

Building with Nature



Inventarisatie maatregelen ontwerp HPZ

Memorandum: .Werkpakket B1; product B1P1

Datum: 01 september 2016

Auteurs: Jakolien Leenders, Marije Smit

Status: versie 07



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Leeswijzer	5
2	Ontwerpeisen kustversterking HPZ	6
2.1	Projectspecifieke eisen	6
2.2	Eisen vanuit Kustveiligheid	7
3	Ontwerp kustversterking HPZ	8
3.1	Profieltypes	8
3.2	Locatie maatregelen per profieltype zoals voorzien in ontwerp.....	11
3.2.1	Profieltype 1: Hoog duin met een hoogtevariatie.....	13
3.2.2	Profieltype 2: hoog duin met een geringe hoogtevariatie.....	13
3.2.3	Profieltype 3: Overgangsdun: een laag duin met aansluitend hoog duin.....	13
3.2.4	Profieltype 4: twee duinregels met daartussen een vochtige duinvallei.....	14
3.2.5	Profieltype 5: Strandlagune	14
3.3	Aanlegvolumes.....	15
3.4	Verwachte profielontwikkeling kustversterking HPZ.....	15
3.4.1	Inleiding	15
3.4.2	Profieltype 1	16
3.4.3	Profieltype 2	17
3.4.4	Profieltype 3	17
3.4.5	Profieltype 4	18
4	Aanlegsituatie kustversterking HPZ.....	19
4.1	Aanleg kustversterking HPZ.....	19
4.2	Aanleg maatregelen	21
4.3	Kaarten aanlegsituatie	22
5	Samenvatting en vervolg.....	25
6	Referenties	26
	Bijlage A: Begrippenlijst.....	27
A.1	Referenties bijlage A.....	29
	Bijlage B: Producteisen kustversterking HPZ	30
B.1	Systeemeisen	30
B.2.	Kustversterking.....	30
B.2.1.	Kustversterking HPZ (KHPZ)	31
B.3	Ruimtelijke inpassing.....	31
B3.1	Natuurzone	32
B3.2	Recreatiezone	32

B3.3	Strandgerelateerde opstallen en objecten.....	32
B3.4	Infrastructuur.....	32
Bijlage C:	Beschrijving geplande verstuiwing beperkende maatregelen.....	34
C.1	Schapehekken/rijshouten dammen.....	34
C.2	Helm.....	35
C.3	Struweel.....	36
C.4	Kruiden.....	36
C.5	Variatie in aanplant.....	36
C.6	Luwe laagtes.....	37
C.7	Variatie helling talud.....	38
C.8	Betreding.....	38
C.9	Strobalen.....	39
Bijlage D:	Prognose accumulatieverdeling en eolisch verlies per profieltype.....	40
D.1.	Profieltype 1.....	40
D.2.	Profieltype 2.....	41
D.3.	Profieltype 3.....	42
D.4.	Profieltype 4.....	43
Bijlage E:	Aanlegsituatie maatregelen per profieltype.....	44

1 Inleiding

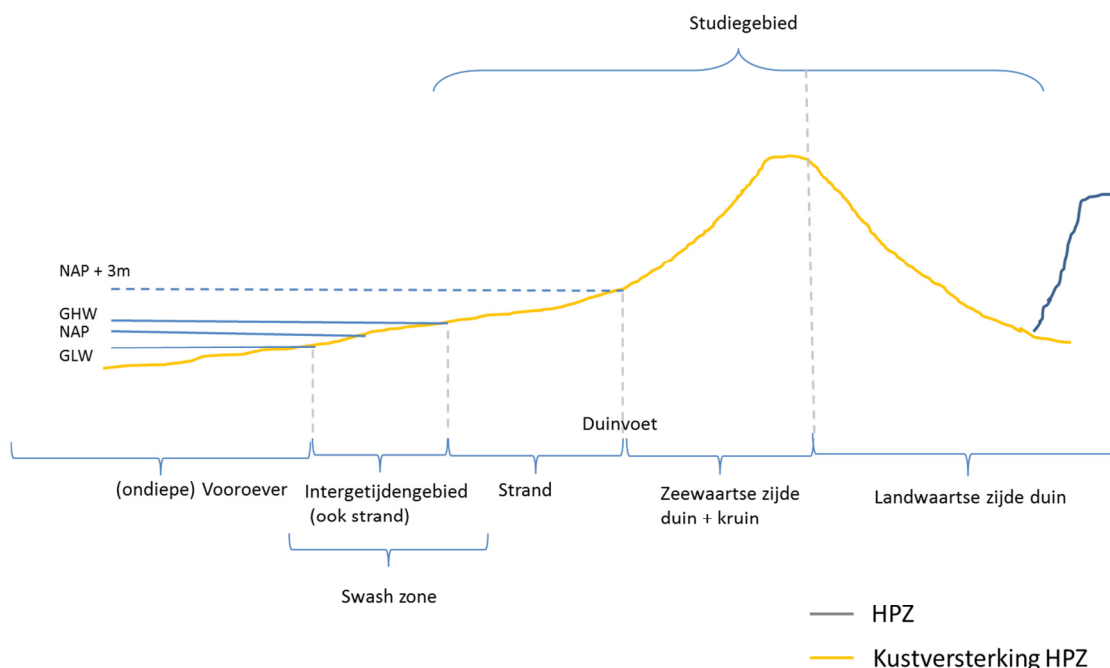
Dit document is een inventarisatie van maatregelen van de kustversterking voor de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) en het verwachte effect van deze maatregelen op eolische processen. De inventarisatie wordt uitgevoerd in het kader van het Building with Nature project van de HPZ, binnen themalijn B: 'Optimalisatie ontwerp' en deels voor themalijn A: 'Voorspelbaarheid habitatontwikkeling'. Doel binnen het project is aan de hand van de kustversterking voor de HPZ te leren over de profielontwikkeling en de effecten van maatregelen hierop. Met maatregelen wordt bedoeld: maatregelen die direct invloed hebben op eolische processen als rijshouten schermen en vegetatie als ook de geometrie van het profiel, zoals de breedte en al dan niet aanwezigheid van een voorduin.

Doel van deze inventarisatie is een overzicht te geven van:

- Ontwerpeisen (Hoofdstuk 2);
- Ontwerp: uitgangspunten en verwachte ontwikkelingen van het profiel (Hoofdstuk 3);
- Aanlegsituatie (Hoofdstuk 4).

De inventarisatie is gedaan op basis van de door de aannemers beschikbaar gestelde documentatie, tekeningen en gegevens. Op basis van deze inventarisatie zijn vier onderzoeksrichtingen benoemd, die in product B1P2 [Ecoshape-HPZ, 2016] worden verkend.

Binnen themalijn B staan de eolische processen centraal. Het studiegebied van het project betreft het 'droog' profiel van de kustversterking van de HPZ, dat wil zeggen het gebied ten westen van de (oude) HPZ tot aan het strand. In Figuur 1-1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 1-1: Schematische weergave dwarsprofiel duin en studiegebied in deze studie.

1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een samenvatting van de ontwerpeisen welke relevant zijn voor de keuzes van de gebruikte maatregelen en elementen in het ontwerp die effect hebben op de eolische processen. Hoofdstuk 3 beschrijft het ontwerp met profieltypen en maatregelen. Hierin is ook de verwachte profielontwikkeling opgenomen op basis van de geplande maatregelen. Hoofdstuk 4 beschrijft de aanpassingen van maatregelen bij realisatie en geeft een overzicht van de aanlegssituatie van de HPZ. Hiertoe is informatie van de aannemer gecombineerd met hoogte informatie van LiDAR beelden¹. In Hoofdstuk 5 is een samenvatting opgenomen van de inventarisatie en worden vier onderzoeksrichtingen genoemd voor verkenning. Deze verkenning is gedaan in product B1P2 [Ecoshape HPZ, 2016]. In Hoofdstuk 6 zijn de gebruikte bronnen genoemd. In de bijlagen is een begrippenkader opgenomen (Bijlage A). In Bijlage B zijn de producteisen voor de kustversterking van de HPZ opgenomen. Bijlage C geeft een beschrijving van de maatregelen en hun verwacht effect op de duinontwikkeling. Bijlage D betreft de basistabellen die zijn gebruikt voor de verwachte profielontwikkeling op basis van het ontwerp. Tenslotte zijn in Bijlage E kaarten opgenomen per profieltype van de maatregelen zoals deze zijn aangelegd.

¹ LIDAR: Light Detection And Ranging; een remote sensing techniek, waarmee op basis van laserpulsen de afstand tot een object of oppervlak bepaalt. Dit kan vertaald worden naar hoogtemetingen, en hoogtemeting

2 Ontwerpeisen kustversterking HPZ

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de ontwerpeisen die aan de kustversterking HPZ door de opdrachtgever zijn gesteld. De ontwerpeisen zijn opgenomen in de vraagspecificatie eisen [VSE, 2013]. In dit hoofdstuk zijn de ontwerpeisen opgenomen die direct gevolgen hebben voor de gekozen profieltypen en maatregelen. Eerst worden een aantal projectspecifieke eisen genoemd (Paragraaf 2.1), waarna de eisen in het kader van veiligheid worden genoemd (Paragraaf 2.2). Een volledige lijst met ontwerpeisen is opgenomen in Bijlage B. De ontwerpeisen zijn vanuit verschillende invalshoeken gesteld. Belangrijke ontwerpeis was dat vanaf 1 januari 2016 de veiligheid gewaarborgd moest zijn.

2.1 Projectspectifieke eisen

In de Vraagspecificatie Eisen [VSE, 2013] zijn de producteisen beschreven voor het project Zwakke Schakels Noord Holland waarbinnen de kustversterking HPZ is uitgevoerd. Daarnaast werden wensen van de opdrachtgever duidelijk door eisen en EMVI-criteria (Ecomonisch meest voordelige inschrijving) in de uitvraag. De EMVI-criteria betroffen naast veiligheid en kwaliteit ook onderhoudsfrequentie, ecologie, beperken van hinder en inpassing. De opdracht werd gegund aan de aanbieder met de beste prijs na waardering volgens de EMVI-criteria. Dit leidde tot een fictieve prijs: het offertebedrag minus de waardering voor de specifieke EMVI-criteria.

De ontwerpfilosofie bij de aanleg van de HPZ was: het creëren van een profiel dat voor de komende 50 jaar aan de veiligheidsnorm² voldoet. Hierbij is een buffer gehanteerd voor verliezen. In het ontwerp is gezocht naar een optimale inrichting met het oog op veiligheid, mogelijkheden voor ecologie, het beperken van hinder en het optimaliseren van belevingsaspecten.

De eisen in het document Vraagspecificatie Eisen [VSE, 2013] zijn opgenomen in Bijlage B. De volgende eisen uit [VSE 2013] zijn bepalend geweest in het ontwerp ten aanzien van het deel boven water van de kustversterking:

- De waterkerende functie dient over de gehele lengte van de HPZ (inclusief de aansluitconstructie aan de zuidzijde RSP³20.35 – 26.06) volledig door de kustversterking te worden vervuld.
- De kustversterking HPZ dient bij acceptatie van de aanleg zodanig te zijn gestabiliseerd dat de kustversterking HPZ niet buiten de projectbegrenzing komt te liggen.
- Het hoogste punt van elke doorsnede van de kustversterking HPZ, met uitzondering van het meest noordelijk deel bij Petten (RSP 20.35 – 20.90), mag bij acceptatie van de aanleg niet hoger liggen dan 12,0 m+NAP.
- Ter plaatse van paviljoen Struin, gelegen direct ten zuiden van de dijkopvang Camperduin mag binnen bepaalde grenzen het hoogste punt van de kustversterking HPZ in de onderhoudsperiode niet hoger liggen dan 10,5 m +NAP.
- De natuurzone dient bij acceptatie van de aanleg maximale condities te bieden voor natuurontwikkeling van de habitattypen H2190, 2190B en 2190D. Deze eis heeft geleid tot de aanleg van het duinmeer en de specifieke inrichting van dit gebied..
- Het droog strand in bovenstaande eis dient vrij te zijn van maatregelen tegen verstuing, met uitzondering van een strook met een breedte van 10 m, direct grenzend aan de duinvoet.

² De hydraulische randvoorwaarden voor de veiligheidsnorm als opgenomen in de VSE [2013].

³ RSP = rijksstrandpaal, zie ook begrippenkader in Bijlage A.

- Tussen de verlengde strandlagen Camperduin en Petten dient een fietspad te worden aangelegd op het duin met overwegend zicht op zee, een breedte van 3,60 m. Het fietspad dient voorzien te worden van asfaltverharding die qua kleur en samenstelling aansluit bij de omgeving waarin het fietspad wordt ingepast.

2.2 Eisen vanuit Kustveiligheid

In VSE [2013] is beschreven dat in het 'Ontwerpkader Zwakke Schakels Kust 2008' is opgenomen dat de kustversterking zodanig ontworpen moet zijn dat deze voor de komende vijftig jaar (na acceptatie op 1 januari 2016), voldoet aan de wettelijke norm.

Dit is een strengere eis dan opgenomen in de producteisen, waar is genoemd dat deze voor de komende 20 jaar moet voldoen.

Er wordt opgemerkt dat bij de kustversterking HPZ niet is geanticipeerd op de nieuwe normen die vanaf 1 januari 2017 wettelijk worden vastgesteld.

Bij de bepaling van de ontwerprandvoorwaarden is uitgegaan van het 'Ontwerpkader Zwakke Schakels Kust 2008' en zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De belastingen voor dijkkringgebied 13 zijn gegeven in de HR2006 [HR2006]. Voor de HPZ zijn dit de randvoorwaarden als opgenomen in Tabel 2-1.

Jarkusraai	Locatie	Rekenpeil	H _{m0}	T _p
Van - tot		[m+NAP]	[m]	[s]
2041 - 2200	Pettemer Zeewering	5,1	10,15	16,2
2200 - 2400	Hondsbossche Zeewering - Noord	5,2	10,0	16,2
2400 - 2600	Hondsbossche Zeewering - Zuid	5,3	9,9	16,2

Tabel 2-1: *Hydraulische randvoorwaarden Hondsbossche en Pettemer Zeewering – huidige situatie voor een zandige kustversterking.*

- Voor het ontwerp van de Zandige kustversterking dient de zeespiegelstijging voor een planperiode van 50 jaar volgens het middenscenario zoals geformuleerd in de Leidraad Zandige Kust te worden aangehouden. Voor een planperiode van 50 jaar betekent dit een toename van 0,3 m voor het Ontwerppeil⁴.
- Voor ruimtereservering moet rekening gehouden worden met een planperiode van 200 jaar, en moet worden uitgegaan van het maximum scenario uit de Leidraad Zandige kust.
- Bij het ontwerp van de kustversterking dient rekening te worden gehouden met een voorspelde bodemdaling van 0,10 m in de periode van 2016 tot 2066. Dit is exclusief zetting en klink ten gevolge van de Kustversterking. Er dient vanuit te worden gegaan dat de bodem met de gemiddelde zeespiegelstijging meegroeit.
- De gehanteerde ontwerpen verificatiemethode dient gebaseerd te zijn op de methodiek conform het VTV2006 en TRDA2006. [VTV, 2006 en TRDA,2006]. Nadere toelichting op het toetsinstrumentarium is opgenomen in document B1P2 [Ecoshape-HPZ,2016];
- Als rekeninstrumentarium dient het in het VTV2006 en TRDA2006 beschreven Duros Plus (Duros+) model te worden gebruikt. Een beknopte toelichting op dit model is opgenomen in document B1P2 [Ecoshape-HPZ,2016]
- Er moet een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd voor de haalbaarheid bij toeslag op de randvoorwaarden volgens het maximum scenario voor het klimaat, zoals opgenomen in de VSE [2013]. Dit betreffen maximum waarden die door de TAW werkgroep Kust zijn geadviseerd [TAW, 2000].

⁴ Zie begrippenlijst in Bijlage A.

3 Ontwerp kustversterking HPZ

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het ontwerp van de kustversterking HPZ dat op basis van de ontwerpeisen (Hoofdstuk 2 en Bijlage B) is gemaakt. De ontwerpfilosofie bij de aanleg van de kustversterking HPZ was: het creëren van een profiel dat voor de komende 50 jaar voldoet aan de veiligheidsnorm⁵. Bij het ontwerp van de kustversterking HPZ is de kustversterking als primair doel gesteld. Hierbij is een buffer gehanteerd voor verliezen. Er is gestreefd om maximale condities te scheppen voor natuur, ruimtelijke beleving en het beperken van hinder.

Het aanlegprofiel en de maatregelen zijn zo gekozen dat een optimaal evenwicht werd gevonden tussen de verschillende eisen betreffende kustveiligheid, inpassing, ecologie, beleving en het beperken van hinder. Ten behoeve van kustveiligheid en voor het beperken van de kosten voor onderhoud is het nodig om het zand vast te houden op de plek waar het nodig is voor veiligheid. Hiertoe zou het zand goed 'vastgelegd' moeten worden. Dit beantwoordt direct de vraag van de opdrachtgever om geen hinder ten gevolge van verstuiwing toe te staan. Tegelijkertijd wenst de opdrachtgever een kustversterking welke interessant is qua beleving en welke ecologische kansen biedt. Er is in de aanleg een natuurzone voorzien met specifieke eisen aan habitattypes. In het ontwerp is daarom gekozen om **het zand vast te houden waar het moet en los te laten waar het kan**. Dit ontwerpprincipie bepaalt de keuze voor maatregelen.

In de volgende paragrafen beschrijven we het ontwerp van de kustversterking HPZ. We gaan hierbij eerst in op de gebruikte profielvormen. Deze zijn in 5 profieltypes in te delen (paragraaf 3.1). Paragraaf 3.2 geeft een overzicht van de maatregelen tegen verstuiwing die bij het ontwerp waren voorzien per profieltype. In paragraaf 3.3 zijn de verwachte aanlegvolumes gegeven. In paragraaf 3.4 is de verwachte ontwikkeling van de profieltypes met betrekking tot depositie van zand opgenomen.

3.1 Profieltypes

De kustsectie van de kustversterking HPZ is opgebouwd uit 5 representatieve dwarsprofielen (Figuur 3-1):

1. Profieltype 1: Hoog duin met een hoogtevariatie;
2. Profieltype 2: Hoog duin met een geringe hoogtevariatie (hoogte maximaal 11,8 m bij acceptatie van aanleg);
3. Profieltype 3: Overgangsduin: een laag duin met aansluitend hoog duin, beide rond 60 m breed;
4. Profieltype 4: Twee duinregels met daartussen een vochtige duinvallei;
5. Profieltype 5: Strandlagune.

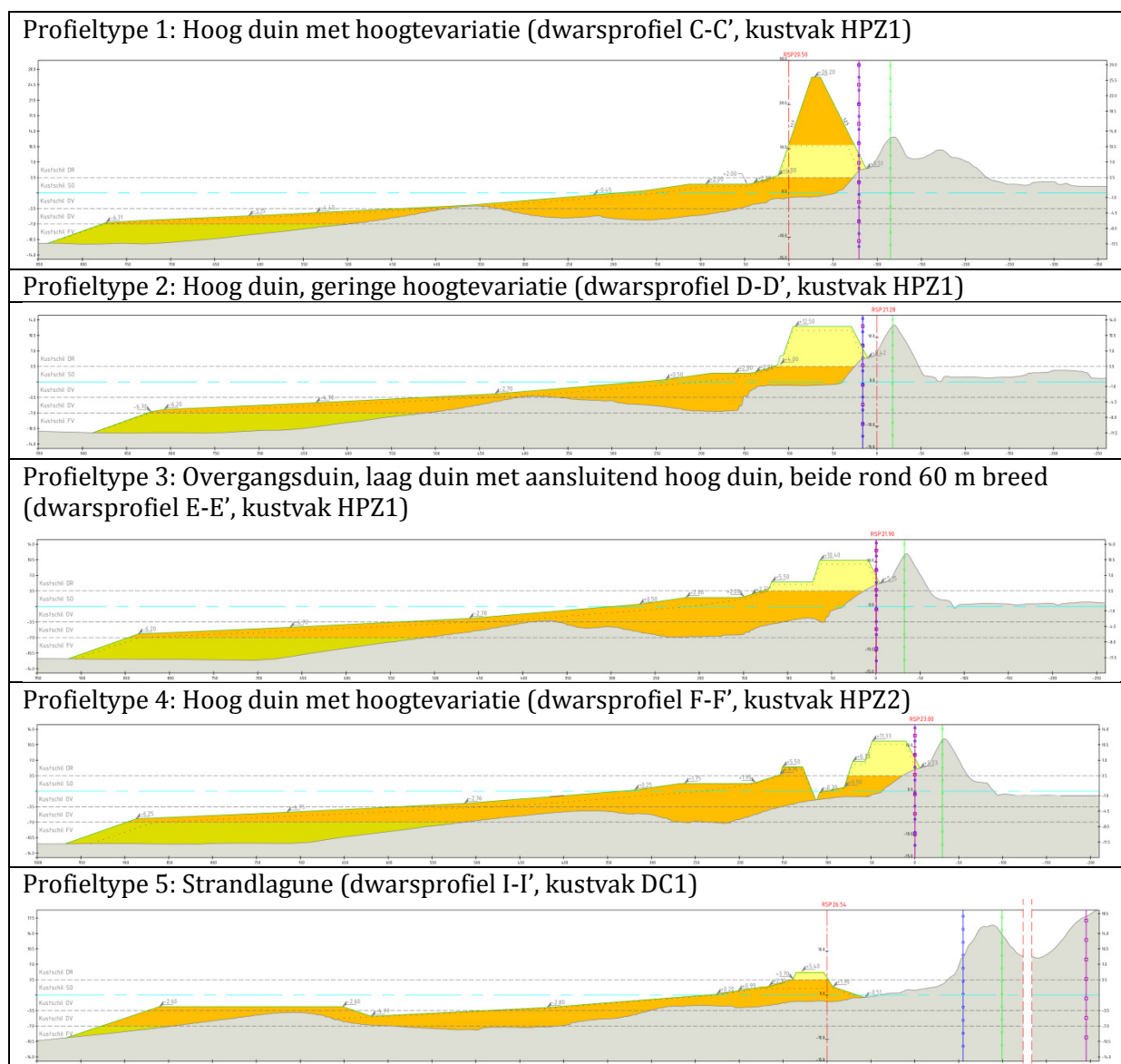
Tabel 3-1 geeft een overzicht van de duinbreedte en strandbreedte per profieltype. Hierbij is voor de duinbreedte de afstand genomen vanaf de duinvoet (NAP+3 m) tot aan de aansluiting bij de oude HPZ. Voor de strandbreedte is de afstand genomen van NAP 0 m tot de duinvoet (NAP+3m). De breedtes zijn ingeschat op basis van de profielen in Figuur 3-1. De strandbreedtes lijken veel breder dan de in de VSE [2013] gestelde eis van een minimale breedte van 50 m in de recreatiezone voor het droog strand. In de VSE [2013] is droog strand gedefinieerd als strook zand tussen gemiddeld hoogwater en de duinvoet. Dit reduceert de strandbreedte met een factor 1/3. Als we ook nog rekening houden met zeespiegelstijging (0,3 m) en bodemdaling (0,1 m) is de strandbreedte ongeveer een factor 0,6 van de waarde als aangegeven in Tabel 3-1. Dit betekent dat de strandbreedte ongeveer een factor 2 breder is ontworpen dan de in de VSE [2013] gestelde minimale strandbreedte.

⁵ Waarbij de hydraulische randvoorwaarden gelden als opgenomen in de VSE [2013].

Profieltype	Strandbreedte [m]	Breedte duin [m]
1	175	80
2	155	100
3	160	125
4	160	160
5	160	100

Tabel 3-1: *Inschatting breedte duin en strandbreedte per profieltype*

Figuur 3-1 geeft voor elk van deze profielen een dwarsdoorsnede. De figuren zijn overgenomen uit Ontwerpnota eolische verliezen [Ontwerpnota eolisch verlies, 2013] en de studie naar eolische verliezen, uitgevoerd in 2015 [Onderhoudsadvies kustversterking HPZ, 2015].

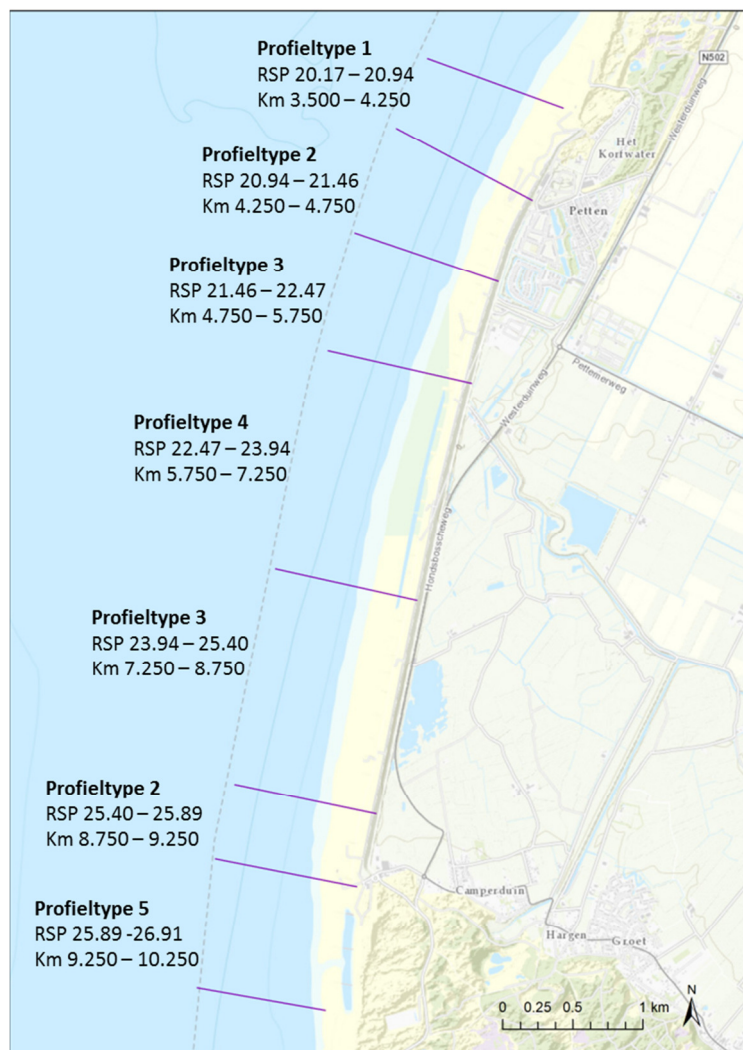


Figuur 3-1: *Profieltypes HPZ (Bron: Ontwerpnota eolisch verlies, 2013).*

De profieltypes zijn schematisch over het gebied van de kustversterking HPZ verdeeld als opgenomen in Tabel 3-2. De ruimtelijke verdeling van deze profieltypes over de kustversterking van de HPZ is weergegeven in Figuur 3-2.

Profiel	Kilometerpaal	Rijksstrandpaal	Lengte [m]
1	3.500 – 4.250	20.17 – 20.94	750
2	4.250 – 4.750	20.94 – 21.46	500
3	4.750 – 5.750	21.46 – 22.47	1000
4	5.750 – 7.250	22.47 – 23.94	1500
3	7.250 – 8.750	23.94 – 25.40	1500
2	8.750 – 9.250	25.40 – 25.89	500
5	9.250 – 10.250	25.89 – 26.91	1000
Lengte Totaal			6750

Tabel 3-2: Verdeling profieltypen over kustversterking HPZ.



Figuur 3-2: Locatie profieltypes kustversterking HPZ. (eigen figuur).

Ten noorden en ten zuiden van deze profielen liggen de bestaande duinen landwaarts van de HPZ. De kustversterking is hierop aangesloten. Deze delen zijn geen onderdeel van dit Ecoshape HPZ project.

Per profieltype zijn verschillende verstuiving beperkende maatregelen voorzien. Het (verwachte) kwalitatieve effect van deze maatregelen wordt nader beschreven in de volgende paragraaf.

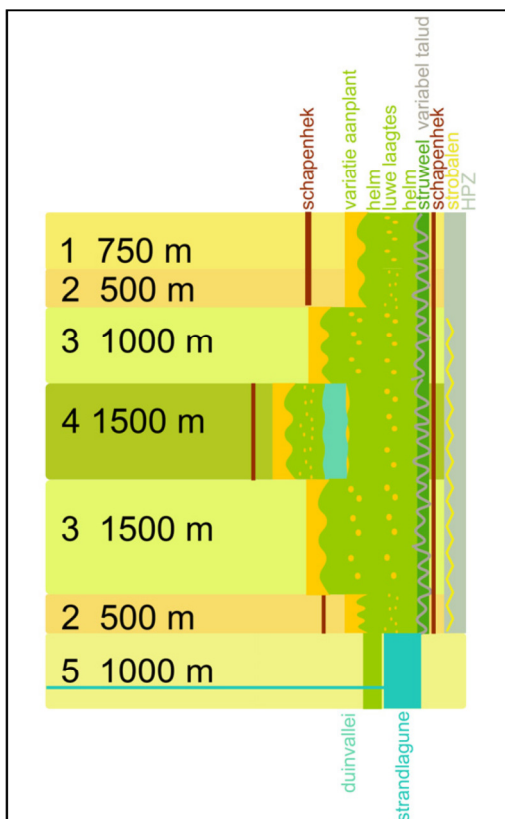
3.2 Locatie maatregelen per profieltype zoals voorzien in ontwerp

De maatregelen en het verwachte effect van deze maatregelen die in het ontwerp waren voorzien zijn beschreven in Bijlage C. Het overzicht van maatregelen in Bijlage C laat zien dat het effect van de maatregelen velerlei is: naast vasthouden van het zand, hebben sommige maatregelen juist tot doel de bevordering van dynamiek en verscheidenheid in het duin, de bevordering van natuurlijke habitat voor verschillende organismen en een mooi natuurlijk, dynamisch landschap.

Deze paragraaf geeft een overzicht van de geplande maatregelen per profieltype. De maatregelen per profieltype zijn opgenomen in Figuur 3-3. In deze paragraaf bespreken we voornamelijk de maatregelen die een verstuiving beperkend effect hebben (schapenhek/wilgenscherm, helm, struweel). Binnen themalijn A van het Ecoshape project van de HPZ wordt het aspect van de maatregelen op natuurontwikkeling en ecologische veranderingen onderzocht. De verstuiving beperkende maatregelen (schapenhek, helm, struweel) zijn in tabelvorm opgenomen in Tabel 3-3 [Ontwerpnota Initieel aanlegprofiel, duinvorming en verstuivingbeperkende maatregelen, 2013].

Bij aanleg is vanwege praktische redenen en ervaring met aanleg wel eens van het ontwerp afgeweken. Daarom is in werkpakket B op basis van de 'as built' tekeningen⁶ van de aannemercombinatie en de eerste hoogtemetingen van mei 2015⁷ een kartering gemaakt van de maatregelen per profieltype. De aanlegsituatie is beschreven in Hoofdstuk 4.

Bij de beschrijving van de maatregelen per profieltype zijn wijzigingen in de maatregelen bij aanleg ook genoemd.



Figuur 3-3: Overzicht locatie geplande maatregelen HPZ.

⁶ Het gaat hierbij om verschillende AUTOCAD bestanden: Totaaloverzicht_afrastering_20160210.dwg; Totaaloverzicht lengte afrastering 20150824.dwg en pdf. Controle helm obv Aerodata mei 2015.dwg; Overzicht totale helm asbuild 20160330.dwg; ACAD-Wilgen ZSNH-Model.dwg.

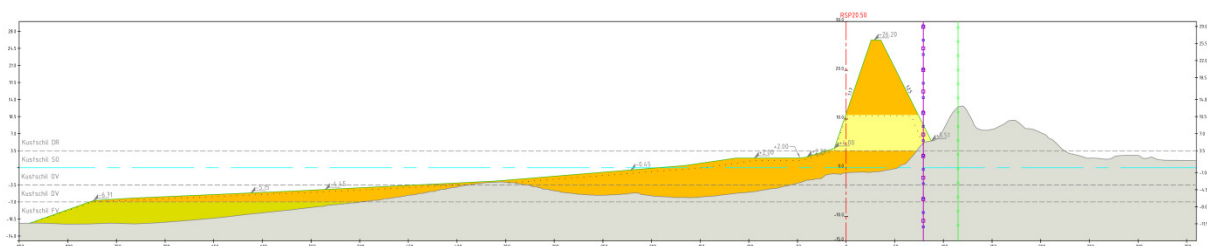
⁷ Bestand 'dem2015hpz1m'

Sectie	Locatie op dwarsprofiel	Maatregel	Lengte in dwarsprofiel [m ² /m]	Begroeiing [%]
Profiel 1	Duinvoet	Schapenhekken		1.0
KP3.5 - Kp4.25	1m op strand (a)	Helm		1.0
Lengte=750 m	Talud zeezijde	Helm		15.3
	10m zeezijde kruin	Helm		10.0
	Kruin	Helm		46.0
	10 m landzijde kruin	Helm		10.0
	Talud landzijde	Helm		17.8
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		8.3
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		4.7
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Schapenhekken		1.0
Profiel 2	Duinvoet	Schapenhekken		1.0
Kp4.25 - Kp4.75	1m op strand (a)	Helm		1.0
Lengte = 500 m	Talud zeezijde	Helm		16.9
	10m zeezijde kruin	Helm		10.0
	Kruin	Helm		46.0
	10 m landzijde kruin	Helm		10.0
	Talud landzijde	Helm		19.8
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		8.4
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		4.4
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Schapenhekken + strobalen		1.0
Profiel 3	1m op strand (b)	Helm		1.0
Kp4.75 - Kp5.75	Talud zeezijde laag duin	Helm		2.9
Lengte = 500 m	10m zeezijde kruin laag duin	Helm		10.0
	Kruin laag duin	Helm		29.3
	10 m landzijde kruin laag duin	Helm		10.0
	Talud zeezijde hoog duin	Helm		9.5
	10m zeezijde kruin hoog duin	Helm		10.0
	Kruin hoog duin	Helm		34.8
	10 m landzijde kruin hoog duin	Helm		10.0
	Talud landzijde hoog duin	Helm		14.0
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		7.9
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		5.0
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Strobalen		1.0
Profiel 4	Duinvoet	Schapenhekken		1.0
Kp5.75 - Kp7.25	1m op strand (b)	Helm		1.0
Lengte = 1500 m	Talud zeezijde 1e duinregel	Helm		3.2
	3m zeezijde kruin 1e duinregel	Helm		3.0
	Kruin 1e duinregel	Helm		5.0
	15 m landzijde kruin 1e duinregel	Helm		15.0
	Talud landzijde 1e duinregel (NAP+1.5 m tot bovenkant talud)	Helm		8.9
	Talud zeezijde 2e duinregel (gem NAP+2.25 m tot bovenkant talud)	Helm		8.7
	Kruin berm 2e duinregel	Helm		14.0
	Talud zeezijde 2e duinregel	Helm		9.5
	10m zeezijde kruin 2e duinregel	Helm		10.0
	Kruin 2e duinregel	Helm		18.5
	10m landzijde kruin 2e duinregel	Helm		10.0
	Talud landzijde 2e duinregel	Helm		17.2
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		8.3
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		4.9
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Strobalen		1.0
Profiel 3	1m op strand (b)	Helm		1.0
Kp7.25 - Kp8.75	Talud zeezijde laag duin	Helm		3.0
Lengte = 1500 m	10m zeezijde kruin laag duin	Helm		10.0
	Kruin laag duin	Helm		31.0
	10 m landzijde kruin laag duin	Helm		10.0
	Talud zeezijde hoog duin	Helm		9.8
	10m zeezijde kruin hoog duin	Helm		10.0
	Kruin hoog duin	Helm		36.0
	10 m landzijde kruin hoog duin	Helm		10.0
	Talud landzijde hoog duin	Helm		14.5
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		8.2
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		5.0
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Strobalen		1.0
Profiel 2	Duinvoet	Schapenhekken		1.0
Kp8.75 - Kp9.25	1m op strand (a)	Helm		1.0
Lengte = 500 m	Talud zeezijde	Helm		19.6
	10m zeezijde kruin	Helm		10.0
	Kruin	Helm		51.6
	10 m landzijde kruin	Helm		10.0
	Talud landzijde	Helm		18.4
	Talud landzijde (NAP +/- tot +10)	Struweel		8.5
	Talud landzijde (NAP +5 tot +7)	Struweel		3.3
	Asfalt HPZ (a)	Schapenhekken (incl scheeltjes)		1.0
	Talud HPZ	Schapenhekken + strobalen		1.0
Profiel 5	Talud zeezijde	Helm		3.2
Kp9.25 - Kp10.25	Kruin	Helm		31.8
Lengte = 1000 m				

Tabel 3-3: Overzicht van geplande verstuuving beperkende maatregelen over de HPZ per profieltype [Bron: ontwerpnota initieel aanlegprofiel en verstuivingbeperkende maatregelen, 2013].

3.2.1 Profieltype 1: Hoog duin met een hoogtevariatie

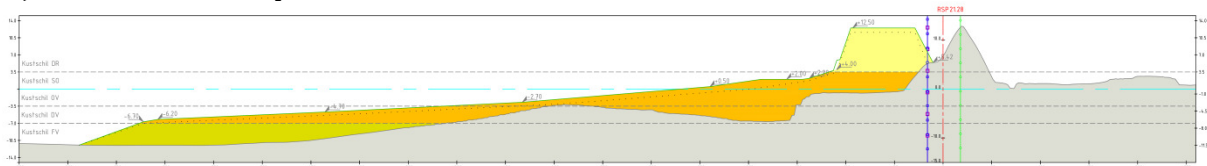
Dit profiel bevindt zich bij het noordelijk deel van de kustversterking van de HPZ. Aan de zeewaartse zijde van de zeereep zijn schapenhekken voorzien om het eerste deel van stuifzand op te vangen. Bij aanleg zijn geen schapenhekken geplaatst, maar wilgenschermen. De doorgezette aanplant van helm tot op het strand zorgt voor ontwikkeling van kustlangse variatie in hoogte aan de voet van het duin. Het duin is verder beplant met helm. Op de kruin van het duin is voldoende ruimte voor het aanbrengen van luwe laagtes, met een hoogtevariatie van maximaal 2m (volume neutraal), die helpen het zand op de kruin te laten accumuleren. Daarnaast bieden zij ruimte aan andere vegetatie door stukken in de luwtes onbeplant te laten. Op de landwaartse zijde van het duin is helm voorzien, onderaan het duin komt duindoornstruweel te staan. Het zeewaartse talud en de kruin van het duin, zijn minimaal 60% beplant met helm. In dit profiel is ook een panoramaduin voorzien, hoger dan NAP+12 m. Dit panoramaduin is aan de landzijde volledig beplant (100 %) en aan de zeezijde en kruin minimaal 60 %.



Figuur 3-4: Profieltype 1: Hoog duin met een hoogtevariatie

3.2.2 Profieltype 2: hoog duin met een geringe hoogtevariatie

De zeezijde van dit duin is gelijk aan profieltype 1. Door de configuratie van de kustlijn is dit duin relatief hoog, en biedt daarmee geen ruimte voor het aanbrengen van variatie op de kruin. Op de kruin worden delen onbeplant gelaten van maximaal 5 m lang en 10 m breed. Ook de landzijde van dit duin is gelijk aan profieltype 1. Het zeewaartse talud en de kruin van het duin zijn minimaal 60% beplant.



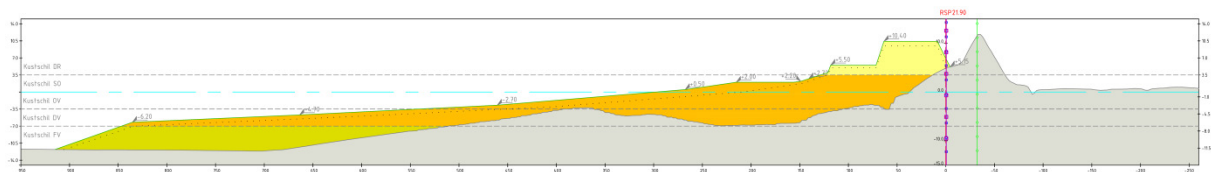
Figuur 3-5: Profieltype 2: Hoog duin met een geringe hoogtevariatie

3.2.3 Profieltype 3: Overgangsdun: een laag duin met aansluitend hoog duin

Aan de zeezijde van deze zeereep was voorzien geen schapenhekken te plaatsen. De zeereep is zo breed dat weinig verstuiwing landwaarts van het duin werd verwacht, waarmee extra maatregelen op het strand niet nodig zijn. Bij aanleg bleek er wel degelijk verstuiwing landwaarts plaats te vinden, en zijn over de gehele lengte van de kustversterking HPZ wilgenschermen aangebracht.

Ten behoeve van de ontwikkeling van een dynamisch duin wordt variatie aangebracht en wel en geen beplanting. Op het zeewaartse talud wordt helm tot op het strand ingeplant (gemiddeld ongeveer 2 bij 2 m) en worden daarnaast lokaal delen van het zeewaartse talud onbeplant gelaten (tot NAP+4,5 m, gemiddeld maximaal 2 m lang kustlang). Dit bevordert invangen van zand, wat ontwikkeling van het duin en de bijbehorende flora en fauna tot gevolg heeft. Zowel op de lage (ongeveer NAP+5 m, maximale hoogtevariatie circa 0,5 m) als de hoge (ongeveer NAP+10 m, maximale hoogtevariatie circa 2 m) kruin van het duin - worden luwe laagtes

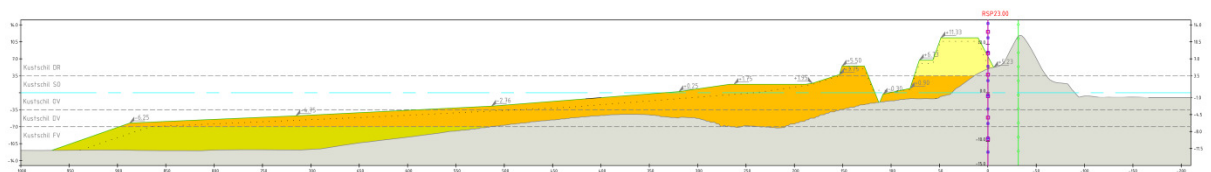
aangebracht. Voor de landzijde van dit brede, laag duin wordt naar profieltype 1 verwezen. Het zeewaartse talud en de kruin van het duin zijn minimaal 60% beplant.



Figuur 3-6: Profieltype 3: Overgangsduin: een laag duin met aansluitend hoog duin

3.2.4 Profieltype 4: twee duinregels met daartussen een vochtige duinvallei

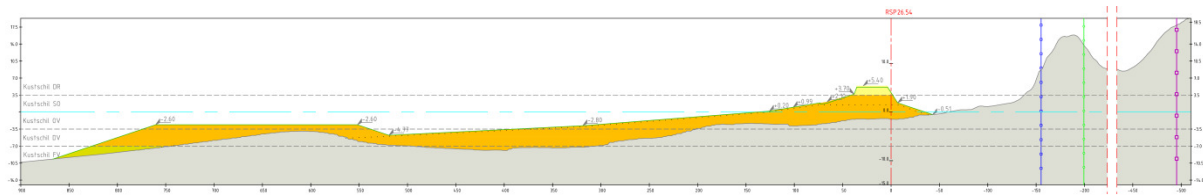
Dit betreft opnieuw een relatief breed dwarsprofiel, waardoor weinig accumulatie van stuifzand landwaarts van de kustversterking verwacht wordt. Er wordt echter wel verstuing over de eerste duinregel richting de duinvallei verwacht. Om dit te beperken en daardoor goede kansen te bieden voor de ontwikkeling en levensduur van de duinvallei, waren aan de voet van de eerste duinregel schapenhekken voorzien. Dit zijn bij aanleg wilgenschermen geworden. Net als in de andere profielen loopt de beplanting met helm op de zeereep lokaal door tot op het strand. Op de kruin van de eerste duinregel worden kleine open plekken aangebracht. Deze bevorderen de lokale dynamiek. Aan de zeewaartse zijde van de duinvallei wordt de helm op de eerste duinregel volgens een slingerend patroon ingeplant. De condities van de vochtige duinvallei zijn verwacht optimaal te zijn voor de ontwikkeling van habitattypes die kenmerkend zijn voor vochtige tot natte duinmilieus, zijnde: open water, vochtige relatief kalkrijke duinvalleien, moerassige duinvegetaties, en natte pioniersvegetaties. Het zeewaartse talud van de tweede duinregel wordt grenzend aan de duinvallei afwisselend steil (1:3.5) en minder steil (1:2.5). De steile delen worden vanaf ongeveer NAP + 3,5 m beplant met helm, de minder steile delen reeds vanaf ongeveer NAP + 1 m. Hiermee wordt al initieel een kustlangse variatie aangebracht. Door de aanwezigheid van de vochtige duinvallei, welke vanaf aanleg vochtig zal zijn, wordt langs deze duinregel minder accumulatie van stuifzand verwacht dan bij de eerste duinregel. Deze initiële variatie geeft direct een dynamisch beeld en draagt bij aan de ontwikkeling van het duin. De tweede duinregel wordt volledig beplant, afgezien van de luwe laagtes welke lokale dynamiek bevorderen en stuifzand lokaal laten accumuleren. De landwaartse zijde van de tweede duinregel wordt gelijk aangelegd en beplant als de andere dwarsprofielen. De eerste duinregel (over een breedte van ca. 5m) is voor 40% beplant. Gemiddeld over de gehele kruin en talud is het zeewaartse talud en de kruin ca. 75% beplant.



Figuur 3-7: Profieltype 4: twee duinregels met daartussen een vochtige duinvallei.

3.2.5 Profieltype 5: Strandlagune

Aan de zuidzijde van de kustversterking HPZ wordt op het strand een strandlagune ingericht. Aan de zeezijde hiervan ligt een strandwal welke zowel aan de zeezijde als op de kruin volledig wordt ingeplant met helm. De landzijde wordt niet ingeplant. Hierdoor wordt het zand grotendeels vastgehouden, maar is ook ruim de mogelijkheid tot dynamische ontwikkeling van deze strandwal. Het zeewaartse talud en de kruin van het duin zijn minimaal 60% beplant.



Figuur 3-8: Profieltype 5: Strandlagune

3.3 Aanlegvolumes

Tabel 3-4 geeft een overzicht van de aanlegvolumes en de volumes die worden aangebracht voor het onderhoud tot 20 jaar na acceptatie na aanleg.

In het volume voor kustveiligheid is het volume opgenomen om te voldoen aan de randvoorwaarden HR2006 (tot 20 jaar na acceptatie van aanleg) met daarbij rekening houdend met het klimaat en bodemdaling over 50 jaar.

Voor het klimaat is conform de Vraagspecificatie Eisen [VSE,2013] uitgegaan van het middenscenario met zeespiegelstijging van 0,3 m. Voor bodemdaling is uitgegaan van 0,1 m over de periode 2016 – 2066, zoals beschreven in het [VSE,2013]. Er is echter niet vanuit gegaan dat deze met de gemiddelde zeespiegelstijging meegroeit, zoals beschreven in het VSE. Er is bij aanleg voor gekozen om deze 0,1 m bij aanleg reeds aan te brengen⁸.

Ook is ervoor gekozen om bij aanleg een extra volume aan te brengen ter compensatie van het eolisch verlies. Bij de kustversterking HPZ is eolisch verlies gedefinieerd als transport van zand dat over het de grens van het profiel plaats vindt. In Figuur 1-1 (blz. 4) is dit schematisch weergegeven met de stippelijntje bij de landwaartse zijde van het duin. Het totaal eolisch verlies over 20 jaar na acceptatie van aanleg is geschat op: 0,18 Mm³. Verplaatsing van zand binnen het profiel wordt niet gezien als eolisch verlies, omdat dit binnen het profiel blijft. In product B1P2 [Ecoshape-HPZ, 2013] wordt hier nader op ingegaan.

Het eolisch verlies is bepaald op basis van een inschatting van deposities op verschillende locaties in de profielvormen. Dit is in de volgende paragraaf verder uitgewerkt naar een profielontwikkeling per profieltype van de kustversterking van de HPZ.

Aanlegvolume Ontwerp	Volume inschatting ontwerp [Mm ³]
Volume voor Kustveiligheid [Mm ³]	26,1
Volume ter compensatie van eolische verliezen [Mm ³]	0,2
Volume ter compensatie van zetting [Mm ³]	2,0
Volume ter compensatie van hydraulische verliezen [Mm ³]	7,0
Volume t.b.v. ruimtelijke kwaliteit [Mm ³]	0,3
Totaal Initieel aanlegvolume	35,6

Tabel 3-4: Aanlegvolumes kustversterking HPZ (Bron: E-mail Paul Olijslager dd 26 juni 2015).

3.4 Verwachte profielontwikkeling kustversterking HPZ

3.4.1 Inleiding

Tijdens de ontwerpfasen is op basis van interpretatie van beschikbare literatuur, veldbezoek en expert judgement een kwantitatieve inschatting gemaakt van de effecten van de verschillende maatregelen. Hierbij is gekeken hoeveel zand elke maatregel naar verwachting vasthoudt, en het zand beschikbaar is voor depositie (naar verwachting).

⁸ Bron: commentaar Paul Olijslager 07/01/16 op eerdere versie van dit memo

Bijlage D bevat de gehanteerde kwantitatieve verdeling per dwarsprofiel. Hierbij is uitgegaan van de bevindingen van Van der Wal [Uit: Ontwerpnota eolische verliezen, 2013], dat de eerste jaren na een suppletie meer zand richting duinen waait dan na 4 jaren. Op deze wijze is tot een verdeling over het dwarsprofiel van zand gekomen. Cumulatief geven deze getallen een beeld van de verwachte verstuiving in 4 en 20 jaar.

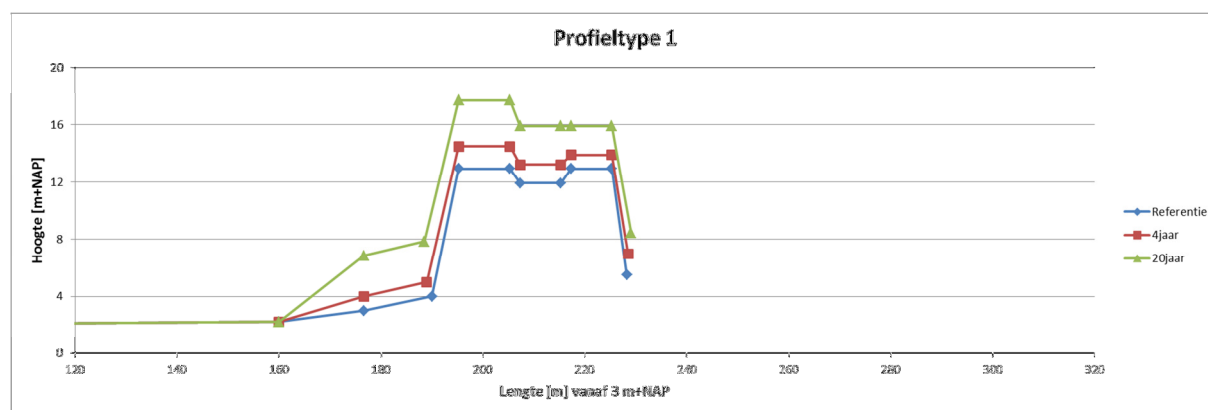
Hieronder wordt per profieltype een overzicht gegeven van de totale verstuiving over een periode van 4 en 20 jaar, zoals die in de ontwerpfase werd ingeschat. Dit is weergegeven in figuren. De figuren geven grafisch weer, waar de accumulatie van zand werd verwacht. Per profiel is een figuur gegeven van het referentieprofiel en verwachte profiel na 4 en 20 jaar. Het referentieprofiel voor deze figuren is gebaseerd op de profielen van Figuur 3-1, vanaf NAP+3 m.

3.4.2 Profieltype 1

De verwachte profielontwikkeling van profieltype 1 laat zien dat er een ophoging van de kruin plaatsvindt en dat het buitentalud aan de voet van het duin verbreedt. Er ontstaat als het ware een voorduin. De luwe laagte op het kruin is na 20 jaar volgestoven en niet meer herkenbaar als luwe laagte.

Code	Locatie	Accumulatie	
		na 4 jaar [m ³ /m]	na 20 jaar [m ³ /m]
V _{bu}	Volume buitentalud	22	86
V _{krz}	Volume kruin zeewaarts	15,5	47,5
V _{ll}	Volume luwe laagtes	15,5	47,5
V _{krl}	Volume kruin landwaarts	7,75	23,75
V _{bil}	Volume binnentalud landwaarts	39,25	55,25
V _{ev}	Volume eolisch verlies	39,25	55,25

Tabel 3-5: Accumulatie van zand door eolisch proces per zone na 4 en 20 jaar op basis van gehanteerde verdeling tijdens ontwerpfase HPZ.



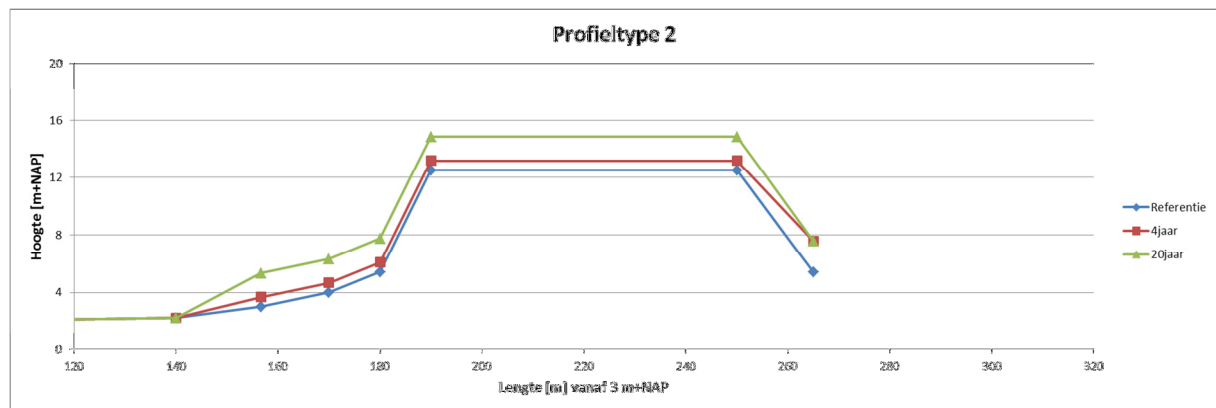
Figuur 3-9: Verwachte profielontwikkeling na 4 en 20 jaar, profieltype 1.

3.4.3 Profieltype 2

De ontwikkeling van het profieltype 2 laat zien dat het buitentalud en kruin verhogen in de tijd.

Code	Locatie	Accumulatie	
		na 4 jaar [m ³ /m]	na 20 jaar [m ³ /m]
V _{bukrp2}	Volume buitentalud en kruin	64	224
V _{bip2}	Volume binnentalud	36	36
V _{ev}	Volume eolisch verlies	42,4	48,4

Tabel 3-6: Accumulatie van zand door eolisch proces per zone na 4 en 20 jaar op basis van gehanteerde verdeling tijdens ontwerpfase HPZ.



Figuur 3-10: Verwachte profielontwikkeling na 4 en 20 jaar, profiel 2.

3.4.4 Profieltype 3

De accumulatie in profiel 3 laat zien dat er met name ontwikkeling van het profiel in de tijd zit in het voorduin.

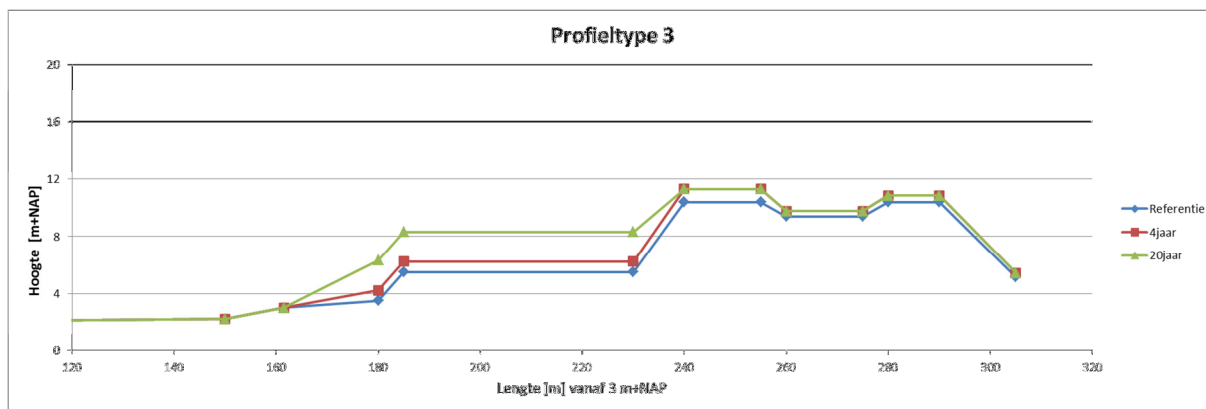
Opvallend is dat de accumulatie aan de zeewaartse kant van de kruin, met de aanwezigheid van luwe laagtes niet veranderd na 20 jaar ten opzichte van na 4 jaar. Op basis van de verwachte kwantitatieve inschattingen van volumes lijkt het daarmee dat deze luwe laagtes na 4 jaar niet meer werken als ‘zandinvangers’.

Dit is in overeenstemming met wat is opgenomen in het ontwerpmemo Inventarisatie verstuiving en antiverstuivingsmaatregelen [2013]. Hierin is genoemd dat is aangenomen dat kleine open, onbegroeide plekken op de luwere gedeeltes weinig effect zullen hebben op de hoeveelheid van verstuiving, maar wel een positief effect op de ecologische waarden.

Opvallend is wel dat dit bij profieltype 1 anders is verondersteld.

Code	Locatie	Accumulatie	
		na 4 jaar [m ³ /m]	na 20 jaar [m ³ /m]
V _{ld}	Volume kruin laag duin	49,5	193,5
V _{bu}	Volume buitentalud	19	35
V _{krz}	Volume kruin zeewaarts	13,5	13,5
V _{ll}	Volume luwe laagtes	9	9
V _{krl}	Volume kruin landwaarts	4,5	4,5
V _{bil}	Volume binnentalud landwaarts	4,5	4,5
V _{ev}	Volume eolisch verlies	4,5	4,5

Tabel 3-7: Accumulatie van zand door eolisch proces per zone na 4 en 20 jaar op basis van gehanteerde verdeling tijdens ontwerpfase HPZ.



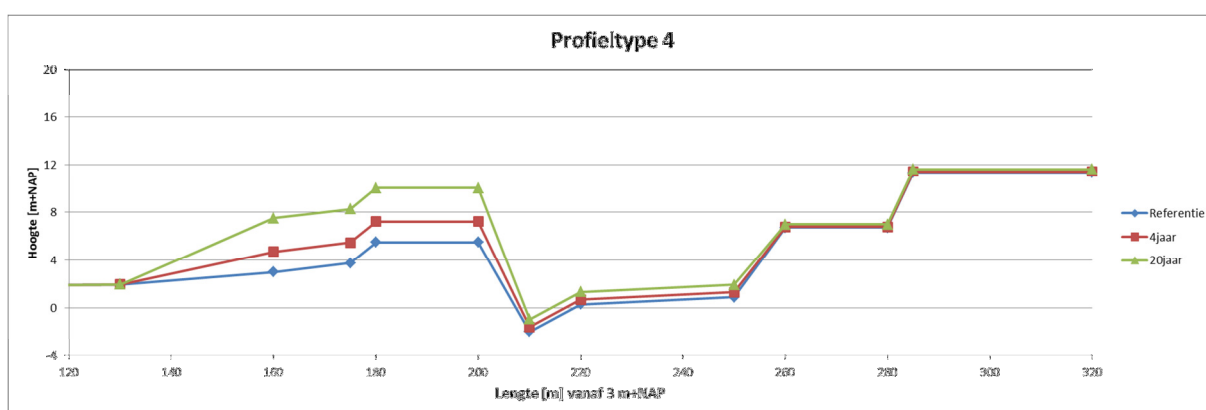
Figuur 3-11: Verwachte profielontwikkeling na 4 en 20 jaar, profiel 3.

3.4.5 Profieltype 4

De accumulatie in profiel 4 laat zien dat er met name ontwikkeling van het profiel in de eerste duinenregel wordt verwacht.

Code	Locatie	Accumulatie	
		na 4 jaar [m ³ /m]	na 20 jaar [m ³ /m]
V _{1ed}	Volume op de 1e duinenregel	70	182
V _{ndv}	Volume in natte duinvallei	21	54,6
V _{bukrp4}	volume buitentalud en kruin 2e duinenregel	5	19,4
V _{bip4}	Volume binnentalud 2e duinenregel	4,1	4,1
V _{ev}	Volume eolisch verlies	4,5	6

Tabel 3-8: Accumulatie van zand door eolisch proces per zone na 4 en 20 jaar op basis van gehanteerde verdeling tijdens ontwerpfase HPZ.



Figuur 3-12: Verwachte profielontwikkeling na 4 en 20 jaar, profiel 4.

4 Aanlegsituatie kustversterking HPZ

Bij aanleg bleken sommige maatregelen minder geschikt dan verwacht en andere juist geschikter. Er zijn ter plekke aanpassingen gemaakt in de geplande toepassing van maatregelen zoals opgenomen in het ontwerp. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de aanleg van kustversterking HPZ. In paragraaf 4.1 gaan we in op de periode van aanleg, met een algemene planning. Paragraaf 4.2 gaat in op de maatregelen die zijn aangepast ten opzichte van de referentie, afgefallen of toegevoegd. In paragraaf 4.3 geven we een ruimtelijk overzicht van de aanlegsituatie van maatregelen. In deze paragraaf is 1 kaartbeeld opgenomen. De overige kaartbeelden zijn opgenomen in Bijlage E.

4.1 Aanleg kustversterking HPZ

Op 1 maart 2014 is gestart met werkzaamheden van het opspuiten van de vooroever. Op 1 juli 2014 is gestart met de werkzaamheden voor aanleg van duinen en het strand. De inzet van maatregelen is ook direct uitgevoerd. Helm is geplaatst van september 2014 – maart 2015. In het najaar van 2015 is in een periode van ca 3 weken de rest van het helm aangeplant en stukken die niet waren aangeslagen.

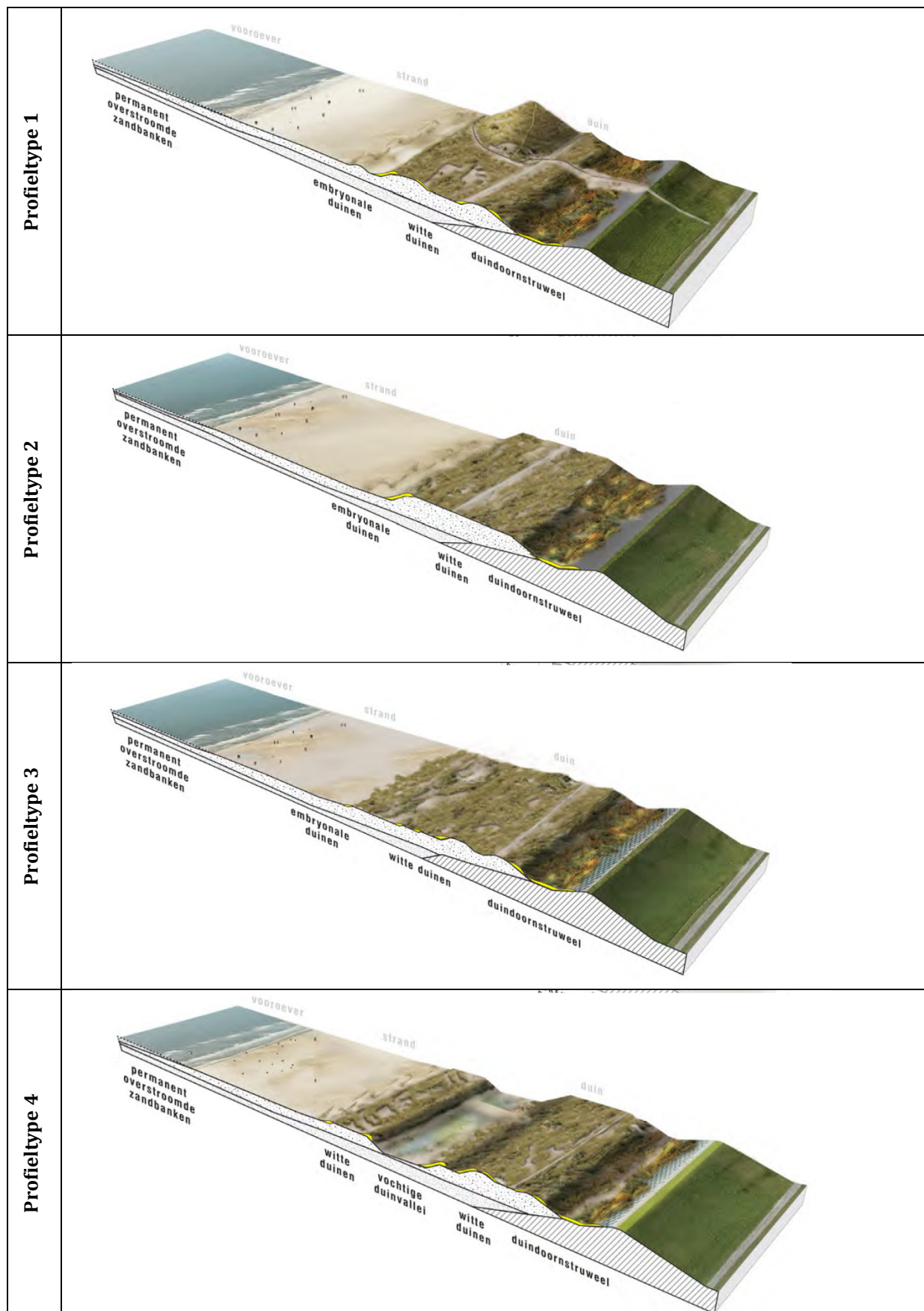
De kustversterking HPZ is aangelegd van zuid naar noord. Hierdoor is het meest zuidelijke gebied reeds het meest ver in zijn ontwikkeling na aanleg.



Figuur 4-1: Impressiefoto's werkzaamheden aanleg kustversterking HPZ, Fotos 1 en 2 zijn ergens medio augustus 2014 gemaakt. Foto 3 ergens in de winter (dec '14/jan '15), voor het openen/graven van de strandlagune. (Bron: website rijkswaterstaat⁹)

Tijdens aanlegfase zijn de ontwerpen zoals gemaakt voor de dwarsprofielen geland in een uiteindelijk 3D ontwerp en streefbeeld voor alle specifieke maatregelen. (Zie Figuur 4-2).

⁹ <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/innovatie-en-duurzame-leefomgeving/innovatie/waterinnovaties/hondsbosche-en-petteemer-zeewering.aspx>



Figuur 4-2: Streefbeeldprofieltype 1 t/m 4. [Bron: Dialoogproduct Inpassing Deel B Natuur, 2015].

4.2 Aanleg maatregelen

Tijdens de uitvoering zijn een aantal maatregelen zoals voorzien aangepast ten opzichte van het ontwerp. In deze paragraaf beschrijven we de veranderingen ten opzichte van het ontwerp in de uitvoering van maatregelen bij de aanleg.

Het plaatsen van schapenhekken bij de kustversterking van de HPZ is nooit gebeurd. In plaats daarvan zijn voornamelijk wilgenschermen geplaatst. Deze hebben een zelfde effect als schapenhekken, maar zijn goedkoper in aanleg. In tegenstelling tot het ontwerp zijn de wilgenschermen over de gehele lengte van de kustversterking HPZ geplaatst. Ook zijn er een aantal wilgenschermen boven op de kruin geplaatst om doorstuivend zand tegen te houden. In het ontwerp was voorzien dat bij profieltype 3 geen scherm geplaatst zou hoeven worden, maar bij aanleg bleek dit wel noodzakelijk om verstuiving tegen te gaan. Op bepaalde plekken zijn ook twee wilgenschermen achter elkaar geplaatst. Dit is bijvoorbeeld te zien op Foto C-1. Bij aanleg werd gezien dat er zo veel verstuiving optrad, dat de helm op het talud aan de buitenzijde van het duin zich niet goed ontwikkelde en zijn daarom twee wilgenschermen geplaatst om de verstuiving te beperken.

Bij de helmbeplanting met variatie in dichtheid is de schatting dat deze varieert van 70-80% op de kruin tot 100% op het talud. De dichtheid van helmbeplanting is overal 9 posities per m². De lagere dichtheid op de kruin ten opzichte van het talud komt door de aanwezigheid van luwe laagten, welke niet zijn beplant met helm.

Tijdens de aanleg van luwe laagtes werden deze initieel heel strak geometrisch aangelegd. Later in de uitvoering (meer naar het noorden) werden deze vormen 'losser' aangelegd, wat een meer organisch beeld geeft, met een natuurlijk glooiend duinlandschap. Er is geen eenduidige richtlijn gehanteerd voor de dimensies van de luwe laagtes. De dimensies (breedte en lengte) zijn zo gekozen, dat een willekeurig 10*10m vlak van het duin volumeneutraal is aangelegd. Na uitvoering is gezien dat op een enkele plek een luwe laagte wel erg dicht naast het fietspad terecht is gekomen, wat ter plaatse kans geeft op overstuiving of ondermijning van het fietspad (Foto 4-1).



Foto 4-1: Voorbeeld van een luwe laagte op de HPZ, dicht bij het fietspad (Foto: Alma de Groot).

Zoals in paragraaf 0 al aangegeven zijn de strobalen in zuiden van de kustversterking bij de Hondsbossche Zeedijk niet in een V-patroon aangelegd, maar in blokken parallel aan de Hondsbossche Zeedijk. Dit is een aanpassing ten opzichte van het ontwerp.

De maatregel struweel is direct bij aanleg aangebracht. Hiervoor is niet

Een extra maatregel die tijdens aanleg is toegepast om het grootste verstuiwen van zand direct na aanleg tegen te gaan is het verstrooien van papierpulp over het zand. Deze maatregel is ingezet vanaf het begin van de aanleg van strand en duin. (juli 2014). en bleek zeer effectief. Met name in de periode direct nadat zand is aangebracht en er nog geen verstuiwing belemmerende maatregelen als wilgenschermen en helmbeplanting zijn aangebracht.

Tijdens de aanleg van de kustverterking HPZ zijn op de oude kering van de HPZ hekken geplaatst om eolisch verlies tegen te gaan. Deze maatregel was niet voorzien bij het ontwerp. (Zie ook Foto 4-2). (Bron telefoongesprek Peter Brandenburg, d.d. 6 juli 2016).



Foto 4-2: Voorbeeld van hek op oude kering HPZ (Foto: Peter Brandenburg), .

4.3 Kaarten aanlegsituatie

Op basis van tekeningen van de aanlegsituatie van helmbeplanting, afrastering en wilgenschermen, luchtfoto en LIDAR beeld is een beeld gemaakt van de HPZ in december 2015 zoals deze is aangelegd^{10,11}.

Figuur 4-3 geeft het kaartbeeld voor Profieltype 2, RSP 25.40 – 25.89. In het kaartbeeld zijn de maatregelen van struweel, helmbeplanting, wilgenschermen en luwe laagten opgenomen. Voor de luwe laagten is ook de verlaging weergegeven van de luwe laagte ten opzichte van het omliggend duin. De kaarten voor alle profieltypes zijn opgenomen in Bijlage D.

Het beeld van de vorm van de luwe laagten bevestigen de opmerking van paragraaf 4.2 dat deze bij het begin van aanleg (in het zuiden) strak geometrisch zijn aangelegd. Later in de uitvoering

¹⁰ Het gaat hierbij om verschillende AUTOCAD bestanden: Totaaloverzicht_afrastering_20160210.dwg; Totaaloverzicht lengte afrastering 20150824.dwg en pdf. Controle helm obv Aerodata mei 2015.dwg; Overzicht totale helm asbuild 20160330.dwg; ACAD-Wilgen ZSNH-Model.dwg.

¹¹ Bestand 'dem2015hpx1m'

(meer naar het noorden) werden deze vormen 'losser'. In de kaartbeelden is dit te zien dat de luwe laagten ovaler van vorm worden.

In Tabel 4-1 zijn per profieltype het oppervlakte van struweel, helmbepanting en luwe laagten opgenomen. Voor de wilgenschermen is de lengte opgenomen. Tabel 4-1 en de figuren in Bijlage D laten zien dat de meeste luwe laagten zijn aangelegd in traject van RSP 22.47 – 25.40, met profieltype 4 en 3. In profieltype 3 dat gelegen is tussen RSP 21.46 – 22.47 zijn relatief veel minder luwe laagtes aangelegd. Ook bij het noordelijk gelegen profieltype 2 zijn minder luwe laagten aangelegd dan het profieltype 2 dat meer zuidelijk gelegen is. Hierbij wordt wel opgemerkt dat mogelijk ook niet alle luwe laagten in het aangeleverde bestand van de aanlegssituatie opgenomen zouden kunnen zijn.

Als we de lengte van de wilgenschermen corrigeren voor de lengte van het profieltype is te zien dat in het noordelijk gelegen profieltype 1, 2 en 3 er relatief meer wilgenschermen zijn geplaatst, dan in de overige profielen.

Het overzicht van de maatregelen laat zien, dat wellicht het profieltype 2 en 3 zowel in het noordelijk als zuidelijk deel van de HPZ voorkomen, de verdeling van maatregelen op deze profielen verschilt.

Profieltype	Lengte [m]	Rijksstrandpaal	Oppervlakte struweel [m ²]	Oppervlakte helmbepanting [m ²]	Luwe laagtes		Wilgenschermen
					Aantal	Opp. [m ²]	Lengte [m]
1	750	20.17 – 20.94	14494	34901	18	1504	1566.9
2	500	20.94 – 21.46	11184	28580	46	3879	1263.7
3	1000	21.46 – 22.47	15355	36260	23	3086	2894.6
4	1500	22.47 – 23.94	13781	112331	148	16318	1817.0
3	1500	23.94 – 25.40	27638	103687	151	18758	2566.6
2	500	25.40 – 25.89	6878	27605	50	6709	702.1
5	1000	25.89 – 26.91	1463	57321	50	3666	1360.3
Totaal			90793	400686	486	53921	12171.3

Tabel 4-1: Oppervlakte struweel, helmbepanting, aantal en totaal oppervlakte luwe laagtes en totaal lengte wilgenschermen per profieltype.

Opvallend bij profieltype 4 is dat we in de situatie van aanleg zien dat er hier relatief veel luwe laagtes zijn aangelegd. In het ontwerp zijn deze niet expliciet opgenomen bij de accumulatie van zand in het profiel, zoals dit bij profiel 1 en 3 wel het geval is.



Figuur 4-3: Maatregelen helmbeplanting, luwe laagten en wilgenschermen aanlegsituatie, december 2015. Profieltype 2, RSP 25.40 – 25.89.

5 Samenvatting en vervolg

In dit document hebben we een overzicht gegeven van de ontwerpeisen die door de opdrachtgever aan de kustversterking HPZ zijn gesteld (Hoofdstuk 2). Vervolgens hebben we in Hoofdstuk 3 het ontwerp toegelicht dat op basis van deze ontwerpeisen is gemaakt en zijn we in Hoofdstuk 4 ingegaan op de aanlegssituatie van maatregelen van de HPZ.

Op basis van deze inventarisatie en gesprekken met experts en het projectteam zijn vier onderzoeksrichtingen geïdentificeerd, welke we in product B1P2 zullen verkennen. [Ecoshape-HPZ,2016].

De onderzoeksrichtingen betreffen [Uit product B1P2, Ecoshape-HPZ,2016]

1. Effect eolisch transport op veiligheid duin: Bij deze onderzoeksrichting staat de vraag centraal of eolisch zandtransport ook benut kan worden ten behoeve van waterveiligheid. Beïnvloedt eolisch zandtransport van het strand naar het duin de veiligheid van het duin?
2. Compensatie bij aanleg voor verschillende volumes: Er zijn bij aanleg van de kustversterking HPZ volumes aangebracht die compenseren voor zetting, maar ook voor zeespiegelstijging en bodemdaling over 50 jaar. We inventariseren de hypothese dat deze compensatie niet of niet volledig nodig was geweest als rekening was gehouden met eolische transporten. De optimalisatie die hier mogelijk te vinden is, is dat er bij aanleg mogelijk minder zand aangebracht had hoeven te worden, wat een kostenbesparing betekent.
3. Inzet/functioneren van maatregelen. We inventariseren de hypothese of bepaalde type maatregelen een groter effect hebben op eolisch transport dan andere maatregelen. Onderzoeksvragen die hierbij spelen zijn: Zijn maatregelen op een bepaalde locatie effectiever dan op een andere locatie, is er een optimalisatie in de samenstelling of combinatie van maatregelen te identificeren? Wat is de rol van de vorm van het dwarsprofiel op de effectiviteit van maatregelen?
4. Suppletie en onderhoudsmomenten in de tijd: We inventariseren de hypothesen of 1) er een kostenbesparing is te identificeren door het uitstellen van maatregelen in de tijd en 2) of er een optimalisatie in de verwachte onderhoudsmomenten kan worden voorzien als rekening wordt gehouden met eolisch zandtransport.

6 Referenties

- [Dialogoproduct Inpassing Deel B Natuur, 2015]
Zwakke Schakels Noord-Holland, versterking en Onderhoud. Kustdeel RSP17.00 – RSP28.32. Dialogoproduct Inpassing Deel B Natuur. Documentnummer VB-ZSNH-77-EW-DPR-01 versie 3.0 21 -08-2013. 31 pp
- [Ecoshape-HPZ, 2016]
Leenders, J.K., Bodde, W. en Smit, M. Product B1P2, Inventarisatie optimalisatiemogelijkheden kustversterking HPZ, concept 06, 08 juli 2016, 34 pp.
- [HR2006]
Hydraulische randvoorwaarden primaire keringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR2006). Augustus 2007. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 295 pp.
- [Onderhoudsadvies kustversterking HPZ, 2015].
Hoofdstuk 2.5 Eolische verliezen , Datum 18-6-06-2015, 59 pp. Uit rapport: Onderhoudsadvies kustversterking HPZ,.
- [ontwerpmemo inventarisatie verstuiving en antiverstuivingsmaatregelen, 2013].
Zwakke Schakels Noord-Holland, inventarisatie verstuiving en antiverstuivingsmaatregelen. Documentnummer VB-ZNSH-76-MS-OME-03. 08-02-2013, 19 pp
- [Ontwerpnota Initieel aanlegprofiel, . verstuivingbeperkende duinvormgeving en maatregelen, 2013]
Zwakke Schakels Noord-Holland, versterking en Onderhoud. Kustdeel RSP17.00 – RSP28.32 Initieel Aanlegprofiel. Verstuivingbeperkende duinvormgeving en maatregelen. Documentnummer VB-ZSNH-76-MS-ONO-01 , versie 3.0, 19-08-2013, 18 pp.
- [Ontwerpnota eolische verliezen, 2013]
Zwakke Schakels Noord-Holland, versterking en Onderhoud. Kustdeel RSP17.00 – RSP28.32. Initieel Aanlegprofiel. Prognose van eolisch zandverlies. Documentnummer VB-ZSNH-76-MS-ONO-01 versie 3.0 21 -08-2013. 21 pp
- [TAW, 2000]
TAW (Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen), 200b.TAW werkgroep Kust: Achtergronddocument inzake zeespiegelstijging en klimaatverandering met betrekking tot kustbeheer en kustbeleid. Augustus 2002.
- [TRDA,2006].
Technisch rapport Duinafslag, mei 2007, ENW, 62 pp.
- [Vraagspecificatie eisen, 2013]
Vraagspecificatie eisen, Beschrijving van producteisen. Registratienummer 13.0001492, Versie C, 25 april 2013, 34 pp
- [VTV, 2006]
Voorschrift Toetsen op Veiligheid primaire waterkeringen, september 2007, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 476 pp.

Bijlage A: Begrippenlijst

A	Afslag	Het afslaan van zand van een duin door verhoogde waterstand en golfwerking.
	Afslaglengte	Lengte op kruin van duin dat afslaat door verhoogde waterstand en golfwerking.
	Afslagprofiel	1. Resterend evenwichtsprofiel van een duin na een maatgevende storm. 2. Resterende profiel van een hoog voorland, inclusief dijk, na aanzienlijke buitendijkse erosie.
	Afslagpunt	Snijpunt van het afgeslagen duinfront met het Rekenpeil. Het kritieke afslagpunt geeft die mate van duinafslag aan waarbij nog juist geen doorbreken optreedt.
D	Decimeringhoogte	Absolute verschil in hoogte tussen het Toetspeil en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die een factor 10 hoger of lager is dan die van het Toetspeil.
	Duinvoet	Overgang van strand naar duin. De positie van de duinvoet in een dwarsprofiel wordt door veel beheerders gedefinieerd met behulp van een in de tijd constante hoogtelijn (bijvoorbeeld NAP +3 m) (Voor de berekening van de Basiskustlijn is de duinvoet vastgesteld op NAP + 3 meter).
	Droog strand	Strook zand tussen gemiddeld hoogwater en de duinvoet.
E	Eolische processen	Processen ten gevolge van de wind.
	Eeolisch verlies	Volume verlies dat optreedt door werking van wind. In het geval van de HPZ is dit gedefinieerd als transport in landwaartse richting van zand over de grens van het profiel van het duin.
G	Geomorfologie	Leer en beschrijving van de bodemligging van o.a. zee, zeearmen, meren en rivieren.
	Golfafloop	Het tegen het talud aflopen van golven
	Golfoploop	De hoogte van de golven boven de waterstand, die tegen het talud oplopen.
	Grensprofiel	Profiel dat na duinafslag tijdens maatgevende omstandigheden nog minimaal als waterkering aanwezig moet zijn om een bres te voorkomen.
H	(gemiddeld) Hoogwater	Door inwerking van aantrekkingskracht van zon en maan rijst en daalt het zeewaterniveau (getij). Hoogwater is het moment dat het zeeniveau het hoogst is door deze werking.
	Hydraulisch verlies	Volume verlies dat optreedt door werking van water en golven. (waterstanden, stroming, golfhoogten en golflengten). Dit betreft vooral kustlangs transport.
I	Intergetijdengebied	Dit is het gebied in de kustzone dat bij laag water droog komt te liggen en bij hoogwater overstroomt.
J	Jarkusraai	In het kader van het JARKUS programma worden jaarlijks

		langs de jarkusraaien hoogte en dieptemetingen verricht. Deze metingen dienen als input voor onder andere onderzoek en toetsing basiskustlijnpositie. (dwarsprofielen)
L	(gemiddeld) Laagwater	Door inwerking van aantrekkingskracht van zon en maan rijst en daalt het zeewaterniveau. Laagwater is het moment dat het zeeniveau het laagst is door deze werking.(ook wel eb genoemd).
	Langstransport	Sedimenttransport evenwijdig aan de kustlijn.
M	Mariene processen	Morfologische en hydrodynamische processen in de zee.
N	Natuurzone	Het gedeelte van de kustlijn met nevenfunctie natuur.
O	Ontwerppeil	Een waterstand met een bepaalde kans van overschrijden vermeerderd met de verwachte waterstandstijging (inclusief NAP-daling) tot aan het eind van de ontwerplevensduur (planperiode).
R	Recreatiezone	Het gedeelte van de kustlijn met nevenfunctie recreatie
	Rekenpeil	Toetspeil voor duinen vermeerderd met het tweederde deel van de decimeringshoogte.
	Rijksstrandpalen	Langs de gehele kust geplaatste palen voor meetraaien (hoofdraai).
S	Significante golfhoogte	Gemiddelde golfhoogte van het hoogste 1/3 deel van de golven.
	Stormoploop	De hoogte van de waterstand en golven die tegen het talud oplopen ten gevolge van een storm.
	Stormopzet	Lokale waterstandverhoging als gevolg van de door de wind op een watermassa uitgeoefende kracht.
	Swash zone	zone van golfoploop en golfafloop
T	Talud	Gedeelte van een dwarsprofiel met een helling tussen 1:1 en 1:10.
	Talud landzijde	Hellend vlak van het duin aan de landzijde van het duin.
	Talud zeezijde	Hellend vlak van het duin aan de zeezijde van het duin.
	Toetspeil	Waterstand, die wordt gebruikt voor het beoordelen van de toestand van de waterkeringen, met een overschrijdingsfrequentie conform Bijlage II en IIA bij de Waterwet. In het Toetspeil is de verwachte waterstandstijging (inclusief NAP-daling) tot en met de peildatum verwerkt. De Toetspeilen voor duinen zijn gegeven op de NAP - 20 m dieptelijn.
	Tweede toetsronde	Periodieke toetsing waarin de primaire keringen worden getoetst of deze aan de veiligheidsnormen voldoen. De periodieke toetsing wordt uitgevoerd sinds 1996. De tweede toetsronde vond plaats van 2001-2006. De derde toetsronde vond plaats van 2006-2011.
V	Veiligheidsnorm	Eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe

		kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren.
	(ondiepe) Vooroever	Gedeelte van de kuststrook zeewaarts van de laagwaterlijn tot de zeebodem, ook wel onderwateroever genoemd.
Z	Zetting	Verticale vervorming van grondlagen, hoofdzakelijk als gevolg van een bovenbelasting, de eigen massa en/of het uittreden van water.

A.1 Referenties bijlage A

[VTV, 2006]

Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen, september 2007, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 476 pp.

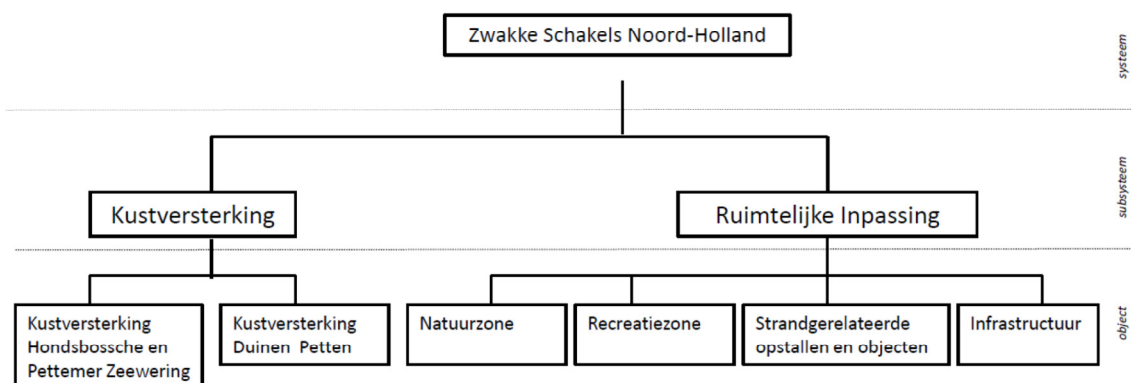
[RWS en STOWA, 2016]

Waterveiligheid. Begrippen begrijpen 2.0. Ontwikkeling beleid en uitleg begrippen. Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu en STOWA, januari 2016, 96 pp.

Bijlage B: Producteisen kustversterking HPZ

In deze bijlage zijn de producteisen opgenomen zoals deze zijn weergegeven in het document Vraagspecificatie Eisen [3].

De eisen zijn gestructureerd in systeemeisen, eisen voor de kustversterking en eisen voor de ruimtelijke inpassing (zie ook onderstaande Figuur B-1).



Figuur B-1: Structuur producteisen kustversterking HPZ [VSE, 2013].

B.1 Systeemeisen

Functie-eisen	Het systeem ZSNH dient de primaire functie te vervullen als waterkering en bij te dragen aan de ruimtelijke kwaliteit van het gebied.
Aspecteisen	Het werk dient gerealiseerd te worden binnen bepaalde projectbegrenzingsen.

B.2. Kustversterking

Functie-eisen	De kustversterking dient vanaf 1 januari 2016 de vereiste veiligheid te bieden tegen overstroming
Aspecteisen	Bij het ontwerp, de realisatie en het onderhoud van de kustversterking dient rekening te worden gehouden met onzekerheden in ontwerp en rekenmethodieken, met onzekerheden in belastingen, met natuurlijke variaties in gebieds- en materiaalkosten, en met onzekerheden en toleranties in de uitvoering.
	Voor de aanleg en het onderhoud van dat deel van de kustversterking dat de veiligheid moet waarborgen dient uitsluitend zand afkomstig uit de voor het project aangewezen zandwingebieden op de Noordzee te worden toegepast
	Voor de aanleg en het onderhoud van de kustversterking dient een uitvoeringswijze te worden toegepast waarmee afzetting van sliblagen op het strand wordt voorkomen
	De kustlijn van de kustversterking dient bij acceptatie van de aanleg een geleidelijk verloop te hebben
	Ter plaatse van de aansluitingen mag het verschil in oriëntatie van de bestaande kustlijn met het eerste aangrenzende kustvak van de

	kustversterking, met een lengte van 250 m niet meer dan 3 graden bedragen.
	In de recreatiezones mag het verschil in oriëntatie tussen aangrenzende kustvakken van de kustversterking met elk een lengte van 250 m, niet meer dan 3 graden bedragen.
	In de recreatiezones mag de oriëntatie van de Kustlijn van de kustversterking per kustvak van 250 m, niet meer dan 15 graden verschillen van de oorspronkelijke kustlijn ter plaatse.
Onderhoudseisen	Het onderhoud van de kustversterking moet zodanig worden uitgevoerd dat de kustversterking gedurende 20 jaar na acceptatie van de aanleg blijft voldoen aan alle in de VSE gestelde eisen.
	In het laatste jaar van de onderhoudsperiode moet op basis van actuele meetdata en opgedane ervaring, worden aangetoond dat in de eerste 2 jaar na afloop van de onderhoudsperiode geen preventief onderhoud nodig zal zijn om de veiligheid van de kustversterking te waarborgen
Raakvlakeisen	De werkzaamheden van ON tijdens de realisatie van de kustversterking mogen niet leiden tot zodanige verhoging van belastingen op de bestaande waterkering dat hiermee de geotechnische stabiliteit van de bestaande waterkering in gevaar komt.

B.2.1. Kustversterking HPZ (KHPZ)

Aspecteisen	De waterkerende functie dient over de gehele lengte van de HPZ (inclusief de aansluitconstructie aan de zuidzijde km20.35 – 26.06) volledig door de kustversterking te worden vervuld.
	De KHPZ dient bij acceptatie van de aanleg zodanig te zijn gestabiliseerd dat de KHPZ niet buiten de projectbegrenzing komt te liggen
	Het hoogste punt van elke doorsnede van de KHPZ, met uitzondering van het meest noordelijk deel bij Petten (RSP km 20.35 – 20.90), mag bij acceptatie van de aanleg niet hoger liggen dan 12,0 m+NAP.
	Ter plaatse van paviljoen Struin, gelegen direct ten zuiden van de dijkopvang Camperduin mag binnen bepaalde grenzen het hoogste punt van de KHPZ in de onderhoudsperiode niet hoger liggen dan 10,5 m +NAP.
Raakvlakeisen	Alle aanwezige stroomhoofden dienen bij aanleg en onderhoud van de KHPZ gevrijwaard te blijven van beschadiging.
	Het wrak van de H.M.S. Prince George, dient bij aanleg en onderhoud van de KHPZ gevrijwaard te blijven van beschadiging.
	Vanaf de start van de realisatie dient het gebied van de HPZ, gelegen buiten de projectbegrenzing ten minste elke zes maanden te worden gemaaid en het maaisel te worden afgevoerd.(conform het natuurtechnisch beheer beschreven in de beleidsnota waterkeringen HHNK (2012-2017).

B.3 Ruimtelijke inpassing

Raakvlakeisen	De realisatie van het werk mag de realisatie van de bouwstenen ruimtelijke kwaliteit niet belemmeren.
---------------	---

B3.1 Natuurzone

Functie-eisen	De natuurzone dient bij acceptatie van de aanleg maximale condities te bieden voor natuurontwikkeling van de habitattypen H2190, 2190B en 2190D.
---------------	--

B3.2 Recreatiezone

Functie-eisen	In de recreatiezone, met uitzondering van het gebied tussen RSP km 17.00 en km 19.50, dient vanaf ingebruikname het Droog strand een minimale breedte van 50 m te hebben..
Aspecteisen	Het droog strand in bovenstaande eis dient vrij te zijn van maatregelen tegen verstuiving, met uitzondering van een strook met een breedte van 10 m, direct grenzend aan de duinvoet.
	Aan weerszijden van bestaande strandpaviljoenen, mogen tijdens de aanleg strandsuppleties over een lengte van 250 m aan elke zijde alleen worden uitgevoerd in de periode 15 oktober – 15 april.
	In de recreatiezones, mogen strandsuppleties tijdens onderhoud alleen worden uitgevoerd in de periode 15 oktober – 15 april.
	Vanaf de datum van ingebruikname dient het strand in de recreatiezones veilig te zijn voor recreatie en overige bezoekers.
	Op de datum van ingebruikname en na uitvoering door door opdrachtnemer van strandsuppleties in de onderhoudsperiode dient het strand in de recreatiezones vrij te zijn van afslagkanten met een taludhoogte hoger dan 0,5 m.
	Vanaf de datum van ingebruikname dient het strand in de recreatiezones berijdbaar te zijn voor inspectievoertuigen met een maximale aslast van 2 ton.
	Op de datum van ingebruikname en na uitvoering door opdrachtnemer van strandsuppleties in de onderhoudsperiode mag het op het droog strand aansluitende onderwaterprofiel van de kustversterking tot een diepte van -3.0 m gemiddeld niet steler zijn dan 1:20.

B3.3 Strandgerelateerde opstallen en objecten

Raakvlakeisen	Alle bestaande strandgerelateerde opstallen, objecten en functies die door de realisatie van de kustversterking worden beïnvloed moeten bij acceptatie van de aanleg zijn hersteld of teruggebracht naar hun huidige functionaliteit. (enkele gespecificeerde objecten zijn hire uitzondering op)
	Het jaarrond geopende strandpaviljoen St Maartenszee Zuid moet te allen tijde bereikbaar blijven.

B3.4 Infrastructuur

Functie-eisen	Het strand van de kustversterking dient bereikbaar te zijn via drie strandslagen, aan te leggen in het verlengde van de bestaande strandslagen Camperduin, Petten en Corfwater
	In het verlengde van de bestaande dijktrappen over de HPZ, moeten

	voetpaden worden aangelegd. Deze voetpaden moeten leiden naar het Droog strand in de recreatiezones, resp naar het fietspad in de natuurzone.
Aspecteisen	De strandslagen dienen begaanbaar te zijn voor rolstoelgebruikers en mensen die slecht ter been zijn.
	De strandslagen dienen berijdbaar te zijn voor voertuigen met een maximale aslast van 10 ton.
	Nieuw aangelegde duinengebieden moeten alleen daar waar veiligheid of natuurontwikkeling in het geding zijn worden voorzien van afrastering, ter beperking van de toegankelijkheid voor recreanten. Vormgeving en materiaalkeuze is geen eis.
	De strandslagen dienen tenminste dezelfde afmetingen en eenzelfde vormgeving te hebben als bestaande strandslagen..
	Tussen de verlengde strandslagen Camperduin en Petten dient een fietspad te worden aangelegd op het duin met overwegend zicht op zee, een breedte van 3,60 m. Het fietspad dient voorzien te worden van asfaltverharding die qua kleur en samenstelling aansluit bij de omgeving waarin het fietspad wordt ingepast.
	Het fietspad moet over de hele lengte aan weerszijden worden voorzien van een afrastering, met uitzondering van kruisingen met voetpaden. Vormgeving en materiaalkeuze is geen eis.
	Alle onderdelen van de infrastructuur voor ruimtelijke inpassing zoals fietspaden, bruggen, strandslagen, fietspad, afrastering e.d. dienen een levensduur te hebben van ten minste 25 jaar na acceptatie van de aanleg.

Bijlage C: Beschrijving geplande verstuiving beperkende maatregelen

Bij het ontwerp van de kustversterking HPZ zijn verschillende maatregelen voorzien. Het gaat hierbij, naast effect van de geometrie van het dwarsprofiel, om het aanbrengen van dammen en vegetatie op het duinprofiel (zoals schapenhekken/rijshouten dammen, helm, struweel, kruiden) als ook het aanbrengen van lokale variaties in het profiel (zoals het variëren van taludhellingen en het aanbrengen van luwe laagtes). In deze bijlage zijn deze maatregelen kort toegelicht.

De informatie in deze bijlage is gebaseerd op de ontwerpnota Initieel Aanlegprofiel, verstuivingbeperkende duinvormgeving en maatregelen en het ontwerpmemo Inventarisatie verstuiving en antiverstuivingsmaatregelen [Ontwerpnota aanlegprofiel, verstuivingbeperkende duinvormgeving en maatregelen, 2013; Ontwerpmemo inventarisatie verstuiving en antiverstuivingsmaatregelen, 2013].

Het overzicht van maatregelen laat zien dat het effect van de maatregelen velerlei is: naast vasthouden van het zand, hebben sommige maatregelen juist tot doel de bevordering van dynamiek en verscheidenheid in het duin, de bevordering van natuurlijke habitat voor verschillende organismen en een mooi natuurlijk, dynamisch landschap.

C.1 Schapenhekken/rijshouten dammen

Schapenhekken vangen aan de zeewaartse zijde van de zeereep het eerste aanstuivend zand op door verlaging van de windsnelheid. Ze verminderen hiermee de hoeveelheid zand, die richting duin en mogelijk verder landwaarts stuift. De hekken/dammen zijn voorzien verspringend te worden geplaatst, wat bijdraagt aan het ontstaan van een kustlangse variatie in duinaangroei en een meer natuurlijk ogend landschap. Om verstuiving over de HPZ heen te voorkomen, was bij het ontwerp voorzien om ook schapenhekken op de oude kering van de HPZ te plaatsen. Verwacht werd dat deze schapenhekken vooral in de eerste periode (tot 1 jaar na aanleg) hun functie zouden vervullen.

Maatregel	Effect
Schapenhekken	Invangen van zand Verlagen windsnelheid Kustlangse variatie in duinaangroei – een 'natuurlijk ogend landschap

Tabel C-1: Maatregel schapenhekken en verwacht effect.

Bij aanleg van de kustversterking HPZ zijn schapenhekken nooit geplaatst. In plaats daarvan zijn voornamelijk wilgenschermen geplaatst. Deze hebben een zelfde effect als schapenhekken, maar zijn goedkoper in aanleg. Foto C-1 geeft een voorbeeld van een wilgenscherm.



Foto C-1: Illustratie van wilgenschermen en invang aan de voet van het duin van de kustversterking HPZ. (Foto: Alma de Groot).

C.2 Helm

De verstuiving die op het strand op gang komt, komt aan de zeezijde in de nieuwe aangeplante zeereep terecht en wordt gevangen door helm. Helm wordt aangeplant met 9 bundels per m², met minimaal 7 wortelstokken per bundel [Dialogoproduct Inpassing Deel B Natuur, 2015] Helm groeit met het ingevangen zand mee omhoog. Dit resulteert in een vitale helmbeegroeiing met hierin hoge concentraties grote insecten; een goede voedselbron voor tal van grotere duinbroedvogels, zoals de Grauwe klauwier. Helm heeft naast het invangen van zand de functie van het vasthouden van het zand. Het duindeel tussen de zeevaartse kruinlijn en de landwaartse teen van het profiel zijn volledig beplant met helm om aan de vereiste vitale begroeiing te voldoen. Foto C-2 geeft een voorbeeld van helmbeplanting.

Maatregel	Effect
Helm	Invangen van zand Vasthouden van zand vitale begroeiing verrijking van insecten en broedvogels

Tabel C-2: Maatregel helm en verwacht effect



Foto C-2: Illustratie van helmbeplanting op de HPZ. (Foto: Alma de Groot).

C.3 Struweel

Aan de landwaartse zijde van het duin, grenzend aan de HPZ, is voorzien struweel aan te planten. Op deze plek wordt verwacht dat er weinig zand in zal stuiven, waardoor helm niet goed zou gedijen, maar struweel wel. Aangezien struweelsoorten minder zouttolerant zijn dan helm is in het ontwerp opgenomen dat tijdens de aanlegfase van het nieuwe duin in eerste instantie enkel helm wordt aangeplant. Wanneer de bovenste laag van het zand meer verzoet is (verwacht na 1 jaar) zou een variatie aan soorten van het vegetatietype duindoornstruweel moeten worden aangebracht. Voorbeelden van doelsoorten naast Duindoorn zijn: Egelantier, Vegedoorn, Kardinaalsmuts, Vlier en Liguster. Dit bevordert de successie van een gevarieerde samenstelling van struweel.

In praktijk is het struweel direct bij aanleg aangebracht.

Maatregel	Effect
Struweel	Beperking verstuiwing Gevarieerd en natuurlijk ogend landschap

Tabel C-3: Maatregel struweel en verwacht effect.

C.4 Kruiden

In het ontwerp is voorzien dat na aanleg lokaal hooi uitgestrooid wordt in het gebied. Dit fungeert als zaadbron en bevordert daarmee de ontwikkeling van andere vegetatie dan de aangeplante helm en struwelen. Dit zou gebeuren over een beperkt oppervlak in de vochtige duinvallei, luwe laagtes (zie later in deze bijlage) en langs de strandovergangen en -slagen. Hiervoor wordt respectievelijk hooi van natte duinvalleien en hooi van duingraslanden gebruikt. Wanneer het hooi uitgezaaid wordt, is afhankelijk van wanneer de geschikte standplaats condities voor de betreffende soorten zijn ontstaan. Voor de vochtige duinvallei is dit naar verwachting na 2 à 3 jaar na aanleg. Op de andere plekken kan, naar verwachting, al na 1 jaar hooi worden uitgestrooid. Deze maatregel heeft vooral toegevoegde ecologische waarde. Op het moment van schrijven van dit memorandum is deze maatregel nog niet door de aannemer uitgevoerd¹².

Maatregel	Effect
Kruiden	Toegevoegde ecologische waarde

Tabel C-4: Maatregel kruiden en verwacht effect.

C.5 Variatie in aanplant

In de overgang van strand naar zeereep loopt de beplanting lokaal enkele meters door op het strand. Dit bevordert kustlangse variatie van invang van zand en daarmee kustlangse variatie van aangroei van de onderste meters van de zeereep. Hierdoor ontstaat een gevarieerd en natuurlijk ogend landschap. Foto C-3 geeft een voorbeeld van variatie in aanplant.

Maatregel	Effect
Variatie in aanplant	Kustlangse variatie invangen van zand → kustlangse variatie in aangroei benedenkant zeereep. Gevarieerd en natuurlijk ogend landschap

Tabel C-5: Maatregel variatie in aanplant en verwacht effect.

¹² Telefoongesprek Peter Brandenbug d.d. 6 juli 2016



Foto C-3: Voorbeeld van variatie in aanplant op de HPZ. (Foto: Willem Bodde).

C.6 Luwe laagtes

Luwe laagtes zijn lokale verlagingen in het duinprofiel. Deze laagtes dienen om doorstuiven over de kruin te beperken. De lengte-breedte-diepte afmetingen van de luwe laagtes variëren. Door de onderbreking in hoogte wordt de windsnelheid lokaal gereduceerd, waardoor stuifzand wordt afgezet en dus minder zand landwaarts doorstuift. Daarnaast biedt een dergelijke luwe omgeving de mogelijkheid voor het onbeplant laten van delen van de kruin. Dit geeft gelegenheid aan ontwikkeling van andere vegetatie dan helmgras. Dit draagt bij aan een grotere biodiversiteit van de duinvegetatie. Lokale windpatronen kunnen verder lokaal zand verplaatsen, wat kan bijdragen aan diversiteit van vegetatie en gebied. Foto C-4 geeft een voorbeeld van een luwe laagte.

Tijdens de aanleg van luwe laagtes werden deze initieel heel strak geometrisch aangelegd. Later in de uitvoering (meer naar het noorden) werden deze vormen 'losser' aangelegd, wat een meer organisch beeld geeft, met een natuurlijk glooiend duinlandschap. Er is geen eenduidige richtlijn gehanteerd voor de dimensies van de luwe laagtes. De dimensies (breedte en lengte) zijn zo gekozen, dat een willekeurig 10*10m vlak van het duin volumeneutraal is aangelegd.

Maatregel	Effect
Luwe Laagtes	Beperking verstuiwing Toegevoegde ecologische waarde Groter biodiversiteit

Tabel C-6: Maatregel luwe laagtes en verwacht effect.



Foto C-4: Voorbeeld van een luwe laagte op de HPZ. (Foto: Willem Bodde).

C.7 Variatie helling talud

Het landwaartse talud van het nieuwe duin en de vallei tussen landwaartse duinregel en HPZ (profieltype 4) varieert in helling van 1:2,5 tot 1:3,5. Ook in het zeewaartse talud van de vochtige duinvallei is een variatie in helling aangebracht. Dit creëert in beide gevallen direct bij aanleg een meer dynamisch beeld en het talud zal zich daardoor ook in ontwikkeling van profiel en vegetatiebegroeiing kustlangs variabel ontwikkelen. Deze maatregel is voornamelijk bedoeld ten behoeve van inpassing en niet zozeer om het zand extra vast te houden.

Maatregel	Effect
Variatie helling talud	Ruimtelijke inpassing

Tabel C-7: Maatregel variatie helling talud en verwacht effect.

C.8 Betreding

Door betreding blijven stukken duin onbegroeid, wat ruimte biedt voor verjongingsprocessen. Betreding wordt alleen toegestaan op locaties waar verwacht wordt dat dit niet leidt tot toename van verlies van zand of hinder.

Tijdens aanleg zijn op de kruin aan weerszijden van het fietspad over grote lengten afrastering geplaatst en borden met 'verboden te betreden' om betreding van het duin te voorkomen.

Maatregel	Effect
Betreding	Bevordering dynamiek duin en verjongingsproces Toegevoegde recreatieve waarde

Tabel C-8: Maatregel betreding en verwacht effect.

C.9 Strobalen

Tussen de betonzuilen of basaltblokken van de zeevaartse zijde van de Hondsbossche Zeedijk (HZ) was voorzien balen (ca. 0,5 m hoog) van tarwestro in V-patroon als zandvang aan te brengen. Zij vormen de laatste linie van de zand verstuivende maatregelen om overlast door verstuiving over de HZ heen te voorkomen. De strobalen dienen ook als nutriëntenbron voor de zich in de Hondsbossche vallei ontwikkelende vegetatie. Bij uitvoering zijn de strobalen beperkt toegepast. Tijdens uitvoering bleek weinig zand direct door te stuiven op de HPZ, waardoor de noodzaak voor het plaatsen van de strobalen verviel. Ze zijn met name aan de zuidzijde van de HPZ aangebracht. Foto C-5 geeft een voorbeeld van deze strobalen. De foto laat zien, dat deze niet in een V-patroon zijn aangelegd, maar in blokken parallel aan de Hondsbossche Zeedijk.

Maatregel	Effect
Strobalen	Beperking verstuiving Zandvang inpassing

Tabel C-9: *Maatregel strobalen en verwacht effect.*



Foto C-5: *Voorbeeld van strobalen op de oude HPZ. (Foto: Willem Bodde).*

Bijlage D: Prognose accumulatieverdeling en eolisch verlies per profieltype

In deze bijlage zijn per profieltype figuren en tabellen opgenomen van de verwachte accumulatieverdeling (depositie) en eolisch verlies over de dwarsprofielen. De figuren en tabellen zijn afkomstig uit de ontwerpnota prognose eolisch zandverlies [2013].

D.1. Profieltype 1



Figuur D-1: Principe accumulatieverdeling profieltype 1

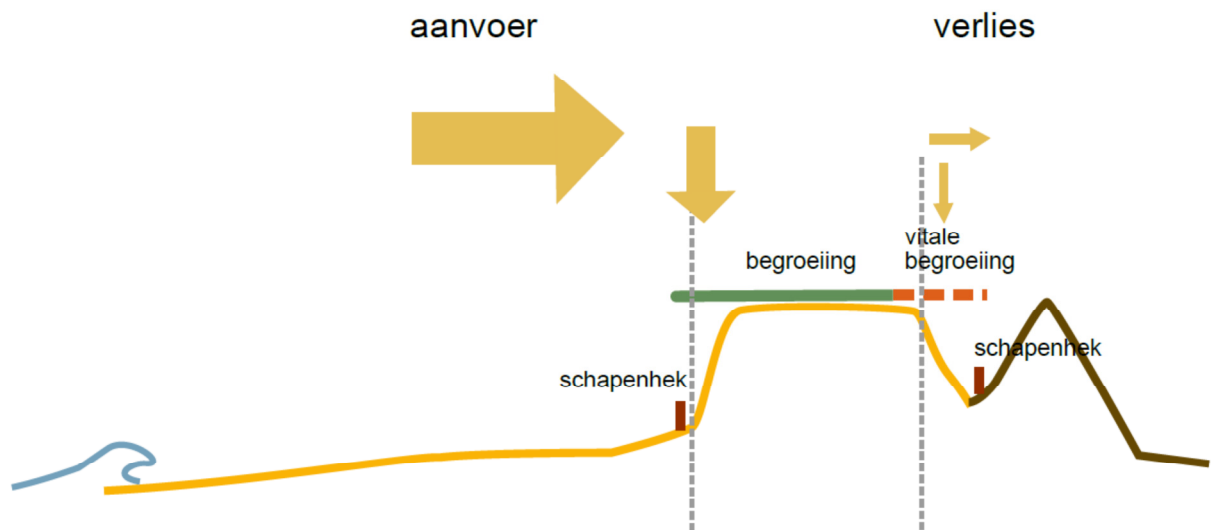
Code	Locatie	Verdeling
V_{bu}	Volume buitentalud	$40\% * V_{bukr}$
V_{krz}	Volume kruin zeewaarts	$20\% * V_{bukr} + 10\% * V_{bi}$
V_{ll}	Volume luwe laagtes	$20\% * V_{bukr} + 10\% * V_{bi}$
V_{krl}	Volume kruin landwaarts	$10\% * V_{bukr} + 5\% * V_{bi}$
V_{bil}	Volume binnentalud landwaarts	$10\% * V_{bukr} + 75\% * V_{bi}$
V_{ev}	Volume eolisch verlies	$10\% * V_{bukr} + 75\% * V_{bi}$

Tabel D-1: Verdeling van aanvoer stuifzand over profieltype 1.

Jaar	Aanvoer van stuifzand (m ³ /m/jaar)		Accumulatie van stuifzand (m ³ /m/jaar)					Eolisch verlies (m ³ /m/jaar)
	$V_{bu,kr}$	V_{bi}	V_{bu}	V_{krz}	V_{ll}	V_{krl}	V_{bil}	
1	15	20	6,0	5,0	5,0	2,5	16,5	16,5
2	15	15	6,0	4,5	4,5	2,3	12,8	12,8
3	15	10	6,0	4,0	4,0	2,0	9,0	9,0
4 t/m 22	10	0	4,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0

Tabel D-2: Hoeveelheden accumulatie stuifzand per locatie in m³/m/jaar profieltype 1.

D.2. Profieltype 2



Figuur D-2: Principe accumulatieverdeling profieltype 2.

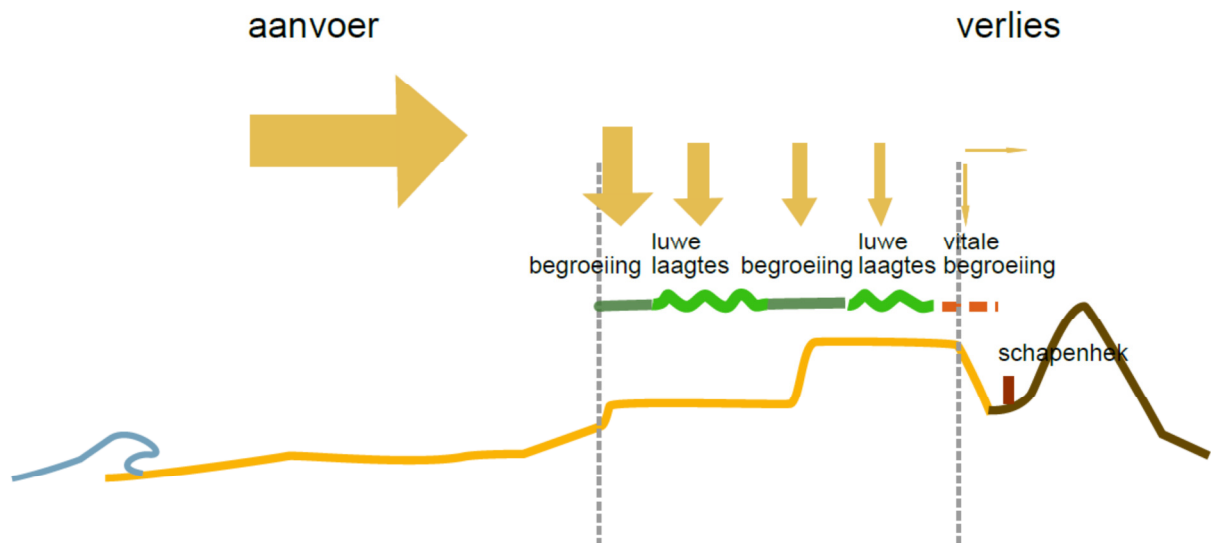
Code	Locatie	Verdeling
V_{bukrp2}	Volume buitentalud en kruin	$V_{bukr} + 0,2 V_{bi}$
V_{bip2}	Volume binnentalud	$(1-0.2)*V_{bi}$
V_{ev}	Volume eolisch verlies	$10\% * V_{bukrp2} + V_{bip2}$

Tabel D-3: Verdeling van aanvoer stuifzand over profieltype 2.

Jaar	Aanvoer van stuifzand (m ³ /m/jaar)		Accumulatie van stuifzand (m ³ /m/jaar)		Eolisch verlies (m ³ /m/jaar)
	$V_{bu,kr}$	V_{bi}	V_{bukrp2}	V_{bip2}	
1	15	20	19,0	16,0	17,9
2	15	15	18,0	12,0	13,8
3	15	10	17,0	8,0	9,7
4 t/m 22	10	0	10,0	0,0	1,0

Tabel D-4: Hoeveelheden accumulatie stuifzand per locatie in m³/m/jaar profieltype 2.

D.3. Profieltype 3



Figuur D-3: Principe accumulatieverdeling profieltype 3.

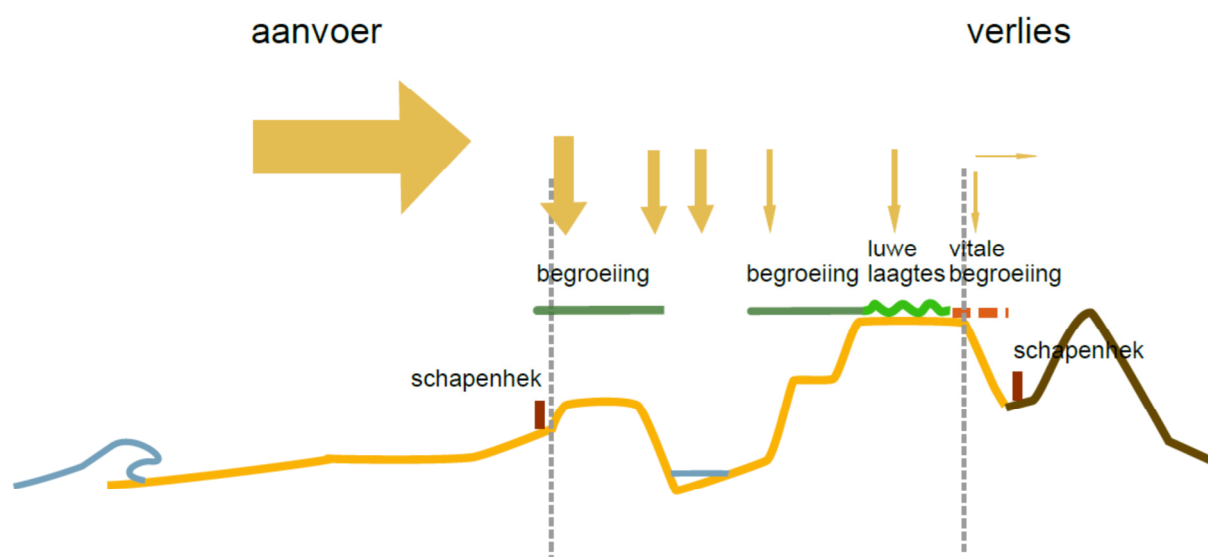
Code	Locatie	Verdeling
V_{ld}	Volume kruin laag duin	$90\% * V_{bukr}$
V_{bu}	Volume buitentalud	$10\% * V_{bukr} + 30\% * V_{bi}$
V_{krz}	Volume kruin zeewaarts	$30\% * V_{bi}$
V_{ll}	Volume luwe laagtes	$20\% * V_{bi}$
V_{krl}	Volume kruin landwaarts	$10\% * V_{bi}$
V_{bil}	Volume binnentalud landwaarts	$10\% * V_{bi}$
V_{ev}	Volume eolisch verlies	$10\% * V_{bi}$

Tabel D-5: Verdeling van aanvoer stuifzand over profieltype 3.

Jaar	Aanvoer van stuifzand ($m^3/m/jaar$)	Accumulatie van stuifzand ($m^3/m/jaar$)							Eolisch verlies ($m^3/m/jaar$)
		$V_{bu,kr}$	V_{bi}	V_{ld}	V_{bu}	V_{krz}	V_{ll}	V_{krl}	
1	15	20	13,5	7,5	6,0	4,0	2,0	2,0	2,0
2	15	15	13,5	6,0	4,5	3,0	1,5	1,5	1,5
3	15	10	13,5	4,5	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
4 t/m 22	10	0	9,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel D-6: Hoeveelheden accumulatie stuifzand per locatie in $m^3/m/jaar$ profieltype 3.

D.4. Profieltype 4



Figuur D-4: Principe accumulatieverdeling profieltype 4.

Code	Locatie	Verdeling
V_{1ed}	Volume op de 1e duinenregel	70% * aanvoer stuifzand
V_{ndv}	Volume in natte duinvallei	70% * aanvoer stuifzand
V_{bukrp4}	volume buitentalud en kruin 2e duinenregel	zelfde verhouding als originele verdeling
V_{bip4}	volume binnentalud 2e duinenregel	zelfde verhouding als originele verdeling
V_{ev}	Volume eolisch verlies	10% * $V_{bukr} + V_{bi}$

Tabel D-7: Verdeling van aanvoer stuifzand over profieltype 4.

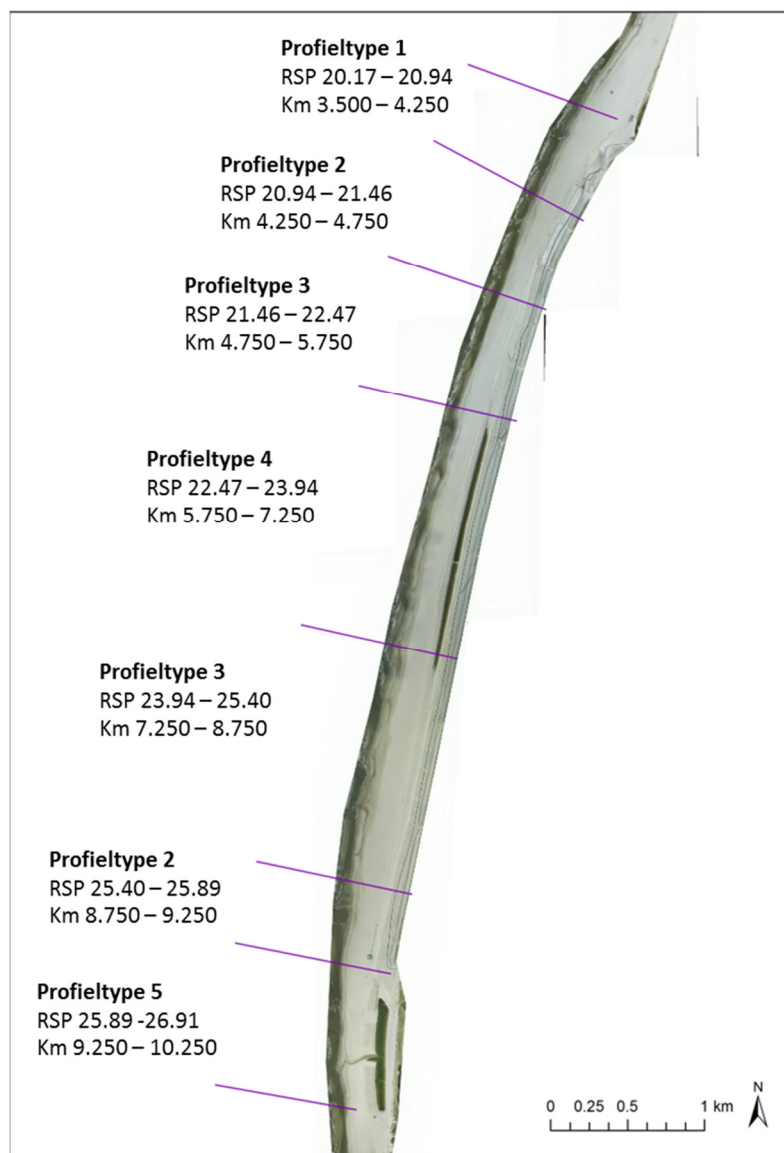
Jaar	Aanvoer van stuifzand (m ³ /m/jaar)		Accumulatie van stuifzand (m ³ /m/jaar)				Eolisch verlies (m ³ /m/jaar)
	$V_{bu,kr}$	V_{bi}	V_{1ed}	V_{ndv}	V_{bukrp4}	V_{bip4}	
1	15	20	24,5	7,4	1,4	1,8	1,9
2	15	15	21,0	6,3	1,4	1,4	1,5
3	15	10	17,5	5,3	1,4	0,9	1,0
4 t/m 22	10	0	7,0	2,1	0,9	0,0	0,1

Tabel D-8: Hoeveelheden accumulatie stuifzand per locatie in m³/m/jaar profieltype 4,

Bijlage E: Aanlegsituatie maatregelen per profieltype

In deze bijlage zijn figuren opgenomen van de maatregelen per profieltype zoals die zijn aangelegd. De kaarten zijn gemaakt op basis van de 'as built' tekeningen¹³ van de aannemercombinatie en de eerste hoogtemetingen van mei 2015¹⁴

Figuur E-1 geeft een overzicht van de locatie van de uitsnedes van Figuren E-2 tot en met E-8.



Figuur E-1: Overzicht locatie profieltypes kustversterking HPZ.

¹³ Het gaat hierbij om verschillende AUTOCAD bestanden: Totaaloverzicht_afrastering_20160210.dwg; Totaaloverzicht lengte afrastering 20150824.dwg en pdf. Controle helm obv Aerodata mei 2015.dwg; Overzicht totale helm asbuild 20160330.dwg; ACAD-Wilgen ZSNH-Model.dwg.

¹⁴ Bestand 'dem2015hpz1m'

Traject rijkstrandpalen 2017 - 2094 situatie december 2015

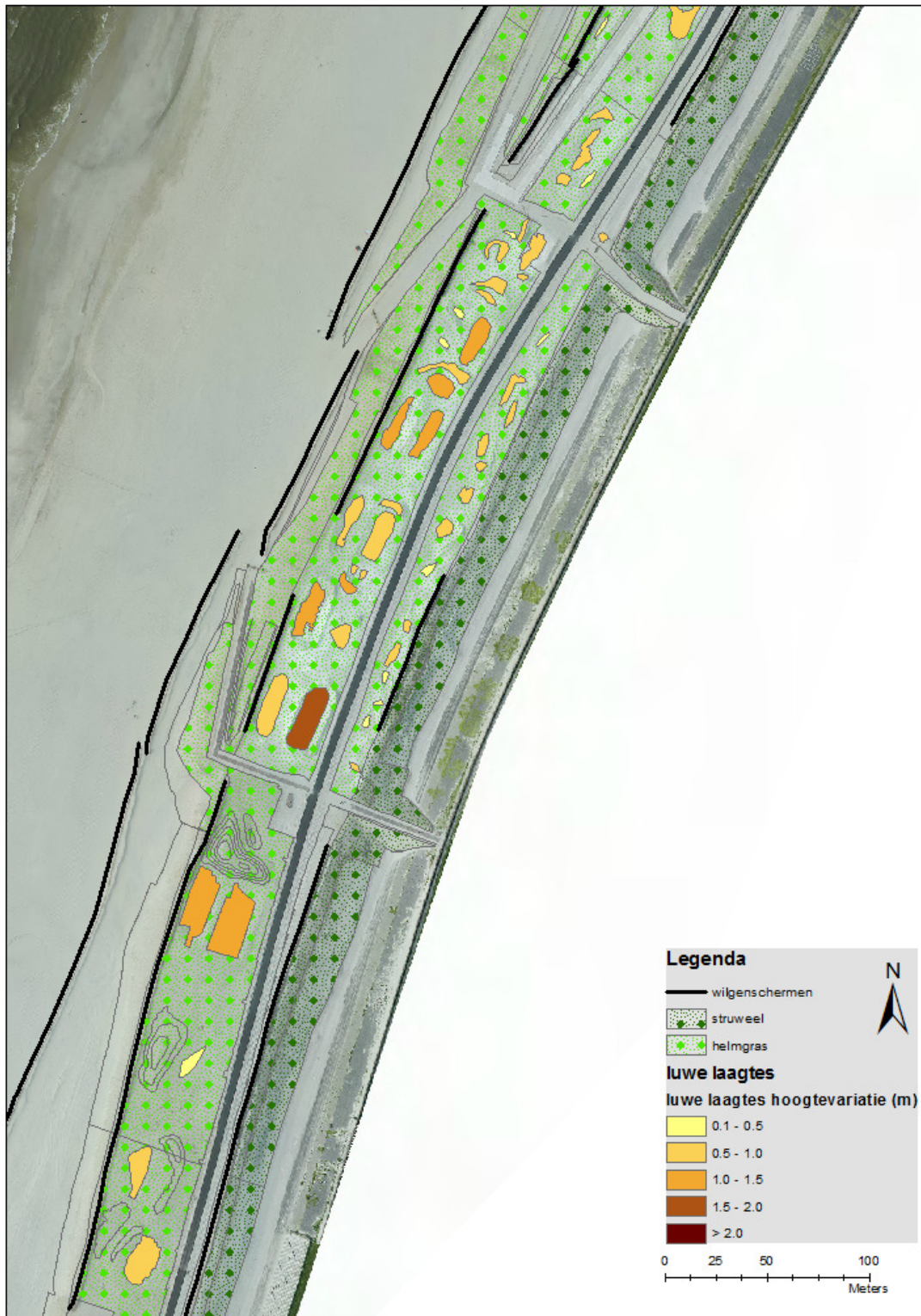
PROFIELTYPE 1



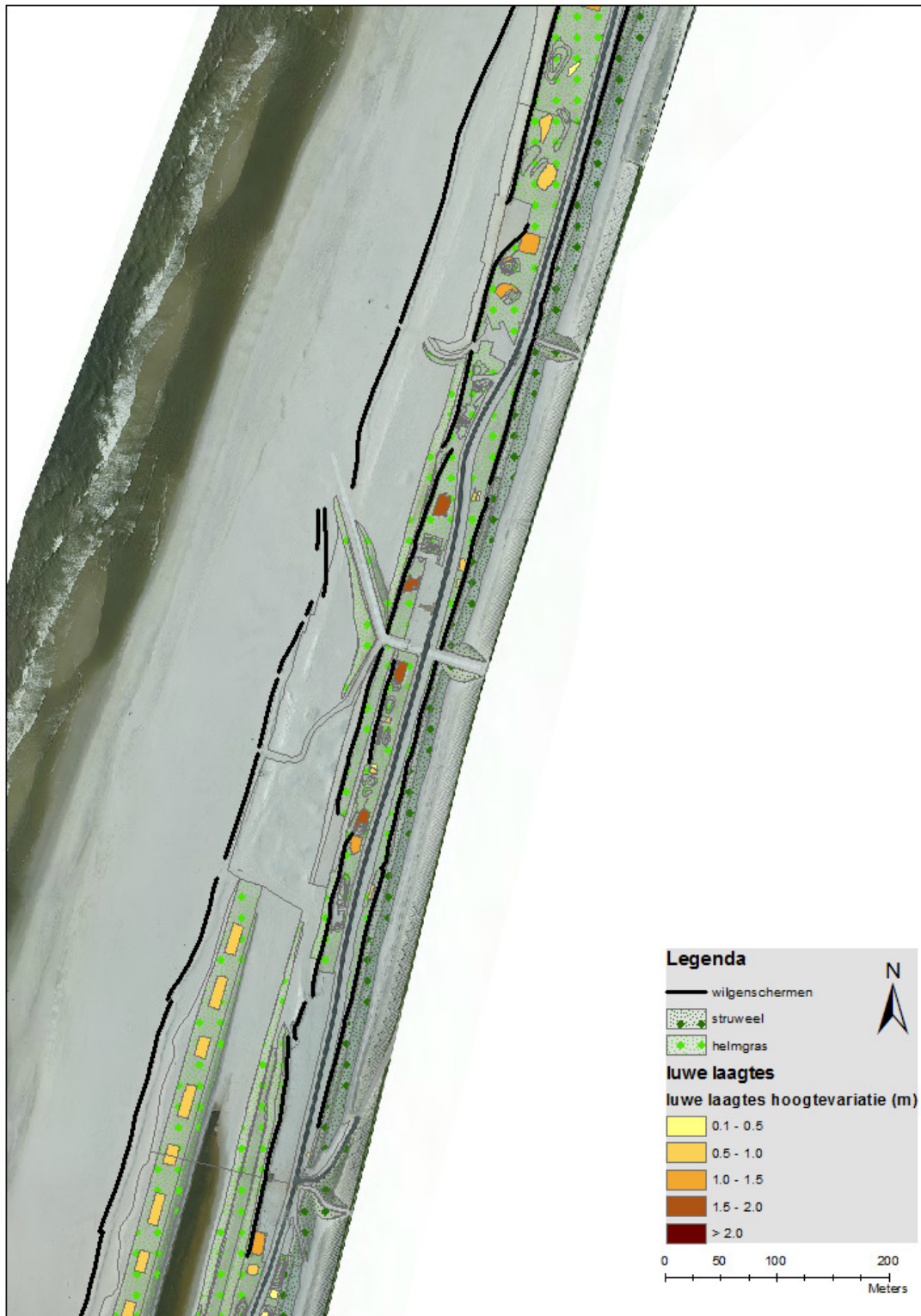
Figuur E-2: Overzicht maatregelen profieltype 1, rijkstrandpalen 20.17 - 20.94.

Traject rijkstrandpalen 2094 - 2146 situatie december 2015

PROFIELTYPE 2



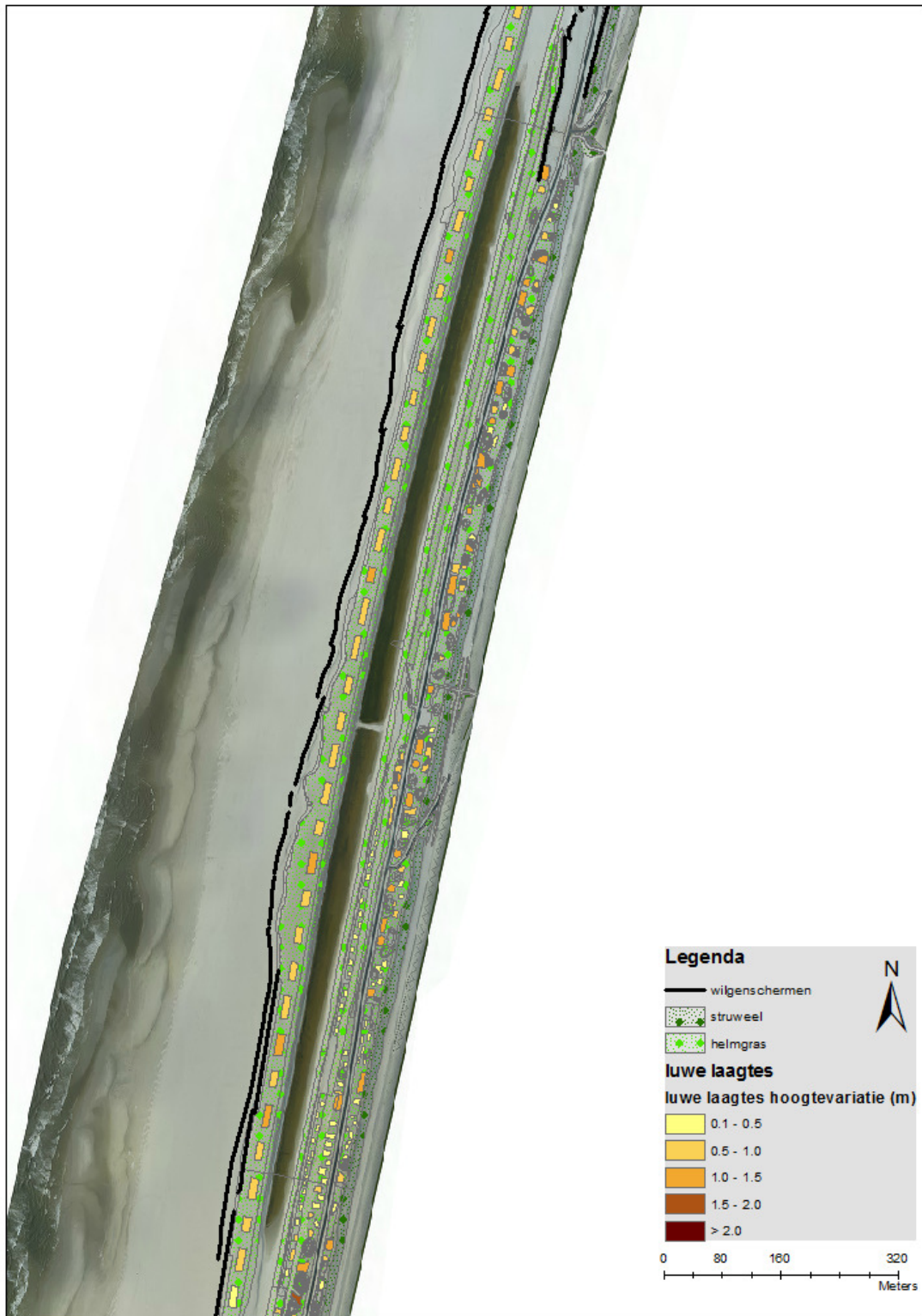
Figuur E-3: Overzicht maatregelen profieltype 2, rijkstrandpalen 20.94 - 21.46



Figuur E-4: Overzicht maatregelen profieltype 3, rijkstrandpalen 21.46 – 22.47

Traject rijkstrandpalen 2247 - 2394 situatie december 2015

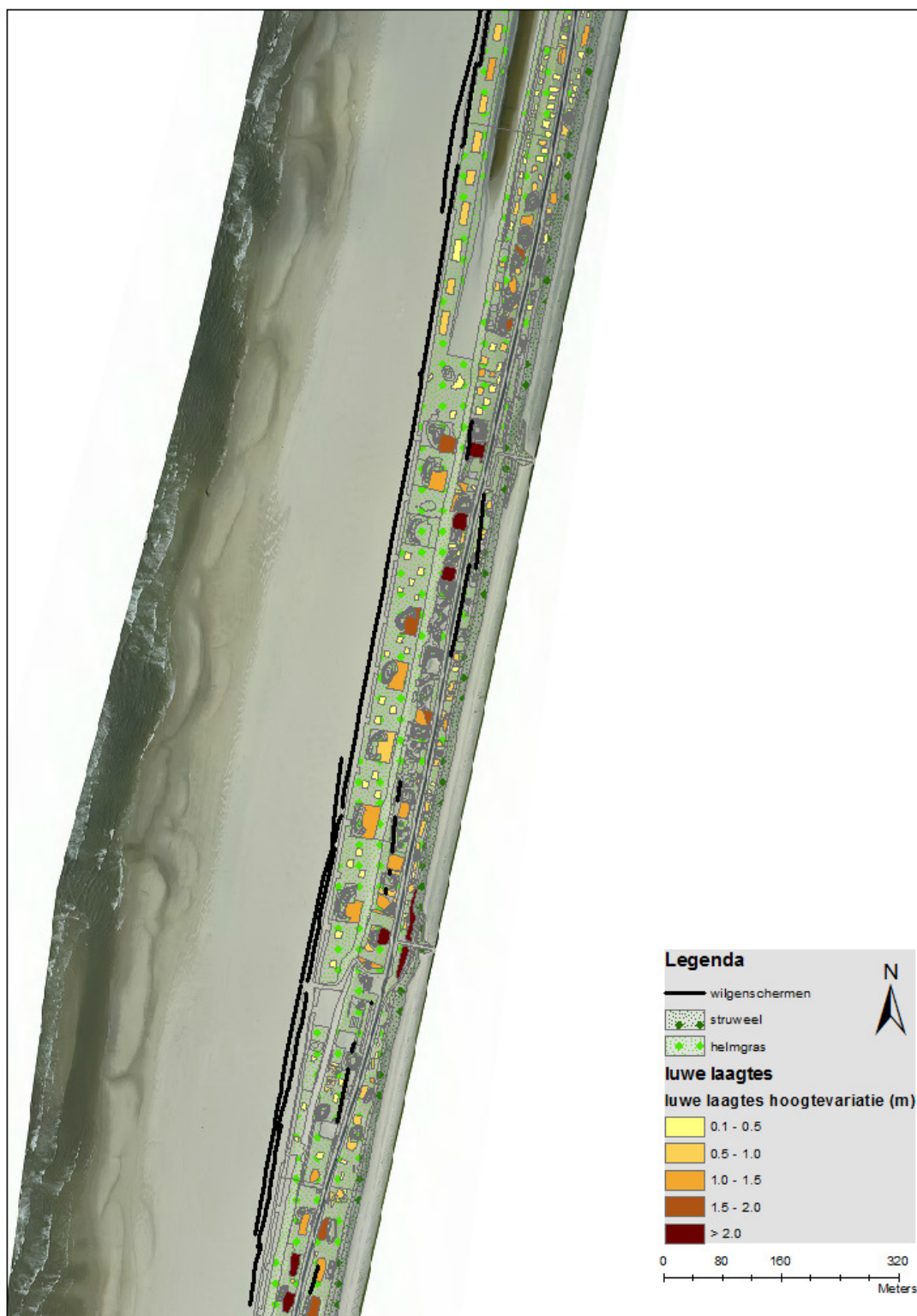
PROFIELTYPE 4



Figuur E-5: Overzicht maatregelen profieltype 4, rijkstrandpalen 22.47 – 23.94

Traject rijkstrandpalen 2394 - 2540 situatie december 2015

PROFIELTYPE 3



Figuur E-6: Overzicht maatregelen profieltype 3, rijkstrandpalen 23.94 - 25.40

Traject rijkstrandpalen 2540 - 2589 situatie december 2015

PROFIELTYPE 2



Figuur E-7: Overzicht maatregelen profieltype 2, rijkstrandpalen 25.40 – 25.89

Traject rijkstrandpalen 2589 - 2691 situatie december 2015

PROFIELTYPE 5



Figuur E-8: Overzicht maatregelen profieltype 5, rijkstrandpalen 25.89 - 26.91