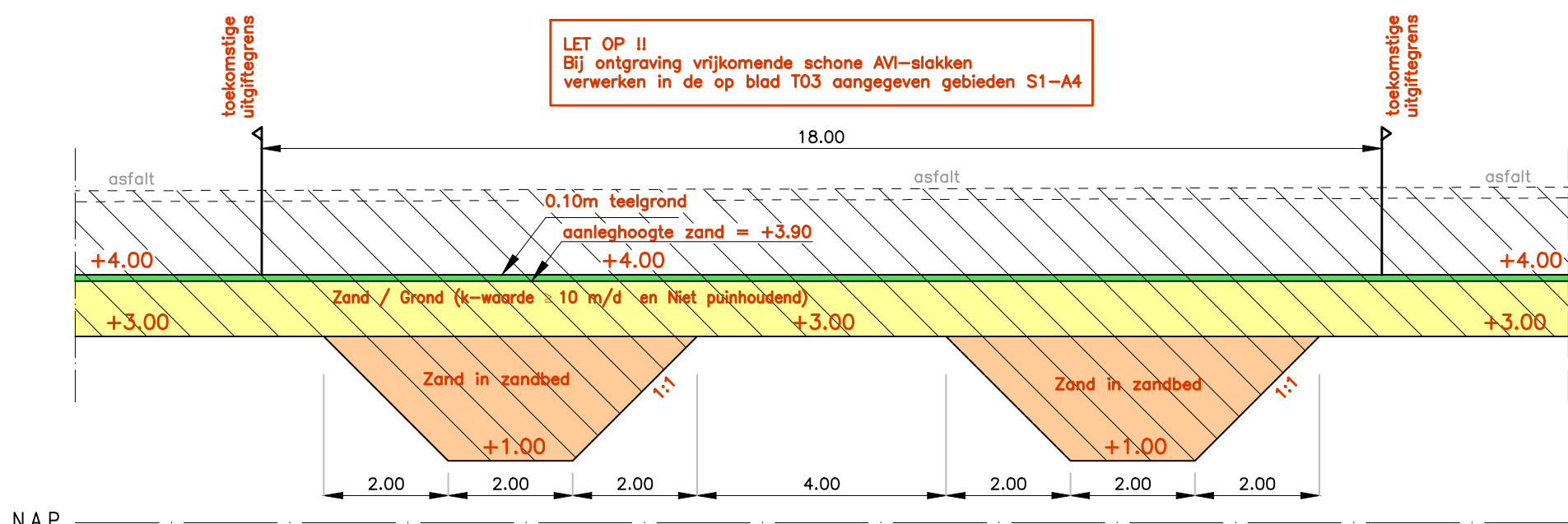
Grondwerk	
Aanvullingen met klei	
Gebied A1 Aanvullingen met klei - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	
Gebied S2-A2 Aanvullingen met klei - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	
Aanvullingen met zand , teelgrond en overige grond	
Gebied A3 Aanvullingen met zand , teelgrond en overige grond - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	
Gebied S1-A4 Aanvullingen met zand , teelgrond en overige grond - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	
Gebied A5 Aanvullingen met zand , teelgrond en overige grond - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	
Gebied A6 Aanvullingen met zand , teelgrond en overige grond - Lokale grondeed - Lokale grondeed langs Hollandsche IJssel - Lokale grondeed voornamelijk bestrijdingsdepot - Lokale grondeed nieuwe watergang Langste dikte : 1,00m Aanreghoogte : variabel ZIE SITUATIE Aanvullen conform principedoornde	

Contracttekeningen Fase Bouwrijmaken (behorend bij Vraagspecificatie)	
KU1709-CTb-T01 : Huidge inrichting (stuurde voor start saneringswerkzaamheden)	
KU1709-CTb-T02 : Ontgravingen t.b.v. bouwrijmken	
KU1709-CTb-T03 : Aanvullingen t.b.v. bouwrijmken	
KU1709-CTb-T04 : Aanleg drainage t.b.v. bouwrijmken	
KU1709-CTb-T05 : Huidge inrichting met indeling kabels en leidingen (stuurde voor start saneringswerkzaamheden)	
KU1709-CTb-T06 : Principedoornde's	

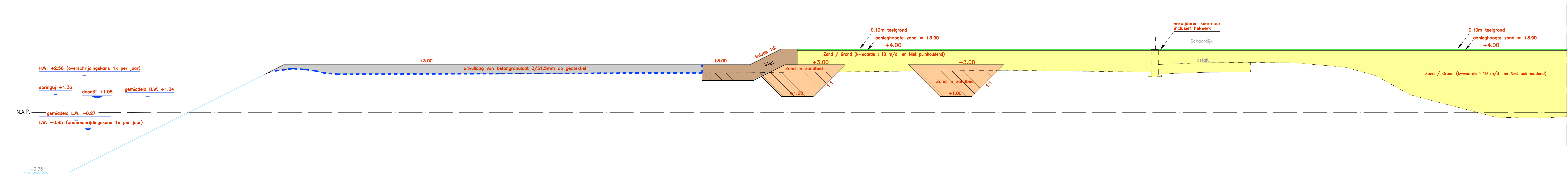
	RT a	Revisie tekening
	CT b	Werk tekening
	DO c	Contract tekening
	VO d	Definitief ontwerp
	PO e	Plannetekening
fase: versie: datum: get: gec: omschrijving:		
Gemeente: Krimpden aan den IJssel Wijk Stormpolder Schaardijk, Van der Giessenweg e.o. EMK terrein e.o. Herontwikkeling Fase: Bouwrijmaken Contract tekening Aanvullingen t.b.v. bouwrijmken Bijlage behorende bij Vraagspecificatie		
 Roadhuizingen E 2922 AD Krimpden o/d IJssel Telefoon: 0180 - 514455 Telefax: 0180 - 514093 E-mail: mail@tba.nl		
tekeningnr.:	KU1709-CTb-T03	
schaal:	1:500	
getekend:	J. vd. Nauweland	
getoetst:	AD	
afmeting:		



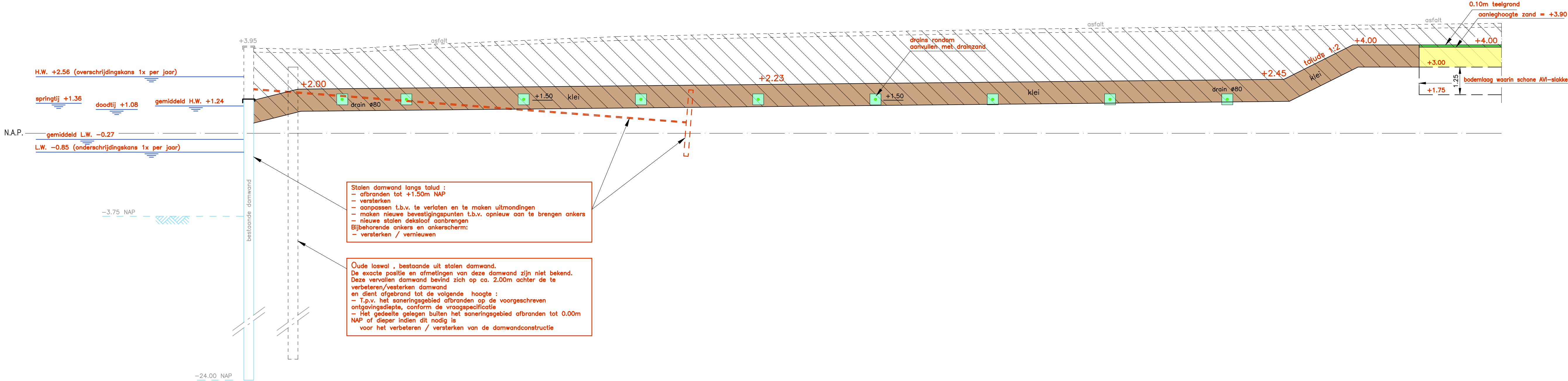
Doorsnede 1-1
schaal 1:100



Profiel 2-2
schaal 1:100

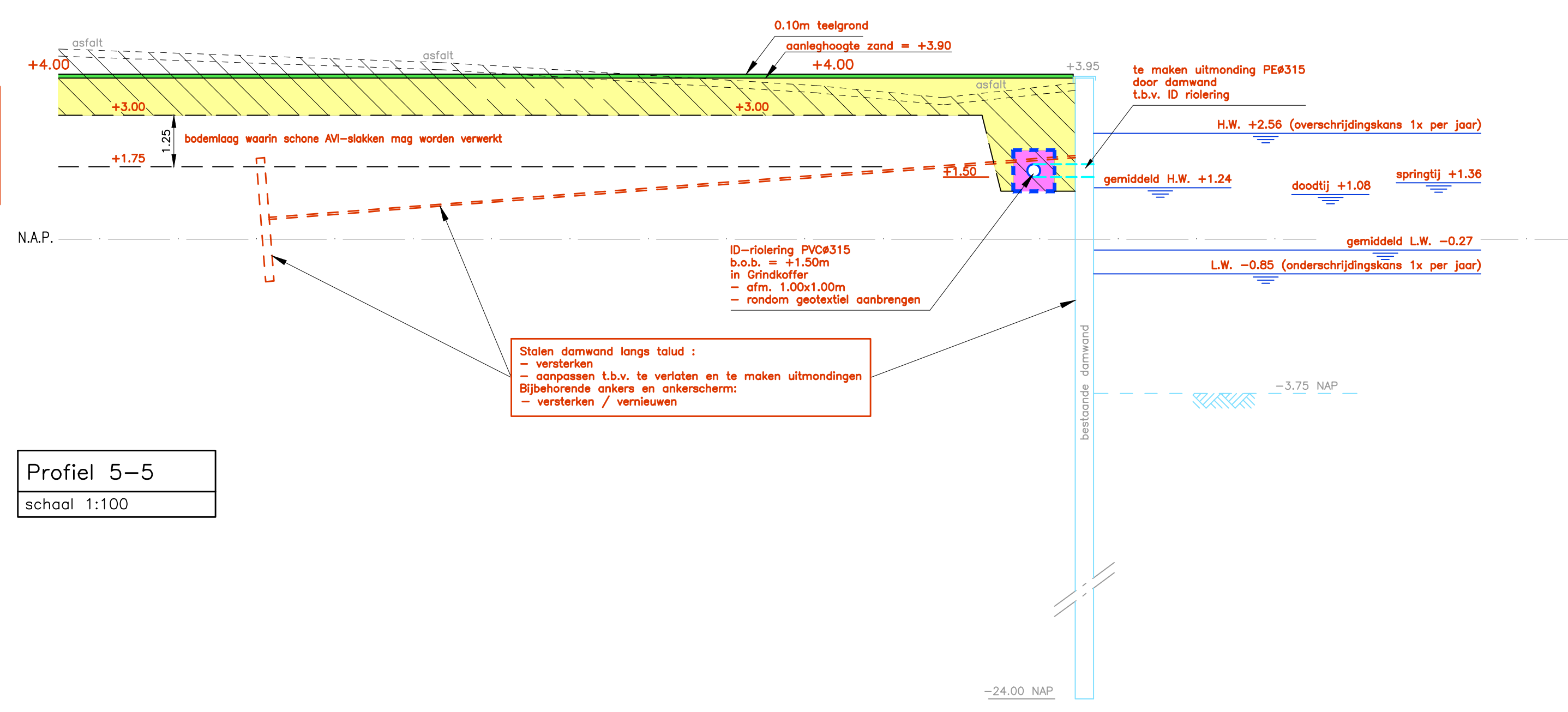


Profiel 3-3
schaal 1:100

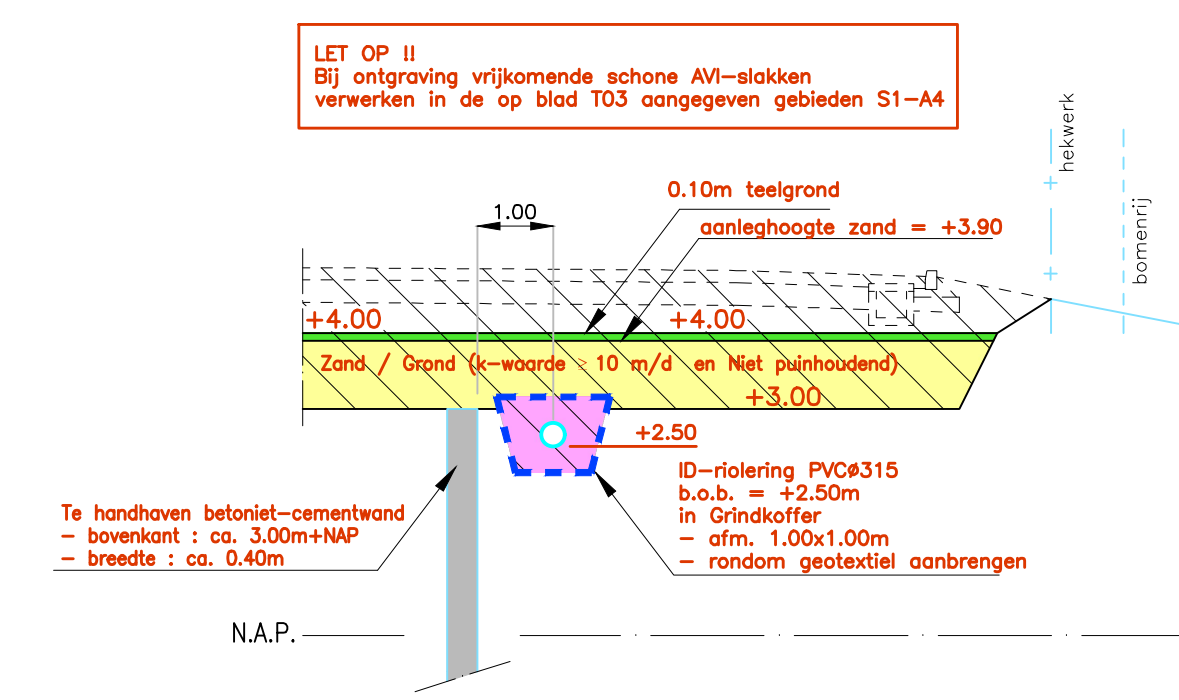


Profiel 4-4
schaal 1:100

LET OP II
Bij ontgraving vrijkomende schone AVI-slakken
afkomstig in de op blad T02 aangegeven gebieden 05 en 016
verwerken in de op blad T03 aangegeven gebieden S1-A4
Een aanleghoogte's schone AVI-slakken :
onderkant : NIET lager dan 1,75m+NAP
bovenkant : NIET hoger dan 3,00m+NAP



Profiel 5-5
schaal 1:100

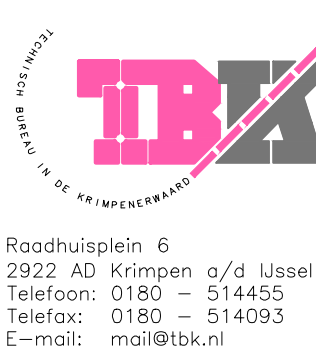


Profiel 6-6
schaal 1:100

Verklaring Principedoorssnede's		
Algemeen		
Te handhaven situatie		
Te vervallen situatie		
Nieuwe situatie		
Kantopspuitingen	ob15 = opspuitband 150x250mm ob6 = opspuitband 60x200mm ob10 = opspuitband 100x200mm	tb15 = trottoirband 150x250mm tb10 = trottoirband 100x250mm
Grondwerk en funderingslagen		
Grond / zand / AVI-slakken	aanvullen	ontgraven
Klei		
Teelarde		
Zand / Grond Met k-waarde > 10 m/d Met puinhooudend		
Zand in zandbed T.p.v. toekomstige leidingstroken		
Drainage Random drainage		
Grind Random ID-rielen		
Betongruislaag 0/31,5mm		

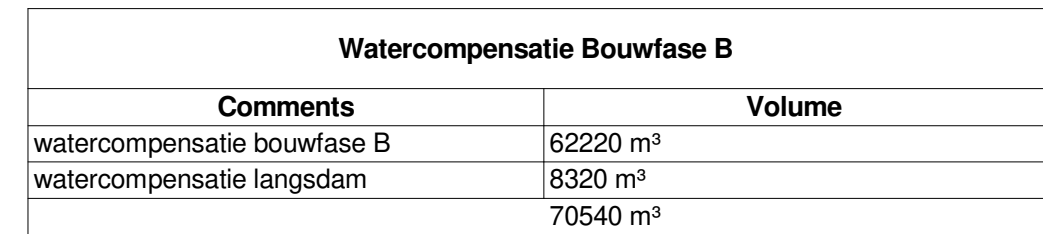
Contracttekeningen Fase Bouwrijpmaken	
(behorend bij Vraagspecificatie)	
KUI1709-CTb-101	Huidge inrichting (situatie voor start saneringswerkzaamheden)
KUI1709-CTb-102	Ontgravingen t.b.v. bouwrijpmaken
KUI1709-CTb-103	Aanleg van t.b.v. bouwrijpmaken
KUI1709-CTb-104	Aanleg drainage t.b.v. bouwrijpmaken
KUI1709-CTb-105	Huidge inrichting met indeling kabels en leidingen (situatie voor start saneringswerkzaamheden)
KUI1709-CTb-106	Principedoorssnede's

RT	a			Revisie tekening
WT	b	29-03-18	zvhN/GdM	Werk tekening
CT	b	22-03-17	J. vd N.	Contract tekening
DO	e			Definitief ontwerp
VO	e			Voorontwerp
PO	e			Plannen tekening
fase: versie: datum: get: gec: omschrijving				
Gemeente: Krimpenerwaard				
Wijk: Storpolder				
Schaardijk, Van der Giessenweg e.o.				
EMK terrein e.o. Herontwikkeling				
Fase: Bouwrijpmaken				
Contract tekening				
Principedoorssnede's				
Bijlage behorend bij Vraagspecificatie				
tekening:	KUI1709-CTb-T06			
schaal:	1:500			
getekend:	J. vd Nouweland			
formaat:	A0			
afmeting:				



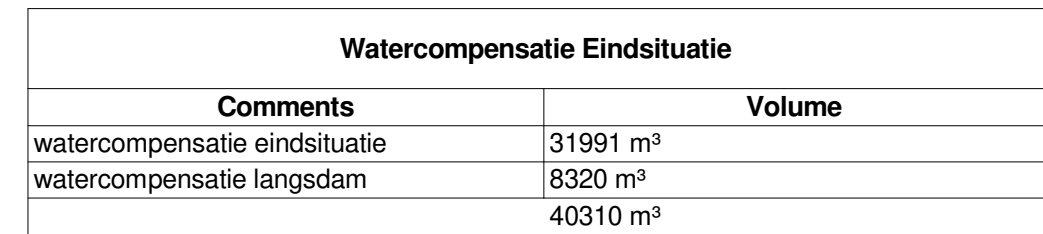
Roadsideplan 6
2022 AD Krimpenerwaard
Telefoon: 0180 - 514455
Telefax: 0180 - 514093
E-mail: mail@tba.nl

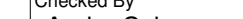
A7 DO landaanwinning en langsdam - November 2019



Designed By Andre Schram	Drawn By Steven Knol	Checked By Andre Schram	Approved By Janko Arts
Client Feyenoord City		FEYENOORD	

Project Name	Subject
Nieuw Stadion Feyenoord	Zandophoging 1/4 Bouwfase Situatie



Designed By Andre Schram	Drawn By Steven Knol	Checked By Andre Schram	Approved By Janko Arts
Client Feyenoord City			

Project Name	Subject
Nieuw Stadion Feyenoord	Zandophoging Eindsituatie Situatie

**A8 Aanvullende notitie Marin omtrent wijzigingen DO en effect op
stroombeeld – November 2019**

Wegens een beveiliging in het document is het niet mogelijk om bijlage A8 samen te voegen met voorliggende rapportage. Bijlage A8 is als separate bijlage toegevoegd aan de vergunningaanvraag.

**A9 Memo Royal HaskoningDHV stabiliteit langsdam in relatie tot
erosiekuil – November 2019**

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Maritime & Aviation

Aan: Feyenoord City
Van: André Schram
Datum: 29 november 2019
Kopie:
Ons kenmerk: BF3499MANT1911261731
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Beschouwing langsdam betreffende stabiliteit kop langsdam i.r.t. erosiekuil en erosiebestendigheid

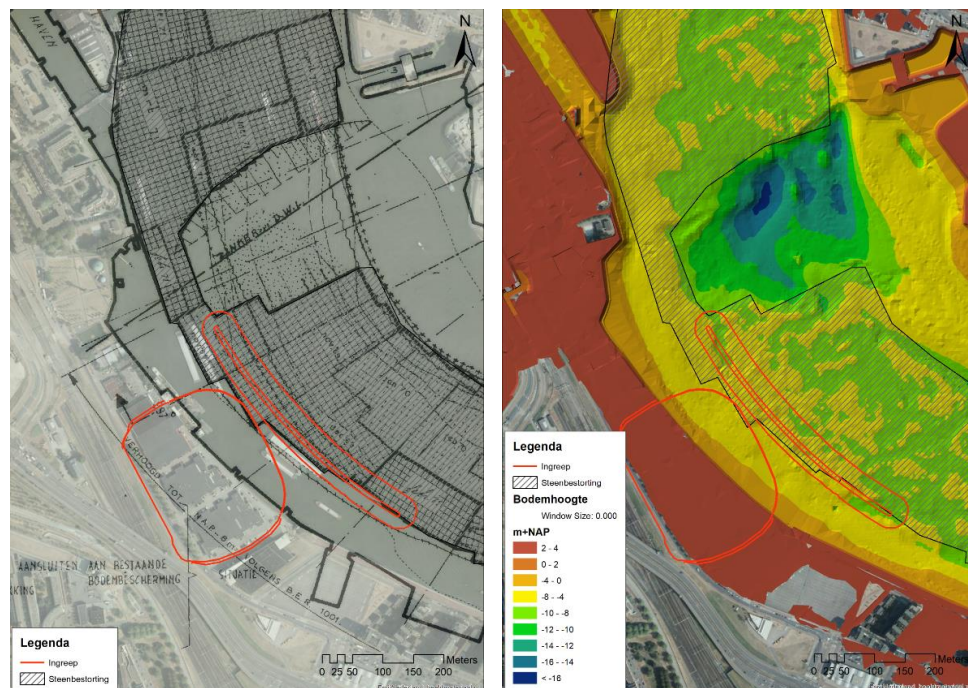
1. Inleiding

Door Rijkswaterstaat is de volgende aanvullende informatie gevraagd:

“Graag ontvang ik een onderbouwing van de stabiliteit (stabiliteitsberekening) van de langsdam in relatie tot de erosiekuil. U dient aan te tonen dat de langsdam erosiebestendig is en meerjarig bestand tegen hoge afvoeren. Eventuele gevolgen van het niet-stabiel zijn van de langsdam voor de vaargeul zijn voor rekening van initiatiefnemer/vergunninghouder.”

De stabiliteitsberekening en de erosiebestendigheid worden in deze memo behandeld.

De erosiekuil is diep verderop in de rivier. Ter plaatse van de noordelijke kop van de langsdam begint de bodem al wel wat te dalen, zie onderstaande figuur.



*Figuur 1 Overzicht contouren langsdam en erosiekuil
(erosiekuil in gebied waar in het verleden geen bestorting is aangebracht)*

2. Stabiliteitsberekening

De stabiliteit rond de noordelijk kop van de langsdam is onderzocht met Plaxis 2D waarbij de diepere waterbodem is meegenomen. Door de ronde vorm is de belasting vanuit de kruin kleiner dan voor een langsddoorsnede en is tevens de steundruk bij de teen juist groter door een toenemende breedte in verband met de ronde vorm. Dit is meegenomen door toepassing van een axiaal-symmetrisch model in Plaxis 2D.

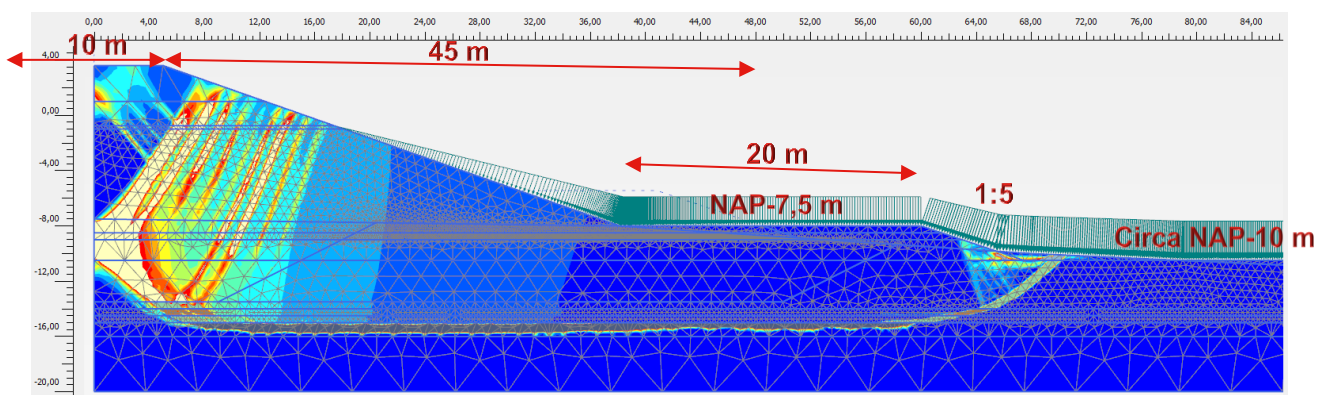
Ten noorden van de noordelijke kop van de langsdam is rekening gehouden met lokaal een dieper waterbodemniveau tot NAP-9 m nabij de teen van de langsdam en nog dieper verder van de teen. Mogelijk zijn hierdoor in de huidige situatie geen zandlagen aanwezig, wat ongunstig is voor de stabiliteit. Dit is niet uit het beschikbare grondonderzoek te herleiden. In de berekening is het diepste waterbodemniveau aangehouden en is de eventuele aanwezigheid van een zandlaag in de huidige situatie verwaarloosd (is conservatief).

In verband met het feit dat het niet een kegelvorm is (wat met een Plaxis 2D axiaal symmetrisch model wordt gemodelleerd), is naar het eind van de langsdam een kruinbreedte van 10 m aangehouden in plaats van 7 m.

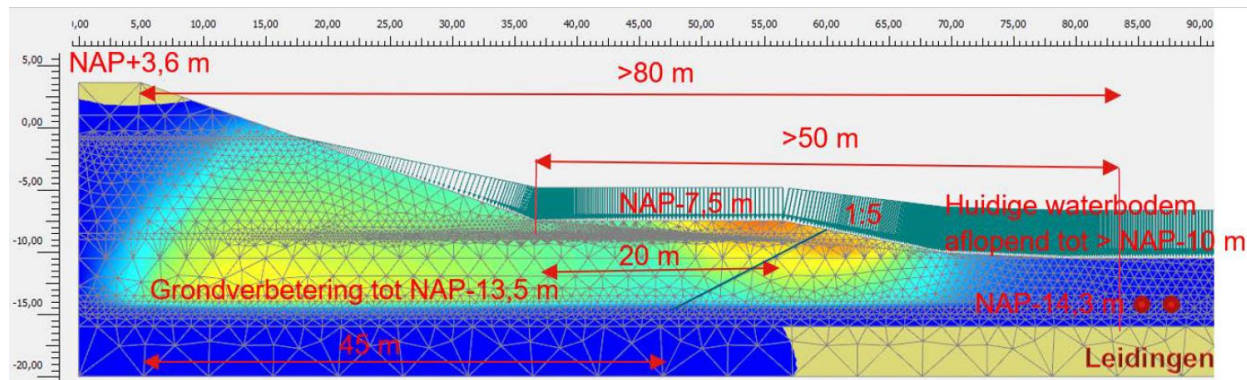
Om te voldoen aan de benodigde veiligheid tegen instabiliteit dient de teen van de grondverbetering te worden doorgezet tot minimaal 45 m uit de buitenkruinlijn van de kop van de langsdam in combinatie met het uitvullen van de waterbodem over minimaal 20 m uit de teen van de langsdam tot een niveau van minimaal NAP-7,5 m afgerond met een talud van ca. 1:5. De fase van de volledige ophoging is hierbij maatgevend.

De berekende veiligheidsfactor RC1 ten aanzien van stabiliteit in de bouwphase ligt net boven de 1,0 en voldoet hiermee juist. Maatgevend is een glijvlak welke deels horizontaal loopt door de klei/veenlagen welke onder de grondverbetering achterblijven. In de bouwphase is het consolidatiepercentage in het midden van deze lagen 0%. Door consolidatie neemt na verloop van tijd de stabiliteitsfactor sterk toe, waardoor deze in de gebruiksfase ruim voldoet.

Ter illustratie van bovengenoemde maatvoeringen zijn hieronder figuur 1 en 2 opgenomen (uitvoer Plaxis).



Figuur 2 Kritische glijvlak kop langsdam bij diepe waterbodem in de bouwphase (axiaal-symmetrisch model)



Figuur 3 Berekende horizontale grondvervorming na 30 jaar rond kop langsdam plus positie Evides leidingen

Onderstaande bodemopbouw is toegepast in de berekening:

Tabel 1 Globale grondopbouw

Niveau bovenzijde [NAP...m]	Grondsoort	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	C_p [-]	C'_p [-]	C_s [-]	C'_s [-]	PSM [-]	K_{start} [m/s]	RR [-]	CR [-]	C_α [-]
Waterbodem- niveau (0-1,5 m dikte)	Zand losgepakt	17/19	30	0	600	200	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,0038	0,0115	0
Onderkant zandlaag	Klei, zwak siltig, sterk humeus	12,5	20	5	38,4	5,17	115	36,2	0,3864	$2 \cdot 10^{-9}$	0,0775	0,3864	0,0276
-8,5	Veen, kleiig	11	27,5	5	26,3	4,05	65,7	16,2	0,5517	$7 \cdot 10^{-9}$	0,1298	0,5517	0,0506
-9,0	Klei, zwak siltig, sterk humeus	12,5	20	5	38,4	5,17	115	36,2	0,3864	$2 \cdot 10^{-9}$	0,0775	0,3864	0,0276
-10,5	Klei, matig siltig, matig humeus	14,5	27,5	5	67,4	8,86	202	66,5	0,2556	$1 \cdot 10^{-9}$	0,0426	0,2556	0,0137
-14,0	Veen	10,5	22,5	5	22,0	3,39	55,1	13,6	0,6281	$1 \cdot 10^{-8}$	0,1566	0,6281	0,0631
-14,5	Klei, matig siltig, matig humeus	14,5	27,5	5	67,4	8,86	202	66,5	0,2556	$1 \cdot 10^{-9}$	0,0426	0,2556	0,0137
-15,0	Klei, sterk siltig, zwak humeus	19	27,5	5	161	19,4	645	387	0,1204	$1 \cdot 10^{-10}$	0,0143	0,1204	0,00380
-16,0	Zand, matig gepakt	19/21	32	0					n.v.t.	n.v.t.	0,0013	0,0038	0

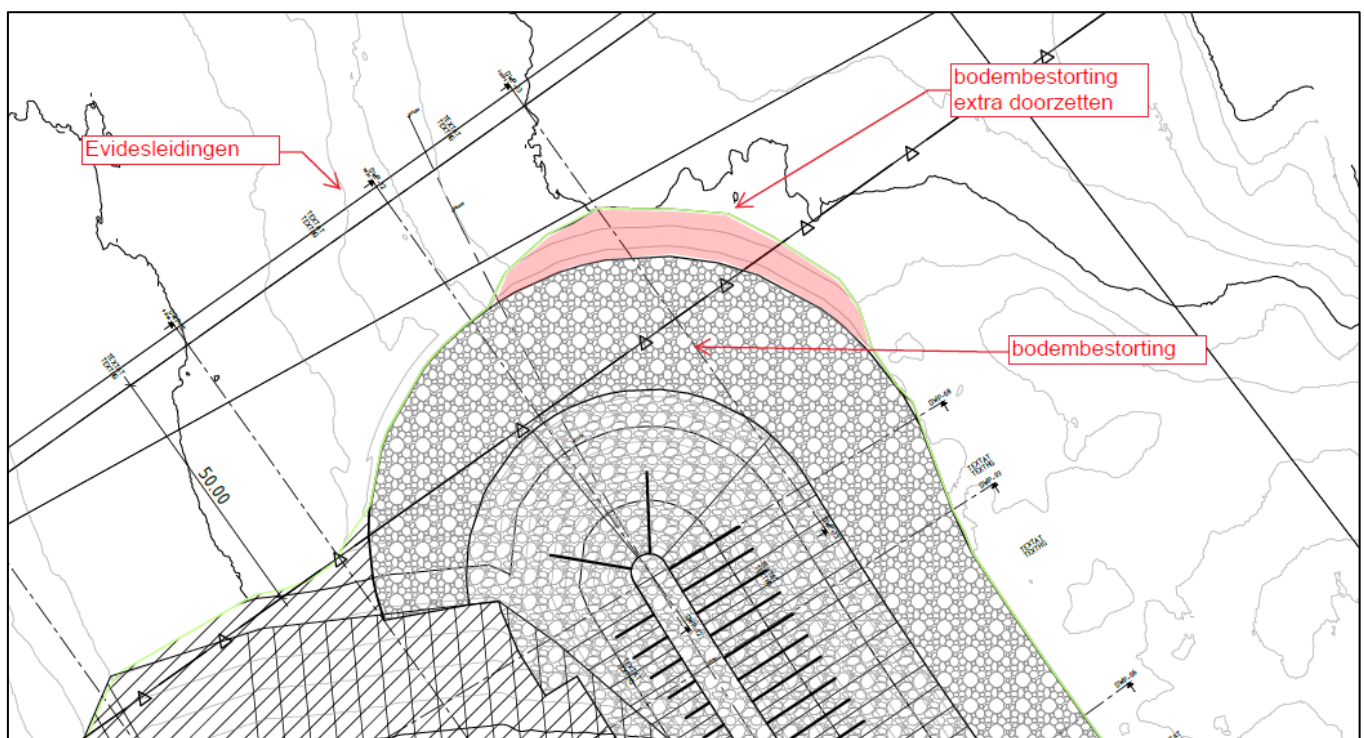
Waarin:

- γ volumieke gewicht van grond bij natuurlijk vochtgehalte
- γ_{sat} volumieke gewicht van verzadigde grond
- ϕ' effectieve hoek van inwendige wrijving
- c' effectieve cohesie
- C_p/C'_p primaire samendrukbaarheid voor/na de grensspanning (Koppejan)
- C_s/C'_s secundaire samendrukbaarheid voor/na de grensspanning (Koppejan)
- PSM Permeability strain modulus (afhankelijkheid doorlatendheid van rek)
- K_{start} initiële doorlatendheid
- RR primaire herbelasting/zwelingsratio voor de grensspanning (NEN-Bjerrum)
- CR primaire samendrukbaarheid na de grensspanning (NEN-Bjerrum)
- C_α secundaire samendrukkingsindex na de grensspanning (NEN-Bjerrum)

3. Erosiebestendigheid: Breuksteenbekleding en teen/bodembestorting

De bekleding van de langsdam en teenbestorting is gedimensioneerd op een steensortering 10 – 60kg. De zwaarte van deze sortering is volledig bepaald door de hoofdschroefstraalbelasting van passerende schepen. De resulterende stroomsnelheid is veel groter dan de stroomsnelheid bij maximale rivierafvoer. Het ontwerp van de breuksteenbestorting is uitgewerkt in de separate memo “Ontwerp bekleding langsdam Feyenoord City”, ref. BF3499MANT1911271504, d.d. 29 november 2019. Deze memo is als bijlage toegevoegd.

Met betrekking tot de erosiekuil is in onderstaande plattegrond van de noordelijke kop van de langsdam schematisch het uit te vullen gebied richting erosiekuil aangegeven (met daarop bestorting).



Figuur 4 Kop van de langsdam (startende erosiekuil opvullen en afdekken met stortsteen)

4. Conclusies

Stabiliteitsberekening

In het ontwerp en de stabiliteitsberekeningen van de langsdam is rekening gehouden met de erosiekuil. In de stabiliteitsberekening is de aanwezige diepte ter plaatse van de kop van de langsdam meegenomen, en wordt deze waar nodig aangevuld en afgedekt met breuksteen, zodat eroderen wordt voorkomen.

Erosiebestendigheid

In het ontwerp van de benodigde breuksteensortering op het talud van de langsdam is rekening gehouden met de stroomsnelheid als gevolg van hoofdschroefstraal belastingen van passerende schepen.

Aangezien de stroomsnelheid hierbij groter is dan de stroomsnelheid als gevolg van rivierafvoer, is de langsdam eveneens meerjarig bestand tegen hoge rivierafvoeren.

BIJLAGE

“Ontwerp bekleding langsdam Feyenoord City”, ref. BF3499MANT1911271504, d.d. 29 november 2019

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Maritime & Aviation

Aan: Feyenoord City
Van: Kasay Asmerom, André Schram
Datum: 29 november 2019
Kopie:
Ons kenmerk: BF3499MANT1911271504
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Ontwerp bekleding langsdam Feyenoord City

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Randvoorwaarden en uitgangspunten.....	2
2.1	Locatie, lay-out en hoofdafmetingen	2
2.2	Waterstanden	3
2.3	Golven	3
2.4	Stroomsnelheid	4
3	Ontwerpresultaten bekleding langsdam (breuksteen)	8
4	Principe doorsnedes langsdam	9
5	Referenties	11
	Bijlage A Ontwerpberekeningen	12

1 Inleiding

In deze notitie wordt het ontwerp van de bekleding van de langsdam in de Nieuwe Maas voor het nieuwe stadion van Feyenoord gepresenteerd.

De langsdam fungeert als afbakening van de vaargeul met het deels in de rivier te bouwen nieuwe stadion van Feyenoord.

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

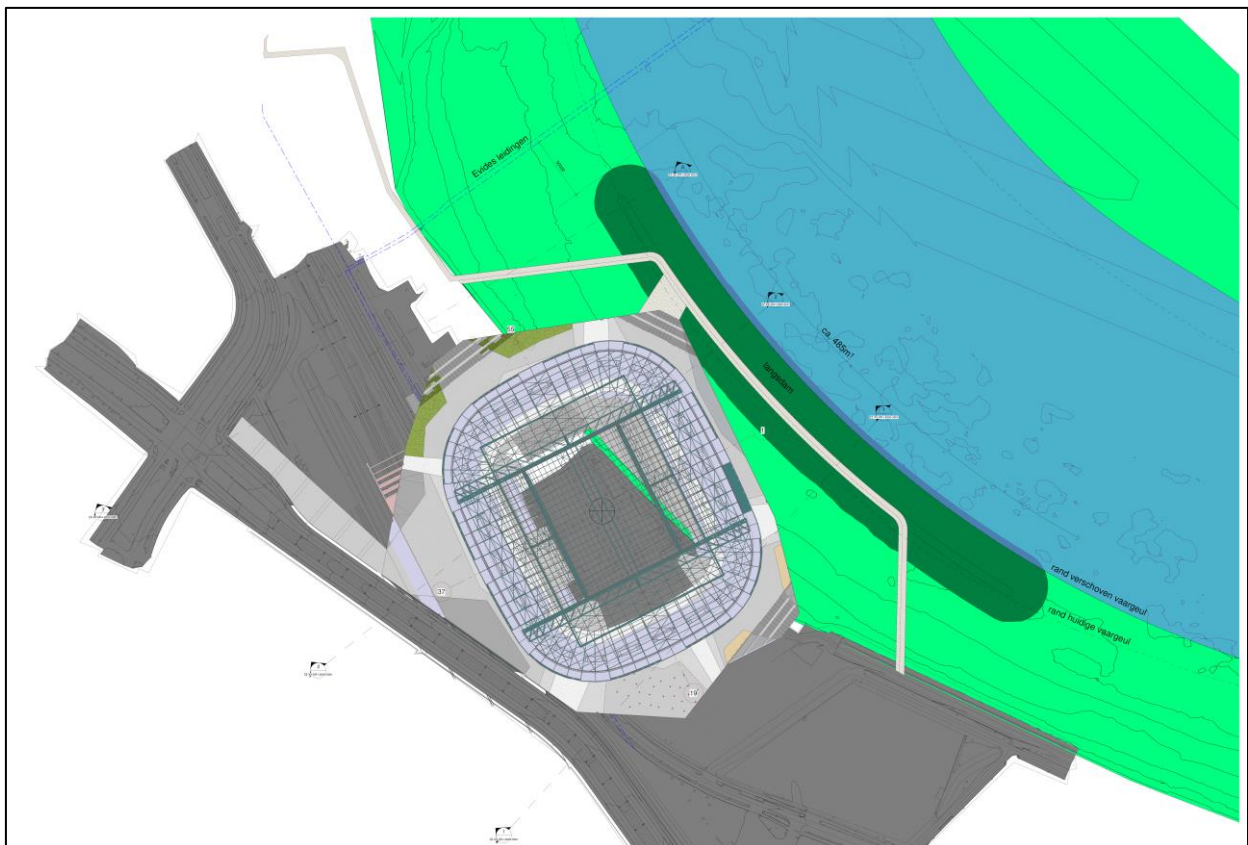
2.1 Locatie, lay-out en hoofdafmetingen

De locatie en lay-out van de langsdam is gepresenteerd in DO-situatie tekening FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1510-2001. Een uitsnede van deze tekening is opgenomen in Figuur 2-1.

De langsdam is ontworpen met onderstaande hoofdafmetingen:

- Talud rivier- en landzijde: 1:3
- Kruinhoogte: NAP +3,0m

Voorzien is dat de langsdam zal worden opgebouwd m.b.v. perskades (meerdere dammetjes van granulair materiaal, bijv. gauwacke) met zandaanvulling erachter als kernmateriaal voor de langsdam. De langsdam krijgt vervolgens een bekleding van breuksteen.



Figuur 2-1 Lay-out langsdam

2.2 Waterstanden

Onderstaande waterstanden zijn overgenomen uit de statistische waarden van Rijkswaterstaat voor de locatie Rotterdam (Nieuwe Maas):

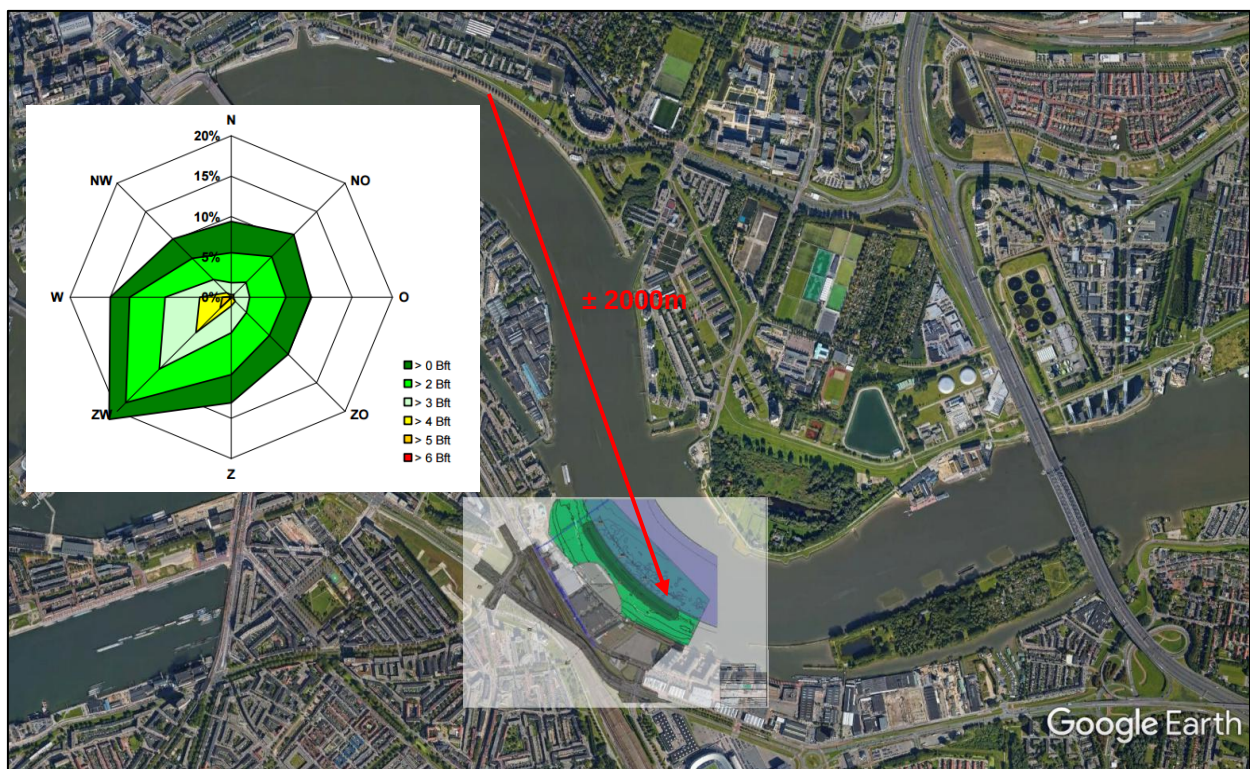
- HW NAP +1,32m
- Gemiddelde waterstand NAP +0,24m
- LW NAP -0,39m

Deze waterstanden komen redelijk overeen met de waterstanden zoals opgenomen in de HydroMeteoBundel [Ref. 1] voor de dichtstbijzijnde locatie (Waalhaven).

2.3 Golven

Golven gegenereerd door wind

De potentiële door wind opgewekte golfcondities zijn geschat aan de hand van een indicatieve som uitgevoerd met de Brettschneider-formule zoals opgenomen in de Rock Manual [Ref. 2]. Er zijn geen windgegevens in directe nabijheid van de projectlocatie. De dichtstbij gelegen windsensoren bevinden zich in de Lekhaven, ongeveer 5km ten westen van het projectgebied. Deze windgegevens, conform HydroMeteoBundel [Ref. 1] worden daarom toegepast in het berekenen van de windgolven.



Figuur 2-2 Strijklengte en windroos

Op basis van oriëntatie van de kade en beschikbare windroos, zie Figuur 2-2, is de volgende dominante windrichting en strijklengte bepaald:

- Windrichting: NNW
- Strijklengte: 2000m
- Windsnelheid: 8m/s (4Bft)

De berekende windgegeneerde golf heeft een hoogte (H) van ca. 0,2m en een periode (T) van 1,6s (zie Bijlage A). Hieruit kan worden geconcludeerd dat, door een zeer geringe strijklengte, de windgolven relatief klein zijn.

Golven gegenereerd door passerende schepen

Passerende schepen genereren secundaire golven welke schuin weglopen en breken op de oever. Op basis van de Rock Manual [Ref. 2] is een 1^e inschatting gemaakt van de secundaire scheepsgolfcondities. Voor een waterdiepte van gemiddeld 7,5m, een vaarsnelheid van 4m/s en een afstand van schip tot de langsdam van 10m, is de golfhoogte ca. 0,40m en de golfperiode ca. 2,1s (zie Bijlage A). Deze scheepgolven komen onder een hoek van ca. 55 graden aan ten opzichte van de normaal van de glooiing, welke leidt tot een zogenaamde equivalente golfhoogte reductie van 68%.

Op basis van deze inschatting wordt niet verwacht dat golven als gevolg van passerende schepen hoger zullen zijn dan 1,0m.

2.4 Stroomsnelheid

Schroefstroming gegenereerd door passerende schepen

Bij het passeren van de langsdam zullen schepen enkel hun hoofdschroef gebruiken. Het gebruik van een boegschroef is tijdens normale vaart (vaarsnelheid boven 2 á 3 knopen) niet aannemelijk.

De schroefstroming van de hoofdschroef veroorzaakt een naar achter en zijwaarts gerichte stroming naar het talud (radiaal uitwaaien), welke het talud van de langsdam zal belasten. De schroefstroming is hierdoor van invloed is op de stabiliteit van de breuksteenbekleding en op de stabiliteit van de grauwwacke tijdens de uitvoeringsfase.

Uitgangspunten

Relevante scheepsuitgangspunten zijn weergegeven Tabel 2-1. Bij het identificeren van deze uitgangspunten is gebruik gemaakt van scheepsdata zoals vermeld in PIANC WG180 [Ref. 3], zie Figuur 2-3

Tabel 2-1: Scheepsuitgangspunten

Parameter	Rijnschip max / 400 TEU containerschip (CEMT VIa)	Bron
Lengte	135m	HbR overzicht met ontwerpschepen binnenvaart (xls-sheet uit april 2018)
Breedte	17m	
Diepgang geladen	4,15m	
<u>Hoofdschroef</u>		
Totaal vermogen	3.400kW	PIANC WG180, see Figuur 2-3
Aangewend vermogen	100%	Aanname
Aantal schroeven	2	PIANC WG180, see Figuur 2-3
Type schroef	in tunnel	PIANC WG180, see Figuur 2-3
Schroefdiameter	1,8m	PIANC WG180, see Figuur 2-3
Schroefas t.o.v. kiel	0,5*D _p + 0,2m	Aanname

5.4.7. Propulsion Systems of Inland Vessels

Size and propulsion system of inland vessels vary widely and depend on the type of vessel and the navigation conditions such as width and depth of the waterways and the hydraulic structures such as locks. Ship types to be distinguished are: conventional cargo vessels, container vessels, push-tow units, passenger ships, recreational boats and service boats such as tugs and patrol vessels. For the cargo vessels the available power for the main propulsion system is about 0.5 kW per tonne loading capacity with a standard deviation of 30 %. For the largest ships the standard deviation is 20-25 %. Most ships are equipped with a double rudder system.

Focussing on the European and US inland fleet nowadays typical characteristic ship dimensions are [MARIN, 2008 ; PIANC Report 99, 2008]:

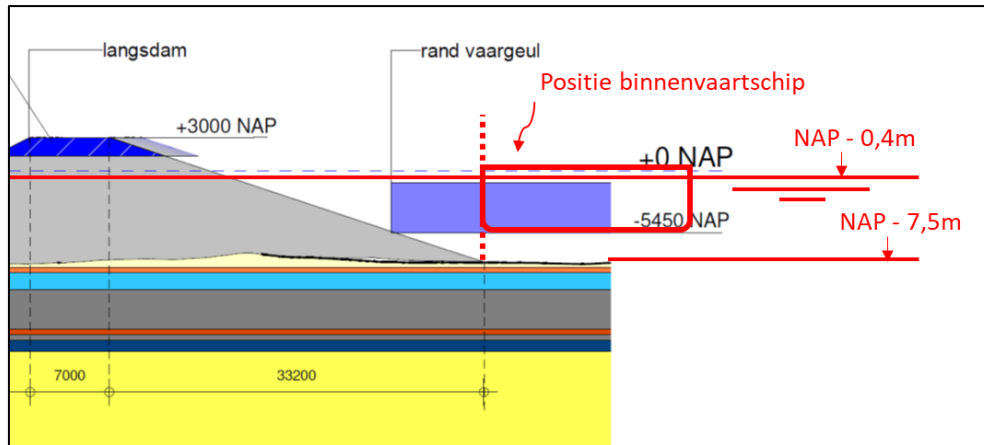
- Conventional cargo ship DEK-type and RHK-type: length up to 85 m; 1 (some 2) propeller with a diameter of 1.2 to 1.6 m and an installed engine power 550 to 750 kW; installed bow thruster power about 250 kW (standard deviation 30 %)
- Modern new built conventional cargo ship Rhine-type and Rhine-max: length 110 to 135 m; mostly 1 and some with 2 propellers in nozzles (ducted propellers) with a diameter of 1.6 to 1.8 m and an installed engine power of 900 to 2800 kW; equipped with bow thrusters up to 700 kW (standard deviation 30 %)
- Container vessel (400 TEU): length 135 m; 2 propellers in a nozzle with a diameter of 1.6 to 1.8 m and an installed engine power of 2,000 to 3,400 kW; equipped with 2 bow thrusters
- European push-tow units: length 185-250 m; 2 or 3 propellers in a nozzle with a diameter of 1.6 to 2.0 m and an installed engine power of 900 to 2,800 kW; equipped with 1 or 2 bow thrusters or equipped with flanking rudders
- USA push-tow units: length 440 m; 2 or 3 propellers in a nozzle with a diameter of 2.7 m and an installed engine power of 900 to 2,800 kW; no bow thrusters or equipped with flanking rudders
- Passenger ships: 2 or 3 propellers in a nozzle with a diameter of 1.6 to 1.8 m and an installed engine power of 800 to 1,400 kW; equipped with 2 bow thrusters
- Tugs: 2 propellers in a nozzle with a diameter of 1.6 to 1.8 m and an installed engine power of 800 to 1,000 kW; equipped with 2 bow thrusters

Different types of bow thrusters are applied for inland navigation: transverse thrusters in a tunnel (Figure 5.22) with up to 350 kW and pump jet thrusters (see Figure 5.14) up to 2,000 kW. The last type can also be built in older ships which originally were not equipped with a bow thruster.

Figuur 2-3 Hoofdschroef vermogen en dimensies PIANC WG180 [Ref. 3]

Voor de positie van het ontwerpschip en de geometrie van de langsdam zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd (zie ook Figuur 2-4):

- Waterniveau: LW = NAP -0,4m;
- Bodemniveau / bovenzijde bodembescherming: NAP -7,5m;
- Talud: 1:3
- Afstand zijkant schip tot talud (teenlijn): Min. 0m



Figuur 2-4 Positie ontwerpschip

De kans dat een schip dwars op het talud komt te liggen wordt zeer klein geacht. Daarom wordt stroming ten gevolge van de hoofdschroef loodrecht op het talud buiten beschouwing gelaten. Voor het bepalen van de maximale schroefstroming bij het onderwatertalud is gebruik gemaakt van methodes en formules uit PIANC WG180 [Ref. 3].

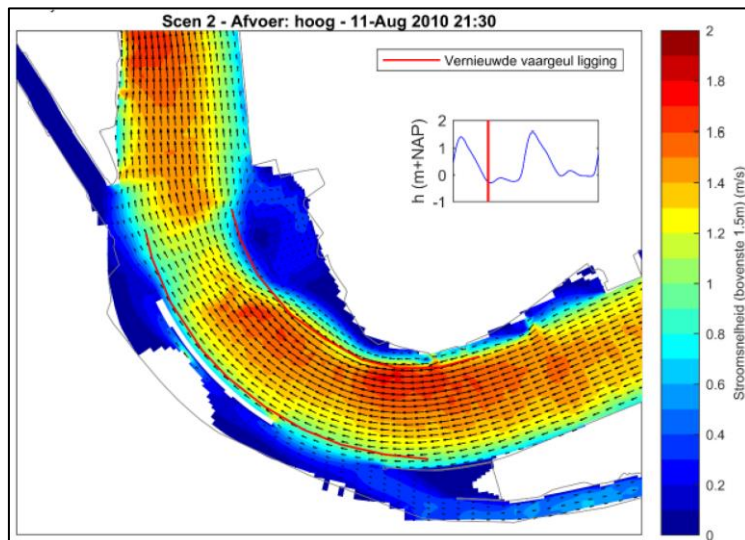
Hoofdschroefbelasting

Bovengenoemde input resulteert in een uitstroomsnelheid van 9,4m/s direct achter de propellers. Deze stroom waaiert radiaal uit onder een hoek van ca. 12,5° met de lengteas. De afstand van de schroefas tot de bodem (h_p) is 3,55m.

Op een afstand van circa 20m achter het schip bereikt de schroefstroom op bodemniveau de maximale stroomsnelheid van 1,8m/s. Ter plaatse van de teen van het talud bedraagt de maximale stroomsnelheid dan 0,5m/s. Ontwerpberekeningen zijn opgenomen in Bijlage A.

Getijstroming

De getijstroming is nader beschouwd in een rivierkundige beoordeling van de ontwikkeling van het stadion en de langsdam [Ref. 1]. Modelresultaten wijzen uit dat de stroomsnelheid nabij de langsdam circa 0,8m/s bedraagt (bij hoge afvoer), zie Figuur 2-5.



Figuur 2-5 Stroomsnelheid bij hoge afvoer

3 Ontwerpresultaten bekleding langsdam (breuksteen)

De bekleding van de langsdam start vanaf de teen en wordt doorgetrokken tot op de kruin van de langsdam. In het huidige ontwerp wordt breuksteen 10–60kg voorzien in een laagdikte van 0,5m, welke aangebracht dient te worden op een zinkstuk bestaande uit een roosterwerk van rijshouten wiepen (h.o.h. 1m) met geotextiel. Vanaf de teen van de langsdam wordt de bestorting nog ca. 20 m doorgezet op de bodem.

In deze paragraaf wordt gekeken in hoeverre breuksteen 10–60kg voldoet aan de verwachte golf- en stromingsbelastingen (door getij, wind en schepen).

Stabiliteit ten aanzien van golfbelastingen

De stabiliteit van de breuksteen is berekend met behulp van de Van der Meer formules [Ref. 2]. De volgende input parameters zijn hierbij toegepast:

- Scheepsgolven:
 $H_s = 0,4\text{m}$; $T_m = 2,1\text{s}$; golfhoek = $55^\circ \Rightarrow H_{seq} = 0,68 * 0,4 \approx 0,3\text{m}$;
Duur = 0,5 uur (conservatief voor een passerend schip);
Windgolven:
 $H_s = 0,2\text{m}$; $T_m = 1,6\text{s}$; golfhoek = $0^\circ \Rightarrow H_{seq} = 1 * 0,2 \approx 0,2\text{m}$;
(Storm)duur = 6 uur;
- Dichtheid water = 1.000kg/m^3 ;
- Dichtheid breuksteen = 2.650kg/m^3 ;
- Doorlatendheid van glooiing (P) = 0,1;
- Schade factor = 1 á 2
- Talud = 1:3

De resulterende minimaal benodigde steengrootte is ca. 2kg ($D_{n50} = 0,1\text{m}$), zie Bijlage A. Dit betekent dat de breuksteengradering van 10–60kg (met gemiddelde $W_{50} = 35\text{kg}$ en $D_{n50} = 0,24\text{m}$) ruim voldoende is wanneer het golfaanval betreft door de aangenomen scheeps- en windgolven.

Stabiliteit i.v.m. schroefstraal-stroming

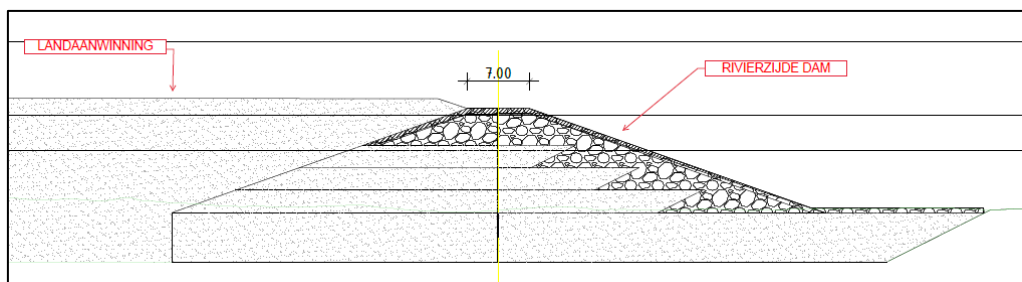
Voor het bepalen van de benodigde steengrootte ten aanzien van stromingen is gebruik gemaakt van de methodes (Izbash) en formules uit de Rock Manual [Ref. 2].

De resulterende minimaal benodigde steengrootte is ca. 32kg ($D_{n50} = 0,23\text{m}$), zie Bijlage A. Dit betekent dat de breuksteengradering van 10–60kg ($D_{n50} = 0,24\text{m}$; $W_{50} = 35\text{kg}$) voldoende zwaar is om stabiel te blijven in de maximale schroefstroomsnelheid van 1,8m/s.

4 Principe doorsnedes langsdam

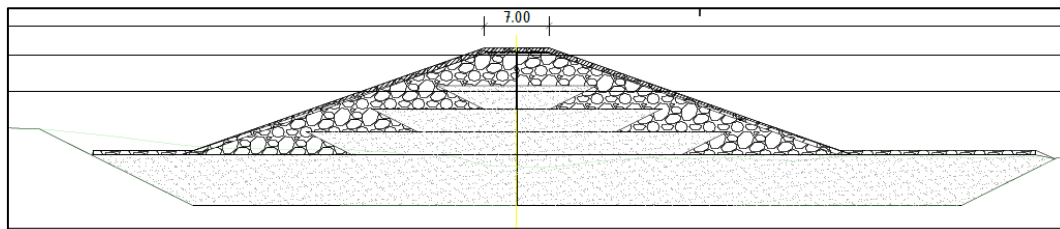
Zoals aangeven wordt de langsdam gefaseerd opgebouwd uit zand tussen stenen dammetjes van grauwwacke. De specificatie van de grauwwacke gradering (ca. 0 – 40 mm) is afhankelijk van de hydraulische stabiliteit hiervan tijdens de uitvoering bij golf- en stromingsbelastingen (door getij, wind en schepen). Tijdens de uitvoering zal de scheepvaart op afstand worden gehouden i.v.m. de nautische veiligheid, waardoor de stromingsbelastingen vanuit de scheepvaart naar verwachting voldoende laag zullen zijn.

Aan de stadionszijde van de langsdam wordt er een landaanwinning gerealiseerd waarop het stadion zal worden gebouwd. Deze landaanwinning (op NAP+4,1m) sluit voor een deel aan op de langsdam, zodat er over die lengte geen diepgelegen dammetjes aan de stadionszijde zullen worden toegepast.

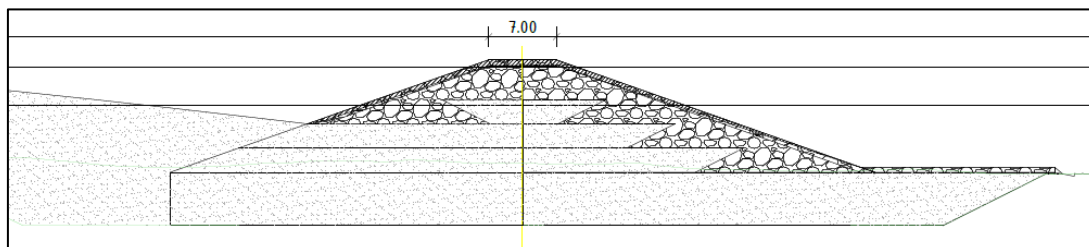


Figuur 4-1 Principeddoorsnede t.p.v. landaanwinning

De langsdam zal worden bekleed met breuksteen (10-60kg). De rivierzijde van de langsdam en de beide koppen worden volledig bekleed. Meelopend met het talud van de landaanwinning zal de toe te passen hoogte van de stenen dammetjes met breuksteenbekleding afnemen aan de stadionszijde van de langsdam (zie onderstaande figuren ter indicatie).



Figuur 4-2 Principeddoorsnede t.p.v. volledige dam



Figuur 4-3 Principeddoorsnede talud landaanwinning tegen dam

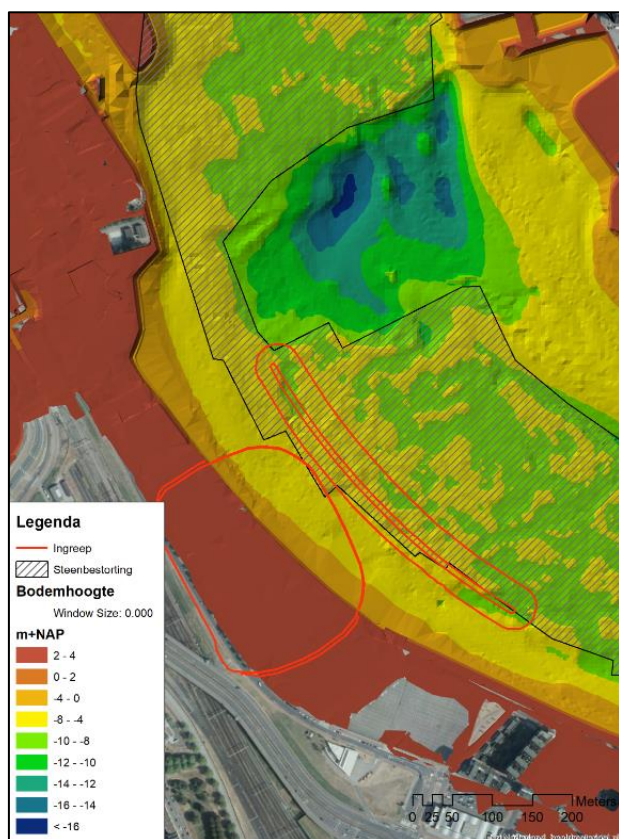
Aan de stadionszijde van de dam zal de 10-60kg bestorting mogelijk overgedimensioneerd zijn. Gezien het feit dat dit gebied nog nader ontwikkeld zal worden, met mogelijk ook scheepvaart richting stadion inclusief ligplaatsen, vlak langs de dam, wordt er nu niet voor een overgang naar lichtere bestorting gekozen. Eventueel kan dit nog in een later stadium worden doorgevoerd.

De teen van de noordelijke kop van de langsdam ligt op 50m uit zijkant bestaande Evides leidingen. Boven de Evides leidingen zit (verder de rivier in) een erosiekuil.

Ter plaatse van de noordelijke kop van de langsdam wordt het ook al iets dieper; deze verdieping wordt opgevuld en voorzien van breuksteen om erosie in de toekomst te voorkomen. E.e.a. is schematisch aangegeven in onderstaande figuren.



Figuur 4-4 Principe kop van de langsdam



Figuur 4-5 Indicatief: Diepe erosiekuil ligt verder in de rivier

5 Referenties

- 1 Havenbedrijf Rotterdam, HydroMeteoBundel nr.4, 2012
- 2 CIRIA / CUR / CETMEF, The Rock Manual: The use of rock in hydraulic engineering, 2007
- 3 PIANC WG180, Guidelines for Protecting Berthing Structures from Scour by Ships, 2015
- 4 Royal HaskoningDHV, Rivierkundige beoordeling Feyenoord City, BF3499WATRP190913_f2.0, 13 september 2019

Bijlage A Ontwerpberekeningen

WIND GENERATED WAVE GROWTH (SVERDRUP-MUNK-BRETSCHNEIDER 1977)

REFERENCES: CIRIA / CUR / CETMEF; The Rock Manual; 2007 (section 4.2.4.6, page 369)

Rock Manual 2007, Eq. 4.78 & 4.79 & 4.80

INPUT:

Constants $g = 9.807 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$ $\text{knot} := \frac{1853.25 \cdot \text{m}}{3600 \cdot \text{sec}}$ hour := 3600 · sec
:
Wind speed: $U_{10} := 8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$
Wind fetch: $F := 2.0 \cdot \text{km}$

DERIVED PARAMETERS AND FORMULAE:

$$H_s := \frac{U_{10}^2}{g} \cdot 0.283 \cdot \tanh \left[0.0125 \cdot \left(\frac{g \cdot F}{U_{10}^2} \right)^{0.42} \right] \quad T_s := \frac{U_{10}}{g} \cdot 7.54 \cdot \tanh \left[0.077 \cdot \left[\frac{g \cdot F}{(U_{10})^2} \right]^{0.25} \right]$$

OUTPUT:

Significant wave height: $H_s = 0.25 \text{ m}$
Significant wave period: $T_s = 1.9 \text{ s}$

SHIP INDUCED WAVES AND WATER MOTIONS

REFERENCES: 1. CIRIA / CUR / CETMEF; The Rock Manual; 2007 (Section 4.3.4, p. 434) and errata list of 2 February 2016 (includes corrections)

Rock Manual - page 440:

$\alpha_i = 1$ for tugs, recreational craft and **loaded** conventional ships & **unloaded** push units

$\alpha_i = 0.35$ for **unloaded** conventional ships

INPUT:

Constants: $g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Waterway info:

Still water level: SWL := 0.0-m CD

Bed level: $h_{\text{bed}} := -7.5\text{-m}$ CD

Vessel info:

Length overall: $L_s := 135\text{-m}$

Breadth: $B_s := 17\text{-m}$

Draught: $T_s := 4.15\text{-m}$

Sailing distance to bank: $y_s := 10\text{-m}$

Ship speed: $V_s := 4\text{-m}\cdot\text{s}^{-1}$

Ship type coefficient: $\alpha_i := 1$

FORMULAE AND DERIVED PARAMETERS:

Water depth: $h := \text{SWL} - h_{\text{bed}}$ $h = 7.5\text{m}$

Secondary ship waves (interference peaks):

Secondary ship wave height: $H_i := 1.2 \cdot \alpha_i \cdot h \cdot \left(\frac{y_s}{h} \right)^{-0.333} \cdot \left(\frac{V_s}{\sqrt{g \cdot h}} \right)^4$ $H_i = 0.4\text{m}$

Secondary ship wave length: $L_i := \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{V_s^2}{g} = 6.834\text{m}$ $L_i = 6.8\text{m}$

Secondary ship wave period: $T_i := 5.1 \cdot \frac{V_s}{g} = 2.08\text{s}$ $T_i = 2.1\text{s}$

VESSEL INDUCED FLOW VELOCITY - HOR. BED

REFERENCES: 1. PIANC WG48, Report 180; Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships; 2015
2. CIRIA / CUR / CETMEF; The Rock Manual; 2007 (Section 4.3.45, p. 434)
3. T. Blokland; PAO Course Quay Walls - Design of Scour Protections; 2017

INPUT:

Constants	$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	hour := 3600·sec	$W = 1 \text{ W}$
Berth information:		Deberthing information:	
Still water level:	$\text{SWL} := -0.4 \cdot \text{m}$ CD	Distance of propeller axis to lateral boundary:	$y_{pb} := 5 \cdot \text{m}$
Bed level:	$h_{bed} := -7.0 \cdot \text{m}$ CD		
Vessel information:		Other information:	
Length overall:	$L_s := 135 \cdot \text{m}$	Density of water:	$\rho_w := 1025 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Breadth:	$B_s := 17 \cdot \text{m}$	Factor of confinement influence:	$f := 1$
Draught:	$T_s := 4.15 \cdot \text{m}$		

Main engine(s) / propeller(s):

Total power of main engine(s):	$P_p := 3400 \cdot \text{kW}$
%-age of power applied:	$P_{papp} := 100\%$
Number of propellers:	$N_p := 2$
Propeller diameter:	$D_p := 1.8 \text{ m}$
Type of propeller:	$T_p := \text{"Ducted"}$
Distance between propellers:	$y_p := 9 \text{ m}$
Distance of propeller tip to keel:	$h_{ptk} := 0.20 \text{ m}$

FORMULAE AND DERIVED PARAMETERS:

Water depth:	$h := \text{SWL} - h_{bed}$	$h = 6.6 \text{ m}$
Underkeel clearance:	$K_c := h - T_s$	$K_c = 2.45 \text{ m}$
Distance propeller axis to keel:	$h_{pk} := \frac{D_p}{2} + h_{ptk}$	$h_{pk} = 1.1 \text{ m}$
Distance propeller axis to bed:	$h_p := K_c + h_{pk}$	$h_p = 3.55 \text{ m}$

Main propeller(s)

flow:

Propellor orifice outflow
velocity:

$$U_{p0} := \begin{cases} 1.48 \cdot \left(\frac{P_{papp} \cdot \frac{P_p}{N_p}}{\rho_w \cdot D_p^2} \right)^{\frac{1}{3}} & \text{if } T_p = \text{"Non-ducted"} \\ 1.17 \cdot \left(\frac{P_{papp} \cdot \frac{P_p}{N_p}}{\rho_w \cdot D_p^2} \right)^{\frac{1}{3}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad U_{p0} = 9.36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Max. U_{bed} at X from
propeller:

Flow velocity in prop. axis at
X:

$$U_{p_axis} := \begin{cases} 1.98 \cdot U_{p0} \left(\frac{D_p}{X_p} \right)^1 & \text{if } T_p = \text{"Non-ducted"} \\ 2.8 \cdot U_{p0} \left(\frac{D_p}{X_p} \right)^1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad U_{p_axis} = 2.39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Maximum flow velocity at
(x,r):
(1 propeller)

$$r_p := \sqrt{h_p^2 + y_{pb}^2} \quad r_p = 6.132 \text{ m}$$

$$U_{p_xr} := U_{p_axis} \cdot \exp \left(-15.4 \cdot \frac{r_p^2}{X_p^2} \right) \quad U_{p_xr} = 0.539 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Maximum flow velocity at
bed:
from 1 propeller

$$U_{p_bed1} := \begin{cases} f \cdot 0.216 \cdot U_{p0} \left(\frac{D_p}{h_p} \right)^1 & \text{if } T_p = \text{"Non-ducted"} \\ f \cdot 0.306 \cdot U_{p0} \left(\frac{D_p}{h_p} \right)^1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad U_{p_bed1} = 1.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Maximum flow velocity at
bed:
by 2 propellers

$$U_{p_bed2} := \begin{cases} U_{p_bed1} & \text{if } \frac{h_p}{0.5 \cdot y_p} \leq 0.578 \\ 2 \cdot \frac{h_p}{\sqrt{h_p^2 + (0.5 \cdot y_p)^2}} \cdot U_{p_bed1} & \text{if } 0.578 < \frac{h_p}{0.5 \cdot y_p} < 1 \\ \sqrt{2} \cdot U_{p_bed1} & \text{if } \frac{h_p}{0.5 \cdot y_p} \geq 1 \end{cases} \quad U_{p_bed2} = 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Maximum bed flow
velocity:

$$U_{p_bed} := \begin{cases} U_{p_bed1} & \text{if } N_p = 1 \\ U_{p_bed2} & \text{if } N_p = 2 \end{cases}$$

OUTPUT:

Main propeller(s) flow:

Propellor outflow
velocity:

$$U_{p0} = 9.4 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Max. U_{bed} at X from
propeller:

$$X_p = 19.7 \text{ m}$$

Flow velocity in prop. axis at
X:

$$U_{p_axis} = 2.4 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Maximum flow velocity at
(x,r):

$$U_{p_xr} = 0.5 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Maximum flow velocity at
bed:

$$U_{p_bed} = 1.8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

STABILITY OF ROCK AGAINST WAVE ATTACK

REFERENCES:

1. CIRIA / CUR / CETMEF; The Rock Manual; 2007 (section 5.2.2.2, page 567)
2. Van Gent, M.R.A.; Oblique wave attack on rubble mound breakwater (Coastal Engineering 88); 2014

INPUT:

Constants:	$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	hour := 3600·sec	
Significant wave height:	$H_s := 0.4\text{m}$	Damage figure:	$S_m := 2.0$
Mean wave period:	$T_m := 2.1\cdot\text{sec}$	Notional permeability factor:	$P := 0.1$
Storm duration:	$S_d := 0.5\cdot\text{hour}$	Slope gradient:	$\cot\alpha := 3$
Incoming wave direction:	$\beta := 55\text{deg}$	Fourier asperity roughness:	$P_R := 0.01$
$H_{2\%} / H_s$ (Rayleigh = 1.4):	$R_{2\%} := 1.4$	Density of rock:	$\rho_a := 2650 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Density of water: Peak	$\rho_w := 1000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		

DERIVED PARAMETERS AND FORMULAE:

$H_{s_{eq}} :=$	$\begin{cases} H_s & \text{if } \beta - 10\text{deg} < 20\cdot\text{deg} \\ H_s \left[(1 - 0.42) \cdot (\cos(\beta - 10\cdot\text{deg}))^2 + 0.42 \right] & \text{if } 20\cdot\text{deg} \leq \beta - 10\text{deg} \end{cases}$	$H_{s_{eq}} = 0.284 \text{ m}$
Wave steepness:	$s_m := \frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{g \cdot T_m^2}$ $\tan\alpha := \frac{1}{\cot\alpha}$	$s_m = 0.058$ $\tan\alpha = 0.333$
Coefficients:	$C_{pl} := (5.5 + 70 \cdot P_R)$ $C_s := (0.6 + 40 \cdot P_R)$	$C_{pl} = 6.2$ $C_s = 1.0$
Iribarren numbers:	$\xi_m := \frac{\tan\alpha}{s_m}$ $\xi_{cr} := \left(\frac{C_{pl}}{C_s} \cdot P^{0.31} \cdot \sqrt{\tan\alpha} \right) \left[\frac{1}{(P+0.5)} \right]$	$\xi_m = 1.38$ $\xi_{cr} = 2.55$

Relative density: $\Delta := \frac{\rho_a - \rho_w}{\rho_w} \quad \Delta = 1.65$

Number of waves: $N_w := \frac{S_d}{T_m} \quad N_w = 857$

Van der Meer formulae:

$$D_{nplunging} := \frac{H_{seq}}{C_{pl} \cdot P^{0.18} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N_w}} \right)^{0.2} \cdot \xi_m^{-0.5} \cdot \Delta} \cdot \frac{R_{2\%}}{1.4} = 0.085 \text{ m} \quad (\text{plunging})$$

$$D_{nsurging} := \frac{H_{seq}}{C_s \cdot P^{-0.13} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N_w}} \right)^{0.2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_m^P \cdot \Delta} \cdot \frac{R_{2\%}}{1.4} = 0.122 \text{ m} \quad (\text{surging})$$

$$D_{n50} := \begin{cases} D_{nplunging} & \text{if } \xi_m < \xi_{cr} \\ D_{nsurging} & \text{if } \xi_m \geq \xi_{cr} \\ D_{nplunging} & \text{if } \cot \alpha \geq 4 \end{cases} = 0.085$$

Convert rock diameter into rock weight:

$$V_n := D_{n50}^3 = 0.604 \text{ L} \quad \frac{H_{seq}}{\Delta \cdot D_{n50}} = 2.037$$

$$W_{50} := V_n \cdot \rho_a = 2 \text{ kg}$$

OUTPUT:

Nominal median rock diameter: $D_{n50} = 0.08 \text{ m}$

Median rock weight: $W_{50} = 2 \text{ kg}$

SCOUR PROTECTION DESIGN AGAINST FLOW (DUTCH METHOD)

REFERENCES: 1. PIANC WG48, Report 180; Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships; 2015
 2. CIRIA / CUR / CETMEF; The Rock Manual; 2007 (Section 4.3.45, p. 434)
 3. T. Blokland; PAO Course Quay Walls - Design of Scour Protections; 2017

INPUT:

Constants $g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Flow parameters:

Flow velocity near bed/slope: $U_b := 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Angle of flow attack: $\psi := 90 \text{ deg}$

Bed / slope gradient: $\cot \alpha := 1000$

Material parameters:

Density of water: $\rho_w := 1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Density of quarry rock: $\rho_r := 2650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Density of concrete: $\rho_c := 2400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Angle of repose for rock: $\phi_r := 40 \text{ deg}$

Rock layer thickness coefficient: $K_t := 0.95$

Izbash method parameter:

Izbash factor: $\beta_{iz} := 2.6$

FORMULAE AND DERIVED PARAMETERS:

Relative density of rock: $\Delta_r := \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1$ $\Delta_r = 1.585$

Slope angle: $\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{\cot \alpha}\right)$ $\alpha = 0.1 \cdot \text{deg}$

Bed / slope factor - rock: $k_{slr} := \frac{\cos(\psi) \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{\cos(\alpha)^2 \cdot \tan(\phi_r)^2 - \sin(\psi)^2 \cdot \sin(\alpha)^2}}{\tan(\phi_r)}$
 $k_{slr} = 1$

1. Quarry rock (Izbash) (*Dutch method*):

Min. average median rock diameter: $D_{50} := \beta_{iz} \cdot \frac{1}{k_{slr}} \cdot \frac{U_b^2}{2 \cdot g \cdot \Delta_r}$ $D_{50} = 0.27 \text{ m}$

Average nominal median rock diameter: $D_{n50} := 0.843 \cdot D_{50}$ $D_{n50} = 0.23 \text{ m}$

Minimum average median rock mass: $M_{50} := D_{n50}^3 \cdot \rho_r$ $M_{50} = 31.6 \text{ kg}$

Minimum required rock grading: $\text{Grading} := \begin{cases} "5-40\text{kg}" & \text{if } M_{50} \leq M_{50a} \\ "10-60\text{kg}" & \text{if } M_{50a} \leq M_{50} < M_{50b} \\ "40-200\text{kg}" & \text{if } M_{50b} \leq M_{50} < M_{50c} \\ "60-300\text{kg}" & \text{if } M_{50c} \leq M_{50} < M_{50d} \end{cases}$ $\text{Grading} = "10-60\text{kg}"$

Average rock layer thickness: $t_l := \begin{cases} 2 \cdot K_t \cdot D_{n50a} & \text{if Grading} = "5-40\text{kg}" \\ 2 \cdot K_t \cdot D_{n50b} & \text{if Grading} = "10-60\text{kg}" \\ 2 \cdot K_t \cdot D_{n50c} & \text{if Grading} = "40-200\text{kg}" \\ 2 \cdot K_t \cdot D_{n50d} & \text{if Grading} = "60-300\text{kg}" \end{cases}$ $t_l = 0.46 \text{ m}$

A10 Analyse Ecologisch areaal – November 2019

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan: RWS WNZ
Van: Martin de Haan
Datum: 26-11-2019
Kopie: Edwin van de Broek, Gemma Kagchelland
Ons kenmerk: BF3499WATNT1911260943
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: BPRW-toets Feyenoord City, landaanwinning en langsdam

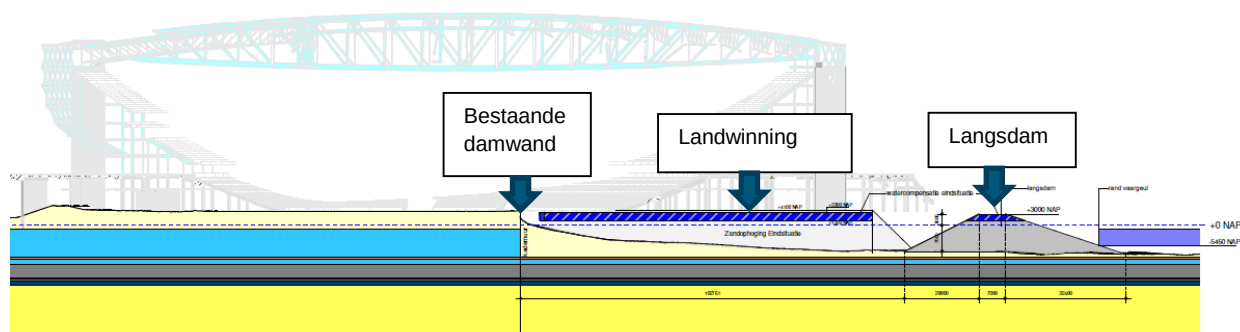
Context

Voor ingrepen in rijkswateren heeft Rijkswaterstaat een toetsingskader vastgesteld: de toets op het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW-toets). Daarmee moet worden getoetst of een ingreep mogelijk effect heeft op de ecologische of chemische toestand van een rijkswater. Die ecologische en chemische toestand zijn vastgelegd voor alle oppervlaktewaterlichamen in Nederland, overeenkomstig de vereisten uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Vragen die met het doorlopen van het toetsingskader onder meer moeten worden beantwoord zijn:

- Heeft de activiteit negatieve invloed op reeds uitgevoerde of geplande KRW-maatregelen?
- Heeft de activiteit negatieve effecten op de chemische toestand of op de toestand van één of meerdere van de biologische kwaliteitselementen die de ecologische toestand mede bepalen?
- Welke aanvullende maatregelen moeten zo nodig worden getroffen om negatieve effecten te vereffenen?

De planvorming rond Feyenoord-City heeft mede betrekking op de (oever van) de Nieuwe Maas, met name waar het de realisatie van een langsdam en landwinning betreft. Hiervoor moet watervergunning worden aangevraagd waarbij de uitvoering van een BPRW-toets verplicht is. In beginsel moet gebruik worden gemaakt van Bijlage 5 Toetsingskader waterkwaliteit en KRW-factsheets, behorend bij het vigerende Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016-2021 (Rijkswaterstaat, 2015). RWS WNZ heeft echter aangegeven nu al de nieuwe werkwijze te hanteren, zoals deze als bijlage zal worden gevoegd bij het BPRW 2022-2027. Daarom is de nieuwe werkwijze gehanteerd.

De vergunningaanvraag waar deze BPRW-toets deel van uitmaakt betreft de Waterwet-vergunningaanvraag voor realisatie van een langsdam en zandwinning. Voor een indicatie van de ingreep, zie figuur 1 en Bijlage 1.

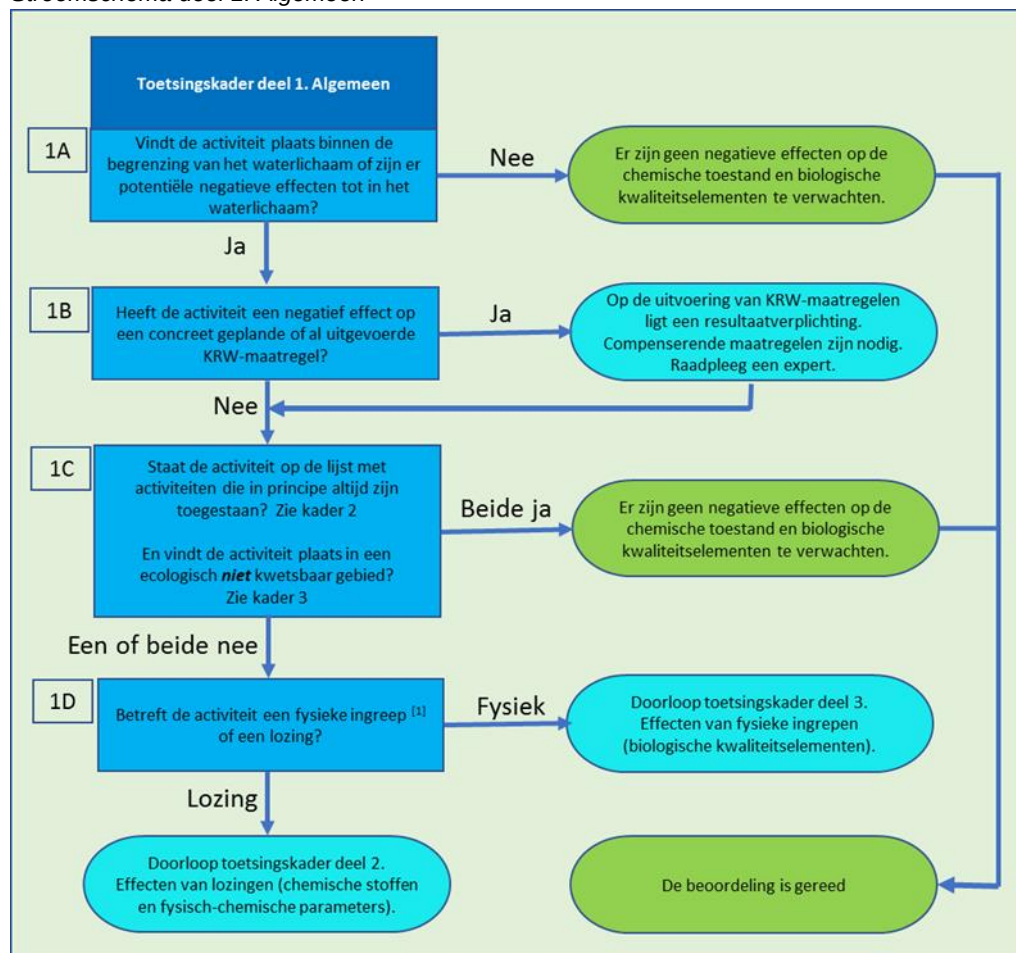


Figuur 1. Doorsnede van het ontwerp met een indicatie van de landwinning en de langsdam

Toetsing aan de hand van het Toetsingskader

In het toetsingskader zijn stroomschema's met te beantwoorden vragen opgenomen. De relevante stroomschema's zijn hieronder doorlopen.

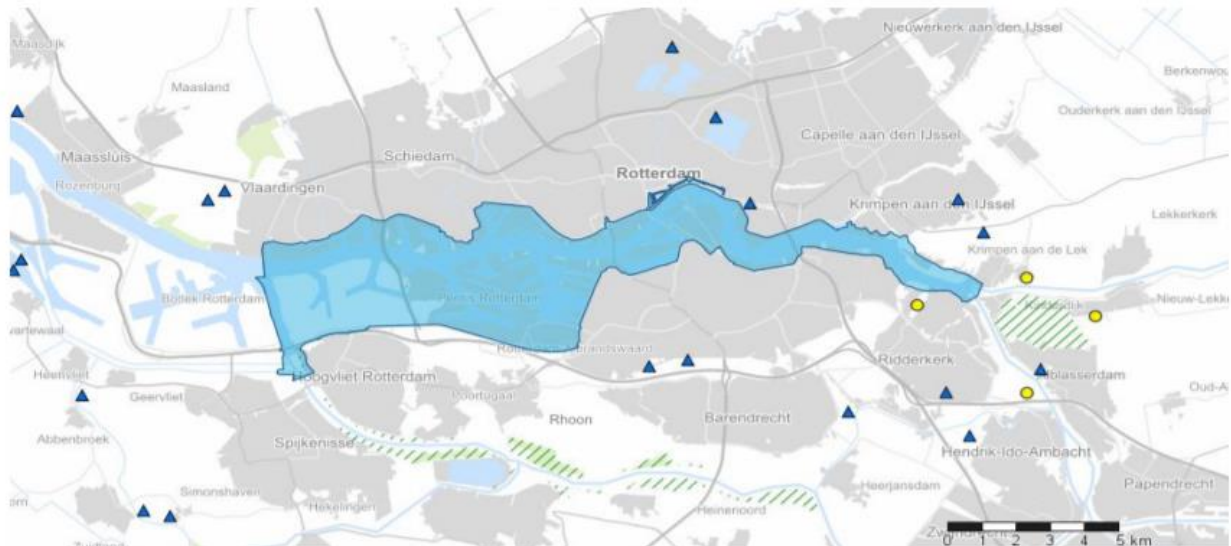
Stroomschema deel 1: Algemeen



1A Vindt de ingreep plaats binnen de begrenzing van het waterlichaam of zijn er potentiële negatieve effecten tot in het waterlichaam?

Ja

De ingreep vindt plaats in KRW-oppervlaktewaterlichaam Nieuwe Maas (watertype O2, estuarium met matig getijverschil).



1B Heeft de activiteit een negatief effect op een concreet geplande of al uitgevoerde KRW-maatregel?

Nee

In de planperiode 2010 t/m 2015 is in de Nieuwe Maas gestart met het aanbrengen van verhard substraat in combinatie met verondieping en aanleg van een palenbos. Tevens is in deze planperiode een aantal kunstwerken vispasseerbaar gemaakt. In de planperiode 2016 t/m 2021 worden voorts natuurvriendelijke oevers aangelegd op een vijftal locaties, zoetwaterkreken met getij gerealiseerd, onderzoek uitgevoerd naar geschikte locaties voor nog meer natuurvriendelijke oevers, niet genormeerde stoffen geagendeerd, waterbodemonderzoeken uitgevoerd, en gestudeerd op herkomst van specifiek verontreinigende stoffen en mogelijke maatregelen tegen lozingen, emissies en verliezen. Op geen van deze maatregelen heeft de realisatie van een langsdam en landwinning een negatief effect.

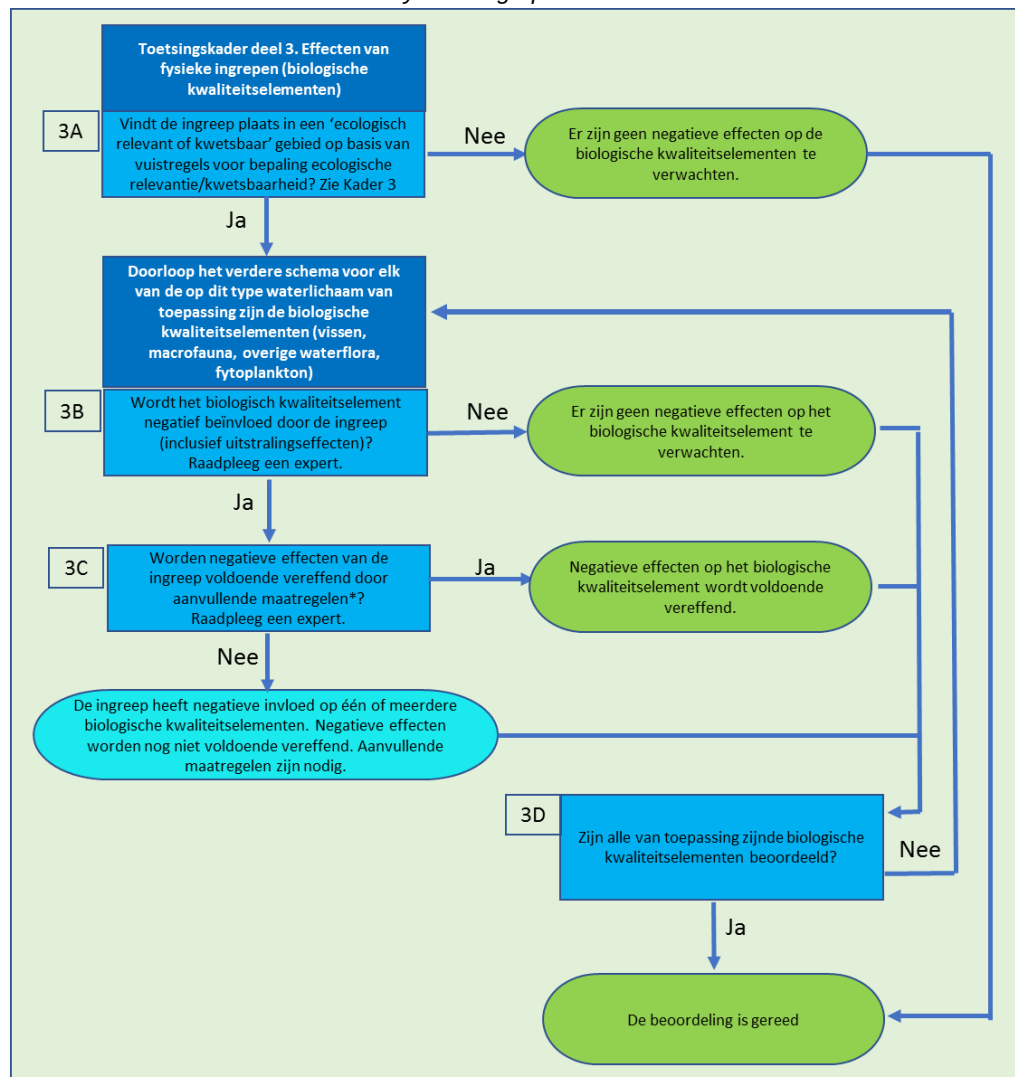
1C Staat de ingreep op de lijst met activiteiten ingrepen die in principe altijd zijn toegestaan?
Nee

1D Betreft de activiteit een fysieke ingreep of een lozing?

De activiteit betreft geen lozing. Stroomschema Deel 2 Effecten van lozingen (chemische stoffen en fysisch-chemische parameters) hoeft niet te worden doorlopen.

De activiteit betreft een fysieke ingreep. Dat betekent dat toetsingskader Deel 3 Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen) wel moet worden doorlopen.

Stroomschema deel 3. Effecten van fysieke ingrepen.



* aanvullende maatregelen moeten afname van ecologisch waardevol areaal en verslechtering van de biologische toestand voorkomen of 'vereffenen' middels het creëren van ander waardevol areaal in het waterlichaam en/of verbetering van de kwaliteit in vergelijkbaar gebied binnen het waterlichaam.

3A. Vindt de ingreep plaats in een 'ecologisch relevant of kwetsbaar' gebied op basis van de vuistregels voor bepaling ecologische relevant/kwetsbaarheid (Kader 3)?

Ja

De Nieuwe Maas kan gezien de toekenning van het KRW-watertype O2 worden beschouwd als 'overgangswater', maar ook als kanaal en/of havengebied. In Kader 3 is het volgende opgenomen:

Het toetsingskader dient verder te worden doorlopen in de volgende situaties:

- **Kust- en overgangswateren:** Wanneer de ingreep invloed heeft op het gebied buiten de vaargeulen. Uitgezonderd zijn infrastructuurwerken op de land-water overgang, zoals dijken of dammen. Voor kunstmatige wateren die zijn getypeerd als overgangswater (met name enkele kanalen en/of havengebieden) prevaleert onderstaande vuistregel.
- **Kanalen en/of havengebieden:** Wanneer door een ingreep een verandering optreedt van het type oever, bijvoorbeeld wanneer een stortstenen oever wordt vervangen door een kade.

3B. Wordt een of meerdere van de relevante biologische kwaliteitselementen negatief beïnvloed door de ingreep (inclusief uitstralingseffecten)?

Ja

In de aanlegfase leidt de maatregel mogelijk tot een zekere mate van vertroebeling en verstoring van vissen. Dit zijn tijdelijke effecten zonder permanente gevolgen voor de biologische of chemische waterkwaliteit. Voorts wordt een oppervlakte van m2 permanent aan het bodemareaal onttrokken met mogelijk negatieve effecten voor ter plaatse aanwezige macrofauna en vissen.

Toelichting bij 3B

In de huidige situatie wordt de ecologische kwaliteit van het waterlichaam bepaald door de situatie van de biologische kwaliteitselementen, de biologie ondersteunende fysisch-chemische parameters en de overige verontreinigende stoffen. Voor het waterlichaam Nieuwe Maas zijn de volgende biologische kwaliteitselementen relevant: fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vis. Hieronder zijn de historische, huidige en toekomstige toestand voor de biologische kwaliteitselementen weergegeven.

Biologie	GEP	Toestand 2009	Toestand 2015	Toestand 2018	Prognose 2021	Prognose 2027
Macrofauna (EKR)	≥ 0,39	 *				
Overige waterflora (EKR)	≥ 0,00		 *			
Vis (EKR)	≥ 0,60	 *				
Fytoplankton (EKR)	≥ 0,60	 *				

* deze toestandsbeoordeling betreft een expertoordeel

Fytoplankton. De toestand voor fytoplankton wordt bepaald door de gemiddelde chlorofyl-a-concentraties en de bloeifrequentie van Phaeocystis. Het toestandsoordeel begeeft zich rond de klassengrens van een matige en een goede toestand.

Overige waterflora. Voor het KRW-type O2 wordt de toestand m.b.t. overige waterflora bepaald aan de hand van de kwaliteit en het areaal kwelder en zeegras. Ontwikkeling daarvan is in de Nieuwe Maas niet mogelijk. Om die reden is de GEP-waarde vastgesteld op 0. Er is daarom altijd sprake van een 'goede toestand'. Overigens zijn ter plaatse van de planlocatie naar verwachting überhaupt weinig of geen waterplanten aanwezig, omdat de oever steil en hard is en de omstandigheden op de bodem door stroming dynamisch en minder geschikt voor vestiging van waterplanten zijn.

Macrofauna. Voor macrofauna wordt de toestand vanaf 2015 beoordeeld als goed'. Overigens is het oordeel gebaseerd op monitoringresultaten van de Nieuwe Waterweg, omdat in de Nieuwe Maas in 2010 en 2012 geen macrofauna is bemonsterd.

Vissen. Voor vissen wordt de toestand beoordeeld als matig. Ook dit oordeel is gebaseerd op monitoringresultaten van de Nieuwe Waterweg, omdat in de Nieuwe Maas geen visbemonstering plaatsvindt. In de Nieuwe Waterweg wordt met boomkor en fuik gevist. Daarbij worden circa 50 verschillende vissoorten gevangen, variërend van zoutwatervissen als kabeljauw en Atlantische forel, bodemvissen als bot en tarbot, en 'zoetwatervissen' als snoekbaars, karper en winde. Verondersteld wordt dat de vissamenstelling in de Nieuwe Maas niet wezenlijk zal verschillen van die in de nieuwe Waterweg.

Beoordeling van effecten

Voor fytoplankton en overige waterflora heeft de ingreep geen negatieve effecten.

Voor macrofauna en vissen is er sprake van aanlegeffecten. Vissen kunnen worden verstoord door vertroebeling of geluid bij het realiseren van de langsdam. Vissen zijn echter mobiel en hebben in de nieuwe Maas voldoende uitwijkmogelijkheden.

Macrofauna is in het algemeen niet mobiel en wordt bij de aanleg grotendeels bedolven onder een zandlaag en een langsdam (klei).

Door de landwinning wordt 16.000 m² bodem van de Nieuwe Maas bedekt. De realisatie van de langsdam zorgt voor onttrekking van 4.400 m² bodemareaal. In totaal wordt dus een oppervlakte van 20.400 m² bodemareaal (permanent) aan de Nieuwe Maas onttrokken. Hoewel het areaal betreft met relatief lage natuurwaarden wordt deze onttrekking beoordeeld als een negatief effect op macrofauna en vis.

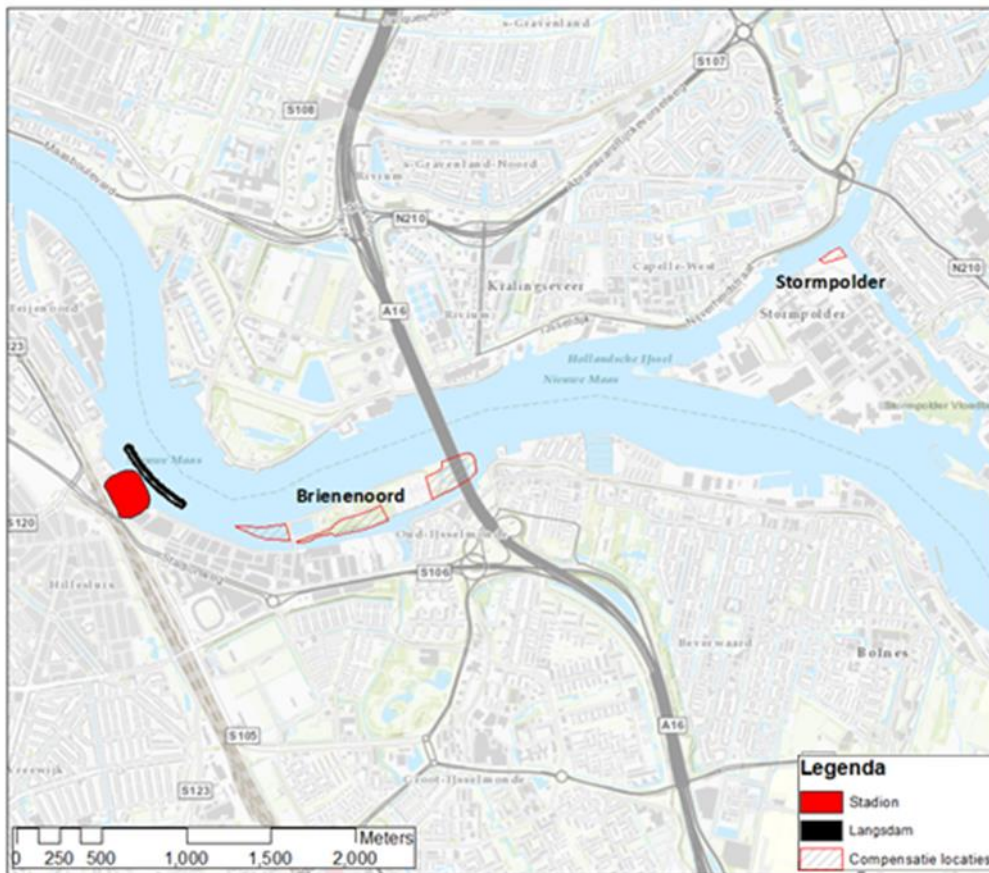
3C Worden negatieve effecten van de ingreep voldoende vereffend door aanvullende maatregelen?

Ja

Binnen het project zal het verlies aan waterberging worden gecompenseerd. Voor deze compensatie zijn twee locaties geselecteerd, te weten: Eiland van Brienenoord en Stormpolder. Beide locaties zijn bovenstrooms gelegen, dichtbij de locatie van de ingreep (zie figuur 2).

Op het eiland van Brienenoord worden op verschillende locaties aanpassingen gedaan aan het maaiveld zodat hier getijdenatuur kan ontstaan. Zo wordt de huidige steile oever afgegraven en met een zeer flauw talud aangelegd. Ook wordt een bestaande plas binnen de begrenzing van het eiland uitgebreid. Door een goede inrichting wordt gezorgd voor een aantrekkelijke habitat voor macrofauna en vissen. Vissen vinden er niet alleen een geschikt leefgebied met voldoende voedsel en schuilgelegenheid maar ook een goede paaihabitat. Het nieuwe waterareaal dat dient als compensatie voor het verlies aan berging heeft positieve effecten op macrofauna en vis.

De andere locatie, Stormpolder, is in de huidige situatie een braakliggend terrein in een industriegebied zonder (aquatische) natuurwaarden. Hier wordt langs de Hollandse IJssel (nabij de monding in de Nieuwe Maas) een laaggelegen groenstrook aangelegd die jaarlijks onder water staat. Ook dit draagt bij aan vergroting van natuurwaarden voor onder meer vis.



Figuur 2. Compensatielocaties ten opzichte van de ingreep

Conclusie

Er is sprake van een zeker effect op een aantal biologische kwaliteitselementen, met name op de habitat van vis en macrofauna. Het betreft een tijdelijke effect door verstoring en een permanent effect door areaalverlies. Tijdelijke verstoringseffecten bij aanleg zijn niet significant omdat de vissen voldoende uitwijkmogelijkheden hebben. De negatieve effecten als gevolg van areaalverlies worden vereffend doordat nieuw water wordt gecreëerd en de habitatkwaliteit van dit nieuwe water beter is voor macrofauna en vissen dan de huidige habitatkwaliteit. Na het treffen van de vereffende maatregelen is er daarom geen sprake van netto significant negatieve effecten op de relevante biologische kwaliteitselementen. Er is geen negatieve invloed op scores op de biologische maatlaten voor fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vis voor het waterlichaam Nieuwe Maas.

Bijlage 1 Dwarsprofiel en bovenaanzicht Landaanwinning en Landsdam

