

PROGRAMMA **NAAR EEN RIJKE WADDENZEE**



WAD VEERKRACHTIG!

Toelaten getij in Polder Wassenaar

Opstellen van een gedragen definitief voorontwerp



Inhoudsopgave

1	ACHTERGROND	5
1.1	Introductie	5
1.2	Achtergrond	5
1.3	Doel	6
1.4	Aanpak en leeswijzer	7
2	PROGRAMMA VAN EISEN BELANGHEBBENDEN	8
2.1	Staatsbosbeheer	8
2.2	Stichting Zilte Zone	9
2.3	NIOZ	10
2.4	Programma naar een Rijke Waddenzee	10
2.5	HHNK	11
3	RANDVOORWAARDEN VOOR HET ONTWERP	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Gebiedsbeschrijving	12
3.3	Topografie / bodemligging van de bestaande kwelder en aanwezige sloten	13
3.4	Historische ontwikkeling bodemligging	14
	3.4.1 Robbengat	14
	3.4.2 Ontwikkeling voorliggende wadplaat	15
3.5	Type sediment	17
3.6	Getijdeslag op het buitenwater en voorkomende extreme waterstanden	17
3.7	Kweldertype versus waterstanden	19
3.8	Concentraties slib in het buitenwater	20
3.9	Schetsontwerp van Polder Wassenaar door Bureau Smartland	20
3.10	Belangrijkste conclusies eisen / randvoorwaarden	21
4	VOORSTEL CONCEPT VOORONTWERP GEBIEDSINRICHTING	23
4.1	Stap 1: Dempden sloten	23
4.2	Stap 2: Dimensioneren watervoerende kreken	24
4.3	Stap 3: Vergroting bergend volume door plaggen	25

4.4	Stap 4: aanleg van grondrug tegen primaire kering	26
4.5	Stap 5: aanzet van inlaatwerken	27
4.6	Stap 6: nadere detaillering van de inlaatwerken	27
4.7	Voorlopig schetsontwerp	28
5	HYDRO-MORFODYNAMISCHE MODELLERING	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Opzet numeriek model	31
	5.2.1 Modelbeschrijving	31
	5.2.2 Modelsimulaties	31
5.3	Resultaten hydrodynamische modellering	32
	5.3.1 Beschrijving waterbeweging	32
	5.3.2 Waterstand, dieptegemiddelde stroomsnelheden en debieten	35
	5.3.3 Uitwisselingsvolumes	38
5.4	Resultaten morfodynamische modellering	40
	5.4.1 Te verwachten evenwichtsdiepte Wadgeul	40
	5.4.2 Te verwachten Aanzanding polder / wadgeul	42
	5.4.3 Te verwachten Aanslibbing polder	42
6	EFFECTEN OP DE OMGEVING	44
6.1	Inleiding	44
6.2	Zoute kwel	44
6.3	Effecten op kwelder De Volharding	44
6.4	Effecten op bestortingen Robbengat	44
6.5	Veiligheid waterkering	44
	6.5.1 Voorland functie van de polder voor waterveiligheid	44
	6.5.2 Peilbesluitplicht	46
	6.5.3 Vergunningen	47
7	DEFINITIEF VOORONTWERP	48
7.1	Inleiding	48
7.2	Layout	48
7.3	Basisidee regelwerk	49
7.4	Stortsteen bescherming nabij regelwerk	51
8	KOSTEN	53

Toelaten getij in Polder Wassenaar



Datum: 23 maart 2022

Versie: WP2020_1222_R2r4, definitief

Auteurs:

Koen van der Laan MSc, WaterProof B.V.

Luitze Perk MSc, WaterProof B.V.

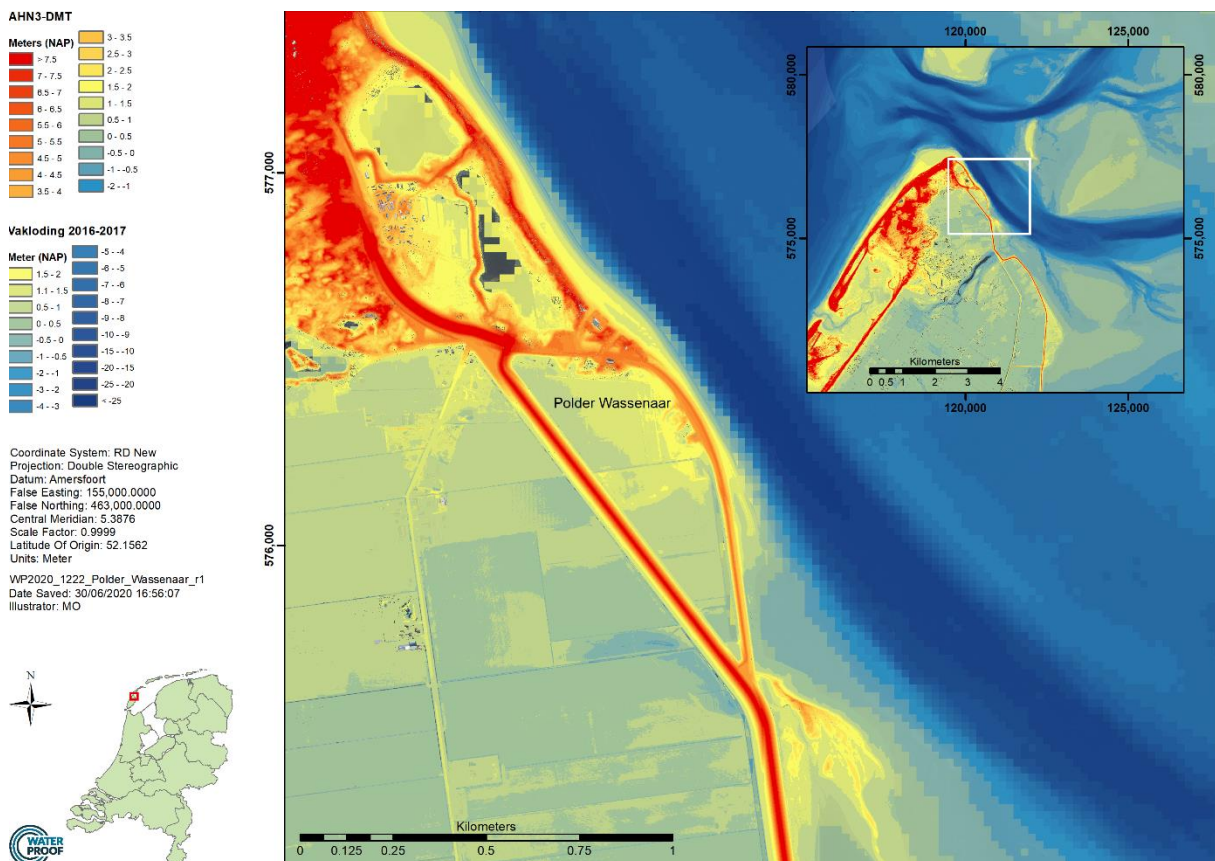
1 Achtergrond

1.1 Introductie

Stichting Zilte Zones (SZZ) is bezig met onderzoek naar mariene aquacultuur in Polder Wassenaar op Texel. In deze buitendijkse polder van Staatsbosbeheer is een tijdelijke installatie aangelegd voor proeven. De ambitie is om in deze polder een doorstart te maken met een verbeterde watertoevoer van de installatie waarbij ook natuurontwikkeling een essentiële rol speelt. Het voorstel is dat er een open doorgang tussen de Polder en de Waddenzee wordt gecreëerd zodat de natuurlijke waterbeweging van eb enloed voor voldoende water zorgt. De natuur van de polder zal daarmee veranderen in een kwelderbiotoop. In aanloop naar de natuurlijke ontwikkeling van Polder Wassenaar tot een kwelderachtig gebied kan het water worden benut in de tijdelijke installatie voor aquacultuur. Na afloop van het onderzoek wordt de installatie verwijderd en is de ontwikkeling van Polder Wassenaar als een kwelder als een behoorlijk eind gevorderd en is zo een kleine bijdrage geleverd aan het verruimen van het knellende korset van de Waddenzee.

1.2 Achtergrond

Polder Wassenaar is een buitendijkse polder in het noordoosten van Texel, nabij De Cocksdorp. De primaire waterkering bestaat hier uit een smalle dijk aan de oostzijde van de polder (de zogenoemde voorlandkering) en de hoofddijk (inlaagdijk) die aan de westkant van de polder is gelegen. Het gebied is in beheer van Staatsbosbeheer.



Enkele jaren geleden is het plan ontwikkeld om een deel van de polder tijdelijk te gebruiken voor onderzoek naar binnendijkse kokkelteelt, uitgevoerd door het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), en vervolgens in te richten voor zilte natuurontwikkeling. Hiertoe is in 2015 begonnen met de aanleg van een achttal kweekbassins, die middels een hevelsysteem, onder invloed van het getij, van voedselrijk water uit de Waddenzee worden voorzien. Het NIOZ is in 2017 gestart met een eerste verkennend onderzoek.

Door onvoorziene technische problemen en de beperkte capaciteit van het hevelsysteem, is de wateraanvoer naar de kweekbassins nooit optimaal geweest (ca. 6.000 m³ per getij i.p.v. de beoogde 20.000 m³ per getij). Het NIOZ heeft hierdoor slechts een beperkt aantal proeven kunnen uitvoeren, op een kleinere schaal dan beoogd.

In opdracht van de Stichting Zilte Zone (SZZ) bekijkt het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) samen met betrokken partijen en deskundigen of de wateraanvoer kan worden geoptimaliseerd voor de doorstart van het onderzoek naar binnendijkse kokkelteelt voor een periode van ca. 5 jaar. De eerste stap hiertoe was een verkenning naar de (technische) haalbaarheid en het ontwerp van een waterinlaat die voldoende debiet creëert voor een zo optimaal mogelijke teelt van aquacultures. Dit onderzoek is in de zomer van 2020 uitgevoerd. Uit het onderzoek volgde dat het technisch mogelijk is om voldoende water de polder in- en uit te laten stromen t.b.v. de kokkelwekerij. Wel dienen er enkele aspecten nader te worden uitgewerkt en dient een definitief voorontwerp te worden gemaakt alvorens een uitvoeringsontwerp kan worden gemaakt. PRW heeft aan WaterProof Marine Consultancy & Services B.V. (WaterProof) gevraagd een definitief voorontwerp op te stellen en daarbij enkele aspecten nog nader te onderzoeken:

- A. Effect op de primaire waterkering
- B. Afsluitbaarheid van het systeem
- C. Open blijven en beschermen van de geul

In onderliggend rapport wordt het definitief voorontwerp en bovenstaande punten nader uitgewerkt.

1.3 Doel

Het doel van de studie is om een definitief voorontwerp op te stellen dat door alle belanghebbenden (NIOZ, SBB, PRW, RWS, HHNK) wordt gedragen. Daarnaast om na te gaan wat het effect van het plan is op:

- A. Veiligheid op de primaire waterkering
- B. Afsluitbaarheid van het systeem (hoe kan water in- en uitgelaten worden)
- C. De geul over het wad (kan deze natuurlijk openblijven of dient er gebaggerd te worden)

1.4 Aanpak en leeswijzer

De studie is aangevangen door eerst alle eisen van de belanghebbende partijen scherp te krijgen. Daartoe zijn enkele overleggen met belanghebbenden georganiseerd en zijn van alle partijen de eisen geïnventariseerd. In Hoofdstuk 2 zijn alle eisen opgenomen waaraan het ontwerp dient te voldoen.

Vervolgens zijn alle randvoorwaarden voor het ontwerp geïnventariseerd. In Hoofdstuk 3 zijn deze randvoorwaarden opgenomen en zijn aan het einde van het hoofdstuk de belangrijkste eisen en randvoorwaarden die van belang zijn voor het ontwerp samengevat.

Gebaseerd op deze randvoorwaarden en eisen is in Hoofdstuk 4 een voorstel gedaan voor een voorlopig schetsontwerp. Gebaseerd op de eisen / randvoorwaarden is stap voor stap het gebied ingericht en is aan het einde van het hoofdstuk een voorstel voor het voorlopig schetsontwerp gedaan. Dit voorlopig schetsontwerp is vervolgens aan de belanghebbenden voorgelegd om te toetsen of dit in lijn is met hun individuele belangen. Conclusie was dat, op enkele details na, vrijwel alle eisen in het ontwerp zijn opgenomen.

Vervolgens is dit ontwerp doorgerekend met ons numerieke, hydromorfologische model om te toetsen of het voorlopig schetsontwerp voldoet aan de hydrodynamische en morfologische eisen. Zo is gecontroleerd of het ontwerp voor voldoende watervolume door de kwekerij zorgt en of het te verwachten is dat de geul op het wad van nature open blijft of naar verwachting zal aanzanden. In Hoofdstuk 5 zijn de resultaten van deze modelberekeningen gepresenteerd.

Het effect van het toelaten van getij in Polder Wassenaar op de omgeving is opgenomen in Hoofdstuk 6. Onder andere het effect van de ontwikkeling op de veiligheid (effect op primaire kering) is in dit hoofdstuk opgenomen.

In Hoofdstuk 7 zijn alle eisen en resultaten samengebracht en is het definitief voorontwerp gepresenteerd.

Tot slot is in Hoofdstuk 8 een inschatting gemaakt van de kosten van dit definitieve voorontwerp.

2 Programma van eisen belanghebbenden

Door Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW), Stichting Zilte Zone (SZZ) en Staatsbosbeheer (SBB) zijn eisen opgesteld waaraan het ontwerp dient te voldoen. Ook heeft het NIOZ eisen aangegeven waaraan het ontwerp dient te voldoen. HHNK heeft als eis dat het project de veiligheid van de primaire waterkering niet aantast. Hieronder zijn de belangrijkste eisen voor het ontwerp van de inrichting van de polder op een rij gezet.

2.1 Staatsbosbeheer

SBB heeft aangegeven dat de onderstaande aspecten van belang zijn:

Aangaande de waterhuishouding

1. De waardevolle zoete vegetatie in het noorden dient gespaard te worden. Het gebied dient zo ingericht te worden dat bij incidentele overstroming door zeewater dit water weer zo snel kan afstromen dat het zeewater het zoete grondwater niet verdringt of dat zeewater in betekenis volle mate achterblijft en verdampt.
2. Er wordt geen plas met openwater aangelegd, een gebied dat in de winter inundeert met zoetwater kan wel. Het is ongewenst dat een open plas (1) ganzen aantrekt en (2) in de zomer water uit een plas snel verdampt en daarmee de kans op verdroging vergroot
3. Aanleg van een 'dijksloot' alleen in het ontwerp opnemen wanneer dit noodzakelijk is voor de dijk of de afvang van brakke kwel richting de polder, dan afwateren via het brakke gedeelte. Een droge geul die van de dijk afstromend regenwater naar het noorden laat afstromen kan wel, dan is er geen open water.
4. Zoete deel zonder waardevolle vegetatie plaggen, water afvoer via maaiveld en of slenken richting brakke deel moet mogelijk zijn om stagnerend regenwater te voorkomen.

Inrichting polder

5. Er dienen geen 'terpjes' of kuilen gemaakt te worden om microreliëf te ontwikkelen. Het bestaande microreliëf benutten en na het plaggen door wind en water verder laten ontwikkelen. Extra microreliëf kan worden toegevoegd door variatie in plagdiepte of delen niet te plaggen, niet door opwerpen van hoogtes.
6. Alle sloten die geen deel gaan uitmaken van het nieuwe krekensysteem dempen of verondiepen, na schoonmaken en met schoon zand.
7. Overtollige grond afvoeren, kan mogelijk naar dijk Robbenjager, wanneer noodzakelijk om kans op extra brakke kwel richting Eierland te voorkomen ook te gebruiken voor rug tegen of bij de dijkvoet. Bij werkzaamheden vrijkomend zand in de eerste plaats bestemmen voor dempen sloten, realisatie scheiding zoet / brak gebied, rug onder dijk wanneer deze nodig is. Pas als het niet in het gebied nodig is afvoeren. Ook rekening houden met mogelijk noodzakelijke reserve na verwijderen kokkelbasins.
8. Er wordt aanbevolen het brakke deel zo te plaggen dat ontwikkeling van kweldervegetatie en zilt overstromingsgrasland mogelijk is.
9. Geen uitkijkpunt in centrale deel, versterken/verbeteren bestaande uitkijkmogelijkheden kan wel.

Algemeen

10. Nu voor de proefperiode het noodzakelijk is de toestroom van zeewater te beperken lijkt herinrichten van het niet voor de proef gebruikte brakke deel beter te kunnen worden uitgesteld tot beëindiging van de proef. Het noordelijke zoete deel zou al wel kunnen worden heringericht.
11. Wanneer HHNK voorschrijft dat de doorgang door de voorlandkering afsluitbaar moet zijn dan is een uitvoering met een zeer lange levensduur en lage onderhoudslast noodzakelijk.

12. Algemene voorwaarde voor de definitieve inrichting is dat het gebied zo is ingericht dat beheer goed is uit te voeren binnen de hiervoor via SNL beschikbaar gestelde budgetten. B.v. maaien met bijvoorbeeld trekkers moet mogelijk zijn.
13. Er moet overeenstemming zijn met het Rijksvastgoedbedrijf over de (mogelijke) invloed van het project op hun gronden in de noordrand van het gebied.

2.2 Stichting Zilte Zone

SZZ heeft de onderstaande eisen aangedragen:

1. Inrichting van de waterstroomgoten dienen op zo'n dusdanige manier ingericht te worden dat er geen / minimale dichtslibbing kan plaatsvinden. Dit in verband met de beheer- en onderhoudskosten van de proeflocatie.
2. In het laatste ontwerp dat door WaterProof is doorgerekend (WaterProof, 2020¹) wordt een 'laagst mogelijke waterstand' van NAP -0,25 m verwacht (door de 'drempel' van de buitendijkse Wadplaat), hierdoor zullen de laagwaterbuffer en de negen laagst gelegen kokkelbakken (van de 17 in totaal) op hun huidige dieptes nooit meer droog kunnen vallen, er zal dus altijd water op blijven staan. Gedurende de kenteringen van het tij staat dit water stil (geen stroming), waardoor alle PIM (Particulate Inorganic Matter) en POM (Particulate Organic Matter) dat in de waterkolom gesuspendeerd is in de gelegenheid komen om te bezinken, waardoor er over termijn verslibbing zal optreden (één van de lessen uit fase 1 van dit project). Verslibbing zorgt voor een ongeschikt bodemtype voor o.a. kokkels om in te leven, preventie hiervan is vereist voor succesvolle kokkelteelt experimenten.
3. De maximale toelaatbare waterhoogte in Polder Wassenaar betreft NAP +0.65 m t.a.v. de proefperiode. Bij hogere waterhoogtes zullen de huidige tussendijkjes tussen de kokkelbassins overstromen met de nodige schade als gevolg, los nog van potentieel onbruikbare data van de teeltexperimenten door 'kruisbestuiving'.
4. De waterinlaat moet automatisch afsluitbaar zijn wanneer de waterhoogte in Polder Wassenaar de drempelwaarde van NAP +0,65 m en hoger behaalt. Wanneer buitendijks de afgaande getijdestroom beneden de NAP +0,65 m uit komt moet de inlaat weer open.
5. Grond dat vrij komt in de grondwerkzaamheden in Polder Wassenaar hergebruiken. Grond afvoeren is een kostbaar iets (helemaal vanaf Texel). De grond zou gebruikt kunnen worden voor het opwerpen van de 'dijkjes' van de toe- en/of afvoersloot.
6. Voor de combifunctie met de kweldernatuur mag in het belang van de experimenten niet het voedselrijke ingaande water benut worden. Een optie zou kunnen zijn om de uitgaande stroom (nadat dit door de kokkelbakken is gestroomd) te benutten om via een kwelder/krekensysteem af te laten vloeien terug naar de waterinlaat.
7. De hoogwaterbuffer (bufferbassin welke de kokkelbakken van water voorziet) moet uitgebreid worden zodat er minimaal 20.000 m³ water in opgevangen kan worden boven de hoogte van NAP +0,0 m
8. NAP +0,0 m is de hoogte van de instroomschuijfjes die alle kokkelbakken van water voorziet, al het extra opgeslagen water onder deze hoogte is nutteloos voor de teeltexperimenten. Met afgaand tij zal dit water gebruikt worden om over de kokkelbakken te laten stromen.
9. Meromar Seafoods (André Seinen) en het Koninklijk NIOZ (Katja Phillipart) moeten beide 100% achter het ontwerp staan. Het is in belang van hun onderzoek dat deze nieuwe waterinlaat gerealiseerd wordt. De overige beoogde experimenten (zeegras, garnalen, zeewier, ect.) zijn ook belangrijk maar kunnen ook prima met minder watertoevoer af.

¹ WaterProof, 2020; Toelaten getij in Polder Wassenaar, Verkenning naar de haalbaarheid van een waterinlaat.
Auteurs: Koen van der Laan & Luitze Perk

2.3 NIOZ

NIOZ heeft aangegeven dat de onderstaande aspecten van belang zijn:

1. “De 20.000 m³ water die benodigd is moet beschikbaar zijn tussen NAP +0,0 m en NAP +0,65 m. Dat betekent dat tussen die 2 peilen een nat volume in de polder aanwezig moet zijn van tenminste 20.000 m³. Ook dient een “eenrichtingsverkeer” ingesteld te worden middels kleppen / deuren om dat volume aan water ook daadwerkelijk door de kwekerij te kunnen laten stromen.” Dit is volgens de eisen zoals gesteld voor een 100% bezetting van de huidige stroomgoten door kokkels met een ‘doorstroom’ principe.
2. Inlaat- en uitlaatwater van de bassins moeten in de polder Wassenaar van elkaar gescheiden blijven en toch gebruik maken van dezelfde waterdoorvoer in de voorlanddijk vanwege het kostenaspect. Dat kan bijv. via een kleppensysteem.
3. De mogelijkheid moet blijven om het water ook direct, niet via de bassins, af te kunnen voeren.
4. De watertoevoer naar de bassins moet regelbaar / afsluitbaar zijn bij droogte, vorst en overstroming. De waterinlaat moet automatisch afsluitbaar zijn wanneer de waterhoogte in Polder Wassenaar de drempelwaarde van NAP +0,65 m en hoger behaalt. Wanneer buitendijks de afgaande getijdestroom beneden de NAP +0,65 m uit komt moet de inlaat weer open. Hiermee wordt ‘kruisbestuiving’ tussen de stroomgoten voorkomen.
5. Het aanvoerwater moet sedimentarm en voedselrijk zijn voor het de bassins in stroomt. Eventueel door inrichting te sturen middels een verblijf in de waterinvangbuffer voor het naar de bassins stroomt.
6. Het water moet beschikbaar zijn voor de bassins zodra de opening in de voorlanddijk is gerealiseerd (met/zonder aangelegde geul). We kunnen niet wachten tot zich min of meer op natuurlijke wijze een geul binnen de polder heeft gevormd voor de water aan- en afvoer naar / van de bassins. De productie in de bassins moet meteen op gang kunnen komen.
7. De bodemhoogte van de waterinvangbuffer moet maximaal NAP +0,0 m zijn, en liever nog lager. Dit is gelijk aan de hoogte van de inlaatgleuven omdat de invangbuffer volledig leeg moet kunnen stromen bij afgaand tij. Op basis van deze hoogte (NAP +0,0 m) moet 20.000 m³ water per getij doorgelaten worden. Of de hoogte van deze inlaatgleuven moet aangepast worden.

2.4 Programma naar een Rijke Waddenzee

PRW heeft aangegeven dat de onderstaande aspecten van belang zijn:

Watertoevoer in relatie tot natuur / waterhuishouding:

1. De watertoevoer mag niet aangelegd worden tegen de natuurlijke ontwikkelingen/dynamiek van de Waddenzee in.
2. De watertoevoer mag niet leiden tot veel sedimentatie in de geul om te veel onderhoud (jaarlijks baggeren) te voorkomen.
3. De watertoevoer inclusief aanvoergeul moet zoveel mogelijk op natuurlijke wijze open blijven en de watertransportcapaciteit behouden; de toevoer mag dus niet dichtslibben of verzanden (er lijkt sprake van een langzaam zuidwaarts verplaatsende ‘zandgolf’ / duintjes buitendijks direct oostelijk van de bassins).
4. De watertoevoer moet sturend zijn voor de ontwikkeling van kwelderachtige natuur in de polder met natuurlijke slenken die op veilige afstand blijven van de primaire waterkering. De slenken dienen zich op een zo natuurlijk mogelijke wijze te vormen.
5. De watertoevoer moet bestendig zijn voor toekomstig gebruik (t.b.v. de waterhuishouding van het toekomstige natuurgebied).
6. Er moet voldoende water in Polder Wassenaar geborgen kunnen worden waardoor de polder goed kan functioneren als voorraadbassin voor de kweekbassins bij alle waterstanden ter plekke in de Waddenzee. Bij

twijfel dan eerder kiezen voor over-dimensionering van de doorlaat / duiker in de voorlanddijk dan voor eventueel te krappe waterdoorlaat zodat er altijd meer dan voldoende water beschikbaar is voor de bassins.

Buitendijks gebied / aanliggend gebied:

7. De nieuwe buitendijks gelegen geul over de wadplaat mag geen negatief effect hebben op de naastgelegen kwelder 'De Volharding' van Natuurmonumenten of beter: dient bij te dragen aan zo goed mogelijk herstel van natuurlijke morfologische processen.
8. Er mogen geen onoverkomelijke effecten optreden voor het aanliggende landbouwgebied (kwel / zoutbelasting).
9. De opening in de voorlanddijk moet zo eenvoudig en robuust mogelijk worden aangelegd, met zo min mogelijk impact op omgeving, landschappelijk passend in de omgeving en zoveel mogelijk de beleving versterkend. Erosie van het verdere voorlanddijklichaam moet worden voorkomen.

Voor de bassins geldt:

10. Toevoer/afvoer van 20.000 m³ per tij (boven NAP +0,0 m) moet mogelijk zijn.
11. Inlaat- en uitlaatwater van de bassins moeten in de polder Wassenaar van elkaar gescheiden blijven en toch gebruik maken van dezelfde waterdoorvoer in de voorlanddijk vanwege het kosten aspect. Dat kan bijv. via een kleppensysteem.
12. De mogelijkheid moet blijven om het water ook direct, niet via de bassins, af te kunnen voeren.
13. De watertoevoer naar de bassins moet regelbaar / afsluitbaar zijn bij droogte, vorst en overstroming.
14. Het aanvoerwater moet helder en voedselrijk zijn voor het de bassins in stroomt. Eventueel door inrichting te sturen middels een verblijf in de waterinvangbuffer voor het naar de bassins stroomt.
15. Het water moet beschikbaar zijn voor de bassins zodra de opening in de voorlanddijk is gerealiseerd (met/zonder aangelegde geul). We kunnen niet wachten tot zich min of meer op natuurlijke wijze een geul binnen de polder heeft gevormd voor de water aan-/afvoer naar/van de bassins. De productie in de bassins moet meteen op gang kunnen komen.
16. De bodemhoogte van de waterinvangbuffer moet NAP +0,0 m zijn. Dit is gelijk aan de hoogte van de inlaatgleuven omdat de invangbuffer volledig leeg moet kunnen stromen bij afgaand tij. Op basis van deze hoogte (NAP +0,0 m) moet 20.000m³ water per getij doorgelaten worden. Of de hoogte van deze inlaatgleuven moet aangepast worden.

2.5 HHNK

HHNK heeft aangegeven dat de onderstaande aspecten van belang zijn:

1. De veiligheid van de waterkering mag door de ontwikkeling niet aangetast worden

3 Randvoorwaarden voor het ontwerp

3.1 Inleiding

De belangrijkste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- Topografie / bodemligging van de bestaande kwelder en aanwezige sloten
- Getijdeslag op het buitenwater en voorkomende extreme waterstanden
- Kweldertype versus waterstanden
- Concentraties slib in het buitenwater

Daarnaast is het schetsontwerp van Polder Wassenaar, uitgevoerd door Bureau Smartland richtinggevend.

3.2 Gebiedsbeschrijving

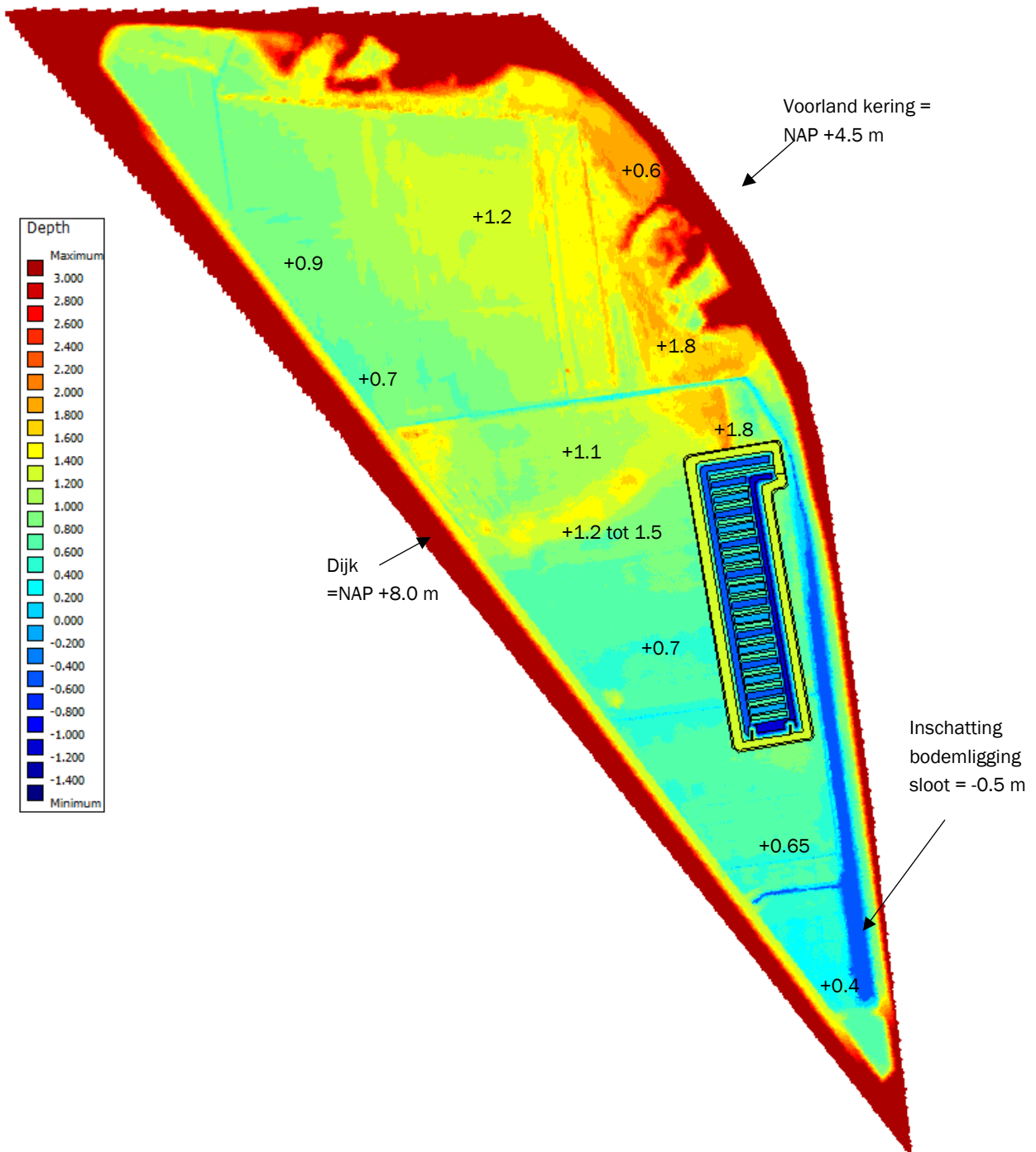
Polder Wassenaar is een buitendijkse polder met een oppervlakte van ca. 24 ha in het noordoosten van Texel, nabij De Cocksdorp. Een smalle dijk scheidt de polder van de Waddenzee; de feitelijke waterkering ligt landinwaarts. Figuur 3.1 toont enkele foto's van het veldbezoek dat wij op 3 juni 2020 aan Polder Wassenaar hebben gebracht.



Figuur 3.1 Enkele foto's van het veldbezoek aan Polder Wassenaar. Linksboven: zicht op het zuidelijke deel van Polder Wassenaar met links de Waddenzee en rechts de polder. Rechtsboven: de uitgang van het hevelsysteem: bij opgaand tij stroomt het water via dit hevelsysteem van de Waddenzee naar de kweekbassins. Linksonder: de hoogwaterbuffer aan de westzijde van de kweekbassins. Rechtsonder: één van de kweekbassins (raceways) waarin de kokkelteelt plaatsvindt.

3.3 Topografie / bodemligging van de bestaande kwelder en aanwezige sloten

In Figuur 1.1 is de locatie en bodemligging van de polder en omliggend gebied weergegeven. In onderstaande figuur is de bodemligging van de polder zelf in meer detail weergegeven voor de huidige situatie. Het is zichtbaar dat het grootste deel van de polder boven NAP +0,65 m gelegen is en dat alleen het uiterste zuidelijke deel en de aanwezige sloten / polder lager liggen.



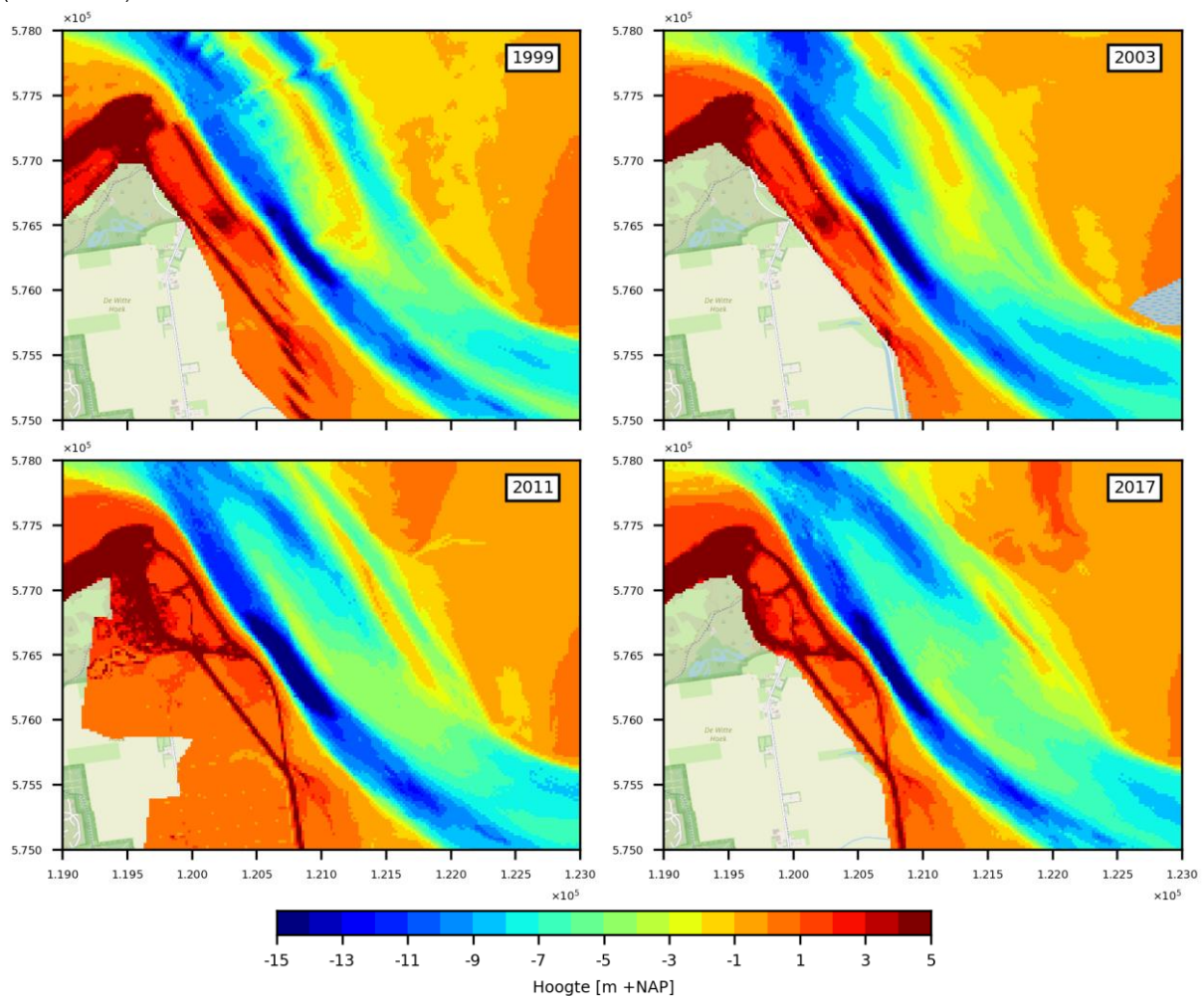
Figuur 3.2: Hoogteligging Polder Wassenaar (t.o.v. NAP).

Het maaiveld loopt geleidelijk op richting het noorden tot een hoogte van ca. NAP +1.3 m. In het uiterste noorden is een klein duinlandschap zichtbaar met hoogtes tot NAP +5 m. Binnen de polder zijn enkele slootjes aanwezig, waarvan de meest prominente gelegen is in het oosten van de polder, parallel aan de dijk die de polder scheidt van de Waddenzee.

3.4 Historische ontwikkeling bodemligging

3.4.1 ROBBENGAT

De bodemligging voor de kust van Polder Wassenaar wordt voor een groot deel bepaald door de aanwezigheid van het Robbengat, één van de belangrijkste getijdengeulen van de Waddenzee. Dit zeegat is de zuidelijkste van twee getijdengeulen die overgaan in het Eierlandse Gat, dat ten noorden van Texel de verbinding vormt tussen de Noordzee en de Waddenzee. Het Robbengat is tot ca. 1.2 km breed en bestaat uit een noordelijke en een zuidelijke geul, waarvan de zuidelijkste het diepst is (tot NAP -18 m). Het noordoostelijke deel van Polder Wassenaar grenst aan deze getijdengeul, waardoor het intergetijdengebied hier relatief smal is (30-50 m, hier gedefinieerd als het gebied tussen NAP +0.64 m, de gemiddelde hoogwaterstand, en NAP -0.76 m, de gemiddelde laagwaterstand). Het zuidelijke deel van de polder ligt verder van het Robbengat af en wordt gekenmerkt door een aanzienlijk breder intergetijdengebied (150-230 m).



Figuur 3.3 Historische ontwikkeling Robbengat (1999-2017).

Op basis van Figuur 3.3 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De noordelijke geul van het Robbengat is zeer dynamisch: de locatie is sterk verweven met de noordoostelijke migratie van de zandbank die de noordelijke geul van de zuidelijke scheidt.
- De zuidelijke geul van het Robbengat migreert niet tot nauwelijks. De gefixeerde kustlijn van Texel is hier hoogstwaarschijnlijk de belangrijkste reden toe.

3.4.2 ONTWIKKELING VOORLIGGENDE WADPLAAT

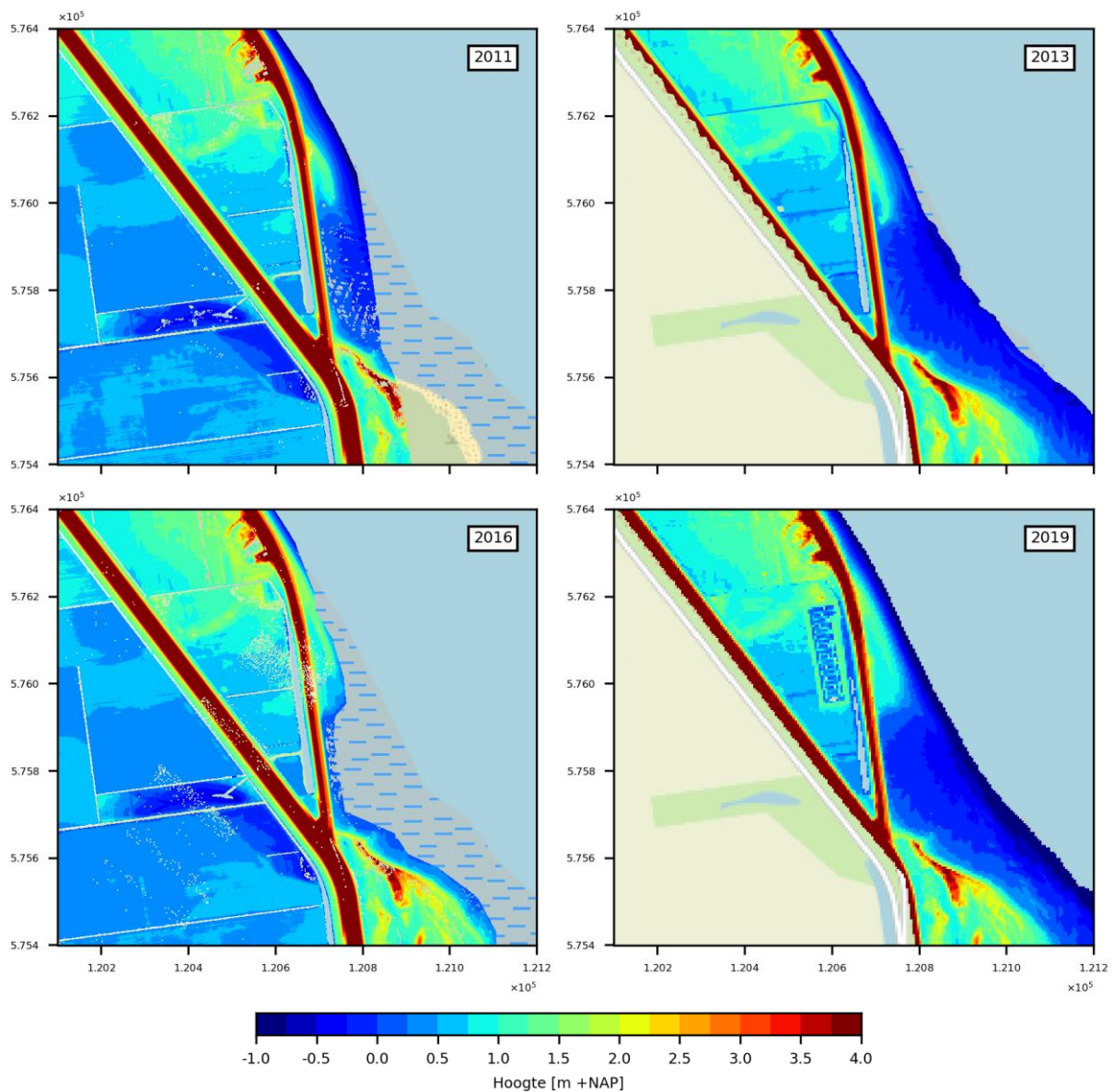
Een kleine wadplaat (zie Figuur 3.4) is voorliggend aan Polder Wassenaar. Figuur 3.5 geeft inzicht in de historische ontwikkeling van de bodemligging in Polder Wassenaar en het aanliggende intergetijdengebied (boven ca. NAP-1 m) op basis van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (2011 en 2016) en kustmetingen van Rijkswaterstaat (2013 en 2019).



Figuur 3.4 Wadplaat aan de buitendijkse kant van Polder Wassenaar.

Op basis van de figuur kan het volgende worden geconcludeerd:

- De bodemligging in de polder ondervindt weinig tot geen verandering tussen 2011 en 2019. De plaatsing van de kweekbassins, zichtbaar in 2019, is de meest ingrijpende verandering in het tussendijkse gebied;
- Tussen de oostwaarden 120700 en 120800 en de noordwaarden 575900 en 576200 bevindt zich een wadplaat die langzaam richting het zuiden migreert. De wadplaat is zeer dynamisch en varieert in hoogte, lengte en breedte van jaar tot jaar (zie ook Figuur 3.6);
- De kwelder aan de zuidoostkant van de polder (De Volharding, in beheer van Natuurmonumenten) migreert langzaam (met enkele meters per jaar) in zuidoostelijke richting.



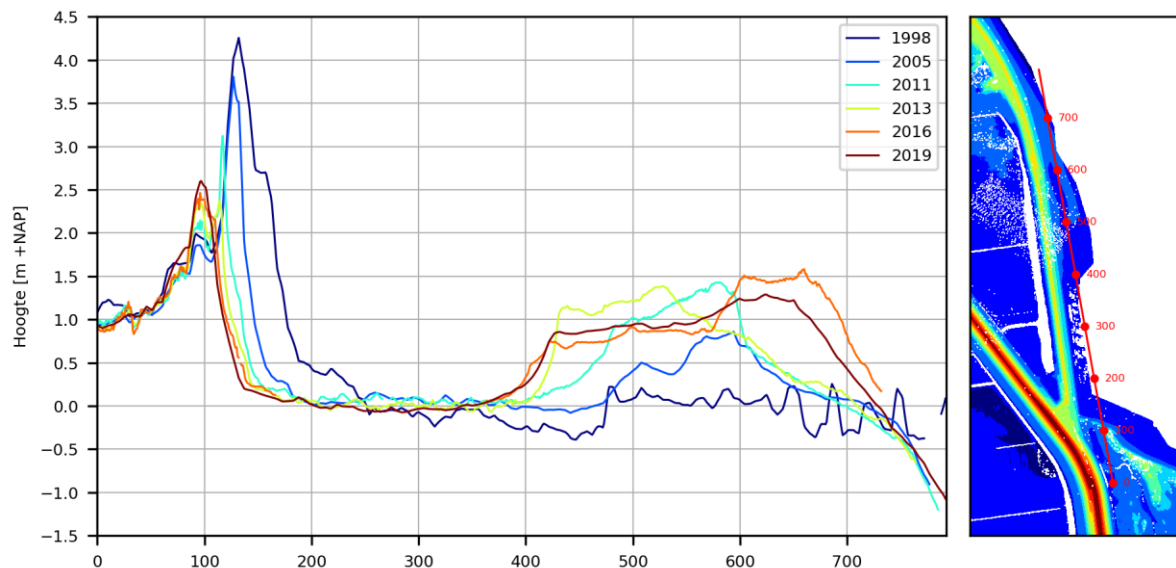
Figuur 3.5 Historische ontwikkeling bodemligging Polder Wassenaar en het aangrenzende intergetijdengebied (2011-2019).

De zuidwaartse migratie van deze wadplaat in de periode 1998-2019 is in Figuur 3.6 weergegeven middels een dwarsdoorsnede. Uit de figuur valt het volgende op te maken:

- De wadplaat was in 1998 niet / slechts in zeer beperkte omvang op de huidige locatie aanwezig; pas in 2005 is de wadplaat voor het eerst (duidelijk) zichtbaar;
- De wadplaat migreerde tussen 2005 en 2013 met een gemiddelde snelheid van ca. 10 m/jaar naar het zuiden. Tussen 2013 en 2019 was de zuidwaartse migratie beperkter (ca 1-2 m/jaar) en neemt vooral het volume van de wadplaat toe (aangroei vooral in het noorden). Het Robbengat, waarin de wadplaat is gelegen, is waarschijnlijk de voornaamste bron van sediment.

Op basis van bovenstaande observaties is de verwachting dat de wadplaat zich ook in de komende jaren verder naar het zuiden zal verplaatsen. De snelheid waarmee dit plaatsvindt is, op basis van de beschikbare data, moeilijk te

bepalen. Wel is af te leiden dat, indien de verplaatsing zich met een vergelijkbare snelheid als in de periode 2005-2013 voortzet (ca. 10 m/jaar), na circa 15-20 jaar de waterinlaat naar Polder Wassenaar (rond $x=220$) wordt bereikt. Er wordt wel opgemerkt dat er onzekerheden bestaan in de migratiesnelheid van de wadplaat. Zo is er tussen 2016 en 2019 vrijwel geen migratie van de wadplaat opgetreden. Het kan dus ook goed zijn dat de wadplaat de inlaat naar Polder Wassenaar helemaal niet of veel later bereikt.



Figuur 3.6 Zuidwaartse migratie van de wadplaat (tussen $x=400$ en $x=700$).

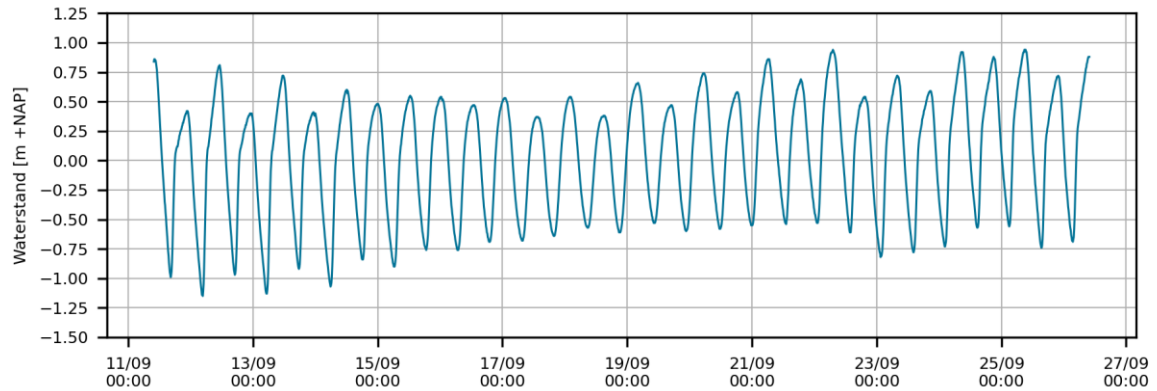
3.5 Type sediment

Het uiterste noorden van de polder bestaat uit relatief zandig materiaal en wordt in het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) Nederland geclassificeerd als leemarm en zwak, lemig fijn zand. Het zuiden van de polder bestaat in de basis uit ditzelfde materiaal, maar wordt gekenmerkt door een 15-40 cm dikke toplaag van zavel of klei. De bodem wordt daarmee geclassificeerd als lichte zavel. De wadplaat aan de buitendijkse kant van Polder Wassenaar is bemonsterd tijdens een recent veldbezoek aan Polder Wassenaar. Uit een korrelgrootte-analyse blijkt dat dit zand een mediane korrelgrootte (D_{50}) heeft van $300 \mu\text{m}$. Dit duidt op matig grof tot zeer grof zand.

3.6 Getijdeslag op het buitenwater en voorkomende extreme waterstanden

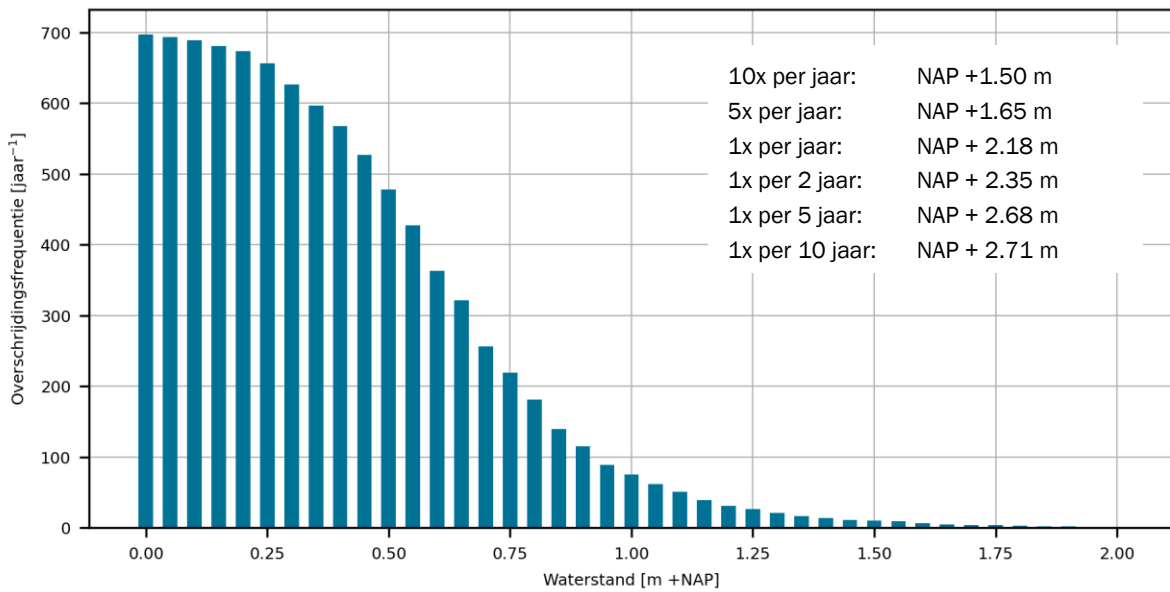
In Figuur 3.7 is een 15 daagse doottij springtij cyclus gepresenteerd van de waterstanden in de Waddenzee bij Oudeschild (die naar verwachting bij Polder Wassenaar gelijkwaardig is). Deze doottij-springtij cyclus is ongeveer representatief aan de 10-jaarlijks gemiddelde condities en geeft een beeld van de waterstanden die in het buitenwater voorkomen:

- De 15-daagse gemiddelde waterstand is gelijk aan jaarlijks gemiddelde waterstand (NAP +0,05 m).
- De 15-daagse gemiddelde hoogwaterstand is gelijk aan jaarlijks gemiddelde hoogwaterstand (NAP +0,64 m).



Figuur 3.7: 15-daagse doodtij-springtij cyclus die ongeveer representatief is voor een 10-jarige tijdserie van waterstanden.

In Figuur 3.8 is de overschrijdingsfrequentie van de 10 jaar tijdserie van waterstanden gepresenteerd. Ook zijn voor een aantal extremere terugkeertijden (1x per jaar tot 1x per 10 jaar) de waterstanden weergegeven. Een waterstand van NAP +0,65 m wordt dus ca. 350 getijden overschreden en 350 getijden onderschreden (de hoogwaterstand blijft onder NAP +0,65 m).

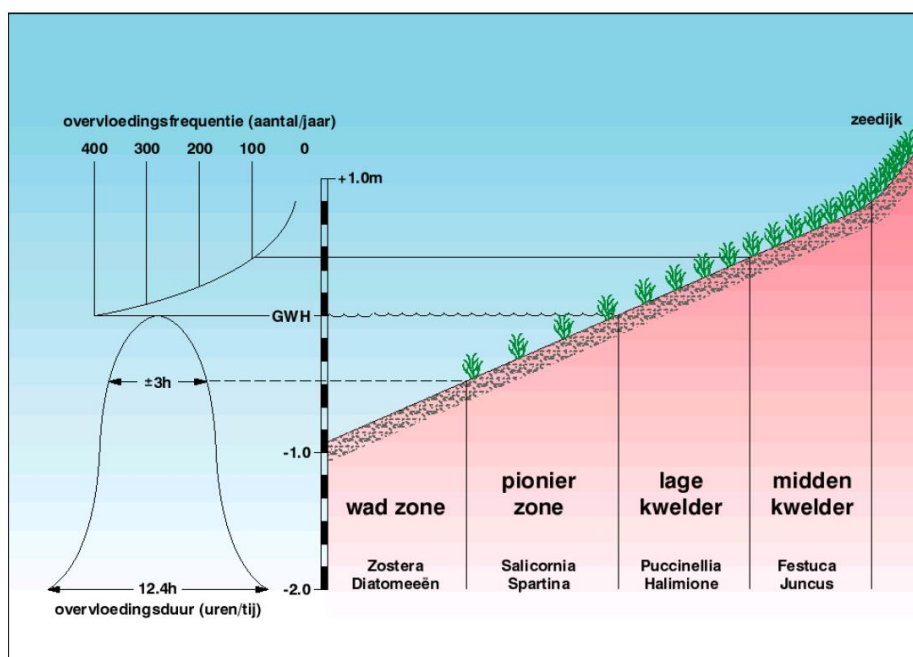


Figuur 3.8: Overschrijdingsfrequentie van waterstanden.

3.7 Kweldertype versus waterstanden

De overschrijdingsfrequentie van waterstanden geeft inzicht in hoe de bodemhoogteligging van Polder Wassenaar het beste kan worden aangepast om voldoende watervolume naar binnen te krijgen, maar geeft ook inzicht in welk type kwelder zich naar verwachting zal gaan ontwikkelen. Een belangrijke figuur voor type kwelder versus bodemniveau en gemiddeld hoog water is weergegeven in Figuur 3.9.

Kwelders ontwikkelen zich tussen gemiddeld hoogwater (GHW) en de bodemhoogte die slechts enkele keren per jaar overstroomd (De Jong et al., 1998). In Figuur 3.9 is de relatie beschreven tussen kweldertypes en overstromingsfrequentie (op basis van Erchinger, 1985).



Figuur 3.9: Kweldertypes in relatie tot overstromingsfrequentie (op basis van Erchinger, 1985).

Gebaseerd op bovengenoemde relatie, die ook in SALT97 (een classificatieprogramma voor kweldervegetaties door RWS) wordt toegepast, kunnen de vegetatiezones in het projectgebied worden bepaald (de gemiddelde hoogwaterstand in het projectgebied is circa NAP + 0,64 m).

Tabel 3.1: Hoogte van kwelder zones zoals verwacht kan worden volgens SALT97 classificatie (De Jong et al, 1998) bij een gemiddelde hoogwaterstand van circa NAP +0,64 m.

Zone	Van (cm +NAP)	Tot (cm +NAP)	Overstromingsfrequentie
Wad zone	Gem. laag water	< 30 - 50	Dagelijks overstroomt
Pionier zone	30 - 50	50 - 75	< 150 - 300 x per jaar
Lage kwelder	50 - 75	90 - 100	< 70 - 100 x per jaar
Midden kwelder	90 - 100	Circa 150	< 20 - 30 x per jaar
Hoge kwelder	> circa 150		< 5 x per jaar

Bovenstaande tabel geldt voor natuurlijke kwelders. Er wordt opgemerkt dat door de relatief luwe ligging van de kwelder in Polder Wassenaar de kwelderbouw reeds 10-20 centimeter lager kan aanvangen (Dijkema et al., 1990). Verder wordt opgemerkt dat wanneer een maximale waterstand van NAP +0,65 m wordt gehanteerd voor de polder wanneer de kokkelwekerij in werking is (de polder wordt gesloten bij hogere waterstanden), er alleen een wadzone en

pionierzone zal gaan vormen naast het gebied dat boven NAP +0,65 m gelegen is en (in die fase) nooit zal overstromen. Wanneer na afloop van de kokkelexperimenten het regelen van de waterstanden wordt gestopt zullen ook meer extreme waterstanden voorkomen en kunnen de gebieden/ kwelders die boven NAP +0,65 m zijn gelegen af en toe overstromen.

3.8 Concentraties slib in het buitenwater

De concentraties slib in het buitenwater zijn van belang voor het bepalen van de aanslibbing in Polder Wassenaar wanneer water wordt ingelaten. Elk getij stroomt er dan water met slib naar binnen, dat gedurende perioden met weinig stroming de tijd krijgt om uit te zakken en komt op de bodem terecht. In de Waddenzee varieert de netto toename in hoogte door opslibbing ruwweg van gemiddeld 0,5 cm per jaar voor eilandkwelders tot 1 a 2 cm per jaar voor vastelandkwelders (Esselink et al. 2009).

Aanslibbing is voor de natuur gunstig maar voor de kokkelwekerij ongunstig. Dit proces kan moeilijk worden tegengegaan maar kan wel wat worden gestuurd; door het water vanuit de Waddenzee eerst door relatief brede/diepe krekens te laten stromen krijgt het de tijd om uit te zakken in die krekens. Daardoor bereikt minder slibrijk water de kokkelwekerij waardoor het daar minder zal uitzakken. Daarnaast kan, wanneer toch enige aanslibbing in de kokkelwekerij optreedt deze worden uitgespoeld door (tijdelijk) de stroming door 1 van de bassins wat te doen verhogen. In tegenstelling tot de hevel is dat bij het nieuwe ontwerp wel mogelijk omdat er voldoende water beschikbaar kan zijn.

De slibconcentratie in het binnenstromende water is gemiddeld 13 mg/l, gebaseerd op metingen van NIOZ tussen april 2015 en september 2015. In onderliggende studie zal bepaald worden wat de te verwachten aanslibbing zal worden voor het definitieve schetsontwerp.

3.9 Schetsontwerp van Polder Wassenaar door Bureau Smartland

Onlangs heeft Bureau Smartland een schetsontwerp gemaakt van de herinrichting van Polder Wassenaar (zie Figuur 3.10). Dit schetsontwerp is met andere belanghebbenden besproken. Gedurende die gesprekken zijn door enkele partijen zorgen geuit over de inrichting van het gebied, voornamelijk op het gebied van verzilting, verdroging en landschapsinrichting. Gedurende een gezamenlijk overleg op 25 oktober 2021 is aan de verschillende partijen gevraagd eisen aan het ontwerp aan te leveren zodat een ongewenste gebiedsinrichting voorkomen kan worden (zie Hoofdstuk 2). Het schetsontwerp is daarom niet als eis opgenomen bij het bepalen van het definitief schetsontwerp maar meer als handvat om het gebied in te richten.



Figuur 3.10: Schetsontwerp Bureau Smartland.

3.10 Belangrijkste conclusies eisen / randvoorwaarden

De belangrijkste conclusies zijn (zie voor alle eisen Hoofdstuk 2):

Natuur

- Het noordelijk deel van de polder ligt dusdanig hoog dat daar vooral zoete natuurwaarden voorkomen en beoogd worden. Waar mogelijk dient de inrichting aan de zuidzijde van de polder zoveel mogelijk gescheiden te blijven van de noordelijke inrichting zodat de zoete vegetatie ook zoet blijft.
- Waar zout water toch in het noordelijk deel kan komen, dient beoogd te worden dat dit water ook weer af kan stromen en niet middels verdamping / infiltratie wegloopt om verzilting te voorkomen.
- De kreken die richting het noorden lopen dienen niet te diep te zijn om:
 - verdroging van de hoger gelegen delen (de kreken kunnen grondwater onttrekken) te voorkomen.
 - Stagnant water (meertjes) te voorkomen tijdens perioden van laag water (het liefst blijven tijdens laag water alleen natte / bewaadbare slenken over).
- Door plaggen kan natuur de kans krijgen meer dynamisch te worden. Het plaggen kan zowel op de hogere delen (noordzijde) als de lagere delen worden uitgevoerd om respectievelijk voor verstuuving dan wel kwelderontwikkeling te zorgen.

Kwekerij

- Het gebied ligt relatief hoog ten opzichte van gemiddeld hoog water (GHW), om voldoende water voor de kokkelkwekerij in te laten dient grondwerk te worden verzet.
- Vrijkomende grond dient zoveel mogelijk verwerkt te worden in:
 - het dempen van de bestaande sloten.
 - In de polder zelf. Een logische plek is het opwerken van een gronddam voor/ langs de primaire kering om zoute kwel in te perken (hoewel ingeschat wordt dat deze kwel minimaal is). De gronddam dient een flauwe helling te krijgen zodat eventueel zout water dat op de gronddam

komt, van de dijk wegstroomt. Het aanbrengen van grond mag geen gevolgen hebben voor de vegetatie op het bestaande talud van de dijk.

- Wanneer de kreken in de aanlegfase wat te ruim worden gedimensioneerd kan slib in het instromende water reeds bezinken in de kreken alvorens het de kwekerij bereikt.
- De 20.000 m³ water die benodigd is moet beschikbaar zijn tussen NAP +0,0 m en NAP +0,65 m. Dat betekent dat tussen die 2 peilen een nat volume in de polder aanwezig moet zijn van tenminste 20.000 m³. Ook dient een “eenrichtingsverkeer” ingesteld te worden middels kleppen / deuren om dat volume aan water ook daadwerkelijk door de kwekerij te kunnen laten stromen.

Veiligheid

- De veiligheid van de primaire waterkering mag door de ontwikkeling niet aangetast worden.

Er wordt opgemerkt dat in deze studie alleen de eisen zijn meegenomen die van belang zijn voor de inrichting van het zuidelijke gebied waar onder getij water in- en uit gaat stromen. Eisen aan onderhoud- / wensen over plaggen- / inrichting van het noordelijke gebied vallen buiten de opdracht van onderliggende studie en zijn niet in onderliggende studie meegenomen.

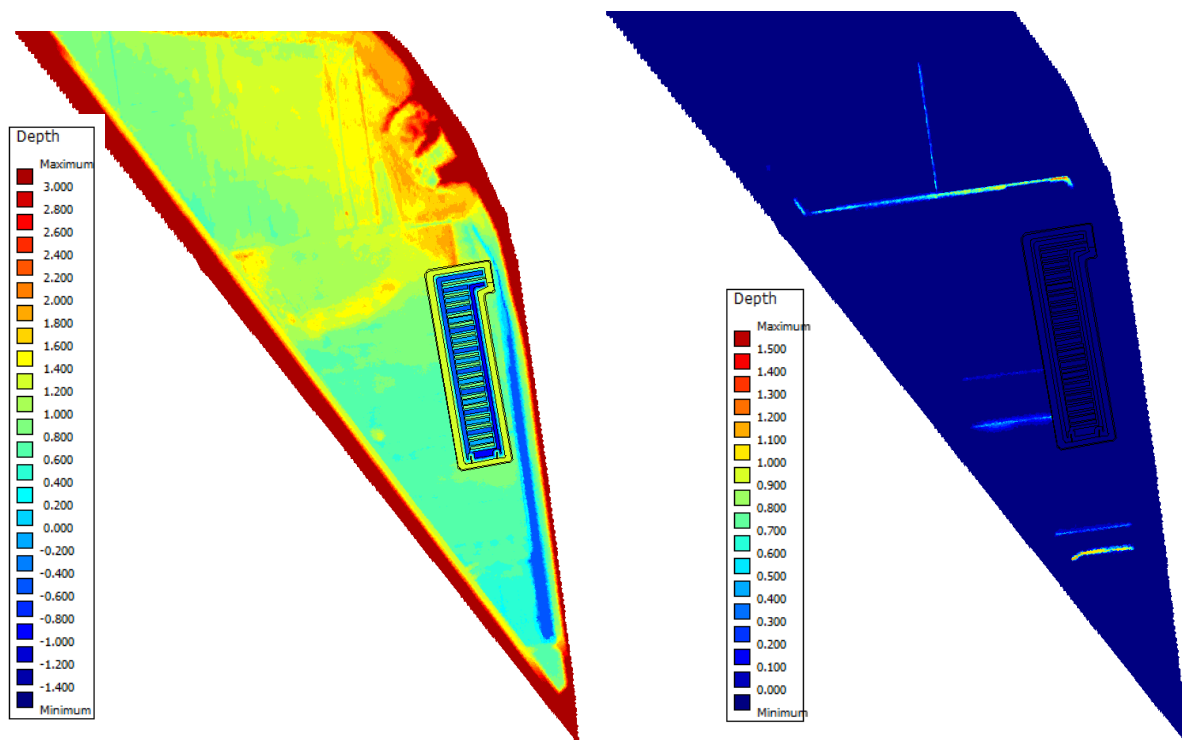
4 Voorstel concept voorontwerp gebiedsinrichting

Om tot een schetsontwerp te komen is het gebied stap voor stap ingericht waarbij de eisen, belangrijkste conclusies, en randvoorwaarden zijn aangehouden. In onderliggende paragraaf wordt het ontwerp stap voor stap aangepast. Daarbij is uitgegaan van de bodemligging op een 1m x 1m rooster welke ook gebruikt wordt om het gebied straks hydrodynamisch en morfodynamisch door te rekenen.

4.1 Stap 1: Dempen sloten

In de eerste stap is de huidige bodemligging beschouwd en zijn de sloten opgevuld. Alleen de noord-zuid sloot aan de zuidoostkant van het gebied is behouden omdat deze in het nieuwe ontwerp een waterafvoerende functie krijgt. In Figuur 4.1 is de bodemligging met gedempte slootjes weergegeven. Ook is de mate van opvulling van de slootjes om deze gelijk te trekken met het omliggende maaiveld in die figuur (rechter paneel) gepresenteerd.

In totaal is er circa 1.200 m³ aan zand / klei nodig om de sloten op te vullen. Daarbij wordt opgemerkt dat de diepte van de sloten onzeker is uit de topografische survey. Deze wordt namelijk met laser altimetrie ingemeten waarbij water het signaal kan doen reflecteren en de sloten in werkelijkheid dieper kunnen zijn dan uit de metingen volgt. Vanuit onzekerheidsoogpunt lijkt het veiliger van een volume van circa 2.000 m³ uit te gaan.



Figuur 4.1: Bodemligging (t.o.v. NAP) bestaande situatie met gedempte slootjes (links), en (rechts) mate van opvulling (in meter) van de slootjes om deze gelijk te trekken met het omliggende maaiveld.

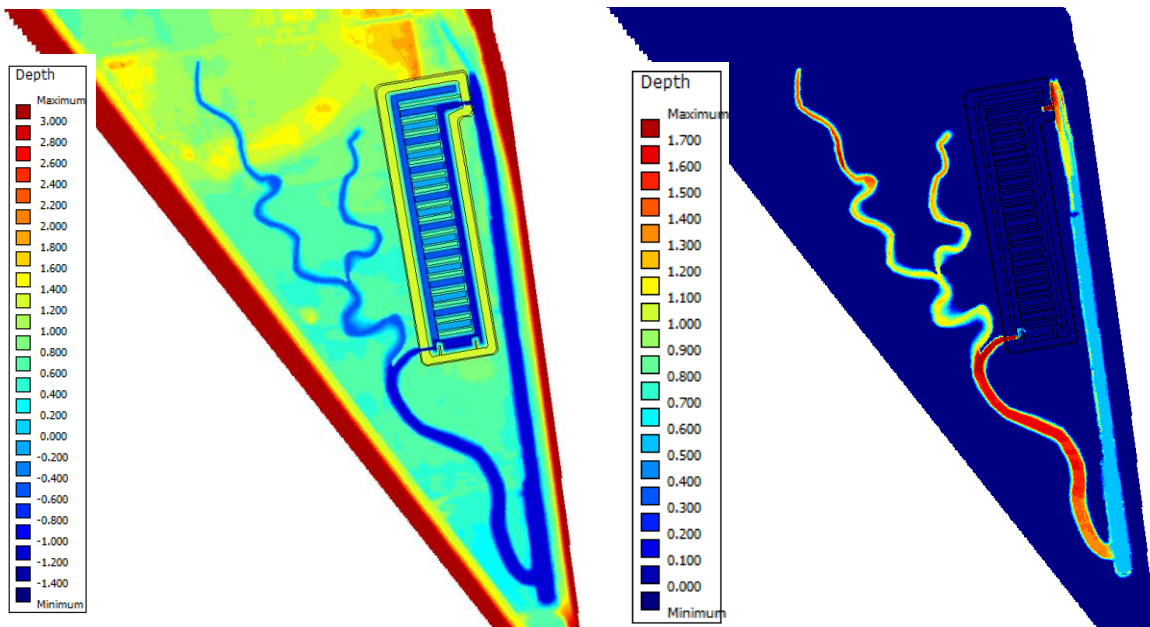
4.2 Stap 2: Dimensioneren watervoerende krekken

Onder deze stap is een ontwerp gemaakt van de krekken die de bassins van water gaan voorzien. Daartoe is vanuit het zuiden een relatief brede kreek ontworpen. De bodem van de kreek ligt op NAP -1,0 m, heeft een bodembreedte (op NAP -1,0 m) van circa 5-7 m en heeft ter hoogte van het maaiveld (circa NAP +0,5 m) een breedte van circa 15 m. De taludhellingen zijn ontworpen op circa 1:2 tot 1:3.

Ter plaatse van de kokkelkwekerij splits deze kreek zich; de oostelijke watergang loopt naar de kokkelkwekerij toe, de westelijke watergang loopt verder het zuidelijke deel van de polder in. Na de splitsing verondiept de kreek zich naar een bodemniveau van NAP -0,5 m en wordt de kreek langzaam smaller naar circa 1 á 2 m aan het einde. De kreek loopt niet naar het noordelijk deel van de polder om te voorkomen dat deze zoet grondwater aan de bodem gaat onttrekken wat verdroging tot gevolg kan hebben. Het bodemniveau van de kreek gaat naarmate de kreek meer noordwaarts gaat ook mee omhoog zodat de bodem aan het einde van de kreek net onder de NAP +0,65 ligt, circa 0,1 tot 0,5 m onder het lokale maaiveld (afhankelijk van de lokale maaiveldhoogte).

De bestaande sloot aan de zuidoostkant van de polder, gelegen langs de voorlandkering, is verdiept naar een waterdiepte van NAP -1,0 m. Ook is deze sloot aan de noordkant iets verbreed omdat deze in de huidige situatie vrij smal is.

Voor het ontwerp van de kreek is het schetsontwerp van Bureau Smartland als visie meegenomen en zijn de eisen vanuit voornamelijk SBB zoveel mogelijk opgenomen. In Figuur 4.2 is de bodemligging (linker paneel) en de mate waarin de bodem is verdiept (rechter paneel) weergegeven.



Figuur 4.2: bodemligging (linker paneel) en de mate waarin de bodem is verdiept (rechter paneel) van Polder Wassenaar waarin een watervoerende kreek is ingetekend.

Vervolgens zijn een aantal volumes van dit ontwerp bepaald om de hoeveelheden grond van de krekken / sloot te bepalen:

- | | |
|---|-----------------------|
| - Ontgraven kreek en sloot | 12.750 m ³ |
| - Volume in krekken / sloot / bassins onder NAP | 11.950 m ³ |
| - Volume in gebied tussen NAP en NAP +0.65 m | 15.860 m ³ |

Bij het aanleggen van de kreek en verdiepen van de sloot komt een grondvolume vrij van circa 12.750 m³. Deze grond zal later in het ontwerp verwerkt worden (zie verder). Het volume in de kreek / sloot / bassins onder NAP geeft inzicht in hoeveel water er het gebied in kan stromen tot het niveau van NAP +0,0 m. Het volume tussen NAP en NAP +0,65 m geeft aan hoeveel water er effectief benut kan worden voor het doorspoelen van de waterbassins. Daarbij wordt opgemerkt dat dit alleen zo is als in de polder een “1-richtingsverkeer” wordt ingesteld waarbij de polder zich vult door de westelijke kreek en zich ledigt door de kokkelkwekerij via de oostelijke kreek. Daartoe zal er nabij de inlaat tussen Waddenzee en polder een aantal kleppen worden aangelegd (zie verder).

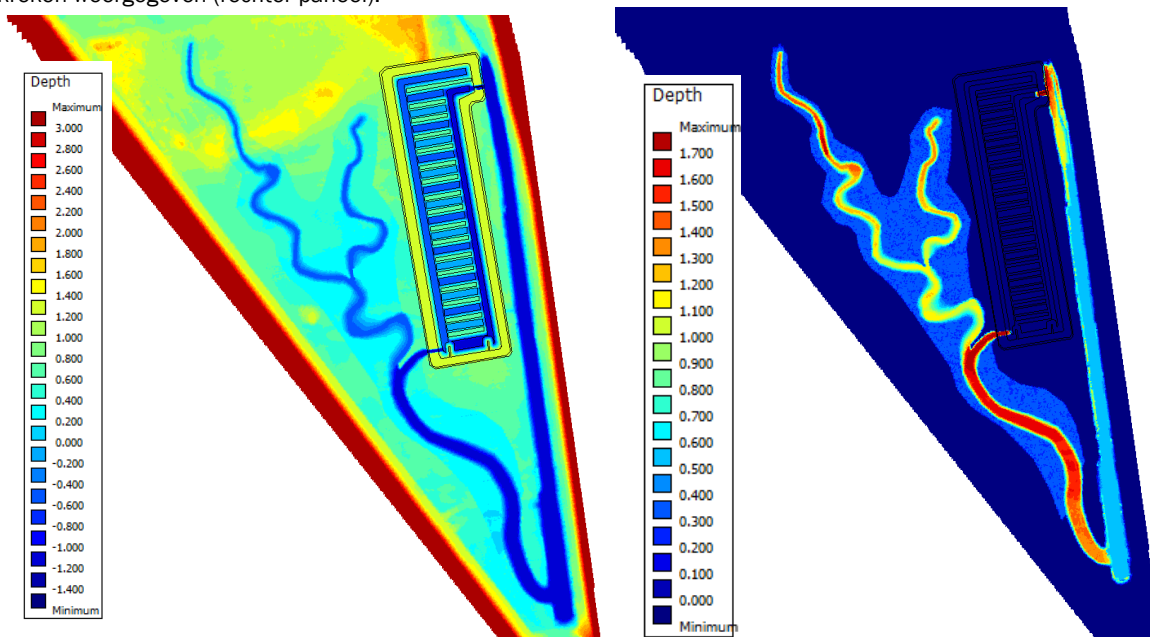
De breedte en diepte van de kreek en sloot zijn zodanig dat de stroming laag is en sediment de kans krijgt om uit te zakken. Dat is positief voor de natuur in de polder maar ook voor de kokkelkwekerij omdat daardoor aanslibbing in de kwekerij beperkt blijft. Daarnaast zorgen de wat overgedimensioneerde kreek voor een grotere wateruitwisseling tussen Waddenzee en polder waardoor de stroomsnelheden op de wadplaat groter zijn en de geul aldaar makkelijker van nature open kan blijven.

Zoals door SZZ aangegeven kan alleen het water tussen deze 2 niveaus effectief benut worden voor de kokkelkwekerij. Dit volume (circa 15.860 m³) is nog te klein om aan de eis van 20.000 m³ te voldoen. In de volgende stap is dit volume daarom verder vergroot door het ontwerp nog iets aan te passen.

4.3 Stap 3: Vergroting bergend volume door plaggen

Het bergend volume in de polder tussen NAP en NAP +0,65 m is vergroot door omliggend aan de kreek de huidige bodemligging (vaak rond NAP +0,60 m) met circa 0,30 m te verlagen / plaggen. Daardoor komt de bodemligging direct naast de kreek te liggen op circa NAP +0.30 m. Dit heeft 2 meerwaarden. Enerzijds kan hierdoor tijdens hoog water de bodem daar overstromen en kan een interessante natuur ontstaan (wad / pionierzone, zie Figuur 3.9), anderzijds neemt het bergend volume van de polder toe waardoor het watervolume dat door de kwekerij kan stromen voldoet aan de gestelde eis van 20.000 m³.

In Figuur 4.3 is de bodem (linker paneel) en mate van verdieping van zowel kreek / sloten als na plaggen rondom de kreek weergegeven (rechter paneel).



Figuur 4.3: bodemligging (linker paneel) en de mate waarin de bodem is verdiept (rechter paneel) van Polder Wassenaar waarin een watervoerende kreek is ingetekend en de bodem deels is afgeplagd.

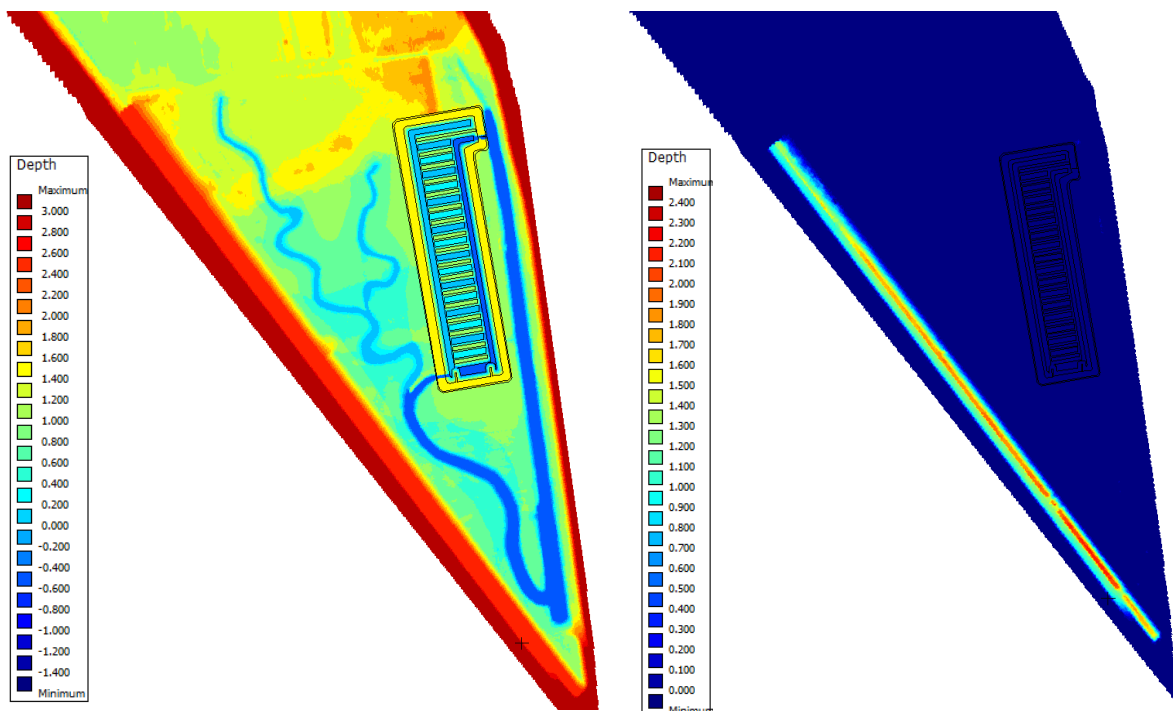
Ook van dit ontwerp zijn vervolgens weer de volumes bepaald:

- Ontgraven kreek en sloot + plaggen	17.760 m ³
- Volume in kreek onder NAP	12.150 m ³
- Volume in gebied tussen NAP en NAP +0.65 m	20.000 m ³

4.4 Stap 4: aanleg van grondrug tegen primaire kering

Door het plaggen van de ondergrond is een gebied ontworpen waarbij tussen NAP +0,65 en NAP +0,0 m een bergend volume beschikbaar is van 20.000 m³. Daarbij dient circa 17.760 m³ aan grond ontgraven te worden. Daarvan kan circa 2.000 m³ verwerkt worden in de sloten. De resterende grond wordt zoveel mogelijk lokaal verwerkt. De grond is verwerkt in een grondrug die tegen en langs de bestaande primaire waterkering aan is gelegd. De grondrug heeft een hoogte van NAP +2,5 m en een lengte van 630 m. De bovenkant van de grondrug loopt flauw af richting de polder zodat wanneer de grondrug overspoelt (pas in de fase waarin meer getij in de polder wordt toegelaten en de bassins zijn verwijderd) het zoute water niet kan stagneren en verdampen. De grondrug loopt met een flauwe taludhelling van 1:15 a 1:20 af richting het omliggende maaiveld.

Het doel van de grondrug is meerledig; enerzijds vergroot het de kwellingtussen achterliggende polder en Polder Wassenaar zodat eventuele zoute kwel nog verder wordt geminimaliseerd, anderzijds vormt het een extra buffer tegen meanderende kreek om nog eens extra uit te sluiten dat eventuele schade aan de primaire waterkering kan optreden. Er wordt opgemerkt dat de grond ook op een andere manier verwerkt kan worden in de polder. Of wanneer het waardevolle grond is eventueel verkocht zou kunnen worden.



Figuur 4.4: bodemligging (linker paneel) en de mate waarin de bodem is verhoogd (rechter paneel) ten behoeve van het aanleggen van een grondrug tegen de primaire waterkering

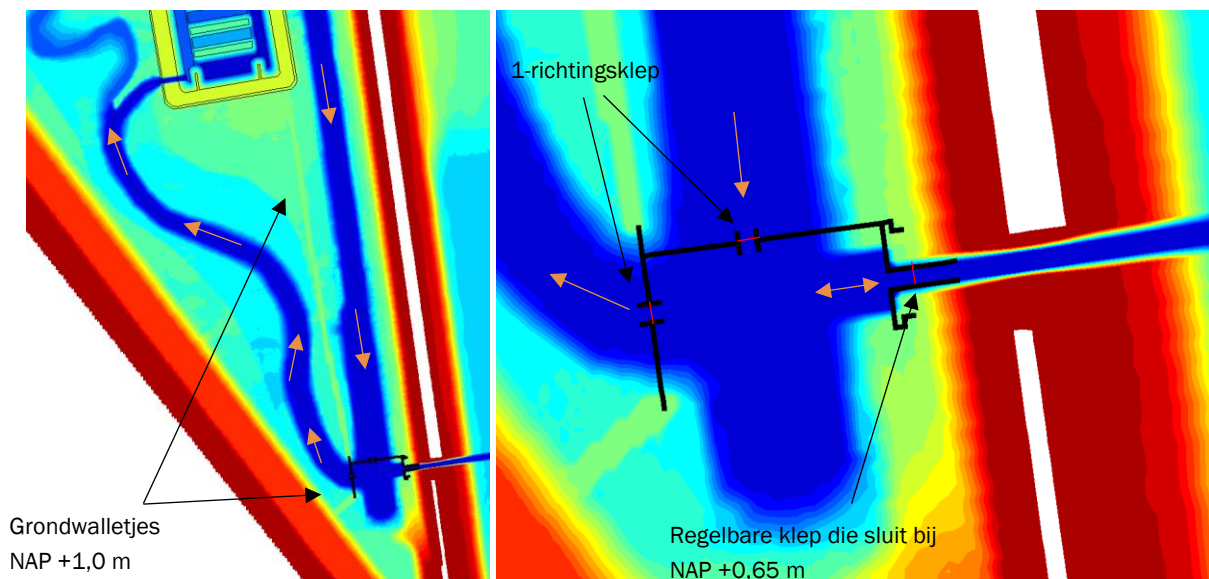
4.5 Stap 5: aanzet van inlaatwerken

Nu het doorstroomvolume voldoende groot is en de grondbalans sluitend, is in de volgende stap een eerste aanzet gegeven van het waterinlaatwerk. De locatie is gelegen in het zuiden. Dit is enerzijds omdat dat de natuurlijke laagste plek in de polder is en anderzijds omdat daar de waterdiepte op het wad het kleinste is en de kans op verzanding door migratie van de voorliggende zandplaat het kleinste.

In Figuur 4.5 is een detail gegeven waarin de locatie van de waterinlaat is ingetekend. De exacte grootte van de inlaat en de positionering van de “eenrichtingskleppen” is nog niet definitief. Het kan ook nog dat de 1-richtingskleppen direct na de regelbare klep worden gepositioneerd.

De grootte is afhankelijk van de hydrodynamische modelberekeningen, de beste locatie van de kleppen is afhankelijk van nadere ontwerpkeuzes die op het gebied van techniek en prijs bepalen of het handiger is het afsluitmiddel te combineren met de eenrichtingskleppen of juist niet.

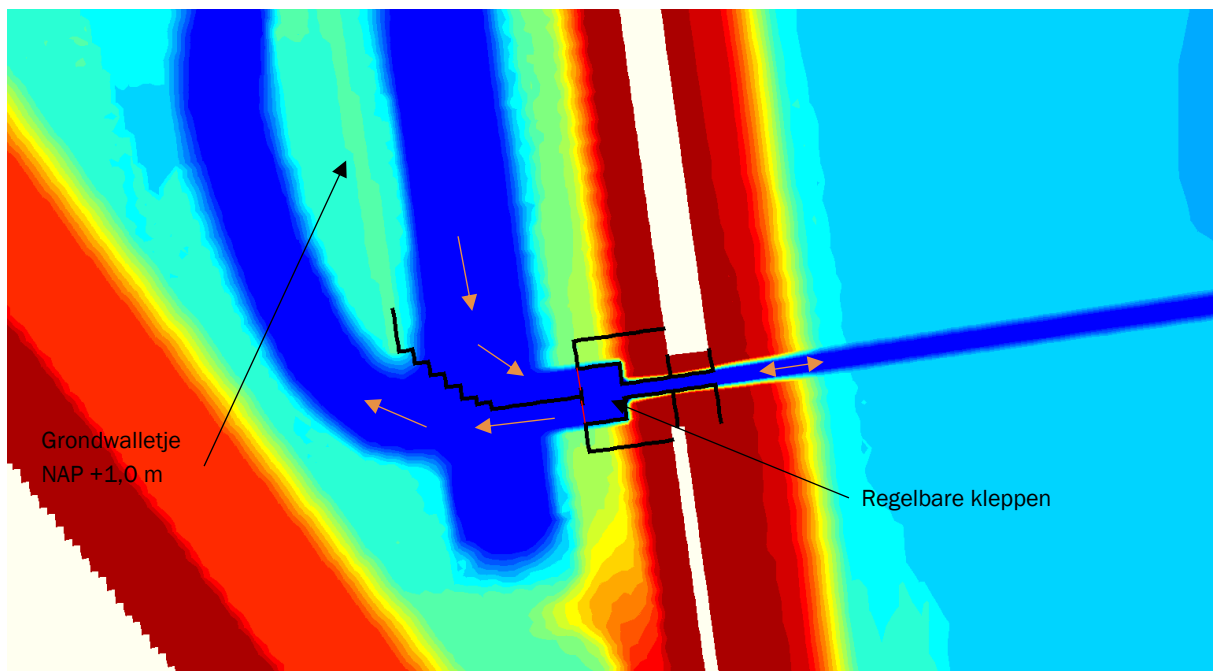
In de figuur zijn ook grondwalletjes aangegeven met een hoogte van NAP +1,0 m die er voor zorgen dat het water ook daadwerkelijk 1 richting op gaat stromen en niet over relatief ondiepe gebieden weer terug gaat stromen. Het benodigde volume grond voor deze walletjes is nog beschikbaar uit de vrijkomende grond uit de krekken.



Figuur 4.5: Locatie van de waterinlaat en eerste idee van de locatie van de eenrichtingskleppen

4.6 Stap 6: nadere detaillering van de inlaatwerken

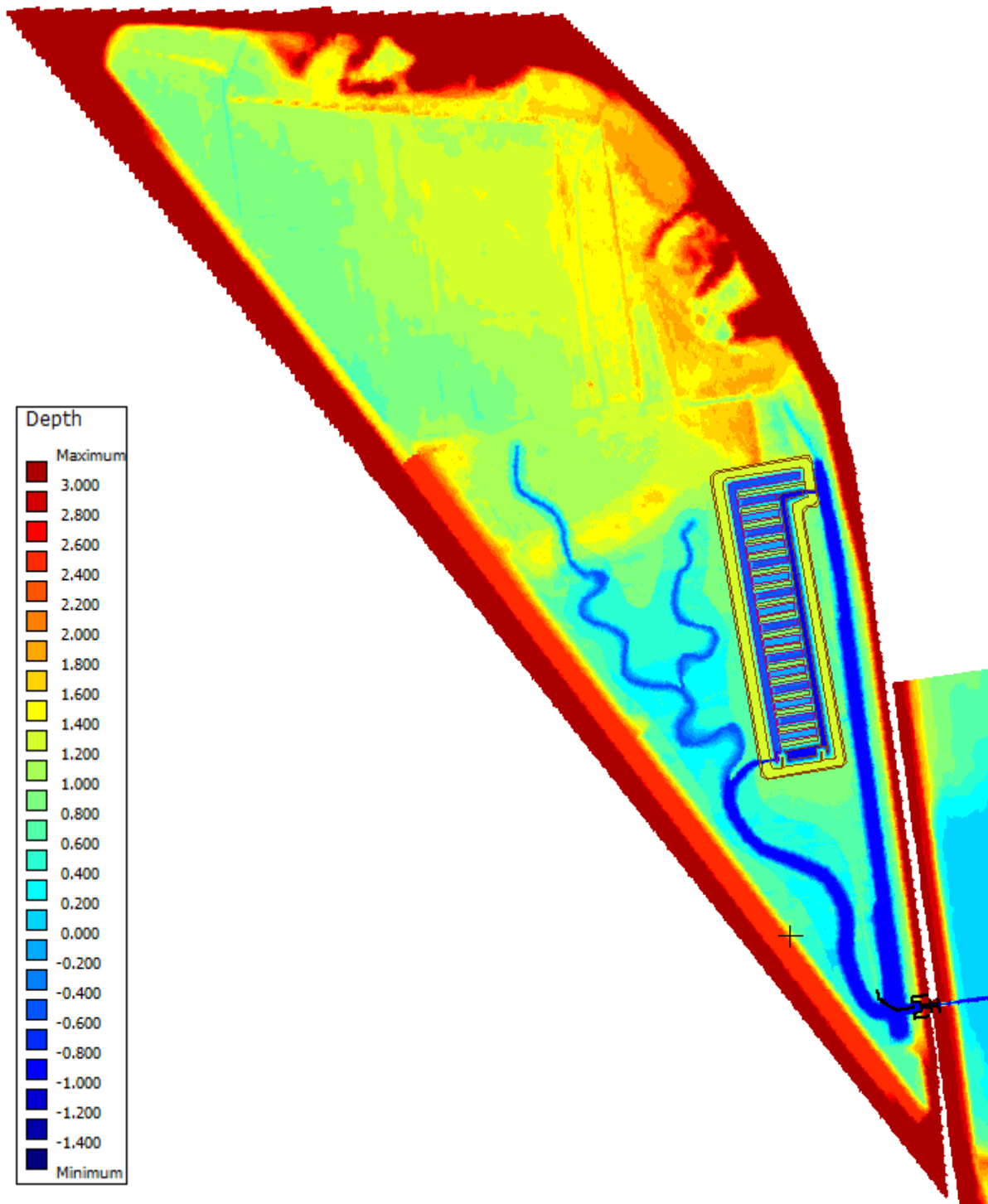
Het voorlopig ontwerp van de inlaatwerken is afgestemd met experts van Sweco. Uit overleggen volgde dat het afsluitmiddel en 1-richtingskleppen het beste gecombineerd kunnen worden in 1 regelwerk. Dit maakt de uitvoering gemakkelijker en is prijstechnisch gunstiger. Om die redenen is het ontwerp iets aangepast, zie Figuur 4.6. In Paragraaf 7.3 wordt er verder op dit ontwerp ingegaan.



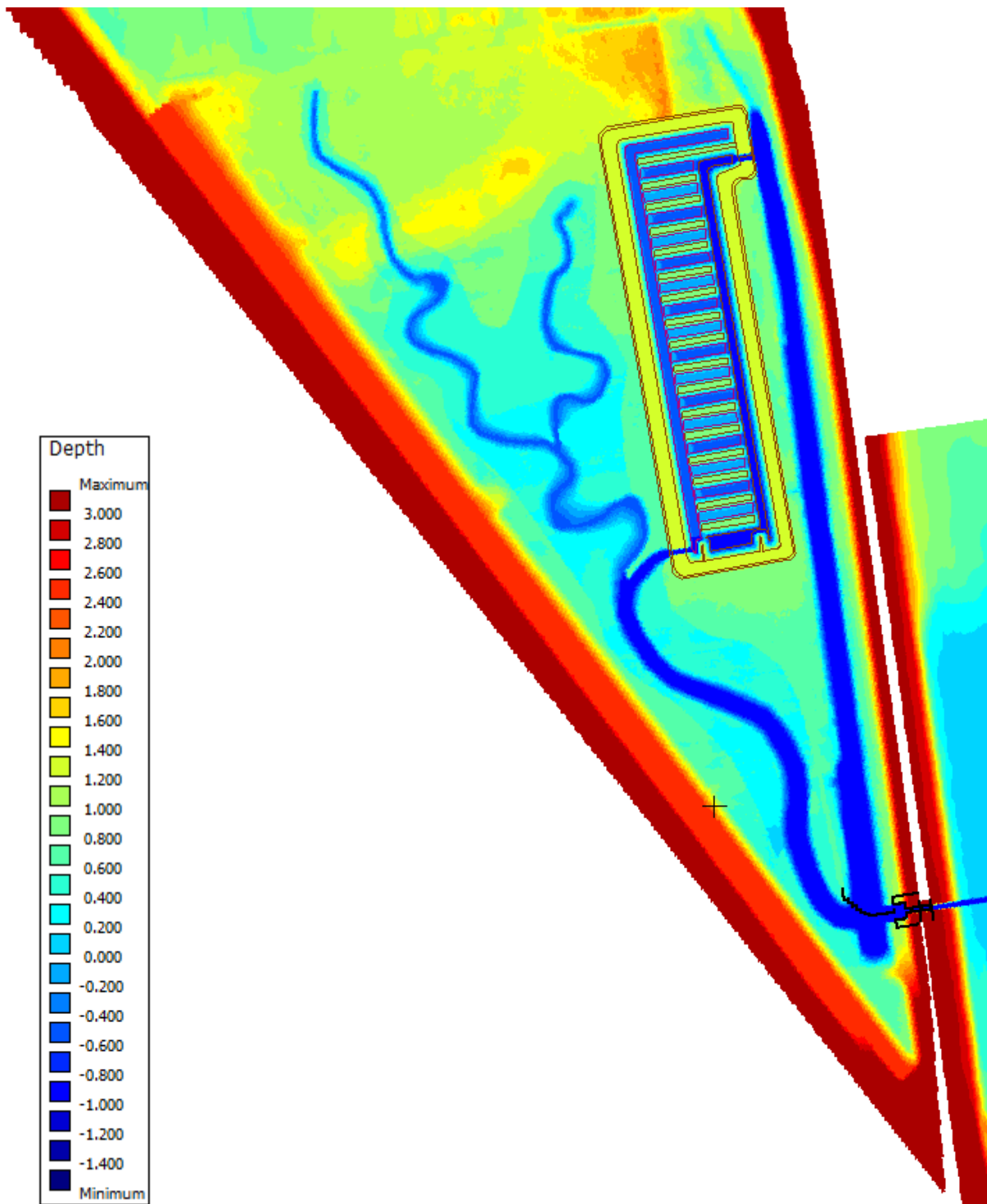
Figuur 4.6: Locatie van de waterinlaat en geoptimaliseerd idee van de locatie van de eenrichtingskleppen

4.7 Voorlopig schetsontwerp

Gebaseerd op bovenstaande stappen is het voorlopig schetsontwerp opgesteld waarbij zoveel mogelijk de eisen van de belanghebbenden is meegenomen. Dit ontwerp is doorgerekend in het hydrodynamische en morfodynamische model waarvan resultaten in de volgende secties zijn opgenomen. Een groter overzicht van het laatste schetsontwerp is gepresenteerd in Figuur 4.7 (gehele polder) en Figuur 4.8 (zoom op zuidelijk deel).



Figuur 4.7: Voorstel inrichting Polder Wassenaar, gehele polder. Hoogtes t.o.v. NAP.



Figuur 4.8: Voorstel inrichting Polder Wassenaar, zoom zuidelijk deel. Hoogtes t.o.v. NAP.

5 Hydro-morfodynamische modellering

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beknopt de opzet van het numerieke stromingsmodel toegelicht en worden de resultaten van de hydrodynamische berekeningen besproken.

5.2 Opzet numeriek model

5.2.1 MODELBESCHRIJVING

Om het voorlopige schetsontwerp hydro- en morfodynamisch door te kunnen rekenen, is een Delft3D stromingsmodel opgezet. Het model beslaat de polder en het voorliggende wad. De resolutie van het rekenrooster is 1×1 m in de polder en 1×1 tot 2×8 m (2 m kustdwars, 8 m kustlangs) op het voorliggende wad. Met dit gedetailleerde rekenrooster kan de stroming in de polder en de kweekbassins goed worden gesimuleerd. Overige instellingen met betrekking tot de hydrodynamische modellering zijn:

- De periode die is doorgerekend beslaat een representatief doottij-springtij cyclus (ca. 15 dagen) De keuze voor deze doottij-springtij cyclus is toegelicht in WaterProof (2020)
- Een tijdstap van 0.02 minuten (1.2 seconden).
- Bodemruwheid = 65 (Chezy), over het gehele domein gelijk.
- 2-dimensionaal model.
- Effecten van temperatuur, zout en wind op de stroming zijn niet meegenomen. Deze effecten zijn miniem; het vullen en legen van de polder wordt met name bepaald door het stijgen en dalen van de waterstand (het getij).
- De sturing van de regelwerken om de waterstanden en stromingsrichtingen in de polder te sturen zijn in het model opgenomen. Daartoe wordt elke 10 minuten gecontroleerd of de waterstanden een bepaalde waarde hebben overschreden / onder schreden. Is dat het geval dan wordt het regelwerk instantaan gesloten dan wel geopend (zie ook verder).

5.2.2 MODELSIMULATIES

Het voorlopige voorontwerp (zie Figuur 4.7 en Figuur 4.8) is hydrodynamisch doorgerekend om te onderzoeken hoe dit ontwerp effect heeft op de waterstanden, stroomsnelheden en gerelateerde debieten. Hierbij zijn een aantal varianten onderscheiden:

- Sim01: voorlopig voorontwerp met wadgeul op NAP -1,0 m.
- Sim02: voorlopig voorontwerp met wadgeul op NAP -0,5 m.
- Sim03: voorlopig voorontwerp met wadgeul op NAP +0.0 m.

Deze varianten zijn doorgerekend omdat daarmee onderzocht kan worden hoe de diepte van de geul die op het voorliggende wad is gelegen de waterbeweging in de polder beïnvloed. Hoe ondieper deze geul is, hoe moeilijker het water vanaf de Waddenzee de polder kan bereiken en hoe minder water door de kokkelwekerij kan stromen.

Naast hydrodynamisch simulaties zijn ook morfologische simulaties uitgevoerd. Daarbij bestaat de bodem van de wadplaat uit zand met een korrelgrootte van $300 \mu\text{m}$ (de D50 die daar ongeveer voorkomt). Door in de bodem van het model bij het begin van de simulatie geen geul of slechts een beperkte geul te schematiseren moet het model zelf een wadgeul gaan creëren. De volgende morfologische simulaties zijn uitgevoerd:

- Sim04: voorlopig voorontwerp met wadgeul op NAP +0,0 m, morfodynamisch om te onderzoeken of de geul weer open gaat.

De resultaten van de morfologische simulering worden besproken in Paragraaf 5.4.

5.3 Resultaten hydrodynamische modellering

5.3.1 BESCHRIJVING WATERBEWEGING

In het ontwerp van de waterinlaat zijn een viertal schuiven voorzien, die twee aan twee kunnen worden geopend of gesloten. Er zijn 2 schuiven naast elkaar voorzien om water de zuidelijke delen van de polder in te laten stromen, en 2 schuiven om water vanaf de polder uit te laten stromen. Het ontwerp van de schuiven is gepresenteerd in paragraaf 7.3. Door slim sturen van de schuiven kan het water op een zo optimaal mogelijke manier door de kweekbassins worden geleid.

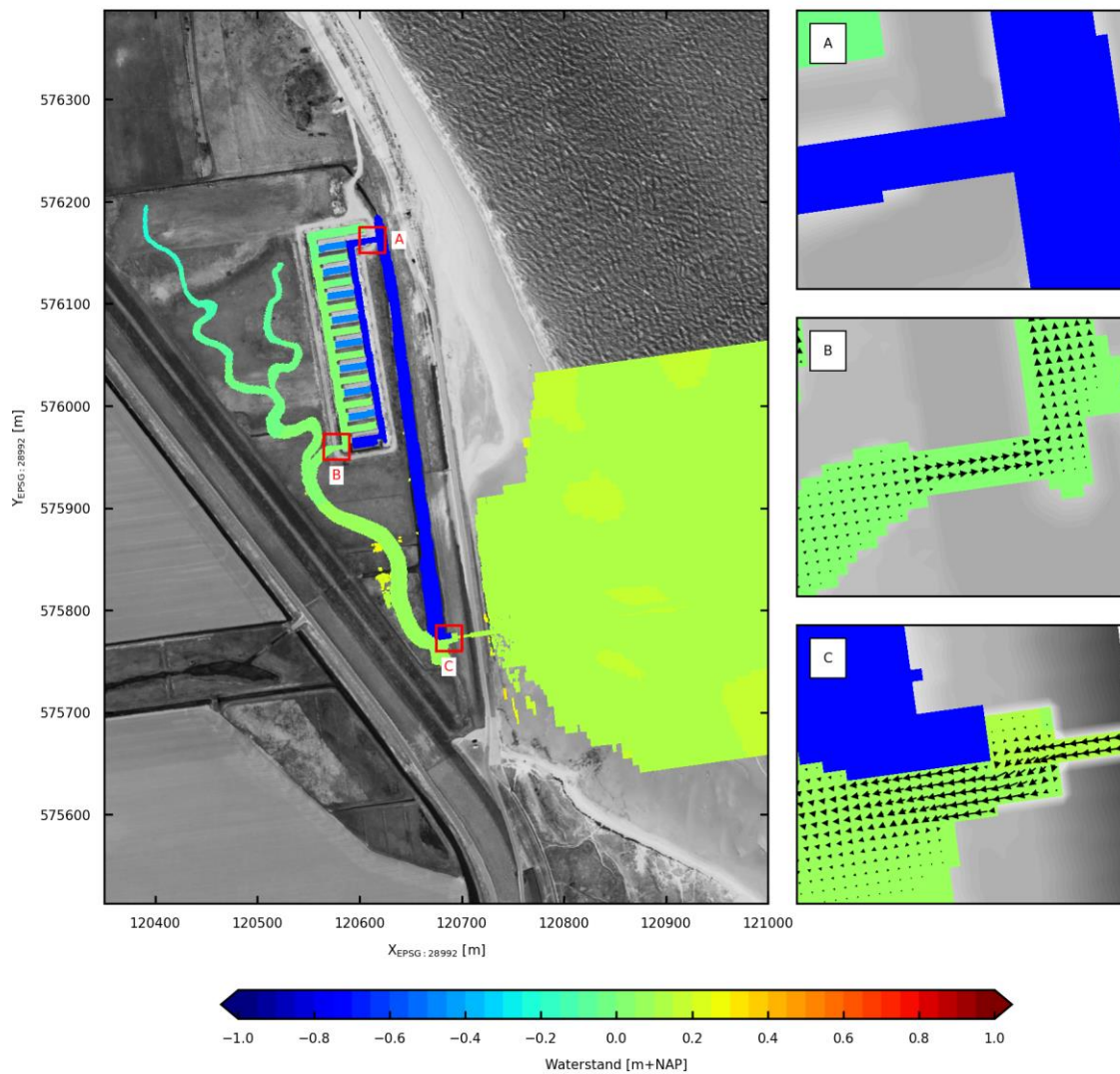
Om de uitwisselingsvolumes tussen de Waddenzee en de kweekbassins te optimaliseren, zijn drie configuraties aangehouden, die elkaar gedurende de getijdencyclus opvolgen (1 → 2 → 3 → 1 → ...).

Configuratie 1: inlaten van water tijdens vloed (opkomend water)

Tijdens vloed staan de 2 zuidelijke schuiven in de dijkdoorlaat open. De andere 2 noordelijke schuiven in de dijkdoorlaat staan op dat moment dicht. Het binnenstromende water stroomt via de wadgeul, door de dijkdoorlaat, via de zuidelijke kweldergeul richting de kweekbassins.

Wanneer de waterstand boven NAP +0,0 m komt gaat het water over de damwanden die bij de ingang van de kweekbassins staan stromen. Dit water stroomt vervolgens door de zogenaamde raceways en verzamelt zich in de uitstroomsloot omdat het water niet verder kan stromen (de schuiven in de dijkdoorlaat staan nog dicht). De waterstand in de polder stijgt tot de maximale waterstand is bereikt. De hoogte van de maximale waterstand is afhankelijk van het getij. Wanneer de waterstand in de polder een hoogte van NAP +0,65 m heeft bereikt, sluiten de schuiven zodat de waterstand niet verder kan stijgen.

Figuur 5.1 presenteert de stroming tijdens vloed gedurende deze schuifconfiguratie 1. De schuiven in de instroomsloot staan open. De andere schuiven staan dicht.

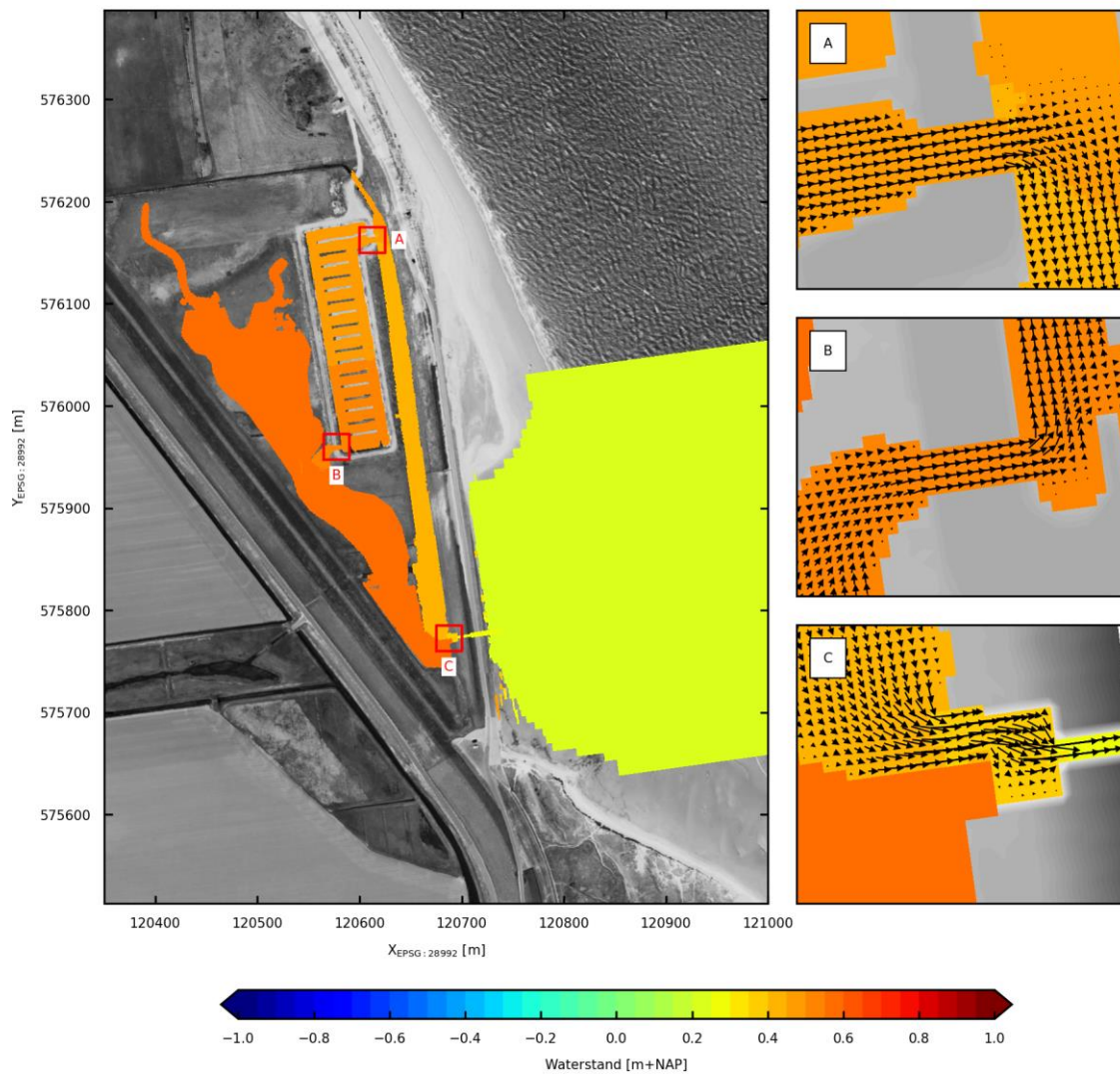


Figuur 5.1 Waterstand in de polder (in kleur) en stromingsrichting (pijltes) Situatie tijdens vloed (schuifconfiguratie 1). De schuiven in de instroomsloot staan open. De andere schuiven staan dicht.

Configuratie 2: uitstromen van water tijdens eb (afgaand water tot NAP +0,0 m)

Wanneer de buitenwaterstand en de binnenwaterstand gelijk zijn (hoog water kentering) gaan de zuidelijke instroomschuiven dicht (als deze al niet gesloten waren omdat de buitenwaterstand de NAP +0,65 m heeft overschreden) en gaan de noordelijk uitstroomschuiven open. Het water in de uitstroomsloot stroomt via de dijkdoorlaat terug naar de Waddenzee. De waterstand in de uitstroomsloot daalt met de buitenwaterstand in de Waddenzee mee. De waterstand in de instroomsloot echter kan dalen tot het niveau van de damwanden in de kweekbassins (circa NAP +0,0 m). Het water kan niet verder zakken omdat de zuidelijke schuiven dicht staan en omdat de damwand in de kweekbassins voorkomt dat het water af kan stromen.

In Figuur 5.2 is de situatie gedurende eb en een waterstand boven NAP +0,0 m in de dijkdoorlaat weergegeven (schuifconfiguratie 2). De noordelijke schuiven in de dijkdoorlaat staan open en water kan via de uitstroomsloot richting de Waddenzee stromen. De zuidelijke schuiven staan dicht.

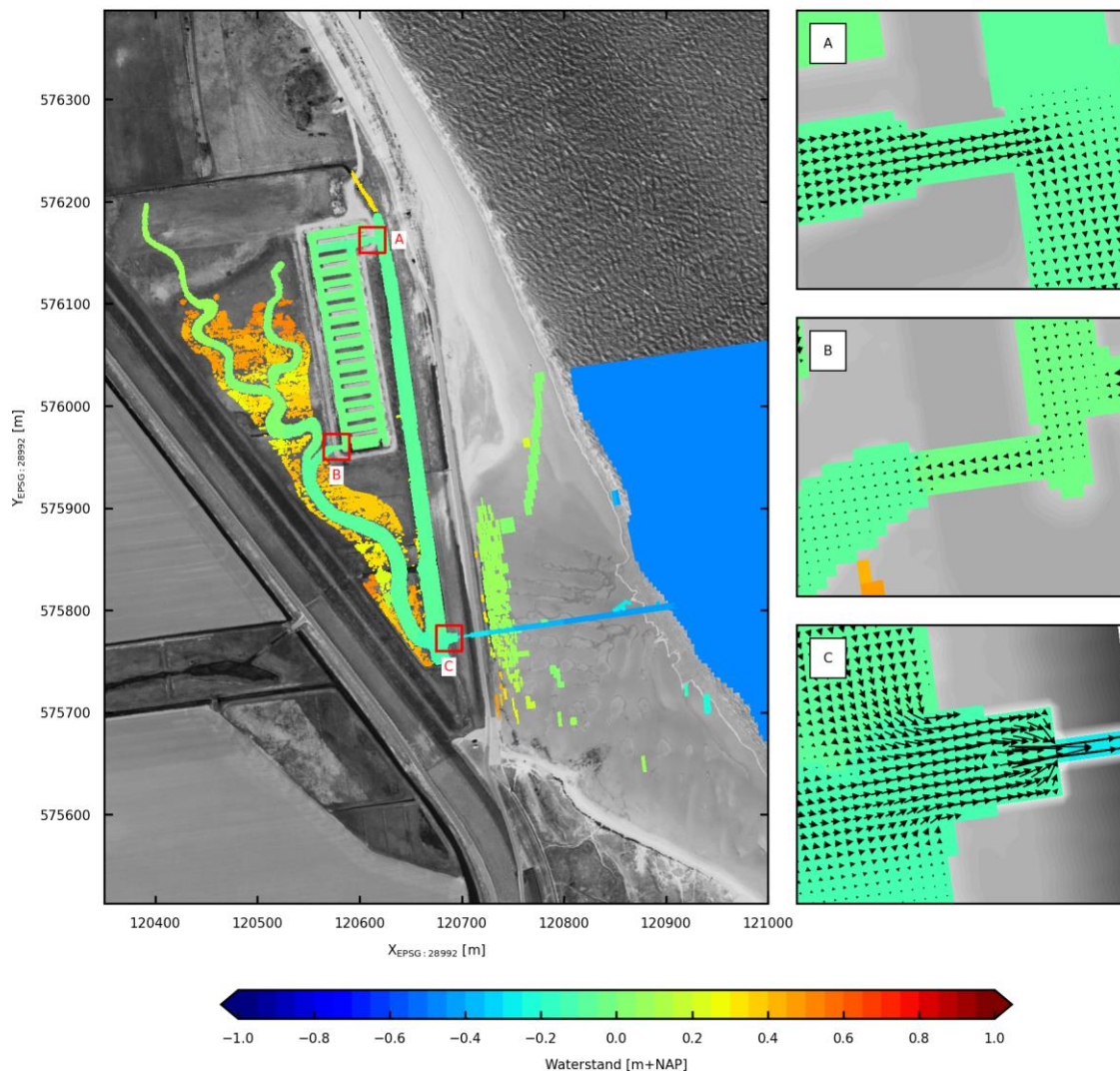


Figuur 5.2 Situatie gedurende eb en een waterstand boven NAP +0,0 m in de verdeelput (schuifconfiguratie 2). De schuiven in de uitstroomsloot staan open. De andere schuiven staan dicht.

Configuratie 3: uitstromen van water tijdens eb (afgaand water vanaf NAP +0,0 m en lager)

Zodra de waterstand in de dijkdoorlaat NAP +0,0 m bereikt, openen de zuidelijke schuiven in de dijkdoorlaat zich. Alle schuiven staan op dat moment open. Het water in de zuidelijke kweldergeul kan zo eveneens uitstromen naar de Waddenzee.

In Figuur 5.3 is de situatie gedurende eb en een waterstand onder NAP 0,0 m in de dijkdoorlaat weergegeven (schuifconfiguratie 3). Zowel de noordelijke als zuidelijke schuiven staan open.



Figuur 5.3 Situatie gedurende eb en een waterstand onder NAP +0,0 m in de verdeelput (schuifconfiguratie 3). De schuiven in de in- en uitstroomsloot staan open.

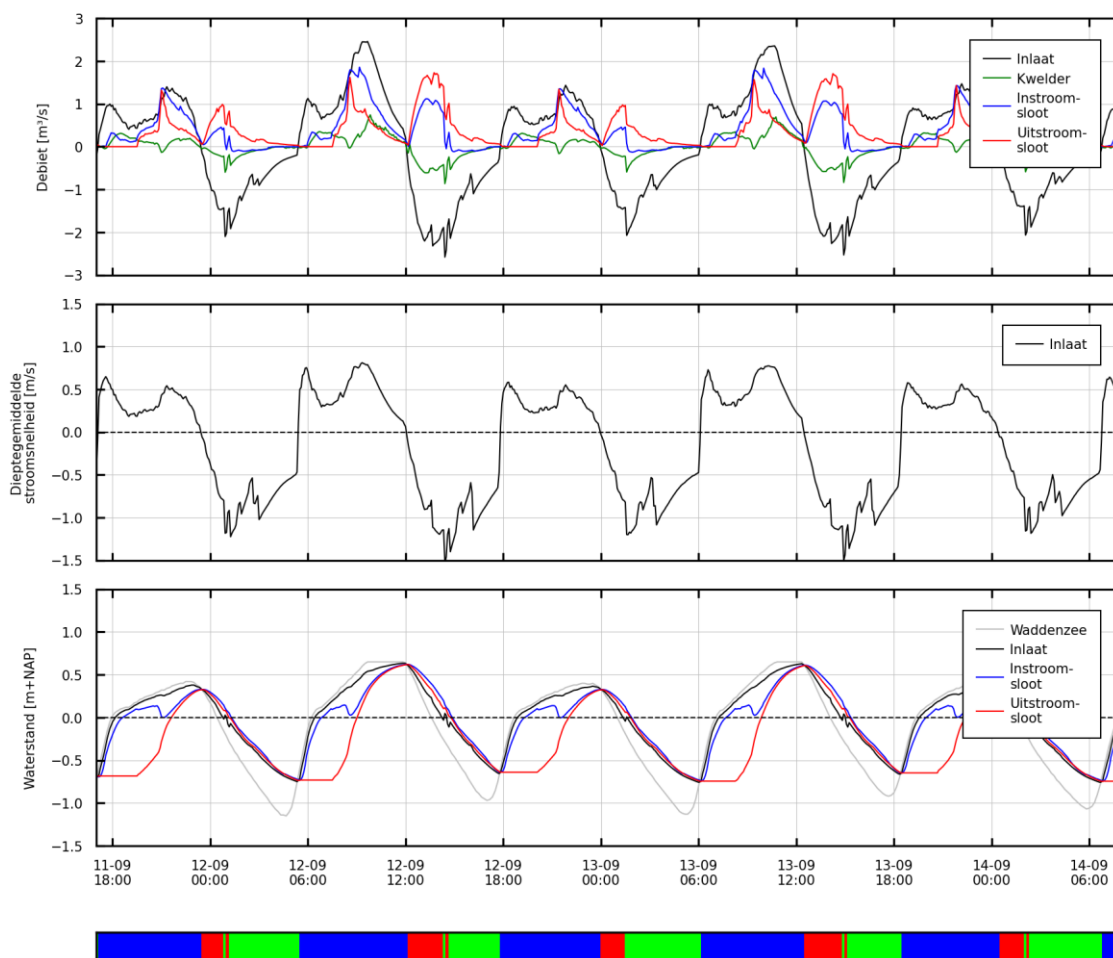
5.3.2 WATERSTAND, DIEPTEGEMIDDELDE STROOMSNELHEDEN EN DEBIETEN

Figuur 5.4 presenteert het tijdsverloop van de waterstand, de dieptegemiddelde stroomsnelheid en het debiet gedurende twee getijden. Uit de figuur kan worden opgemaakt dat het vullen en legen van de polder volgens een aantal fasen verloopt, overeenkomstig met de configuratie van de schuiven. De gekleurde balk aan de onderzijde van de figuur, laat de schuifconfiguratie zien. Blauw komt overeen met het openstaan van de schuiven in de instroomsloot, rood met het openstaan van de schuiven in de uitstroomsloot en groen met het openstaan van zowel de schuiven in de in- als uitstroomsloot.

Schuifconfiguratie 1 (blauw gearceerde deel van de balk onder de figuur):

De waterstand in de instroomsloot (blauwe lijn in onderste paneel) stijgt gedurende vloed mee met de buitenwaterstand (lichtgrijze lijn). De dieptegemiddelde stroomsnelheden in de waterinlaat zijn op dat moment maximaal 0,5-0,7 m/s.

Zodra de waterstand boven NAP 0,0 m uitkomt, stroomt het water over de damwanden de kweekbassins en de uitstroomsloot in. Er is op dat moment een kleine tijdelijke daling van de waterstand in de instroomsloot zichtbaar, dit is een numeriek effect (voor insiders: drying-flooding) en zal in werkelijkheid iets kleiner zijn dan door het model gesimuleerd. Wanneer de waterstand boven NAP +0,0 m is gekomen, kan er weer meer water de polder instromen waardoor een tweede piek zichtbaar is in de dieptegemiddelde stroomsnelheid en het debiet. De maximale dieptegemiddelde stroomsnelheden in de 2^e piek zijn vergelijkbaar met die gedurende de eerste piek (0,5-0,7 m/s). Maar omdat de waterstand tijdens de 2^e piek hoger is en de maximale stroomsnelheden langer aanhouden is het instromende debiet in de 2^e piek groter dan tijdens de 1^e piek (1,5-2,5 m³/s in de 2^e piek versus 1,0 m³/s tijdens de 1^e piek). De waterstanden in de in- en uitstroomsloot zijn vanaf dat moment ongeveer gelijk tot de maximale waterstand is bereikt.



Figuur 5.4 Waterstand (onderste paneel), dieptegemiddelde stroomsnelheid (middelste paneel) en debiet (bovenste paneel). De gekleurde balk aan de onderzijde van de figuur, laat de schuifconfiguratie zien. Blauw komt overeen met het openstaan van de schuiven in de instroomsloot, rood met het openstaan van de schuiven in de uitstroomsloot en groen met het openstaan van zowel de schuiven in de in- als uitstroomsloot.

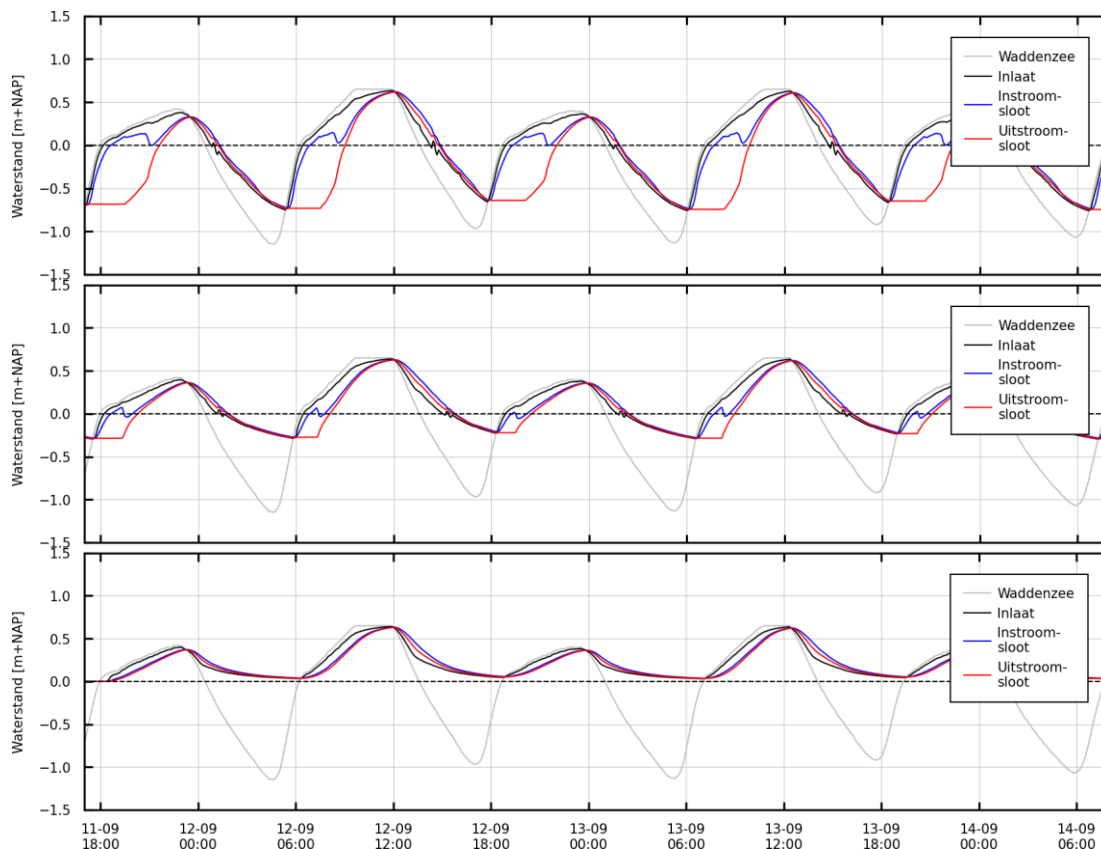
Configuratie 2: rood gearceerde deel van de balk onder de figuur:

De waterstand in de polder (zowel in de in- als de uitstroomsloot) daalt tot NAP 0,0 m. Het dalen van de waterstand valt samen met een piek in de dieptegemiddelde stroomsnelheid (tot maximaal 1,5 m/s) en het debiet (tot maximaal 2,5 m³/s) door de dijkdoorlaat. In de in- en uitstroomsloot is het maximale debiet respectievelijk 1,1 en 1,8 m³/s.

Configuratie 3: groen gearceerde deel van de balk onder de figuur:

De waterstand in zowel de in- als de uitstroomsloot daalt geleidelijk tot ca. NAP -0,7 m. Het openen van de schuiven in de instroomsloot valt samen met een korte piek in de dieptegemiddelde stroomsnelheid (tot maximaal 1,2 m/s) en het debiet (tot maximaal 2,5 m³/s), waarna beiden langzaam afnemen in grootte totdat de buitenwaterstand weer stijgt en het water de polder weer instroomt. De fluctuaties in stroomsnelheid en debiet zullen in werkelijkheid iets kleiner zijn omdat de schuiven in de praktijk geleidelijk worden geopend en gesloten. In het model worden de schuiven instantaan geopend en gesloten.

De resultaten die hierboven zijn gepresenteerd zijn gebaseerd op Sim01 waarbij de geul over het wad een diepte heeft van NAP -1,0 m, circa 1 m dieper dan de natuurlijke bodemligging (momenteel rond NAP). Golven en stormcondities kunnen ervoor zorgen dat er aanzanding in de wadgeul plaatsvindt en de geul ondieper wordt. Om de effecten van het aanzanden van de wadgeul op de waterstand, de dieptegemiddelde stroomsnelheden en de debieten te kunnen bepalen, zijn ook twee scenario's doorgerekend waarbij de wadgeul is opgehoogd tot respectievelijk -0.5 m NAP en 0 m NAP (niet erodeerbaar). In onderstaande figuur zijn de waterstanden gepresenteerd voor de 3 verschillende wadgeuldieptes. Duidelijk zichtbaar is dat de diepte van de wadgeul een belangrijk effect heeft op de waterstanden (en daarmee uitwisselingsvolumes, zie volgende paragraaf).



Figuur 5.5: Waterstanden op 4 verschillende plekken in de polder bij een wadgeul met een diepte van NAP -1,0 m (bovenste paneel), NAP -0,5 m (middelste paneel) en NAP +0,0 m (onderste paneel)

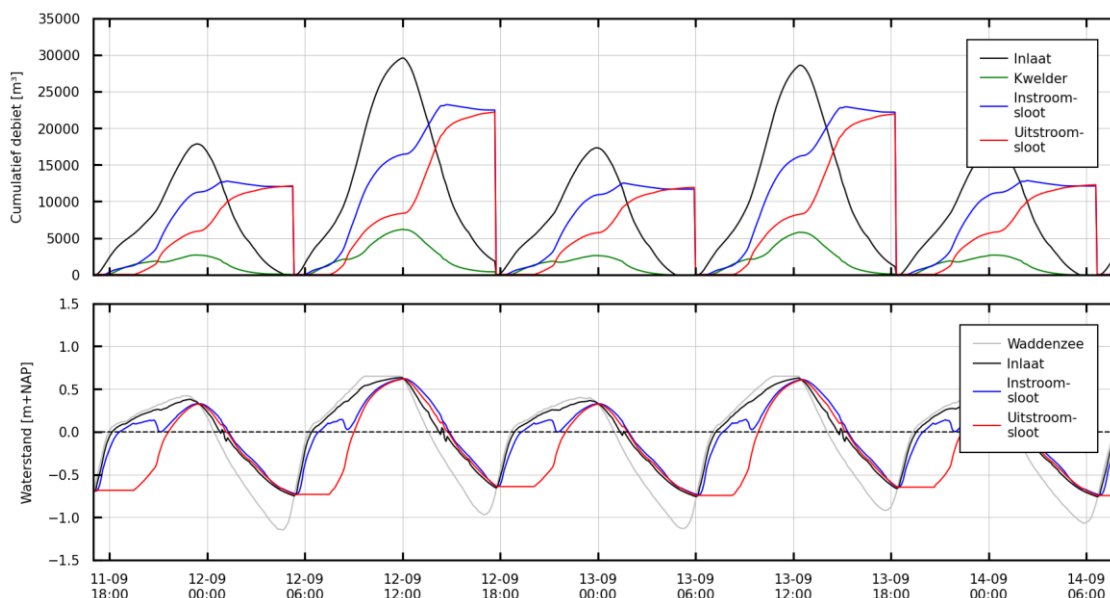
5.3.3 UITWISSELINGSVOLUMES

Het volume aan water dat per getij door de kweekbassins stroomt, is een belangrijke voorwaarde voor de kweek van kokkels. Het NIOZ heeft aangegeven dat een uitwisselingsvolume van ca. 20.000 m³ minimaal nodig is. In Figuur 5.6 zijn de cumulatieve debieten weergegeven door verschillende dwarsdoorsneden in de polder. Deze doorsneden zijn gelegen:

- Inlaat (zwarte lijn): ter hoogte van de dijkdoorlaat, bepaald hoeveel water er totaal de kwelder in / uit stroomt.
- Kwelder (groene lijn): westelijke tak van de splitsing van de kweldersloot.
- Instroomsloot (blauwe lijn): oostelijke tak van de splitsing van de kweldersloot, vlak voordat deze naar de kokkelkwekerij gaat; bepaald hoeveel water naar de kokkelkwekerij stroomt.
- Uitstroomsloot (rode lijn): juist oostelijk van de kokkelkwekerij, bepaald hoeveel water er uit de kokkelkwekerij stroomt.

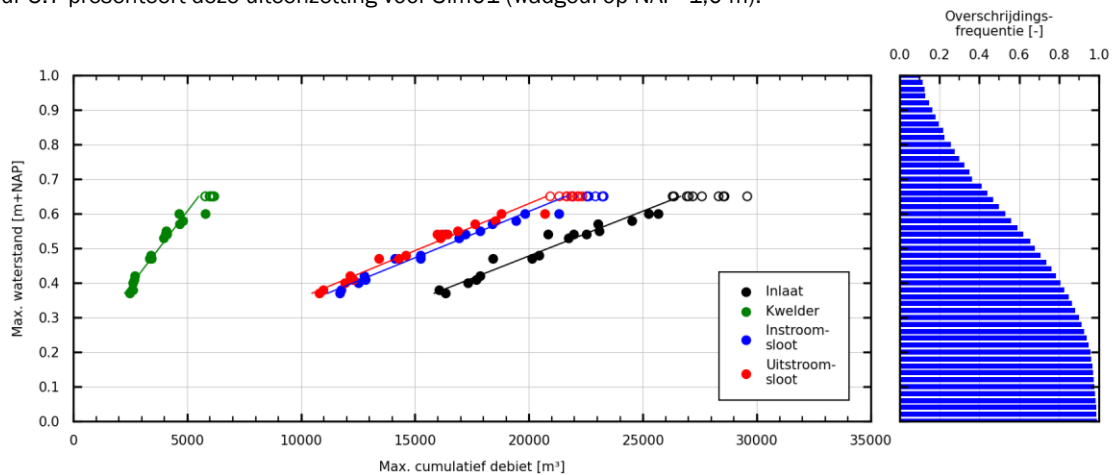
Uit de figuur kan het volgende worden opgemaakt:

- De zwarte lijn geeft weer hoeveel water er per getij in- en uitstroomt. Door de dagelijkse ongelijkheid van het getij, varieert het debiet om het getij tussen de 17.000 en 30.000 m³/getij.
- De rode lijn in de figuur geeft het verloop van het cumulatieve debiet door de kweekbassins over een getij weer. Bij ieder laagwater wordt het cumulatieve debiet teruggezet op 0 m³ om zo zichtbaar te maken hoe dit cumulatieve debiet per getij verschilt. Het cumulatieve debiet varieert tussen 11.000-23.000 m³ en is afhankelijk van de maximale waterstand die tijdens het getij wordt bereikt. De dagelijkse ongelijkheid in getij zorgt ervoor dat het cumulatieve debiet varieert.
- Vergeleken bij de andere watervolumes zijn de volumes voor de noordelijke kweldergeul beperkt; tussen de 2.000 en 6.000 m³/getij.



Figuur 5.6 Waterstanden (onderste paneel) en cumulatieve debieten (bovenste paneel) op verschillende locaties in de polder. Let op: de cumulatieve debieten door de waterinlaat en de cross-sectie ter hoogte van de kwelder beginnen en eindigen op 0 m³; dit geldt niet voor de cumulatieve debieten door de in- en uitstroomsloot. Dit wordt veroorzaakt door de locatie van de cross-sectie en de manier waarop het water door de polder wordt geleid: voor de waterinlaat en de cross-sectie ter hoogte van de kwelder geldt dat het water dat door de cross-sectie stroomt, uiteindelijk ook weer terug stroomt; voor de in- en uitstroomsloot geldt dat het water over het algemeen maar op één manier door de cross-sectie stroomt. Om de cumulatieve debieten goed met elkaar te kunnen vergelijken, zijn de cumulatieve debieten voor alle cross-secties teruggezet naar 0 m³ bij laagwater.

De scenario's zijn doorgerekend voor een doortij-springtij cyclus. Zo'n cyclus omvat de meest gangbare variaties in waterstand, naast de dagelijkse ongelijkheid. Door het cumulatieve debiet uit te zetten tegen de maximale waterstand, kan inzicht worden verkregen in de te verwachten debieten door de kweekbassins bij een range aan waterstanden. Figuur 5.7 presenteert deze uiteenzetting voor Sim01 (wadgeul op NAP -1,0 m).



Figuur 5.7 Uiteenzetting van het maximale cumulatieve debiet en de maximale waterstand in de waterinlaat op een aantal locaties in de polder (linker paneel). Op basis van de rode lijn kan een inschatting worden verkregen van de hoeveelheid water die bij een specifieke waterstand door de kweekbassins stroomt. Let op: de maximale waterstand in de polder is NAP +0,65 m. Dit komt overeen met de hoogte van de scheiding tussen de kweekbassins en mag gedurende de proefperiode niet worden overschreden. In het rechter paneel worden de overschrijdingsfrequenties van de waterstanden weergegeven op basis van een 10-jarige tijdserie van RWS station Oudeschild. Let op: de overschrijdingsfrequentie is genormaliseerd naar een waarde tussen 0-1. Een waarde van 0 betekent dat een waterstand nooit worden bereikt; een waarde van 1 betekent dat deze waterstand gedurende ieder getij wordt overschreden.

In Tabel 5.1 zijn de uitwisselingsvolumes weergegeven voor de 3 beschouwde scenario's. Ook is aangegeven hoe veel getijden per jaar deze volumes worden overschreden en hoeveel procent van de getijden per jaar dat is. Uit de tabel volgt dat het ontwerp niet voldoet aan de eis van 20.000 m³/getij aan water dat door de kokkelkwekerij stroomt. Het totale volume is zowel afhankelijk van de diepte van de wadgeul en afhankelijk van de getijslag. Tijdens 50% van de getijden is het doorstroomvolume door de kokkelkwekerij groter dan circa 19.000 (Sim01), 17.500 (Sim02) of 15.000 (Sim03).

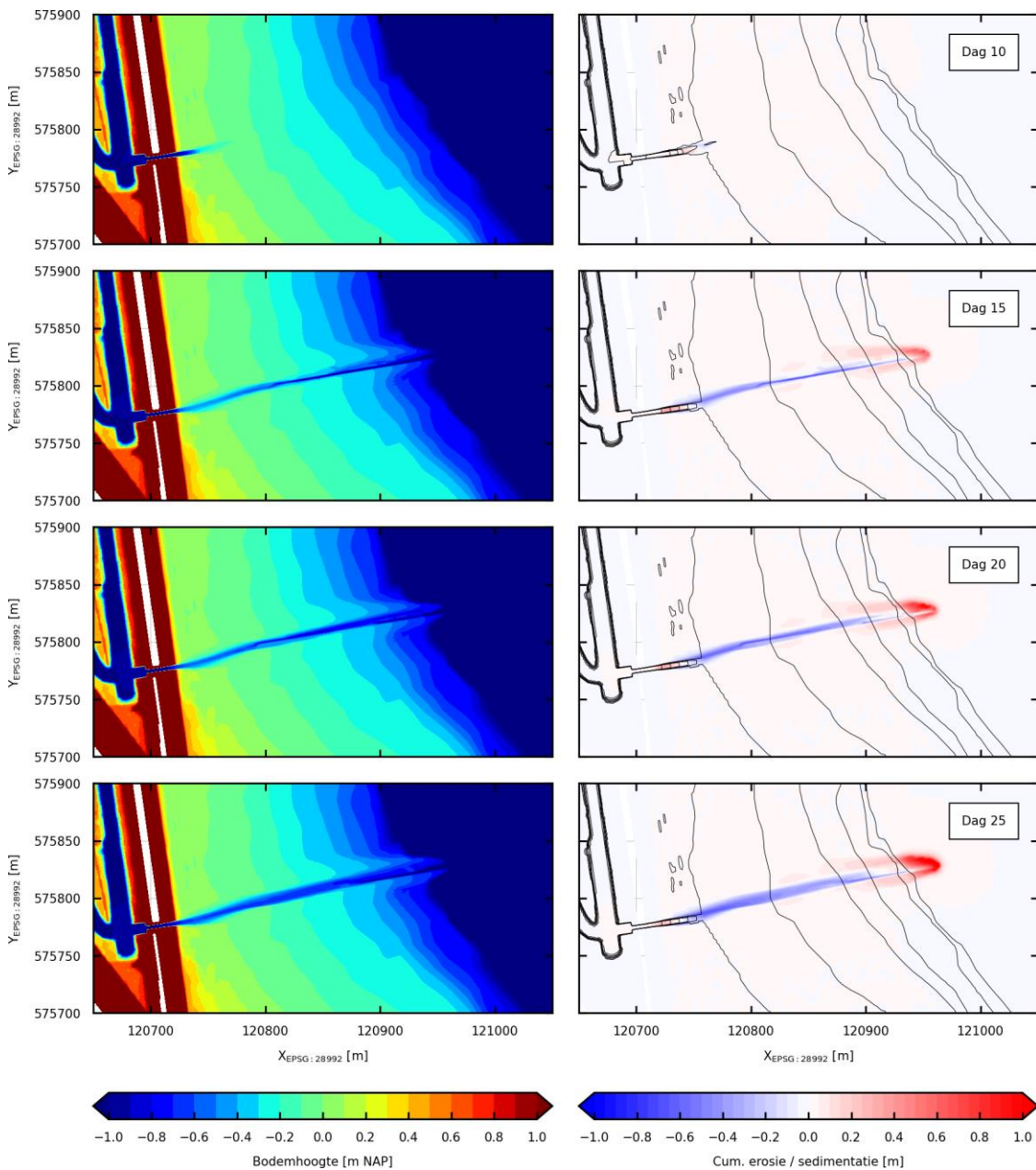
Tabel 5.1 Gemodelleerde uitwisselingsvolume tussen de Waddenzee en de kweekbassins. De volumes komen overeen met de rode lijn in Figuur 5.7 en zijn afgerond op het dichtstbijzijnde 500-tal.

Maximale waterstand (m NAP)	Overschrijding-frequentie (getijden / jaar & %)	Uitwisselingsvolume (m ³)		
		Sim01 (wadgeul NAP -1,0 m)	Sim02 (wadgeul NAP -0,5 m)	Sim03 (wadgeul NAP +0,0 m)
0.65	320 / 700 = 46%	21.000	18.500	16.500
0.60	360 / 700 = 51%	18.800	17.000	14.500
0.55	420 / 700 = 60%	17.000	15.000	13.000
0.50	480 / 700 = 69%	15.000	13.000	11.200
0.45	520 / 700 = 74%	13.000	11.500	9.200
0.40	570 / 700 = 81%	11.500	10.000	7.500

5.4 Resultaten morfodynamische modellering

5.4.1 TE VERWACHTEN EVENWICHTSDIEPTE WADGEUL

Om na te gaan wat de verwachte diepte van de wadgeul zal worden is ook een simulatie (Sim04) uitgevoerd waarbij het model zelf uitrekent wat de bodemligging wordt. Wanneer de stroomsnelheden in de wadgeul groot worden zal zandtransport plaatsvinden en zal de geul willen uitschuren. Dit gebeurt net zolang totdat de geul een dusdanige dimensie heeft dat de stroomsnelheden laag blijven en niet meer in zandtransporten resulteren.

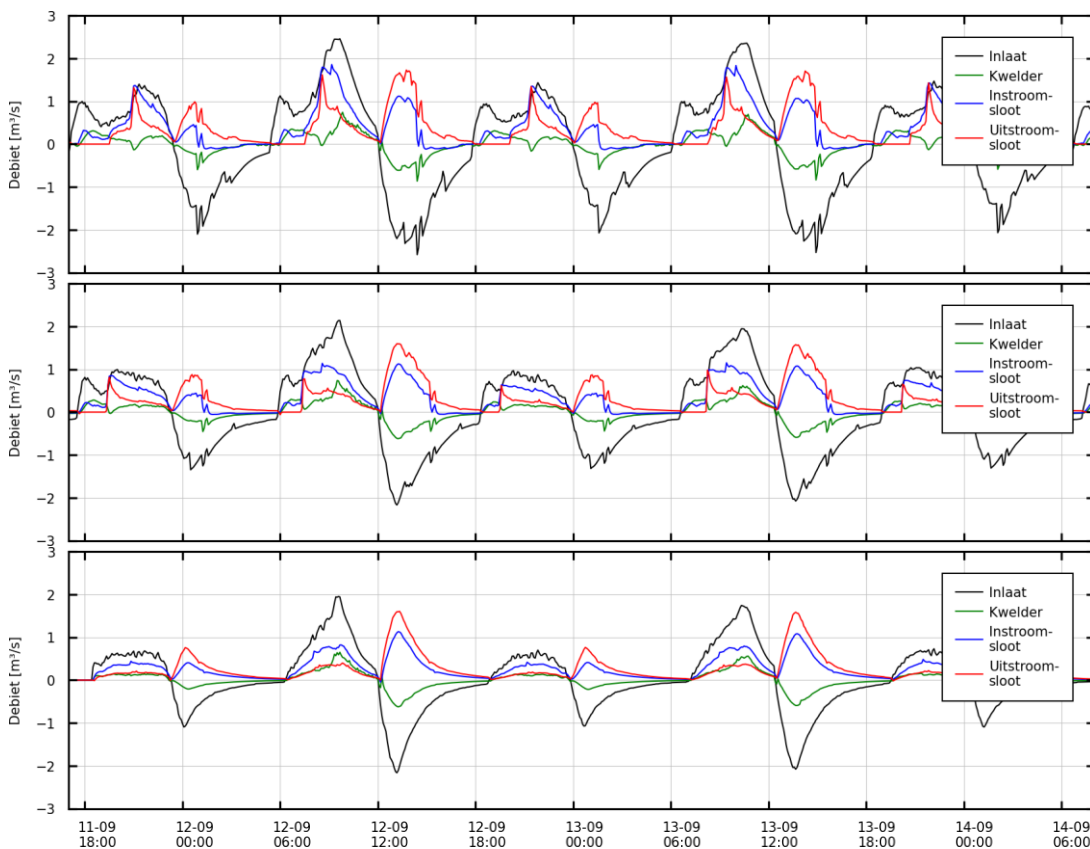


Figuur 5.8: Evolutie van de bodemligging van de wadgeul volgens het morfologische model wanneer er initieel geen geul op het wad aanwezig is

In Figuur 5.8 is de evolutie van de bodemligging van de wadgeul volgens het morfologische model gepresenteerd wanneer er initieel geen geul op het wad aanwezig is. In het linker paneel is de bodemligging op dag 10 (linksboven) tot en met dag 25 (linksonder) zichtbaar. In het rechterpaneel is middels rode en blauwe kleuren de bodemverhoging (rood) en bodemverlaging (blauw) in de tijd weergegeven. Het paneel rechtsboven presenteert de sedimentatie / erosie op dag 10, het paneel rechtsonder op dag 25.

Uit het figuur kan goed worden afgeleid dat wanneer er geen wadgeul aanwezig is deze, volgens het numerieke morfologische model, vanzelf op het wad gaat ontstaan. Het duurt circa 1 maand voordat de geul zich voor 90% heeft ontwikkeld. De berekende diepte van de geul is circa 1,0 tot 0,75 m en de breedte is circa 3 m aan de bodem en 10 m ter hoogte van de wadplaat.

Wat daarnaast opvalt is dat het sediment dat wordt weggespoeld voornamelijk aan de buitenkant (oostelijk van de wadplaat) wordt afgezet (rode kleuren in de rechter panelen). Dit komt voornamelijk doordat het getij in Polder Wassenaar middels kleppen gereguleerd wordt binnengelaten en kan afstromen. Door met 2 kleppen de polder te vullen en een groot deel van de eb fase met 4 kleppen tegelijk het water weer af te laten stromen, is het netto sedimenttransport uit de polder gericht. Dit kan ook afgeleid worden uit Figuur 5.9 wanneer de stroomsnelheden in de Inlaat worden beschouwd (zwarte lijnen in de figuur). De maximale ebsnelheden (uitgaand water) zijn altijd groter dan de maximale vloedsnelheden (inkomend water). Sedimenttransporten worden gerelateerd aan de stroomsnelheid tot een macht van 3 a 4 (U^3 of U^4). Door de machtfunctie is het zandtransport bij een iets hogere stroomsnelheid al snel veel groter. Als voorbeeld, het transport bij 1 m/s = $1^4 = 1$ kg/s terwijl dit bij een stroming van 2 m/s al $2^4 = 16$ kg/s is.



Figuur 5.9: Stroomdebieten door verschillende dwarsdoorsneden voor de 3 beschouwde simulaties (Sim01, bovenste paneel, Sim02, middelste paneel, Sim03, onderste paneel)

De bestaande wadplaat is voornamelijk zandig. In de modelberekeningen is uitgegaan van fijn zand. In februari 2022 heeft SZZ op een 3-tal locaties langs de toekomstige wadgeul sedimentmonsters verzameld en aan WaterProof opgestuurd. Uit visuele analyse daarvan lijkt er ook wat fijn cohesief (slibrijk) materiaal in de monsters aanwezig te zijn. Dit cohesieve materiaal kan de erosiebestendigheid van het sediment tegen stroming doen vergroten. Naar verwachting zijn de toekomstige stroomsnelheden voldoende groot en is de erosiebestendigheid van het sediment voldoende klein om van nature een geul door de wadplaat te doen ontwikkelen. Er hoeven dan geen graafwerkzaamheden op het wad te worden uitgevoerd. Om dit zeker te weten kunnen in de volgende fase enkele eenvoudige stroomgootproefjes worden uitgevoerd om de erosiebestendigheid te kwantificeren.

5.4.2 TE VERWACHTEN AANZANDING POLDER / WADGEUL

Wanneer de zandvolumes beschouwd worden volgt dat er in circa 1 maand tijd ongeveer 880 m³ zand van het wad uit de nieuw ontstane geul is getransporteerd. Daarvan komt volgens het model maar circa 10 m³ (1%) in de Polder terecht. Er wordt verwacht dat in werkelijkheid dit iets meer zal zijn. Voornaamste redenen hiervoor zijn:

- in het model zijn geen golven meegenomen. Golven hebben een opwoelende werking en kunnen ook bij lagere vloednelheden voor zandconcentraties in het water zorgen waardoor uiteindelijk toch wat meer zand dan gemodelleerd in de Polder terecht komt.
- Door getijdestroom en golven vindt er zandtransport plaats over de wadgeul van noord naar zuid. Hierdoor migreert de wadplaat zuidwaarts (zie historische analyse). Daardoor wordt er continue zand in de nieuwe wadgeul getransporteerd. Het meeste zal de geul er weer uit transporteren richting dieper water (oostwaarts) maar een deel zal ook met de vloedstroom de polder in worden getransporteerd.

Het kan dus zijn dat na aanleg van de waterinlaat en het toestaan van getij in de polder er zand, voornamelijk nabij de ingang, in de zuidelijke sloten / krekken van de polder zich af zal zetten. Er wordt niet verwacht dat dit heel veel is maar zal naar aller waarschijnlijkheid (expert inschatting) wel tot maximaal circa 50 m³ per jaar kunnen zijn. Het bergend volume van de in de polder aanwezige sloten is dusdanig groot (>10.000 m³) dat dit geen grote nadelige gevolgen heeft. De sloten worden lokaal wat ondieper maar baggerwerkzaamheden lijken niet noodzakelijk.

Er wordt opgemerkt dat als de voorliggende wadplaat zich doorontwikkeld zoals deze de afgelopen 15 jaar zich heeft ontwikkeld er verwacht kan worden dat rond circa 2037 tot 2042 de rand van de wadplaat de locatie van de toekomstige waterinlaat heeft bereikt. Naar aller waarschijnlijkheid zal de geul dan weliswaar wel blijven bestaan maar zal deze door de migrerende plaat meer naar het zuiden worden geduwd. Op dat moment wordt verwacht dat de aanzanding in de wadgeul zal toenemen en het evenwichtsprofiel van de wadgeul (doorstroomoppervlak) zal waarschijnlijk kleiner worden waardoor de hoeveelheid water dat de polder in- en uit kan stromen zal afnemen.

5.4.3 TE VERWACHTEN AANSLIBBING POLDER

De aanleg van een waterinlaat zorgt voor een open verbinding tussen Polder Wassenaar en de Waddenzee. Naast de uitwisseling van water, betekent dit dat ook sediment zich vrij tussen beide systemen kan bewegen. Hoewel dit vanuit het oogpunt van zilte natuurontwikkeling zeer welkom is, is een teveel aan slib in de polder niet bevorderlijk voor de kokkelteelt en zijn frequente baggerwerkzaamheden niet gewenst.

Een inschatting van de te verwachten aanslibbing in Polder Wassenaar is weergegeven in Tabel 5.2. De volumes zijn bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- De slibconcentratie in het binnenstromende water is gemiddeld 13 mg/l, gebaseerd op metingen van NIOZ tussen april 2015 en september 2015.
- Uit het water dat de polder instroomt, zakt een deel van het sediment naar de bodem. Hoeveel dat is hangt af van de valsnelheid van het slib, de verblijftijd van het slib in de polder en de mate van opwerveling in de polder als gevolg van stroming / golven.

- We gaan er vanuit dat de opwerveling niet aanwezig is (conservatief) en het inkomende slib een valsnelheidsverdeling heeft van:
 - 40% van de deeltjes is 40 μm (grof silt), en heeft een valsnelheid van circa 1,0 mm/s.
 - 40% van de deeltjes is 15 μm , (fijn silt) en heeft een valsnelheid van circa 0,1 mm/s.
 - 20% van de deeltjes is 5 μm , (klei) en heeft een valsnelheid van circa 0,01 mm/s.
- De uitwisselingsvolumes zijn gebaseerd op de berekende gemiddelde uitwisselingsvolumes tussen polder en Waddenzee.
- De stroomsnelheden uit de modelberekeningen in combinatie met de valsnelheden bepalen de plek van aanslibbing in de Polder. Daaruit volgt dat:
 - 100% van grof silt slaat neer in de zuidelijke kreken, 0% in de kokkelkwekerij en oostelijke sloot.
 - 25% van fijn silt slaat neer in de zuidelijke kreken, 75% in de kokkelkwekerij en oostelijke sloot.
 - 5% klei slaat neer in de zuidelijke kreken, 20% in de kokkelkwekerij en sloot, 75% spoelt weer naar buiten.
- Uit de tabel wordt duidelijk dat de aanslibbing in de polder beperkt is (in kwelderkreken circa 8 mm/jaar, in de kokkelkwekerij circa 6 mm/jaar). De onzekerheidsbandbreedte van de inschatting is vrij groot omdat de aanslibbing lineair afhankelijk is van de hoeveelheid slib in het buitenwater die redelijk onzeker is. Echter, er wordt verwacht dat de aanslibbing in de kokkelkwekerij niet veel groter zal zijn dan 1 cm / jaar (circa factor 2 van de waarde in onderstaande tabel) en voornamelijk zal optreden op lokaties met zeer weinig stroming. Het is aan NIOZ om te bepalen of dit negatieve effecten heeft.

Locatie	Fractie	Slib in [kg/getij]		Oppervlak [m ²]	Aanslibbing [mm/jaar]
Totale polder	alle fracties	221.0	kg/jaar	38000	8.1
kwelderkreek	grof silt	88.4	kg/jaar	20000	6.2
kwelderkreek	fijn silt	22.1	kg/jaar	20000	1.5
kwelderkreek	klei	2.2	kg/jaar	20000	0.2
kwelderkreek	alle fracties			20000	7.9
kokkelkwekerij+sloot	grof silt	0.0	kg/jaar	18000	0.0
kokkelkwekerij+sloot	fijn silt	66.3	kg/jaar	18000	5.2
kokkelkwekerij+sloot	klei	6.6	kg/jaar	18000	0.5
kokkelkwekerij+sloot	alle fracties			18000	5.7

Tabel 5.2: Inschatting aanslibbing in kwelderkreek en kokkelkwekerij

6 Effecten op de omgeving

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de te verwachten effecten van het toestaan van getij in Polder Wassenaar op de omgeving beschreven. Dit omvat onder andere:

- het effect op zoute kwel in het aangrenzende landbouwgebied.
- de effecten op de kwelder De Volharding.
- de bestortingen in het Robbengat.
- veiligheid waterkering.

6.2 Zoute kwel

In WaterProof (2020) is reeds een beknopte analyse uitgevoerd naar zoute kwel. Stichting Zilte Zone heeft onlangs een studie uit laten voeren door Aveco de Bondt naar het risico op en de effecten van zoute kwel. In dit rapport wordt daarom niet verder ingegaan op zoute kwel.

6.3 Effecten op kwelder De Volharding

De Volharding is een kwelder ten zuidoosten van Polder Wassenaar in beheer van Natuurmonumenten. Er worden geen effecten verwacht van het toelaten van getij in Polder Wassenaar op deze kwelder. Doordat een kweldergeultje zal ontwikkelen zal de getijdestroom op de voorliggende wadplaat iets wijzigen. Echter, dit effect valt ruim binnen de reeds aanwezige dynamiek op deze wadplaat.

6.4 Effecten op bestortingen Robbengat

Door het toelaten van getij in Polder Wassenaar zal water door een wadgeultje in- en uit stromen. De stroomsnelheden nabij de bestortingen in het Robbengat die ontstaan als gevolg van de aanleg van een waterinlaat zijn dusdanig laag vergeleken met de stroomsnelheden in het Robbengat, dat er geen effecten te verwachten zijn op de bestortingen in het Robbengat.

6.5 Veiligheid waterkering

6.5.1 VOORLAND FUNCTIE VAN DE POLDER VOOR WATERVEILIGHEID

In deze paragraaf is nagegaan wat het effect van het toelaten van getij in Polder Wassenaar heeft op de dijkveiligheid.

De waterkeringen in Nederland moeten voldoen aan de eisen die in de Waterwet zijn vastgelegd. Een dijkontwerp moet onder meer voldoen aan een voorgeschreven overschrijdingskans. Voor dijkkring 5, waartoe de Waddenzeedijk behoort, was tijdens het schrijven van de uitgangspuntennota de norm 1 op 4.000 per jaar. Tegenwoordig is deze 1 op 3.000 jaar. De maximale hoogwaterstand bij deze kans of gebeurtenis bedraagt circa 4,70 - 4,80 m boven NAP.

De dijkbeheerders toetsen periodiek de kwaliteit van de primaire waterkeringen. Zo zijn de plekken in de dijken die niet meer voldoen aan de eisen op tijd bekend en zo kunnen vervolgens maatregelen worden getroffen. In 2006, bleek dat de Waddenzeedijk Texel op verschillende onderdelen niet meer aan de norm voldoet: diverse secties zijn 'afgekeurd'.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is beheerder van de waterkering en verantwoordelijk voor de veiligheid van het achterland. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (afgekort HHNK) heeft de Waddenzeedijk aan de oostzijde van het eiland Texel de afgelopen jaren versterkt.

Om te toetsen of het toestaan van getij in Polder Wassenaar effect heeft op de veiligheid van de achterliggende waterkering heeft een gesprek met HHNK plaatsgevonden. Tevens zijn de volgende toetsingsdocumenten verkregen die gebruikt zijn bij de versterking van de Waddenzeedijk Texel:

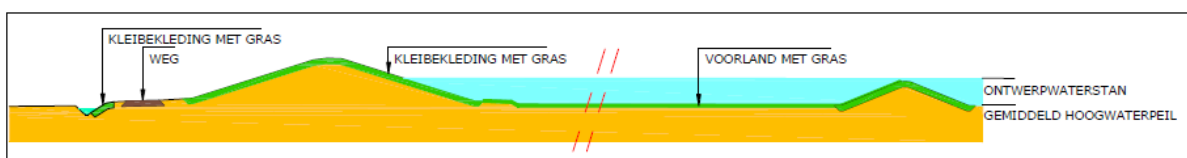
- Versterking Waddenzeedijk Texel; projectplan secties 1-8 & 10.
- Versterking Waddenzeedijk Texel; ontwerpnota sectie 1.
- Versterking Waddenzeedijk Texel; VTV toets bij oplevering sectie 1.
- Versterking Waddenzeedijk Texel; Nota van Uitgangspunten DO Sectie 1, 3, 4 en 6.
- Hydraulische randvoorwaarden, 2016.

De primaire waterkering ter plaatse van Polder Wassenaar is circa 1.000 m lang en is aan de westkant van de polder gelegen (zie Figuur 6.1). In de toetsingsdocumenten is deze sectie als sectie 1 aangeduid.



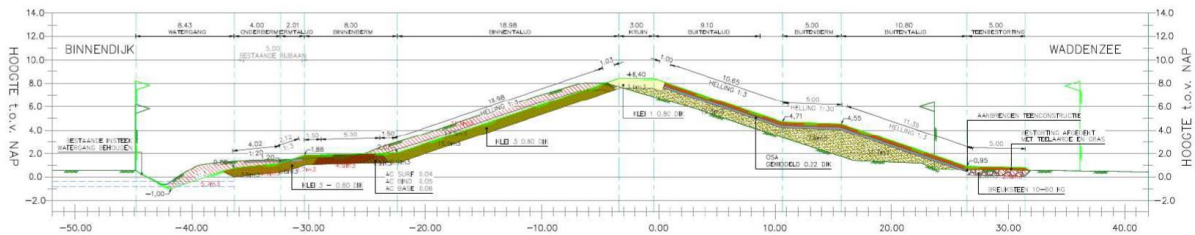
Figuur 6.1 Situatie sectie 1.

Sectie 1 bestaat uit een Inlaagdijk en een voorlanddijk. Polder Wassenaar ligt buitendijks ten opzichte van de Inlaagdijk. De oude dijk om Polder Wassenaar is de voorlanddijk. De voorlanddijk heeft geen waterkerende functie meer voor het binnendijkse gebied, zie Figuur 6.2.



Figuur 6.2 Situatieschets van de situatie bij sectie 1

Figuur 6.2 laat zien dat de ontwerpwaterstanden voor de Inlaagdijk (de primaire waterkering) zijn bepaald aan de buitenzijde van de voorlanddijk. Dat wil zeggen dat de effecten van de voorlanddijk op maatgevende hydraulische belastingen (bijvoorbeeld golven) niet zijn meegenomen in de toetsing. Aanpassingen aan de voorlandkering zorgen veelal daarom niet voor wijzigingen in de dijkveiligheid van de primaire waterkering. In Figuur 6.3 is het ontwerp van de primaire waterkering nabij Polder Wassenaar weergegeven.



Figuur 6.3: Ontwerp primaire waterkering van sectie 1 (Nota van uitgangspunten).

Bij de versterking van de primaire kering zijn de volgende aspecten aangepast:

- Aanbrengen van een onderberm aan de teensloot t.b.v. onderhoud en stabiliteit binnenberm
- Buitenwaartse verschuiving van de kruin.
- Aanbrengen van klei en gras aan binnenzijde en deels aan buitenzijde.
- Aanbrengen van een harde bekleding en teenbestorting aan buitenzijde (overlaagd met gras).
- Verhoging van de kruin waar nodig.

In Tabel 6.1 zijn de belangrijkste hydraulische randvoorwaarden weergegeven. Uit de tabel is zichtbaar dat uit wordt gegaan van getij aan de buitenzijde van de dijk en dat de waterstanden en golfcondities relatief hoog zijn; er zou nooit een golfhoogte van 1,41 m kunnen ontstaan voor de primaire waterkering bij aanwezigheid van de voorlandkering. In de eisen is dus inderdaad, gelijk aan Figuur 6.2, er vanuit gegaan dat de voorlandkering niet aanwezig is.

Parameter	Waarde
Rekenwaarde waterstand	NAP + 4,59 m
Waterstand 1/10 p/j	NAP +3,27 m
Gemiddeld hoog water (GHW)	NAP + 0,63 m
Gemiddelde waterstand	NAP + 0,03 m
Gemiddeld laag water (GLW)	NAP -0,78 m
Zeespiegelstijging / bodemdaling	0,4 m in 50 jaar
Significante golfhoogte (Hs)	1,41 m
Golfperiode (Tm-1,0)	3,52 sec
Golfinvalhoek	52 graden

Tabel 6.1: Hydraulische randvoorwaarden voor dijksectie 1.

Het (beperkt) wijzigen van de voorlandkering (er wordt een inlaatwerk in aangebracht) heeft dus geen direct effect op de toetsing van de achterliggende primaire waterkering. Er is in de toetsing immers reeds vanuit gegaan dat er getij en golven in de polder aanwezig waren.

Wel is het zo dat in de polder zelf geen getijdegeulen moeten gaan ontstaan die de bodemligging van de polder dicht bij de primaire waterkering wezenlijk gaan beïnvloeden. Die zouden immers de dijk deels kunnen ondermijnen en voor toename van piping (zandmeevoerende kwel) kunnen zorgen of de stabiliteit van de dijk negatief kunnen beïnvloeden.

Om die reden is in het ontwerp van de krekken in de polder ruim afstand gehouden tot de primaire waterkering. Ook volgt uit de modelsimulaties dat de stroomsnelheden in de krekken zeer beperkt zijn (< 0,3 m/s) en daarmee niet voor erosie kunnen zorgen.

6.5.2 PEILBESLUITPLICHT

Er geldt geen peilbesluitplicht voor Polder Wassenaar (bron HHNK). Uitgangspunten van HHNK ten aanzien van het peilbesluit is, dat daar waar HHNK het water kan beïnvloeden door aan en afvoer daar stelt HHNK een peilbesluit vast

en daar waar HHNK het water niet kan aanvoeren HHNK geen peilbesluitplicht vaststelt. En daar hoeft dus geen wijziging van peilbesluit voor aangevraagd te worden. In het geval van Polder Wassenaar is de primaire dijk de kritische factor en zolang die voldoet aan de veiligheidseisen is het gebied peilbesluit vrij.

In geval van de plannen van Polder Wassenaar mogen de waterlopen worden gedempt en nieuwe waterlopen gemaakt.

6.5.3 VERGUNNINGEN

Omdat het plan is gelegen in het gebied van de legger Waterkeringen (voorland, voorlandkering en primaire waterkering) geldt een verbod uit de keur voor uitvoeren van werkzaamheden en werken. Een ontheffing van dit keurverbod is mogelijk. Het gaat hierbij dan om een vergunning vanuit de waterwet, de Watervergunning.

Bij het aanvragen van de Watervergunning, om de watertoevoer te kunnen veranderen conform de plannen in de Natuurschets moet er een Watervergunning aanvraag worden gedaan voor de waterkering.

Aan de buitenkant van de voorlandkering is een gedeelte waarvoor er bij HHNK en RWS bij aanpassingen in het gebied een vergunning aangevraagd moet worden. In principe zal RWS in dat geval de vergunning trekken en heeft HHNK een adviserende rol, maar dit kan ook in overleg anders worden afgesproken waarbij HHNK dan het mandaat krijgt van RWS. RWS en HHNK regelen dit onderling.

7 Definitief voorontwerp

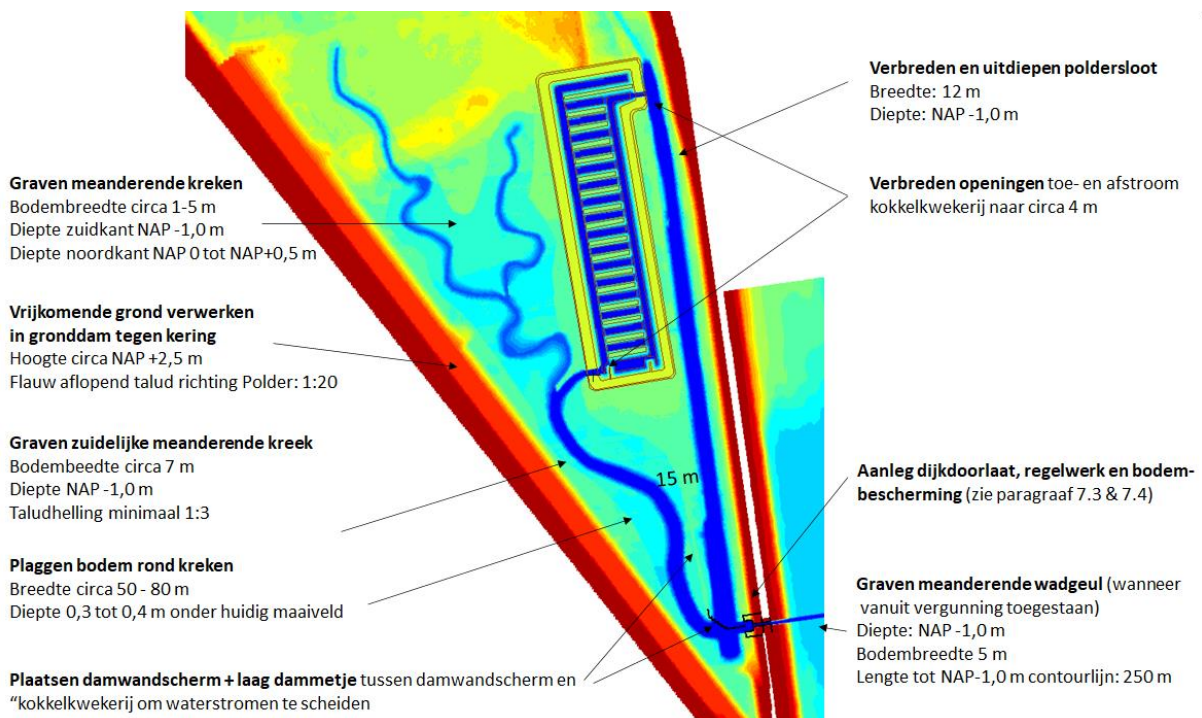
7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van het definitief voorontwerp.

7.2 Layout

De definitieve layout is vrijwel gelijk aan de layout als gepresenteerd in Figuur 4.8. Belangrijkste ontwerpparameters zijn weergegeven in Figuur 7.1:

- | | |
|--|---------------------------|
| - Ontgraven grond (kreek + sloot + plaggen) | ca. 17.800 m ³ |
| - Verwerken in bestaande sloten | ca. 2.000 m ³ |
| - Verwerken in grondrug tegen primaire waterkering (of verwerken elders) | ca. 15.800 m ³ |



Figuur 7.1: definitief voorontwerp

Zie Hoofdstuk 4 voor meer details aangaande het ontwerp.

De geul over de wadplaat kan het beste gegraven worden om snel in de toestroom van water naar de polder te kunnen voorzien. Graven in een wadplaat in de Waddenzee kan echter gevoelig liggen. Als alternatief kan er ook voor gekozen worden de geul zichzelf te laten ontstaan. Wel zal het een flink aantal weken duren voordat de geul zijn evenwichtsvorm dan heeft gekregen en voldoende diepte heeft om voldoende water de polder in- en uit te laten stromen. Om in deze beginfase niet teveel zand vanuit de geul de polder in te laten spoelen, wordt geadviseerd in de eerste weken een aangepast openingsschema van de kleppen toe te passen. Het best kan het water tijdens opkomend tij heel rustig door bijvoorbeeld 1 half geopende klep naar binnen stromen, en gedurende een korte periode tijdens laag water met alle kleppen open weer naar buiten. Op die manier is de hoofdtransportrichting naar de Waddenzee gericht en zal de mate van aanzanding in de polder beperkt blijven.

Voorwaarde van dit zelf kunnen ontstaan van de geul is dat het sediment vrij zandig is. Wanneer het sediment slibrijk is zijn veel hogere stroomsnelheden nodig om dit weg te spoelen. We vragen SSZ een bodemonmonster van de wadplaat (ter plaatse van de toekomstige geul) naar WaterProof op te sturen om deze op sterkte te kunnen analyseren.

7.3 Basisidee regelwerk

In deze paragraaf is het ontwerp voor het regelwerk verder uitgewerkt. Het basisidee voor het regelwerk is in Figuur 4.5 weergegeven. Dit idee is vervolgens door ingenieurs van Sveco geoptimaliseerd. Uitgangspunten daarbij zijn:

- Duiker door voorlanddijk met breedte van 2,0 m en bodemniveau op NAP -1,0 m;
- Verdeelput met schuiven aan binnenzijde voorlanddijk
- Zoveel mogelijk bewegende onderdelen boven water
- De schuiven dienen op afstand bedienbaar en programmeerbaar te zijn
- Eénrichtingsschuiven moeten het debiet ook kunnen doorlaten.

Dimensioneringskengetallen (bron concept inrichting Polder Wassenaar tbv Definitief Voorontwerp” 19 november 2021, WaterProof en aanvullend in mail):

- Inschatting bodemligging sloot NAP -0,5 m.
- Kruin voorland kering NAP +4,5 m.
- Sluiting klep / schuif in voorlandkering bij binnenwater NAP +0,65m.
- Stremmen terugstroom naar buitenwater in voorlandkering bij binnenwater NAP +0,00 m.
- Breedte inlaat maximaal 2 m.
- Stroomprofiel tussen niveau NAP -1,0 en +0,65 m.
- Nat oppervlak van opening in voorlandkering van $2 * 1,65 \text{ m}^2 = 3,3 \text{ m}^2$.

Andere relevante uitgangspunten:

- Automatische regeling van de inlaat in de voorlandkering.
- Lange levensduur inlaatwerk nodig, robuust systeem.
- Gehele inlaatsysteem kan onder zout water komen te staan maximale buiten waterstanden eens per 10 jaar NAP +2,71 m.
- Door golfoverslag zal de polder dan ook onder water kunnen staan.
- Functioneren van kerende mechanische middelen robuust en zo min mogelijk kwetsbaar voor zand en slib.
- Sluiten / openen van keermiddel mogelijk bij hoge stroomsnelheden (ca. 2 m/s).
- Landschappelijk inpasbaar (hier is geen aandacht aan besteed).

Schuiven of stuwkleppen

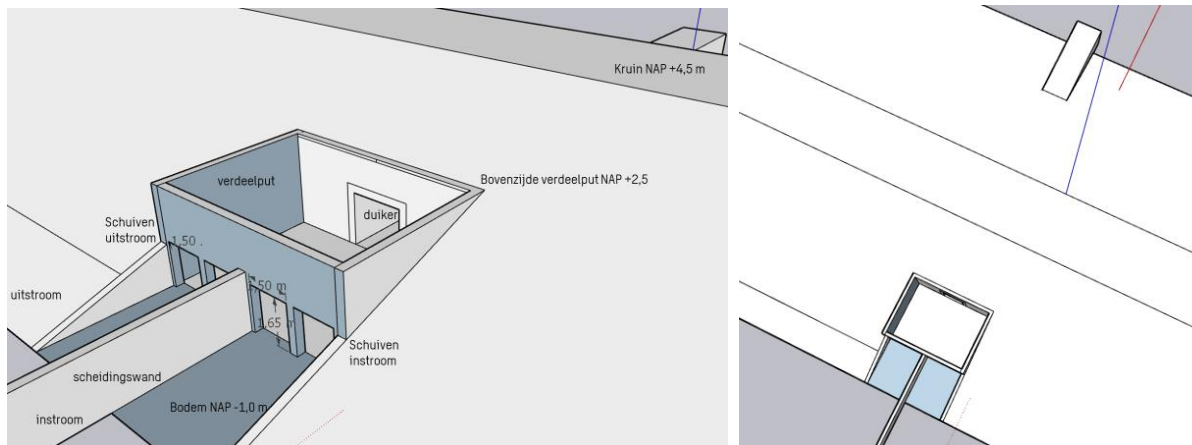
Schuiven hebben de voorkeur boven stuwkleppen omdat bij stuwkleppen het draaimechanisme onder water zit. Dit is kwetsbaar voor zand en slib. Bij schuiven zal door de hoge stroomsnelheden het zand wegspoelen, zodat de schuiven voldoende goed op de bodem kunnen aansluiten.

De schuiven worden van bovenaf geregeld. Bewegende onderdelen zitten (normaalgesproken) grotendeels boven water. Alleen bij extreme stormen staat alles onder water. Dan staan ook de bewegende onderdelen en de automatiseringssystemen onder water. Deze moeten dus wel bestand zijn tegen hoog water.

De schuiven moeten wel bij hoge stroomsnelheden (2 m/s) dichtgezet kunnen worden. Op basis van de uitgangspunten wordt uitgegaan van een duiker met schuiven als afsluitmiddel. Schuiven zijn minder kwetsbaar voor zand en slib en kunnen onder extreme omstandigheden nog gesloten en geopend worden.

Schets inlaatwerk 1

In figuur 2 is het inlaatwerk geschetst. Het bestaat uit een duiker van $2 * 2 \text{ m}^2$ en een verdeelput van ca. $6 * 8 \text{ m}^2$. De putbodem ligt op ca. NAP -1,0 m en de puthoogte reikt tot NAP +2,5 m. In de zijwand aan de polder zijde (ca. 8 m breed) komen 4 schuiven (elk 1,5 m breed). De uitstroombak is gescheiden door een wand zodat het water gescheiden kan af- en aanstromen.



Figuur 7.2 Schets inlaatwerk optie 1.

Als het water opkomt staan de schuiven in de instroomsloot open. De andere schuiven staan dan dicht. Bij afgaand tij staan juist de schuiven in de uitstroomsloot open en dan staan de andere schuiven dicht. De schuiven worden geregeld door een binnendijkse en buitendijkse waterstandsmeting.

In dit ontwerp is ervoor gekozen om de functionaliteit van water keren en water sturen in één verdeelwerk te integreren. Als alle schuiven dicht staan functioneert het verdeelwerk als een waterkerende constructie. Verondersteld is dat in de voorlandkering geen dubbele schuiven nodig zijn vanwege veiligheid. De veiligheid wordt immers geborgd door de achterliggende primaire kering.

De verdeelput moet voldoende afstand creëren tussen de duiker en de schuiven (in de schets 5,4 m) om ervoor te zorgen dat de waterstroom goed door kan stromen. De verdeelput moet niet teveel weerstand geven. De doorstroming kan eventueel nog iets verbeterd worden door stroomgeleidingswanden te maken.

De bovenzijde van het verdeelwerk ligt op de waterstand in de Waddenzee die nog juist geen grote overslag geeft over de voorlandkering. Vooral nog is uitgegaan van NAP +2,5 m. Bij hogere waterstanden / golfoploop zal de polder vollopen door overslag over de dijk en doordat de verdeelput gaat overlopen. Eventueel kan de verdeelput een deksel krijgen met geknevelde putdeksels. Bij een open verdeelput dient er aandacht besteed te worden aan de veiligheid voor passanten (bijv. plaatsen hek).

Omdat er extreem hoge waterstanden kunnen optreden moeten kwetsbare sturingskasten met elektronica binnen de primaire kering worden geplaatst of op voldoende hoogte zodat ze bij hoog water niet overstromen.

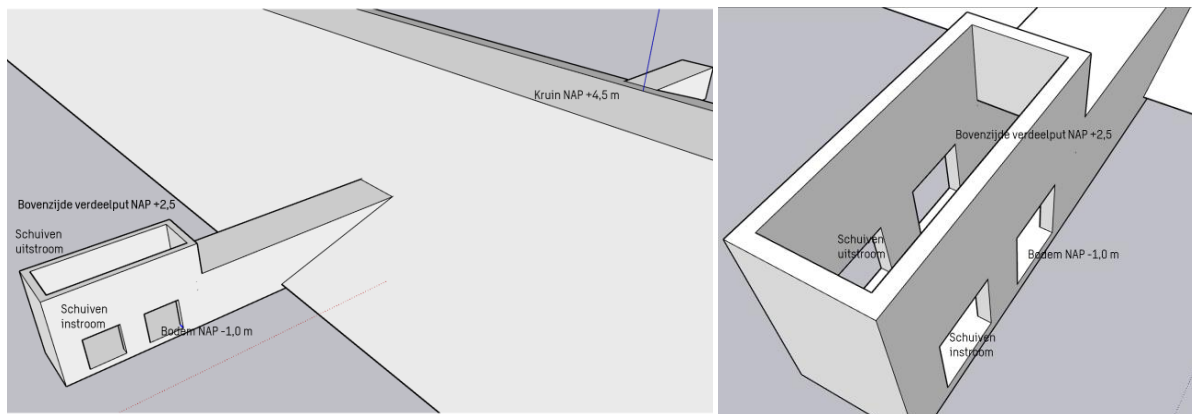
Dit inlaatwerk heeft als nadeel dat er een grote aparte verdeelput gemaakt moet worden. Dat is relatief duur. Beter kan zoveel mogelijk aangesloten worden bij standaard duikermaten. Daar is bij inlaatwerk optie 2 vanuit gegaan.

Schets inlaatwerk 2

In figuur 3 is het inlaatwerk geschetst. Het bestaat uit een duiker van $2 * 2 \text{ m}^2$ waarop aan het eind een verdeelput is gemaakt. De putbodem ligt op ca. NAP -1,0 m en de puthoogte reikt tot NAP +2,5 m. In de zijwanden van de duiker

komen 4 schuiven (elk 1,5 m breed). De aansluitende watergangen moeten gescheiden zijn, zodat het water gescheiden kan af- en aanstromen.

Voordeel van deze constructie is dat deze kostentechnisch voordeliger is. Wel wordt verwacht dat deze meer hydraulische weerstand heeft dan inlaatwerk 1.



Figuur 7.3 Schets inlaatwerk optie 2.

Raming van inlaatwerk

Bij de verdere uitwerking zijn er nog beperkte optimalisatie mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld een minder hoge put, het duikerdek doortrekken als dek van het deel met de schuiven. Verder is de inpassing in het landschap een aandachtspunt. Wellicht is een combinatie van put en uitzichtpunt mogelijk.

In dit stadium is gekeken naar een oplossing die aan de gevraagde functionaliteiten voldoet en die goed maakbaar is tegen normale kosten voor dergelijke werken. Nadere kosten zijn opgenomen onder Hoofdstuk 8.

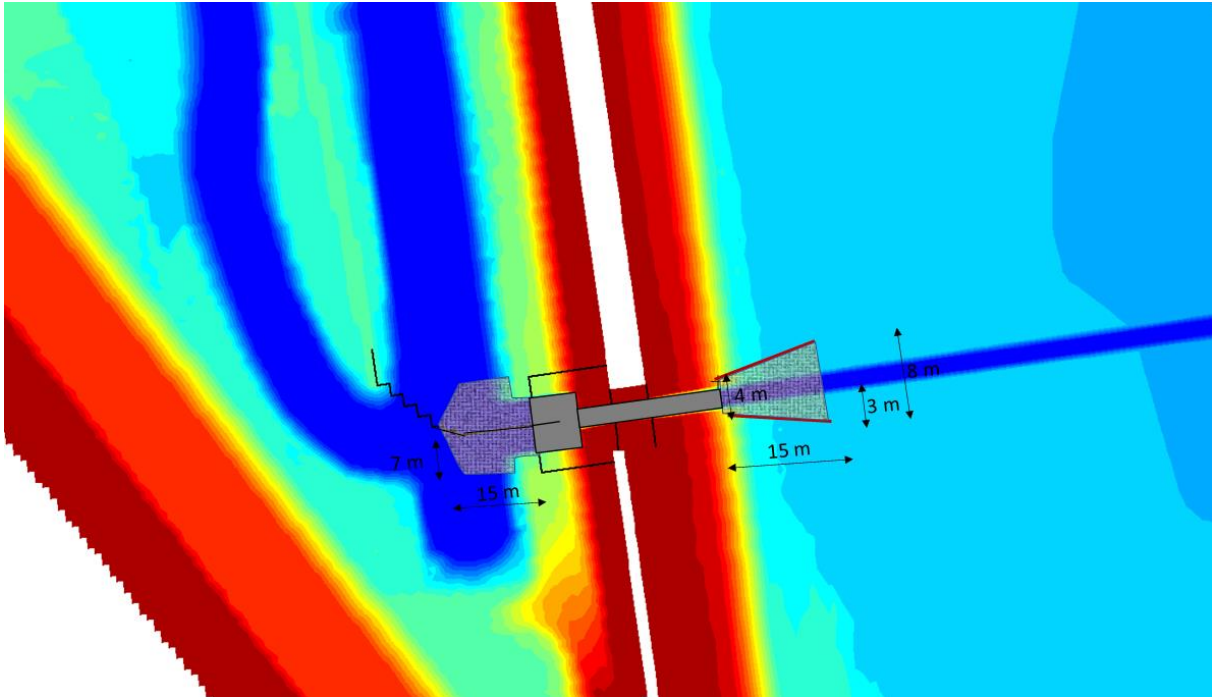
7.4 Stortsteen bescherming nabij regelwerk

Uit de hydrodynamische berekeningen volgt dat de stroomsnelheden nabij het regelwerk circa 2,0 m/s bedragen bij waterdieptes van circa 0,5 tot 1,0 m. Door deze stroming zal er, wanneer er geen bodembescherming wordt toegepast voor- en achter het regelwerk een ontgrondingskuil gaan ontstaan.

Aan de buitenkant van het regelwerk komen naast stroming, tijdens hogere waterstanden ook golven voor. Door deze combinatie van stroming en golven zijn de bodemschuifspanningen nog groter dan aan de binnenzijde van het regelwerk.

Uit eerste verkennende berekeningen (Rock Manual) volgt dat de steendiameter (Dn50) aan de binnenzijde circa 0,1 tot 0,15 m dient te zijn, aan de buitenzijde circa 0,3 m. Aanbevolen wordt om de bodem over een afstand van minimaal 5-10 m te beschermen met blokkenmatten. Daarnaast dienen aan de buitenzijde van de voorlandkering 2 strekdammetje te worden aangelegd om de wateruitstroom te geleiden en om te voorkomen dat zand vanaf de zandplaat direct het regelwerk in getransporteerd kan worden. Deze strekdammen dienen bij voorkeur iets boven de huidige zandplaat uit te steken; NAP +0,5 m, een lengte te hebben van circa 10-15 m en gaande vanaf het regelwerk naar de Waddenzee toe uiteen te lopen om de stroming te geleiden. Een standaard stortsteen sortering van 40-200 kg zal waarschijnlijk voldoen maar de strekdammetjes kunnen ook uitgevoerd worden middels aaneengesloten houten palenrijen. Aansluiting op de bestaande dijk is dan wel een aandachtspunt, er is dan een overgangsconstructie nodig.

Sorteringen en ontwerp bodembescherming dient bij definitief vaststellen ontwerp nader uitgewerkt / gecontroleerd te worden.



Figuur 7.4 Schets locatie strekdammetjes en bodembescherming.

8 Kosten

In september 2020 is er een SSK raming gemaakt van het inlaatwerk door de voorland kering (358516 SSK-raming Polder Wassenaar Texel C03). Deze sloot op ca.€ 700.000,- , inclusief toeslagen en voorstudies (zie Bijlage 1).

In de onderliggende studie zijn er enkele aanpassingen gedaan aan deze raming, voornamelijk de hoeveelheden zijn aangepast aan het definitief voorontwerp.

Enkele veranderingen zijn:

- Inlaatduiker van 2 * 2 m²;
- Langere inlaatduiker voor plaatsen schuiven aan polderzijde.
- Meenemen van 2 * 2 schuiven (elk 1,5 m breed en 1,5 m hoog) i.p.v. 2 klepstuwen.
- Geen aparte eb- en vloeddeuren.
- Grondwerk aangepast aan laatste ontwerp.
- Strekdammen en bodembescherming in meer detail opgenomen.

Deze raming sluit op ca. € 886.000,- inclusief eenmalige kosten, toeslagen en voorstudies, exclusief BTW.

Nauwkeurigheid van de raming is circa +/- 30%.

COLOFON

Programma naar een Rijke Waddenzee

Rijkskantoor Middelzeehuys
Zuidersingel 3 8911 AV Leeuwarden

Huis voor de Wadden
Ruiterskwartier 121A 8911 BS Leeuwarden

Postbus 20401, 2500 EK Den Haag

088 - 797 44 00
secretariaatprw@minezk.nl
www.rijkwaddenzee.nl
🐦 RijkeWaddenzee

Auteurs:
Luitze Perk (WaterProof B.V.)
Koen van der Laan (WaterProof B.V.)

maart 2022



PROGRAMMA **NAAR EEN
RIJKE WADDENZEE**

WWW.RIJKEWADDENZEE.NL

 [@RIJKEWADDENZEE](https://twitter.com/RIJKEWADDENZEE)

