

ONTWERPNOTA VOOR MOERAS, BESCHUTTE OEVERZONE, COMPARTIMENT DUN SLIB EN TIJDELIJKE ONTVANGSTVOORZIENING

Eerste Fase Marker Wadden



COLOFON

Revisie nummer	1
Revisie Beschrijving	Definitief
Auteur	
Contract nummer	52812492
Document nummer	H13084-04-R01-1-VFRI

DOCUMENT CONTROLE

Revisie controle
Revisie nummer
Status
Datum
Opgesteld door + paraaf
Review door + paraaf
Review niveau

Od - Commentaar [redacted] verwerkt

1

Definitief

1 april 2016

[redacted]
Hoofdpijnen, structuur, uitgangspunten, conclusies

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING ONTWERP	8
1. INLEIDING	10
1.1. Project en scope	10
1.2. Doel van het document	10
1.3. Leeswijzer	10
2. GERELATEERDE DOCUMENTEN	12
3. OBJECTSPECIFICATIE	13
3.1. Algemeen	13
3.2. Eisen Objecten	14
3.2.1. Eisen moeras	14
3.2.2. Eisen beschut plas-dras	15
3.2.3. Eisen beschut ondiep water	15
3.2.4. Eisen beschutte oeverzone	16
3.2.5. Eisen tijdelijke ontvangstvoorziening	16
3.2.6. Eisen compartiment dun slib	16
4. UITGANGSPUNTEN	17
4.1. Ontwerpuitgangspunten	17
4.2. Grondgesteldheid	17
4.3. Omgeving	17
5. THEORIE CONSOLIDATIE GEDRAG	19
5.1. Eigen gewicht consolidatie van het vulmateriaal	20
5.2. Zetting van de ondergrond	21
6. REALISATIE PRINCIPE	22
6.1. Eerste stap uitvoering	22
6.2. Materiaal winning en transport	22
6.3. Vulling	22
6.5. Risicovolle raakvlakken	24
6.6. Veiligheid	24
7. ONTWERP MOERAS	25
7.1. Ontwerpoplossing Moeras	25
7.2. Ontwerpoplossing beschut plas dras	26

7.3.	Ontwerpoplossing beschut ondiep water	28
7.4.	Raakvlakken Moeras	30
7.5.	Aanvullende uitvoeringseisen Moeras	30
7.6.	Risico's Moeras	30
<hr/>		
8.	ONTWERPOPLOSSING BESCHUTTE OEVERZONE	31
8.1.	Beschrijving ontwerpoplossing beschutte oeverzone	31
8.2.	Raakvlakken beschutte oeverzone	32
8.3.	Aanvullende uitvoeringseisen en toleranties	32
8.4.	Risico's beschutte oeverzone	32
<hr/>		
9.	ONTWERPOPLOSSING TIJDELIJKE ONTVANGSTVOORZIENING	33
9.1.	Beschrijving ontwerpoplossing tijdelijke ontvangstvoorziening	33
9.2.	Raakvlakken tijdelijke ontvangstvoorziening	34
9.3.	Uitvoeringseisen en toleranties	34
9.4.	Risico's tijdelijke ontvangstvoorziening	34
<hr/>		
10.	ONTWERPOPLOSSING COMPARTIMENT DUN SLIB	35
10.1.	Beschrijving ontwerpoplossing compartiment dun slib	35
10.2.	Raakvlakken compartiment dun slib	35
10.3.	Aanvullende Uitvoeringseisen en toleranties compartiment dun slib	36
10.4.	Risico's compartiment dun slib	36
<hr/>		
11.	ZETTING EN CONSOLIDATIE VULLING	37
11.1.	Zettingen van ondergrond door aanbrengen van vulling	37
11.2.	Consolidatie van vulling	38
11.3.	Prognose opleverhoogten en vulslagen	40
<hr/>		
12.	COMPARTIMENTERINGS DAMMEN	42
12.1.	Achtergrond	42
12.2.	Uitgangspunten compartimenten	43
12.3.	Zetting en hoogtes bij compartimenteringsdammen	44
12.4.	Stabiliteit compartimenteringsdammen	45
12.5.	Aanvullende Uitvoeringseisen compartimenteringsdammen	45
12.6.	Risico's compartimenteringsdammen	45
<hr/>		
13.	ADAPTIEVE WERKWIJZE	46
13.1.	Principe Adaptieve werkwijze	46
13.2.	Aanscherpen van de prognose	47
13.2.1.	Containerproven	47
13.2.2.	Test compartiment	48
13.2.3.	Aanleg overige compartimenten Marker Wadden	48
13.3.	Activiteiten en taakverdeling	48
13.3.1.	Monitoring	49

13.3.2.	Evaluatie	50
13.3.3.	Adaptatie	50
13.4.	Tijdschema	50

BIJLAGE 1. ANALYSE GOLFCONDITIONS BESCHUTTE OEVERZONE

SAMENVATTING ONTWERP

In opdracht van Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat realiseert Boskalis Nederland de Modules A en B van het Natuurarchipel Eerste Fase Marker Wadden. Het ontwerp richt zich op Modules A, B en C. Hieronder wordt een beknopte samenvatting gegeven van de ontwerponderdelen waarop voorliggende nota van toepassing is.



Figuur 1: Overzicht Ontwerp eerste fase Marker Wadden met ontwerp onderdelen landaanwinning, gebaseerd op overzichtstekening DO Ruimtelijke Kwaliteit.

Moeras

Het moeras is bestaat uit :

- plas dras gebied als habitat voor vegetatie (voornamelijk riet) en vogels. Beschut plas dras heeft een ontwerpniveau tussen NAP+0,0m en NAP-0,4m en minstens de helft van dit gebied dient boven NAP-0,2m te liggen.
- beschut ondiep water als habitat voor vissen en waterplanten. Beschut ondiep water heeft een ontwerpniveau tussen NAP-0,4m en NAP-2m en minstens de helft van dit gebied dient boven NAP-1,0m te liggen.

Door het moeras lopen wandel- en beheerpaden met een ontwerphoogte van NAP+1m en NAP+0,5m.

Beschutte oeverzone

De beschutte oeverzone heeft een ontwerphoogte tussen NAP-0,0m en NAP-2,0m. In de beschutte oeverzone wordt een volume holocene materiaal aangebracht als buffer.

Tijdelijke ontvangstvoorziening

De tijdelijke ontvangstvoorziening wordt ten oosten van module A en B aangelegd. Binnen dit gebied kan een grondvolume van 1 miljoen m³ van derden worden geborgen tussen de bodem van het Markermeer en een hoogte van NAP-2,0m.

Compartiment dun slib

Het compartiment dun slib bevindt zich achter de harde rand en grenst aan het moeras. Het compartiment is bestemd om met slib uit de slibvanggeul te worden gevuld en te onderzoeken hoe dit materiaal geschikt kan worden gemaakt als bouw materiaal voor eilandwinning. Het compartiment heeft een grootte van 10 hectare, waarbinnen een kleiner compartiment van 2 hectare valt.

Compartimentering en vulling

De eilanden worden opgespoten binnen compartimenteringsdammen die bestaan uit zand. Voor de vulling wordt slappe holocene klei gebruikt. De klei zal na verloop van tijd consolideren onder eigen gewicht. Er zijn modelberekeningen uitgevoerd om een prognose te geven voor de benodigde vulslagen en de hoogteontwikkeling.

Adaptieve werkwijze

Gedurende de uitvoering wordt een adaptieve werkwijze toegepast om te borgen dat de beoogde hoogtes gerealiseerd worden. Tijdens de realisatie wordt de vulling gemonitord, worden de resultaten geëvalueerd en worden op basis van voortschrijdend inzicht beslissingen genomen over de volgende vulslagen en beheersmaatregelen.

1. INLEIDING

1.1. Project en scope

Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat beogen in het Markermeer een archipel van natuureilanden te realiseren. Met de Eerste fase Marker Wadden wordt bedoeld op de aanleg van natuureilanden in 4 modules, genaamd A, B, C en D. Tot heden zijn middelen beschikbaar om modules A en B aan te leggen.

In September 2015 hebben Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat opdracht verleend aan Boskalis Nederland tot de realisatie van modules A en B met als doel om een belangrijke bijdrage te leveren aan herstel en ontwikkeling van het ecosysteem van het Markermeer. Het voornemen is om dit te doen door een combinatie van maatregelen gericht op vermindering van de slibproblematiek van het Markermeer, het vergroten van de biodiversiteit door het ontwikkelen van moeras en overgangszones tussen water en land, waarin een vogelparadijs kan ontstaan. Modules A en B worden toegankelijk gemaakt voor recreatie door middel van een buitenhaven. Er wordt onder andere voorzien in zandstranden, wandelpaden, een uitkijktoren, vogelkijkhutten en een speelvallei.

In afstemming met Opdrachtgever is het ontwerp ingericht op modules A, B en C. In een latere fase is het mogelijk dat ook module D wordt toegevoegd aan de scope.

1.2. Doel van het document

Het voor u liggende document heeft de volgende doelen:

- het onderbouwen en beschrijven van de ontwerpoplossing met betrekking tot het aanbrengen van zand en klei voor de aanleg van de eilanden
- het beschrijven van de uitvoeringsmethode
- het aantonen dat het ontwerp aan de gestelde eisen voldoet
- het beschrijven van het proces om te borgen dat het beoogde resultaat wordt behaald

De objecten waarop dit document betrekking heeft zijn:

- het moeras (beschut plas dras en beschut ondiep water)
- de beschutte oeverzone
- de tijdelijke grondontvangstvoorziening
- het compartiment dun slib.

In dit rapport is de essentie uit afstemmingsoverleggen met de klant en landschapsarchitecten van eind 2015 betreffende ontwerpvoorwaarden verwerkt. Belangrijk om op te merken is dat dit rapport gebaseerd is op informatie over het gedrag van het vulmateriaal na aanbrengen zoals hoofdzakelijk gedurende de tender in 2015 is verzameld.

1.3. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de gerelateerde documenten, die in samenhang staan met dit voorliggende rapport. In het hierop volgende Hoofdstuk 3 worden de objecten en bijbehorende eisen uit de vraagspecificatie en EMVI documenten behandeld om het overzicht te geven welke randvoorwaarden gelden. Algemene uitgangspunten zijn in Hoofdstuk 4 opgenomen. In Hoofdstuk 5 wordt de theorie van het consolidatie- en zettingsgedrag beschreven. Dit is de basis voor de keuze van de uitvoeringsprincipes, die in Hoofdstuk 6 beschreven worden. In Hoofdstuk 7 wordt een toelichting gegeven op het ontwerp van het moeras. De Hoofdstukken 8, 9 en 10 beschrijven de ontwerpen van de beschutte oeverzone, tijdelijke ontvangstvoorziening en het compartiment dun slib. Een doorkijk naar het vulproces in relatie tot de eigen gewicht consolidatie en de zettingen van de ondergrond wordt in

Hoofdstuk 11 gegeven. Om de moeraseilanden en ondiepe waterpartijen vorm te kunnen geven is het nodig om met compartimenteringsdammen te werken. Deze worden in Hoofdstuk 12 behandeld. De realisatie van de ontwerp oplossingen wordt geborgd door te werken met een adaptieve werkwijze. Dit proces wordt beschreven in Hoofdstuk 13.

2. GERELATEERDE DOCUMENTEN

De voorliggende rapportage maakt integraal onderdeel uit van een set rapporten ten behoeve van de technische onderbouwing van het object Eerste fase Marker Wadden. Een overzicht van de meest relevante documenten voor voorliggende ontwerpnota is gegeven in Tabel 1.

Titel	Documentnummer
Tekening Definitief ontwerp landschappelijke kwaliteit	1523-MAR-001, 18-01-2016
Tekening Definitief ontwerp landschappelijke kwaliteit Profielen	1523-MAR-007, 18-01-2016
Tekening Marker Wadden, Zanddammen en Habitattypes	52812492-TEK-UO-0011, v1.0
Tekening Marker Wadden, Onderdeel Beschutte Oeverzone en Ontvangstgebied, Bovenaanzicht	52812492-TEK-UO-0017, v1.0
Tekening Marker Wadden, Oppervlaktes habitattypen	52812492-TEK-UO-0021, v1.0
Tekening Marker Wadden, Overzicht Harde Rand	52812492-TEK-UO-0004, v1.0
Marker Wadden, Ontwerpbasis Geotechnisch Uitvoeringsontwerp	13084-04-R01-3-PTUR
Marker Wadden, Zettings- en stabiliteitsbeschouwing	13084-04-R02-2-PTUR
Draagkracht Plas-Dras, Marker Wadden	H13084-04-M02-2-PTUR
Consolidatie Marker Wadden	13084-03-M08-aro-0d
Grondonderzoek en laboratoriumanalyses	13084-01-M03-AROE-3
Numerieke simulatie van eigengewicht consolidatie Marker Wadden	13084-01-M02-AROEWJAC-1
Uitvoeringsontwerp Zachte Rand	MW-UO-WP-OW04-1
Uitvoeringsontwerp Harde Rand	MW-UO-WP-OW02-1
Verificatierapport UO Habitat, CDS, tijdelijke ontvangstvoorziening	MW-VER-021
Verificatierapport proceseisen UO Habitat, CDS, ontvangstvoorziening	MW-VER-027
Vraagspecificatie Eisen Eerste Fase Marker Wadden	BA8757-107-101/R005/501063/402505/Nijm
Vraagspecificatie Proces Eerste Fase Marker Wadden	Zaaknummer 31091560 23 juni 2014 en 24 april 2015
Inschrijvingsdocument deel 1	Zaaknummer: 31091560 25 juni 2014
Inschrijvingsdocument deel 2	EMVI 2 Landschappelijke Kwaliteit Vogelparadijs
Inschrijvingsdocument deel 2	EMVI 3 Plan dun slib
Inschrijvingsdocument deel 2	EMVI 4 Risicobeheersplan

Tabel 1: Overzicht relevante documenten

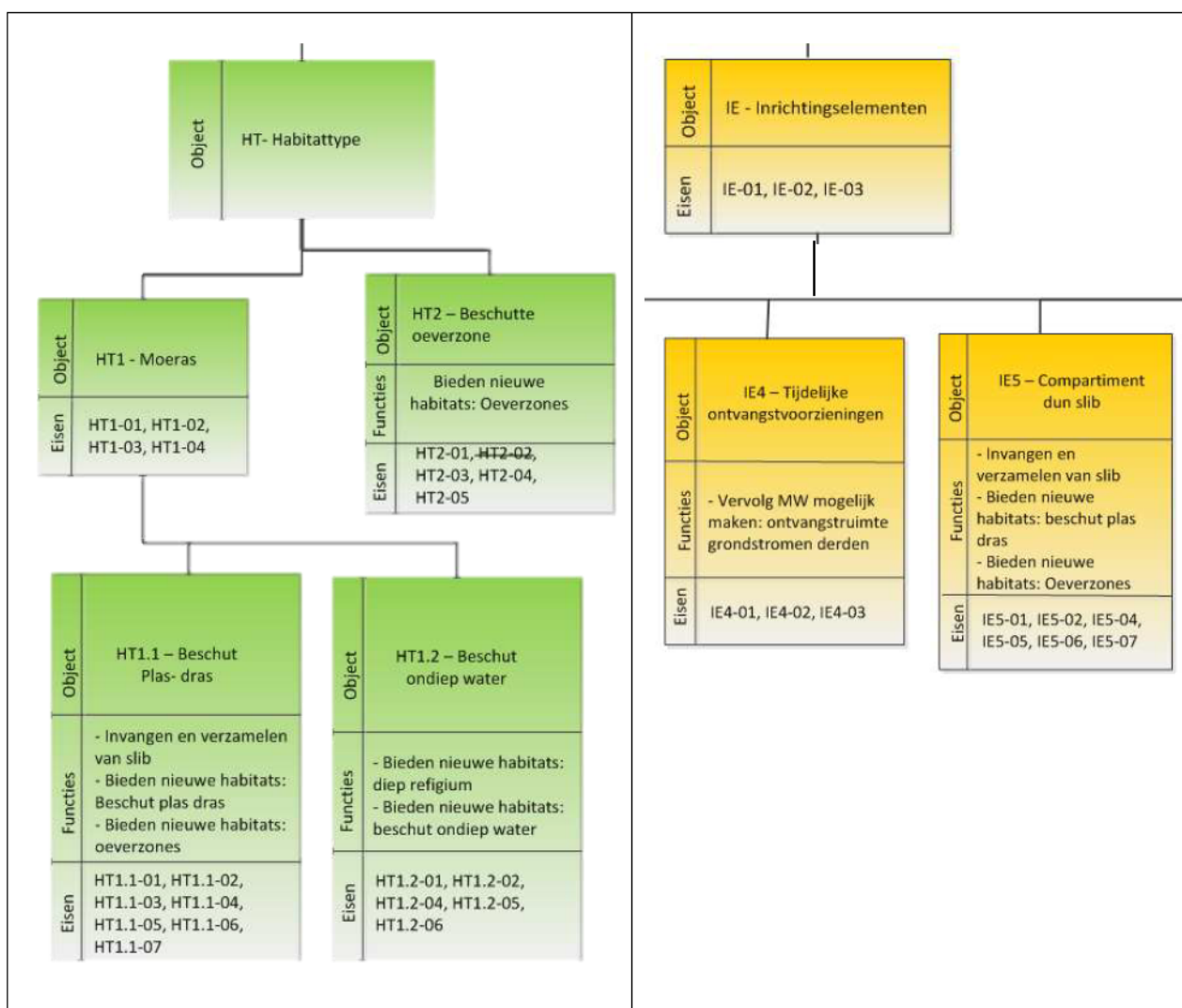
3. OBJECTSPECIFICATIE

3.1. Algemeen

De objecten Habitatype (HT), de Tijdelijke Ontvangstvoorzieningen (IE4) en het Compartiment dun slib (IE5) worden in deze nota behandeld.

Het object habitat is opgedeeld in een aantal deelobjecten. Onder habitat vallen Moeras (HT1) en Beschutte oeverzone (HT2). Het moeras is onderverdeeld in Beschut Plas-dras en Beschut ondiep water.

Onder inrichtingsobjecten zijn 9 deelobjecten gedefinieerd. Deze nota behandelt hiervan de tijdelijke ontvangstvoorzieningen en het compartiment dun slib.



Figuur 2: Objecten van toepassing op voorliggende nota

3.2. Eisen Objecten

In onderstaande paragrafen worden de eisen met betrekking tot Moeras, Compartiment dun slib en de tijdelijke ontvangstvoorziening weergegeven. De eisen betreffen contracteisen uit de Vraagspecificatie Eisen en aanvullende eisen uit de aanbidding en EMVI beloftes. Deze laatste eisen hebben een aangepaste codering (letter 'E' toegevoegd in eis codering).

Code	Eistekst
MW-01	Binnen Module A dient een compartiment maximaal 40 ha groot te zijn.
MW-02	Binnen Module B dient een compartiment maximaal 100 ha groot te zijn.
MW-16	In habitat plas-dras mag erosie, ten gevolge van een storm die eens in de 50 jaar voorkomt (met een duur van 10 uur, met een trapezium verloop van 3-4-3 uur), leiden tot het verloren gaan van maximaal 5 % van het aangelegde oppervlakte plas-dras.
MW-E18	In de beschutte oeverzones brengt ON een buffer van 200.000 m ³ holoceen materiaal zodat het mogelijk is om met klein materieel eenvoudig bij te vullen tot aan 31 december 2020. Mocht de buffer of een deel van de buffer niet door ON worden gebruikt dan wordt deze beschikbaar gesteld aan de Opdrachtgever ten behoeve van in de toekomst uit te voeren onderhoud. Dit volume wordt op basis van het o.b.v. het Inschrijvings- en beoordelingsdocument (p. 38) verschaald. Uitgangspunt ontwerp is A, B, C, hiervoor geldt buffer 140.000m ³ .
MW-E19	ON legt een buffer van 200.000 m ³ holoceen materiaal uitsluitend voor OG aan voor eventueel toekomstig onderhoud. Dit volume wordt op basis van het o.b.v. het Inschrijvings- en beoordelingsdocument (p. 38) verschaald. Uitgangspunt ontwerp is A, B, C, hiervoor geldt buffer 140.000m ³ .

3.2.1. Eisen moeras

Het moeras is onderverdeeld in beschut plas dras en beschut ondiep water. Het Moeras bestaat uit een plas dras omgeving, waarbij de hoogte van de landaanwinning rond de waterlijn ligt en een beschutte oeverzone van relatief ondiep water. Het moeras dient nieuw habitat te bieden voor vegetatie (met name riet en waterplanten), vogels en vissen. Ook worden door de aanleg van een het moeras luwe gebieden aangelegd, waarin slib kan neerslaan.

Code	Eistekst
HT1-01	Minimaal 2/3 van het oppervlakte moeras dient plas-dras te zijn. Toelichting: De vereiste verhouding geldt voor het te realiseren totale aangeboden oppervlakte en niet per compartiment.
HT1-02	Maximaal 1/3 deel van het oppervlakte moeras dient beschut ondiep water te zijn.
HT1-03	De moeras-habitats plas-dras en ondiep water dienen rondom beschut te zijn door een rand. Toelichting: Deze eis beoogt niet een 100% dichte rand te verkrijgen. Enkele lokale openingen zijn toegestaan, mits voldaan wordt aan eisen RA-01, RA-02 en RA-03.
HT1-A-01	Het moeras dient vrij te zijn van secundaire bouwstoffen. (Deze eis betreft een afgeleide eis van MW-03).
HT1-E-02	ON realiseert 156 hectares moeras t.b.v. module A en B. Indien ook opdracht wordt verleend voor module C zal bijkomend 126 ha moeras worden gerealiseerd.
HT1-E-07	Binnen de compartimenten dient het mogelijk te zijn om het verloop van het

	oppervlaktewaterpeil te sturen. Er worden overlaten geplaatst en indien nodig kan een mobiele pomp het peil beïnvloeden.
--	--

3.2.2. Eisen beschut plas-dras

Code	Eistekst
HT1.1-01	Het maaiveld van het plas-dras dient tussen plus en min 20 cm t.o.v. zomerpeil te liggen. Toelichting: Een maaiveld blijvend hoger dan 20 cm boven zomerpeil is niet gewenst omdat anders het risico op ongewenste bosvorming te groot wordt.
HT1.1-02	In maximaal 20% van het oppervlakte plas dras mag (als afwijking op eis HT1.1_01) het maaiveld hoger te liggen dan 20 cm boven zomerpeil. '
HT1.1-03	Minstens 50% van het oppervlakte plas-dras dient boven zomerpeil te liggen.
HT1.1-04	Minimaal 80% van het oppervlakte plas-dras dient een draagkracht van 0,15 kg/cm ² te hebben. (DF2, NvI5, MUT2) . Toelichting: Indien ganzen het oppervlakte kunnen belopen wordt geacht aan de eis te hebben voldaan en zijn verificatie metingen op dat deel niet meer noodzakelijk.
HT1.1-05	In het oppervlakte aan habitat plas-dras dient de bovenste 1,0 m, over een oppervlakte van minimaal 80%, uitsluitend uit slib/klei/veen te bestaan.
HT1.1-E-07	Om de langjarige mogelijkheid te hebben om het peil tijdelijk zo te beheersen dat grootschalig herstel van het rietmoeras kan worden gerealiseerd worden de openingen in de compartimenteringsdammen zodanig gesitueerd en gedimensioneerd dat deze met beperkt grondverzet weer tijdelijk zijn af te sluiten.
HT1.1-E08	Om een vitale rietvegetatie te realiseren worden de volgende maatregelen toegepast: - In mei en juni, als de wilgenzaden zich verspreiden, dient 20-30 cm water op het maaiveld te staan. - In de periode juli - april zorgen we voor een plas-dras situatie. - aanbrengen van rietmaaisel op plas drasbodem
HT1.1-E10	In de aanlegfase wordt voor de plas-dras gebieden gestuurd op een opleverniveau dat op 31 december 2020 aan de bovenkant van de tolerantie ligt. Dit betekent dat tijdens de realisatiefase 0,20 m overhoogte wordt aangebracht in de plas dras gebieden (deze eis is in overleg tussen ON en OG van 9 februari niet van toepassing verklaard)
HT1.1-E11	ON stimuleert de nutriëntenproductie door zoveel mogelijk gebiedseigen nutriëntrijke sedimentlagen in de afwerking van de bovenlaag te gebruiken.

3.2.3. Eisen beschut ondiep water

Code	Eistekst
HT1.2-01	De waterbodem van ondiep water dient tussen 20 cm min zomerpeil en 2 meter min zomerpeil te liggen.
HT1.2-02	Minstens 50% van het oppervlakte ondiep water dient een diepte te hebben van minder dan 1,0 m min zomerpeil.
HT1.2-04	Het systeem dient beschut ondiep water te bieden voor vissen en waterplanten als geschikt ecosysteem.
HT1.2-05	De waterbodem van het beschut ondiep water dient een minimale dichtheid te hebben van 1,2 ton per m ³ .

HT1.2-06	Golfbewegingen in ondiep water dienen de ontwikkeling van bodemleven niet nadelig te beïnvloeden. Toelichting: Verwacht wordt dat met het beperken van de strijklengtes over ondiep water aan deze eis kan worden voldaan.
HT1.2-E-08	In de aanlegfase wordt voor de gebieden ondiep water gestuurd op een opleverniveau dat op 31 december 2020 een overhoogte van 0,20 m heeft ten opzichte van eis HT1.2-01.

3.2.4. Eisen beschutte oeverzone

Code	Eistekst
HT2-01	Een vooroever dient niet dieper dan 2,0 m minus zomerpeil te zijn.
HT2-03	Het systeem dient een beschut en ondiep watermilieu voor waterplanten en vissen te bieden.
HT2-04	Een beschutte oeverzone dient voor vissen vanuit het Markermeer gemakkelijk bereikbaar te zijn.
HT2-05	In de beschutte oeverzone dient de golfhoogte bij een storm die eens per jaar (=1:1) kan voorkomen, zodanig gereduceerd te zijn dat de golfhoogte maximaal 0,30 m bedraagt.
HT2-E-06	ON realiseert 24 hectares beschutte oeverzones t.b.v. module A en B. Indien ook opdracht wordt verleend voor module C zal bijkomend 19 ha beschutte oeverzone worden gerealiseerd.
HT2-E-07	In de aanlegfase wordt voor de gebieden beschutte oeverzone wordt gestuurd op een opleverniveau dat op 31 december 2020 een overhoogte van 0,20 m heeft ten opzichte van eis HT2-01.

3.2.5. Eisen tijdelijke ontvangstvoorziening

Code	Eistekst
IE4-01	De ontvangstvoorziening dient een inhoud te hebben van 1 miljoen m ³ grond tussen de huidige/nieuwe meerbodem en 2,0 m-N.A.P.
IE4-03	De ontvangstvoorziening dient zodanig ingericht te zijn dat er 500.000 m ³ zand/klei en 500.000 m ³ veen geborgen kan worden zonder dat dit materiaal zich naar de omgeving verspreidt.
IE4-02	De ontvangstvoorziening dient invaardbaar te zijn voor schepen met een vaardiepte van 3,6 m bij winterpeil en een breedte van 12 m.

3.2.6. Eisen compartiment dun slib

Code	Eistekst
IE5-01	In module A dient het compartiment dun slib minimaal 2 ha groot te zijn.
IE5-02	Het totaal aan oppervlakte compartimenten dun slib in Module A en Module B dient gezamenlijk 10 ha groot te zijn.
IE5-04	Alle randen van de compartimenten dun slib dienen een hoogwaterbestendige rand te hebben met een hoogte van minimaal zomerpeil +1,2 m.

4. UITGANGSPUNTEN

4.1. Ontwerpprojectuitgangspunten

- Het ontwerp richt zich op modules A, B en C samen.
 - Voor de eerste fase Marker Wadden geldt het volgende peilbeheer als uitgangspunt:
 - Het zomerpeil is gedefinieerd als NAP-0,2m.
 - Het winterpeil is gedefinieerd als NAP-0,4m.
- Er wordt geen rekening gehouden met eventuele toekomstige peilopzet.
- De geëiste hoogtes voor de plas dras gebieden gelden vanaf het moment van opleveren op 31-12-2020 tot 15 maanden daarna, 1 april 2022 (Annex XV Basisovereenkomst).
 - De geëiste hoogtes voor de gebieden beschut ondiep water gelden vanaf het moment van opleveren op 31-12-2020 tot 15 maanden daarna, 1 april 2022 (Annex XV Basisovereenkomst).
 - De hoogtebegrenzing van het de beschutte oeverzone wordt op NAP+0,0m aangehouden (net als compartiment dun slib).
 - De bodem van het huidige Markermeer ter plaatste van de toekomstige Marker Wadden bevindt zich op circa NAP-4,3m.
 - De oppervlakten voor het compartiment dun slib worden gedefinieerd op de hoogtelijn van NAP+0,0m.
 - De hoogtes van de randen met wandel- en beheerpaden gelden 10 jaar na oplevering, 31-12-2030.
 - Deze notitie legt de nadruk op de gemiddelde hoogteligging om de benodigde volumes te kunnen bepalen. Dit wordt in het vervolg macro reliëf genoemd. De variatie met gradiënten hierbinnen wordt micro reliëf genoemd. Het ontwerp ruimtelijke kwaliteit en het werkplan richten zich op het microreliëf.

Het begrip 'rand' is gebaseerd op nota's van inlichtingen voor de bepaling van EMVI oppervlakte habitat moeras:

- randen, ongeacht aard en hoogte, die aan beide zijden van de rand grenzen aan habitat moeras, mogen bij de oppervlaktebepaling worden meegeteld. Deze randen tellen ook mee in de afwijkingspercentages op de hoogte-eisen;
- randen die slechts aan één zijde grenzen aan habitat moeras mogen aan de zijde van het moeras tot een niveau van NAP+0,0m worden meegeteld.

4.2. Grondgesteldheid

De grondgesteldheid in het projectgebied kenmerkt zich door een holocene laag van circa 7m tot 11m dikte met daar onder een pleistocene zandlaag. De Holocene laag is globaal als volgt opgebouwd:

- Bovenin de holocene laag wordt een laag kleilig/siltig tot zandig materiaal aangetroffen met een variabele dikte van ongeveer 1m.
- Onder boven genoemde laag bestaat de holocene laag voornamelijk uit slappe klei, waarbinnen lokaal veen kan voorkomen. Het volumieke gewicht van de holocene laag is in-situ circa 14kN/m³.

Voor meer informatie over de grondgesteldheid, zie Ontwerpbasis Geotechnisch Uitvoeringsontwerp 13084-1-R01-3-PTUR.

4.3. Omgeving

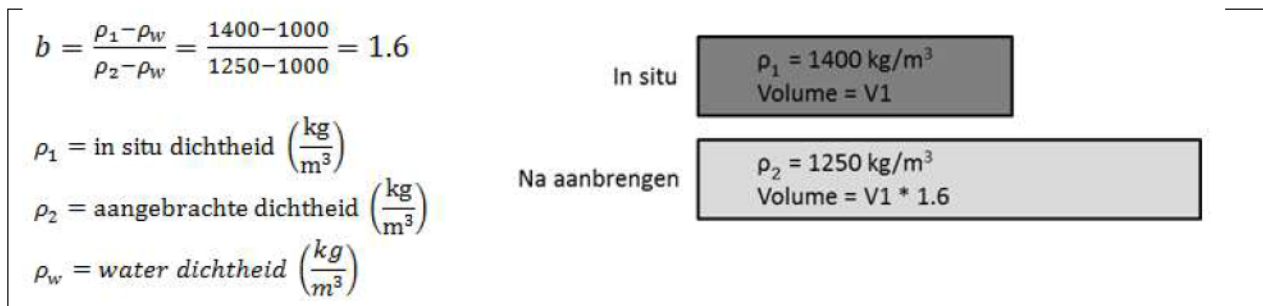
- De eilanden van de eerste fase Marker Wadden worden aangelegd in een grotendeels NGE onverdacht gebied. Lokaal zijn er NGE verdachte locaties aanwezig, de waterbodemplagingen worden echter buiten de verdachte locaties uitgevoerd, zie tekening 52812492-TEK-UO-0028.
- Ter plaatse van de eilanden van de eerste fase Marker Wadden en de waterbodemplagingen is verkennend archeologisch onderzoek uitgevoerd (Vooronderzoek Markerwadden, Sidescan sonar en gradiometer onderzoek van de waterbodem, ADC rapport 3770, maart 2015):
 - er zijn geen vondsten gedaan van scheepsarcheologie.

- ter plaatse van de winput is een glooing gevonden in het zandprofiel. Op basis hiervan is aanvullend archeologisch onderzoek uitgevoerd, waardoor aanvullend onderzoek is uitgevoerd (briefrapport 4170387, Voorlopige resultaten van Module 3: Inventariserend Veldonderzoek in de vorm van een verkennend booronderzoek). Dit onderzoek wordt beoordeeld door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en indien de boringen het toelaten kan de dienst de locatie van de winput vrijgeven.
- Er zijn geen verontreinigingen aangetroffen binnen de systeemgrenzen op basis van het uitgevoerde waterbodemonderzoek (Rapport ATKB nr. 20151238/rap01_V02 d.d. 21 maart 2016).
- In juni 2015 is de ontgrondingsvergunning Marker Wadden verleend onder een aantal voorwaarden en voorschriften. Een van de voorwaarden is een werk- en monitoringsplan. Dit plan is opgesteld in december 2014 en beschrijft o.a. de uitvoeringswijze van de ontgrinding.

5. THEORIE CONSOLIDATIE GEDRAG

Voor de realisatie van de eerste fase Marker Wadden wordt lokale grond gebruikt om de eilanden op te bouwen. In Hoofdstuk 6 wordt het realisatie principe nader toe gelicht. Om de eilanden te kunnen realiseren wordt grond uit de Markermeerbodern gewonnen, met water vermengd en hydraulisch getransporteerd. Het getransporteerde grond-watremengsel wordt aangebracht op de gewenste locatie.

Door het vermengen met water zal het materiaal na aanbrengen een lagere dichtheid dan de in-situ dichtheid hebben. Deze 'uitlevering' resulteert in een groter volume met een lagere dichtheid. Uitgaande van een in-situ dichtheid van het materiaal dat wordt gewonnen voor de eilandvulling van 1400 kg/m^3 en een dieptegemiddelde dichtheid na aanbrengen van dit materiaal van circa 1250 kg/m^3 wordt de uitleveringsfactor circa 1,6, zie Figuur 3.



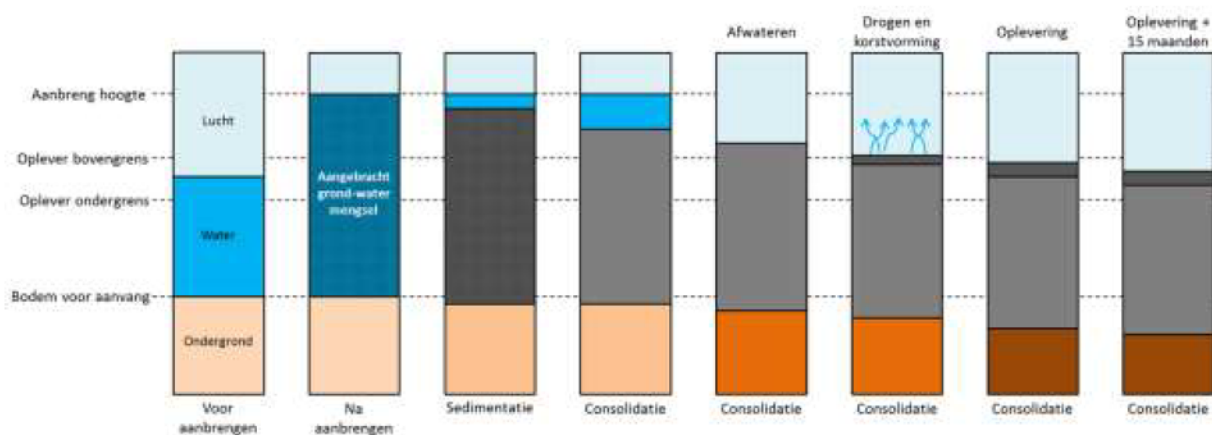
Figuur 3: Voorbeeld berekening en illustratie van uitlevering

Na aanbrengen zal een grond-watremengsel met lage dichtheid eerst sedimenteren en een zeer zachte bodem vormen.

Het uiteindelijke oppervlakte niveau wordt bepaald door twee processen:

- Deze bodem (vullaag) gaat in de tijd, onder eigen gewicht, zetten, dit wordt eigen gewicht consolidatie genoemd.
- De ondergrond gaat zetten als gevolg van het gewicht van de aangebrachte vullaag.

Onderstaand Figuur 4 geeft het principe van boven genoemde processen weer.



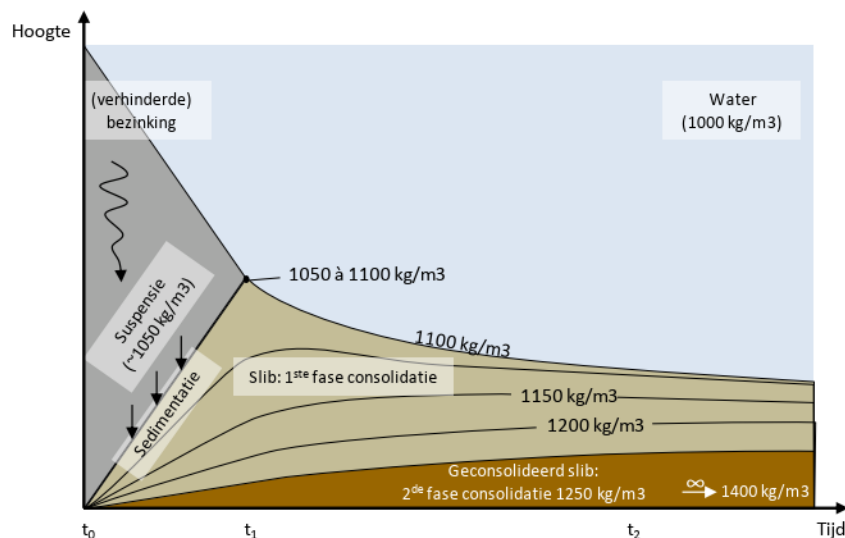
Figuur 4: Zetting als som van zetting van het vulmateriaal en zetting van de ondergrond

5.1. Eigen gewicht consolidatie van het vulmateriaal

Het holocene vulmateriaal heeft een cohesief karakter. Cohesief vulmateriaal zoals klei gedraagt zich anders na aanbrengen dan granulair materiaal zoals zand. Wanneer zand in suspensie wordt gebracht, zal het bezinken volgens de wet van Stokes, waarna het op de bodem sedimenteert en een nieuwe bodem vormt. De overgang tussen de waterkolom en de bodem is abrupt/discontinu.

Met cohesief materiaal is de overgang tussen de waterkolom en de bodem eerder een continue overgang van een homogene, samenhangende suspensie naar een ruimtevullend vloknetwerk, en uiteindelijk naar een consoliderende bodem met een hogere dichtheid. Figuur 5 illustreert deze transformatie voor cohesief materiaal dat hydraulisch wordt aangebracht met een dichtheid van 1050 kg/m^3 . Dit is een lagere dichtheid dan de dichtheid van het holocene vulmateriaal dat wordt aangebracht bij het Marker Wadden project. De transformatie van materiaal in de tijd met een dichtheid van 1050 kg/m^3 kan als volgt worden geschematiseerd:

- $t_0 < t < t_1$ (Verhinderde) bezinking van vlokken bij lage turbulentie in de waterkolom. Deze fase gaat door totdat de gel-concentratie van het materiaal is bereikt, welke optreedt bij een typische natte dichtheid tussen 1050 en 1100 kg/m^3 . De tijdschaal is typisch in de orde van uren/dagen voor fijn, cohesief materiaal.
- $t_1 < t < t_2$ Consolidatie onder het eigengewicht: deze fase start op het moment dat de gel-concentratie wordt bereikt. Gesedimenteerde deeltjes en/of vlokken raken elkaar en vormen een groot, ruimtevullend netwerk. De korrelspanningen in dit vloknetwerk zijn klein. Dit wordt de *eerste fase consolidatie* genoemd. Het bed klinkt langzamer in. Deze fase treedt op bij een typische natte dichtheid van ongeveer $1100 - 1300$ (of soms zelfs tot 1400) kg/m^3 . Typische tijdschaal is in de orde van tientallen jaren (voor fijn, cohesief materiaal).
- $t > t_2$ 2^{de} fase consolidatie: meestal onder gewicht van een bovenlaag. Hier begint het bed een zekere sterkte op te bouwen. Het bed consolideert langzamer. M.b.v. een bovenbelasting kan in een periode van orde grootte maanden tot een aantal jaren relatief grote effectieve spanningen worden bereikt. Indien het bed echter onder haar eigengewicht consolideert, duurt de tweede fase veel langer, orde van grootte eeuwen en langer.



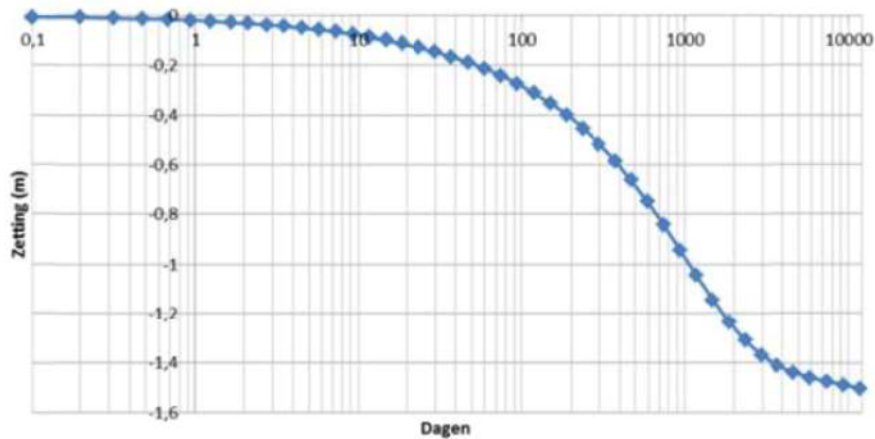
Figuur 5: Schematische weergave van een cohesieve suspensie in relatie met de tijd

Om meer inzicht te krijgen in de eigen gewicht consolidatie zijn ten behoeve van dit project modelberekeningen uitgevoerd met behulp van het DELCON model, zie 13084-03-M08-roe-0d Consolidatie Marker Wadden.

5.2. Zetting van de ondergrond

De ondergrond zal zetten als gevolg van de bovenbelasting. Het zettingsverloop van de ondergrond is afhankelijk van de grootte van de belasting, de samendrukbaarheid van de verschillende grondlagen en de doorlatendheid van de grondlagen.

De grafiek in Figuur 6 toont een typisch verloop van de zetting van cohesief materiaal ten gevolge van het aanbrengen van een bovenbelasting. De tijdschaal in Figuur 6 is logaritmisch. De meeste zettingen treden binnen een aantal jaren op, daarna wordt het zettingsverloop langzamer.



Figuur 6: Typisch verloop van de zetting van cohesief materiaal

6. REALISATIE PRINCIPE

6.1. Eerste stap uitvoering

Als basis voor de aanleg van de eilanden worden eerst onderwaterdammen aangebracht, die het vulmateriaal bestaande uit hoofdzakelijk holocene klei vasthouden. Deze dammen worden rond de buitenkant van modules A en B en rond module C aangebracht. De onderwaterdammen worden opgebouwd van zandig materiaal. De onderwaterdammen worden opgebouwd door een kraanschip vanaf het bodemniveau van het Markermeer op circa NAP-4,3m tot circa NAP-3,0m en eventueel voorzien van een beschermende laag.

6.2. Materiaal winning en transport

Ten westen van de eilanden van module A en B bevindt zich een winput. Een snijkopzuiger gaat op deze locatie holoceen materiaal winnen:

- het holoceen materiaal wordt gebruikt als vulling voor de realisatie van de eilanden en de ondiepe waterpartijen van de eerste fase Marker Wadden.
- het pleistocene zand wordt gebruikt voor de verdere opbouw van de randen en compartimenteringsdammen.

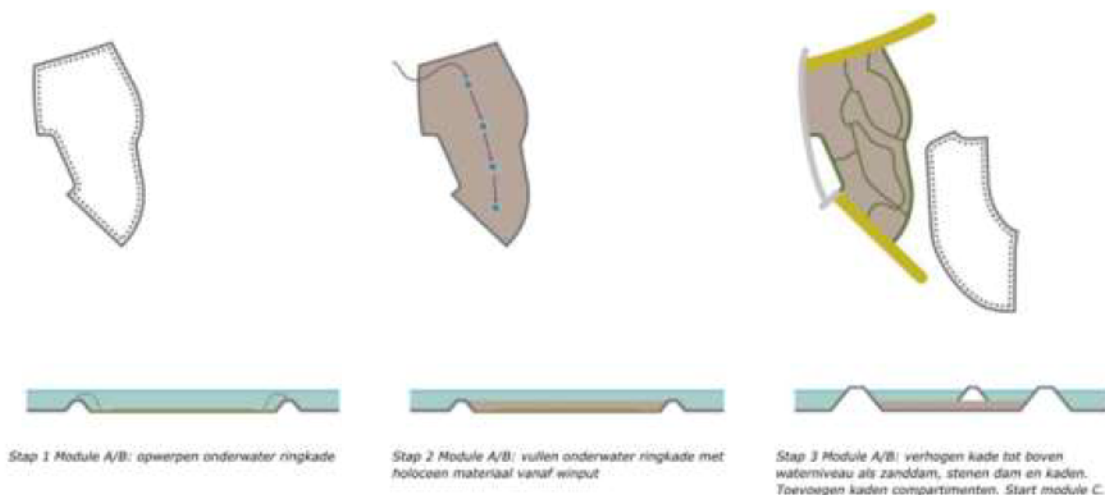
Het beoogde materiaal voor de aanleg van het moeras van de Marker Wadden bestaat voornamelijk uit holocene slappe klei, een laagje zavel en kleine hoeveelheden veen. Om dit materiaal zo efficiënt mogelijk te transporteren en aan te brengen is gekozen voor een hydraulische werkmethode. Dit houdt in dat materiaal met een snijkopzuiger uit de bodem van het Markermeer wordt losgemaakt en hydraulisch via een pijpleiding wordt getransporteerd naar de vulgebieden.

De huidige, in-situ dichtheid van het holocene materiaal is gemiddeld in de orde van 1400 kg/m^3 , zie paragraaf 4.2. Het materiaal zal in volume toenemen (uitleveren) doordat water wordt toegevoegd aan het in situ materiaal ten behoeve van het transport. Tijdens het transport en vullen wordt een dichtheid van het klei-water mengsel van circa 1175 kg/m^3 verwacht. Na aanbrengen van de vulling zal het uitgeleverde volume afnemen. Na aanbrengen zal de dichtheid van het materiaal toenemen en wordt een dieptegemiddelde dichtheid van circa 1250 kg/m^3 verwacht, waardoor de uitleveringsfactor circa 1,6 wordt. In Hoofdstuk 5 is een berekening van de uitleveringsfactor opgenomen.

6.3. Vulling

De eerste vulslag van holoceen materiaal wordt binnen de onderwaterdammen, zoals beschreven in paragraaf 6.1, aangebracht door middel van een sproeiponton. Om verder te kunnen vullen tot boven de waterlijn worden compartimenteringsdammen uit zand aangebracht tot een hoogte van circa NAP+2 m als contour voor de verschillende habitat gebieden (Beschut Plas-dras, Beschut ondiep water en beschutte oeverzone). Figuur 7 geeft schematisch deze werkwijze weer.

Als het mengsel na het vullen tot rust komt zal een deel van het proceswater uitstromen en zullen gronddeeltjes consolideren en langzaam aan dichtheid en sterkte winnen. Door deze eigen gewicht consolidatie zal het aangebrachte materiaal zetten.



Figuur 7: Principe compartimentering en aanbrengen vulmateriaal

In de basis bestaat onze werkwijze uit het in verschillende slagen vullen, laten consolideren en het vervolgens laten drogen van de toplaag van het aangebrachte holocene vulmateriaal middels verdamping.

De hogere delen voor het toekomstige plas-dras gebied rond de waterlijn worden relatief hoog gevuld. Gebieden ten behoeve van beschut ondiep water of beschutte oeverzone worden minder hoog gevuld. De maaiveldhoogte bij oplevering en 15 maanden na oplevering moet vallen binnen een bepaalde tolerantie. Dit betekent dat de er een maximale totale zetting plaats mag vinden in de 15 maanden na oplevering. De totale zetting is onder te verdelen in de zetting van het vulmateriaal en de zetting van de ondergrond.

Het werkplan beschrijft in meer detail het proces, de fasering en uitvoeringsmethoden om met het spuitproces te komen tot de gewenste hoogtes voor ruimtelijke kwaliteit.

6.4. Onzekerheden in consolidatie

De voorspelling van het consolidatiegedrag is onzeker. Dit komt met name voort uit de onzekerheid van de modelberekeningen voor de eigengewicht consolidatie van het vulmateriaal.

In 2015 zijn modelberekeningen uitgevoerd met behulp van het DELCON model, zie rapportage 13084-03-M08-aro-0d Consolidatie Marker Wadden, waarin aan de hand van de destijds beoogde indicatieve vulschema's het consolidatiegedrag en de verwachte opleverhoogtes zijn onderzocht. De onzekerheid van de modelberekeningen van het consolidatiegedrag van het vulmateriaal is gedurende 2015 verkleint door het uitvoeren van literatuuronderzoek, het uitvoeren van grondonderzoek, laboratorium proeven met betrekking tot de consolidatie van holocene materiaal in kolommen. Eind 2015 zijn aanvullende (container) proeven in gang gezet om tot aan oplevering op 31 december 2020 de onzekerheid verder te verkleinen.

De onzekerheden in de voorspelling komen ook voort uit het unieke karakter van het project. Daarbij zijn bovendien niet alle relevante parameters in de hand te houden waardoor het ondoenlijk is om alle mogelijke uitkomsten en passende maatregelen op voorhand te bepalen.

De vulhoogtes worden gedurende de realisatie gemonitord en beoordeeld. Het proces van inspelen op de monitoringsresultaten en uitvoeren van beheersmaatregelen op basis van voortschrijdend inzicht wordt 'adaptieve werkwijze' genoemd. De essentie van deze werkwijze is een continue optimalisatie van de operationele werkmethode. De Adaptieve Werkwijze voor het Marker Wadden project wordt toegelicht in Hoofdstuk 13.

6.5. Risicovolle raakvlakken

De aanleghoogtes zijn afhankelijk van het consolidatiegedrag van de vulling en de ondergrond en dienen te worden gemonitord en beoordeeld. Een adaptieve werkwijze wordt gedurende de uitvoering toegepast om te kunnen sturen op het gewenste beeld. Hiervoor is een nauwe samenwerking nodig tussen site-engineering en het realisatie team, met duidelijke afspraken over rolverdeling. Om dit proces te borgen worden in de Hoofdstukken van de ontwerp oplossingen, compartimentering en vulproces uitvoeringseisen gedefinieerd.

6.6. Veiligheid

Vanuit het ontwerp wordt als aandachtspunt voor veiligheid het belang van de stabiliteit van de dammen onderkent.

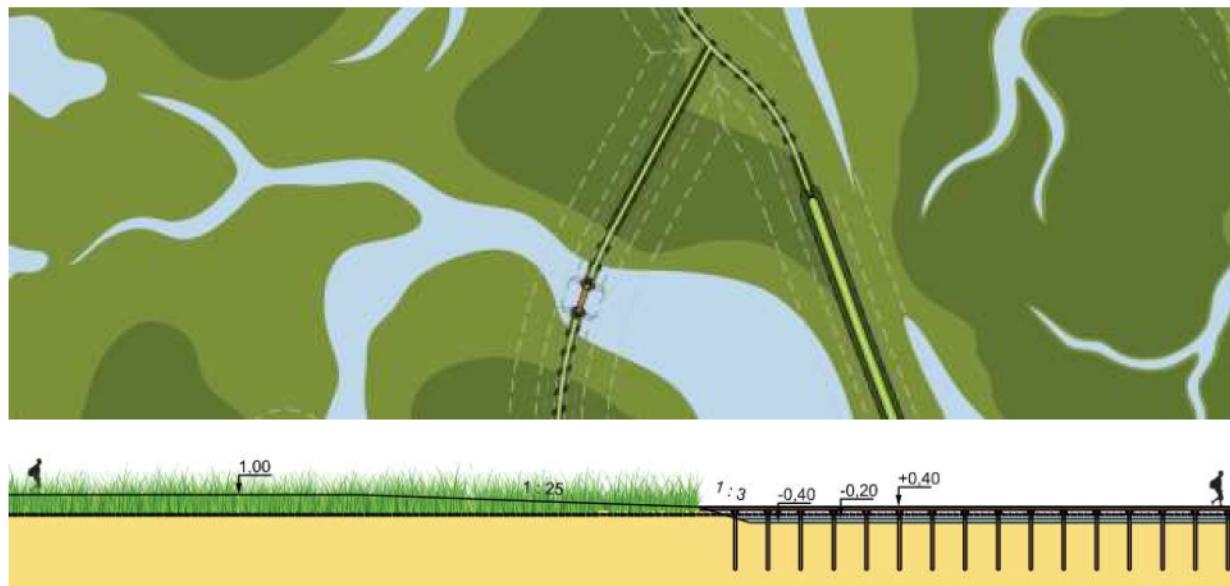
- De onderwaterdammen en de hogere zanddammen dienen conform de opgave van de geotechnisch adviseur te worden aangelegd om afschuiving te voorkomen.
- Indien zanddammen op een reeds aangelegde holocene vullaag worden aangebracht bestaat het risico op horizontaal afschuiven.
- Voor het aanbrengen van materiaal wordt hoofdzakelijk gewerkt met een sproeiopont. Hierdoor worden de inzet van materieel voor droog grondverzet geminimaliseerd, hetgeen ook de veiligheid ten goede komt.

7. ONTWERP MOERAS

In onderstaande paragrafen worden de ontwerp oplossingen toegelicht.

7.1. Ontwerpoplossing Moeras

In deze paragraaf wordt beschreven hoe aan de eisen uit paragraaf 3.2.1 wordt voldaan.



Figuur 8: Impressie Moeras

- Het moeras wordt gerealiseerd binnen compartimenten die omringd worden door zanddammen met een aanleghoogte van circa NAP+2m. De grootte van de compartimenten is gemeten tussen de assen van de compartimenteringsdammen. Op tekening 52812492-TEK-UO-0021 'Oppervlaktes habitat typen' is in de tabellen per compartiment het totale oppervlak gepresenteerd. Alle compartimenten zijn kleiner dan 40 ha voor module A en kleiner dan 100 ha voor module B. Hiermee wordt voldaan aan eisen MW-01 en MW-02.
- De totale oppervlakte te realiseren moeras voor modules A , B bedraagt 156 hectare en voor module C 127 hectare. Er wordt hierdoor voldaan aan de totaal geëiste oppervlaktes uit eis HT1-E-02. De oppervlaktes worden aangetoond in de tabel 'Oppervlakte moeras' van tekening 52812492-TEK-UO-0021:

Oppervlakte moeras	HT1.1 + HT1.2 (ha)	Opp buitenkant boven 0.00m NAP (ha)	Totaal (ha)
Module A+B	140	16	156
Module C	111	16	127

Achtergrond:

De zanddammen, ook randen genoemd, zijn deels onderdeel van het moeras.

- De randen, die aan beide zijden grenzen aan het habitat moeras, worden bij de oppervlaktebepaling meegeteld.
- De randen die slechts aan één zijde grenzen aan habitat moeras worden meegeteld tot een niveau van NAP+0,0m.
- De rand aan de oostzijde van module C betreft een in dit ontwerp een tijdelijke luwtedam. Indien module D niet wordt aangelegd komt deze dam op of onder de waterlijn te liggen. Daarom is de

begrenzing van met moeras bij deze rand gekozen op de as van de dam (net als bij overige dammen onderwaterdammen). De bij de bepaling van de oppervlaktes is alvast gecontroleerd dat een mogelijk DO profiel voor module D past binnen het aanlegprofiel en dat hierbij de NAP+0m lijn op dezelfde locatie valt als de as van de tijdelijke luwetedam.

- Op tekening 52812492-TEK-UO-0021 zijn de oppervlaktes voor gebieden plas dras (HT1.1) en beschut ondiep water (HT 1.2) weergegeven exclusief de delen, die 20 cm boven het zomerpeil uitkomen:

Totaal oppervlakten	HT1.1 (ha)	HT1.2 (ha)	Totaal	Perc HT1.1	Perc HT1.2
Module A+B	102.7	36.7	140.2	73.3	26.2
Module C	67.2	43.8	111.0	60.5	39.5

Voor module A+B is 73,3% beschut plas dras en voor module C is 60,5% beschut plas dras. Dit is conservatief omdat hierbij nog geen rekening is gehouden met delen van het moeras hoger dan NAP+0m (20cm boven zomerpeil).

Gebaseerd op module A+B+C samen is $102,7+67,2=169,9$ hectare beschut plas dras aanwezig en $36,7+43,8=80,5$ hectare beschut ondiep water. Hierdoor wordt de verhouding van minimaal 2/3 van het oppervlak beschut plas dras en 1/3 beschut ondiep water behaald (HT1-01 en HT1-02).

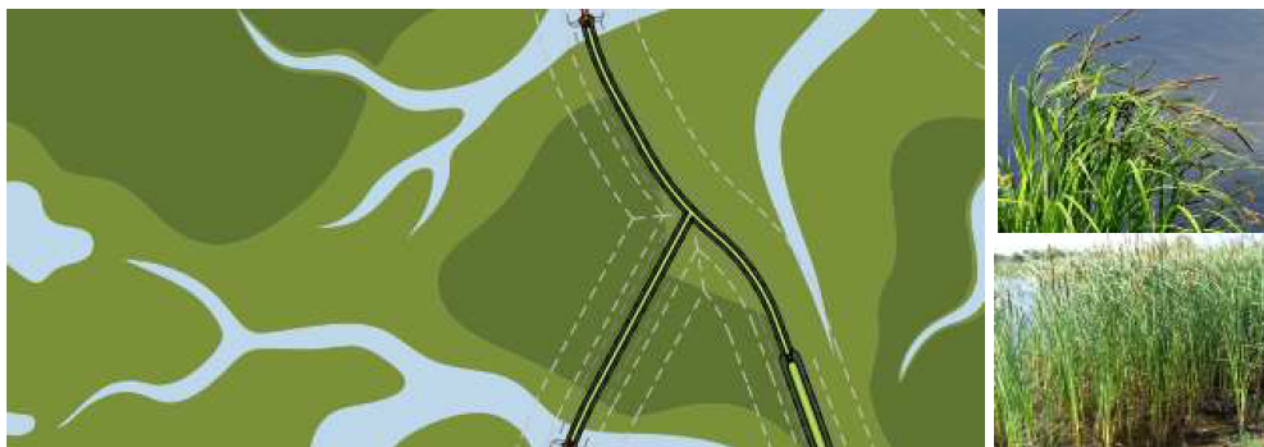
In Paragrafen 7.2 en 7.3 wordt nader ingegaan op de definitie van beschut plas dras en beschut ondiep water.

- De moeras-habitats plas-dras en ondiep water worden beschut door een rand (HT1-03), die deels boven de waterlijn uitsteekt en deels rond en onder de waterlijn uitkomen. Binnen de beschermende randen zijn er openingen met verlagingen voorzien voor wateruitwisseling tussen beschut ondiep water en het Markermeer, zie tekening 52812492-TEK-UO-0021.
- Binnen de compartimenten is het mogelijk om gedurende de uitvoering het verloop van het oppervlaktewaterpeil te sturen. Om water uit de compartimenten te laten afstromen kunnen overlaten of stortkisten worden aangebracht. Indien een verhoging van de waterstand nodig is kan een mobiele pomp worden ingezet om het peil op te zetten (HT1-E-07).
- Voor de opbouw van het moeras wordt hoofdzakelijk gebiedseigen materiaal bestaande uit vooral zavel, holocene klei en pleistoceen zand gebruikt. Er wordt geen gebruik gemaakt van secundaire bouwstoffen (eis HT1-A-01), zie ook opmerking op tekening 52812492-TEK-UO-0011.

Een nadere ontwerpbeschrijving van het moeras aan de hand van de objecten beschut plas dras en beschut ondiep water is opgenomen in onderstaande Paragrafen 7.2 en 7.3.

7.2. Ontwerpoplossing beschut plas dras

Het beschut plas dras komt rond de waterlijn te liggen en biedt nieuw habitat en oeverzones. In deze paragraaf wordt beschreven hoe aan de eisen uit Paragraaf 3.2.2 wordt voldaan.


Figuur 9: Impressie Beschut Plas Dras

- Het maaiveld van het plas-dras gebied dient tussen plus en min 20cm t.o.v. zomerpeil te liggen (HT1.1-01). De ontwerphoogte wordt hierdoor tussen NAP+0,0m en NAP-0,4m. Voor een analyse van de te verwachten hoogten, zettingen, consolidatie en benodigde vulslagen zie Hoofdstuk 11.
- Er wordt geen extra overhoogte toegepast voor de gebieden beschut plas dras (eis HT1.1-E10 is niet van toepassing verklaard in overleg OG en ON op 9 februari 2016.)
- In maximaal 20% van het oppervlakte plas dras mag het maaiveld hoger liggen dan 20cm boven zomerpeil (HT1.1-02), oftewel NAP+0m. Deze eis geldt vanaf het moment van opleveren eind 2020 tot 15 maanden daarna.

De randen worden deels meegeteld bij de plas dras gebieden (zie paragraaf 4.1 tot een hoogte van NAP+0m bij eenzijdige begrenzing plas dras). Gegeven het feit dat de randen onderhevig zijn aan zetting zal de oppervlakte met hoogtes boven zomerpeil in de loop van de tijd licht afnemen. De controle op de oppervlakten is gebaseerd op de DO hoogten en is gepresenteerd in onderstaande tabel van tekening 52812492-TEK-UO-0021. Het percentage boven NAP+0m ligt duidelijk onder 20% en voldoet ruimschoots aan de eis.

Oppervlakte boven 0.00m NAP	Opp buitenkant boven 0.00m NAP (ha)	Opp moeras boven 0.00m NAP (ha)	perc t.o.v totaal oppervlakte
Module A+B	16	6	15.8
Module C	16	0	14.4

- Binnen de gebieden beschut plas dras ligt ruim 50% boven een hoogte van NAP-0,2m en dus boven zomerpeil (HT1.1-03). Onderstaande tabel van tekening 52812492-TEK-UO-0021 geeft weer dat de hoge delen voor A, B, C gemiddeld ruim de helft van plas dras beslaan:

Verhouding HT1.1 en 1.2	Opp HT1.1-H	Opp HT1.1-L	Perc HT1.1-H tov totaal
Module A+B	54.0	48.7	52.6
Module C	33.0	34.2	49.1

- De draagkracht van het plas-dras gebied is onderzocht in de geotechnische rapportage 13084-04-M02-2-PTUR. Op basis van het gewicht en voetoppervlak van een gans is aangetoond dat de te verwachten draagkracht van het beschutte plas dras gebied opgebouwd uit het holocene vulmateriaal voldoende is om ganzen te kunnen dragen (HT1.1-04). Vanuit de geotechnische beschouwing is er geen beperking aan het oppervlakte van het plas dras gebied en wordt voldaan aan de eis.
- In het oppervlakte aan habitat plas-dras dient de bovenste 1,0 m, over een oppervlakte van minimaal 80 %, uitsluitend uit slib/klei/veen te bestaan. Uitgaande van een gemiddelde ontwerphoogte van de

plas dras gebieden van NAP-0,2m betekent dit dat de minimale vuldikte reikt tot NAP-1,2m. Het oppervlakte op deze hoogte van NAP-1,2m moet minimaal 80% van de plas dras gebieden te beslaan. In tekening 52812492-TEK-UO-0021 is dit aangetoond:

Oppervlakte verhouding HT1.1 to.v. totaal	Opp Comp (ha)	Opp HT 1.1	Opp HT 1.2	Perc HT1.1 tov Comp
Module A+B	98.8	102.7	16.1	80.5
Module C	68.9	67.2	13.2	82.9

- Om langjarig de mogelijkheid te hebben om het peil tijdelijk te beheersen (ten behoeve van herstel van riet) kunnen indien nodig openingen in de compartimenteringsdammen worden gesloten door herprofilieren. Hierbij kan materiaal uit de breedte van de kruin en een deel van het talud worden gebruikt om de openingen tijdelijk te dichtten (HT1.1-E-07).
- Om de rietvegetatie en de benodigde hoogteligging te realiseren wordt rietmaaisel aangebracht en wordt geborgd dat het peil binnen de compartimenten in de uitvoeringsfase kan worden aangepast (HT1.1-E-08).

De periode tot 2020 wordt gebruikt als instelperiode voor het moeras, waarin het peil en de afwatering kunnen worden bijgestuurd door middel van een mobiele pomp en stortkisten. De compartimenteringsdammen zijn gedurende de uitvoering iets hoger dan de aangebrachte vulling. Hierdoor is het mogelijk om het waterpeil te beheersen (zodanig dat het consolidatie- en drogingsgedrag van de vulling niet negatief beïnvloed worden m.b.t. het voldoen aan de opleveringseisen):

- In mei en juni, als de wilgenzaden zich verspreiden, dient 20-30 cm water op het maaiveld te staan.
- In de periode juli - april zorgen we voor een plas-dras situatie.
- Het vulmateriaal van de eilanden bestaat uit holocene kleilagen uit de winput. Deze kleilagen bevatten nutriënten. Deze gebiedseigen nutriëntrijke sedimentlagen worden ook in de afwerking van de bovenlaag van het plas dras gebied toegepast (eis HT1.1-E-11).
- Op systeemniveau wordt eis MW-16 gesteld over erosie aan het plas dras gebied ten gevolge van een storm die 1 keer per 50 jaar voorkomt. Aangezien in de eistekst expliciet wordt ingegaan op het plas dras gebied wordt dit bij de ontwerpbeschrijving van dit onderdeel benoemd. De ontwerpnotitie Zachte Rand MW-UO-WP-OW04 toont aan dat aan deze eis wordt voldaan.

7.3. Ontwerpoplossing beschut ondiep water

Binnen het moeras en hieraan grenzend worden ondiepe waterpartijen aangelegd, die beschut liggen achter randen. Deze waterpartijen bieden door variatie in bodemdiepte habitats diep refugium en beschut ondiep water.



Figuur 10: Impressie beschut ondiep water

- De waterbodem van ondiep water wordt aangelegd tussen 20cm min zomerpeil en 2m min zomerpeil, dit is NAP-0,4m en NAP-2,2m (HT1.2-01). Deze eis wordt aangescherpt door onderstaande EMVI eis.
- In de aanlegfase wordt op basis van EMVI eis HT1.2-E-08 voor de gebieden ondiep water gestuurd op een opleverniveau dat op 31 december 2020 een overhoogte van 0,2m heeft ten opzichte van eis HT1.2-01. De ontwerphoogte wordt daarom NAP-0,4m tot NAP-2,0m. De ontwerphoogten zijn weergegeven op tekening 52812492-TEK-UO-0021.
- Minstens de helft van het beschut ondiep water wordt aangelegd met een waterdiepte van minder dan 1,0m min zomerpeil (HT1.2-02). Rekening houdend met de EMVI overhoogte worden de vereiste hoogtes:
 - Minstens 50% tussen NAP-0,4m en NAP-1,0m
 - Het resterende gedeelte tussen NAP-1,0m en NAP-2,0m.

Tekening 52812492-TEK-UO-0021 geeft de verschillende dieptes voor beschut ondiep water weer alsmede de verhouding van de hogere en lagere waterpartijen:

Verhouding HT1.1 en 1.2	Opp HT1.1-H	Opp HT1.1-L	Perc HT1.1-H tov totaal	Opp HT1.2-H	Opp HT1.2-L	Perc HT1.2-H
Module A+B	54.0	48.7	52.6	23.4	13.3	63.8
Module C	33.0	34.2	49.1	33.3	10.5	76.0

Gemiddeld liggen circa 70% van de ondiepe waterpartijen boven NAP-1m.

Voor een analyse van de te verwachten hoogten, zettingen, consolidatie en benodigde vulslagen zie Hoofdstuk 11.

- De ondiepe water partijen bieden beschutting voor vissen en waterplanten (HT1.2-04). De gewenste beschutting wordt nader beschreven in eisen HT1-02, HT1-03 en HT 1.2-06. De geschiktheid van het ecosysteem voor waterplanten wordt bepaald door eis HT1.2-01, HT1.2-02, HT1.2-05.
- De waterbodem wordt aangelegd met een vulmateriaal met op basis van de huidige inzichten een verwachte dichtheid van ca. 1175 kg/m³. Op basis van modelberekeningen van de eigen gewicht consolidatie, zie Hoofdstuk 11, wordt verwacht dat bij opleveren de dichtheid van de vulling op de scheidingslaag tussen vulling en water snel toeneemt naar boven 1200 kg/m³ bedraagt (HT1.2-05), zie ook paragraaf 11.2. De dichtheid zal in de uitvoering worden gemonitord en indien nodig bijgestuurd.
- Het ondiepe water wordt beschut achter onderwater zanddammen en luwtedammen aangelegd. Hierdoor worden strijklengtes en waterdieptes beperkt, waardoor ook de golfbewegingen beperkt blijven zodat het bodemleven weinig wordt beïnvloedt (HT1.2-06).

7.4. Raakvlakken Moeras

- De hoogtes van de plas dras gebieden raken aan de randen van de compartimenten en hierachter de beschut ondiepe waterpartijen. Op basis van hoogtes zijn de verschillende gebieden gedefinieerd om de oppervlaktes en verhouding van oppervlaktes te kunnen bepalen.
- De morfologische beïnvloeding en aantasting van de oppervlaktes van de plas dras gebieden is onderzocht in de ontwerpnotitie zachte rand MW-UO-WP-OW04.
- De hoogtes van de gebieden beschut ondiep water raken aan de randen van de compartimenten en hierachter de beschut plas dras, beschutte oeverzone, tijdelijke ontvangstvoorziening.
- Om het moeras te kunnen realiseren zijn compartimenteringsdammen nodig. De zettingen en stabiliteit worden behandeld in Hoofdstuk 12.
- De beheer- en wandelpaden worden op de compartimenteringsdammen aangelegd, zie Paragraaf 12.3.

7.5. Aanvullende uitvoeringseisen Moeras

- Realisatie gebruikt de ontwerptekeningen als basis voor de uitvoering voor locaties, oppervlaktes en hoogtes van objecten.
- Het maaiveld van het plas-dras dient tussen NAP+0m en NAP-0,4m te liggen.
- Minstens 50 % van het oppervlakte plas-dras dient te liggen tussen NAP+0,0m en NAP-0,2m.
- De waterbodem van ondiep water dient tussen NAP-0,4m en NAP-2,0m te liggen.
- Minstens 50 % van het oppervlakte ondiep water dient te liggen tussen NAP-0,4m en NAP-1,0m.
- Pas als wordt voldaan aan de draagkrachteis en aan de eisen van beschut plas dras (HT1.1-01, HT1.1-03, HT1.1-04) worden de compartimenteringsdammen doorgestoken. De zettingen, consolidatie en dichtheidsontwikkeling van de bodem wordt tijdens de realisatie gemonitord. Het moment van doorsteken wordt door realisatie en site-engineer op basis van de inzichten gekozen.
- Voor uitvoeringseisen met betrekking tot de vulling wordt verwezen naar Paragraaf 13.5.

7.6. Risico's Moeras

- De zettingen van de ondergrond en eigen gewicht consolidatie verlopen anders dan verwacht. De aangedragen beheersmaatregelen zijn ontoereikend om het gewenste beeld te realiseren.
- De vegetatieontwikkeling verloopt niet zoals gewenst.
- In het bodemniveau van beschut pas dras en beschut ondiep water is onvoldoende variatie.
- De maatregelen die op basis van de adaptieve werkwijze worden toegepast leveren niet in de gewenste aanleghoogtes.

8. ONTWERPOPLOSSING BESCHUTTE OEVERZONE

8.1. Beschrijving ontwerpoplossing beschutte oeverzone

De beschutte oeverzone biedt nieuw habitat tussen de zuidelijke zachte rand en de secundaire luwtedam van Module C. De oeverzone wordt begrensd door onderwater dammen aan de noord- en zuid zijde.



Figuur 11: Ligging beschutte oeverzone

- De beschutte oeverzone is bedoeld als ondiepe waterpartij met overgang naar oevers. De maximale ontwerpdiepte is 2m bij zomerpeil, dit komt overeen met NAP-2,2m (HT2-01). Deze eis wordt aangescherpt door onderstaande eis.
- Op basis van het EMVI 2 document Risicobeheersplan wordt gestuurd op een overhoogte van 0,2m, resulterend in een ontwerphoogte van NAP-2,0m (HT2-E-07).
- De beschutte oeverzone komt te liggen tussen NAP+0,0m en NAP-2,0m. De hoogtes zijn weergegeven op tekening 52812492-TEK-UO-0017.
- De beschutte oeverzone biedt een beschermd milieu voorwaterplanten en vissen door het aanleggen van een lichaam ondiep water volgens eis HT2-01. Het beschermd karakter wordt bij eis HT2-05 nader uitgewerkt. Door te voldoen aan hiervoor genoemde eisen wordt ook voldaan aan eis HT2-03.
- Vissen kunnen vanuit het Markermeer gemakkelijk de beschutte oeverzone bereiken (HT2-04). De begrenzing van de beschutte oeverzone bestaat uit onderwaterdammen die ruime wateruitwisseling en vismigratie mogelijk maken, zie profielen DP 18 en DP19 in tekening 52812492-TEK-UO-0011.

- In de beschutte oeverzone worden de golfhoogtes beperkt (HT2-05) door de betrekkelijk beschermde ligging van deze waterpartij. Bijlage 1 analyseert de te verwachten golfhoogtes.
- Voor het ontwerp van modules A, B, C zijn minimaal 43 hectare beschutte oeverzone benodigd (HT2-E-06). Tekening 52812492-TEK-UO-0017 toont aan dat een oppervlakte van 44 hectare wordt bereikt.
- In de beschutte oeverzone worden buffers holoceen materiaal aangebracht bovenop het ontwerp bodemniveau. De oppervlakte van de beschutte oeverzone is 44 ha gebaseerd op modules A, B, C. Het volume van de buffers bedraagt 280.000m³ bij aanbrengen. De dichtheid bedraagt op dat moment indicatief 1175kg/m³ (MW-E-18 en MW-E-19).
Uitgaande van een gemiddeld bodemniveau van NAP-2m komt door aanbrengen van boven genoemde volumes een laagdikte van circa 0,7m bovenop de bodem van de oeverzone. De onderwaterdammen dienen voldoende hoog te zijn om dit materiaal bovenop de bodem van de beschutte oeverzone te kunnen bergen. De benodigde hoogte van de zanddammen is ca. NAP-1,3m bij opleveren. De hoogtes van de onderwaterdammen dienen te worden afgestemd op het beoogde micro reliëf en de volumes van de buffer. De beschutte oeverzone dient bereikbaar te zijn voor een beheerboot met een maximale diepgang van 1m.
- Ten behoeve van het vullen van de beschutte oeverzone en aanbrengen van de buffers zijn de dammen die de oeverzone aan de noord- en zuidzijde begrenzen (DP18 en DP19) tot een hoogte van circa NAP+1m nodig om voldoende materiaal aan te kunnen brengen met vulslagen. De dammen worden voor oplevering verlaagd om de bereikbaarheid met beheerboten te borgen en om vismigratie en wateruitwisseling mogelijk te maken.

8.2. Raakvlakken beschutte oeverzone

De beschutte oeverzone heeft raakvlakken met zachte randen, moeras en de tijdelijke ontvangstvoorziening. De hoogtes van de onderwaterdammen ter begrenzing van de oeverzone worden door uitvoering bepaald om de aangebrachte volumes in het gebied te bergen.

8.3. Aanvullende uitvoeringseisen en toleranties

- Voor uitvoeringseisen met betrekking tot de vulling zie paragraaf 13.5.
- De beschutte oeverzone dient een maximale diepte te hebben van NAP-2m.
- Realisatie brengt onderwater compartimenteringsdammen aan die de volumes van de aan te brengen vulling en buffers kunnen bergen en wateruitwisseling met het Markermeer mogelijk te maken.
- De veerstoep voor module C (en D) dient bereikbaar te zijn voor beheerboten met een diepgang van 1m.

8.4. Risico's beschutte oeverzone

- De waterdiepte van de beschutte oeverzone is niet zoals beoogd.
- De onderwater compartimenteringsdammen zijn te hoog voor beheerboten of wateruitwisseling
- De onderwater compartimenteringsdammen zijn te laag om buffers vast te houden.

9. ONTWERPOPLOSSING TIJDELIJKE ONTVANGSTVOORZIENING

9.1. Beschrijving ontwerplossing tijdelijke ontvangstvoorziening

De tijdelijke ontvangstvoorziening betreft een gebied waarin grondstromen van derden kunnen worden geborgen. Deze voorziening is gelegen aan de oostzijde van module A, B en ten noorden van module C, zie onderstaand figuur.



Figuur 12: Locatie tijdelijke ontvangstvoorziening

- De tijdelijke ontvangstvoorziening kan een volume bergen van ruim 1 miljoen m³ materiaal (IE4-01) tussen de bodem van het Markermeer op circa NAP-4,3m en een diepte van NAP-2,0m. Het effect van zetting tijdens/na aanbrengen van de grond is hierbij niet meegenomen aangezien het karakter van de in te brengen grond op voorhand niet bekend is. Het oppervlak en het te bergen volume het zijn weergegeven op Tekening 52812492-TEK-UO-0017.
- De tijdelijke ontvangstvoorziening wordt aan de noord oostelijke rand van modules A, B en C aangelegd.
 - Na afstemming met Opdrachtgever is ervoor gekozen om de verspreiding van eventueel veen (IE4-03) niet te voorkomen door opsluiting door dammen die boven de waterlijn zichtbaar zijn. Enige verspreiding binnen de Marker Wadden wordt acceptabel geacht. Om verspreiding naar het Markermeer enigszins te belemmeren kan een compartimenteringsdam van een eventueel toekomstig eiland van module D vervroegd worden aangelegd tot boven het waterpeil. Deze verlenging wordt als optioneel behandeld in dit ontwerp en is in Figuur 12 te zien als begrenzing van de tijdelijke ontvangstvoorziening ten noord oosten van module C.
 - Uitgaande van een toekomstig tot NAP-2m met grond gevulde ontvangstvoorziening is de waterdiepte nog meer dan 1,5m. Bij een golfhoogte in dit gebied in de orde van 0,5m (vergelijking

met beschutte oeverzone, hier is 0,3m aannemelijk op basis van eis HT2-05) is op een diepte van 2 keer de golfhoogte de orbitaal snelheid minimaal. Hierdoor is het aannemelijk dat materiaal niet noemenswaardig erodeert en meegevoerd of verspreid wordt.

- In het gebied van de tijdelijke ontvangstvoorziening wordt een doorvaartopening open gehouden tot de bodemdiepte van het Markermeer. Als breedte van deze opening wordt 24m aangehouden op bodemniveau van het Markermeer, zodat schepen met 12m breedte en een diepgang van 3,5m kunnen invaren (IE4-02). De doorvaartopening is weergegeven op Tekening 52812492-TEK-UO-0017.

9.2. Raakvlakken tijdelijke ontvangstvoorziening

De tijdelijke ontvangstvoorziening grenst aan zachte randen, moeras (beschut ondiep water) en de beschutte oeverzone.

9.3. Uitvoeringseisen en toleranties

- In de onderwater compartimenteringsdam wordt een doorvaaropening van 24m op de bodem van het Markermeer opgenomen.

9.4. Risico's tijdelijke ontvangstvoorziening

- Veen en grond verspreid zich op onwenselijke manier naar gebied buiten de Marker Wadden.

10. ONTWERPOPLOSSING COMPARTIMENT DUN SLIB

10.1. Beschrijving ontwerplossing compartiment dun slib

Het Compartiment dun slib is voorzien aan de westrand van module A, B. De randen van dit compartiment volgen de vorm van de secundaire luwtedammen in het moeras (Definitief ontwerp VISTA). Ten westen van de harde rand bevindt zich een slibvanggeul. Slib, dat in deze geul neerslaat kan worden gebruikt om het compartiment dun slib te vullen en de geschiktheid als bouwstof voor de aanleg van eilanden te onderzoeken. Om het toekomstige vullen te vergemakkelijken is de afstand tussen de slibvanggeul en het compartiment dun slib gering met 50m.



Figuur 13: Locatie compartiment dun slib

- Achter de harde rand aan de westzijde van het archipel wordt een gebied ingericht als compartiment dun slib. De totale oppervlakte voor het compartiment dun slib beslaat 10 ha (IE5-02). Aan de zuidkant wordt hierbinnen een compartiment van 2ha aangelegd (IE5-01) waarbij een tussendam tot NAP+0,5m de scheiding vormt, zie tekening 52812492-TEK-UO-0021.
- De buitenranden van het compartiment dun slib hebben een ontwerphoogte van minimaal NAP+1m (IE5-04) eind 2030, zie DP01, tekening 52812492-TEK-UO-0011. De begrenzing door de harde rand ligt boven NAP+1m en is weergegeven in profielen DP01 en DP03 van tekening 52812492-TEK-UO-0004.

10.2. Raakvlakken compartiment dun slib

- Het compartiment dun slib raakt aan de west- en zuidkant aan de harde rand en aan de noord- en oostkant aan en het moeras.

- Het compartiment dun slib kan gevuld worden met slib uit de slibvanggeul. Het vullen en experimenteren is geen onderdeel van de scope van dit werk.

10.3. Aanvullende Uitvoeringseisen en toleranties compartiment dun slib

- Niet van toepassing.

10.4. Risico's compartiment dun slib

De inrichting en vulschema's van het compartiment dun slib vallen buiten de scope van deze ontwerpnootie.

11. ZETTING EN CONSOLIDATIE VULLING

11.1. Zettingen van ondergrond door aanbrengen van vulling

Door het aanbrengen van de eilandvulling wordt een belasting op de ondergrond aangebracht. Door deze belasting zal de ondergrond gaan zettingen.

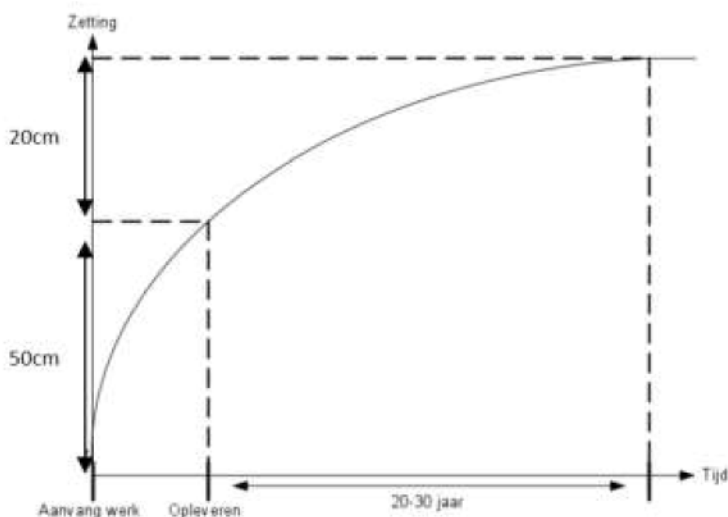
Beschut plas-dras

Ter plaatse van de eilandvulling wordt een netto ophoging aangebracht bij opleveren van circa 4m, uitgaande van een beoogd vulniveau rond NAP-0,20m. Ten gevolge van deze bovenbelasting met een dichtheid van circa 1200 kg/m³ zijn de volgende zettingen van de ondergrond te verwachten:

- tot het moment van opleveren ca. 0,30m
- tot 15 maanden na opleveren ca. 0,35m
- tot 30 jaar na opleveren ca. 0,50m.

Deze waarden zijn gebaseerd op een gemiddelde grondslag. Voor meer achtergrondinformatie over het zettingsgedrag zie Zettings- en stabiliteitsbeschouwing 13084-04-R02-2-PTUR.

Onderstaand figuur geeft indicatief de te verwachten zetting onder het plas dras gebied weer.



Figuur 14: Indicatief verloop zetting ondergrond door gewicht vulling

Beschut ondiep water

Door het aanbrengen van de eilandvulling wordt een belasting op de ondergrond aangebracht. De ondergrond zal hierdoor zettingen ondervinden.

Voor de vulling ten behoeve van beschut ondiep water wordt een ontwerphoogte tussen NAP-0,4m en NAP-2m aangehouden. Gebaseerd op de gemiddelde ontwerphoogte voor beschut ondiep water van NAP-1,0m wordt indicatief 2/3 van de zettingen van beschut plas dras, zie paragraaf 7.2.2., aangehouden. Dit komt neer op circa 0,25m zetting van de ondergrond tot 15 maanden na opleveren.

Beschutte oeverzone

Door het aanbrengen van vulmateriaal wordt een belasting op de ondergrond aangebracht, die zal leiden tot zettingen.

Voor de vulling ten behoeve van beschutte oeverzone ondiep water wordt een opleverhoogte tussen circa NAP-0,4m en NAP-2,0m nagestreefd. De verwachte zettingen vanuit de onderliggende grondlagen liggen in de range tussen de helft van de hierboven genoemde waarden en boven genoemde waarden liggen. Als indicatie voor de te verwachten zetting wordt ruim 50% van de waarden van plas dras aangehouden, zie Hoofdstuk 11, dit komt neer op circa 0,2m tot 15 maanden na opleveren.

11.2. Consolidatie van vulling

De onderstaande beschouwingen betreffen het ontwerp van het vulproces zoals in het najaar van 2015 is vastgesteld en 'bevoren'. Deze resultaten worden gebruikt als eerste indicatie voor de aan te leggen hoogtes. De uitgevoerde DELCON modelberekeningen (memo 13084-03-M08-aro-0d) zijn vertaald in een vulschema. Dit vulschema zal gedurende de uitvoering continu worden geoptimaliseerd op basis van meetresultaten en nieuwe inzichten.

Realisatie zal op basis van de adaptieve werkwijze, zie Hoofdstuk 13, beheersmaatregelen uitvoeren in afstemming met de slib deskundige.

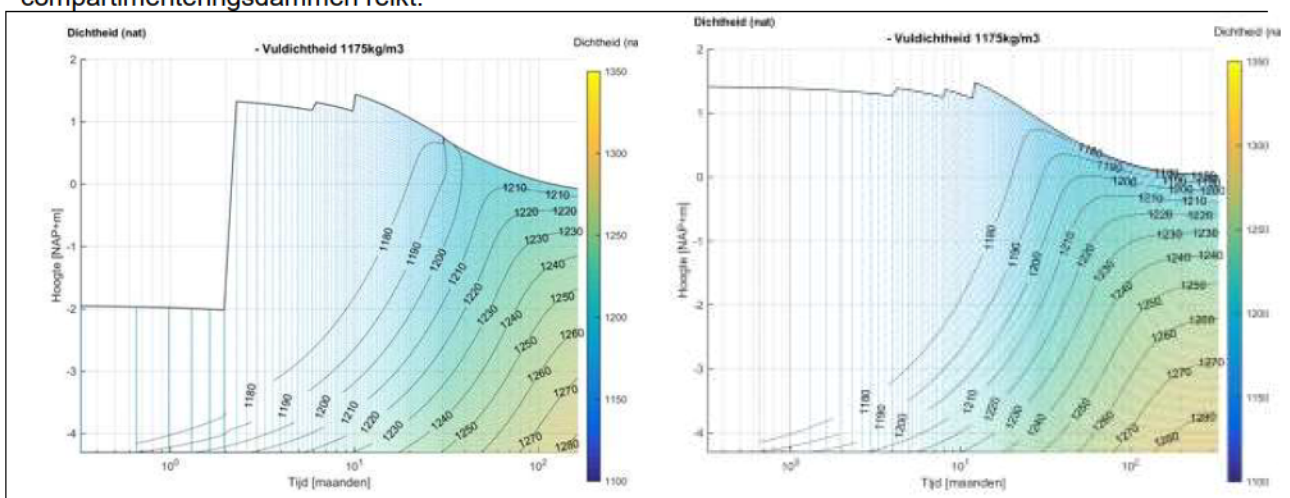
In de beschouwingen is uitgegaan van:

- Er wordt gestreefd naar een hoge dichtheid van het holocene vulmateriaal bij aanbrengen. Dit materiaal betreft een klei-watmengsel, waarvoor vooralsnog wordt uitgegaan van een dichtheid van circa 1175kg/m^3 . Dit mengsel wordt door middel van een sproeiopont aangebracht binnen compartimenteringsdammen.
- Er wordt gestreefd naar een snelle vulling van de gebieden, zodat op basis van gewonnen ervaring en monitoring gedurende de uitvoering enige tijd beschikbaar is om beheersmaatregelen uit te kunnen voeren. Er wordt uitgegaan van een periode van circa 4 jaar tussen de laatste vulslag en het moment van opleveren.

Beschut plas-dras

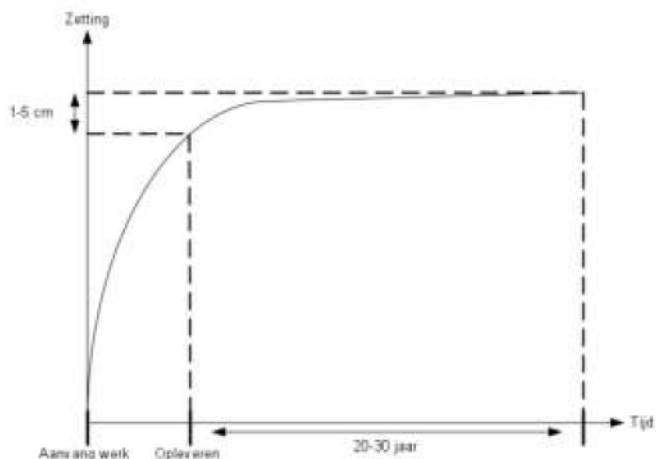
Als gemiddeld opleverniveau voor de gebieden beschut plas dras wordt NAP-0,2m aangehouden.

Hieronder worden voorbeelden gegeven van eigen gewicht consolidatie voor de eilandvulling. Hierbij is uitgegaan van een vulling tot een hoogte van circa NAP+1,5m in meerdere slagen. De linker grafiek geeft indicatief het gedrag met een eerste vulslag binnen onderwaterdammen. De rechter grafiek geeft de indicatief het consolidatiegedrag voor vulslagen die direct tot de bovenkant van de compartimenteringsdammen reikt.



Figuur 15: Voorbeelden verloop eigen gewicht consolidatie met en zonder onderwater vulslag.

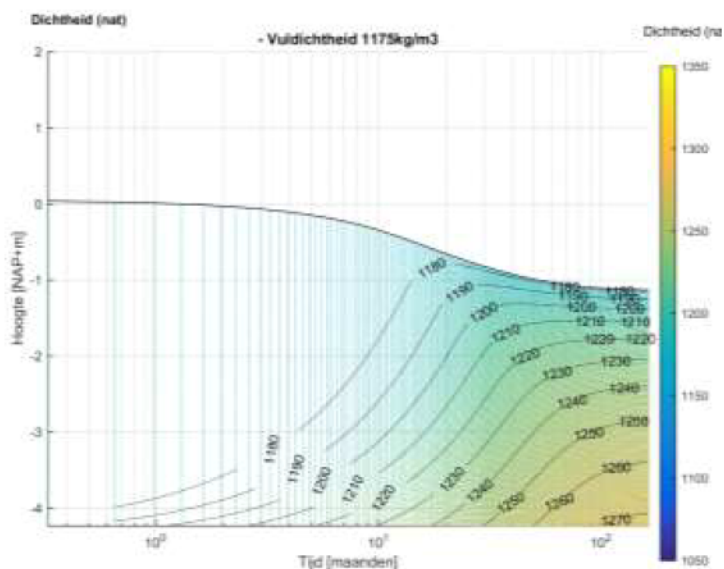
Op basis van Figuur 15 wordt een hoogte van de bovenkant van de vulling verwacht van indicatief NAP+0,30m bij opleveren, circa 4 jaar na start uitvoering. De grafieken geven de hoogtes exclusief zetting van de ondergrond weer. De snelheid van het consolidatieproces zal na opleveren steeds verder afnemen. Na opleveren wordt een zetting van circa 5cm verwacht, zie Figuur 16.



Figuur 16: Verloop zetting als gevolg van eigen gewicht consolidatie

Beschut ondiep water

De gemiddelde ontwerphoogte van beschut ondiep water is circa NAP-1,0m.

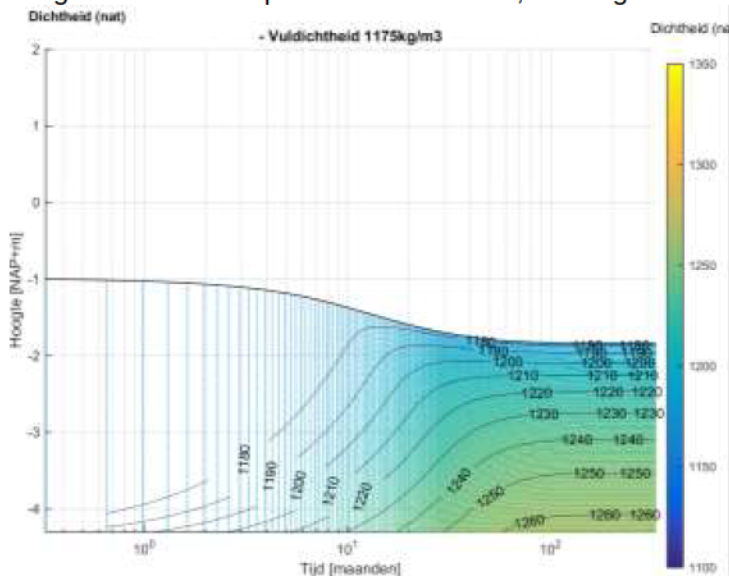


Figuur 17: Voorbeeld verloop eigen gewicht consolidatie beschut ondiep water

In bovenstaande modellering is indicatief uitgegaan van een vulslag tot een hoogte van circa NAP-0,0m. Voor beschut ondiep water wordt een dichtheid van 1200 kg/m^3 nagestreefd. Bij opleveren (na circa 4 jaar) wordt bij deze dichtheid een indicatieve hoogte van circa NAP-1,3m gevonden. Deze hoogte is exclusief zetting van de ondergrond.

Beschutte oeverzone

Als gemiddeld ontwerpniveau wordt NAP-2,0m aangehouden.



Figuur 18: Voorbeeld verloop eigen gewicht consolidatie beschutte oeverzone

In bovenstaande modellering is indicatief uitgegaan van een vulslag tot een hoogte van circa NAP-1,0m. Bij opleveren (na circa 4 jaar) wordt een indicatieve hoogte van circa NAP-1,9m gevonden. Deze hoogte is exclusief zetting van de ondergrond.

11.3. Prognose opleverhoogten en vulslagen

In onderstaande paragrafen worden de prognoses van opleverhoogten uit de eigen gewicht consolidatie (bevroren DELCON modellering) gecombineerd met verwachte zetting van de ondergrond weergegeven. Gedurende de uitvoeringsfase worden nieuwe prognoses opgesteld en op basis van de adaptieve werkwijze beoordeeld of optimalisatie maatregelen zinvol zijn. Uitvoeringseisen gerelateerd aan het vulproces zijn geformuleerd in paragraaf 13.5.

Beschut plas dras

Bij opleveren is de verwachte hoogte ten gevolge van de eigen gewicht consolidatie ca. NAP+0,35m. De te verwachten zetting van de ondergrond is circa 0,30m-0,35m. Hierdoor wordt in de modelberekening een hoogte van circa NAP+0m gevonden tussen het moment van opleveren eind 2020 en 15 maanden daarna. Deze hoogte is iets hoger dan de gemiddeld benodigde NAP-0,2m. Hierdoor is de verwachting dat iets minder vulslagen nodig zijn dan gemodeleerd.

Op basis van inzichten uit de modelberekening en de uitvoeringsfasering worden de volgende vulslagen beoogd:

- 1e vulslag tot een hoogte van circa NAP-3,0m
- 2e vulslag tot een hoogte van circa NAP-1,0m.
- 3e vulslag tot een hoogte van circa NAP+1,5m.

De totaal benodigde vulhoogte wordt hierdoor ca. 5,8m. Het schema zal in samenspraak met de slib expert nader worden verrijnd.

Beschut ondiep water

Bij opleveren is de verwachte hoogte ten gevolge van de eigen gewicht consolidatie uit de modelberekening ca. NAP-1,3m. De te verwachten zetting van de ondergrond is circa 0,25m. Hierdoor wordt een hoogte van circa NAP-1,6m berekend tussen opleveren en 15 maanden daarna. Deze hoogte is lager dan de beoogde NAP-1,0m, waardoor een hogere vulling dan gemodelleerd nodig lijkt.

Op basis van inzichten uit de modelberekening en de uitvoeringsfasering worden de volgende vulslagen beoogd:

- 1^e vulslag tot een hoogte van circa NAP-3,0m
- 2^e vulslag tot een hoogte van circa NAP-1,0m.
- 3^e vulslag tot een hoogte van circa NAP+0,8m.

De totaal benodigde vulhoogte wordt hierdoor ca. 5,1m. Het schema zal in samenspraak met de slib expert nader worden verfijnd.

Beschutte oeverzone

Bij opleveren is de verwachte hoogte ten gevolge van de eigen gewicht consolidatie ca. NAP-1,9m. De te verwachten zetting van de ondergrond is circa 0,20m. Hierdoor wordt in de modelberekening een ontwerphoogte van circa NAP-2,1m gevonden tussen opleveren en 15 maanden daarna. Deze hoogte is lager dan de beoogde NAP-2,0m, waardoor een hogere vulling dan gemodelleerd nodig lijkt.

Op basis van inzichten uit de modelberekening en de uitvoeringsfasering worden de volgende vulslagen beoogd:

- 1^e vulslag tot een hoogte van circa NAP-3,0m
- 2^e vulslag tot een hoogte van circa NAP-1,0m.
- 3^e vulslag tot een hoogte van circa NAP-0,8m.

De totaal benodigde vulhoogte wordt hierdoor ca. 3,5m. Het schema zal in samenspraak met de slib expert nader worden verfijnd.

Opgemerkt wordt dat op de bodem van de beschutte oeverzone buffers met holoceen materiaal worden aangebracht. Voor deze laag is geen hoogte eis gedefinieerd.

12. COMPARTIMENTERINGS DAMMEN

12.1. Achtergrond

Op de bodem van het Markermeer worden zanddammen rond de buitenkant van module A, B en C aangebracht. De dammen zijn in eerste instantie onderwaterdammen waarbinnen een eerste vulslag met holoceen materiaal uit de winput kan worden aangebracht.

Om verder op te kunnen vullen worden de onderwater compartimenteringsdammen verder opgehoogd tot circa NAP+2m als begrenzing voor de toekomstige gebieden plas-dras en beschut ondiep water. Hiervoor wordt zand uit de zandwinput toegepast. De compartimenteringsdammen hebben een aantal functies:

- Bieden begrenzing en luwte om holoceen vulmateriaal te kunnen aanbrengen en te kunnen laten bezinken gedurende de uitvoering
- Mogelijk maken peilbeheer gedurende de uitvoering ten behoeve van vegetatieontwikkeling
- Bereikbaar houden van moeras voor zowel beheer en onderhoud als wandelpaden
- Bieden luwte voor ondiepe waterpartijen.

Onderstaande Figuur 19 geeft het overzicht van het ontwerp van modules A, B en C. Hierin zijn de donkere lijnen secundaire luwtedammen, beheer- en onderhoudspaden, die samen met de onderwaterdammen in een gestippelde kleur de compartimenten gedurende de uitvoering vormen.



Figuur 19: Overzicht ontwerp modules A, B en C.

Om bovengenoemde functies te kunnen vervullen is het nodig dat de dammen een bepaalde hoogteligging hebben op een aantal tijdstippen. Hierop wordt in paragraaf 12.2 ingegaan. De uitwerking van de benodigde hoogtes wordt in paragraaf 12.3 gegeven.

12.2. Uitgangspunten compartimenten

Er wordt gestreefd naar een zichtbaar verschil tussen de hoogte en breedte van paden op de hoofdstructuur van de secundaire luwtedammen en lager gelegen achterkaden, die een verbinding tussen moeras en ondiep water moeten realiseren.

Secundaire luwtedammen



Figuur 20: Oriëntering gebogen secundaire luwtedammen

De compartimenteringsdammen hebben de volgende streefhoogten (afgesteld met OG op 17-12-2015):

- Secundaire luwtedammen met beheer- en wandelpaden en de dam bij het compartiment dun slib worden aangelegd met als doel een ontwerphoogte van NAP+1,0m eind 2030 te bereiken (zie par.12.2).
- Overige compartimenteringsdammen met beheer- en wandelpaden worden aangelegd met als doel een ontwerphoogte van NAP+0,5m eind 2030 te bereiken.
- Compartimenteringsdammen ter plaatse van vlonderpaden worden verlaagd, waarbij wordt gestreefd naar de volgende ontwerphoogten:
 - NAP-0,4m bij reguliere vlonderpaden
 - NAP-0,9m bij vlonderpaden ter plaatse van kreekopeningen.
 Deze hoogtes gelden op 1 april 2022 om een goede doorstroming te borgen.
- Compartimenteringsdammen die worden verlaagd om als luwteranden aan de oostzijde te fungeren worden verlaagd naar (waarbij wordt gestreefd naar de volgende ontwerphoogten):
 - NAP-0,2m voor luwteranden zonder palenrij
 - NAP-0,9m voor luwteranden met palenrij
 Deze hoogtes gelden op 1 april 2022 om een goede doorstroming te borgen.

De keuze om de hoogtes van de paden aan boven genoemde data te koppelen heeft met het te verwachten zettingsgedrag van de ondergrond te maken. De zanddammen zetten in de eerste jaren na ophogen het sterkst, na 10 jaar tijd is circa 80-90% van de zetting opgetreden. Om 30 jaar na opleveren nog op de boven genoemde wenselijke beelden uit te komen zouden extra overhoogtes aangebracht moeten worden om de volledige zetting te compenseren. Dit zou echter gedurende lange tijd grotere hoogtes betekenen dan vanuit de ruimtelijke kwaliteit wenselijk is. Indien echter geen overhoogte wordt aangelegd zullen de paden op een lager niveau uitkomen dan voor de drooglegging en vanuit de

ruimtelijke kwaliteit wenselijk is. De keuze om de hoogtes van de paden te relateren aan een datum 10 jaar na opleveren is een compromis tussen de geschetste beelden.

12.3. Zetting en hoogtes bij compartimenteringsdammen

De compartimenteringsdammen waarbinnen plas dras wordt aangelegd dienen de hoogste vulslagen te kunnen bergen en vast te houden. De dammen worden initieel tot NAP+2m aangelegd.

De compartimenteringsdammen die worden gebruikt als begrenzing van voornamelijk beschut ondiep water hoeven minder vulling te bergen en kunnen een lagere initiële aanleghoogte van circa NAP+1m hebben.

Deze dammen gaan in de loop van de tijd zetten. Het zettingsgedrag is onderwerp van rapportage 13084-04-R02-2-PTUR. Gemiddeld bedraagt de verhouding:

- 1,21 tussen de aanbrenghoogte en de hoogte bij opleveren plus 15 maanden (op 1 april 2022)
- 1,24 tussen de aanbrenghoogte en de hoogte 10 jaar na opleveren (eind 2030)
- 1,25 tussen de aanbrenghoogte en de eindzetting.

De verwachting is dat gedurende 4 maanden de meeste vulslagen nodig zijn. De zetting van de dammen in deze tijd ligt in de orde van 0,3m-0,4m gebaseerd op een gemiddelde grondslag. Hierdoor resteert na de eerste maanden met vulslagen een hoogte van circa NAP+1,6m. Kort voor opleveren zal de dam verder zijn gezet tot circa NAP+0,8m. Na verloop van tijd kunnen de dammen hierdoor minder vulhoogte bergen dan aan het begin van de uitvoeringsfase.

Het zettingsgedrag van de randen en de eilandvulling is beschreven in de Zettings- en stabiliteitsbeschouwing 13084-04-R02-2-PTUR. De ophoogslagen en profielen worden gedurende de uitvoering nader geanalyseerd. Indicatief zijn de volgende aanleghoogtes voorzien:

- De secundaire luwteranden met beheer en wandelpaden dienen eind 2030 uit te komen op NAP+1m. Hiervoor is het nodig om de zanddam tot ca. NAP+2,70 aan te leggen. Initieel wordt tot NAP+2,0m aangebracht en vervolgens geprofileerd om tot de gewenste hoogte te komen.
- De overige randen met beheer en wandelpaden dienen eind 2030 uit te komen op NAP+0,5m. Hiervoor is het nodig om de zanddam initieel tot ca. NAP+2,0 aan te leggen.
- De randen rond de waterlijn worden voor opleveren geprofileerd naar dieptes van NAP-0,2m, NAP-0,5m en NAP-0,9m.

Onderstaande tabel geeft een indicatie van het verwachte zettingsgedrag gebaseerd op 13084-04-R02-2-PTUR .

Theoretische aanleghoogte	Hoogte 1 april 2022	Hoogte Eind 2030	Eindhoogte
[NAP+m]	[NAP+m]	[NAP+m]	[NAP+m]
2,7	1,2	1,0	1,0
2,0	0,7	0,5	0,4

Tabel 2: Indicatie theoretische aanleghoogtes en zettingen bij beheer en onderhoudspaden

De randen net onder waterpeil worden initieel tot circa NAP+1m aangelegd zetting tot kort voor opleveren circa 0,9m. Deze dammen worden voor opleveren afgegraven naar een gemiddelde hoogte van circa NAP-0,5m.

12.4. Stabiliteit compartimenteringsdammen

De stabiliteit van de compartimenteringsdammen is onderzocht in 13084-04-R02-2-PTUR. De conclusies van de stabiliteitsbeschouwingen zijn de onderstaande paragraaf weergegeven.

12.5. Aanvullende Uitvoeringseisen compartimenteringsdammen

- Er dient een monitoringsplan te worden opgesteld voor het zettingsgedrag van de ondergrond ter plaatse van de compartimenteringsdammen.
- Het initieel aanlegprofiel voor de compartimenteringsdammen/zachte rand dient te worden aangelegd met een taludhelling van 1:4 boven water en 1:7 onder water. De kruin mag in combinatie met genoemde taludhellingen initieel worden aangelegd op NAP+2 m. Het aanbrengen van de zanddam met steilere taluds dient vooraf ter toetsing te worden voorgelegd aan de Geotechnisch adviseur en dient te worden onderbouwd met aanvullende geotechnische informatie.
- Tijdens de uitvoeringsfase dient de conceptuele fasering uit het Geotechnisch Uitvoeringsontwerp (Zettings- en stabiliteitsbeschouwing 13084-04-R02-2-PTUR) te worden verwerkt in werktekeningen/werkplannen. De werktekeningen/werkplannen dienen ter toetsing te worden voorgelegd aan een geotechnisch adviseur.
- De aanleghoogtes dan de zanddammen dienen tijdens de uitvoeringsfase door een geotechnisch adviseur te worden bepaald op basis van meetresultaten van de zetting tijdens de uitvoering.
- De verticale tolerantie op de hoogte van de DO profielen dient plus en min 0,2m te zijn.
- De horizontale toleranties voor het verloop van de assen van de DO profielen dient plus en min 1m te zijn.
- De kruinbreedte en bermbreedte van de compartimenteringsdammen dient minimaal overeen te komen de breedtes van de DO profielen van ruimtelijke kwaliteit 1523 MAR-007.

12.6. Risico's compartimenteringsdammen

- Indien zanddammen op een reeds aangelegde holocene vullaag worden aangebracht is een faalmechanisme van horizontaal afschuiven mogelijk.
- De vulling van de compartimenten met holoceen kleimengsel zal de doorlatendheid van de zanddammen sterk beperken. Door het aanbrengen van de vulling ontstaat een verhang van ruim 1,5m (bij beschut plas dras). De mate waarin water aan de achterkant van de dammen uittreedt, eventueel met transport van gronddeeltjes als begin van een faalmechanisme, is onbekend.

13. ADAPTIEVE WERKWIJZE

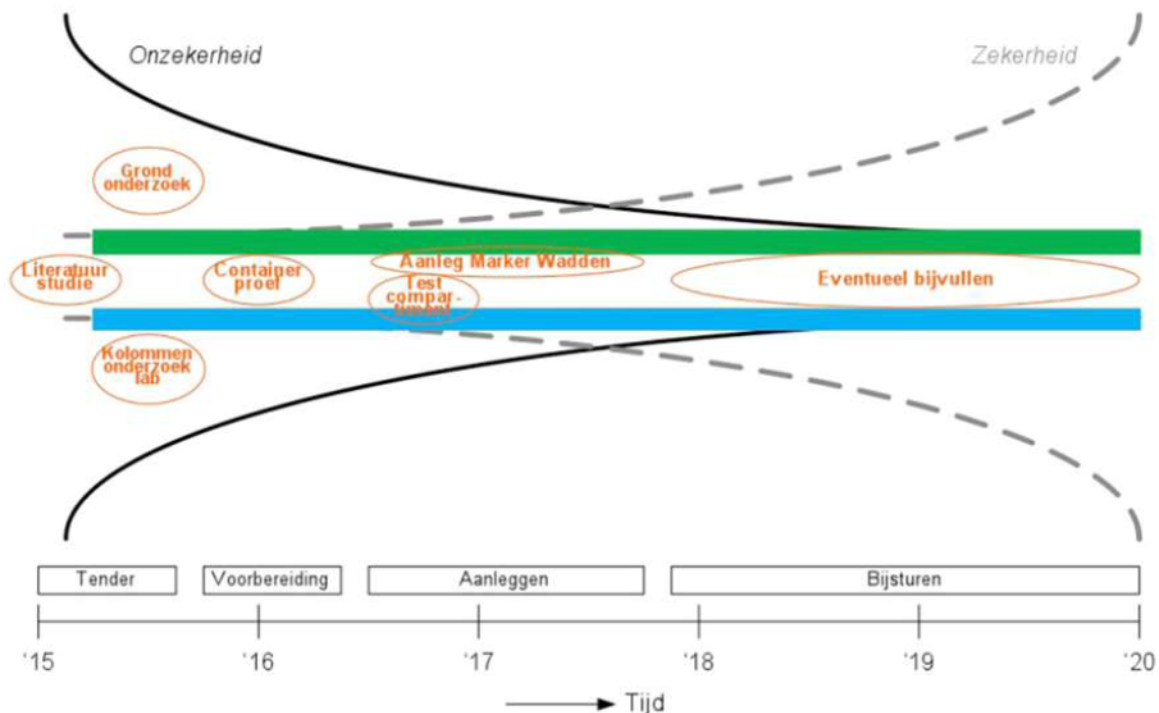
13.1. Principe Adaptieve werkwijze

Een Adaptieve Werkwijze betreft de continue optimalisatie van de operationele werkmethode op basis van voortschrijdend inzicht zodat bij oplevering aan de eisen van de opdrachtgever kan worden voldaan. Deze werkwijze is nodig om het proces van zetting aan en bij te sturen. Dit is nodig omdat het zettingsproces niet met genoeg nauwkeurigheid te voorspellen is door de grote gevoeligheid van dit proces voor een groot aantal factoren.

Zo worden op voorhand eisen en doelen gedefinieerd en wordt een strategie bepaald waaraan een resultaat dient te voldoen. De acties of maatregelen om dit te verwezenlijken worden vastgelegd. Deze acties worden uitgevoerd en vervolgens worden de resultaten geverifieerd. Een evaluatie van de effectiviteit van de acties wordt beoordeeld tegen de gedefinieerde doelen. Indien niet het benodigde doel wordt bereikt worden de acties en maatregelen bijgesteld en uitgevoerd. Figuur 21 geeft het proces weer van een adaptieve werkwijze. De Adaptieve Werkwijze wordt toegepast voorafgaand aan en gedurende de uitvoering van het project. Door een reeks aan activiteiten wordt nieuwe kennis opgedaan en onzekerheden weggenomen, zie Figuur 22. De Adaptieve Werkwijze stelt ons in staat om de aangescherpte prognoses die daar uit voortkomen toe te passen.



Figuur 21: Principe van Adaptive Management (Bron: CEDA Position Paper integrating adaptive environmental management into dredging projects, Maart 2015)



Figuur 22: Activiteiten om de modelberekeningen tot aan 31 december 2020 steeds nauwkeuriger te maken en het begrip van het zettingsgedrag te verbeteren op basis van een adaptieve aanpak

13.2. Aanscherpen van de prognose

Het aanscherpen van de prognose voor de maaiveldddaling is een continu proces dat loopt tot oplevering van de Marker Wadden. Gaandeweg wordt de werkmethode geoptimaliseerd waarbij de onzekerheid wordt verkleind en het begrip van het zettingsgedrag steeds verbeterd. Hierbij ligt de nadruk op het kwantificeren en kwalificeren van het aangebrachte materiaal, en op het consolidatie- en drogingsgedrag in de tijd. De modelberekeningen van de zetting worden daarmee herhaaldelijk geverifieerd en herhaald. Gedurende de tenderfase is de prognose al bijgesteld op basis van literatuurstudie, grond onderzoek en kolommen onderzoek.

Onderstaande paragrafen beschrijven welke activiteiten in de voorbereidingsfase van het project worden uitgevoerd om een meer kennis te genereren van het gedrag van het vulmateriaal en de prognoses bij te kunnen stellen.

13.2.1. Containerproeven

In het najaar van 2015 zijn container proeven gestart met het vullen van 3 containers van ieder circa 20 m³ met holocene materiaal. Het doel van deze testen is om voor drie verschillende vulstrategieën te onderzoeken hoe het consolidatieproces verloopt. De resultaten van deze proeven stellen ons in staat een eerste optimalisatieslag door te voeren m.b.t. de eerder besproken vulstrategie.

Als functie van de diepte wordt het materiaal en het gedrag onderzocht en gekarakteriseerd. In een container worden de poriewaterdrukken en dichtheid in de tijd gemeten. Dit zijn belangrijke indicatoren voor het consolidatieproces, en vormen belangrijke invoer parameters voor het DELCON model. De ongedraineerde schuifsterkte als functie van dichtheid en samenstelling wordt met een roto-viscometer gemeten. Zo kan de relatie tussen de samenstelling en draagkracht van het vulmateriaal worden gelegd.

Ten slotte wordt de krimpcurve bepaald op basis van Atterbergse limieten en dichtheid. Op basis van deze curve wordt het drogingsgedrag van het materiaal na aanbrengen voorspeld.

13.2.2. Test compartiment

In de aanlegfase wordt gestart met de aanleg van één compartiment van 40 hectare. Door deze zo snel mogelijk in slagen te vullen en de monitoring in dit compartiment te concentreren, kan de gekozen aanpak vroeg in het aanlegproces worden geverifieerd en geoptimaliseerd. Monitoring in dit test compartiment zal plaats vinden zoals beschreven in Paragraaf 13.3.1.

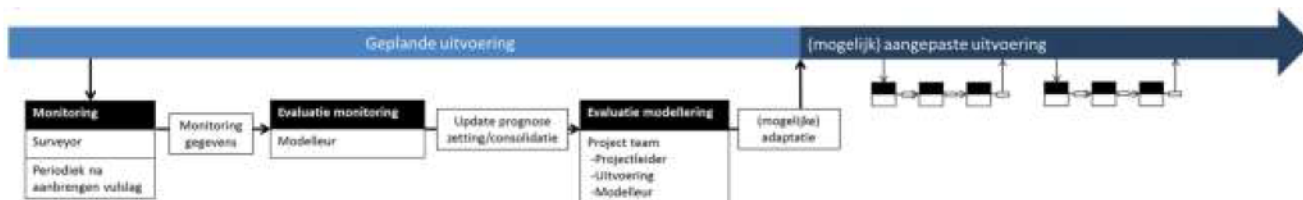
13.2.3. Aanleg overige compartimenten Marker Wadden

Gedurende de aanleg van de Marker Wadden en de periode tot oplevering wordt dezelfde monitoringstrategie als voor het eerste compartiment van 40 hectare gekozen. Hierdoor kan gericht worden ingespeeld op afwijkingen van het zettingsverloop.

Door de proeven en het monitoren van consolidatie en zetting wordt op 31 december 2020 een gekalibreerd model opgeleverd, waarmee de Opdrachtgever nauwkeurig inzicht heeft in toekomstige zettingen van de ondergrond en het holocene vulmateriaal. Dit model is getoetst aan de verschillende proeven en aan meet- en monitoringgegevens van de eerste opgetreden consolidatie en zettingen tot aan oplevering. Het voorspelt nauwkeurig hoeveel en wanneer de Opdrachtgever de Marker Wadden dient aan te vullen, voordat negatieve effecten op de kwaliteit en omvang optreden.

13.3. Activiteiten en taakverdeling

Bij de Adaptieve Werkwijze wordt met de uitvoering ingespeeld op het consolidatie- en zettingsgedrag. De kernactiviteiten die nodig zijn om volgens een Adaptieve Werkwijze te kunnen werken zijn monitoring, evaluatie en adaptatie.

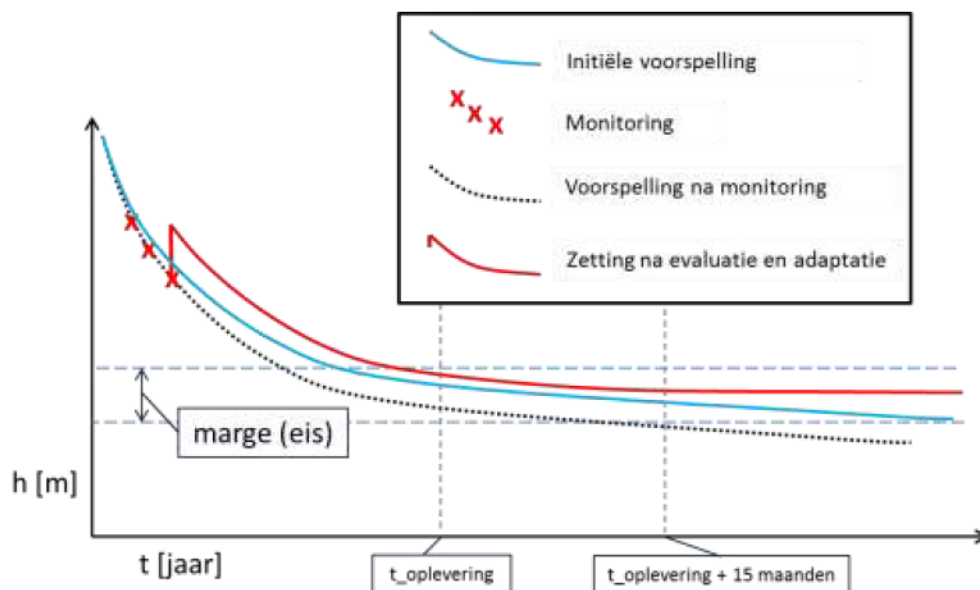


Figuur 23: Taakverdeling bij adaptieve werkwijze

Figuur 23 geeft schematisch de taakverdeling bij de adaptieve werkwijze weer. Een surveyor levert monitoringsresultaten aan de modelleur, die de resultaten evalueert en indien zinvol een nieuwe prognose van de hoogtes kan genereren. De modellering met eventuele benodigde maatregelen worden in het project team besproken. Dit proces is iteratief en kan herhaaldelijk worden doorlopen.

De kernactiviteiten monitoring, evaluatie en adaptatie worden in het voorbeeld van Figuur 24 toegelicht en worden in de paragrafen hierna specifiek voor het Marker Wadden project behandeld.

De eerste voorspelling (blauw) geeft aan dat de hoogte en zetting binnen de marges blijft. Na monitoring (rode X-jes) lijkt de zetting toch harder te verlopen (stippel lijn) dan initieel voorspeld. De monitoring resultaten worden geanalyseerd en een adaptatie wordt toegepast, bijvoorbeeld door het aanbrengen van extra materiaal. De nieuwe voorspelde zetting (rood) valt weer binnen de gezette marges.



Figuur 24: Visualisatie van de aansturing van het zettingsgedrag

13.3.1. Monitoring

Het zettingsproces zal met intervallen gemonitord worden. De zetting zal gelijk na aanbrengen van materiaal snel verlopen en na verloop van tijd langzamer worden. De intervallen waarmee gemonitord wordt zal hierop worden afgestemd door gelijk na aanbrengen met kortere intervallen te monitoren dan na enige tijd.

Het monitoren kan gericht zijn op het bijhouden van de grondstromen en het bepalen van de grondeigenschappen over de diepte.

Grondbalans

Er wordt bijgehouden hoe de grondstromen gedurende de uitvoering lopen. Dit omvat:

- Het monitoren van het wingebed. Hierbij bepalen we hoeveel in-situ materiaal van het wingebed naar het stort wordt geperst.
- De concentratie en het debiet van het vulmateriaal dat door de zuiger wordt geperst. Dit is de startconcentratie van het vulmateriaal in het stort. Aan de hand hiervan is te bepalen hoeveel tonnen droge stof aangebracht zijn.
- Het monitoren van het totale volume in het stort. Indien we daaraan het totale aangebrachte tonnen droge stof koppelen kan een indicatie gegeven worden van de dichtheid in het stort.

De locatie en laagdikte van het materiaal wordt na aanbrengen gemeten met een echolood, gemonitord met een peilvlet of, afhankelijk van de beschikbare vaardiepte, met een op afstand bedienbaar peilbootje. De keuze voor inmeten kan aangepast worden als blijkt dat een andere methode effectiever of efficiënter blijkt. Een belangrijk aspect voor het bepalen van het volume van het aangebrachte materiaal is het los kunnen koppelen van de zetting van het vulmateriaal en van de ondergrond.

Grondeigenschappen over de diepte

Kennis over de dichtheid als functie van de diepte is noodzakelijk om te kunnen verifiëren en bijsturen van het zettingsgedrag van het materiaal. De dichtheid als functie van de diepte over de verticaal van de

vullaag wordt gemeten met een 'MudBug'. Ook worden steekmonsters genomen om deze metingen te verifiëren. Voor het consolidatie- en droogproces worden dezelfde metingen als hierboven voor de containers beschreven uitgevoerd. Daarnaast worden voorafgaand aan het vullen zakbakens geplaatst om de zetting van de ondergrond tijdens en na vullen te volgen. Dit is nodig om de zetting van de sliblaag en van de ondergrond uit elkaar te houden.

13.3.2. Evaluatie

Na monitoring worden de voorspelde zettingen en dichtheden geëvalueerd. De voorspelling van de zetting wordt aangescherpt door met name het DELCON model opnieuw te kalibreren op basis van de nieuwe gegevens.

Op basis van de nieuwe voorspelling wordt geëvalueerd of een adaptatie nodig is en welke adaptatie dat zou moeten zijn.

13.3.3. Adaptatie

Een adaptatie en de keuze om deze door te voeren is mogelijk voor, tijdens en na de uitvoering van de geplande vulslagen. Een aantal voorbeelden van adaptaties zijn aangegeven in onderstaand schema. De daadwerkelijke keuze voor het al dan niet toepassen van (een combinatie van) deze maatregelen hangt af van waarnemingen en uitvoeringstechnische mogelijkheden.

Mogelijke adaptieve maatregelen
Meer of minder materiaal aanbrengen (in-situ volume uit winput)
Verwijderen materiaal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aan de oppervlakte ▪ Onder de oppervlakte
Aanpassen geplande vulslagen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dikte van de vulslagen ▪ Tijdsinterval tussen vulslagen
Dichtheid van het vulmateriaal aanpassen
Aanpassen uitstroomhoogte in compartiment
Korst en vegetatie management <ul style="list-style-type: none"> ▪ Waterstand regulering ▪ Vegetatie timing en kwantiteit inzaaien

Figuur 25: Overzicht mogelijke adaptaties

13.4. Tijdschema

Voor de aanleg wordt er reeds onderzoek gedaan naar mogelijke aanscherpingen van de zettingsvoorspelling. Nieuwe inzichten hieruit kunnen omgezet worden naar een vernieuwde werkwijze.

Tijdens de aanleg zal de cyclus van de Adaptieve Werkwijze aan tijd gebonden zijn. Voor de eilanden zijn de vulslagen gepland met tijdsintervallen. Een adaptatie van een volgende vulslag kan enkel doorgevoerd worden indien de gehele cyclus voorafgaand aan die vulslag afgerond is.

Als voorbeeld gaan we hieronder uit van 3 gebieden (A, B en C) met elk gebied een aantal vulslagen (A1, A2 etc). Als vulslag A1 afgerond is zal vulslag B1 gelijk aanvangen. Tijdens en na aanbrengen van vulslag A1 zal gebied A gemonitord worden. Enige tijd na aanbrengen van een vulslag, wanneer al enige zetting is opgetreden, zal de zetting geëvalueerd worden. Op basis van de evaluatie kan nieuw materiaal op een adaptieve wijze aangebracht worden. Een adaptatie zou ook kunnen zijn dat het

vulschema aangepast wordt. Tabel 3 geeft een visualisatie van de indicatieve timing van de Adaptieve Werkwijze.

Activiteit	Voorafgaand aan uitvoering	Tijdens uitvoering	Na uitvoering
Onderzoek	Doorlopend	Doorlopend	Doorlopend
Monitoring	Indien nodig	Wekelijks	Maandelijks
Modelering	Doorlopend aanscherpen	na elke vulslag	Eens per kwartaal
Evaluatie	Parallel aan onderzoek	na elke vulslag	Eens per kwartaal, na modellering
Adaptatie	Op basis van evaluatie	Eventueel na evaluatie	Eventueel na evaluatie

Tabel 3: Overzicht van voorbeeldfrequenties van activiteiten als onderdeel van de Adaptieve Werkwijze

Bovenstaande figuur en tabel zijn voorbeelden. De monitoring methoden en intervallen kunnen aangepast worden op basis van het daadwerkelijke zettingsgedrag en op basis van de uitvoerbaarheid in de praktijk. Indien tijdens het aanbrengen van een vulslag al nieuwe inzichten beschikbaar zijn welke de huidige of de volgende vulslag kunnen verbeteren kan een adaptatie ook direct toegepast worden indien praktisch uitvoerbaar.

13.5. Uitvoeringseisen

- Er dient een monitoringsplan te worden opgesteld voor het consolidatiegedrag van de vulling. Dit monitoringsplan dient zich te richten op het gedrag van eigengewicht consolidatie en het zettingsgedrag van de ondergrond.
- In het werkplan dient te worden vastgelegd dat het monitoringsplan wordt gevolgd en dat keuringsformulieren voor monitoringsgegevens en data van het baggerproces worden vastgelegd.
- Er dient te worden gewerkt met een adaptieve werkwijze. Op basis van een vulplan worden de vulslagen uitgevoerd, gemonitord en worden geëvalueerd of een adaptatie voor de volgende vulslagen nodig is. Dit dient in het werkplan te worden uitgewerkt, inclusief de taken en bevoegdheden.
- Om het beoogde beeld ruimtelijke kwaliteit te verkrijgen wordt in het werkplan een spuitplan opgesteld, die het maakproces voor het micro-reliëf vastlegt. Dit spuitplan wordt in samenwerking tussen realisatie en ontwerper ruimtelijke kwaliteit opgesteld.

BIJLAGE 1. ANALYSE GOLFCONDITIES BESCHUTTE OEVERZONE

HT2-05

In de beschutte oeverzone dient de golfhoogte bij een storm die eens per jaar (=1:1) kan voorkomen, zodanig gereduceerd te zijn dat de golfhoogte maximaal 0,30 m bedraagt.



Figuur 26: Overzichtstekening van Marker Wadden, waarin indicatief de locatie van de beschutte oeverzone is weergegeven. De pijlen geven aan vanaf welke kanten de golven het gebied kunnen bereiken.

De beschutte oeverzone is gepositioneerd in het centrale deel van de Eerste Fase Marker Wadden, tussen modules A+B (moerasgebied aan de westzijde) en module C (eiland aan de oostzijde). De positie van de oeverzone is dusdanig gekozen dat deze zo veel mogelijk beschut ligt ten aanzien van golven (zie Figuur 26).

Aan de westkant grenst de beschutte oeverzone direct aan het moeras. Een compartimenteringsdam scheidt de oeverzone (grotendeels) af van de naastgelegen haven. Langs de zuidwestrand van de beschutte oeverzone bevindt zich de primaire zandige luwtedam (ZW-rand) met daarin een tweetal overwash zones. De noordoostelijke begrenzing van de oeverzone betreft direct de (secundaire) zandige luwtedam voor het moerasediland behorende bij Module C. Hierdoor ontstaat een langwerpig gebied dat langs de beide lange zijden is omgeven door (luwte)dammen. De korte uiteinden, aan de noordzijde en aan de zuidoostzijde, zijn niet afgesloten door hoge dammen, omdat anders de doorstroming door het moerasgebied te veel beperkt zal worden.

Het ontwerp in beschouwing nemend kan geconcludeerd worden dat er maar zeer beperkte golfwerking te verwachten is in de beschutte oeverzone. Er zijn wel een aantal aspecten die nader geanalyseerd moeten worden om aan te tonen dat voldaan wordt aan eis HT2-05: maximale golfhoogte van 30 cm bij 1/1 per jaar condities. Er kan hierbij onderscheid gemaakt worden tussen:

- Golfdoordringing van buitenaf, en
- Lokale golfgroei door wind.

Golfdoordringing van buitenaf

In Figuur 26 is te zien dat er op een drietal locaties sprake zou kunnen zijn van golfdoordringing in de beschutte oeverzone vanaf het omliggende Markermeer: [1] aan de zuidoostkant, [2] aan de noordkant, en [3] via de overwash zones in de ZW-strandrand. Voor elk van deze opties wordt een inschatting gemaakt van de golfhoogten die hierdoor kunnen optreden in de beschutte oeverzone.

1. De zuidoostelijke begrenzing van de beschutte oeverzone staat het meest direct in verbinding met het open water van het Markermeer. De oeverzone wordt hier begrensd door een onderwaterdam met een kruinniveau rond NAP -2 m, om het bodemmateriaal op de plek te houden. Golfdoordringing zal enkel kunnen plaatsvinden bij wind uit het zuidoosten. Zuidoostenwind behoort tot de minst voorkomende windrichtingen (zie golfklimaat in UO nota 'zachte rand'; MW-UO-WP-OW04); ongeveer 6% van de tijd. Voor de zuidoostelijke windrichting zijn 1/1 per jaar stormcondities vastgesteld met een golfhoogte van ca. 40 cm en een waterstand rond NAP -0,6 m (zie Tabel 4). De lokale waterdiepte in de beschutte oeverzone betreft dan ca. 1,4 m, waardoor er niet direct sprake zal zijn van diepte-gerelateerde golfbreking. Toch zal er naar verwachting weldegelijk golfhoogtereductie optreden doordat aan weerszijden van de (relatief smalle) doorgang luwtedammen aanwezig zijn die zorgen dat [1] de wind minder vat heeft op de golven, en [2] energieverlies optreedt door vernauwing van het relevante deel van het golfspectrum. Bij windgolven is altijd sprake van een zekere mate van richtingspreiding; en door de aanwezigheid van de zanddammen aan weerszijden wordt alle golfenergie uit andere richtingen dan zuidoost geblokkeerd, waardoor de totale golfenergie (en dus de golfhoogte H_s) afneemt. De twee bovengenoemde processen zullen voor voldoende golfdemping zorgen om de golfhoogten te reduceren van 40 cm naar 30 cm. Naar mate de golven dieper het gebied inlopen zal de golfhoogte nog verder afnemen. Samenvattend: nabij de zuidoostelijke rand van de beschutte oeverzone kunnen dus golfhoogten voorkomen die iets hoger zijn dan de maximaal toegestane 30cm binnen de oeverzone (namelijk: 40 cm). Het is echter zeer aannemelijk dat deze 1/1 per jaar golven voor

het bereiken van de oeverzone voldoende zijn gereduceerd ten gevolge van de relatief smalle doorgang, en de afscherming van golfrichtingen door de luwtedam(men).

2. De noordelijke begrenzing van de beschutte oeverzone sluit aan op de 'tijdelijke ontvangstvoorziening', en ligt in de beschutting van de noordwestelijke primaire zandrand en de noordoostelijke luwtedam die fungeert als buitenrand van de Eerste Fase Marker Wadden. Golven met een voorkomenskans van 1/1 per jaar uit het (noord)noordoosten hebben, net als de golven uit het zuidoosten, een beperkte golfhoogte: ca. 40 cm. Door de gekozen configuratie van de luwtedammen kunnen deze stormgolven de noordelijke begrenzing van de oeverzone echter niet eens bereiken.
3. De overwash-zones in de primaire ZW-rand zijn een laatste potentiële toegangsweg voor golven. Wat betreft de golfhoogte-eis voor de beschutte oeverzone kan echter eenvoudig worden geconcludeerd dat de kans verwaarloosbaar klein is dat er via de overwash-zones golven kunnen doordringen die resulteren in golfhoogten in de buurt van de 30 cm. Het ontwerpniveau van de overwash-zones ligt rond NAP +0,5 m, en dit niveau zal ten gevolge van morfologische ontwikkeling wellicht nog wat afnemen in de toekomst. Maar, zelfs in de meest conservatieve situatie zal een 1/1 per jaar storm uit het zuidwesten (waterstand: NAP +0,2 m; golfhoogte 1,1 m), door de flauwe strandhelling en de breedte van de ZW-rand slechts resulteren in zeer beperkte (en zeer lokale) transmissie van golfenergie door de overwashes: golfhoogten \ll 20 cm.

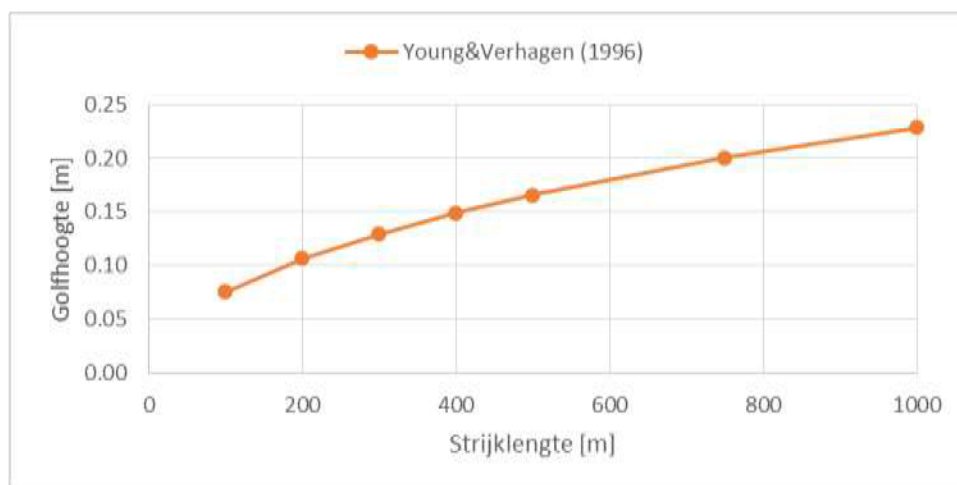
Tabel 4: Overzicht met 1/1 per jaar stormcondities voor de Marker Wadden.

Windrichting	U [m/s]	WL [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]
NNO 30	13.1	-0.6	0.4	2.3
ONO 60	13.7	-0.8	0.4	2.3
O 90	13.3	-0.7	0.4	2.3
OZO 120	12.6	-0.6	0.4	2.3
ZZO 150	13.5	-0.5	0.5	2.6
Z 180	16.1	-0.4	0.8	3.3
ZZW 210	18.5	0	1	3.9
WZW 240	19.2	0.2	1.1	4.2
W 270	19.2	0.2	1.1	4.2
WNW 300	17.4	-0.1	1	3.8
NNW 330	15.8	-0.3	0.8	3.4
N 360	13.4	-0.5	0.8	2.8

Lokale golfgroei door wind

Naast golfdoordringing van buitenaf heeft ook lokale golfgroei door de wind invloed op de maximaal te verwachten golfhoogten in de beschutte oeverzone. Met name voor de richtingen van waaruit geen directe golfval vanaf het Markermeer te verwachten is, is het interessant om een inschatting te maken van de mate van golfgroei binnen het (afgesloten) bassin. Voor de bepaling van lokale golfgroei zijn een drietal parameters relevant: windsnelheid, waterdiepte en strijklengte.

Bij de 1/1 per jaar condities varieert de windsnelheid tussen 12 m/s en 19 m/s, afhankelijk van de windrichting, met een gemiddelde rond 15 m/s. Voor de gemiddelde waterdiepte kan worden uitgegaan van ca. 170 cm. Figuur 27 toont de hieruit volgende relatie tussen golfhoogte en strijklengte op basis van de formuleringen van Young en Verhagen (1996). Het figuur laat zien dat de te verwachten golfhoogten in de range tussen 7 en 23 cm liggen voor strijklengten tussen 100 en 1000 m (dit is een representatieve range voor de beschutte oeverzone). Een vergelijkbare relatie volgt ook uit de formuleringen van Hurdle en Stive (1989); dan zijn de berekende golfhoogten enkele centimeters hoger. Voor beiden geldt dat dit conservatieve inschattingen zijn, omdat de beschutte oeverzone is omringd door luwtedammen die invloed hebben op de (effectieve) windsnelheden.



Figuur 27: Golfhoogte van lokaal opgewekte golven als functie van strijklengte; o.b.v. Young en Verhagen (1996). Uitgangspunt: windsnelheid = 15 m/s, en waterdiepte = 170 cm.

Conclusie

Met behulp van bovenstaande analyses is aangetoond dat de beschutte oeverzone op een effectieve wijze is ingepast in het ontwerp van de Marker Wadden. Er is maar zeer beperkte golfwerking te verwachten in de beschutte oeverzone. Bij 1/1 per jaar golfcondities zal de maximale golfhoogte in de beschutte oeverzone naar verwachting altijd onder de 30 cm blijven.