

Planvorming Dynamisering Springertduinen, Goeree

Bas Arens & Menno de Ridder



waterschap
Hollandse Delta

Deltares



A R E N S

BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK



Planvorming Dynamisering Springertduinen, Goeree

Bas Arens & Menno de Ridder

ARENS BSDO
RAPPORTNUMMER RAP2020.01
In opdracht van Waterschap Hollandse Delta
Juni 2020

Colofon

Project

Planvorming Dynamisering Springertduinen

Opdrachtgever

Waterschap Hollandse Delta

Uitvoering

Planvorming verstuiwingen: Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek

Waterveiligheid: Deltares

Samenstelling rapport

Bas Arens met bijdragen van Menno de Ridder

Projectbegeleiding

Yede Bruinsma, Waterschap Hollandse Delta

Versie

Definitief, 21-08-2020

Rapportnummer

Arens BSDO RAP2020.01

Foto omslag

Venster in de zeereep, Springertduinen 20-05-2020

Inhoud

COLOFON IV

INHOUD V

1	INLEIDING	1
2	INVENTARISATIE GEBIED	3
2.1	Suppletiegeschiedenis	4
2.2	Zandbudget	8
2.2.1	Volumeberekeningen	8
2.3	Mate van overstuiving	12
2.4	Oppervlak en toestand Grijze duinen	14
2.5	Overig ecologische aspecten	14
2.5.1	Embryonale duinen	14
2.5.2	Struwelen	16
2.6	Beschrijving per cluster	18
2.6.1	Cluster 1	18
2.6.2	Cluster 2	21
2.6.3	Cluster 3	22
3	PLANVORMING	23
3.1	Aard van de ingrepen	23
3.2	Locaties van ingrepen	23
3.2.1	Cluster 1	24
3.2.2	Cluster 2	26
3.2.3	Cluster 3	33
3.3	Opvulling van laagtes en andere afzetmogelijkheden voor afgegraven zand	35
3.4	Fasering in de tijd (opties)	38
3.5	Waterveiligheid	40
3.6	Benodigde hoeveelheden voor volumeopbouw	42
3.7	Verwachte ontwikkeling	45
3.8	Beleefbaarheid	45
4	MONITORING EN NABEHEER	47
4.1	Opstellen van randvoorwaarden voor ontwikkeling	47
4.2	Monitoringsplan fysisch deel	48
4.3	Monitoringsplan ecologisch deel	52
4.4	Wat als scenarios	53
4.4.1	Bijsturen van ongewenste ontwikkelingen	53
4.4.2	Nabeheer voor in stand houden verstuiving	56
5	CONCLUSIES	57
6	REFERENTIES	59

7	LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN	61
7.1	Lijst van Figuren	61
7.2	Lijst van Tabellen	62
8	BIJLAGEN	63

1 Inleiding

Waterschap Hollandse Delta beheert de waterkeringen in haar beheergebied, waaronder de duinenkusten van Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Deze twee duinenstroken zijn recent beoordeeld met het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). Zij blijken te voldoen aan de in de waterwet vastgelegde overstromingskans voor het achterliggend gebied.

Hollandse Delta heeft uitgesproken dat dynamische duinontwikkeling het juiste spoor is voor de toekomst van haar duingebieden. Door toe te laten en te stimuleren dat er zandtransport plaatsvindt vanaf het strand tot voorbij de zeereep krijgt het gehele duingebied de kans om mee te groeien met de verwachte zeespiegelrijzing. Doel van het waterschap is duingroei aan de landzijde van de huidige zeereep te realiseren.

Tegelijkertijd biedt het instuiven van zand de natuurbeheerder van het achterliggende duingebied (Natuurmonumenten) mogelijkheden om te voldoen aan de Natura2000 beheerdoelen waaraan zij gebonden zijn. Doel is vooral het in stand houden en mogelijk uitbreiden van het areaal “Grijs duin”. Dit vereist een milde overstuiving, in een afnemende gradiënt met toenemende afstand vanaf de duinvoet. Bij te grote overstuiving zullen overstoven Grijze duinen (Habitatype 2130) overgaan in Witte duinen (Habitatype 2120), wat in ieder geval over grotere oppervlaktes niet gewenst is.



Figuur 1.1. Overzichtskaart van het gebied Springertduinen op Goeree. Het studiegebied ligt tussen RSP 17.00 en 19.00

Voor het gebied Springertduinen op Goeree (zie Figuur 1.1) is een leggerwijziging in voorbereiding waarbij het gehele gebied vanaf de zeewaartse duinvoet tot en met de duinenrij aan de oostelijke grens van het gebied tot waterkering wordt verklaard. Dit geeft veel meer mogelijkheden om met behulp van maatregelen in de zeewering duindynamiek op gang te brengen. Daarbij moet wel in het oog gehouden worden dat deze binnenste duinenrij in de huidige toestand een aantal “sluipwegen” voor het water kent en daarom niet alleen als zeewering kan functioneren. Een ander aandachtspunt is dat wijzigingen in de legger afgestemd worden om het (natuur)beheer van het gebied uit te kunnen voeren.

In dit rapport wordt een plan besproken voor dynamiseringsmaatregelen in de Springertduinen. Doel is om door middel van verstuingen door de zeereep het volume van de zeereep te vergroten en het gebied daarmee voor te bereiden op de komende zeespiegelstijging. Nevendoel is met verstuingen ook de natuurwaarden in het gebied te vergroten, met name door de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Grijze duinen te verbeteren. Het rapport is opgebouwd uit verschillende onderdelen. Ten eerste is er een inventariserend deel (H2), waarin de huidige toestand van het gebied en enkele belangrijke ontwikkelingen in het verleden worden besproken. Daarna volgt H3 met de plan(vorming), waarin ook de resultaten van een modelstudie naar het effect van kerven op de veiligheid wordt behandeld. In H4 wordt uitgewerkt hoe gemonitord kan worden om de effecten van de ingrepen te kunnen beoordelen. Tot slot wordt in H5 uiteengezet wat er aan nabehoor nodig is, om het plan na uitvoering succesvol te laten zijn en tot de realisatie van verschillende doelen te komen.

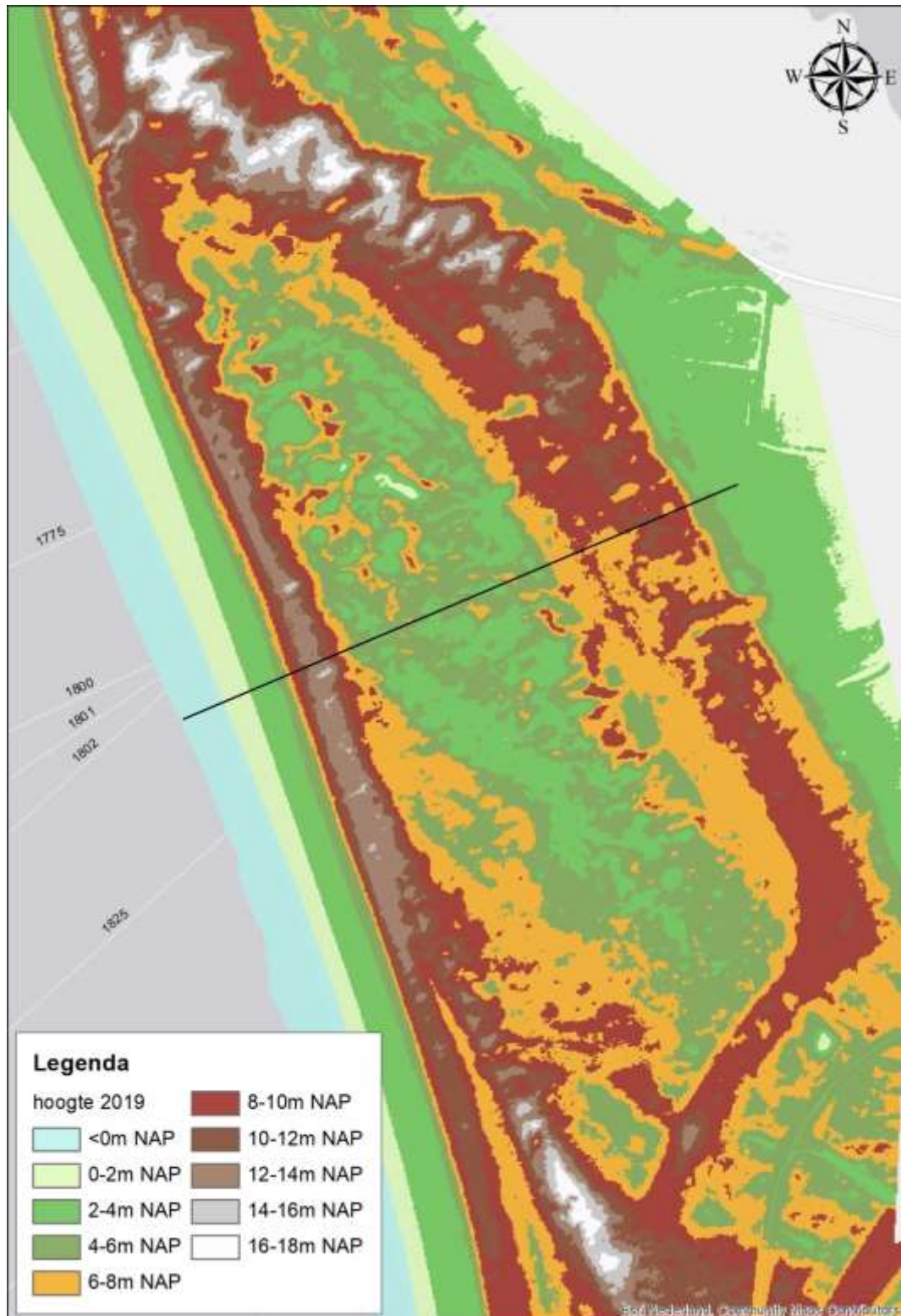
Het plan is opgesteld in nauwe samenspraak met het Waterschap en met Natuurmonumenten. Er hebben diverse overleggen plaatsgevonden om het plan uit te werken en te optimaliseren en er heeft een gezamenlijk veldbezoek plaatsgevonden. Bij de uiteindelijke planvorming zijn de volgende personen betrokken:

- Yede Bruinsma (Waterschap Hollandse Delta, opdrachtgever)
- Rachid Abraimi (Waterschap Hollandse Delta, veiligheidsberekening)
- Astrid Withagen (Natuurmonumenten, coördinator beheer Springertduinen)
- Matthijs Broere (Natuurmonumenten, ecooloog Springertduinen)
- Wouter van Steenis (Natuurmonumenten, adviseur ecologie)
- Wendy Jesse (Provincie Zuid-Holland, Natura2000)
- Marlies van der Welle (Provincie Zuid-Holland, Natura2000)
- Menno de Ridder (Deltares, modellering m.b.t. veiligheidsberekeningen)

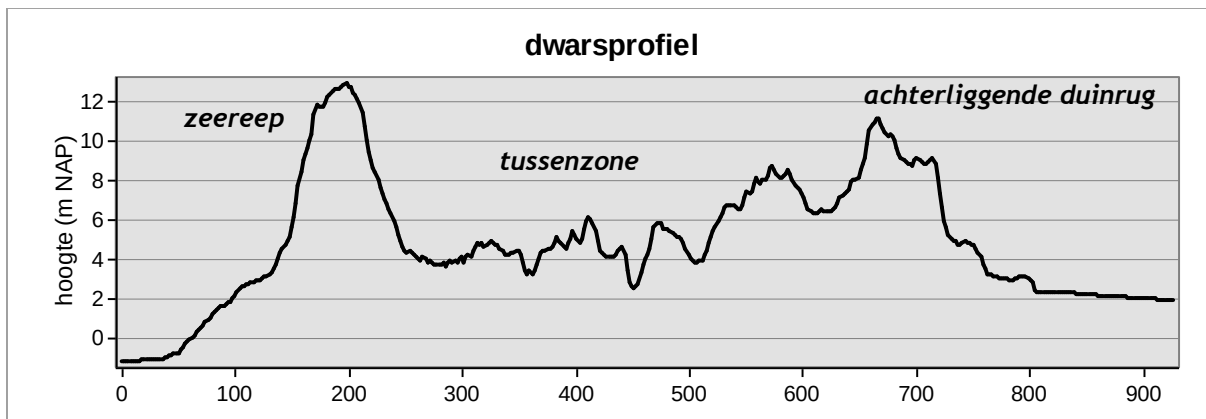
Wij willen hen hartelijk danken voor de prettige samenwerking en hun bijdrage aan de planvorming en dit rapport. Verder willen wij Stefan Pluis van Rijkswaterstaat bedanken voor het verschaffen van informatie over suppleties en sedimentstromingen in het gebied van de Springertduinen.

2 Inventarisatie gebied

Typerend voor het gebied is een zeereep en landwaarts daarvan een tweede, gesloten duinenrij, met daartussen een lagere strook met een kopjesduinachtig landschap (Figuur 2.1). Een typisch dwarsprofiel (voor de ligging zie de zwarte lijn in Figuur 2.1) is afgebeeld in Figuur 2.2.



Figuur 2.1 Hoogtekaart van de Springertduinen, afgeleid van AHN hoogdynamisch voor 2019 (bron RWS).



Figuur 2.2. Dwarsprofiel ter hoogte van de zwarte lijn in Figuur 2.1.

Het dwarsprofiel laat zien dat de zeereep een breedte van circa 100m en een hoogte van ruim 12m NAP heeft. Op deze plaats is de rug aan de landwaartse zijde lager dan de zeereep. De rug neemt naar het noorden toe in hoogte en naar het zuiden af. In de tussenzone tussen zeereep en achterliggende duinenrug ligt de hoogte lokaal onder de 4m NAP.

Tijdens het veldbezoek is op een aantal plaatsen het kalkgehalte van het zand bepaald met behulp van een bruistest, die een grove indicatie geeft van de hoeveelheid kalk in de bodem. Bij een bruistest wordt 1n HCl (zoutzuur) gedruppeld op een zandmonster. De mate van bruisen na toevoegen van HCl geeft een maat voor het kalkgehalte. Bij heftig bruisen is het kalkgehalte meer dan enkele procenten, bij een zeer laag kalkgehalte is het bruisen nog net hoorbaar, maar niet meer zichtbaar. Vrijwel overal was het zand kalkhoudend, zichtbaar aan een redelijk fors bruisen van het monster. Alleen in één laagte werd een ontkalkte bovenlaag aangetroffen. Volgens van Haperen (2009) zou het zand in de Springertduinen een kalkgehalte van 1.5-2.5% CaCO_3 hebben. Ook volgens Bakker et al. (1979) zou het gebied overwegend jong zijn en uit kalkhoudend zand bestaan.

2.1 Suppletiegeschiedenis

De suppletiegeschiedenis van het gebied is van belang, omdat de mate van suppleren van invloed is op de hoeveelheid zand die beschikbaar is in het systeem. Door structureel te suppleren wordt voortdurend zand aan het systeem toegevoegd, waardoor het zandbudget verandert. Vaak wordt het zandbudget van de zeereep onder invloed van suppleties positief, omdat het suppletiezand deels de duinen instuift. Er kan een directe en indirecte relatie zijn tussen suppleties en mate van aanstuiving. Een direct effect is te zien als op de locatie van suppleren het zandbudget toeneemt. Een indirect effect treedt op als het suppletiezand eerst naar elders verplaatst (via het strand of via de onderwateroever) en daarna de duinen in stuift. Figuur 2.3 geeft een schetsmatige weergave van mogelijke sedimentstromen in het gebied onder invloed van suppleties en kustontwikkeling elders. De voeding vanuit het zuiden wordt door RWS bevestigd, de pijl in het noorden die een sedimentstroom onder invloed van de Bollen van de Ooster suggereert, wordt door RWS betwijfeld (S. Pluis, pers. commun.).

Voor wat betreft suppleren kent het gebied een driedeling. Aan de noordkant, tot RSP17.50, is veelvuldig gesuppleerd op het strand en zijn ook duinverzwaringen toegepast. In 1972 is de zeereep tussen 16.50 en 17.25 verzaaid, in 1973 de zeereep tussen 14.50 en 17.50. Strandsuppleties zijn uitgevoerd in 1973/1974, 1977, 1984/1985, 2005 en 2016. In 2021 staat een volgende suppletie gepland, maar deze komt ten noorden van het projectgebied. Het middendeel tussen 18.020 en 18.50 is alleen in 2005 gesuppleerd op het strand. Hier zijn ook geen duinverzwaringen toegepast. Een klein deel, tussen 17.50 en 18.02 is nooit gesuppleerd.

Het zuidelijk deel vanaf 18.50 tot 19.00 is ook slechts éénmaal in 2005 gesuppleerd op het strand. Hier zijn in 1972 en 1976 duinverzwaringen uitgevoerd.

Ten zuiden van het gebied is er alleen in 2015 een suppletie uitgevoerd. Deze had uitsluitend een recreatiedoel. Omdat voor de Brouwersdam geen Basis Kustlijn (BKL) is gedefinieerd wordt hier voor veiligheid niet gesuppleerd. Door erosie was het strand dermate smal geworden dat dit voor recreatie ongunstig werd. Het is mogelijk dat een deel van de Springertduinen gevoed wordt door zand wat bij de Brouwersdam is geërodeerd. Mogelijk ook neemt de voeding als gevolg van de suppletie bij de Brouwersdam in 2015 in de toekomst toe.

Aangezien er een relatie is tussen de hoeveelheid suppleties en de mate van aanzanding van de zeereep, kan dit ook als een stuurknop in het systeem worden gebruikt. Door gericht te suppleren kan de zandvoorraad beïnvloed worden en dus ook de mate van aanstuiving in het systeem. Zo kan het systeem meegroeien met een zeespiegelstijging en kan de waterveiligheid op peil blijven of zelfs vergroot worden.

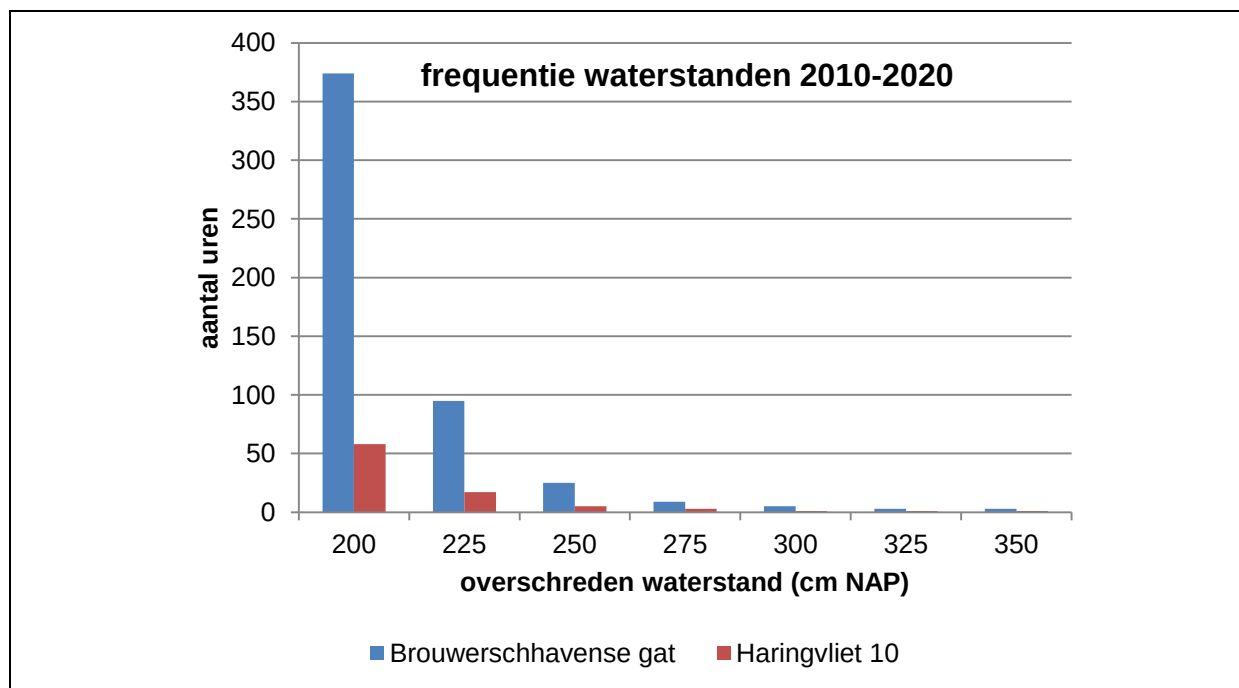
In het gebied is in de duinverzwaringen mogelijk gebruik gemaakt van “slecht” zand, dat wil zeggen zand met eigenschappen die minder gunstig zijn voor verstuiwing en een optimale ecologische ontwikkeling. Dit betreft dan vooral de korrelgrootte (veel grof en/of zeer fijn materiaal, te hoge kleifractie). Tijdens het veldbezoek is niets gebleken van ongeschikt zand aan of nabij het oppervlak. Wel is in de wanden van stuifkuilen in Cluster 1 zand aangetroffen waarvan het vermoeden bestaat dat dit is aangebracht. De typische gelaagdheid van windafzettingen ontbreekt. Dit zand is qua korrelgrootte echter vergelijkbaar met gewoon duinzand. Ook het kalkgehalte (bepaald met de bruistest) was vergelijkbaar met het zand in de omgeving.

Het strand is op dit moment (mei-juni 2020) bezaaid met schelpen. Het sediment is grof en zeer slecht gesorteerd (Figuur 2.4). De schelpen beperken zich niet tot het oppervlak (uitgestoven woestijnvloertje) maar zitten door het hele profiel. Dit is waarschijnlijk nog suppletiezand van de suppletie van 2005 is. Volgens gegevens van Rijkswaterstaat was de gemiddelde mediaan van het gesuppleerde zand 361 μm (Pluis, pers. commun.). Dit slecht gesorteerde zand is maar matig verstuiikbaar door de grote hoeveelheid schelpfragmenten. Het zand wat in de duinen terecht komt is veel fijner, rond de 230 μm . Volgens Kohsiek (1984) bevatte de zeereep tussen RSP17 en RSP19 zand met een mediane korrelgrootte van 240-250 μm . Op het lagere strand (intergetijdegebied), tussen de hoog- en laagwaterlijn, is het oppervlak bedekt met een laag met fijn, goed gesorteerd en schelparm zand. Deze laag is enkele cm's dik, hieronder bevindt zich ook het grove, slecht gesorteerde en schelpfragmenten rijke zand. Mogelijk is dit fijne zand in het intergetijdegebied de bron voor het zand wat de duinen instuift. Dit betekent een aanzienlijke beperking van de zandbron, omdat in dat geval niet het gehele strand zand levert voor verstuiwing. Van zuid naar noord lijkt de hoeveelheid schelpen af te nemen.

Het gemiddeld getijdeverschil bedraagt iets meer dan 2m. Bij hoogwater hoger dan ca 1.6m NAP zal de strandbank overstromen, bij hoogwater hoger dan 3m NAP zal het strand grotendeels onderwater staan. Figuur 2.5 laat zien hoe vaak bepaalde waterstanden worden overschreden voor de meetstation Haringvliet 10 en Brouwershavense gat. Waterstanden boven 2.5m NAP komen zelden voor. Het is echter mogelijk dat door opstuwing de waterstand ter plaatse hoger is dan voor de meetstations. Er zit ook een behoorlijk verschil in de meting voor Brouwershavense gat, net ten noordwesten van de Brouwersdam aan de kant van Schouwen en Haringvliet 10, ten noorden van de Bollen van Ooster. Het is ook mogelijk dat bij westenwind er sprake is van extra opstuwing door de ligging van de Bollen van de Ooster, die steeds dichterbij de noordkant van Goeree aan komt te liggen.



Figuur 2.4. Grof en slecht gesorteerd zand op het strand met rijsporen, 30 juni 2020.



Figuur 2.5. Frequentie van overschrijdingen van hoogwater voor nabijgelegen meetstations tussen 2010-2020 (bron: waterinfo.rws.nl).

2.2 Zandbudget

Het zandbudget van de zeereep is relevant, omdat dit bepaalt of er zand beschikbaar is om het duin te laten groeien, en of er zand beschikbaar is voor doorstuiving zonder dat dit ten koste gaat van het zandvolume van de zeereep. Het zandbudget van de zeereep is bepaald voor de verschillende deelgebieden. Daarbij is een berekening gemaakt van de veranderingen in volume voor strand en zeereep (boven 1m NAP), en zeereep zelf, boven 3 en 5m NAP. De duinvoet, de hellingknik op de overgang van strand naar zeereep, ligt bij de Springertduinen tussen de 4 en 5m NAP. De volumes zijn bepaald in GIS aan de hand van de $2 \times 2 \text{m}^2$ rasters van de laseraltimetrie die beschikbaar is bij Rijkswaterstaat. De volumes zijn per jaar berekend vanaf 2013. Vervolgens zijn ook van jaar tot jaar de volumeverschillen te berekenen, maar hier kunnen forse onnauwkeurigheden in zitten die vaak het gevolg zijn van de aanwezigheid van (ruwe) begroeiing. Beter is het dan om het volumeverschil over een langere periode te berekenen, in dit geval over de periode 2013-2019.

2.2.1 Volumeberekeningen

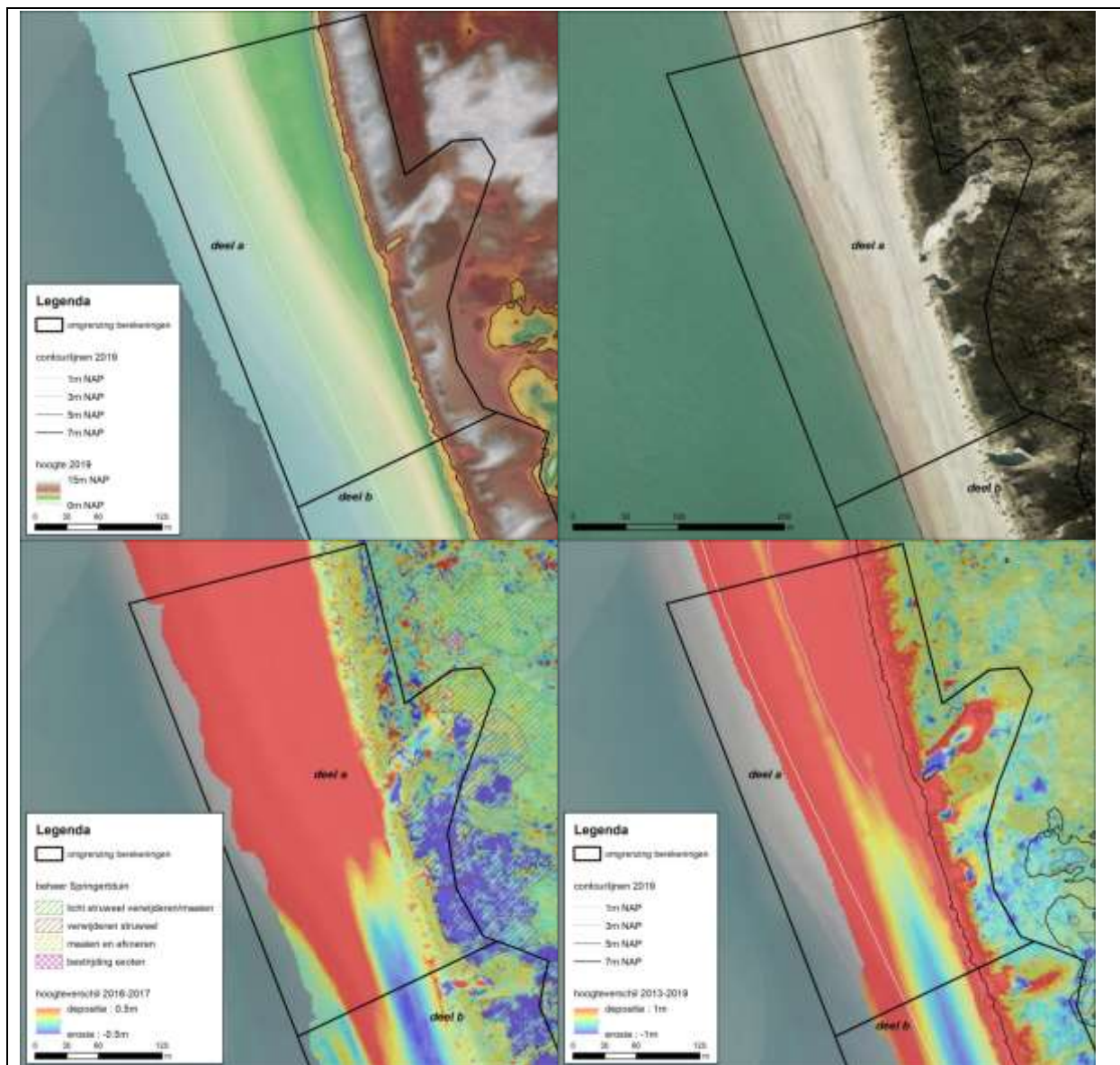
Laseraltimetrie is een goede manier om de hoogte van het terrein te bepalen. Wanneer het terrein begroeid is met ruwe vegetatie, ontstaat er een onnauwkeurigheid. Hoewel vegetatie uit de data gefilterd zou worden, gebeurt dit blijkbaar niet ieder jaar op dezelfde manier. Het gevolg is dat op met struweel begroeide oppervlakken hoogteverschillen worden waargenomen die niet realistisch zijn. Hiermee moet met volumeberekeningen uit de laseraltimetrie rekening worden gehouden.

Het terrein van de Springertduinen is voor een groot deel met struweel begroeid. In de winter van 2016/2017 is wel circa 20ha kaal gemaakt, maar ook dan is er nog een aanzienlijk deel met struweel begroeid. Deze oppervlakken moeten niet meegenomen worden in de volumeberekeningen. Gezien de dichte bedekking met struweel is het bovendien onwaarschijnlijk dat hier hoogteveranderingen plaats zouden vinden. Voor de volumeberekening is daarom een landwaartse grens bepaald die zo dicht mogelijk achter de zone is gelegd waar veranderingen door overstuiving zijn te verwachten.

Aan de hand van de hoogteverschillenkaart is dit goed te bepalen. Een en ander wordt geïllustreerd met Figuur 2.6. Linksboven is de hoogtekaart afgebeeld, met duidelijk zichtbaar de overgang van strand naar zeereep, de zeereep met kerf en een achterliggend hoog duin. Rechtsboven is de luchtfoto van 2016 afgebeeld, waarop grote oppervlaktes met struweel herkenbaar zijn. In 2017 is dit struweel verwijderd. De verschilkaart linksonder geeft de hoogteverschillen tussen 2016 en 2017 weer en tevens de plaatsen waar struweel verwijderd en gemaaid is. Op de plaatsen waar struweel is verwijderd is het oppervlak donkerblauw, wat aangeeft dat het terrein verlaagd is. Dit is niet het geval, want er is niet geplagd. Het hoogteverschil is dus puur het gevolg van het verwijderen van vegetatie. De verschilkaart 2013-2019 laat zien hoe de landwaartse begrenzing zoveel mogelijk aansluit op zones waar overstuiving verwacht wordt en zoveel mogelijk struweelrijke zones zonder overstuiving uitsluit. Hoe nauwkeurige de landwaartse grens de zone van overstuiving volgt en hoe minder oppervlakken met dicht struweel worden ingesloten, hoe nauwkeuriger de volumeberekening zal zijn. De zeewaartse grens wordt bepaald door de hoogtelijnen (Figuur 2.6 rechtsonder), voor het volume boven 1m NAP de 1m NAP-hoogtelijn, voor die van 3 de 3m NAP-hoogtelijn enz.

De resultaten van de volumeberekeningen zijn gegeven in Tabel 2.1. De fluctuatie van jaar tot jaar is duidelijk en is het grootste in de volumes boven 1m NAP. Dit komt omdat de veranderingen op het droge strand van jaar tot jaar sterk kunnen variëren. Door één storm kan al een groot volumeverschil ontstaan. De volumeveranderingen boven 5m NAP fluctueren minder en geven de veranderingen als gevolg van overstuiving. Depositie door de wind is het enige proces wat kan resulteren in een positief volumeverschil boven 5m NAP. Processen als overwash spelen geen rol, het effect van golven zal ook niet tot boven 5m NAP reiken. Opvallend in de tabel is het grote

negatieve verschil tussen 2016-2017 in deelgebieden a t/m d, het gevolg van het verwijderen van vegetatie en dus vermoedelijk onjuist.



Figuur 2.6. Toelichting bij volumeberekeningen. Linksboven hoogtekaart, rechtsboven luchtfoto 2016, linksonder hoogteverschillen 2016-2017, rechtsonder hoogteverschillen 2013-2019. Voor uitleg zie tekst.

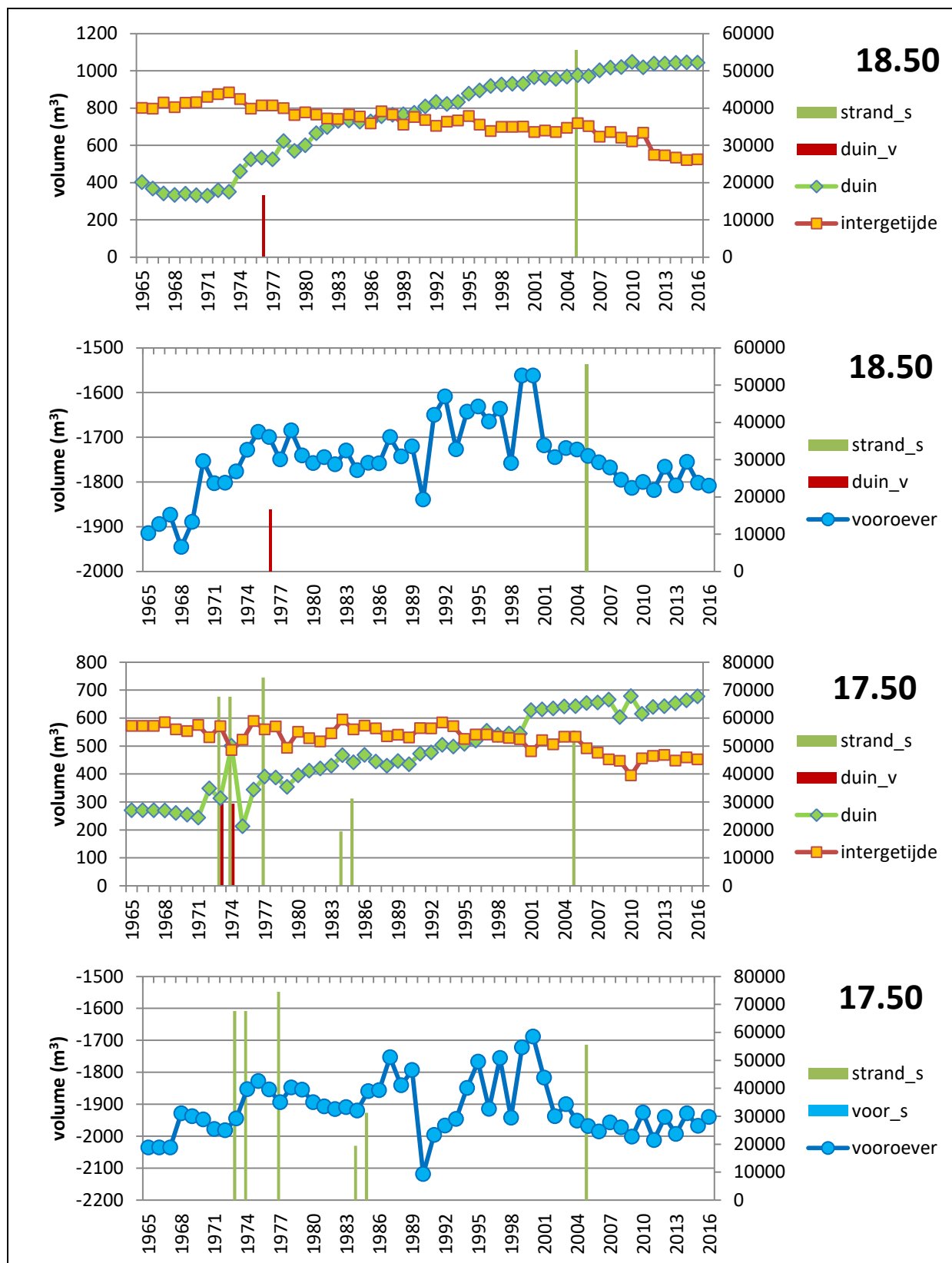
Figuur 2.7 geeft een voorbeeld van de volumeontwikkeling in raaien RSP18.50 en 17.50 en de uitgevoerde suppleties/duinverzwaringen. Hoewel in transect 18.50 zelf nauwelijks gesuppleerd is, is er wel sprake van een gestage toename van het volume van de zeereep (boven 3m NAP) sinds 1974. Mogelijk hangt dit ook samen met ontwikkelingen in de voordelta en bij de Brouwersdam. Het is duidelijk uit de figuur dat alleen het volume van de zeereep toeneemt. Het volume op het intergetijdegebied neemt tegelijkertijd af, het volume op de vooroever schommelt nogal. Raai 17.50 vertoont een zelfde gedrag, de aanwas van de zeereep begint hier in 1975 en valt hier wel samen met de duinverzwaringen (deze zijn meegerekend in het volume). Er is hier geen duidelijke relatie tussen het aanbrengen van de suppleties en de volumeontwikkeling.

Tabel 2.1. Resultaten volumeberekeningen

deelgebied	jaar	>5m NAP	>3m NAP	>1m NAP
		m ³ /m.jaar		
a	2013-2014	9.3	10.8	-5.0
	2014-2015	10.9	11.8	27.6
	2015-2016	6.6	6.7	-0.4
	2016-2017	-5.0	17.5	96.7
	2017-2018	11.1	17.4	-5.0
	2018-2019	14.6	17.7	18.1
	2013-2019	7.9	13.7	22.0
b	2013-2014	8.2	13.6	1.0
	2014-2015	12.6	15.3	24.2
	2015-2016	-0.3	0.2	0.7
	2016-2017	-12.2	-11.1	-20.1
	2017-2018	6.7	14.8	-3.5
	2018-2019	9.5	13.8	23.9
	2013-2019	4.1	7.8	4.4
c	2013-2014	2.6	5.8	2.1
	2014-2015	1.2	5.4	8.1
	2015-2016	-0.6	0.4	5.8
	2016-2017	-3.3	-2.6	-1.8
	2017-2018	2.1	9.3	0.1
	2018-2019	8.8	15.5	20.4
	2013-2019	1.8	5.6	5.8
d	2013-2014	3.7	5.4	10.9
	2014-2015	3.8	7.8	10.1
	2015-2016	0.9	1.7	-2.3
	2016-2017	2.9	4.7	10.7
	2017-2018	-5.2	-1.2	2.1
	2018-2019	7.7	14.4	24.2
	2013-2019	2.3	5.5	9.3

De volumeverschillen boven 1, 3 en 5m NAP zeggen iets over de plek waar het zand terecht komt. Het verschil in verandering tussen de zone boven 1 en de zone boven 3m NAP zegt iets over de hoeveelheid zand die in de zone tussen 1 en 3m NAP terecht komt. Is dit verschil klein, dan wordt het meeste zand boven 3m NAP afgezet. Hetzelfde geldt voor het verschil in verandering voor de zone boven 3 en 5m NAP. Uit

Tabel 2.1 blijkt dat dat nogal varieert per deelgebied. In deelgebied a wordt tussen 2013 en 2019 22 m³/m.jaar afgezet boven 1m NAP, 13.7 boven 3m NAP en 7.9 boven 5m NAP. Dat betekent dat tussen 1 en 3m NAP 8.3 en tussen 3 en 5m NAP 5.8 m³/m.jaar wordt afgezet.



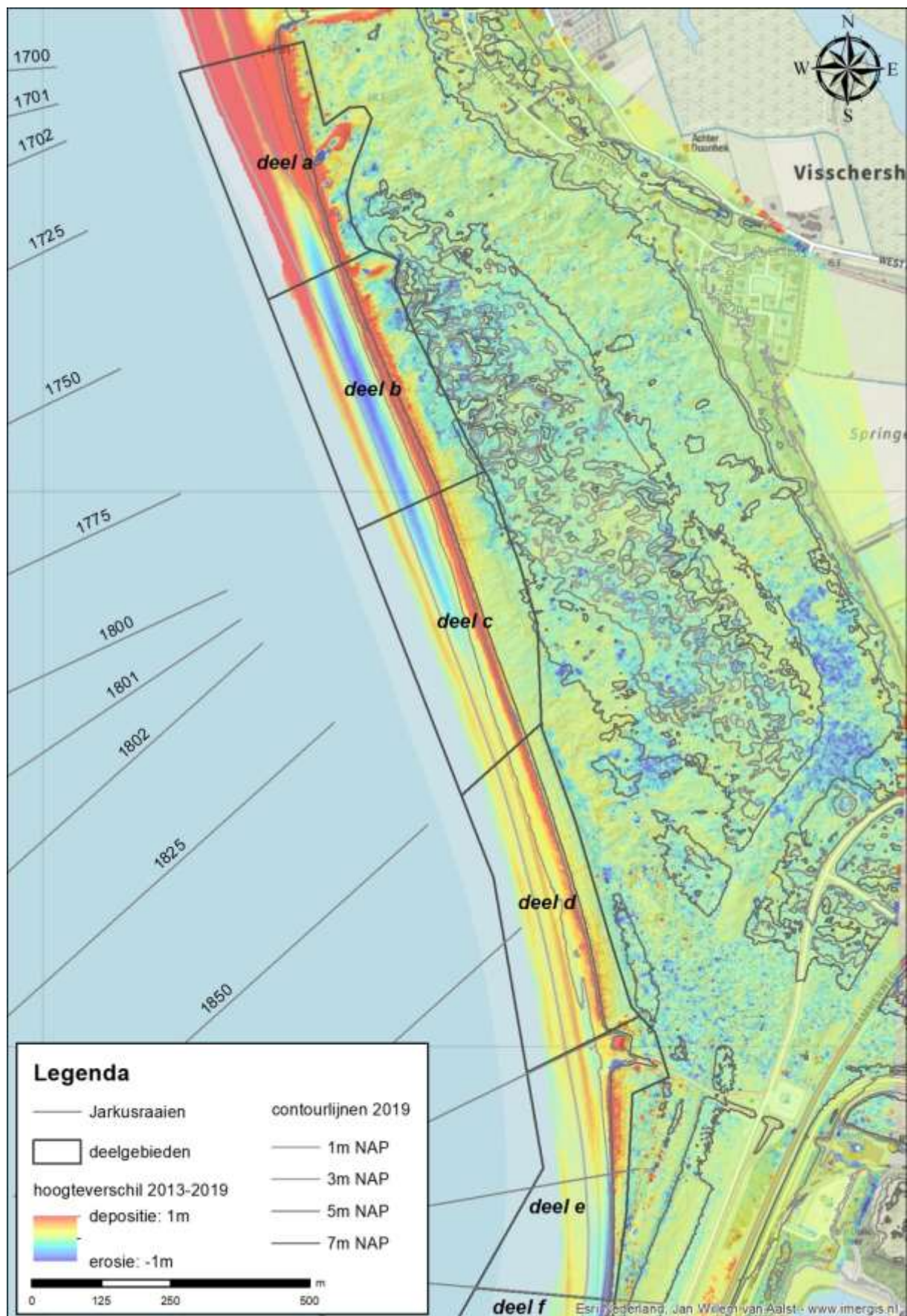
Figuur 2.7. Volumeontwikkeling zeereep, intergetijdegebied en vooroever in relatie tot suppleties en duinverzwaringen. De lijnen geven het verloop in het totale volume boven 3m NAP van jaar tot jaar op vooroever (blauw), intergetijdegebied (oranje) en zeereep (groen). De staafjes geven de suppleties, groen voor strandsuppleties, bruin voor duinsuppleties. (Bron: suppletieonderzoek EGS2, Deltares).

2.3 Mate van overstuiving

Behalve het zandbudget van strand en zeereep is ook van belang hoe het zand zich naar, over en uit de zeereep verspreid. Wat zijn de huidige patronen van erosie en overstuiving? Is er een natuurlijke neiging tot stuifkuil/kerfvorming? Is hier een ruimtelijke variatie in het gebied?

In de vorige paragraaf is geconstateerd dat het zandbudget van de zeereep matig positief is, met een toenemende trend van zuid naar noord. Voor de verstuing in de zeereep, de doorstuiving naar de achterliggende duinen en de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Witte en Grijs duinen is van belang waar dit zand in de zeereep terecht komt. Dit is goed af te leiden uit de hoogteverschillen tussen de opeenvolgende laseraltimetrieopnames. Het beste inzicht geeft het hoogteverschil over een zo lang mogelijke periode. Hier kijken we naar de periode 2013-2019. Van 1997-2013 zijn ook laseraltimetriegegevens beschikbaar, maar dan in 5x5m² rasters. De kaarten met hoogteverschillen voor 1997-2013 en de jaarlijkse hoogteverschillen vanaf 2013 t/m 2019 zijn opgenomen in Bijlage A. Figuur 2.8 geeft de kaart met hoogteverschillen voor 2013-2019. Aan de noordkant van deel a laat de brede rode vlek de toename door een suppletie in 2016 zien. Ten zuiden hiervan geeft de blauwe strook erosie op het strand, tussen 1 en 3m NAP aan. De langgerekte rode band langs de zeereep is de aanstuivingszone. Aan de noordkant ligt het grootste deel van de aanstuivingszone tussen 5 en 10m NAP, naar het zuiden toe wordt de aanstuivingszone min of meer begrensd door de 7m NAP lijn. In deelgebieden a en b is wel sprake van enige doorstuiving, met name rond enkele dynamische verschijnselen: de kerf in het midden van deelgebied a en twee stuifkuilen in deelgebieden a en b. Deels zijn deze in 2017 enigszins gestabiliseerd door ingrepen. De overstuivingszones en erosie achter en in deze vormen zijn echter goed zichtbaar. Het valt op hoezeer de overstuiving vanuit de kerf verder landwaarts reikt dan vanuit de stuifkuilen of de rest van de zeereep. De kerf is overigens in meer detail in Figuur 2.6 te zien. Het feit dat deze dynamische verschijnselen in het gebied voorkomen, geeft aan dat dergelijke vormen van verstuing gebiedseigen zijn. Dat biedt goede perspectieven voor aanleg van nieuwe of eventueel herstel van bestaande vormen. De rafelige rand van de rode strook in deelgebieden a en b geeft aan dat de overstuivingszone hier ook verder reikt dan bij de strakke begrenzing bij deelgebieden c en d. De aanwezigheid van ruwe begroeiing heeft hier een grote invloed op. Het oppervlak is dermate dicht begroeid dat overstuiving gelijk tot stilstand komt. Door begroeiing te verwijderen, en te zorgen voor een glad oppervlak (dus alleen begroeid met korte vegetatie, of zelfs kaal) kan de doorstuiving sterk toenemen. De overstuivingszone achter de kerf reikte tussen 2013 en 2014 tot 110m in NNO-richting vanaf de 5m NAP lijn, tussen 2014 en 2015 tot 117m en tussen 2015 en 2016 tot 126m landwaarts, een gemiddelde verschuiving van 8m per jaar. Helaas is er door ingrijpen daarna geen sprake meer van beweging. Tussen 2017 en 2019 is er nog wel enige dynamiek in de kerf.

De kerf lijkt te zijn ontstaan vanuit een kale zone aan de voorzijde van de zeereep in 2000. In 2000 is deze voor het eerst zichtbaar, in 2005 is er voor het eerst sprake van een kerf in ontwikkeling. In 2016 heeft het overstuivingsfront zich een weg gebaad door de struweelbegroeiing, over een afstand van ruim 60 m, ruim 5m per jaar. Het feit dat de begroeiing verdwenen is, geeft aan dat het struweel in ruime mate moet zijn begraven. Tussen 1997 en 2013 is lokaal sprake van een bedekking met meer dan 4m zand, inderdaad een mate van bedekking waar struweel niet tegen op is gewassen. Tussen 2013 en 2016 is de bedekking plaatselijk ook meer dan 3m. Dit geeft aan dat onder de huidige omstandigheden qua klimaat (wind, neerslag) forse hoeveelheden overstuiving mogelijk zijn.



Figuur 2.8. Hoogteverschillen tussen 2013 en 2019. Bron: AHN Hoogdynamisch RWS.

2.4 Oppervlak en toestand Grijze duinen

Figuur 2.9 laat aan de hand van recent uitgevoerde beheeringrepen door Natuurmonumenten zien wat het streefbeeld is voor de ontwikkeling van Grijze duinen in het gebied. De kaart is een combinatie van de maaikaart van Natuurmonumenten en de al aanwezige habitats Wit en Grijs duin. Het dwarsprofiel (Figuur 2.2) loopt door een vlak waar vrijwel geen maatregelen zijn genomen. Dit vlak is nog grotendeels begroeid met struweel. De roze vlakken zijn gemaaid of geklepeld. Hier is de bedoeling dat oorspronkelijk aanwezig struweel wordt omgevormd naar Grijze duinen. De grijze vlakken bevatten vaak al enigszins ontwikkeld Grijs duin, de gele en witte vlakken bestaan potentieel uit Witte duinen, omdat deze qua positie in de sterkste stuifzone liggen of komen te liggen. Een lichte overstuiving is hier over het algemeen gewenst. Gezien de recente ingreep is niet te verwachten dat de vegetatie in het vlak zich als kwalitatief goed ontwikkeld Grijs duin heeft ontwikkeld. Het kleine rode vlak aan de noordkant is een bestaande kerf, die spontaan ontstaan is (zie verderop in de tekst.)

2.5 Overig ecologische aspecten

Vanuit het oogpunt van Natura 2000 vormen de Grijze duinen één van de belangrijkste habitattypen in het gebied. De ingrepen hebben uiteindelijk ook tot doel natuurwinst op te leveren, maar zullen ten dele ook ten kosten gaan van bestaande natuurwaarden. Twee habitattypen zijn daarbij van belang, H2110 Embryonale duinen en H2160 Duindoornstruwelen.

2.5.1 Embryonale duinen

Embryonale duinen zijn in het gebied in ontwikkeling op de overgang van strand naar zeereep. Op dit moment vangen ze al het aanstuivende zand in, waardoor de zeereep in zeewaartse richting uitbreidt, en er een geleidelijke overgangszone is ontstaan. De embryonale duinen vormen een natuurwaarde op zich, mede door het belang als broedhabitat voor de strandplevier, die wordt aangemerkt als typische soort. Voor verstuiving vanuit de zeereep vormen ze echter een belemmering, doordat ze een blokkade vormen voor de uitwisseling van zand tussen strand, zeereep en achterliggende duinen. Omdat een essentieel onderdeel van het plan is om die uitwisseling te stimuleren, en dan met name zandtransport vanaf strand richting achterliggende duinen te realiseren, vormen de embryonale duinen hier een kink in de kabel. Zeker op de plaatsen waar een kerf voor de doorvoer van strandzand landinwaarts moet zorgen, zouden embryonale duinen verwijderd moeten worden. In de vergunningsaanvraag zal goed beargumenteerd moeten worden waarom dit noodzakelijk is voor het slagen van het plan. Enkele argumenten die hierbij gebruikt kunnen worden zijn:

- Op luchtfoto's van 2008 en 2020 is de verspreiding van embryonale duinen goed te zien. Ten tijde van het aanwijzingsbesluit in 2008 vormden de aanwezige duintjes een veel smallere zone, landwaarts van de huidige strook met embryonale duinen. Waar nu embryonale duinen liggen, lag destijds nog niet.
- De vervangbaarheid van embryonale duinen is groot. Sinds er gesuppleerd wordt zijn op zeer veel plekken embryonale duinen ontstaan (zie bijvoorbeeld Arens et al., 2010). In natuurlijke situaties ontstaan en verdwijnen embryonale duinen.
- Wanneer na verloop van tijd de kerven weer “mogen” sluiten zal er binnen enkele jaren een nieuwe zone met embryonale duinen zijn ontstaan.
- Het verwijderen is noodzakelijk om de voor Grijze duinen zo broodnodige fijne overstuiving te kunnen realiseren.
- Het verwijderen is noodzakelijk om het voor de lange termijn gewenste meegroeien van het duingebied met de zeespiegelstijging te kunnen realiseren.



Figuur 2.9. Bestaande en potentiële habitats en clusters.

Figuur 2.10 geeft een typisch voorbeeld van de embryonale duinen in het gebied. Ze liggen op de overgang van strand naar zeereep, flauwhellend en vrij dicht en gelijkmatig begroeid met Biestarwegras en Helm. Op sommige plaatsen springen de Helmpollen er uit, met een ongelijkmatiger reliëf. In vergelijking tot andere gebieden is deze zone met embryonale duinen veel gelijkmatiger, met een vlakker en flauwer reliëf en een vrij homogene bedekking met vegetatie.



Figuur 2.10. Typisch beeld van de embryonale duinen en voorzijde van de zeereep in de Springertduinen.

2.5.2 Struwelen

In het gebied zijn op grote schaal Duin- en Meidoornstruwelen aanwezig. Door Natuurmonumenten zijn al aanzienlijke oppervlakken vrij gemaakt van struweel ten behoeve van de omvorming van struwelen naar Grijze duinen. Ook struwelen vertegenwoordigen een natuurwaarde, en ook hier zal goed beargumenteerd moeten worden waarom het ene habitatype omgezet zou moeten worden in het andere habitatype. In het aanwijzingsbesluit is echter opgenomen dat Duindoornstruwelen mogen afnemen in oppervlakte ten gunste van Grijze duinen of Vochtige duinvallen.

Bij de ontwikkeling van het plan zullen struwelen met hogere natuurwaarden (oude struwelen met al een duidelijke bodemontwikkeling, struwelen met Nauwe korfslak, zie hieronder) worden ontzien. Dit zijn ook weinig kansrijke plekken voor verstuiving.

Struwelen vormen ook het leefgebied van de Nauwe korfslak, een soort die vanuit de habitatrichtlijn beschermd moet worden. In 2012 is door Natuurmonumenten een inventarisatie gemaakt van de Nauwe korfslak in de Springertduinen (van Dijk & Bisschop, 2012). Nauwe korfslakken leven vooral in struweel. Bij het verwijderen van struweel wordt hun leefgebied vernietigd. De gevonden aantallen zijn weergegeven in Figuur 2.11. Op basis van de aantallen zijn belangrijke refugia omgrensd. De argumentatie daarbij is dat punten waar geen Nauwe korfslak is aangetroffen ongeschikt zijn, punten met gemiddeld 1 tot 25 exemplaren (per 3 liter verzameld strooisel) marginaal en punten met gemiddelde meer dan 25 exemplaren zeer belangrijke biotopen zijn (van Dijk & Bisschop, 2012). Deze laatste zouden bij maatregelen ontzien moeten worden. Bij het ontwerp van het plan moet hier ook rekening mee gehouden worden. Er zijn door van Dijk & Bisschop (2012) vier refugia onderscheiden, de nummering is aangegeven op Figuur 2.11.



Figuur 2.11. Voorkomen van Nauwe Korfslak in de Springertduinen. Aantal per 3 liter verzameld strooisel. Bron: van Dijk & Bisschop, 2012.

2.6 Beschrijving per cluster

Gezien de hoogteligging van het gebied in relatie tot de vraag (vergroten zeereepvolume) en spontane, natuurlijke processen, is het gebied onderverdeeld in drie clusters (Figuur 2.9). Cluster 1, aan de noordkant, wordt gekenmerkt door spontaan ontstane kerven/stuifkuilen. Aan de uiterste noordkant, bij de meest noordelijke kerf, sluit de zeereep aan op de achterliggende duinenrij. Achter cluster 1 ligt refugium 1, een belangrijk biotoop voor de Nauwe korfslak. Cluster 2, in het centrum van het gebied, is het meest kenmerkend, met een zeereep, achterliggende duinenrij en daar tussen de lagere zone met kopjesduinen. Aan de landwaartse zijde ligt refugium 2 van de Nauwe korfslak en het noordelijkst deel van refugium 3. In het derde cluster aan de zuidkant wordt de zeereep breder, omdat er aan de achterzijde duinen tegen aan liggen. Uiteindelijk mondt dit uit in een dubbele zeereep. Aan de landwaartse zijde van cluster 3 ligt het zuidelijk deel van refugium 3. De clusters worden hieronder apart besproken.

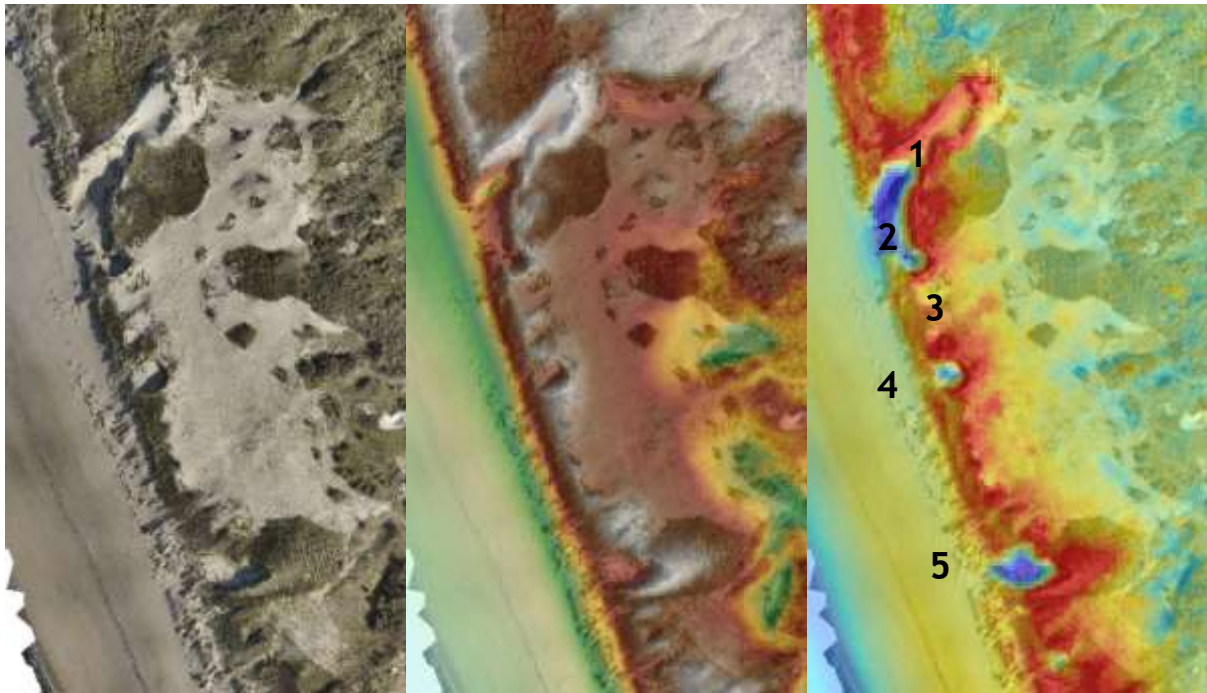
2.6.1 Cluster 1

Tussen RSP17.25 en 17.75 zijn in het verleden één kerf en verschillende stuifkuilen ontstaan in de zeereep (Figuur 2.12). Een korte beschouwing van de ontwikkelingen aan de hand van de hoogte(verschil)kaarten en luchtfoto's:

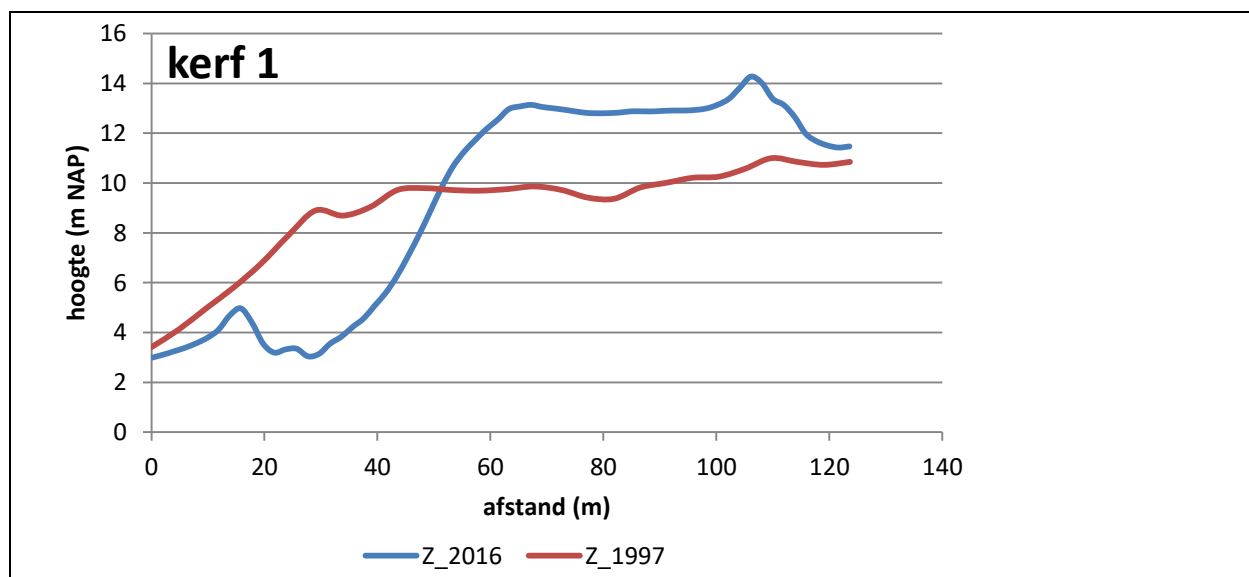
- Verschilkaart 1999-2001: eerste erosieplekjes op de zeereep, waarschijnlijk als stuifkuil. Klein randje met erosie langs de zeereep.
- Op luchtfoto 1996 is begin van zuidelijke stuifkuil te zien, op luchtfoto 2000 begin van een kale plek waar de noordelijke kerf uit groeit (ik heb geen tussenliggende luchtfoto's van 1997-1999, 2011-2002, 2004).
- Verschilkaart 2001-2003 is al kerf te zien aan de noordkant en flinke beweging aan de zuidkant, ook erosieplekje bij de 3^e kuil van boven. Flinkerand langs zeereep vanaf de 3^e kuil naar het noorden.
- Verschilkaart 2003-2004 ook met flinke erosierand, nu langs het gehele gebied. Erosie in de kerf, bijna niets in de stuifkuilen.
- Erosie en accumulatie gaat door t/m 2016. Daarna stabilisatie maatregelen, in ieder geval in de kerf en in de meest zuidelijke stuifkuil. Er is ook verschillende malen zand, afkomstig van het vegen van fietspaden, in de stuiftrechter gelegd. Dit zand is waarschijnlijk weggestoven.
- Daarna toch weer verdere ontwikkeling, op de luchtfoto van 2020 is al niet veel meer te zien van stabilisatie. Van de stuifschermen op het strand is nog een randje over. Noordelijke kerf lijkt weer open, wel met een vernauwing in het midden, het lijkt erop dat die vanzelf is ontstaan. Zuidelijke stuifkuil heeft embryozone aan de voorzijde, is dus nog gesloten, en hier ligt een golf van zand over de rand.

De ontwikkeling van de kerf begint ergens rond 1999, waarschijnlijk met de vorming van een stuifkuil op de zeereep, die later, mogelijk onder invloed van enige afslag, uitgroeit tot kerf. Figuur 2.13 laat de verandering in profiel zien tussen 1997 en 2016. De figuur laat duidelijk zien dat hoewel een kerf over het algemeen als een erosief verschijnsel wordt beschouwd, er net zo goed sprake is van opbouw. De zeereep is aanmerkelijk hoger geworden. Binnen het hier getoonde profiel is sprake van een volumetoename van 48 m³. De werkelijke volumetoename is groter, want een groot deel van het uit de kerf geërodeerde zand is langs de zijkanten afgezet. De kerf is in 2017 deels gestabiliseerd.

Stuifkuil 2 is gevormd in de zuidelijke flank van kerf 1. Binnen dit profiel is de erosie wel groter dan de depositie. De voorzijde van het profiel ligt volledig in de mond van de kerf. Het zand wat hier geërodeerd is, is elders langs de kerf afgezet.



Figuur 2.12. Cluster 1, luchtfoto 2020 (links), hoogtekaart 2019 (midden) en verschilkaart 1997-2016 (rechts). De nummers verwijzen naar de kerven/stuifkuilen die hieronder besproken worden.

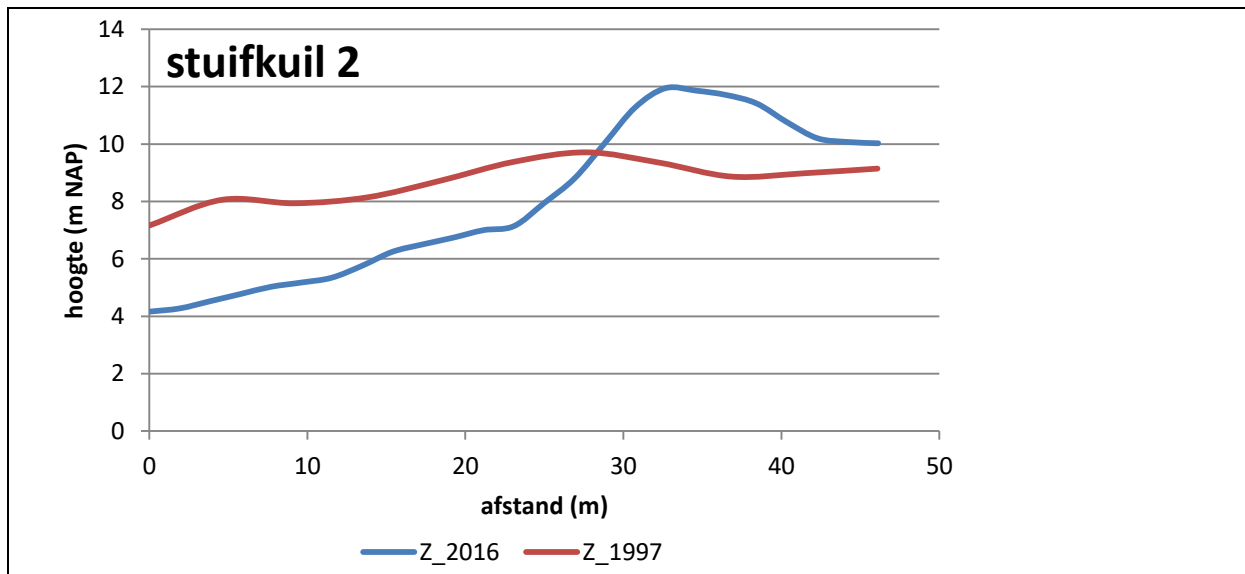


Figuur 2.13. Ontwikkeling kerf 1 tussen 1997 en 2016.

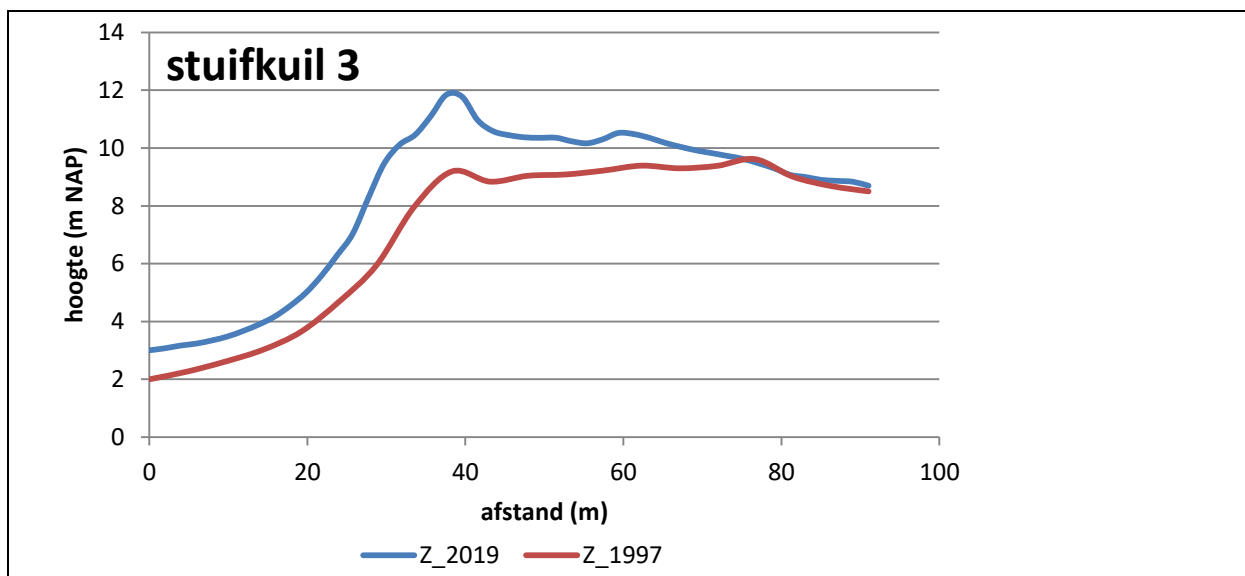
Stuifkuil 3 is nauwelijks een stuifkuil te noemen. Hier is een kale zone ontstaan door de ingrepen van Natuurmonumenten (er is struweel verwijderd), maar uit het profiel is duidelijk dat dit niet tot substantiële erosie heeft geleid. Op de luchtfoto is wel een kale zone en een op een stuifkuil gelijkende vorm aanwezig. Gezien de opbouw van het profiel is het waarschijnlijk dat de bodem goed doorworteld is, waardoor het zand niet kan verstuiven.

Stuifkuil 4 vindt zijn oorsprong waarschijnlijk ergens rond 2004. De kuil is opvallend rond en ligt eigenlijk in de (voormalige) top van de zeereep. De depositiezone rondom de kuil is groot ten opzichte van de erosie zone. In de laatste jaren is de depositie direct landwaarts van de kuil echter beperkt, en lijkt het zand meer lateraal aan de zeereep verplaatst te worden. Het diepste punt van

de kuil ligt zo ongeveer op het oppervlak van 1997. De kuil heeft zich ingevreten in zand wat er tussen 1997 en 2005 bij gekomen is. Het is mogelijk dat de diepte ten opzichte van de hoogte van de landwaarts liggende wand te groot wordt, waardoor hier geen zand meer overheen geblazen wordt.

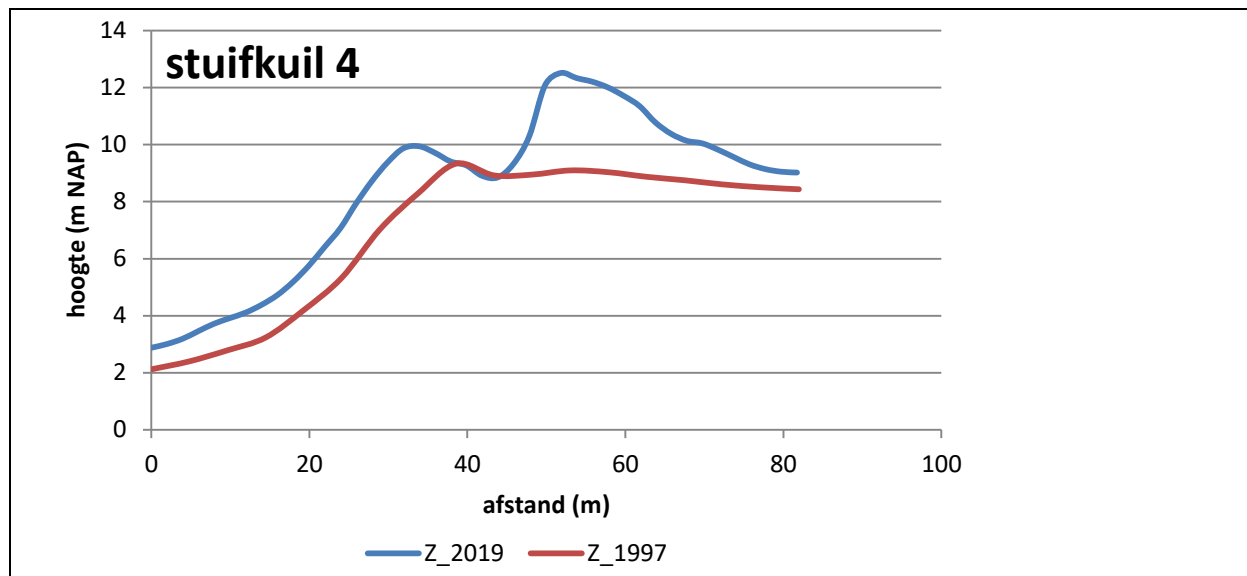


Figuur 2.14. Ontwikkeling stuifkuil 2 tussen 1997 en 2016.

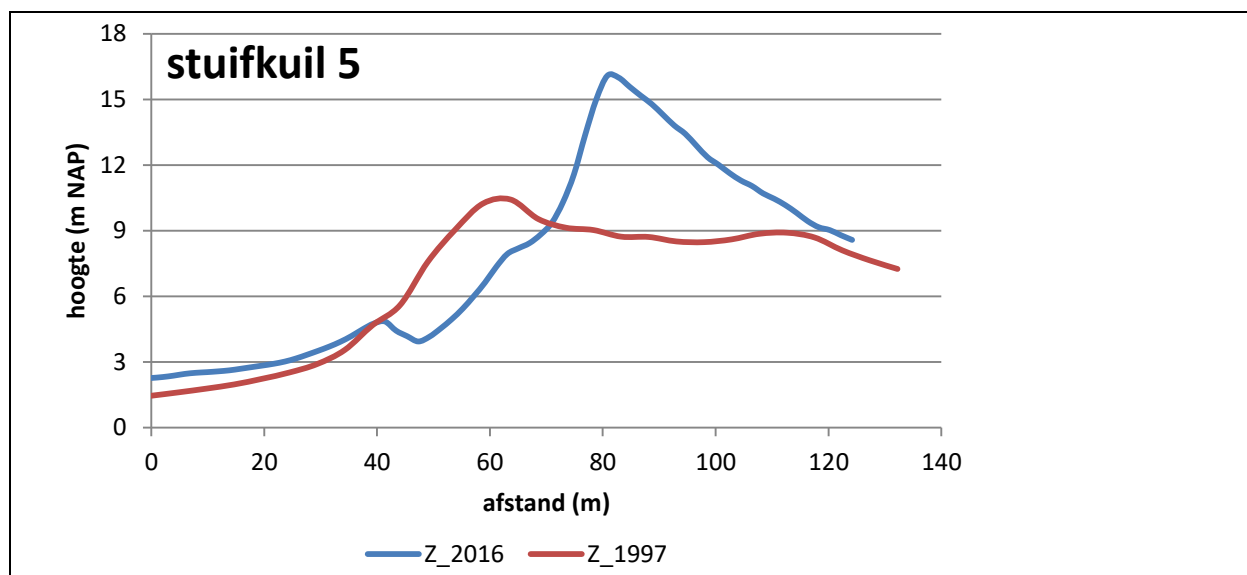


Figuur 2.15. Ontwikkeling stuifkuil 3 tussen 1997 en 2016.

Stuifkuil 5 gedraagt zich meer als een kerf, die aan de strand kant weer enigszins afgesloten wordt door de ontwikkeling van embryonale duinen. Rond 2015 is de ingang waarschijnlijk open geweest, waarschijnlijk de reden waarom er in 2017 stabiliserende maatregelen zijn uitgevoerd. Opvallend is dat de oriëntatie van de kuil totaal anders is dan die van kerf 1. Kerf 1 loopt richting noordnoordoost, terwijl deze kuil bijna pal oost loopt. De depositie is veel groter dan de erosie, netto is er een volumetoename van 140 m³. Door de stabiliserende ingrepen is de vaart er wel een beetje uit.



Figuur 2.16. Ontwikkeling stuifkuil 4 tussen 1997 en 2016.



Figuur 2.17. Ontwikkeling stuifkuil 5 tussen 1997 en 2016.

2.6.2 Cluster 2

De zeereep is hier het smalst en er achter liggen nauwelijks hogere duinen. De voorzijde van de zeereep is dicht begroeid, deels ook al met Duindoorn. Aan de voet ligt een zone met flauw hellende embryonale duinen. Op het strand zijn veel schelpen aanwezig, in hoeveelheid afnemend van zuid naar noord. Er is op dit moment geen sprake van enige verstuivingsdynamiek.

Hier is wat grootschaligere verstuiving gewenst om het volume van de zeereep te vergroten en het duin robuuster te maken. Binnen dit gebied ligt een groot oppervlak met te ontwikkelen Grijs duin, waar al struweel is verwijderd. Dit was in 2016 nog allemaal dicht struweel, in 2017 geklepeld. Bovendien ligt er nog een uitgestrekte zone met struweel, waarvoor uitbreiding van Grijs duin door verwijderen van struweel een goede mogelijkheid is. Het is wel wenselijk om in ieder geval een deel van de oudste bosjes/struwelen te behouden. Enerzijds is de kansrijkdom voor verstuivingen hier geringer vanwege de aanwezigheid van een dikkere bodem, en is de kansrijkdom voor de ontwikkeling van Grijze duinen kleiner op plekken met een dikke humuslaag, anderzijds herbergen

dit soort bosjes ook belangrijke natuurwaarden (broedvogels, Nauwe korfslak) die behouden moeten blijven.

Doorvoer van zand richting achterkant zeereep zou door middel van kerven kunnen. Enig inzicht in de mate waarin kerven in de achterliggende duinen kunnen doordringen is verkregen uit een vergelijking van een aantal bestaande (aangelegde en spontane) kerven:

- Goeree, Springertduinen, kerf tussen RSP 17.25 en 17.50 (zie hierboven, de kerf in cluster 1): de overstuivingszone achter de kerf reikte tussen 2013 en 2014 tot 110m in NNO-richting vanaf de 5m NAP lijn, tussen 2014 en 2015 tot 117m en tussen 2015 en 2016 tot 126m landwaarts, een gemiddelde verschuiving van 8m per jaar.
- Noordwestkern bij Bloemendaal, kerfontwikkeling aangelegd sinds 2012, afstand depositiezone vanaf ingang kerf is 270-410m in de richting van de kerf, op een WNW geëxponeerde kust;
- Terschelling, natuurlijke kerfontwikkeling, afstand depositiezone vanaf ingang kerf is 240-380m op een NW geëxponeerde kust, ontwikkeling sinds ca 2000;
- Noordhollands Duinreservaat, afstand circa 200m, natuurlijke kerfontwikkeling WNW expositie, sinds ca 1997.

2.6.3 Cluster 3

Aan de achterzijde van de zeereep begint hier een zone met lagere duinen, die naar het zuiden toe breder en hoger wordt, totdat er sprake is van een dubbele zeereep. In dit cluster is nog ontzettend veel struweel aanwezig. Vooral aan de zuidkant is sprake van een bijna ondoordringbaar oppervlak met struweel. Binnen het gebied komen enkele klein- tot zeer kleinschalige verstuingen voor.

3 Planvorming

3.1 Aard van de ingrepen

Voor het opwekken van verstuiwing, het vergroten van het zandvolume van de zeereep door verstuiwing en het verbeteren van doorstuiving t.b.v. Grijze duinen zijn drie randvoorwaarden van belang. Ten eerste moet er een bron van zand beschikbaar zijn om het volume te laten vergroten. Ten tweede moet er binnen de zeereep voldoende kaal zand aanwezig zijn waar zand vanaf kan stuiven, of waarlangs zand vanaf het strand kan doorstuiven. Ten derde moet er achter de zeereep voldoende open ruimte aanwezig zijn waar overheen het naar binnen stuivende zand zich kan verspreiden.

Beschikbare zandbron:

- Er is een zandbron aanwezig die er voor zorgt dat de zeereep al jaren aangroeit. Om deze beschikbaar te maken voor doorvoer door de zeereep heen is het noodzakelijk dat embryonale duinen aan de voorzijde verwijderd worden. Deze vangen anders al het aankomende zand in. Volumeopbouw aan de achterzijde van de zeereep zou dan niet mogelijk zijn. Idealiter een langere zone (enkele honderden meters) met embryonale duinen geruimd, zodat het zand vrij over het strand kan stuiven. Bij aanwezigheid van kerven zal het zand dan ook de kerven “ingetrokken” kunnen worden.
- De zandbron kan vergroot worden d.m.v. gericht suppleren, of bijvoorbeeld de aanleg van een kleine zandmotor aan de zuidkant van het gebied.
- Door uitstuiving op het strand, zeker in geval van suppletiezand, kan een schelpenvloertje ontstaan die verdere verstuiwing tegen gaat. Deze moet dan verwijderd worden.

Doorstuiving:

- Echte doorstuiving, waarbij strandzand aan de achterkant van de zeereep terecht komt, kan eigenlijk alleen via kerven. Een kerf moet gegraven worden. Om de kans op succes te vergroten moet de kerf niet te klein zijn, om de hoeveelheid te vergraven zand te beperken moet de kerf niet te groot zijn. Via een oplopend profiel kan zo een stuifbaan gecreëerd worden waarbij zand via een “springplank” het achterliggende gebied bereikt. Om een kerf goed te kunnen voeden met zand, zou dit zo vrij mogelijk, niet gehinderd door embryonale duinen, over het strand moeten stuiven (zie bij beschikbare zandbron).
- Ook via stuifkuilen kan zand naar binnen stuiven, maar in dat geval is het grootste deel van het zand wat naar binnen stuift waarschijnlijk afkomstig uit de stuifkuil, dus uit de zeereep zelf. Dit zorgt wel voor volumeverplaatsing, maar niet voor volumeopbouw.

Open ruimte:

- Wil het doorstuivende zand over een groot oppervlak verspreid worden, dan is het essentieel dat het niet direct ingevangen wordt in ruwe begroeiing. Daarom moet het oppervlak waar overstuiving moet plaatsvinden vrij gemaakt worden van struweel. Bovendien is op die manier de omvorming van struwelen naar Grijze duinen mogelijk. Ruwe begroeiing kan verwijderd worden door klepelen en maaien en afvoeren van snippers en ander materiaal. Om nieuwe opslag te voorkomen moet er flink nabehaald worden op de vrijgemaakte oppervlakken. De ervaring leert dat dit tenminste een jaar of vijf moet worden volgehouden. In meer dynamische omstandigheden zal het moment dat houtig opschot en storingsvegetaties geen probleem meer vormen, eerder worden bereikt.

3.2 Locaties van ingrepen

De ingrepen zijn verdeeld over de drie clusters.

Het meest noordelijke cluster 1 is al het toneel van enkele spontane verstuiwingen. Hier zijn enkele kleine ingrepen waarschijnlijk voldoende om de al aanwezige dynamiek wat op te schalen. Voor de veiligheid biedt dit niet direct veel winst, omdat zich achter de zeereep een aansluiting op een achterliggende duinenrij bevindt. Maatregelen zullen gunstig zijn voor achterliggende natuur, waar al op grote schaal struweel is verwijderd t.b.v. de omvorming naar Grijze duinen.

Cluster 2 is vanuit veiligheidsoogpunt het belangrijkste, omdat hier de zeereep het smalst is en er een lagere zone achter ligt. In dit cluster bestaat vooral de behoefte het volume van de zeereep te vergroten, liefst te verdubbelen. Ook hier zal het bevorderen van de verstuiwing positieve effecten op de achterliggende natuur hebben. Belangrijk punt is hoe het bij het graven vrijkomende zand lokaal zo netjes mogelijk, zonder schade aan natuur en landschap, weggewerkt kan worden. Concreet betekent dat om met name rijroutes goed af te stemmen.

Cluster 3 kent opnieuw een geringer veiligheidsprobleem, omdat hier weer aan de achterzijde van de zeereep hogere duinen liggen en de aansluiting naar een tweede duinenrij. Ingrepen zullen hier minder ingrijpend zijn en vooral een natuurdoel dienen.

3.2.1 Cluster 1

Het noordelijke cluster 1 omvat een aantal spontane kerven/stuifkuilen, die in 2017 deels in beperkte mate zijn gestabiliseerd. Maatregelen die hier worden voorgesteld betreffen het terugdraaien van de stabiliserende maatregelen en het hier en daar enigszins opschalen van de aanwezige structuren. Zie Figuur 3.1 voor de voorgestelde maatregelen in cluster 1. De dynamiek in de kerf en spontane stuifkuilen in cluster 1 valt tegen.

Er is mogelijk zand uit de duinverzwaring aangetroffen in de stuifkuilen in cluster 1. Dit ziet er vrij los uit, is kalkhoudend en opvallend is dat in de uitgestoven wandjes de typische gelaagdheid van stuifzand ontbreekt, waardoor het lijkt alsof het zand kunstmatig is opgebracht. In ieder geval is dit goed verstuiikbaar zand en vanuit dat oogpunt geen belemmering voor het plan.

Kerf 1 in het uiterste noorden is heel duidelijk in twee delen gesplitst, lijkt zo een combinatie van twee aan elkaar gegroeide stuifkuilen. Verbinding tussen de twee delen verruimen zou de dynamiek ten goed komen. Het tussenstuk vormt nu als het ware een prop in de trechter van de kerf, deze zou weggehaald moeten worden. De opening van de kerf verruimen zal de dynamiek ook ten goede komen. Nu ligt er aan de opening een wal, waarachter het eerste deel van de kerf omlaag duikt. Door deze wal weg te halen ontstaat er een duidelijkere trechter naar het strand toe.

Stuifkuil 2, direct aan de zuidkant van kerf 1 kan met deze kerf verbonden worden. Het hele complex wordt hiermee vergroot en dynamischer en zal een groter effect hebben op de direct achterliggende duinen. Wandjes in deze stuifkuil zien er rommelig uit, er is geen gelaagdheid te zien, het zand is bruin en het bruist behoorlijk, wat op een aanzienlijke hoeveelheid kalk wijst. Mogelijk is dit zand van de duinverzwaring. Het ziet er niet problematisch uit, want het lijkt goed verstuiikbaar zand. Voorgesteld wordt aan de voorkant de barrière richting strand te verwijderen en aan de achterkant de doorstuiving landwaarts te stimuleren door begroeiing weg te halen en de steile helling aan de landwaartse zijde van de kuil iets af te vlakken.

Stuifkuil 3 is geen echte stuifkuil. Vanwege de aanwezigheid van meer actieve stuifkuilen op korte afstand worden hier geen maatregelen voorgesteld.



Figuur 3.1. Voorgestelde maatregelen in cluster 1.

Stuifkuil 4 is enorm diep, waarbij de hele wand aan de oostkant bedekt is met wortelresten van Vlier. De stuifkuil is dermate diep dat hierdoor de ontwikkeling waarschijnlijk is gestagneerd. Gezien de morfologie is hier sprake van een bijzondere situatie. In de wand van de stuifkuil zijn geen laagjes te vinden, waardoor ook dit op zand van de duinverzwaring lijkt. Gezien de bijzondere morfologie is het voorstel hier niet verder in te grijpen, maar de vorm bij de monitoring wel te blijven volgen.

Stuifkuil 5 heeft waarschijnlijk wel als een kerf gefungeerd, gezien het grote volume in de accumulatiezone in vergelijking tot het volume wat uit de kuil is geërodeerd. Ook hier zijn in 2017 stabiliserende maatregelen uitgevoerd. Bij het veldbezoek viel de dynamiek in stuifkuil 5 erg tegen, deze ligt vrijwel helemaal vast door begroeiing. Daarom is het voorstel hier geen ingrepen uit te voeren.

De voorgestelde maatregelen hebben geen effect op het leefgebied van de Nauwe korfslak. Refugium 1 ligt ver genoeg van de zeereep af (Figuur 3.1).

Het bruine vlak in Figuur 3.1 is een laagte die gebruikt zou kunnen worden om bij graven vrijkomend zand in weg te werken. Aangezien er geen ingrepen in stuifkuil 5 worden voorgesteld, en deze zo goed als gestabiliseerd is, zal de laagte na opvulling niet overstoven worden. Dit zou dan zeer hoge eisen stellen aan de afwerking, om te voorkomen dat er een depot-achtige vorm ontstaat die tot in de lengte der dagen zichtbaar blijft. Opvulling van de laagte vanuit een veiligheids-oogpunt zou wel wenselijk zijn. Door een laagte bijvoorbeeld half op te vullen, blijft de vorm zelf bestaan. Door goed aan te sluiten bij hellingen in het terrein is zo een vorm van opslag nauwelijks zichtbaar. Moeilijker is het om een kunstmatig duin te creëren dat niet opvalt in de omgeving. Als dit nodig is, kan het beste een bestaande vorm uit de omgeving gekopieerd worden, waarbij ook weer goed gelet moet worden dat de hellingen aansluiten op de omgeving. Tegenwoordig is het voor een kraan uitgerust met GPS mogelijk om zo een vorm exact aan te leggen.

Voorstel voor cluster 1 (zie ook Figuur 3.1) :

- Opening kerf 1 en stuifkuil 2 verruimen door wal hier weg te halen.
- Prop in kerf 1 weghalen, en zo trechtervorm verruimen.
- Windafwaartse helling in stuifkuil 2 aanpassen en vegetatie verwijderen.
- Stuifkuil 3 geen maatregelen, voegt hier niets toe.
- Stuifkuil 4 geen ingreep i.v.m. bijzondere vorm.
- Stuifkuil 5 geen ingrepen i.v.m. vergaande stabilisatie.

3.2.2 Cluster 2

Binnen cluster 2 ligt de nadruk op wat grootschaligere maatregelen, gericht op het vergroten van het zeereepvolume, met als bijkomend voordeel het verbeteren van de randvoorwaarden voor ontwikkeling van Witte en Grijze duinen. Het is niet voldoende om zand binnen het profiel te laten verstuiven, aangezien dit immers niet tot een vergroting van het volume zal leiden. Dat betekent dat er een vorm van kerfontwikkeling moet worden nagestreefd, waarbij strandzand via de kerf (kerven) naar de achterzijde van de zeereep zou kunnen stuiven. Hier zijn maatregelen op verschillende schalen denkbaar.

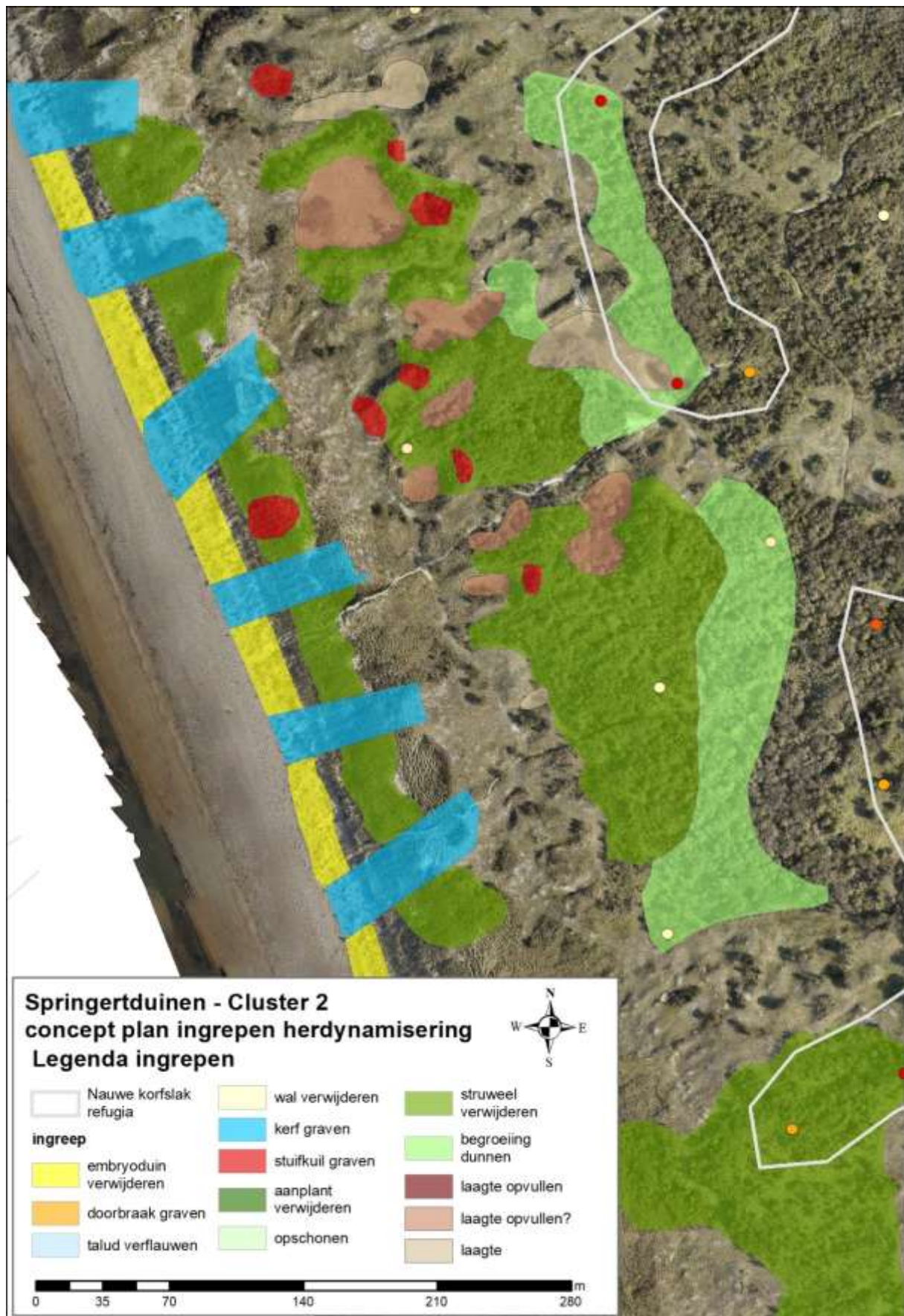
In het meest extreme geval ontstaan achter de aangelegde kerven enkele lobben die diep het achterliggende gebied in kunnen dringen, op de lange termijn (>50 jaar) zelfs aan de landwaartse rug kunnen vastgroeien. Door de oriëntatie van de kerven te variëren zou het aan elkaar groeien van de lobben aan de landwaartse zijde gestimuleerd kunnen worden. Er ontstaat dan een landschap met een in eerste instantie vrij grootschalige verstuiwing, langs de randen overgaand in een milde

overstuiving. Op de grootschalige overstuiving zal aanvankelijk kaal zand overheersen, met waarschijnlijk hier en daar Helmopslag (Witte duinen), in de gradiënt met afnemende overstuiving zal Grijs duin tot ontwikkeling kunnen komen. Wanneer de kerven stabiliseren, ontstaan op termijn goede mogelijkheden voor verdere ontwikkeling richting Grijze duinen. Het is lastig te voorspellen op wat voor termijn dat kan gebeuren. Als de kerven goed in beweging komen, dan zal uiteindelijke stabilisatie zeker meer dan tien jaar duren. Voor de ontwikkeling van Grijze duinen vanuit een maagdelijke situatie moet rekeningen gehouden worden met een tijds termijn van 25-50 jaar.

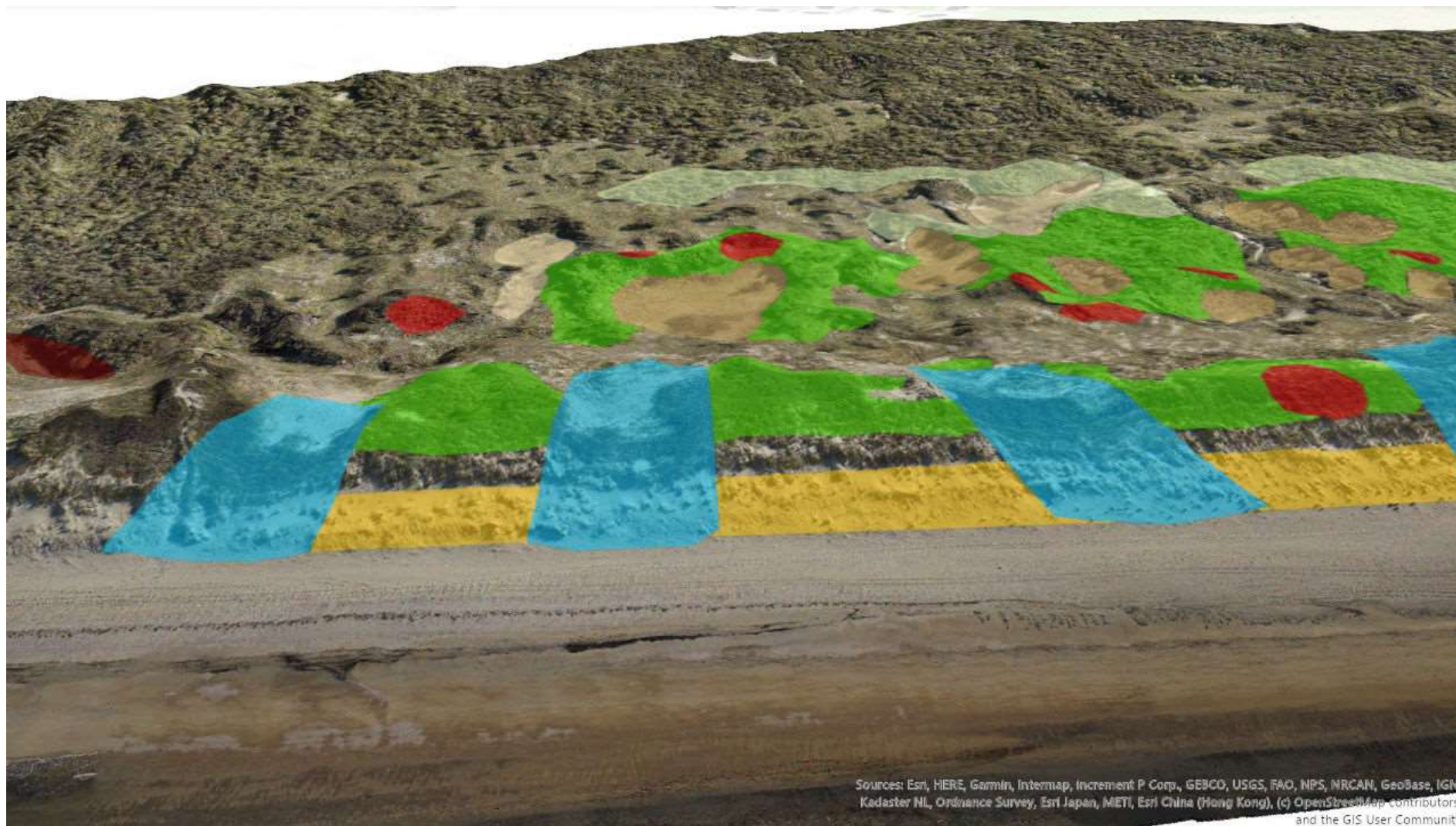
Wat is de benodigde schaal voor de ingrepen, waarbij voldoende zand naar binnen komt, maar niet zodanig dat het gehele gebied in verstuiving raakt? Voor Natuurmonumenten is het herstel van de overstuivingsgradiënt een belangrijk doel, waarbij een geleidelijke overgang van Witte naar Grijze duinen ontstaat en verder landwaarts een overgang naar struweel/bos. In een zone direct achter de zeereep zal een forse overstuiving leiden tot het ontstaan van een strook van Witte duinen. Lokaal kan een overstuivingslob verder naar binnen dringen, maar het heeft de voorkeur dat forse overstuiving tot maximaal 100m landwaarts van de huidige achterzijde van de zeereep reikt. Fijne overstuiving verder landwaarts is wel wenselijk, omdat de Grijze duinen hier baat bij hebben.

Vanuit het perspectief van de lange termijn (50-200 jaar) zou het wenselijk zijn wel de gehele tussenzone door overstuiving te laten verhogen. Dit zou zowel de lange termijn veiligheidsdoelen als de lange termijn natuurdoelen kunnen dienen. Immers, als een grootschalige verstuiving na verloop van enkele tientallen jaren weer tot rust komt, ontstaan hier juist de geschikte randvoorwaarden voor de nieuwe ontwikkeling van Grijze duinen. Voor de korte termijn betekent dit echter een rigoureuze transformatie waarbij een groot deel van de huidige natuurwaarden (dus ook de huidige Grijze duinen) zullen verdwijnen, wat op dit moment niet verenigbaar is met de natuurdoelstellingen voor het gebied. Daarnaast zal bij een dergelijk grootschalige aanpak zeker een extra zandbron nodig zijn in de vorm van een zandmotor of regelmatige suppleties, in combinatie met een redelijk forse inspanning voor nabeheer om de verstuivingen aan de gang te houden. Het is echter wel belangrijk deze grootschalige aanpak in de discussie mee te nemen. Meegroeien met de zeespiegelstijging, zeker met mogelijke doemscenario's van een veel grotere stijging, vergt lang vooruit denken en plannen. Het is daarom goed dat er nu al over dergelijke opties wordt nagedacht.

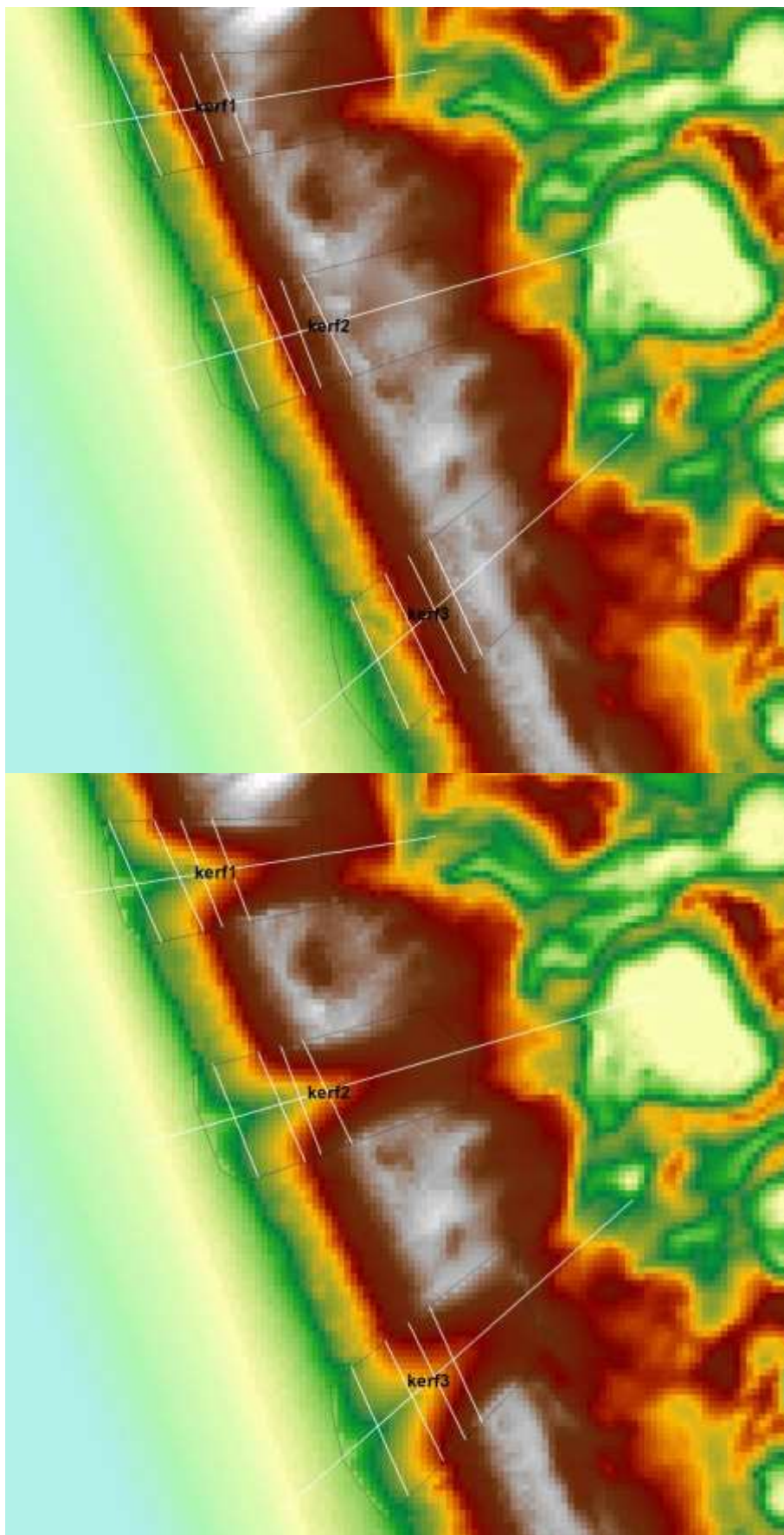
In dit cluster worden enkele kerven voorgesteld (Figuur 3.2). Er zijn verschillende opties mogelijk. In de eerste optie worden zes kerven aangelegd. Hiermee is het mogelijk gelijk over het gehele traject van RSP17.50 - 18.25 de zeereep te laten groeien. In de tweede optie worden deze kerven gefaseerd aangelegd, met in de eerste fase een focus op de drie noordelijke kerven. In combinatie met de maatregelen in cluster 1 vormen de drie noordelijke kerven een mooie eenheid. In een volgende fase kunnen de drie zuidelijke kerven aangelegd worden. Dan zal inmiddels de nodige ervaring zijn opgedaan met nabeheer en volumeopbouw, waarvan voor de uitvoering van de tweede fase goed gebruik gemaakt kan worden. Maar ook de ontwikkeling van de overstuiving achter de kerven in relatie tot grootte en richting zal belangrijke informatie opleveren die bij de tweede fase gebruikt kan worden. Op grond van de dan ontstane ervaring met de schaal van overstuivingslobben en de landwaartse uitbreiding kan dan in de tweede fase bepaald worden of kerven groter of kleiner of anders van richting moeten worden aangelegd. Voordeel van de eerste optie is dat op kortere termijn de gewenste groei van de zeereep bereikt kan worden. Voordeel van de tweede optie is dat door de fasering geleerd kan worden van de aanleg en ontwikkeling van de noordelijke drie kerven, waardoor de aanleg van de zuidelijke drie kerven en hun ontwikkeling efficiënter zou kunnen verlopen.



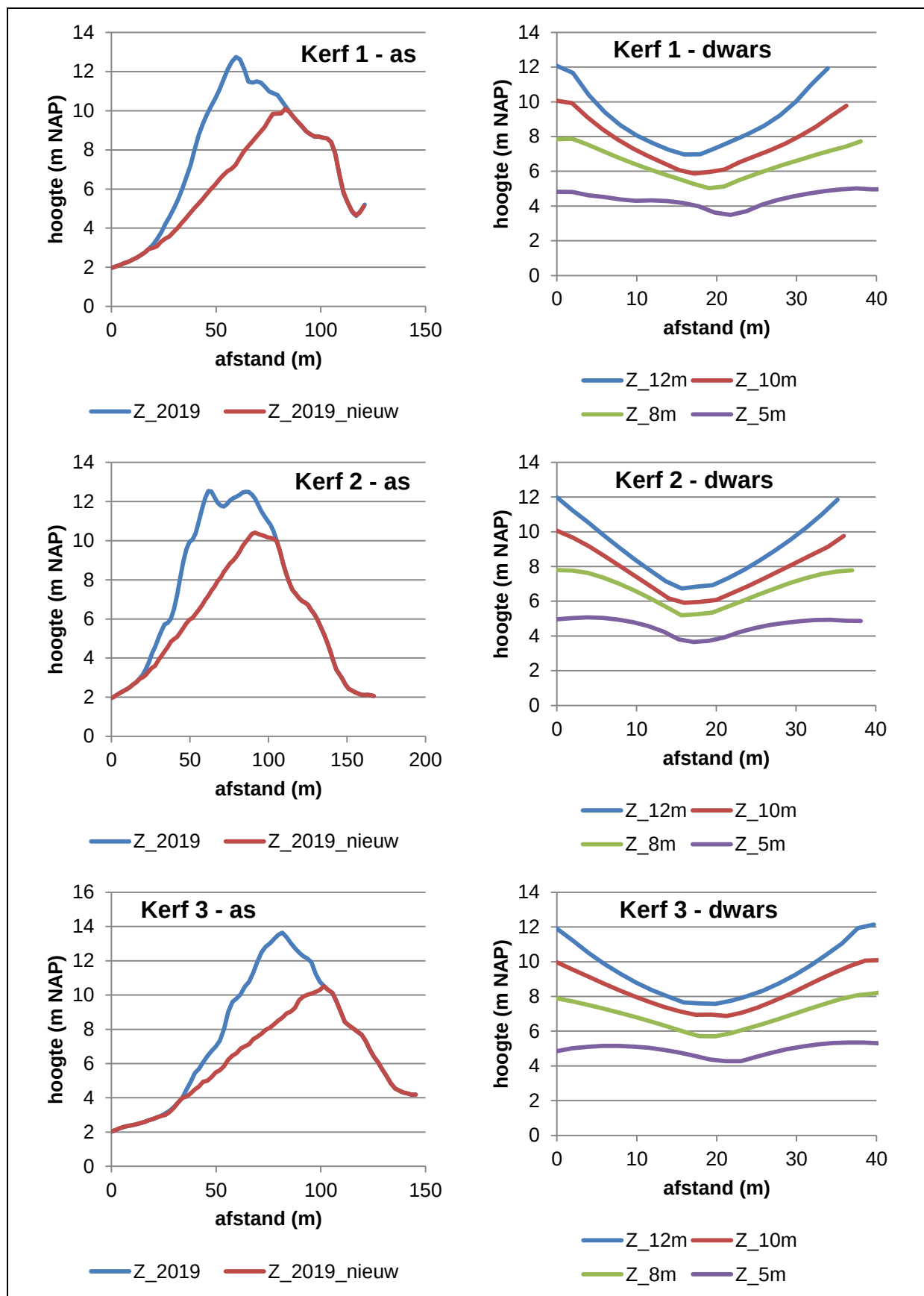
Figuur 3.2. Voorgestelde maatregelen in cluster 2.



Figuur 3.3. 3D overzicht van landschap en maatregelen bij de kerven voor fase 1. Voor legenda, zie Figuur 3.2.



Figuur 3.4. Ligging van dwars- en langsprofielen van Figuur 3.5 over oorspronkelijk (boven) en aangepast reliëf (onder). De rechthoeken komen overeen met de blauwe rechthoeken in Figuur 3.2.



Figuur 3.5. Langsprofielen door de kerf vóór en na de ingreep (links) en dwarsprofielen na de ingreep. Zie voor ligging van de profielen Figuur 3.4.

Landwaarts kunnen enkele kleinere verstuingen gecreëerd worden, om de gradiënt van fijne overstuiving iets verder landwaarts op te rekken. Rondom verstuingen kunnen landwaarts op kleine schaal ook enkele oppervlakken met Witte duinen ontstaan. Kleinere verstuingen landwaarts dienen enerzijds om de achterliggende Grijze duinen van een lichte overstuiving te voorzien, anderzijds om de overgang van forse dynamiek naar geen dynamiek minder extreem te maken. Bovendien kan ook deze overstuiving benut worden om eventueel opgevulde laagtes te laten overstuiven. Een groot deel van deze maatregelen zal plaats moeten vinden in terrein wat nu nog met struweel is bedekt. In combinatie met verder ruimen van struweel zal het potentieel areaal Grijze duinen hiermee sterk vergroot worden. Langs de randen, op de overgang van grasland naar (dicht) struweel wordt voorgesteld de aanwezige begroeiing over een strook te dunnen, om zo de overgang van open naar dichte vegetatie geleidelijker te laten verlopen. Een deel van deze strook ligt in refugium 2 voor de Nauwe korfslak. Met selectief dunnen kan hier voorkomen worden dat leefgebied van de Nauwe korfslak verdwijnt. Struwelen waar de Nauwe korfslak in voorkomt moeten dan ongemoeid gelaten worden. Selectief dunnen vergroot overigens waarschijnlijk de geschiktheid van het gebied voor de nauwe korfslak (op de wat langere termijn). Dit moet wellicht in de toetsing worden afgestemd met een deskundige.

Figuur 3.3 geeft een overzicht van de ligging van de drie noordelijke kerven in het landschap. Figuur 3.4 geeft de ligging van de kerven over het oude en nieuwe reliëf. De lijnen in de figuur geven de langs- en dwarsprofielen die in Figuur 3.5 zijn afgebeeld. De dwarsprofielen zijn een benadering. De lijnen zijn afgeleid door uit te gaan van een geleidelijk oplopend profiel vanaf het strand op 3m NAP tot 10m NAP. Een deel van de top wordt daarbij doorgraven. Deze lijnen zijn ingevoerd in ArcGis, het reliëf tussen deze lijnen en de oorspronkelijke hoogte langs de randen van de ontworpen kerven is geïnterpoleerd. De maximale afgraafdiepte wordt bij de top bereikt en ligt rond de 5m. De langsprofielen, links in de figuur, tonen de oorspronkelijke hoogte door de lengte-as van de kerven, en de hoogte na aanleg. De dwarsprofielen kunnen worden aangelegd in een vrij strak V-vormig profiel. Door uitstuiving zal het profiel snel transformeren in een U-vormig profiel. De lijnen geven het dwarsprofiel door de kerven ter hoogte van de oorspronkelijke 5, 8, 10 en 12m NAP hoogtelijnen. De minimale hoogte in de kerven direct na aanleg is 10m NAP. Voor deze dimensionering van de kerven is het af te graven volume te bepalen door het volume voor en na de aanleg te berekenen. Dit leidt tot een volumeverschil van 11.531 m³, overeenkomend met de af te graven hoeveelheid zand. Vanwege de concave van de hellingen in dit ontwerp, die idealiter gewoon recht worden aangelegd, zal dit een kleine overschatting zijn.

De zuidelijke drie kerven zijn vooralsnog niet in detail uitgewerkt.

Stuifkuilen

Om optimaal van het effect van aangelegde stuifkuilen te kunnen profiteren zal landwaarts struweel geruimd moeten worden over een redelijk fors oppervlak. Van de voorgestelde stuifkuilen hebben enkele alleen zin als er op grote schaal struweel omheen geruimd wordt. Achter de drie noordelijke kerven gaat het om een oppervlak van ruim 1ha, achter de drie zuidelijke kerven om een oppervlak van bijna 1.5 ha. Over een oppervlak van ruim 1.6ha zou bovendien nog struweel gedund moeten worden om een geleidelijkere overgang tussen open duin en struweel te realiseren. Gezien de enorme oppervlaktes aan struweel die al geruimd zijn en nog geruimd zullen worden, zal de inspanning die nodig is voor nabehoor zeer groot zijn. Hier moet bij de begroting rekening mee gehouden worden.

Gezien de fasering is een mogelijkheid om in de eerste fase te mikken op een zo optimaal mogelijk ontwerp, zowel vanuit het oogpunt van veiligheid als vanuit het oogpunt van te ontwikkelen Grijze duinen. De drie noordelijke kerven worden dan aangelegd en het achterland zo optimaal mogelijk

ingericht voor de omvorming van struweel naar Grijze duinen. Aanleg van de drie zuidelijke kerven in een tweede fase kan later eventueel gepaard gaan zonder maatregelen in de achterliggende duinen. Vanuit het oogpunt van veiligheid is het niet nodig. Het doorstuivende zand zal dan in struweel tot stilstand komen en ook hier bijdragen aan volumeopbouw. Vanuit ecologisch oogpunt zou hier een interessante nieuwe situatie kunnen ontstaan van sterk overstoven struweel, langzaam overgaand in niet of nauwelijks overstoven struweel. Ontwikkeling van Grijze duinen zal hier dan wel op een veel kleinere schaal, of zelfs geheel niet plaatsvinden.

Voorstel voor cluster 2

- Kerven volgens plan, dimensies circa 35m breed, profiel oplopend vanaf het strand van 3m NAP naar 10m NAP. Optioneel fasen met drie kerven (de meest noordelijke) in de eerste fase en drie kerven (de meest zuidelijke) in de tweede fase.
- Stuifkuilen achter zeereep deels positief, deels ter discussie. Er moet ook voldoende ruimte zijn om vrijkomende zand in weg te werken, en daarvoor zijn liefst laagtes nodig. Geplande stuifkuilen die nu omringd zijn door enorme struweelrijke zones daarom misschien beter achterwege laten.
- Goede afweging maken voor welke oppervlaktes struweelvrij gemaakt worden. Wat is wenselijk, wat is haalbaar? Ook rekening houden met forse inspanning voor nabehoor om het struweelvrij te houden. Ook benodigde oppervlak om vrijkomend zand in weg te werken is een belangrijk punt in deze discussie.

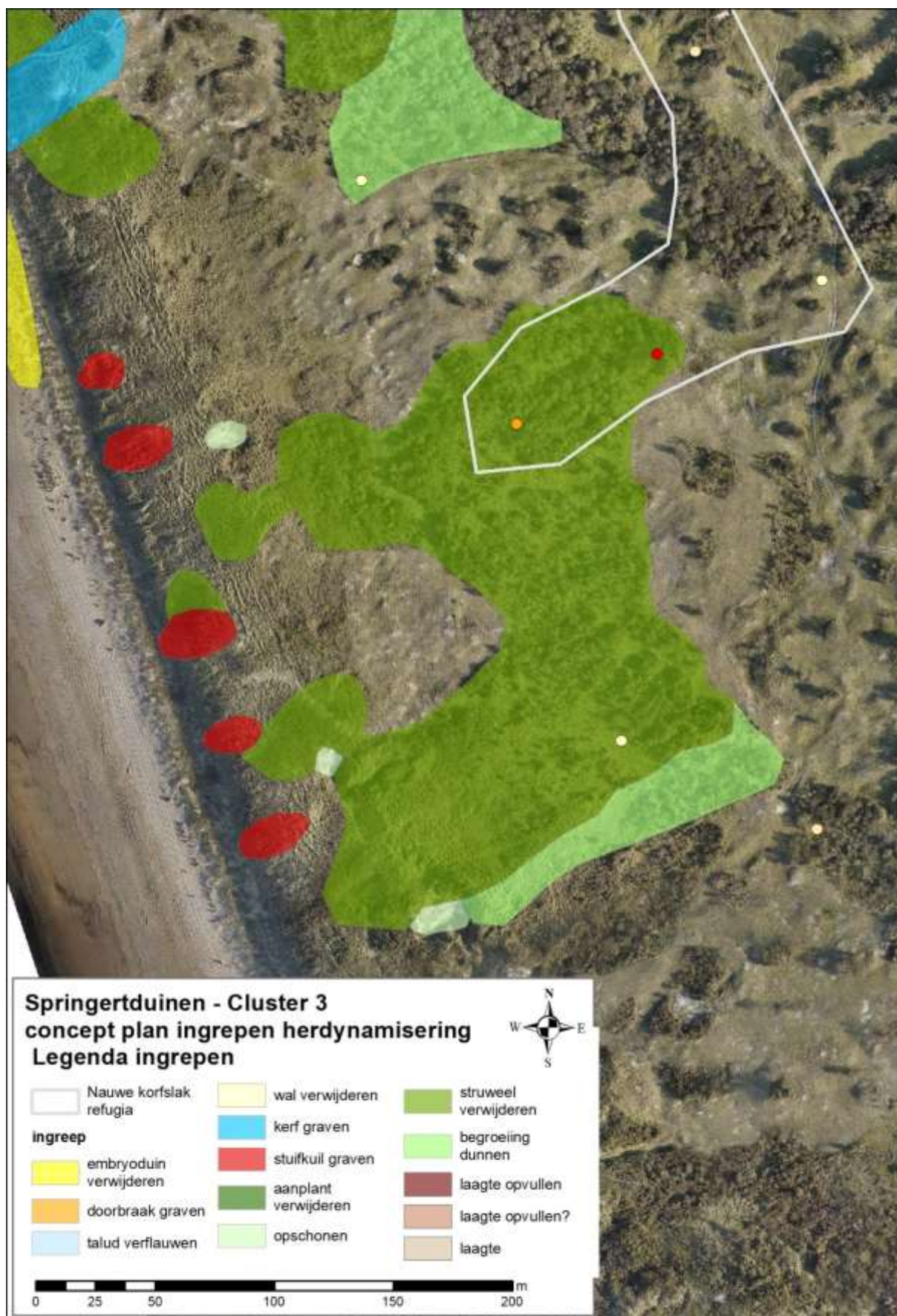
3.2.3 Cluster 3

In cluster 3 worden stuifkuilen in de zeereep voorzien. Deze zouden aangelegd moeten worden in de bovenste helft van de zeewaartse helling. Uit eerdere experimenten is gebleken dat aangelegde stuifkuilen in deze positie de grootste kans hebben om in beweging te komen (Arens, 2010 en 2018).

Het aanleggen bestaat uit het weghalen van vegetatie en afgraven binnen de contouren van de kuil tot een diepte van circa 1m.

Stuifkuilen in de zeereep zullen hier voor een omvangrijke strooizone zorgen van forse accumulatie direct achter de kuilen, tot zeer fijne overpoeding tot op enkele honderden meters landwaarts. Om optimaal van het effect van de stuifkuilen te kunnen profiteren zal landwaarts struweel geruimd moeten worden over een redelijk fors oppervlak. Om de overgang tussen dicht struweel en grasland niet al te abrupt te maken, wordt voorgesteld op de overgangszone vegetatie te dunnen, zodat er een gradiënt van open naar steeds dichtere vegetatie ontstaat. Op de zeereep liggen enkele zandige plekken waar gepoogd kan worden het zand in beweging te krijgen door het oppervlak op te schonen. Mogelijk is het voldoende met een grizzle/hark het oppervlak los te maken en de weinige vegetatie die er staat er af te harken. Een grizzle bestaat uit een aantal circa 1m lange tanden, gemonteerd op een kraan, die het oppervlak los kan trekken en daarmee ook een belangrijk deel van de wortels omhoog brengt.

De twee noordelijke stuifkuilen liggen grotendeels voor reeds van struweel vrijgemaakt terrein, en zouden als eerste aangelegd kunnen worden. De struweelzone hierachter ligt deels in refugium 3 voor de Nauwe korfslak. Struweel verwijderen zal hier vermoedelijk problematisch zijn. De inventarisatie van de Nauwe korfslak dateert echter uit 2012. Mogelijk is het struweel inmiddels zo dicht dat het geen geschikt habitat meer vormt, of is de Nauwe korfslag door drie achtereenvolgende droge zomers niet meer aanwezig. Voor uitvoering zal daarom een nieuwe inventarisatieronde moeten worden uitgevoerd. De drie zuidelijke stuifkuilen zouden moeten worden aangelegd in combinatie met het ruimen van een flink oppervlak met struweel. Omdat deze stuifkuilen vooral een natuurdoel hebben, namelijk overstuiving t.b.v. ontwikkeling Grijze duinen,



Figuur 3.6. Voorgestelde maatregelen in cluster 3.

is het hier niet zinvol de stuifkuilen aan te leggen, zonder daarbij het achterliggende gebied vrij te maken van struweel. In ieder geval het zuidelijk deel van het struweelvlak zou van struweel ontdaan moeten worden. Het is belangrijk dat van te voren goed ingeschat wordt dat er genoeg middelen voor een periode van 5-10 jaar beschikbaar zijn om op grote schaal nabehoor te kunnen plegen. Nabehoor moet daarom meegenomen worden in de kostenraming van het plan, overigens net als de monitoring (zand zandverspreiding en natuurwaarden). Overwogen kan worden de drie zuidelijke stuifkuilen pas in een latere fase aan te leggen, wanneer er ook ruimte is voor het verwijderen van struweel.

In de zeereep liggen enkele kleine, bijna kale plekjes (aangegeven met opschonen in Figuur 3.6). Deze plekjes kennen een zeer kleinschalige dynamiek die op zich interessant is. Rondom deze plekjes zouden nog op zeer kleine schaal stukjes helling die op zuidoost-zuidwest zijn geëxponoerd kaal geschraapt kunnen worden. Dit is zo kleinschalig dat het niet op kaart is uit te werken. Het principe moet in het veld duidelijk worden gemaakt.

Voorstel voor cluster 3

- Aanleg van stuifkuilen in de zeewaartse helling van de zeereep, in de bovenste helling van de zeereep, maar eventueel doortrekken richting strand (bijvoorbeeld als toegang voor graafmachine vanaf het strand moet).
- Zeker rondom de drie meest zuidelijke kuilen op grote schaal struweel verwijderen (met aandacht voor de Nauwe korfslak).
- Opschoonstukjes niet opschonen maar met rust laten. Eventueel hier omheen wel op kleine schaal op zuidoost tot zuidwest georiënteerde hellingen schoonmaken.

3.3 Opvulling van laagtes en andere afzetmogelijkheden voor afgegraven zand

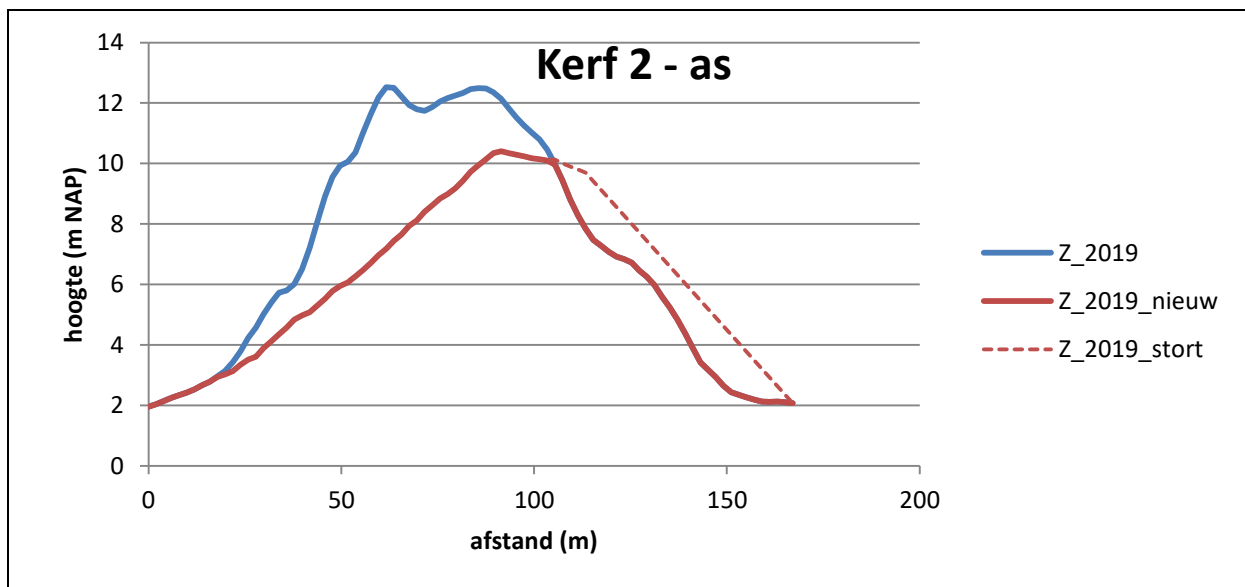
Omdat het de bedoeling is dat het volume van de zeereep toe gaat nemen, is het niet gewenst het zand dat bij graven van de kerven vrijkomt af te voeren. Dan zou bij de start het zandvolume binnen het gebied immers afnemen. Het afgegraven zand zal lokaal afgezet moeten worden. Een mogelijkheid is daarbij enkele laagtes achter de zeereep op te vullen. Bij het opvullen zijn verschillende zaken van belang.

- De ecologische waarde: in de opgevlude laagtes zal de bestaande vegetatie onder het zand verdwijnen. Vanzelfsprekend moeten oppervlaktes met een waardevolle vegetatie worden ontzien. Na opvullen is de kans groot dat een ruigte vegetatie ontstaat. Het aangebrachte zand heeft een onnatuurlijke gelaagdheid en bestaat uit geroerde grond. Zeker de eerste jaren zal dat geen positief effect hebben op de vegetatieontwikkeling ter plaatse.
- De geomorfologische waarde: voorkomen moet worden dat een kunstmatige structuur ontstaat. Door laagtes slechts gedeeltelijk op te vullen, blijft de morfologie in stand. Ook kan er voor gekozen worden laagtes om te vormen naar duinvormen, bijvoorbeeld als een laagte een bestaande duinenrij doorsnijdt. Het is dan wel zaak het nieuwe reliëf zo goed mogelijk in de omgeving in te passen en bij de uitvoering er op toe te zien dat de aangebrachte vorm goed aansluit bij de omgeving. Te allen tijde moet voorkomen worden dat kunstmatige depots in het duinlandschap worden aangelegd die tot het einde der tijden zichtbaar blijven.
- Bij opvulling van een kuil moet het huneuze zand onderin worden weggewerkt en de uiteindelijke afdeklaag zo schoon mogelijk zand bevatten. De opvulling kan uiteindelijk afgedekt worden met maaisel van Grijs duinvegetatie.
- Het meest gunstig is het wanneer het zand aangebracht wordt in een zone die door overstuiving vanuit de kerven verder bedekt raakt met stuifzand. Door overstuiving wordt de bodem dan weer natuurlijk, waarna hierop een spontane, ongestoorde vegetatie-

ontwikkeling kan plaatsvinden. Laagtes direct achter de te vormen kerven hebben de voorkeur boven laagtes op grotere afstand. Dit zal sowieso ook de kosten beperken omdat de transportafstand daarmee zo klein mogelijk is. Bijkomend voordeel is ook dat transport door het duingebied zoveel mogelijk beperkt wordt.

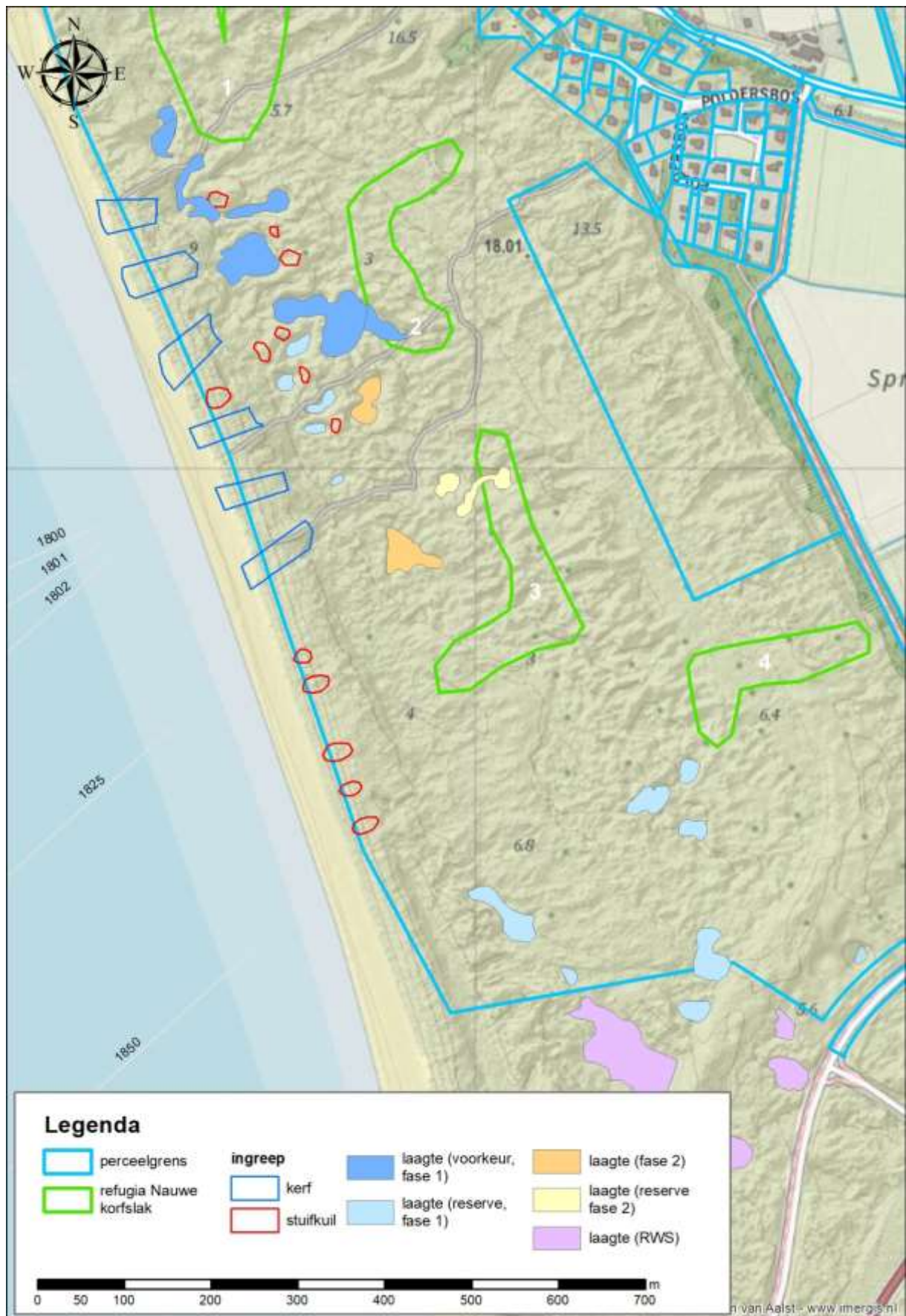
- In delen met dicht struweel zal het struweel zich na verloop van een aantal jaren waarschijnlijk weer herstellen, waarna aangebrachte lagen niet meer zichtbaar zullen zijn.
- Een deel van het zand uit de kerven kan direct landwaarts worden geschoven. De storthelling die hierdoor ontstaat zal ook verder onderstuiven. Juist op deze plaatsen wordt de grootste mate van depositie verwacht. Figuur 3.7 geeft een voorbeeld van hoe een dwarsprofiel door een kerf er dan uit zou kunnen zien.

Bij het afwerken van het afgezette zand zijn er twee mogelijkheden. Als het gewenst is dat de afgezette laag zelf ook verstuipt, kan het schoonste zand bovenop aangebracht worden. Dit zal dan deels over de omgeving verstuipt. Hoe het aangebrachte oppervlak zich dan zal ontwikkelen is onvoorspelbaar. Mogelijk dat dan door winderosie enigszins merkwaardige vormen kunnen ontstaan, het zand is immers kunstmatig aangebracht en zal daardoor niet homogeen in compactie etc. zijn. Als het gewenst is dat de aangebrachte laag zo snel mogelijk stabiliseert en met struweel begroeit, is het handiger het schoonste zand onderin te leggen en dit af te dekken met meer humushoudend zand. Het oppervlak zou ook nog afgedekt kunnen worden met vrijkomend biomassa (takken, snippers etc.). Vanuit oogpunt van ontwikkeling van Grijs duinen is het echter beter het humushoudende zand onderin weg te werken en af te dekken met schoon zand, eventueel afgedekt met maaisel van Grijs duin.



Figuur 3.7. Profiel door kerf met hoogte voor en na afgraven en mogelijke storthelling.

In het terrein zijn samen met Natuurmonumenten laagtes gezocht die gezien hun ecologische waarde en positie in het terrein geschikt zouden kunnen zijn voor (gedeeltelijke) opvulling. Voor wat betreft positie hebben laagtes dicht achter de zeereep in eerste instantie de voorkeur, enerzijds om transportafstanden in het terrein te minimaliseren, waardoor kans op schade aan het terrein wordt verkleind, anderzijds omdat meer landinwaarts het minder natuurlijk is om struweel te verwijderen en zand op te brengen. Er zijn verschillende laagtes aanwezig die een enigszins vreemde morfologie hebben, met steile, korte hellingen, en eutrofe vegetatie, die mogelijk ooit kunstmatig zijn aangelegd. In Figuur 3.8 zijn de laagtes aangegeven waar mogelijk zand gestort kan



Figuur 3.8. Mogelijk op te vullen laagtes met geschat volume in m³.

worden. Er is een onderscheid gemaakt tussen laagtes die gevuld zouden kunnen worden met het zand wat uit de drie meest noordelijke kerven komt (aangegeven in de figuur met “laagtes”), reserve laagtes, laagtes voor fase 2, die gevuld zouden kunnen worden met zand wat uit de drie meest zuidelijke kerven komt en reserve laagtes voor fase 2. Daarnaast zijn nog enkele laagtes aangegeven die buiten het gebied van WSHD vallen (“laagtes RWS”), op het grondgebied van Rijkswaterstaat. Zo nodig zouden hierover afspraken gemaakt moeten worden met Rijkswaterstaat. Vooralsnog zijn de laagtes die met “laagte”, totaal oppervlak 13.800m², en “laagte (fase 2)”, totaal oppervlak 3.000m², zijn aangegeven voldoende om het zand in te herbergen, overigens in combinatie met het zand wat direct achter de kerven afgezet wordt. Daarnaast is er nog een strook achter de zeereep, tussen de meest zuidelijke kerf en de aan te leggen stuifkuilen, waar over een groter vlak een beperkte laag aangebracht zou kunnen worden. Dit vlak is nog niet in de kaart van Figuur 3.8 opgenomen. Naar schatting zou hier een volume van circa 1000-2000m³ aangebracht kunnen worden. Een overzicht van de laagtes die in Figuur 3.8 zijn weergegeven is opgenomen in Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Laagtes zoals onderscheiden in Figuur 3.8.

laagte (Figuur 3.8)	aantal vlakken	totaal beschikbaar volume voor opvulling (m ³)
Laagte voorkeur fase 1	8	13800
Laagte reserve fase 1	12	8350
Laagte fase 2	2	3065
Laagte reserve fase 2	2	1600
Laagte RWS	6	13850

3.4 Fasering in de tijd (opties)

Er zijn twee opties aangegeven. In de eerste optie worden gelijk zes kerven aangelegd, waarmee de gewenste groei van de zeereep aan de landwaartse zijde het snelst kan worden gerealiseerd. In de tweede optie wordt dit gefaseerd. In een eerste fase kunnen de drie noordelijke kerven worden aangelegd. In combinatie met de maatregelen in cluster 1 vormt dit een mooie eenheid. In een volgende fase kunnen de drie zuidelijke kerven aangelegd worden. Dan zal inmiddels de nodige ervaring zijn opgedaan met nabeheer en volumeopbouw, waarvan voor de uitvoering van de tweede fase goed gebruik gemaakt kan worden. Door gebruik te maken van de in fase 1 opgedane kennis kan uitvoering van fase 2 efficiënter verlopen. Mogelijk kan dan ook door efficiëntere toepassing van de kerven het proces van duinaangroei aan de achterzijde van de zeereep sneller verlopen.

Voor het gehele plan zal het ruimen van struweel en nabeheer om te voorkomen dat struweel weer terug groeit een zeer grote inspanning vergen. Mogelijk dat het faseren van het ruimen van struweel hier ook een optie is. De oppervlaktes per ingreep zijn gegeven Tabel 3.2. De werkzaamheden voor cluster 1 zijn marginaal en daarom niet opgenomen in de tabel. Het totale oppervlak waar struweel geruimd zou moeten worden bedraagt 6.6ha. Daarbij komt nog een oppervlak van 2.0ha waar voorgesteld wordt struweel te dunnen, om de overgang tussen open duin en struwelen geleidelijker te maken. Voor wat betreft de kerven geldt dat voor een succesvolle opbouw van het zeereepvolume het ruimen van struweel niet noodzakelijk is. Bij aanleg van de drie zuidelijke kerven in een tweede fase kan beslist worden of er genoeg middelen zijn voor struweelruimen en nabeheer. Is dit niet het geval dan zal een andere situatie ontstaan, met onderstuivend struweel, wat ecologisch ook interessant kan zijn, en wat de veiligheidsdoelen niet in de weg zit.

Tabel 3.2. Oppervlakte van voorgestelde ingrepen. Beter uitwerken en aanvullen

cluster	maatregel	oppervlakte fase 1 (m ²)	volume fase 1 (m ³)	oppervlakte fase 2 (m ²)	volume fase 2 (m ³)
2	kerf graven	8000	11500	8000	11500
	embryonale duinen verwijderen	3300	1650 ¹	3700	1850 ¹
	stuifkuil graven	2000	2000	100	100
	struweel verwijderen duinen	11200	-	14900	-
	struweel verwijderen zeereep	5400	-	4500	-
	struweel dunnen	7200 ²	-	10400	-
3	stuifkuil graven	700	700	1250	1250
	struweel verwijderen	-	-	30000 ³	-
	struweel dunnen	-	-	3000	-
¹ zand wegwerken op strand ² overlap met refugia Nauwe korfslag, selectief dunnen ³ overlap met refugia Nauwe korfslag, aanpassen op basis van nieuwe inventarisatie					

Voor cluster 3 geldt wel dat de aanleg van stuifkuilen vooral zinvol is als in het achterliggende gebied struweel geruimd wordt. Voor de twee noordelijke aan te leggen stuifkuilen geldt dat hier al struweel is geruimd. Voor de drie zuidelijke kuilen kan in een tweede fase beslist worden of voldoende middelen beschikbaar zijn voor het ruimen van struweel en benodigd nabeheer, waarna duidelijk wordt of het zinvol is de stuifkuilen aan te leggen of niet.

Er is een eerste schatting gemaakt van de hoeveelheden zand die afgegraven moeten worden (Tabel 3.2). Verreweg de grootste hoeveelheid komt vrij bij het graven van de kerven. De drie noordelijke kerven samen zijn goed voor 11.500 m³ zand. Hun totale oppervlakte is ruim 8000m², de gemiddelde afgraafdiepte over dit oppervlak is dus circa 1.5m. Voor de zuidelijke kerven zal dat volume vergelijkbaar zijn, maar hier zijn nog geen berekeningen voor gemaakt. Voor de stuifkuilen wordt gerekend met een afgraafdiepte van 1m. Het oppervlak van de aan te leggen stuifkuilen in cluster 2 is 1.943 m², in cluster 3 is dat 1.954 m², samen dus goed voor bijna 4.000 m² keer 1m is 4.000m³. Totaal komt er bij dit ontwerp dus circa 15.000 m³ vrij.

Het totale oppervlak aan nu aan prioritaire laagtes waarvoor Natuurmonumenten de voorkeur heeft, bedraagt 13.800 m² (Tabel 3.1). Wanneer hier een laag van 1-1.5m wordt aangebracht, dan kan hier 13.000-19.500m³ in worden afgezet, wat al ruim voldoende is voor de stuifkuilen en de drie noordelijke kerven in cluster 2. Daarbij gevoegd nog het zand dat direct achter de kerven gestort wordt (geschat op circa 1000m³ per kerf) en het zand dat in een vlak direct achter de zeereep tussen de meest zuidelijke kerf en de aan te leggen stuifkuilen afgezet wordt (geschat op 1000-2000m³), dan zou er voldoende ruimte moeten zijn om het vrijkomende zand op verantwoorde wijze weg te werken.

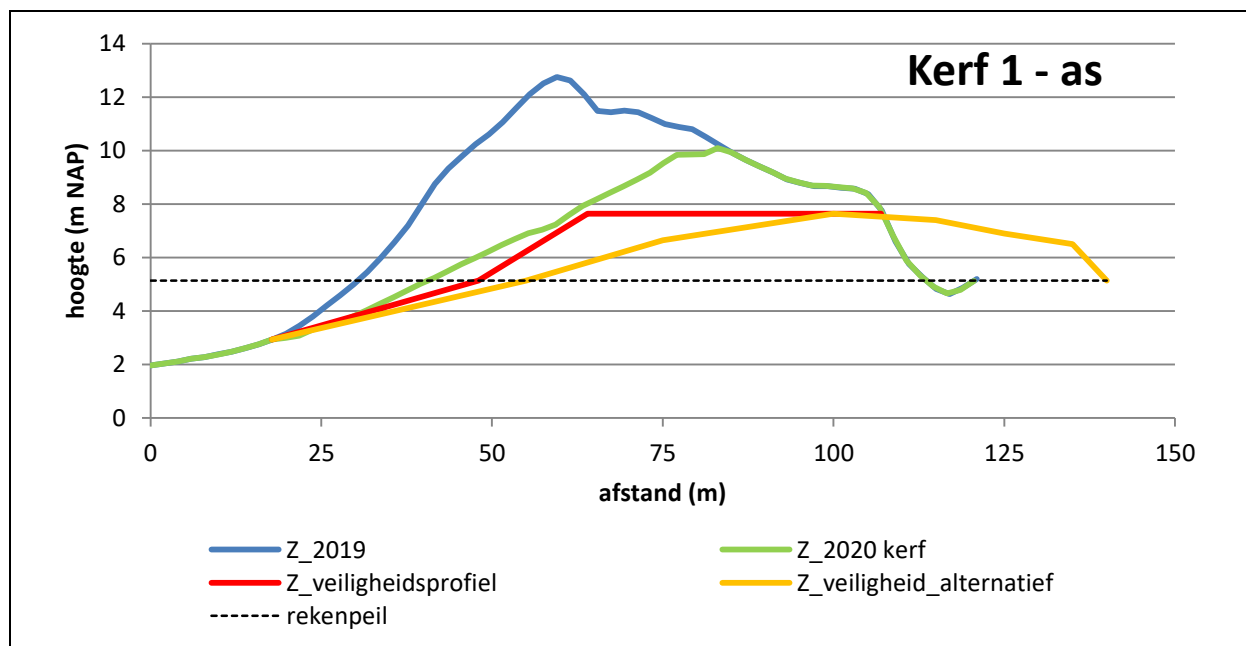
Voor de zuidelijke kerven (cluster 2) is nog geen definitief ontwerp gemaakt. Er is wel een voorstel voor de ligging en de globale omtrekken. Op grond van een evaluatie van de eerste fase moeten hier definitieve dimensies bij worden bepaald. De hoeveelheid zand die hierbij vrijkomt zal van een zelfde orde zijn als voor de drie noordelijke kerven.

Er is geen schatting gemaakt van het zand wat verplaatst moet worden voor het verwijderen van embryonale duinen. Vooralsnog is het uitgangspunt dat dit zand het lagere strand op geschoven wordt en hier verder geen afzetmogelijkheden voor gezocht hoeven te worden.

3.5 Waterveiligheid

Door Deltares (de Ridder en Boers, 2020) is een modelstudie uitgevoerd naar de veiligheidseisen voor de waterkering. Concreet is onderzocht wat de minimale eisen zijn waaraan de waterkering moet voldoen om nog als veilig beoordeeld te worden. Voor de details wordt verwezen naar het rapport van Deltares.

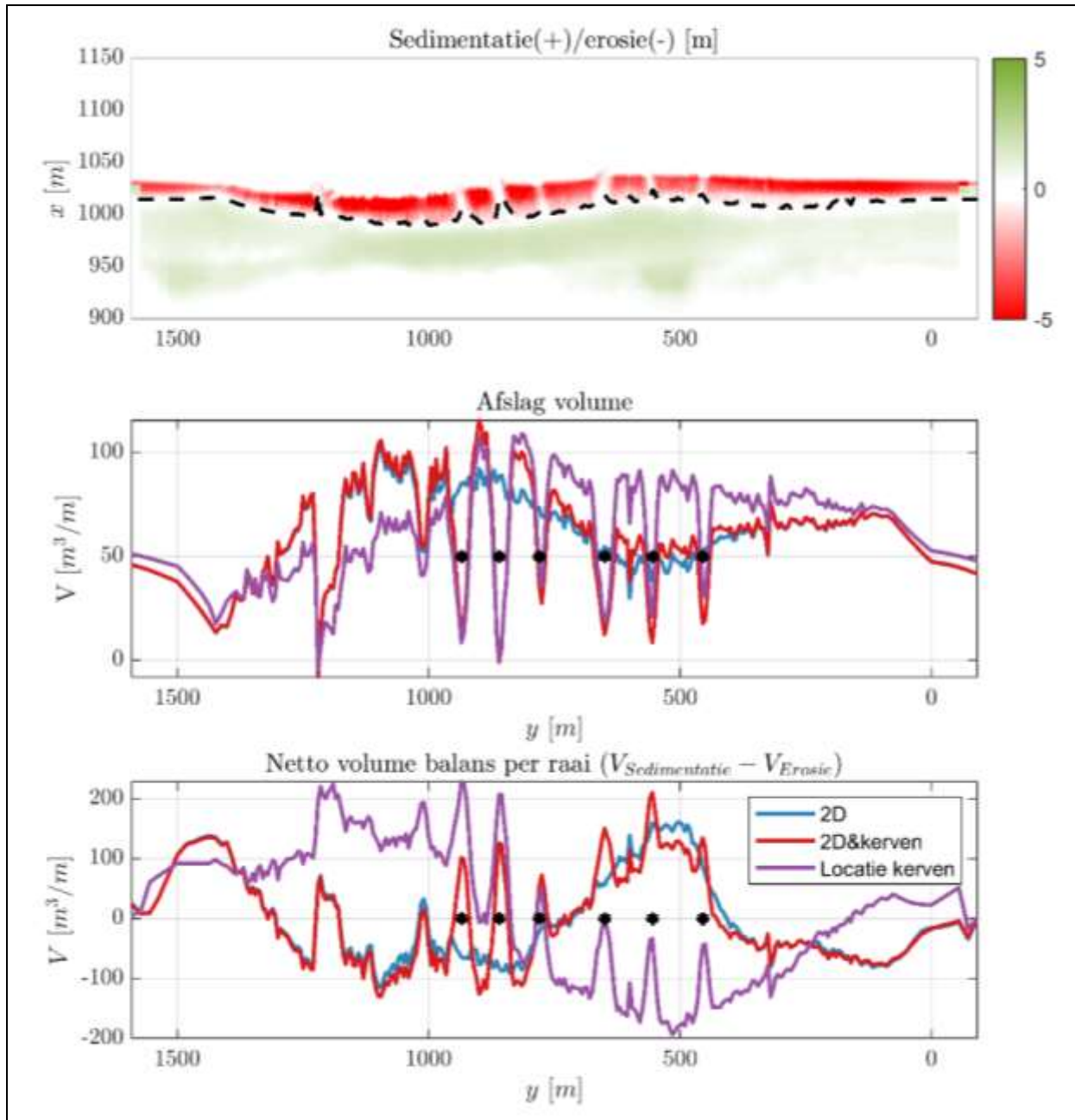
Om de veiligheid van de kerven bij de Springertduinen te toetsen, is een minimaal profiel afgeleid dat nog net voldoet aan de norm. Aan de hand van dit veiligheidsprofiel kunnen eenvoudig huidige en toekomstige profielmetingen worden geverifieerd op de duinveiligheid: valt het veiligheidsprofiel geheel binnen het gemeten profiel, dan is er geen veiligheidsprobleem en hoeft er geen actie te worden ondernomen. De hoogte van het veiligheidsprofiel is afgeleid op basis van een golfoverslagcriterium. Een toeslag voor 2D effecten is afgeleid met behulp van gevoeligheids-sommen met XBeach. Op basis van de minimale hoogte en toeslagfactoren is een DUROS+ duinafslagberekening uitgevoerd voor de profielen bij de Springertduinen.



Figuur 3.9. Ligging van het veiligheidsprofiel t.o.v. een profiel door de as van kerf 1.

Op basis van de uitgevoerde analyse door Deltares kan worden geconcludeerd dat er voldoende ruimte is voor het aanbrengen van de kerven. Het minimaal profiel dat aanwezig moet zijn heeft een hoogte van 7.64m NAP en een kruinbreedte van 43m met een 1:4 helling tot een hoogte van 5.14m NAP aan de zeezijde. Als alternatief kan ook een aangepast veiligheidsprofiel worden ingepast met een vergelijkbaar volume als het veiligheidsprofiel, waarbij het volume boven het rekenpeil van 5.14m NAP minimaal $120 \text{ m}^3/\text{m}$ moet bevatten en er een minimale hoogte van 7.64m

NAP aanwezig moet zijn in het profiel. Indien toekomstige profielen dit veiligheidsprofiel doorsnijden wordt aanbevolen om veiligheidsmaatregelen uit te voeren. Figuur 3.9 geeft een illustratie van het veiligheidsprofiel ten opzichte van een profiel door de as van kerf 1. Een alternatief veiligheidsprofiel is aangegeven waarbij de minimale hoogte van 7.64m op één punt wordt bereikt, en het volume boven het rekenpeil tenminste $120\text{m}^3/\text{m}$ bevat.



Figuur 3.10. Morfologische veranderingen tijdens een maatgevende storm voor de simulatie met en zonder kerven. De sedimentatie/erosie patronen voor de som met kerven zijn weergegeven in het bovenste paneel. De 5.14 m+NAP bodem-contour van het rekenpeil is weergegeven als een zwarte gestippelde lijn.

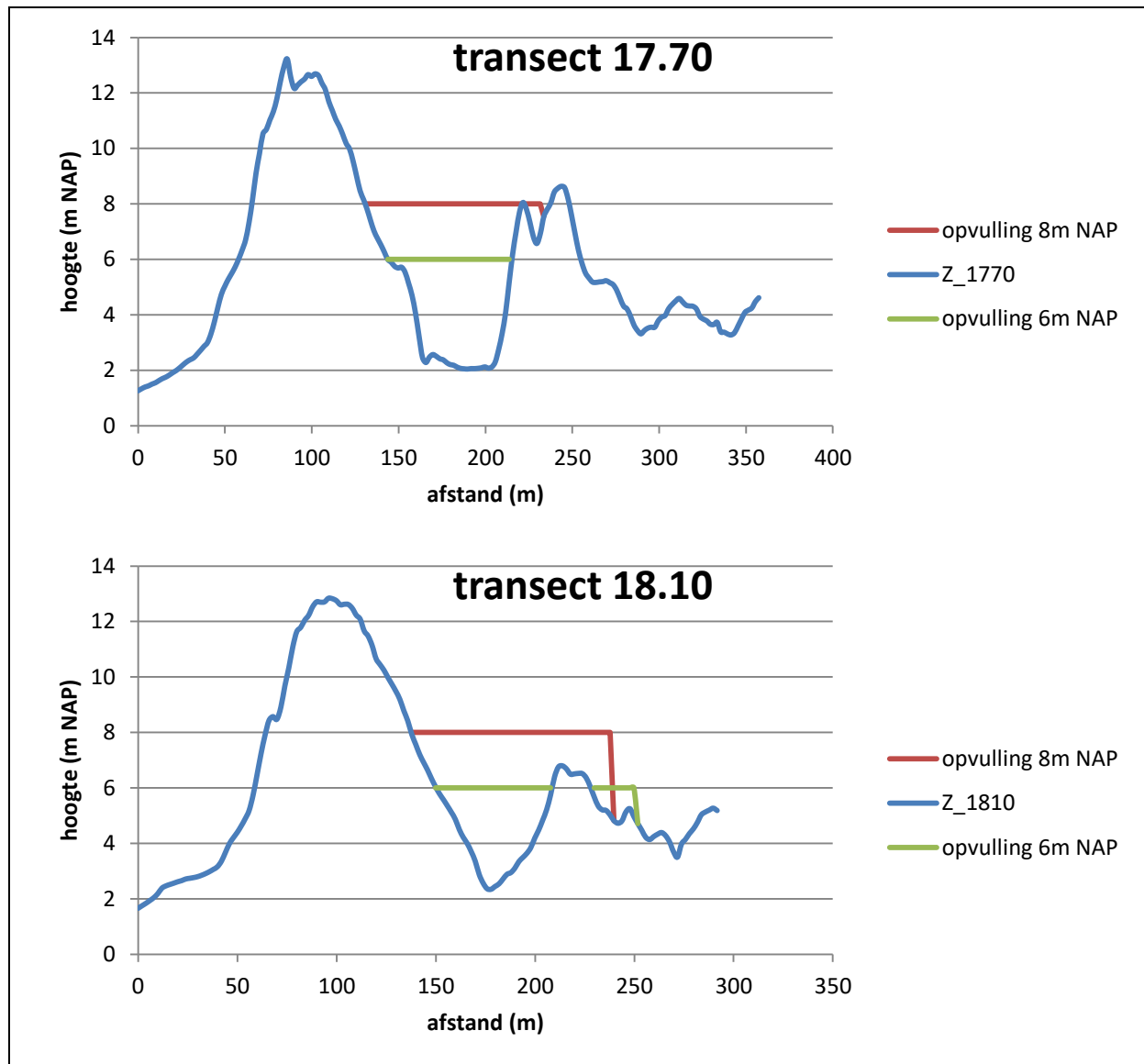
Het duinafslagvolume per raai is weergegeven in het tweede paneel. De netto zand balans per raai (sedimentatie volume - erosie volume) is weergegeven het onderste paneel. De locaties van de kerven zijn weergegeven met zwarte bolletjes. Bron: de Ridder en Boers, 2020.

Op basis van een gevoeligheidsanalyse voor de duinhoogte is geconcludeerd dat vooral de duinbreedte in kust dwarsrichting invloed heeft op de duinveiligheid. Het verhogen van de duinhoogte heeft dus minder effect op de duinveiligheid dan het verbreden van de duinen.

Uit de modelresultaten blijkt verder dat de het afslagvolume bij een maatgevende storm bij de kerven kleiner is dan in de zeereep tussen de kerven. Dit is goed te zien in het middelste paneel van Figuur 3.10. Als de kust met kerven vergeleken wordt met de huidige kust, dan is er geen noemenswaardig verschil in het netto afslagvolume voor de gehele kust. Bij een storm blijkt zand vanaf de tussenliggende delen naar de kerven getransporteerd te worden.

3.6 Benodigde hoeveelheden voor volumeopbouw

De huidige aanvoer van zand naar het gebied is positief, maar niet heel groot. De zeereep groeit gestaag aan, wat betekent dat er meer zand het gebied binnen komt dan er uit gaat. De hoeveelheden zijn echter niet dermate groot dat deze op een tijdschaal van een tiental jaren genoeg zullen zijn om de gewenste duingroei te bereiken.

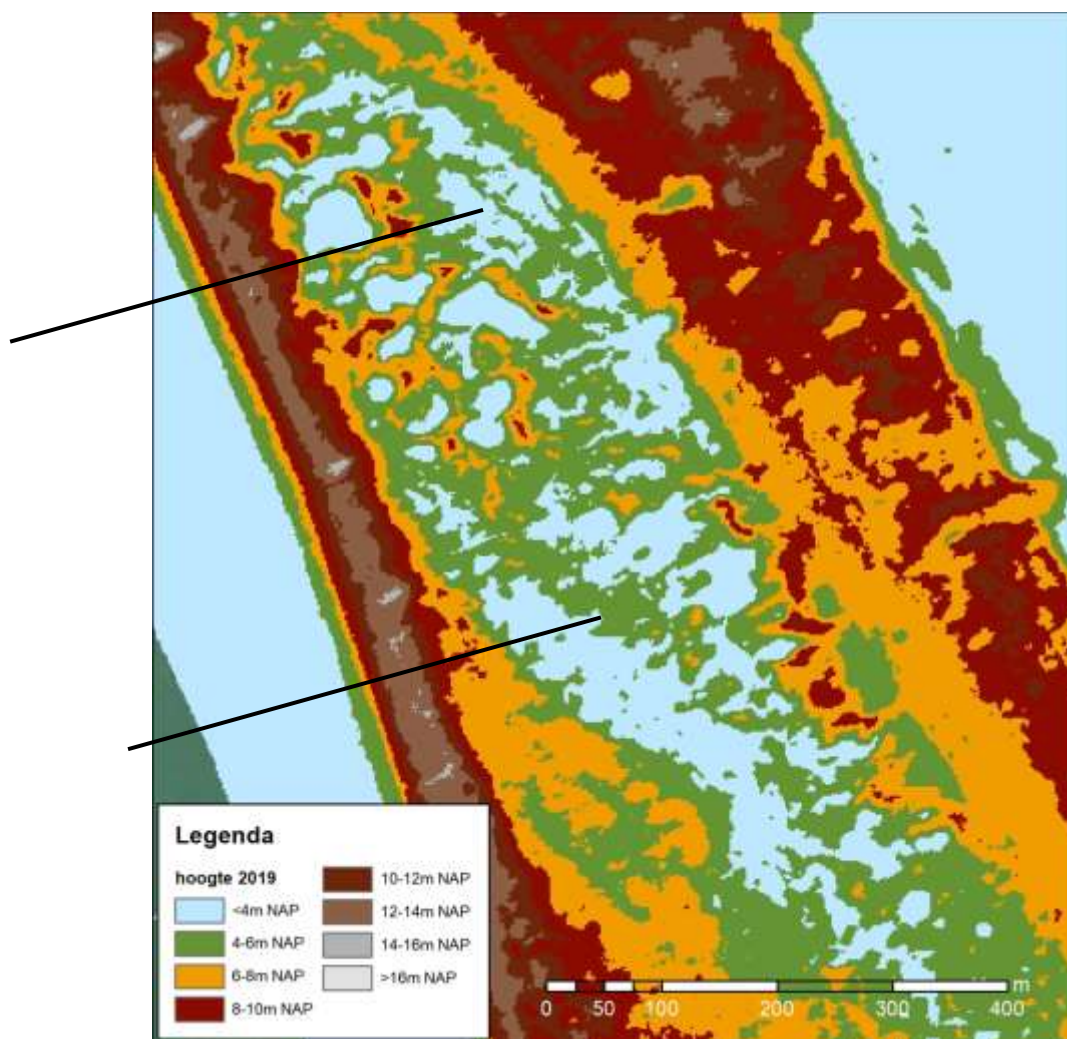


Figuur 3.11. Dwarsprofielen voor 2019 (RSP bij benadering) en aangepast profiel bij voor een bepaalde hoogte- en breedte toename.

Om te bepalen hoeveel zand er nodig is, zijn wat simpele, theoretische analyses gemaakt voor twee verschillende situaties. In de eerste situatie is berekend welk volume nodig is om de zeereep zodanig te versterken, dat de landwaartse zijde 100m uitbreid met een hoogte van 6 en van 8m NAP. Figuur 3.11 toont twee dwarsprofielen (RSP bij benadering), met de hoogte van 2019 in blauw, en het aan te vullen volume in rood voor een opvulling tot 8m NAP en groen voor een opvulling tot 6m NAP. De ligging van de transecten is in Figuur 3.12 aangegeven met de twee zwarte lijnen.

De volumeberekeningen laten zien dat in deelgebieden a t/m d over een lengte van 1800m in totaal $14.700\text{m}^3/\text{jaar}$ binnenkomt boven de 3m NAP lijn, en $7.200\text{m}^3/\text{jaar}$ boven de 5m NAP lijn. Over de periode 2013-2019 is dat respectievelijk 88.000 en 43.000m^3 . Per strekkende meter kust komt het neer op respectievelijk 7.8 en $3.8\text{m}^3/\text{m.jaar}$.

Het benodigde volume voor transect 17.70 is 200m^3 voor een opvulling tot 6m NAP en 371m^3 voor een opvulling tot 8m NAP. Voor transect 18.10 is dat 133 en 312m^3 . Als we beide transecten middelen, dan is gerekend met de aanstuiving boven 3m en 5m NAP een periode van 21 tot 44 jaar nodig om de opvulling tot 6m NAP te realiseren, en van 44 tot 90 jaar om de opvulling tot 8m NAP te realiseren. Een tijdschaal van 20-50 jaar om de veiligheidsdoelen te realiseren lijkt realistisch. Overigens hangt veel af van de zandaanvoer in de komende decennia, die niet te voorspellen is, en de klimaatscenario's en bijbehorende voorspellingen voor de zeespiegelstijging.



Figuur 3.12. Hoogte van het gebied in lagen, met de transecten 17.70 (noord) en 18.10 (zuid) waarvoor volumeberekeningen zijn uitgevoerd.

Een andere (niet realistische) situatie, maar wel interessant om een gevoel te krijgen bij de mate van aanstuiving in relatie tot integrale gebiedsverhoging is om te berekenen welke hoeveelheden zand nodig zijn om het gehele gebied tussen de zeereep en de landwaartse rug mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Hierbij is uitgegaan van verschillende hoogtes tussen 2 en 8 m NAP. De laagste punten in het gebied liggen net onder 2m NAP. Figuur 3.12 laat zien om welke oppervlakken het gaat. Om het gehele gebied tot 4m NAP op te laten hogen zou het hele blauwe oppervlak in Figuur 3.12 integraal moeten ophogen. Om het gehele gebied tot 6m NAP op te laten hogen zou het hele blauwe+groene oppervlak integraal moeten ophogen enz. Om het gehele gebied tenminste 2m hoog te krijgen is een beperkt volume nodig. Tabel 3.3 geeft aan hoeveel zand er nodig is om het gebied tot een bepaalde hoogte te laten groeien en het aantal jaren dat dit zou duren onder de huidige (2013-2019) mate van aanstuiving, gerekend voor het aangestoven volume boven 3m NAP en 5m NAP. Uitgangspunt is dan dat al dit zand kan doorstuiven en dat het precies in de laagste delen terecht komt.

Verhoging tot een niveau van 4m NAP behoeft slechts 54.800m^3 en dit zou al in 4-8 jaren kunnen aanstuiven (mits de zandaanvoer gelijk blijft, al het zand kan doorstuiven en precies op de plekken onder 4m NAP terecht komt; dit is dus de meest optimistische schatting). Verhoging tot 5m NAP zou in het meest gunstige geval 12-24 jaar duren, opvulling tot 6m NAP 26 tot 52 jaar. De benodigde tijdschaal is van dezelfde orde als voor de vorige rekenexercitie.

Tabel 3.3. Benodigd volume om het gebied tot een bepaalde hoogte op te hogen, en het aantal jaren waarover dit autonoom aanstuift (14746m^3 boven 3m NAP en 7177m^3 boven 5m NAP).

	benodigd volume	benodigd volume	aantal jaren bij aanstuiving	aantal jaren bij aanstuiving
m NAP	m^3	m^3/m	14746m^3	7177m^3
2	73	0.04	0.0	0.0
3	9381	5.2	0.6	1.3
4	54833	30	3.7	7.6
5	172495	96	11.7	24.0
6	375881	209	25.5	52.4
7	672275	373	45.6	93.7
8	1060439	589	71.9	147.7

Theoretisch gezien zou er bij de huidige zandaanvoer genoeg zand binnenkomen om het gebied op de lange termijn voldoende mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Het is echter de vraag of de zandaanvoer op de lange termijn gelijk blijft. Processen in de Voordelta, bijvoorbeeld door het weer open zetten van de Haringvliet, zouden de sedimentstromen in het gebied kunnen veranderen. Daarom is een bepaalde overmaat aan zand nodig, en is het goed om ook na te denken over manieren om de zandbron te vergroten.

Stel dat in het gebied tussen RSP 19.00 en 19.50 een kleine zandmotor aangelegd zou kunnen worden, dan zou deze het strand ter hoogte van het projectgebied kunnen voeden en daarmee kunnen zorgen van een flinke bron voor doorstuiving landwaarts door de aangelegde kerven. Zo een zandmotor zou dan wel zo aangelegd moeten worden dat hij optimale randvoorwaarden biedt voor verstuuving of voor doorvoer van het zand via hydrodynamische processen.

Meer direct zouden op kleine schaal suppleties op het strand aangelegd kunnen worden, zo nodig herhaald om voor een continue bron van stuifzand te zorgen. Bij de aanleg moet wel aan bepaalde criteria worden voldaan (bijvoorbeeld het profiel moet zo laag zijn dat golven het oppervlak

regelmatig opnieuw kunnen sorteren, daarmee wordt een continue bron van goed verstufbaar zand gegarandeerd).

Het is de moeite waard om andere partijen te polsen (Rijkswaterstaat, Provincie) of zij een dergelijke aanpak haalbaar vinden en of er een bereidheid is tot medefinanciering.

3.7 Verwachte ontwikkeling

- De verwachting is dat via de kerven strandzand naar binnen zal stuiven en daar een overstuivingslob op zal bouwen. De lob zal zich langzaam maar zeker landwaarts uitbreiden.
- Netto zal het zandvolume toe nemen, in dezelfde orde als de gemiddelde aanwas van de laatste jaren.
- Door de kerven zal de zeereep verbreden, niet verhogen. De lobben aan de landwaartse zijde kunnen wel in hoogte toenemen. Het is niet goed te voorspellen hoe. Bij de Noordwestkern bij Bloemendaal hebben metingen tussen 2013 en 2020 uitgewezen dat in twee kerven de hoogte (en breedte) toenam, in twee kerven de hoogte na verloop van tijd afnam, en in één kerf de hoogte gelijk bleef. De kerven bij de Noordwestkern zijn veel breder (80-100m), de zeereep tussen de kerven hoger (20m) en het niveau van de kerven na aanleg iets lager (9m NAP) in vergelijking tot de voorgestelde kerven in de Springertduinen.
- Er is een mogelijkheid dat zich na verwijderen van de embryonale duinen opnieuw vegetatie gaat ontwikkelen en de aanvoer door de kerven daardoor gaat stagneren. Met nabeheer moet voorkomen worden dat dit inderdaad gebeurt.
- Op en achter de zeereep ontstaat een zone met Witte duinen.
- Achter de zeereep zal een fors gebied door fijne overstuiving worden bedekt (orde <mm's).
- Het is niet uit te sluiten dat landwaarts van de Springertduinen beperkte stuifoverlast optreedt. De afstand is groot en de tussenliggende zone is veelal dicht begroeid, maar het is mogelijk dat bij stormachtige omstandigheden het zand op de zeereep door turbulentie een grotere hoogte bereikt dan gemiddeld, daardoor deels in suspensie gaat en daardoor een afstand van vele honderden meters af kan leggen. Bij het suppletieonderzoek is bij storm een overbrugging van meer dan 1km gemeten. De hoeveelheden zand die zo een afstand afleggen zijn erg klein, ze leiden niet tot een meetbare hoogteverandering, maar kunnen wel tot enige hinder leiden, bijvoorbeeld in de vorm van enig zand tegen de ruiten van achterliggende woningen.
- Het land van de particulier ligt niet recht achter de geplande kerven. Hier zou met flinke noordwestenwind en goede omstandigheden voor verstufing ook enige zand kunnen komen. Gezien de huidige toestand van de zeereep (volledig begroeid aan de voorzijde) is dat niet waarschijnlijk dat dat nu bij storm ook gebeurt.
- De randvoorwaarden voor de ontwikkeling maar ook voor een duurzamere instandhouding van Grijze duinen achter de zeereep zullen verbeteren. Dit zal uiteindelijke zijn weerslag op de kwantiteit en kwaliteit hebben, maar dit kan een aantal jaren duren.
- De dynamiek van de zeereep zal op de plaats van de kerven toenemen. Tussen de kerven zal waarschijnlijk niet veel veranderen, tenzij tijdens een hoogwater schade aan het duinfront ontstaat. Door het verwijderen van de zone met embryonale duinen ontstaat hier een lagere strook, waardoor met hoog water het water hier mogelijk tegen de zeereep staat en tot enige afslag leidt. Iets meer dynamiek tegen de zeereep op zou de verruiging met Duindoorn die hier al gaande is tegen kunnen gaan.

3.8 Beleefbaarheid

In de Noordwestkern bij Bloemendaal is één van de kerven (sleuven) opengesteld voor publiek, in feite is een strandslag naar deze kerf verplaatst. In de Springertduinen gaat het misschien wat ver

om één van de kerven als strandslag aan te merken, maar een mogelijkheid zou wel zijn om bezoekers toe te staan één van de kerven in te wandelen en van bovenaf het gebied te kijken en zo het project te beleven. Met borden kunnen recreanten geïnformeerd worden over de doelen van het project.

Een andere mogelijkheid, die misschien tot meer verstoring leidt, is een wandelpad over de zeereep tussen twee opeenvolgende kerven te maken, en beide kerven als toegang tot het wandelpad te gebruiken. Het moet dan wel duidelijk zijn dat betreding buiten de paden niet gewenst is.

4 Monitoring en nabeheer

Het monitoringsplan heeft verschillende doelen, namelijk:

- het in het algemeen volgen van de effecten van ingrepen, zowel voor wat betreft veiligheid als ecologie;
- het bepalen van noodzakelijk dan wel gewenst nabeheer om de effecten van de ingrepen te stimuleren of zelfs op gang te brengen;
- het vaststellen van ongewenste ontwikkelingen m.b.t. waterveiligheid en/of ecologie
- bepalen wat noodzakelijke ingrepen zijn om ongewenste ontwikkelingen te stoppen.

Het monitoringsplan omvat een fysisch en een ecologisch deel. Het fysische deel draait om de vraag of de veiligheid op orde blijft en het zandvolume dankzij de ingrepen toeneemt. Dit deel wordt hier in detail uitgewerkt. Het ecologische deel draait om de vraag hoe de voor Natura2000 van belang zijnde habitattypen, met name H2120 Witte duinen en H2130 Grijze duinen zich ontwikkelen en wat de effecten zijn van de ingrepen op de habitats. Verder zijn beide delen belangrijk om de noodzaak tot nabeheer te bepalen. Het ecologische deel wordt hier niet in detail uitgewerkt, maar beperkt zich tot de vragen die relevant zijn voor het nabeheer en de ontwikkeling van dynamiek.

Natuurmonumenten voert voor al haar terreinen karteringen uit van diverse soortgroepen, om zo op lange termijn ontwikkelingen in flora en fauna te kunnen volgen. Ontwikkelingen worden geanalyseerd en geëvalueerd, en waar nodig gebruikt om het beheer bij te sturen. Voor de Springertduinen gaat het om monitoring van broedvogels, flora, dagvlinders, libellen en sprinkhanen (eens per 6 jaar) en om vegetatiekartering (eens per 12 jaar). De laatste karteringen zijn uitgevoerd in 2013 (vegetatie), 2015 (insecten) en 2017 (broedvogels en flora) en eerstvolgende karteringen vinden dus plaats in 2021 (insecten), 2023 (flora en broedvogels) en 2025 (vegetatie).

Er vindt geen abiotische monitoring plaats door Natuurmonumenten in de Springertduinen. Habitattypenkarteringen en monitoring van N2000-soorten is in beginsel een verantwoordelijkheid van de Provincie. De precieze planning daarvan is niet bekend.

4.1 Opstellen van randvoorwaarden voor ontwikkeling

Voor de veiligheid is één van de belangrijkste criteria dat de kerven niet uitstuiven tot onder een bepaald niveau. De kerven lopen qua hoogte in hun lengteas op vanaf het strand naar een maximale hoogte. Om te garanderen dat deze hoogte voldoende blijft om golfoverslag te voorkomen, moet deze hoogte, zoals uit de veiligheidsberekeningen is gebleken, een minimaal hoogte van 7.64m NAP hebben. Wanneer de kerven onder dit niveau uitstuiven is er niet onmiddellijk een veiligheidsprobleem, maar is wel het moment gekomen om door middel van actief ingrijpen verder uitstuiven te voorkomen. Met de veiligheidsberekeningen is ook het minimaal benodigde profiel bepaald, zie Hoofdstuk 3.5. Zolang dit profiel nog binnen het profiel in de kerven te vinden is, is er geen reden voor ingrijpen.

Ook voor de in de zeereep aan te leggen stuifkuilen geldt dat ze wanneer ze te extreem uitstuiven een veiligheidsprobleem kunnen opleveren. De schaal van een stuifkuil is echter veel kleiner dan die van een kerf, zodat dit probleem veel minder snel zal optreden. Het minimumprofiel kan ook gebruikt worden om de veiligheid ter hoogte van de stuifkuilen te testen en te monitoren.

Omdat het hier een potentieel veiligheidsprobleem betreft, is het belangrijk dat dit snel gesignaleerd wordt, zodat, indien nodig, ook snel ingegrepen kan worden.

4.2 Monitoringsplan fysisch deel

Het meten van de hoogte in de kerven (en stuifkuilen) en de mate van overstuiving is op verschillende verschillende manieren uit te voeren, met meer en minder geavanceerde methoden. De verschillende verschillende methodes worden hieronder beschreven.

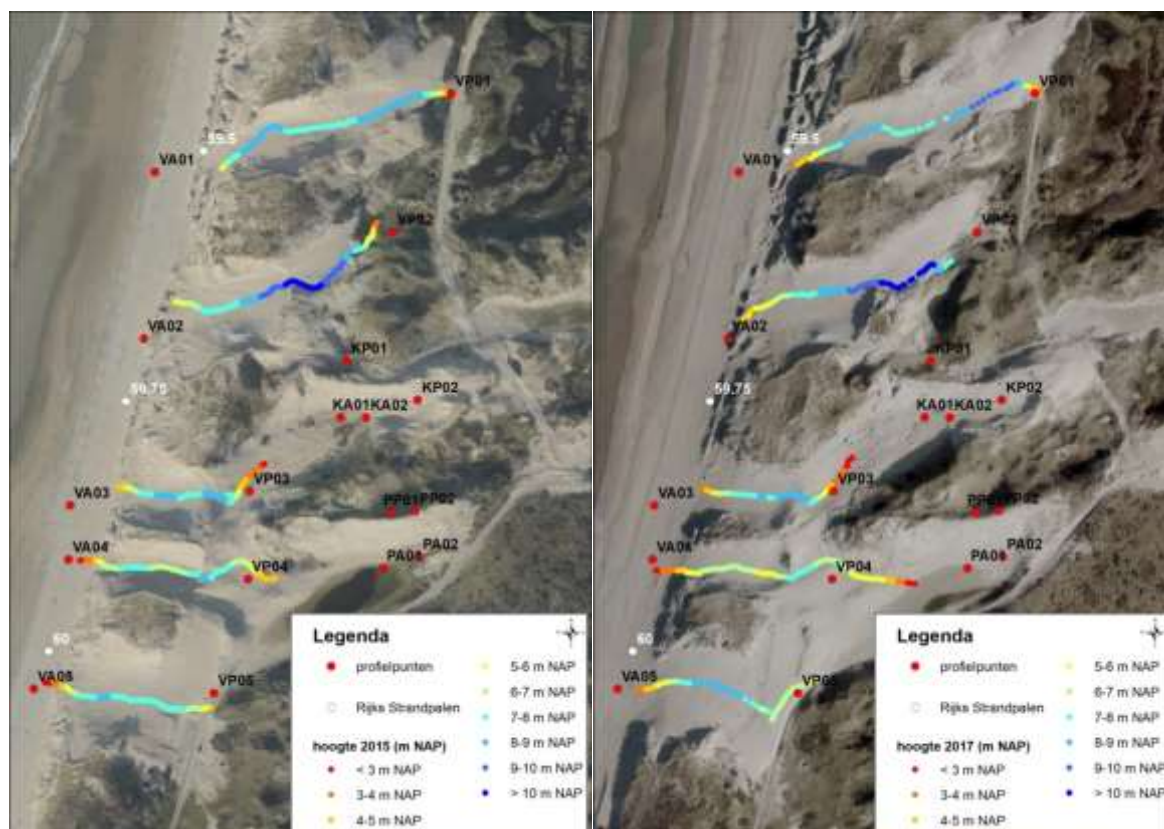
Tabel 4.1 geeft een overzicht van de verschillende te monitoren parameters, de mogelijke methodes en de frequentie.

1. **Profielmetingen.** Het meest flexibel is met een (eigen) landmeter naar behoefte de as van de kerven op te meten met GPS, door vanaf het strand de laagste lijn door een kerf naar boven te volgen. Zeker als er beschikking is over een eigen landmeter zou dit direct na een storm kunnen worden uitgevoerd en zijn de gegevens binnen een dag beschikbaar. Indien gewenst kunnen ook meerdere profielen door een kerf worden opgemeten. Een aantal profielen per kerf, voor zes kerven, is makkelijk binnen een dag op te meten.
2. **Drone met Lidar.** Met een drone met Lidar de hoogte van het gebied van de kerven inmeten. Dit is minder flexibel dan 1, vergt een grotere uitwerkingstijd en is veel duurder, maar de gegevens die hierdoor beschikbaar zijn, zijn gedetailleerder en maken een 3D-analyse van de ontwikkelingen mogelijk. De ervaring met Shore heeft geleerd dat data vaak al binnen 1-2 maanden beschikbaar zijn. Door verschilkaarten te maken tussen verschillende tijdstippen is het mogelijk sedimentatiediktes, erosiediktes en volumeveranderingen te bepalen. Hiermee is nauwkeurig te volgen of de beoogde toename van het volume inderdaad gerealiseerd wordt.
3. **Drone fotogrammetrisch.** Met een drone die luchtfoto's maakt kan de hoogte ook fotogrammetrisch worden bepaald. Wanneer veel begroeiing aanwezig is, is dit minder nauwkeurig, omdat dan de bovenkant van de begroeiing als oppervlak wordt aangemerkt. Een mogelijkheid is dat het Waterschap een eigen drone aanschaft en deze metingen ook in eigen beheer uitvoert, wat de methode vrij goedkoop en zeer flexibel maakt. Voordeel is dat zowel hoogte als fotobeeld beschikbaar zijn. Onderzocht zou moeten worden of de nauwkeurigheid voldoende is om de verschillende monitoringsvragen te beantwoorden.
4. **Jarkusmetingen.** Gebruik maken van de hoogtegegevens die door RWS standaard jaarlijks (Jarkus, ofwel AHN hoogdynamisch) in het voorjaar worden opgenomen. Dit is het minst flexibel, oplevering is minstens een half jaar na opname, maar de kosten zijn het geringst, omdat de vlucht sowieso wordt uitgevoerd voor de jaarlijkse kustmeting. Resolutie van de data is geringer dan voor drone metingen (2×2 i.p.v. $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$).
5. **Reguliere luchtfoto's Waterschapshuis.** Gebruik maken van de luchtfoto's die jaarlijks van de hele kust gevlogen worden. Dit is ook weinig flexibel, oplevering is laat, soms pas een jaar na opname, maar de kosten zijn het geringst, omdat de foto's sowieso beschikbaar komen bij het waterschap. Resolutie van de foto's is geringer dan voor drone metingen (0.1×0.1 i.p.v. $0.02 \times 0.02 \text{ m}^2$).
6. **Veldbezoek.** Inventariseren van opslag van struweel, uitstuiwen van wortels, stabilisatie van verstuiving door nieuwe vestiging van vegetatie. Inventariseren van verstuivingen, bepalen van fijne overstuiving en afstand tot waar dat optreedt voor zover niet op luchtfoto's te zien is. Enige kennis van verstuivingsprocessen is hierbij gewenst.
7. **Zandvangers.** Hiermee kan op verschillende locaties in het landschap gemeten worden hoeveel overstuiving er langs komt. De zandvangers zouden in zones opgesteld kunnen worden, deels achter de kerven, deels achter een stuk zeereep zonder kerven om het effect van de kerven op de doorstuiving te bepalen. Met 20-30 vangers zou een goed beeld van de doorstuiving vast gesteld kunnen worden. Het regelmatig legen (voorstel iedere twee weken) van de vangers kan door veldmedewerkers worden uitgevoerd. Analyse van de resultaten vergt kennis van verstuivingsprocessen in relatie tot de landschapsdynamiek.

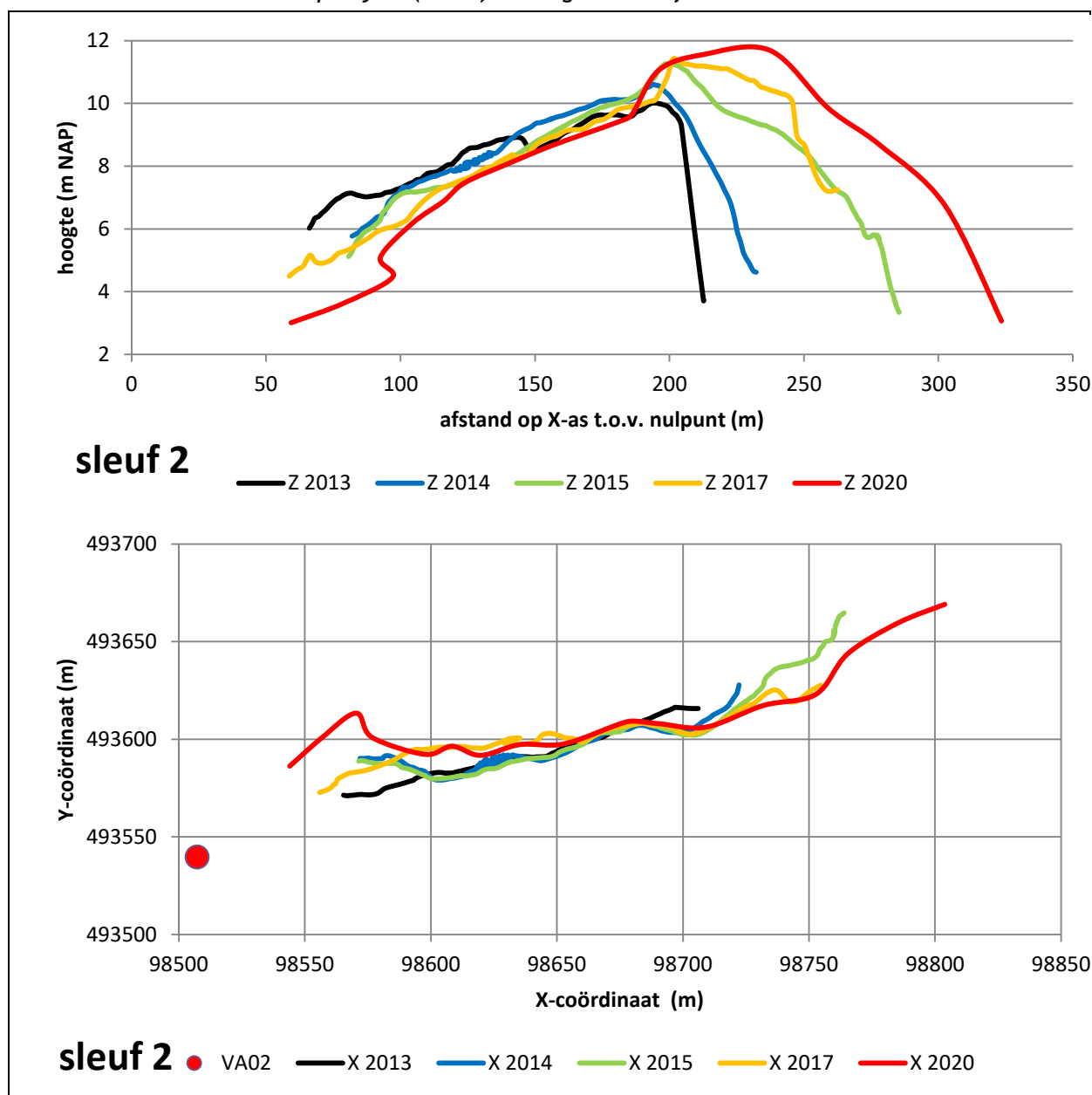
Tabel 4.1. Parameters en methodes fysische monitoring

parameter	te bepalen variabele	methode	frequentie
minimale hoogte in lengte-as kerven	profiel, $Z_{\text{actueel}} < Z_{\text{min}}$	1, 3*	na events
minimaal profiel	profiel < minimaal profiel	1, 2, 3	na events, halfjaarlijks
erosie in kerven	kartering en volumebepaling erosief oppervlak	2, 3, 4	halfjaarlijks
sedimentatie langs en achter kerven	kartering en volumebepaling accumulatie oppervlak	2, 3, 4	halfjaarlijks
sedimentatiedikte achter zeereep	kartering en volumebepaling depositiezone	2 en 4	halfjaarlijks
oppervlakte erosieve vlakken	kartering	2, 3, 5	halfjaarlijks, jaarlijks
oppervlakte overstuiving	kartering	2, 3, 5	halfjaarlijks, jaarlijks
integrale kartering dynamiek	kartering kaal zand, overstuivingsklassen en stabilisatie	2, 3, 5	halfjaarlijks
mate van stabilisatie door opslag of vestiging vegetatie	% bedekking door hergroei van vegetatie % bedekking door vestiging van vegetatie afname van oppervlak kaal zand	2, 3, 5, 6	halfjaarlijks
mate van stabilisatie door uitstuiwen wortels	dichtheid van bedekking door uitgestoven (dode) wortels	2, 3, 5, 6	halfjaarlijks

* bij gebleken nauwkeurigheid



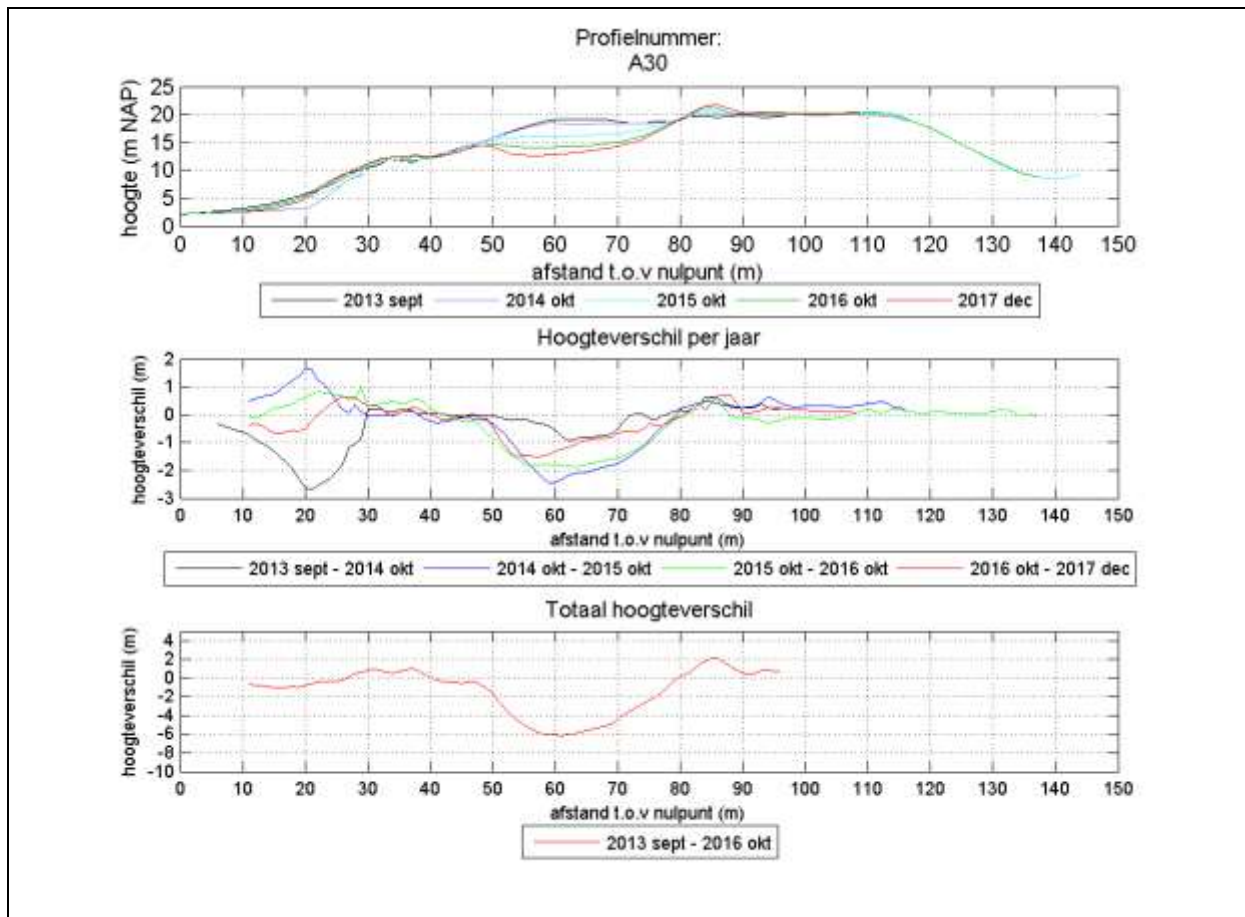
Figuur 4.1. Overzicht hoogtemetingen Noordwestkern, sleuven 2020 met vaste punten, profielen (zwart) en dieptelijnen (blauw). Ondergrond luchtfoto Shore 2017.



Figuur 4.2. Lijn door het diepste punt in sleuf 2, Noordwestkern, hoogteligging (boven) en positie (onder). De rode stip geeft het nulpunt (VA02).

Voor het bepalen of de kerven te diep zijn uitgestoven is methode 1 verreweg het meest geschikt, vanwege de kosten, de flexibiliteit en de snelle beschikbaarheid. Zo nodig kan deze meting meerdere keren per jaar uitgevoerd worden, bijvoorbeeld na iedere storm. Dit zou dan veel inzicht geven in de ontwikkeling van kerven na events. Figuur 4.1 geeft een voorbeeld van metingen door de laagste lijn binnen kerven in de Noordwestkern, Figuur 4.2 geeft de gemeten hoogtes van 2013-2020. Als het Waterschap in eigen beheer een drone kan inzetten en de metingen voldoende nauwkeurig blijken te zijn, dan is methode 3 ook zeer flexibel en geschikt voor het bepalen van kerfdiepte en aanwezig profiel. Figuur 4.3 geeft een voorbeeld van profielontwikkeling voor een stuifkuil in de zeereep bij Noordvoort (tussen Zandvoort en Noordwijk).

Voor het analyseren van 3D-veranderingen in het gebied en het bepalen van volumeveranderingen is methode 2 meer geschikt. Deze methode is iets minder flexibel en duurder, maar geeft wel veel gedetailleerdere informatie. De frequentie van deze meting kan ook kleiner zijn, bijvoorbeeld halfjaarlijks. Wanneer een opname rond april en een opname rond oktober wordt gemaakt zijn de veranderingen voor en na het stormseizoen te bepalen. De meting in oktober geeft bovendien aan hoe de zeereep met kerven er bij aanvang van het stormseizoen bij ligt. Zo nodig kunnen dan nog tijdig bijsturende maatregelen worden genomen. Een voorbeeld van een verschilkaart geeft Figuur 2.8.



Figuur 4.3. Voorbeeld van profielontwikkeling in een stuifkuil in de zeereep bij Noordvoort.

Voor het bepalen van sedimentatiediktes op overstoven oppervlaktes en de uitbreiding van die overstoven oppervlaktes is methode 2 ook het meest geschikt. Aan de hand van kartering van dynamiek van de zeereep (mate van overstuiving, winderosie) kan goed in beeld gebracht worden of verstuingen al dan niet uitbreiden.

Aanbevolen wordt om minimaal een combinatie van methode 1 en 2 toe te passen. In eerste instantie kan methode 1 worden uitgevoerd na iedere storm waarvan verwacht wordt dat deze enige veranderingen teweeg heeft gebracht. Op grond van de ervaring die daarmee wordt opgedaan kan op den duur mogelijk besloten worden de frequentie van de metingen te verlagen. Methode 2 kan standaard rond april en oktober worden uitgevoerd. Wanneer zich een uniek event heeft voorgedaan, bijvoorbeeld een zeer zware storm, kan overwogen worden een extra meting met methode 2 in te lassen.

De gegevens van methode 4 komen in de loop van het project ook binnen. Voor nauwkeurighedsanalyses kunnen de data van methode 4 vergeleken worden met die van methode 2. Dit geeft extra zekerheid met betrekking tot de hoogtes in het gebied en dus de veiligheid tegen overstroming. Op zich kunnen alle analyses die met methode 2 kunnen worden uitgevoerd ook met methode 4 worden uitgevoerd. Het detail is echter geringer (pixelgrootte DTM $2 \times 2 \text{ m}^2$, tegenover $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ voor methode 2). Aan bevolen wordt om een beperkt aantal analyses met methode 4 te herhalen, om de nauwkeurigheid te vergelijken. De meest voor de hand liggende analyses zijn dan de volume-berekeningen, met het bepalen van de hoeveelheid erosie en sedimentatie in en om de kerven.

Om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het gebied kan overwogen worden om ieder halfjaar/jaar een kartering te maken van de dynamiek. Overstoven vlakken, kale vlakken en erosieve zones in de kerven worden sowieso al bepaald, waardoor een integrale kartering niet heel veel extra werk is.

4.3 Monitoringsplan ecologisch deel

Effecten op de ecologie zijn, voor zover het verstuiwingen betreft, af te leiden van de parameters die bij de fysische monitoring worden gebruikt. Aanvullend zullen ecologische parameters moeten worden gemonitord, waarbij het met name gaat om oppervlakte en kwaliteit van de habitattypen 2120 Witte duinen en 2130 Grijze duinen.

8. Vaststellen oppervlakte en kwaliteit H2120 Witte duinen en H2130 Grijze duinen.
9. Gezamenlijk veldbezoek om de neuzen dezelfde kant op te houden.



Figuur 4.4. Voorbeeld resultaten zandvangers Noordwestkern

Om ook een beter zicht te krijgen op het effect van de kerven op de doorstuiving richting achterland, het verschil met een niet gekerfde zeereep en eventueel een zeereep met stuifkuilen, en op de afstand die het zand aflegt en een kwantificering van verstuiwingen tijdens events geven zandvangers heel veel extra informatie. De fijne overstuiving is een belangrijke randvoorwaarde voor ecologische ontwikkeling. Figuur 4.4 geeft een voorbeeld van ingevangen gewichten op verschillende locaties in de Noordwestkern. De patronen geven veel inzicht in het effect van de kerven en hoe ver dit landwaarts doorwerkt.

Tabel 4.2. Parameters en methodes ecologische monitoring

parameter	te bepalen variabelen	methode	frequentie
kaal zand	begraven vegetatie, potentie voor witte duinen	2, 3, 5	halfjaarlijks, jaarlijks
witte duinen-oppervlak	kwalificerend oppervlak	8	
witte duinen-kwaliteit	specifieke soorten	8	
oppervlakte gebied met fijne overstuiving	volgt uit fysische monitoring	2, 3, 5,7	halfjaarlijks, jaarlijks
afstand fijne overstuiving	reikwijdte strooizone overstuiving	6	halfjaarlijks

			- jaarlijks
fijne overstuiving	hoeveelheid overstuiving in relatie tot locaties	7	2-wekelijks
grijze duinen-oppervlak	kwalificerend oppervlak	8	
grijze duinen-kwaliteit	specifieke soorten	8	
uitlopen wortels	volgt uit fysische monitoring	6	ca 2x/jaar
vestiging embryonale duinen	volgt uit fysische monitoring	6	ca 2x/jaar
vestiging nieuwe vegetatie	volgt uit fysische monitoring	6	ca 2x/jaar
opslag verwijderde vegetatie	volgt uit fysische monitoring	6	ca 2x/jaar
uitstuiven dode wortels	volgt uit fysische monitoring	6	ca 2x/jaar
perceptie algemene ontwikkeling	gaat het goed / gaat het fout, consensus	9	1-2x / jaar

4.4 Wat als scenario's

Om ad hoc ingrijpen en paniekreacties te voorkomen kan van te voren worden nagedacht over denkbare scenario's in de ontwikkeling en hoe daarop gereageerd dan wel geanticipeerd kan worden. Problemen kunnen optreden als de verstuiving te hard gaat, maar ook als deze te weinig oplevert. Tabel 4.3 geeft een overzicht van problemen die op kunnen treden, hun mogelijke oorzaak en interventies die daarop zouden kunnen volgen.

4.4.1 Bijsturen van ongewenste ontwikkelingen

Eerst moet duidelijk zijn hoe een ongewenste ontwikkeling gedefinieerd en bepaald wordt. Het is belangrijk dat men het hier over eens is, zodat hier duidelijke afspraken over worden gemaakt. Duidelijk omschreven criteria geven het meeste houvast om tot een gezamenlijke beslissing te komen, en/of welke instantie waarover beslissingen neemt. Het monitoringsplan dient er voor te onderzoeken of deze criteria gehaald worden of niet. In Tabel 4.3 zijn zoveel mogelijk ongewenste ontwikkelingen aangegeven en welke interventies daarbij mogelijk zijn. De lijst is niet uitputtend, en mogelijk worden door inzichten in de loop van de tijd nieuwe ongewenste situaties gedefinieerd.

Voor hoogte is er een duidelijk criterium: voldoet de hoogte binnen een kerf nog? Zo ja, dan hoeft er niets gedaan te worden, zo nee, dan moet (kan) er ingegrepen worden.

Tabel 4.3. Scenario's bij ongewenste ontwikkelingen.

ongewenste ontwikkeling	criterium	oorzaak	interventie	beslissingsbevoegdheid
minimale hoogte niet aanwezig minimaal profiel past niet in actuele hoogte	$Z_{\min}$ minimaal profiel	te sterke erosie in kerf	stuifschermen in kerf plaatsen zand inbrengen	WSHD
te sterke overstuiving Grijze duinen	x ha overstuiving met diepte y m	aanvoer van zand te groot verstuiving te sterk	overstuiving achterzijde temperen door plaatsen van stuifschermen of rietpoten	NM/PZH
erosie Grijze duinen	afname opp	redynamiseren door begraffen	erosie tegen gaan door plaatsen rietpoten	NM/PZH
kaal zand gaat overheersen	toename opp	aanvoer van zand te groot	overstuiving achterzijde temperen door plaatsen van stuifschermen of rietpoten	
afname areaal grijze duinen	x ha	te sterke overstuiving	verstuiving in brongebied temperen	WSHD+NM+PZH
		hergroei van struweel	opslag struweel verwijderen	NM
afname kwaliteit grijze duinen	verdwijnen soorten	te veel overstuiving	verstuiving in brongebied temperen	WSHD+NM+PZH
		verruiging, te weinig overstuiving	verstuiving stimuleren	WSHD+NM
lob achter kerf gaat ongewenste kant op	te bepalen nav monitoring	?	lob bijsturen met stuifschermen	WSHD+NM
overstuiving concentreert zich niet in een duidelijk lob maar verspreid zich over een veel groter oppervlak	dikte depositie achterzijde zeereep	?	depositie forceren d.m.v. stuifschermen en/of rietpoten	WSHD+NM

opbouw sedimentatie gaat te langzaam	depositie achterzijde zeereep < x m/jaar	te geringe aanvoer van zand door te kleine beschikbaarheid van zand	zandmotor of suppletie toepassen	WSHD
		te geringe aanvoer van zand door ontwikkeling embryonale duinen	embryonale duinen voor kerf verwijderen	WSHD
		te geringe aanvoer van zand door stagnatie door schelpenlaag	schelpenlaag strand verwijderen	WSHD
te geringe overstuiving aan achterzijde	geen significant meetbare overstuiving op x m landwaarts	te geringe doorvoer van zand	belemmeringen in kerf verwijderen	WSHD+NM
stuifoverlast landwaarts van de Springertduinen	klachten	zeer gunstige omstandigheden voor verstuing		

Voor alle andere parameters zijn de criteria veel vager: wat is te weinig verstuing, wat is te veel? Wanneer gaat kaal zand overheersen? Welk verlies aan areaal Grijze duinen is acceptabel, welk niet? Wanneer is het verdwijnen van soorten een probleem, wanneer niet? Tabel 4.3 geeft een opsomming van mogelijke ongewenste ontwikkelingen. Geadviseerd wordt om hierover zo veel mogelijk afspraken te maken, maar vooral in eerste instantie na uitvoering van de ingrepen regelmatig samen het veld in te gaan, om gezamenlijk de ontwikkelingen in ogenschouw te nemen en op grond daarvan makkelijker tot gezamenlijke beslissingen te komen. Monitoringsresultaten geven daarbij een kwantitatief houvast.

4.4.2 Nabeheer voor in stand houden verstuing

Bij grootschalige ingrepen ter bevordering van de verstuingdynamiek is nabeheer onvermijdelijk. Om het oppervlak te dynamiseren wordt vegetatie verwijderd. Wortels blijven echter in de bodem achter en komen door uitstuing op een gegeven moment aan het oppervlak. Een lichte bedekking met wortels kan de verstuing al belemmeren, bij iets grotere bedekking (rond 15%) zou het transport al helemaal kunnen stil vallen. Het is daarom zaak het uitstuing van wortels goed bij te houden en regelmatig, in ieder geval eenmaal per jaar, uitgestoven wortels te verwijderen.

Geklepelde struweel kan vrij snel weer uitgroeien. Met nabeheer moet uitgroei worden tegengegaan, bijvoorbeeld door middel van maaien/afvoeren en zagen. Wanneer dit achterwege blijft kunnen geklepelde oppervlaktes binnen een aantal jaren weer volledig met struweel bedekt zijn. Door goed nabeheer wordt voorkomen dat zich weer struweel ontwikkelt en wordt de kans dat de omvorming naar Grijze duinen plaatsvindt vergroot. Wellicht zijn andere methodes om struweel te verwijderen, zoals pluk-trek of uitgraven efficiënter.

Op onbegroeide oppervlakken kan zich nieuwe vegetatie vestigen, waarmee de stabilisatie van het oppervlak in gang is gezet. Dit kan ook juist een gewenste ontwikkeling zijn, als hiermee de vestiging van Grijs duinsoorten in gang wordt gezet, maar het kan een probleem zijn als het de doorstuing naar achteren tegengaat. Helm maar ook zandzegge kan snel kale oppervlakken koloniseren. In ieder geval gedurende een aantal jaren na de ingreep zou overwogen moeten worden om alle nieuwe vestiging van vegetatie tegen te gaan en zo de omstandigheden voor verstuing optimaal te houden.

5 Conclusies

Er is een plan ontwikkeld om door middel van verstuingen de veiligheid van de zeereep in het gebied Springertduinen op Goeree te vergroten en tegelijkertijd de randvoorwaarden voor natuurontwikkeling in de duinen achter de zeereep te verbeteren. Met een vergroting van de veiligheid wordt het duingebied robuuster en daarmee beter bestand tegen komende zeespiegelstijgingen. Door Natuurmonumenten zijn in het recente verleden in het kader van de PAS veel natuurbeheer-maatregelen getroffen ten behoeve van de ontwikkeling van Grijze duinen. Verstuingen vanaf strand/zeereep naar de achterliggende duinen kunnen een positieve bijdrage leveren aan de ontwikkeling en kwaliteit van de Grijze duinen. Binnen het gebied is de Nauwe korfslak op veel plaatsen aanwezig. Het leefgebied van de Nauwe korfslak ligt binnen duinstruweel. Bij het ontwerp van de ingrepen is met het leefgebied van de Nauwe korfslak rekening gehouden.

Binnen het gebied is een spontane kerf tot ontwikkeling gekomen en liggen ook enkele stuifkuilen in de zeereep. Dit geeft aan dat autonome verstuingen in het gebied kunnen ontstaan en het streven naar verstuingen past binnen de ontwikkeling van het gebied. De spontane verstuingen zijn in het verleden, tussen 2016-2017, enigszins gestabiliseerd. Een deel van het plan behelst het ongedaan maken van stabiliserende ingrepen, met name in de kerf.

Door middel van kerven in de zeereep is het mogelijk zand zodanig naar achteren te laten stuiven, dat het zeereepvolume door opbouw aan de achterzijde vergroot. Randvoorwaarde is wel dat er een positieve zandaanvoer is en dat embryonale duinen vóór de zeereep deels verwijderd worden om doorstuiven vanaf het strand mogelijk te maken. De huidige zandaanvoer is matig positief met 2-8 m³/m.jaar over de periode 2013-2019, met een toenemende trend van zuid naar noord. De zandaanvoer zou vergroot kunnen worden met behulp van suppleties of een lokale zandmotor. Het gebied is eerder, in 2005, gesuppleerd. Een deel van de zandaanvoer in het gebied is waarschijnlijk afkomstig van erosie bij de Brouwersdam.

Het zand op het strand is extreem schelprijk, grof en zeer slecht gesorteerd. Het is niet duidelijk of dit samenhangt met de suppletie van 2005, of dat het zand van nature deze eigenschappen heeft. De mate van grofheid vormt een belemmering voor verstuingen.

Op basis van de uitgevoerde model-analyse kan worden geconcludeerd dat er voldoende ruimte is voor het aanbrengen van de kerven. Het minimaal profiel dat aanwezig moet zijn heeft een hoogte van 7.64 m+NAP en een kruinbreedte van 43 m met een 1:4 helling tot een hoogte van 5.14 m+NAP aan de zeezijde. Als alternatief kan ook een aangepast veiligheidsprofiel worden ingepast met een vergelijkbaar volume als het veiligheidsprofiel, waarbij het volume boven het rekenpeil van 5.14 m+NAP minimaal 120 m³/m moet bevatten en er een minimale hoogte van 7.64 m+NAP aanwezig moet zijn in het profiel. Indien toekomstige profielen dit veiligheidsprofiel doorsnijden is het aanbevolen om veiligheidsmaatregelen uit te voeren.

Uit de modelstudie blijkt dat er tijdens een maatgevende storm weinig erosie plaatsvindt binnen de kerven. Zand van de nabij gelegen duinen accumuleert deels in de kerven. Wanneer de gekerfde kust wordt vergeleken met de huidige kust dan is er bij een maatgevende storm vrijwel geen verschil in het netto afslagvolume voor het gehele gebied.

Het ontwerp behelst enige destabiliserende maatregelen bij de spontane kerf en stuifkuilen aan de noordkant, de aanleg van optioneel drie of zes kerven in het middengebied en zes stuifkuilen in het zuidelijk deel. Behalve de kerven in het middengebied zijn ook enkele stuifkuilen voorzien achter

de zeereep, om de gradiënt van overstuiving zo lang mogelijk te maken, en de overgang van extreme verstuiving rondom de kerven naar geen verstuiving ver landinwaarts geleidelijker te maken. De kerven zullen aangelegd worden in een vanaf het strand geleidelijk oplopend profiel tot een hoogte van 10m NAP. Dat betekent dat lokaal circa 5m afgegraven wordt. Een deel van het zand wordt direct naar achteren geschoven en zal door overstuiving vanuit de kerf onder stuifzand verdwijnen. Een groter deel moet elders in het gebied afgezet worden. Gezien het veiligheidsdoel is afvoeren geen optie. Afzetten van het vrijkomende zand binnen het duingebied vergt een zorgvuldige aanpak, om vorming van kunstmatige depots en de ontwikkeling van ruigtes in de vegetatie te voorkomen. Hiertoe zijn laagtes in het terrein gezocht met geringe natuurwaarden, die (deels) opgevuld kunnen worden met het af te graven zand. Door laagtes zo veel mogelijk in de directe omgeving van de kerven te zoeken wordt voorkomen dat de transportroutes te lang worden, er veel transport door het duingebied zou moeten plaatsvinden en wordt bovendien de kans vergroot dat ze langzaam maar zeker door overstuivend zand bedekt raken.

Er zijn twee opties uitgewerkt. De eerste optie behelst de aanleg van zes kerven in één keer. Hiermee wordt de tijd die nodig is om de gewenste veiligheid te bereiken zo kort mogelijk gehouden. De tweede optie behelst het gefaseerd aanleggen van de kerven, waarbij in een eerste fase de drie noordelijke kerven worden aangelegd. Door intensieve monitoring kan vervolgens lering getrokken worden van de ontwikkeling van de kerven, waarna in een tweede fase de drie zuidelijke kerven worden aangelegd, in een configuratie die al dan niet wordt aangepast als de monitoringsresultaten daar aanleiding toe geven.

Naar schatting komt circa 15.000m³ vrij bij het graven van de drie noordelijke kerven en de stuifkuilen. Er is voldoende opslagmogelijkheid binnen de gevonden laagtes om dit verantwoorde weg te werken.

Het plan voorziet tevens in een uitgewerkt monitoringsvoorstel, waarbij de verschillende methodes voor monitoring zijn uiteengezet.

6 Referenties

- Arens, S.M., 2010. Project Noordvoort; Ontwerp ingrepen ter bevordering van een natuurlijke zeereep. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP2010.06 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M., 2018. Project Noordvoort; Monitoring Geomorfologie 2013-2017, Eindrapport. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP2018.05 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M., T. Neijmeijer, 2014. Ontwikkeling van stuifkuilen in de Amsterdamse Waterleidingduinen - Zuidwestkern, 2001-2013. Amsterdam, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2014.02 in opdracht van Waternet.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn en F.J. van Zadelhoff, 1979. TNO-duinvalleienrapport, Deelrapport 13 Goeree, behorende bij Basisrapport TNO-duinvalleien. Studie en Informatiecentrum TNO voor milieuonderzoek, Delft.
- van Dijk, R.J. & F. Bisschop, 2012. Plan van aanpak nauwe Korfslak Springertduinen. Rapport Natuurmonumenten Beheereenheid Deltakust, in opdracht van Vereniging Natuurmonumenten Regio Zuid-Holland en Zeeland.
- van Haperen, A.M.M., 2009. Een wereld van verschil, landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden, 274 pagina's. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Kohsiek, L.H.M., 2018. De korrelgrootte karakteristiek van de zeereep (stuifdijk) langs de Nederlandse kust. Rijkswaterstaat, Notitie WWKZ-84G.282.
- Pluis, S. Pers. Commun., diverse contacten via email.
- de Ridder, M. & M. Boers, 2020. Duinveiligheidsberekeningen Springertduinen. Deltares rapport 11205071-002-HYE-0002 in opdracht van Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek.

7 Lijst van Figuren en Tabellen

7.1 Lijst van Figuren

- Figuur 1.1. Overzichtsk kaart van het gebied Springertduinen op Goeree. Het studiegebied ligt tussen RSP 17.00 en 19.00
- Figuur 2.1. Hoogtekaart van de Springertduinen, afgeleid van AHN hoogdynamisch voor 2019 (bron RWS).
- Figuur 2.2. Dwarsprofiel ter hoogte van de zwarte lijn in Figuur 2.1.
- Figuur 2.3. Veronderstelde sedimentstromen richting Springertduinen in relatie tot suppleties. De zuidelijke stromen worden door RWS bevestigd, de noordelijke betwijfeld (S. Pluis, pers. commun.)
- Figuur 2.4. Grof en slecht gesorteerd zand op het strand met rijsporen, 30 juni 2020.
- Figuur 2.5. Frequentie van overschrijdingen van hoogwater voor nabijgelegen meetstations tussen 2010-2020 (bron: waterinfo.rws.nl).
- Figuur 2.6. Toelichting bij volumeberekeningen. Linksboven hoogtekaart, rechtsboven luchtfoto 2016, linksonder hoogteverschillen 2016-2017, rechtsonder hoogteverschillen 2013-2019. Voor uitleg zie tekst.
- Figuur 2.7. Volumeontwikkeling zeereep, intergetijdegebied en vooroever in relatie tot suppleties en duinverzwaringen. De lijnen geven het verloop in het totale volume boven 3m NAP van jaar tot jaar op vooroever (blauw), intergetijdegebied (oranje) en zeereep (groen). De staafjes geven de suppleties, groen voor strandsuppleties, bruin voor duinsuppleties. (Bron: suppletieonderzoek EGS2, Deltares).
- Figuur 2.8. Hoogteverschillen tussen 2013 en 2019. Bron: AHN Hoogdynamisch RWS.
- Figuur 2.9. Bestaande en potentiële habitats en clusters.
- Figuur 2.10. Typisch beeld van de embryonale duinen en voorzijde van de zeereep in de Springertduinen.
- Figuur 2.11. Voorkomen van Nauwe Korfslak in de Springertduinen. Aantal per 3 liter verzameld strooisel. Bron: van Dijk & Bisschop, 2012.
- Figuur 2.12. Cluster 1, luchtfoto 2020 (links), hoogtekaart 2019 (midden) en verschilkaart 1997-2016 (rechts). De nummers verwijzen naar de kerven/stuifkuilen die hieronder besproken worden.
- Figuur 2.13. Ontwikkeling kerf 1 tussen 1997 en 2016.
- Figuur 2.14. Ontwikkeling stuifkuil 2 tussen 1997 en 2016.
- Figuur 2.15. Ontwikkeling stuifkuil 3 tussen 1997 en 2016.
- Figuur 2.16. Ontwikkeling stuifkuil 4 tussen 1997 en 2016.
- Figuur 2.17. Ontwikkeling stuifkuil 5 tussen 1997 en 2016.
- Figuur 3.1. Voorgestelde maatregelen in cluster 1.
- Figuur 3.2. Voorgestelde maatregelen in cluster 2.
- Figuur 3.3. 3D overzicht van landschap en maatregelen bij de kerven voor fase 1. Voor legenda, zie figuur 3.
- Figuur 3.4. Ligging van dwars- en langsprofielen van Figuur 3.5 over oorspronkelijk (boven) en aangepast reliëf (onder). De rechthoeken komen overeen met de blauwe rechthoeken in Figuur 3.2.
- Figuur 3.5. Langsprofielen door de kerf vóór en na de ingreep (links) en dwarsprofielen na de ingreep. Zie voor ligging van de profielen Figuur 3.4.
- Figuur 3.6. Voorgestelde maatregelen in cluster 3.
- Figuur 3.7. Profiel door kerf met hoogte voor en na afgraven en mogelijke storthelling.
- Figuur 3.8. Mogelijk op te vullen laagtes met geschat volume in m³.
- Figuur 3.9. Ligging van het veiligheidsprofiel t.o.v. een profiel door de as van kerf 1.

Figuur 3.10. Morfologische veranderingen tijdens een maatgevende storm voor de simulatie met en zonder kerven. De sedimentatie/erosie patronen voor de som met kerven zijn weergegeven in het bovenste paneel. De 5.14 m+NAP bodem-contour van het rekenpeil is weergegeven als een zwarte gestippelde lijn. Het duinafslagvolume per raai is weergegeven in het tweede paneel. De netto zand balans per raai (sedimentatie volume - erosie volume) is weergegeven het onderste paneel. De locaties van de kerven zijn weergegeven met zwarte bolletjes. Bron: de Ridder en Boers, 2020.

Figuur 3.11. Dwarsprofielen voor 2019 (RSP bij benadering) en aangepast profiel bij voor een bepaalde hoogte- en breedte toename.

Figuur 3.12. Hoogte van het gebied in lagen, met de transecten 17.70 (noord) en 18.10 (zuid) waarvoor volumeberekeningen zijn uitgevoerd.

Figuur 4.1. Overzicht hoogtemetingen Noordwestkern, sleuven 2020 met vaste punten, profielen (zwart) en dieptelijnen (blauw). Ondergrond luchtfoto Shore 2017.

Figuur 4.2. Lijn door het diepste punt in sleuf 2, Noordwestkern, hoogteligging (boven) en positie (onder). De rode stip geeft het nulpunt (VA02).

Figuur 4.3. Voorbeeld van profielontwikkeling in een stuifkuil in de zeereep bij Noordvoort.

Figuur 4.4. Voorbeeld resultaten zandvangers Noordwestkern

7.2 Lijst van Tabellen

Tabel 2.1. Resultaten volumeberekeningen

Tabel 3.1. Laagtes zoals onderscheiden in Figuur 3.8.

Tabel 3.2. Oppervlakte van voorgestelde ingrepen. Beter uitwerken en aanvullen

Tabel 3.3. Benodigd volume om het gebied tot een bepaalde hoogte op te hogen, en het aantal jaren waarover dit autonoom aanstuift (14746m^3 boven 3m NAP en 7177m^3 boven 5m NAP).

Tabel 4.1. Parameters en methodes fysische monitoring

Tabel 4.2. Parameters en methodes ecologische monitoring

Tabel 4.3. Scenario's bij ongewenste ontwikkelingen.

8 Bijlagen

A: Hoogteverschilkaarten

