

Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2018



Stichting het Zuid-Hollands Landschap
9-12-2019

Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2018

Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2018



Zuid-Hollands Landschap



A R E N S

BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK



Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek
Artesia Water

In opdracht van Stichting het Zuid-Hollands landschap
November 2019

COLOFON

Project

Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2018
Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2018

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat (Ministerie van Infrastructuur en Water)
Het ministerie van I&W (voorheen Infrastructuur en Milieu, voorheen Verkeer en Waterstaat) is partner in PMR en RWS-WNZ is vergunninghouder voor de aanleg van Spanjaards Duin.

Uitvoering

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Artesia Water Research Unlimited in opdracht van en in samenwerking met Stichting het Zuid-Hollands Landschap (ZHL) en Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL)

Samenstelling rapport

Bijdragen van: Bas Arens (Bureau voor Strand- en Duinonderzoek), Wouter Beekman (Artesia), Stefan Poot (ZHL)
Eindredactie: Piet Veel

Projectbegeleiding

Stefan Poot (ZHL), Mevr. Audrey van Mastrikt (Royal Haskoning DHV), Dr. Mennobart van Eerden (RWS WVL)

Uitvoering metingen

Grondwaterstanden: Hoogheemraadschap van Delfland, Artesia en RWS-WNZ
Flora- en vegetatieonderzoek, Ecoresult, S. Terlouw en L. Boon i.o.v. Zuid-Hollands Landschap.
Laseraltimetrie: RWS WNZ
Rietpootexperiment: Shore Monitoring Research BV

Versie

Concept, 9 december 2019

Foto omslag

Noordelijk deel van de vallei na de maaiveldverlaging, vanaf Slag Vlugtenburg,
Foto: Bert van der Valk, 15 februari 2019

INHOUD

COLOFON I

INHOUD III

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doel van dit jaarverslag	6
1.3 Proces jaarverslag	7
1.4 Leeswijzer	7
2 BEHEER VAN HET GEBIED	9
2.1 Natuurbeheer	9
2.2 Recreatie	9
2.3 Toezicht & Handhaving	10
2.4 Omgeving	10
2.5 Contacten met omgeving	10
2.6 Kennisuitwisseling	10
3 BEHEERMAATREGEL MAAIVELDVERLAGING	11
3.1 Aanleiding en motivatie maatregel maaiveldverlaging	11
3.2 Omschrijving proces maatregel maaiveldverlaging	11
3.3 Uitvoering fase 1 verplaatsing helm	14
3.4 Uitvoering fase 2 Maaiveldverlaging	14
4 MONITORING	15
4.1 Dataverzameling en -opslag	15
4.2 Geomorfologie	15
4.3 Grondwater	27
4.4 Ontwikkeling potentiële habitattypen	31
4.5 Bodem en gedeelte slijpplaten onderzoek	36
4.6 Vegetatie	36
4.7 Avifauna	37
4.8 Evaluatie rietpootexperiment	37
5 AANBEVELINGEN.	40
5.1 Maatregelen en monitoring	40
5.2 Aanbevelingen hernieuwde rapportage	41
6 DOCUMENTATIE	42
BIJLAGEN	44

SAMENVATTING

In 2009 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied aangelegd als compensatie van effecten van toegenomen stikstofdepositie die na in gebruik name van Maasvlakte 2 worden verwacht in Natura 2000-gebieden Voorne's Duin en Solleveld & Kapittelduinen. Als compensatie dient hier 9,8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen' (H2130), 6,1 hectare 'Vochtige duinvalleien' (H2190) en één groeiplaats van de groenknolorchis te worden ontwikkeld. Deze compensatie moet zijn gerealiseerd voor 2033, wanneer de Maasvlakte 2 wordt geacht volledig in bedrijf te zijn.

In 2010 is het gebied overgedragen aan het Zuid-Hollands Landschap en het wordt sindsdien Spanjaards Duin genoemd. Het Zuid-Hollands Landschap heeft tot taak het terrein op de juiste manier te beheren d.w.z. gericht op de realisatie van de compensatieopgave, hierin bijgestaan door de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD) en de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD).

In de Jaarrapportage 2017 werd vermeld dat voor wat betreft de ontwikkeling van het valleioppervlak sprake van een trendbreuk. Het totale valleioppervlak nam i.t.t. voorgaande jaren niet verder toe en dat terwijl de doelstelling van 6.1 ha 'Vochtige duinvalleien' nog niet was bereikt. Aangezien het niet aannemelijk was dat door verdere uitstuiving dan wel verhoging van de grondwaterstand deze doelstelling wel zou worden gehaald is besloten tot een ingreep. Deze ingreep is in het najaar van 2018 en winter 2018/2019 uitgevoerd en is opgenomen in het nieuwe Natura 2000 Beheersplan Solleveld en Kapittelduinen.

Het ontwerp van de maaiveldsverlaging en de uitvoering daarvan heeft in een interactief proces plaatsgevonden waaraan de leden van de CBDD en een aantal betrokken experts hebben deelgenomen. De uitvoering beoogde te leiden tot een natte duinvallei met een oppervlak van 6,5 ha.

Aangezien de ingreep begin 2019 plaatsvond en de hoogtemetingen vrij snel beschikbaar konden komen leek het niet opportuun om de rapportage te beperken tot 2018 sec, maar ook de ontwikkelingen in de eerste twee maanden van 2019 in dit jaarverslag mee te nemen. De effecten van de ingreep op het oppervlak aan potentiële habitats worden in dit rapport dus ook beschreven. Daarbij wordt duidelijk dat het oppervlak potentieel habitat H2190 logischerwijs fors is toegenomen. Uit onderstaande tabel blijkt dit nu 6.21 ha bedraagt (inclusief natte overgangszone 8.53 ha). Het oppervlak H2130 is afgenomen, maar nog steeds groter dan de compensatieopgave.

Samenvatting oppervlaktes potentieel H2130, H2190 en tussenzone.

	2014	2015	2016	2017	Begin 2019	Compensatie opgave
pot. H2130	13.68	13.21	12.63	12.60	10.40	9.8
overgang droog	1.62	1.45	1.38	1.83	0.61	
overgang nat	2.43	2.86	3.18	3.52	2.32	
pot. H2190	1.63	1.84	2.11	1.48	6.21	6.1

In 2016 is in het uiterste noorden van Spanjaards Duin gestart met een proef ter vermindering van de dynamiek ten behoeve van de vegetatieontwikkeling van Grijze Duinen (middels rietpoten). Over deze proef wordt in dit jaarverslag gerapporteerd.

Beheersmatig moet aandacht geschonken worden aan de bestrijding van de Duindoorn op de potentiële locaties voor "Grijze duinen" en aan het vanaf het strand inwaaien van zand in de natte delen van de vallei (zeereep moet zo veel mogelijk invangen).

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In 2009 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's Gravenzande Spanjaards Duin aangelegd. Dit gebied dient als compensatie van verwachte verliezen van natuurwaarden als gevolg van het gebruik van Maasvlakte 2 in Natura 2000-gebieden Voorne's Duin en Solleveld & Kapittelduinen. Deze compensatieplicht is vastgelegd in de EU-Habitatrichtlijn en in de Wet Natuurbescherming. Het gaat om twee typen duinhabitat en één duinvallei-soort:

Tabel 1.1 Overzicht compensatieopgave ingebruikname Maasvlakte 2 (Bron: Passende beoordeling Maasvlakte 2, Heinis e.a., 2007)

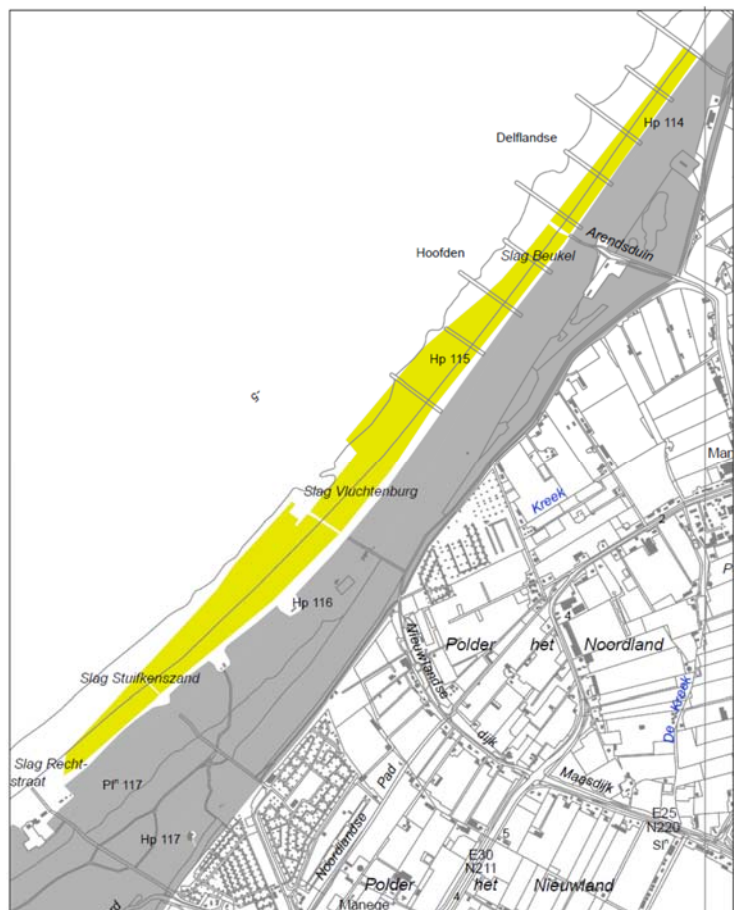
soort/habitatype	Compensatieopgave
H2130 grijze duinen	9,8 hectare
H2190 vochtige duinvalleien	6,1 hectare
H1903 groenknolorchis	1 vindplaats*
*: vindplaats: groeiplaats van kleine, zich handhavende plantenpopulatie	

Deze doelstelling dient uiterlijk 2033 te zijn gerealiseerd.

De aanleg van het Spanjaards Duin als compensatie voor het gebruik van Maasvlakte 2 is vastgelegd in de vergunning in het kader van de Natuurbeschermingswet voor de aanleg, aanwezigheid en gebruik van Maasvlakte 2. De doelstelling is tevens vastgelegd in de toevoeging Spanjaards Duin aan het Natura 2000-gebied Solleveld en Kapittelduinen.¹ De instandhoudingdoelstelling zoals deze in het wijzigingsbesluit is vermeld, is gelijk aan de compensatieopgave zoals vermeld in Tabel 1.1.

1.2 Doel van dit jaarverslag

De ontwikkelingen in Spanjaards Duin worden gevolgd door monitoring van abiotische en biotische parameters. Het doel hiervan is tweeledig. In de eerste plaats wordt nagegaan of de juiste omstandigheden ontstaan die nodig zijn voor de ontwikkeling van de doelvegetaties om te kunnen beoordelen in hoeverre deze ontwikkelingen conform plan/verwachting verlopen. In de tweede plaats om na te gaan in



Figuur 1.1 Begrenzing Spanjaards Duin in de voorlopige aanwijzing als Natura 2000-gebied

¹In ontwerp wijzigingsbesluit S&K :

https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/099/N2K099_OWB_HN_Solleveld%20%20Kapittelduinen%202016-v21_PUBEX.pdf

hoeverre extra beheermaatregelen nodig zijn.

Dit jaarverslag geeft wederom een uitgebreide analyse van de resultaten van de monitoring van de geomorfologie en grondwatermonitoring. Doel hiervan is om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de grondwaterstand ten opzichte van de maaiveldhoogte in de vallei om te kunnen beoordelen in hoeverre deze 'op schema' ligt voor de ontwikkeling van het geplande areaal 'Vochtige duinvalleien'.

1.3 Proces jaarverslag

Door de daartoe aangezochte partijen zijn onderzoeken uitgevoerd op de gebieden van geomorfologie, grondwatersysteem en vegetatieontwikkeling (bijlagen 2 t/m 4). Na een afstemmingsoverleg met de opdrachtgevers RWS en ZHL zijn de rapportages van deze onderzoeken ter hand gesteld aan de redacteur teneinde een concept-jaarrapportage op te stellen. Deze wordt vervolgens om advies voorgelegd aan de Auditcommissie Duincompensatie (ACD), de werkgroep Monitorings- en Evaluatieprogramma (MEP) Duinen en de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD).

Na verwerking van de reacties van genoemde commissies wordt het definitieve jaarverslag aangeboden aan de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD). De BDD besluit of de jaarrapportage voldoet aan het vereiste kwaliteitsniveau van het monitorings- en evaluatieprogramma en of deze aanleiding geeft tot het tussentijds wijzigen/bijstellen van het beheerplan.

Voorts levert het jaarverslag input voor de jaarlijkse rapportages door RWS-WNZ en ZHL aan de provincie Zuid-Holland en in het kader van het MEP-Duinen. Eveneens levert het input aan de evaluatie in het kader van het Projectplan Mainport Rotterdam (PMR), waaronder de Integrale Rapportage voor de Tafel van Borging.

1.4 Leeswijzer

De voorliggende rapportage wijkt af van die in voorgaande jaren. Tot voor kort stond de ontwikkeling van het oppervlak aan potentiële habitats centraal. In 2018 en begin 2019 is het maaiveld in grote delen van de valleien in Spanjaards Duin verlaagd en gaat de aandacht vooral uit naar wat dit aan maaiveldshoogten i.r.t. de grondwaterstand heeft opgeleverd.

Hoofdstuk 1 geeft kort het doel van Spanjaards Duin en onderliggend verslag weer. Hoofdstuk 2 geeft een beeld welke beheermaatregelen in het gebied zelf zijn getroffen.

In hoofdstuk 3 worden ontwerp en uitvoering van de ingreep (helmverwijdering en maaiveldverlaging) beschreven.

Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten van de onderzoeken op het gebied van geomorfologie, grondwater, potentiële habitats en bodem. Ook wordt hierin de evaluatie van het rietpootexperiment behandeld.

Hoofdstuk 5 eindigt met een aantal aanbevelingen voor monitoring en beheermaatregelen.

2 BEHEER VAN HET GEBIED

Het beheer is vastgelegd in “Overeenkomst inzake natuurontwikkeling in het duincompensatiegebied Delflandse Kust”, getekend door Rijkswaterstaat, Hoogheemraadschap van Delfland en Stichting Het Zuid-Hollands Landschap op 1 juli 2009. Detaillering van dit beheer wordt gevoerd conform de beheerstandaard van het Zuid-Hollands Landschap en is nader uitgeschreven in het in 2010 geschreven beheerplan. Een nieuw beheerplan is in voorbereiding.

In onderstaande paragrafen blikken we kort en bondig terug op gevoerd beheer & onderhoud en toezicht & handhaving in 2017.

2.1 Natuurbeheer

De explosieve groei van duindoorns op het basisduin is en blijft een belangrijk aandachtspunt in het beheer. Na de grote slag die is gemaakt in 2017 door de duindoorns met de hydraulische graafmachine uit te trekken, stond 2018 in het teken van het vervolgbeheer op deze locaties. Op diverse locaties met name ten noorden van slag Vlugtenburg is met hulp van onze vrijwilligersploeg in het vallei-deel duindoorn met wortels verwijderd, tevens is er met behulp van de bosmaaier duindoorn verwijderd. Met deze vrijwilligers kan er heel gericht beheer uitgevoerd worden waardoor het verschil gemaakt kan worden tussen ontwikkeling van grijs duin of het ruw omwoelen van het maaiveld door machines. Een overzicht op kaart van de werkzaamheden ontbreekt op dit moment, maar wordt voor 2019 wel opgenomen.²

Op aangeven van het deskundigenteam is een stuifgat achter de catamaranclub afgedicht met zand en helmwortels. Dit moet voorkomen dat er nog veel zand het gebied in waait

Tweede helft van 2018 en eerste kwartaal 2019 stonden in het teken in de voorbereiding en uitvoering van de maaiveldverlaging. Daar heeft het Zuid-Hollands Landschap zijn input geleverd bij het voorbereiden en begeleiden van het werk buiten. Zowel in de vorm van communicatie als de contacten met de aannemer.

2.2 Recreatie

2.2.1 Onderhoud rasters

Net als voorgaande jaren vraagt het raster veel inzet. Onze boswachters en vrijwilligers zijn meerdere malen ingezet om het raster te herstellen. Met name op de locaties waar het raster veel te lijden heeft van de dynamiek. Daarnaast zijn andere delen vervangen vanuit de samenwerkingsovereenkomst met het Hoogheemraadschap van Delfland en het Zuid-Hollands Landschap. Het afgesloten houden door middel van rasters en hekwerken in goede staat blijft een punt van aandacht.

2.2.2 Opruimen zwerfvuil

Door de enorme dynamiek van Spanjaard Duin, de aanwezigheid van recreanten in de directe omgeving en verwaaiing van vloedmerk zijn er op verschillende plekken zwerfvuil en andere oneffenheden (onder meer betonresten van oude strandtenten die nu boven het zand uitkomen na verstuiwing) zichtbaar in Spanjaards Duin. Medewerkers van het Zuid-Hollands Landschap verwijderen bij reguliere aanwezigheid handmatig het aanwezige zwerfvuil. Dankzij de inzet van vrijwilligers zijn er tevens regelmatig specifieke zwerfvuil opruimrondes uitgevoerd.

² Op grond van veldbezoeken en luchtfoto's is een kaart voor 2018 geconstrueerd, zie hoofdstuk 4.2, figuur 4.2.7.

2.2.3 Bebording

In 2018 zijn op slag Stuifkenszand en slag Vlugtenburg de oude informatiepanelen verwijderd. Tevens zijn op verschillende plekken toegangsbeperkingsborden geplaatst. Dit is integraal opgenomen in het bordenplan van de van Dixhoorndriehoek.

2.3 Toezicht & Handhaving

Stichting Het Zuid-Hollands Landschap heeft Buitengewoon opsporingsambtenaren domein 2, milieu, welzijn en infrastructuur, in dienst ter uitvoering van de toezicht en handhavingstaken in onze terreinen. Het gebied is afgerasterd met houten palen en glad draad. Om het beheer uit te voeren zijn er bij de strandopgangen hekwerken in dit raster aangebracht. Bij deze hekwerken staat verbodsbebording. Tevens staan hier informatiepanelen zodat het publiek geïnformeerd wordt waarom dit duingebied is afgesloten voor recreatief gebruik.

Ook in 2018 is er sprake geweest van illegaal betreden van het gebied. Deze handhavers worden extra ingezet tijdens de piekdrukke om als handhaving extra zichtbaar te zijn en eventuele overtreders te kunnen waarschuwen of verbaliseren. Daarnaast wordt er onderzocht of er door het aanpassen van rasters illegaal betreden verder geremd kan worden.

2.4 Omgeving

Het Spanjaards Duin maakt onderdeel uit van het duingebied tussen Hoek van Holland en Den Haag. In de omgeving van Spanjaards Duin zijn grote recreatieve voorzieningen voor zowel de dagrecreatie als verblijfsrecreatie. De strandboulevard (met grote parkeervoorzieningen) van Hoek van Holland ligt op loopafstand; diverse vakantieparken liggen direct aan Slag Vlugtenburg. Ter hoogte van Slag Stuifkenszand staan in het badseizoen (maart-oktober) strandhuisjes in een rij op het strand. Deze huisjes zijn voorzien van een riool en wateraansluiting. Op het basisduin nabij Slag Vlugtenburg is een jaarrond geopend strandpaviljoen en een gebouw van de reddingsbrigade gevestigd. Daarnaast heeft de zeil/catamaranvereniging zijn clubgebouw en bijbehorende voorzieningen op het basisduin. Aan de noordzijde bij Slag Beukel staan in het badseizoen kleinere strandhuisjes die niet zijn voorzien van riool en water aansluiting. Bij alle strandlagen zijn meerdere seizoensgebonden strandpaviljoens aanwezig. Deze maken van maart tot en met oktober van hun plek gebruik. Al deze verschillende recreatieve functies zijn van invloed op de ontwikkeling van het gebied. Door het afgesloten karakter van het Spanjaards Duin kunnen de geomorfologische en ecologische ontwikkelingen min of meer ongestoord verlopen.

2.5 Contacten met omgeving

Samenwerken met de vele partijen die een belang hebben in het duingebied is van groot belang. Er begint een netwerk te ontstaan waarin beheerders, eigenaren en gebruikers elkaar steeds makkelijker weten te vinden. Het ZHL stuurt actief op deze ontwikkeling en onderhoudt nauwe contacten met de burens; zo heeft zij de contacten met Delfland, Provincie en gemeentes op zowel beleidsniveau als uitvoeringsniveau aangehaald en verbeterd.

2.6 Kennisuitwisseling

Het Zuid-Hollands Landschap vindt het belangrijk om kennis te delen, zowel intern als extern ter optimalisatie van het beheer van haar terreinen. Regelmatig vinden terreinbezoeken plaats waar betrokken partijen in het veld de ontwikkeling van het Spanjaardsduin bespreken. Met de deskundigen die betrokken zijn bij de ontwikkelingen van het gebied so goed contact en overleg in het veld. Hiermee wordt een beter beeld verkregen wat er nodig is voor het verder in ontwikkeling brengen van het gebied.

3 BEHEERMAATREGEL MAAIVELDVERLAGING

In 2018 is naar aanleiding van het jaarverslag 2017 gewerkt aan het voorbereiden van de maaiveldverlaging. In dit hoofdstuk worden de genomen maatregelen toegelicht, het proces tot besluit en de voorbereiding en uitvoering vastgelegd. De uitvoering is nog deels uitgevoerd in 2019 (en strikt genomen geen onderdeel van een rapportage over 2018), maar om wille van het schetsen van een zo compleet mogelijk beeld is de gehele uitvoering alsmede het gemeten eindresultaat opgenomen in deze rapportage over 2018.

3.1 Aanleiding en motivatie maatregel maaiveldverlaging

Op basis van het Jaarverslag Spanjaards Duin 2016 blijkt dat het areaal potentieel habitat H2190B 'vochtige duinvalleien kalkrijk' onder de doelstelling blijft. Afhankelijk van de precieze definitie bedroeg het areaal in 2016 2,1 hectare potentiële vochtige duinvallei (inclusief overgangszone 5,29 ha) ten opzichte van een doelstelling van 6,1 hectare te realiseren in 2033. Om voldoende oppervlak H2190 te verkrijgen moet zowel het noordelijk als het zuidelijk deel van de vallei dieper worden door uitstuiven of moet de grondwaterstand verder stijgen. Op basis van de monitoringsresultaten wordt van geen van beide processen verwacht dat deze nog via een natuurlijke weg behaald worden. In de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD) van 18 mei 2017 is besloten om een ingreep uit te voeren waarbij (een deel van) het maaiveld in de vallei mechanisch verlaagd wordt.

Dat dit besluit terecht genomen is werd onderstreept toen bij de rapportage over 2017 (lit 54) bleek dat er sprake was van een trendbreuk: na jaren van (weliswaar steeds gestagere) toename van het potentieel areaal H2190B was deze oppervlakte afgenomen tot 1,48 ha (5,00 ha inclusief overgangszone).

3.2 Omschrijving proces maatregel maaiveldverlaging

Eind 2017 is door Royal Haskoning een ontwerp gemaakt en een werkbeschrijving opgesteld (lit. 56). Daarbij is indicatief aangegeven wat de uitgravingsdiepte per deelgebied zou moeten zijn en is het gebied aangegeven dat behouden moest blijven (figuur 3.1)

De werkomschrijving schreef voor dat de afgraving uitgevoerd diende te worden op basis van het principe natuur-technisch grondverzet. Dit houdt in dat de insporing in het terrein minimaal is. Binnen het gebied werden de rijbewegingen zo veel mogelijk beperkt. Het afgraven van het maaiveld diende zodanig uitgevoerd te worden dat zowel graafmachines als vrachtoertuigen niet op terreindelen kwamen waar de maaiveldverlaging al was uitgevoerd. Aan zuidoostzijde van het deel van de vallei dat met het oog op ecologische waarden behouden moest blijven was een strook van 6 meter breedte gepland waarlangs het materieel verplaatst kon worden. Om de randen van het af te graven gebied natuurlijk over te laten lopen in het omliggende terrein werd een overgangszone gecreëerd van circa 5 meter breed. De exacte breedte van de overgangszone was afhankelijk van de diepte van het af gegraven gebied. Er werd in de werkinstructie een taludhelling van 1:10 gehanteerd. Bij de werkelijke uitvoering zijn flauwere gradiënten gehanteerd. Verder is het project conform de werkomschrijving uitgevoerd (lit. 57).



Figuur 3.1. Indicatie diepte van het af te graven deel (o.b.v. hoogtemetingen voorjaar 2017).

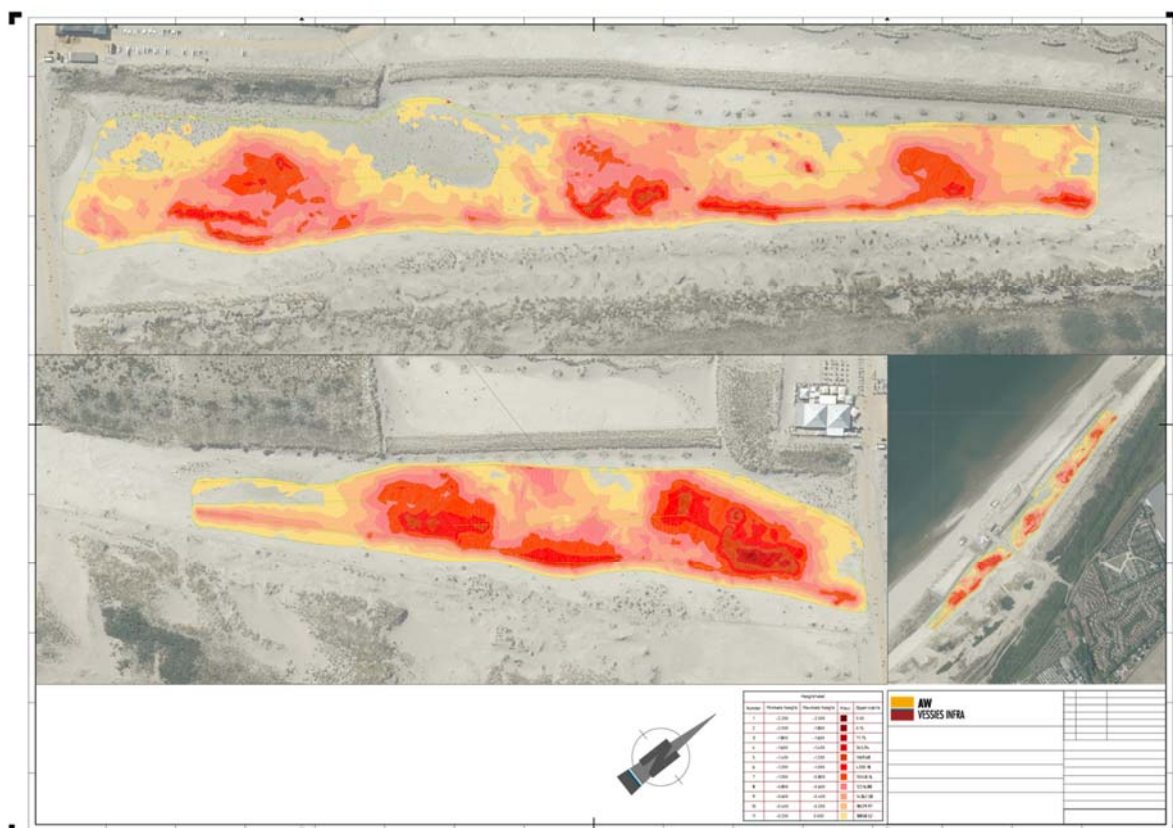
Op grond van het ontwerp van Royal Haskoning is door AW Vessies Infra een 3D-model opgesteld (lit. 56). Dit vond plaats in een interactief proces. De volgende leden van de CDBD en experts hebben daarbij inbreng gehad: Bas Arens, Rienk Slings, Kees Vertegaal, Frits Backer (projectleider namens ZHL), Bert van der Valk, Frank van der Meulen, Stephanie IJff, Marieke Eleveld en Roelof Stuurman. Als uitgangspunten bij het ontwerp golden onder meer:

- Geen lange slenk, maar vijf ellipsvormige verdiepingen. Dit om redenen van variatie en hydrologische buffering.
- Taluds max. 1: 20 in de breedte en 1:50 in de lengte;
- Valleivloeren in de verdiepte delen op + 1.00 m NAP
- Hoogte tussengebied + 2.00 m NAP

Na enkele exercities (zie ook bijlage 3) heeft dit geresulteerd in een ontwerp van een natte duinvallei met een oppervlak van 6,5 ha met een grondverzet van ca 39.000 m³. Dit ontwerp is in figuur 3.2 als driedimensionaal model weergegeven.



Figuur 3.2 3D-model van de voorgenomen maaiveldverlaging



Figuur 3.3. Volume-model: Gemeten maaiveldhoogte t.o.v. berekende verlaging levert het zandvolume op dat verwijderd moet worden.

Het 3D-model is eind 2018 voorgelegd aan de leden van de CDBD, die ook betrokken zijn bij een nadere verfijning naar aanleiding van bevindingen bij de uitvoering (zie verder 3.4)

3.3 Uitvoering fase 1 verplaatsing helm

Voorafgaand aan het ontgraven is het helmgras met wortelstelsel uitgeriekt met een hydraulische graafmachine. Deze helm is weer uitgeplant in het zuidelijk deel van het basisduin, een gedeelte is ook ingeplant bij de zandvang van Slag Vlugtenburg. Het schone zand is naar de waterlijn gebracht en gestort onder de gemiddelde waterlijn. De gemiddelde laagwaterlijn is relatief het meest dynamisch en leidt tot de grootste verspreiding van het zand. In verband met de waterveiligheid is het zand verspreid binnen dezelfde raaien als de raaien waarin het is afgegraven. Tijdens het verspreiden van het zand langs de laagwaterlijn moest er rekening gehouden worden met het ontstaan van drijfzand. Het gebied waar het zand werd verspreid moest daarom gemarkeerd worden door het gebied af te zetten met lint en waarschuwingsbordjes te plaatsen t.b.v. recreanten. Dit alles is zonder incidenten verlopen en door het storten onder de laagwaterlijn is het zand snel verspreid (lit. 57).



Figuur 3.4. Luchtfoto Spanjaards Duin via globespotter. De geel gemarkeerde gebieden zijn de gebieden waar helm geriekt moest worden.

3.4 Uitvoering fase 2 Maaiveldverlaging

Tijdens het uitvoeren van de maaiveldverlaging heeft nog overleg plaats gevonden over de daadwerkelijk te realiseren verdieping (zie bijlage 4). Naar aanleiding van de gemeten grondwaterstanden en met een toets op de langjarig gemiddelde hoogste grondwaterstand is besloten om de hoogte van de valleivloeren te laten variëren tussen + 1.00 m NAP en + 1.30 m NAP. Dit om niet te diep aan te leggen en te veel open water te creëren.

4 MONITORING

De monitoring wordt door diverse partijen uitgevoerd. De gevolgde werkwijze en uitvoerders worden gegeven in de monitoringstabel (zie Bijlage 1). De wijzigingen in de monitoring ten opzichte van voorgaande jaren wordt gegeven in dit hoofdstuk.

4.1 Dataverzameling en -opslag

Algemeen

De verschillende ruwe data en bewerkte gegevens worden verzameld in een repository. De repository bevat op dit moment nagenoeg alle verzamelde data in Spanjaards Duin inclusief beeldmateriaal. Een deel van de data is voor de eerste monitoringsjaren enkel als PDF beschikbaar. Sinds 2014 worden ook de ruwe data en bewerkte data verzameld en duidelijk gescheiden opgeslagen. In 2016 is de coördinatie van de dataverzameling en oplevering t.b.v. het opstellen van het jaarverslag uitgevoerd door Haskoning/DHV in opdracht van Rijkswaterstaat en Stichting het Zuid-Hollands Landschap.

Vegetatiekartering

Op 27 augustus zijn door Ecoresult aanvullend op de vegetatieopnames middels in hetzelfde jaar uitgezette PQs zoals tot nu gangbaar ook soortenopnames uitgevoerd. In totaal zijn er 29 PQs opgenomen in Spanjaards Duin. Deze monitoring is noodzakelijk om de vegetatieontwikkelingen nauwkeurig te volgen in de tijd. De vegetatieopnames in PQs worden vanaf 2017 jaarlijks uitgevoerd.

Bodemonderzoek

In de zomer van 2017 is door Deltares eenmalig onderzoek uitgevoerd naar de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2009 in de vallei van Spanjaards Duin. Het doel van het bodemonderzoek is om een indruk te krijgen van de belangrijkste texturele en chemische parameters, en ook van de trofiegraad, en van de huidige biologische activiteit in de laaggelegen bodems in de vallei. De bodemgegevens geven ook inzicht in de aanwezigheid van de vereiste bodemgeschiktheidsfactoren voor de kolonisatie/vestiging van pioniersoorten van kalkrijk duinmoeras. Met deze informatie kan een betere inschatting gemaakt worden of de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van de vegetatietypen die horen tot H2190B (kalkrijk duinmoeras) en H2130 (grijs duin). In 2018 zijn ook de gegevens van het slijpplaatonderzoek beschikbaar gekomen.

Verwerking van de monitoringgegevens t.b.v. jaarlijkse evaluatie

Voor de verwerking van monitoringsgegevens rond Profiel vooroever en strand en Morfologie duingebied is maart 2019 opdracht gegeven aan Bureau voor Strand- en Duinonderzoek. Voor de verwerking van monitoringsgegevens rond grondwater is tegelijkertijd opdracht gegeven aan Artesia Water. De resultaten zijn opgenomen in de bijlagen bij dit jaarverslag. De overige monitoringsgegevens zijn door de redacteur verwerkt en beschreven in dit jaarverslag. Het hele gebied is in 2019 door T. en C. van Schie op broedvogels geïnventariseerd volgens de SOVON-methode (Van Dijk, 2004).

4.2 Geomorfologie

4.2.1 Verschilkaarten

Voor de hoogteverschilkaart is het verschil tussen de rasters van voorjaar 2018 en voorjaar 2017 van de reguliere Jarkusopnames berekend en voor augustus 2018 en voorjaar 2019 voor de Shore opname. Daarnaast is een verschilkaart voorjaar 2018-voorjaar 2019 berekend.

De ontwikkeling van de vallei tussen 2017 en het tijdstip van de ingreep in 2019 is niet meer relevant, omdat met de ingreep de situatie in één keer is aangepast aan de wensen en eventuele uit- of instuiving in de vallei vóór de ingreep geen gevolgen meer heeft op de huidige toestand van de vallei. De ontwikkeling van de zeereep en omringende duinen tussen 2017 en het tijdstip van de ingreep is

nog wel relevant omdat dit inzicht geeft in de mate van verstuiwing naar en over de zeereep, wat weer van belang is voor eventuele instuiving in de vallei na de ingreep.

Van voorjaar 2017 tot begin 2019 is er nog sprake van een autonome ontwikkeling van vallei, zeereep en aangrenzende duinen. Begin 2019 is de vallei uitgegraven om een groot oppervlak te creëren dat onder invloed van het grondwater staat. Daarmee start een nieuwe fase in de ontwikkeling van de vallei, waarover hier nog geen uitspraken gedaan kunnen worden.

Tussen 2017 en 2019 gaat de aanstuiving van de zeereep onverminderd door, waardoor met name de aan het strand grenzende zone waar geen strandhuisjes staan zeer dynamisch oogt en steeds natuurlijker wordt. Dit uit zich bijvoorbeeld in kleinschalige erosieve vormen, onregelmatige topjes en een steeds grotere hoogte. Lokaal zijn ook embryonale duinen ontwikkeld tegen de zeereep aan.



Figuur 4.2.1. Muurpeper, 20 sept. 2018.

Foto: Bas Arens

In de zone waar Grijze duinen tot ontwikkeling moeten komen begint de vegetatieontwikkeling op gang te komen, bijvoorbeeld met de vestiging van muurpeper (figuur 4.2.1). Kleinschalige duintjes in verschillende soorten begroeiing (nebkha's) ontstaan op verschillende plaatsen (Figuur 4.2.2) en zorgen voor een steeds afwisselender beeld. Deze duintjes zijn soms slechts enkele cm's hoog. Tussen de duintjes en helmpollen overheersen de schelpenvloertjes (Figuur 4.2.2). Aan de landwaartse zijde vindt nog steeds aan- en overstuiving van de oude zeereep plaats, waardoor de dynamiek hier nog groot blijft. Naar het zuiden toe wordt dit nog versterkt door de ingrepen in het kader van de herinrichting van de van Dixhoorndriehoek. Tot het moment van ingrijpen ten behoeve van vernatting is er nog sprake van enige uitstuiving uit de vallei, maar dit wordt afgewisseld met lokale ophoging, waar instuivend zand door de gevestigde vegetatie, vaak Helm, wordt ingevangen. De laagste delen zijn tussen 2017 en 2018 wel weer iets uitgebreid (zie hieronder) en het valleiooppervlak is ook enigszins toegenomen. De effecten van het uitgraven zijn goed zichtbaar in Figuur 4.2.3 en Figuur 4.2.4.



Figuur 4.2.1. Kleinschalige duintjes, helmpollen en schelpenvloertjes, 20 sept. 2018. Foto: Bas Arens



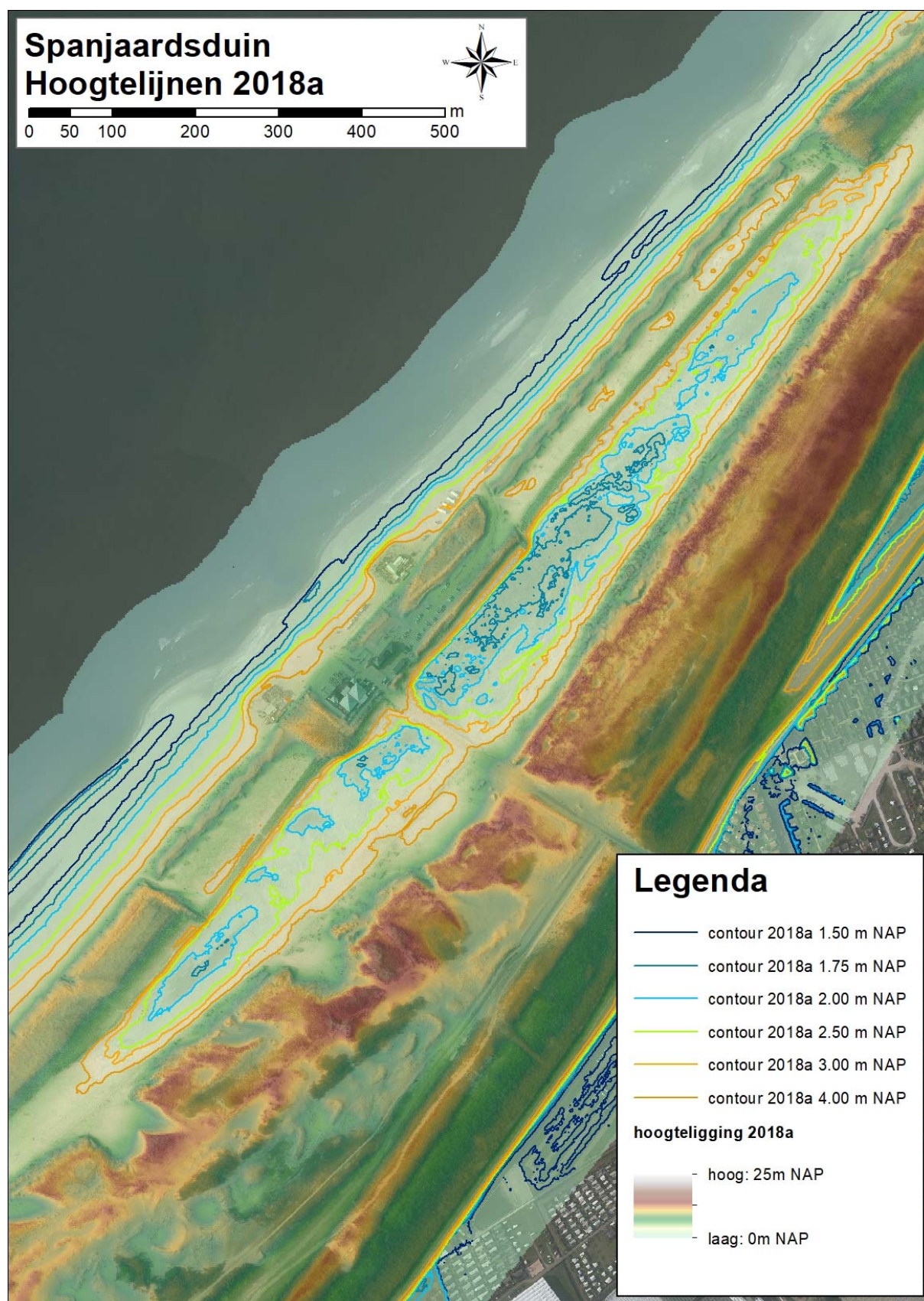
Figuur 4.2.3. Overzicht uitgegraven vallei, ten zuiden van Slag Vlughtenburg. 5 juni 2019. Foto: Bas Arens



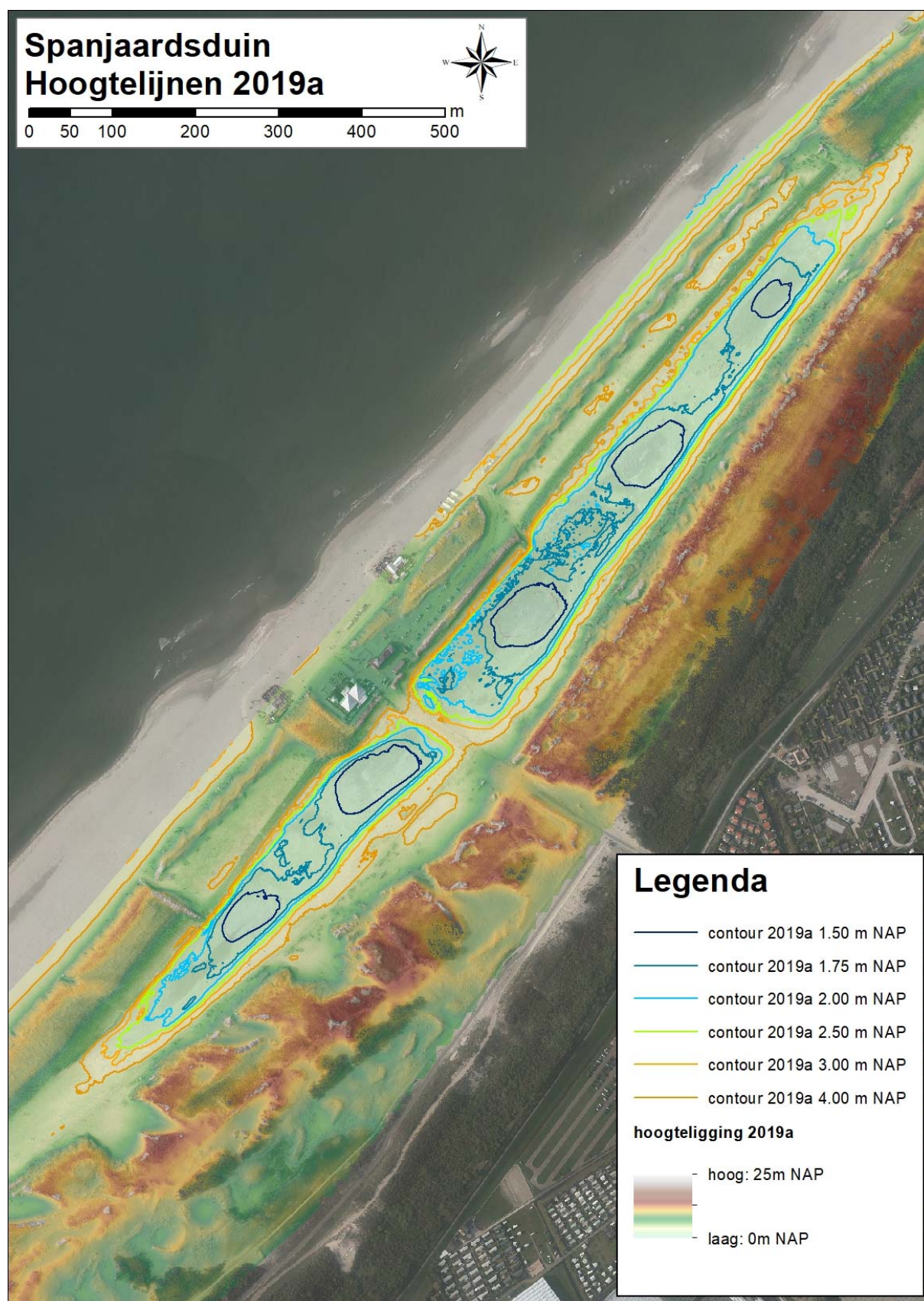
Figuur 4.2.4. Overzicht uitgegraven vallei, ten noorden van Slag Vlughtenburg. 5 juni 2019. Foto: Bas Arens

Figuur 4.2.5. geeft de hoogteligging van het gebied met de relevante hoogtelijnen voor 2018, Figuur 4.2.6. geeft de meest recente situatie van voorjaar 2019. De contourlijn van 2.5, 3.0 en 4.0m NAP zijn sinds 2017 vrijwel niet veranderd. De positie van de 4.0m NAP-lijn aan de zuidkant is ongewijzigd, aan de noordkant is er wel sprake van enige verschuiving, waardoor het oppervlak beneden 4.0m NAP enkele meters in noordelijke richting is vergroot. Iets naar het noorden (net buiten de kaart van 4.2.5) is in 2016 een nieuwe plek ontstaan met een oppervlak beneden 4.0m NAP en deze neemt langzaam in omvang toe. Aan de 2.5 en 3.0m NAP-lijnen zijn nauwelijks verschillen te zien. De veranderingen hierin zijn moeilijk af te lezen uit de figuren. De hoogteverschilkaarten geven meer duidelijkheid over de verschillen in de periode, en de patronen van erosie en depositie in de vallei en op de zeereep.

Wat wel overduidelijk is, is de verandering in de vallei als gevolg van de ingrepen voor vernatting. Het oppervlak beneden de contourlijnen van 2.0 en 1.75m NAP is aanmerkelijk toegenomen, en voor het eerst is ook de contourlijn van 1.5m NAP in beeld. Er zijn vijf ketelvormige vlakken aangelegd waar de hoogteligging beneden 1.5m NAP is gekomen, waardoor hier nu permanent water aan het oppervlak staat (Figuur 4.2.3. en Figuur 4.2.4.). De lengterichting van deze vlakken loopt vrijwel parallel aan de vallei en lijkt daarmee iets af te wijken van het voorstel voor ingrepen, zoals in Figuur 3.2. afgebeeld, waar de lengterichting van de vlakken iets meer dwars op de vallei ligt. Bij de ingrepen zijn ook schelpenvloertjes over grote oppervlaktes verwijderd.



Figuur 4.2.5. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2018a. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 4.2.6. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2019a. [Bron: Laseraltimetrie Shore]

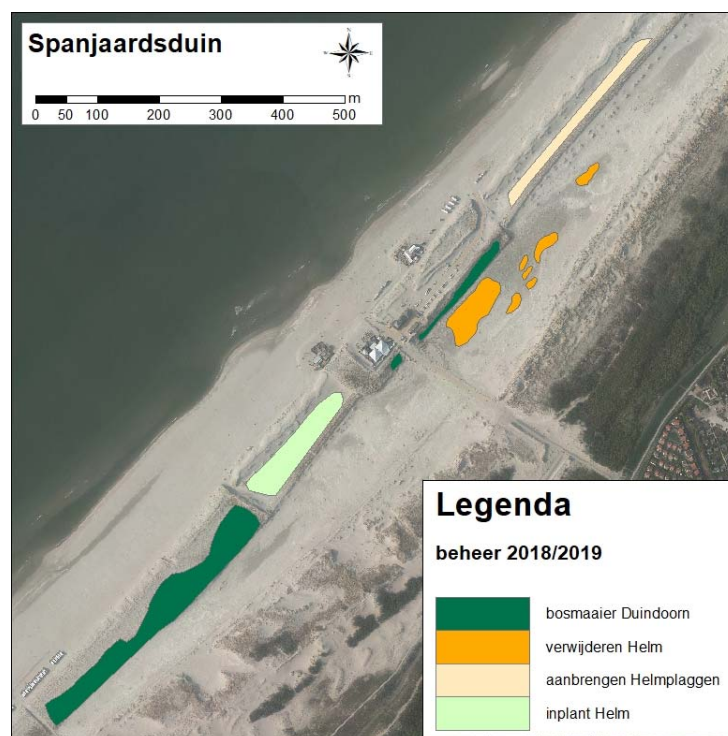
Met behulp van de laseraltimetrie gegevens is een aantal verschilkaarten berekend. Figuur 4.2.8. en Figuur 4.2.9. geven de jaarlijkse hoogteverschillen die zijn ontstaan tussen voorjaar 2017-2018 en voorjaar 2018-2019, voor eerdere periodes wordt verwezen naar de vorige jaarverslagen. De

verschillen van 2017-2018 en van 2018-2019 zijn weer groter dan die voor 2016-2017. In dat jaar viel op dat de verschillen geringer waren vergeleken met voorgaande jaren.

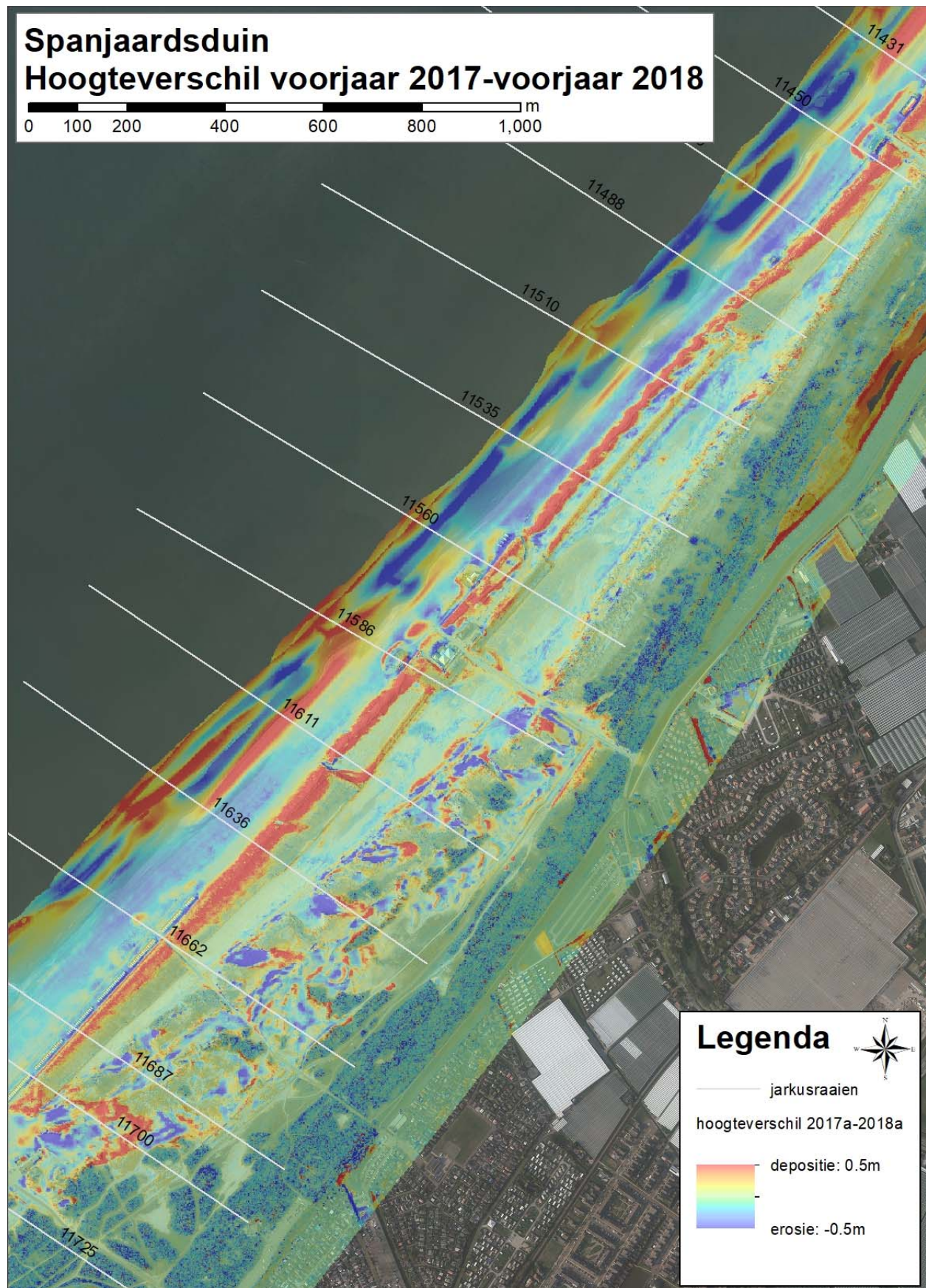
De aanstuiving van de zeereep is veel extremer dan tussen 2016-2017, en tussen 2017-2018 iets groter dan tussen 2018-2019. Over de gehele linie is er sprake van een gesloten zone met aanstuiving. Het voorliggende strand is vaak erosief. Ook in de vallei overheerst nu (lichte, soms iets sterkere) erosie. Een deel hiervan zou het gevolg kunnen zijn van het mechanisch weghalen van helm na voorjaar 2017.

Aan de landwaartse kant, op de oude zeereep, is het verschil in dynamiek tussen noord- en zuidkant inmiddels groot. Aan de noordkant is sprake van een geleidelijke afname, terwijl aan de zuidkant door de dynamiseringsingrepen bij de van Dixhoorndriehoek de dynamiek juist sterk is toegenomen. Opvallend is dat de oude zeereep ter hoogte van de gegraven duinmeren in 2017-2018 nog enigszins erosief is, maar van 2018-2019 juist enigszins accumulatief. Dit zou kunnen samenhangen met de verwijderde schelpenvloertjes, waardoor verstuuving vanuit de vallei richting oude zeereep weer toegenomen zou kunnen zijn. Het is echter ook mogelijk dat dit samenhangt met een meetfout (hoogte van 2018 iets te laag bepaald, of hoogte van 2017 te hoog, zie Arens, 2019), wat gezien de overwegend gele kleuren in de verschilkaart van 2018-2019 (Figuur 4.2.9) het meest waarschijnlijk lijkt.

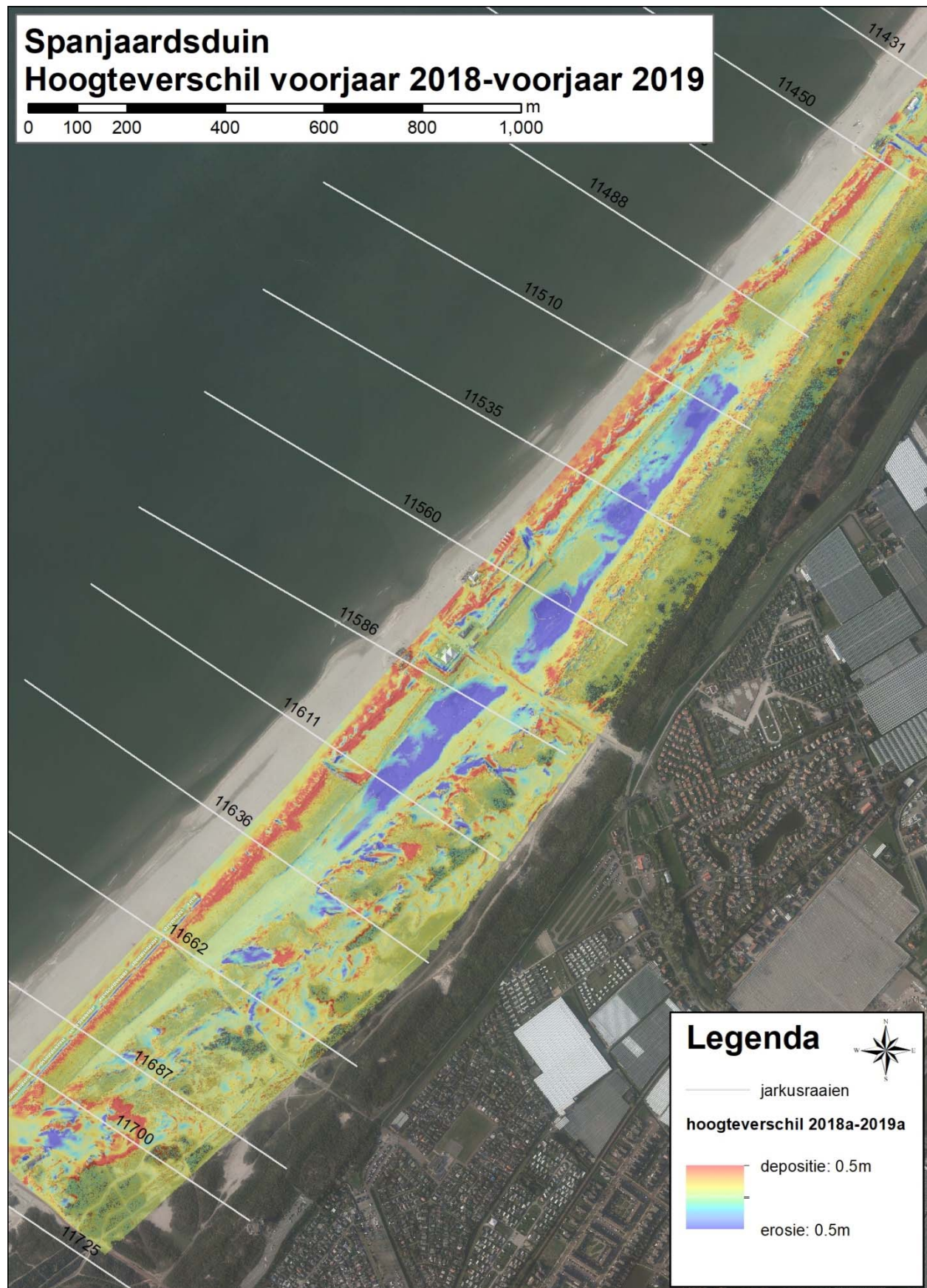
Op grond van veldobservaties door Bert van der Valk en interpretatie van luchtfoto-beelden is een kaart gemaakt met relevante beheersmaatregelen die in de periode 2018-2019 zijn uitgevoerd. Het betreft de contouren van de vlakken waar Duindoorn en Helm is verwijderd en de contouren van vlakken waar Helm is ingeplant, of waar Helm is aangebracht in de vorm van uit de vallei afkomstige plaggen. De kaart is weergegeven in figuur 4.2.7.



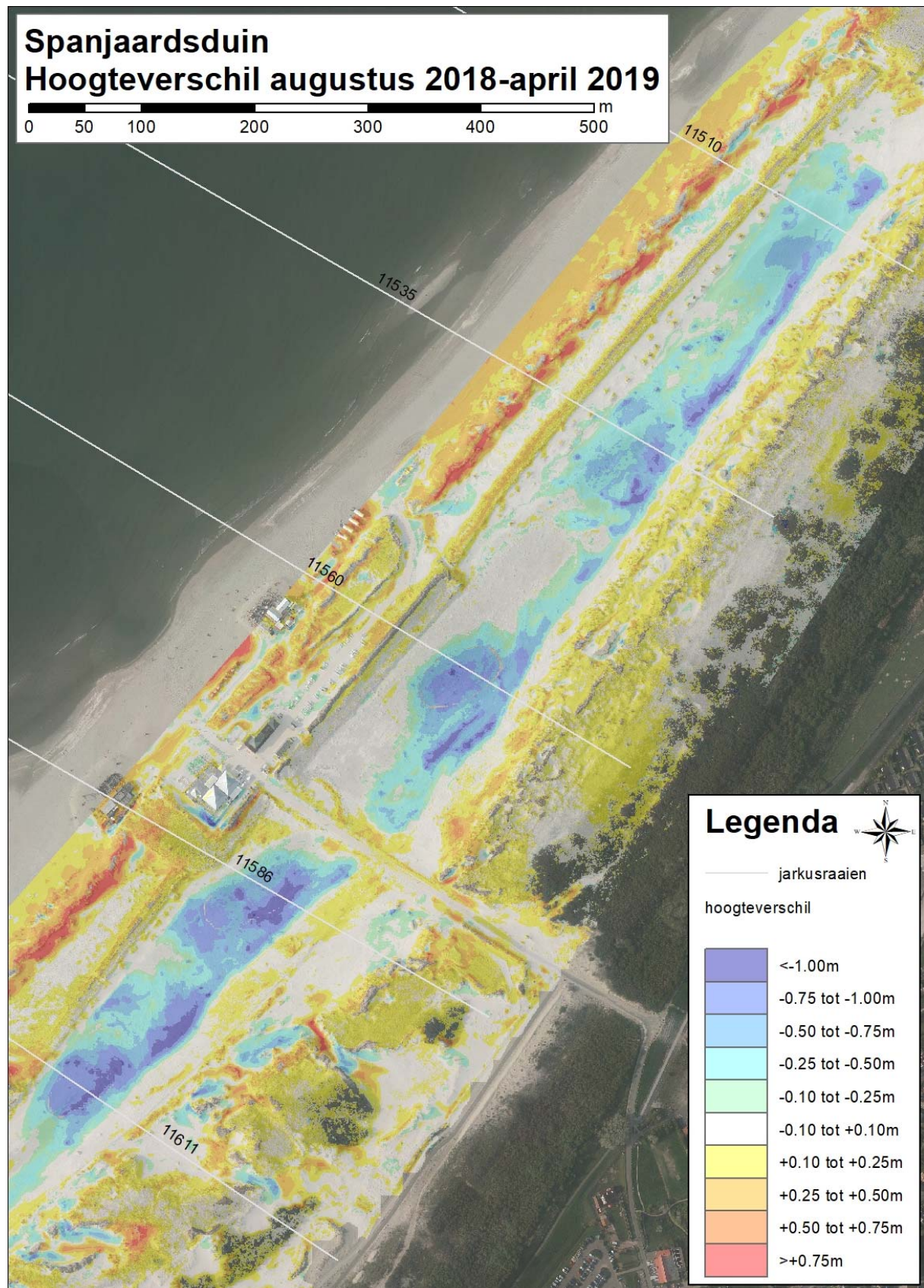
Figuur 4.2.7. Beheersmaatregelen 2018-2019, op basis van veldobservaties van Bert van der Valk en luchtfoto-interpretatie.



Figuur 4.2.8. Hoogteverschillen periode voorjaar 2017 tot voorjaar 2018. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 4.2.9. Hoogteverschillen periode voorjaar 2018 tot voorjaar 2019. [Bron: Laseraltimetrie RWS en Shore]



Figuur 4.2.11. Hoogteverschillen periode augustus 2018 tot april 2019. [Bron: Laseraltimetrie Shore]

De verschilkaart 2018-2019 laat een iets minder extreme aanstuiving zien dan in 2017-2018. Er is nu een drietal kerfjes zichtbaar aan de voorzijde, die behoorlijk erosief zijn. Achter de strandhuisjes bevindt zich direct tegen de zeereep aan een erosieve strook van 2-3m, met een verlaging van rond de 0.7m.

De vallei ligt voor het grootste deel boven 4m NAP en verandert weinig. In 2019 is aan de uiterste noordkant een deel afgegraven boven 4 m NAP voor vernatting. Op andere plaatsen is soms lichte erosie te zien, mogelijk hangt dit samen met mechanisch verwijderde helm in 2017.

De oude zeereep vertoont een vergelijkbare dynamiek als bij het zuidelijk deel half beplant. In de verschilkaart 2018-2019 is meer accumulatie te zien dan in de verschilkaart 2017-2018.

Om de details van de ingreep beter zichtbaar te maken is nog een verschilkaart gemaakt met de hoogteverschillen tussen augustus 2018 en april 2019. Deze kaart is afgebeeld in figuur 4.2.11. De negatieve hoogteverschillen in de vallei in figuur 4.2.11 zijn het gevolg van de ingrepen, de overige verschillen buiten de vergravingszone zijn het gevolg van autonome processen.

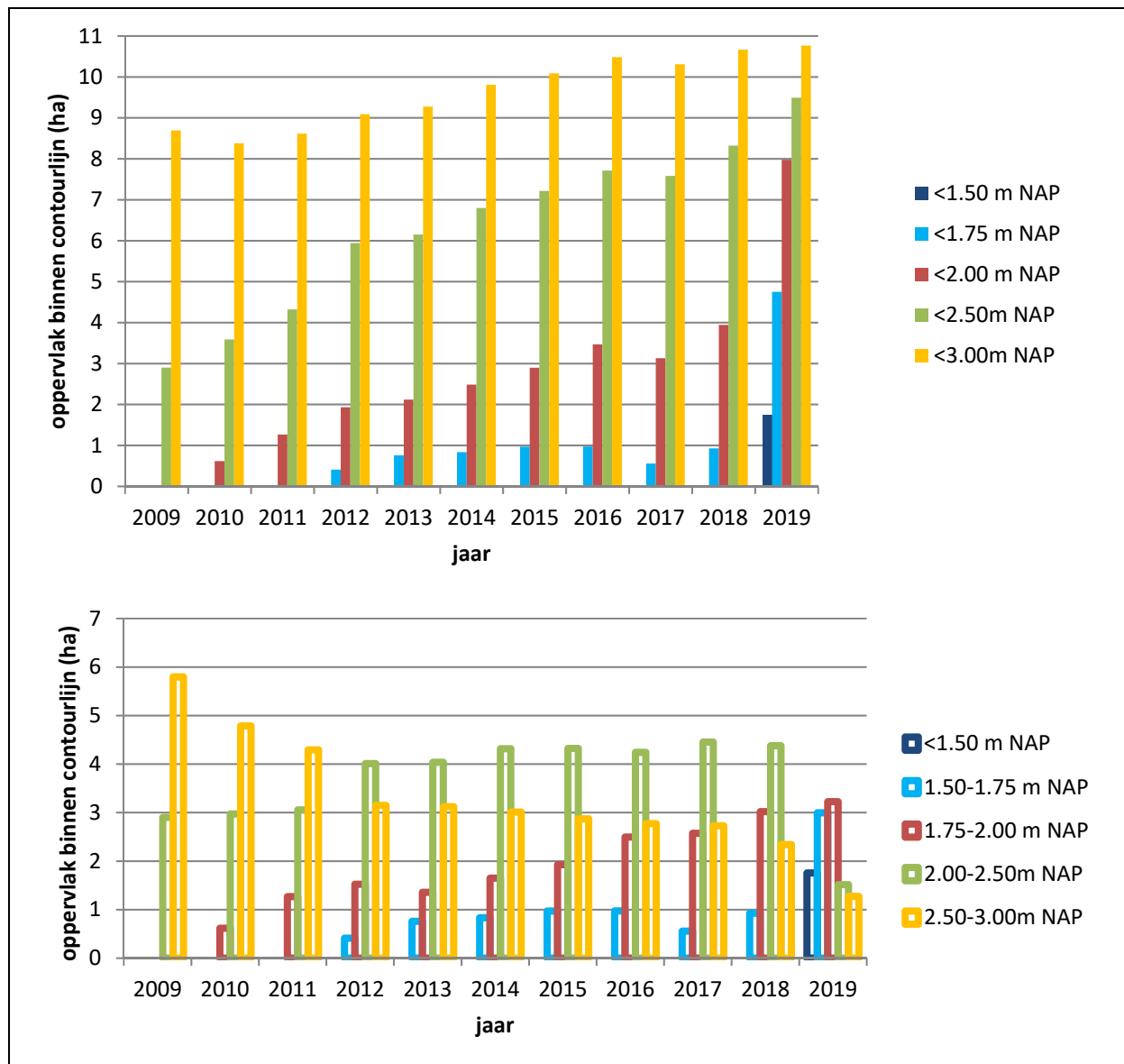
4.2.2 Ontwikkeling vallei

Figuren 4.2.5 en 4.2.6 geven voor de jaren 2018-2019 de ligging van de contourlijnen en de hoogte. Wat was de verandering van de hoogte in de vallei voor en na de ingrepen? Voor de verschillende jaren zijn de oppervlaktes binnen de verschillende contourlijnen bepaald. Figuur 4.3.12 geeft de verandering in oppervlaktes tussen 2009 en 2019. Het bovenste deel van de figuur geeft de totale oppervlakte beneden de verschillende contourlijnen, het onderste deel geeft de oppervlaktes tussen twee opeenvolgende contourlijnen.

Tot en met 2016 bleek uit figuur 4.2.12 een duidelijke trend van uitbreiding van het oppervlak voor alle contourlijnen, behalve de laagste van 1.75m NAP. Daarna zijn de veranderingen niet meer trendmatig. Van 2016 naar 2017 nemen alle oppervlaktes af en wordt het valleioppervlak beneden 3.0m NAP kleiner. Van 2017 naar 2018 nemen alle oppervlaktes weer toe en neemt dus niet alleen het oppervlak beneden 3.0m NAP toe, maar ook dat beneden 2.5, 2.0 en 1.75m NAP, het tot dan toe vochtigste deel. Van 2018 naar 2019 worden de veranderingen bepaald door de ingrepen en neemt het vochtige deel sterk toe, met voor het eerst ook een oppervlak beneden 1.5m NAP. Het oppervlak beneden 1.75m NAP neemt toe van 0.92 ha in 2018 naar 4.75 ha in de huidige situatie. Het oppervlak beneden 1.50m NAP neemt toe van niets naar 1.76 ha in de huidige situatie.

Wanneer de oppervlakte per laag wordt berekend (onderste grafiek in figuur 4.2.12) dan blijkt dat de verandering per laag verschilt. Het oppervlak dat ligt tussen de contourlijnen 1.75 en 2.0m NAP is van 2017 tot 2018 toegenomen, met 0.45 ha tot 3.02 ha. Het oppervlak tussen 2.0 en 2.5m NAP is iets afgenomen, met 0.07 ha tot 4.38 ha. Het oppervlak beneden 1.75m NAP is na de afname in 2017 weer toegenomen tot vrijwel hetzelfde oppervlak als in 2016, tot 0.93 ha. Het oppervlak tussen 2.5 en 3.0m NAP is afgenomen tot 2.34 ha in 2018. Het totale oppervlak in de vallei wat lager ligt dan 3.0m NAP is van 2017 tot 2018 toegenomen met 0.35ha tot 10.66 ha. Dit is in 2019 verder uitgegroeid tot 10.76 ha, wat het gevolg is van autonome processen, niet van de ingrepen. Het hangt van de diepte van het grondwater en de ecologische criteria af wat dit betekent voor de potentiële habitattypen. Dit komt in hoofdstuk 4.4 aan bod.

Ruimtelijk gezien heeft de vallei zich in 2018 en 2019 iets uitgebreid, dat wil zeggen het oppervlak beneden 3.0m NAP is ieder jaar iets toegenomen, na een lichte achteruitgang van 2016-2017. Aangezien de ingreep in 2019 zich vrijwel geheel beperkt heeft tot het oppervlak beneden 3.0m NAP, is deze uitbreiding in 2019 niet het gevolg van ingrijpen maar van een autonome ontwikkeling. De stagnatie in 2017 veroorzaakte ook een afname van de oppervlaktes beneden 1.75, 2.0 en 2.5m NAP. In 2018 zijn deze oppervlaktes alleen weer toegenomen, en zelfs tot een groter oppervlak dan in 2016. In 2018 is dit nog het gevolg van autonome uitstuiving. In 2019 zijn deze oppervlaktes aanzienlijk uitgebreid, maar dan vanzelfsprekend wel als gevolg van de ingreep. Voor het eerst is er dan ook een oppervlak beneden 1.50m NAP in de vallei aanwezig.



Figuur 4.2.12. Oppervlakte binnen contourlijnen in 2009 t/m 2019. In de bovenste grafiek is het totale oppervlak beneden een contourlijn weergegeven. In de onderste grafiek is het oppervlak tussen twee opeenvolgende contourlijnen weergegeven. (lichtblauw <1.50, blauw is 1.50 tot 2.00m NAP enz.).

Een toename van de laagste oppervlaktes van 0.92 ha in 2017 naar 4.75 ha in 2019, gecombineerd met een slechts geringe toename van 0.45 ha van het oppervlakte beneden 3.0m NAP tussen 2017 en 2019 betekent automatisch een verstelling van de hellingen in de vallei.

4.2.3 Conclusies en aanbevelingen t.a.v. geomorfologie

- Het natuurlijker worden van de voorkant en bovenkant van de zeereep zet door. Hier en daar ontstaan inmiddels ook embryonale duinen aan de voorzijde van de zeereep.
- Tussen 2017-2018 is er sprake van een zeer sterke overstuiving van de zeereep met een brede overstuivingszone van 35-45m en een opstuiving tot 1m, lokaal 1.2m.
- Tussen 2018-2019 is er ook sprake van een sterke overstuiving maar iets minder in het voorgaande jaar. De overstuivingszone is minder aaneengesloten.
- Door invang in de helmstroken is de hoogte in het voorheen niet beplante, nu half beplante basisduin alweer toegenomen tot 8m NAP.
- Het beplante basisduin is in hoogte toegenomen tot plaatselijk meer dan 10m NAP.

- De vallei heeft zich in 2018 toch weer uitgebreid, ook het laagste deel, terwijl de uitbreiding in 2017 gestopt leek. Waarschijnlijk speelt het mechanisch weghalen van helm door het Zuidhollands Landschap hier een rol.
- De vallei beneden 4m NAP is in noordelijke richting enkele meters uitgebreid.
- Micro reliëf in de vallei is deels verwijderd door het mechanisch verwijderen van Helm. Documentatie van dit soort maatregelen ontbreekt.
- Door de ingreep begin 2019 zijn er vijf schotelvormige vlakken aangelegd die nu binnen de invloedsfeer van het grondwater liggen.
- Bij de ingreep zijn de schelpenvloertjes ook deels verdwenen.
- Het is belangrijk om de verstuiving te blijven volgen om te bepalen of natte delen niet volstuiven (water vangt zand, dit probleem speelde eerst natuurlijk niet).
- Bij dreiging van volstuiven zullen stabilisatiemaatregelen nodig zijn.
- De dynamiek in de oude zeereep aan de noordkant (ten noorden van Slag Vlugtenburg) neemt af, wel liggen hier enkele zeer actieve stuifkuiltjes.
- De dynamiek in de oude zeereep aan de zuidkant (ten zuiden van Slag Vlugtenburg) is sterk toegenomen door dynamiseringsmaatregelen in het kader van een herinrichting van de van Dixhoordriehoek
- Duindoorn op de zeereep is verwijderd door het afknippen van takken. De Duindoorn loopt echter weer snel uit, waardoor een jaar later eigenlijk al niets meer van de maatregel te zien is. Documentatie van deze maatregel ontbreekt. De verwijdering van Duindoorn zou bijvoorbeeld met de pluk-trekmethode grondiger kunnen gebeuren.
- Achter de strandhuisjes is de Duindoorn niet verwijderd, waardoor het straks moeilijk is een onderscheid te maken tussen effecten van strandhuisjes en effecten van Duindoorn.

4.3 Grondwater

4.3.1 Monitoring

In 2018 is de grondwatermonitoring in het permanente meetnet van Spanjaardsduin voortgezet met de inzet van automatische drukopnemers. Van de oorspronkelijke 10 meetpunten (locaties zie figuur 4.3.1.) zijn er twee buiten gebruik geraakt:

- meetpunt Z1 is in 2017 defect geraakt en niet meer hersteld.
- meetpunt Z3 is sinds begin 2018 niet meer gemeten.

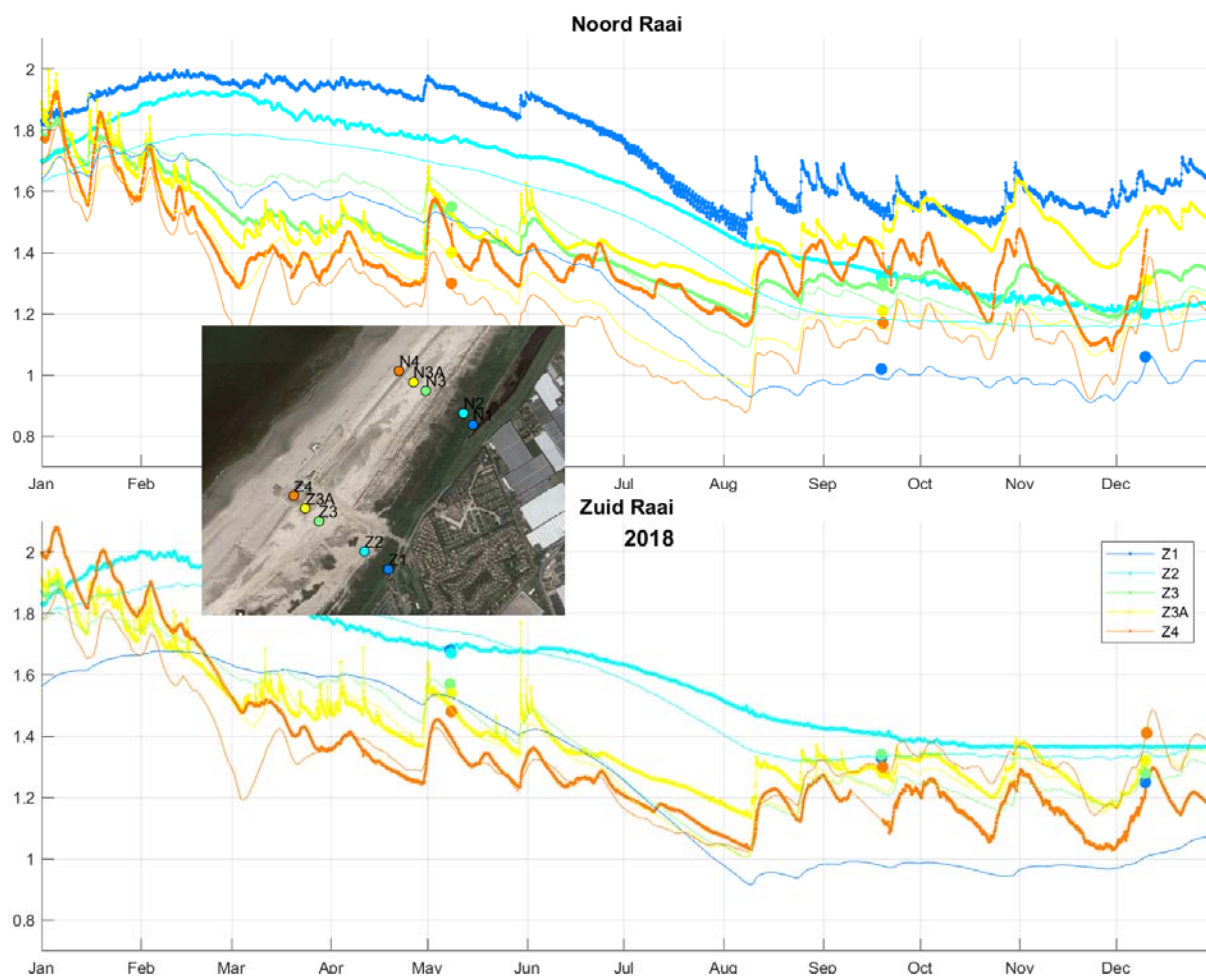
In de overige 8 peilbuizen (verdeeld over 2 raaien) zijn de meetreeksen in 2018 gecontinueerd. Daarnaast zijn in principe tijdens de (vier) uitlezingen handpeilingen uitgevoerd. Het beheer en de uitlezing van de dataloggers is uitgevoerd door WARECO in opdracht van TEBEZO, die de aannemer is voor werkzaamheden in het Spanjaardsduin van Rijkswaterstaat. De verzamelde metingen van de 4 uitlezingen in 2018 en een uitlezing in 2019 zijn aangeleverd in een excel-bestand. De analyse is op die gegevens gebaseerd.

De reeksen zijn, gecorrigeerd voor sprongen die na een uitlezing zijn ontstaan³, weergegeven en vergeleken met de handpeilingen en met het (met de eerder opgestelde tijdreeksmodellen) gesimuleerde grondwaterstandsverloop, met een tweeledig doel:

- het duiden van de kwaliteit van de meetreeksen
- het detecteren van eventuele trends in de grondwaterstand

De meetreeksen en de ruimtelijke interpolaties van de grondwaterstand worden daarnaast gepresenteerd als basis voor de ecologische ontwikkelingspotentie.

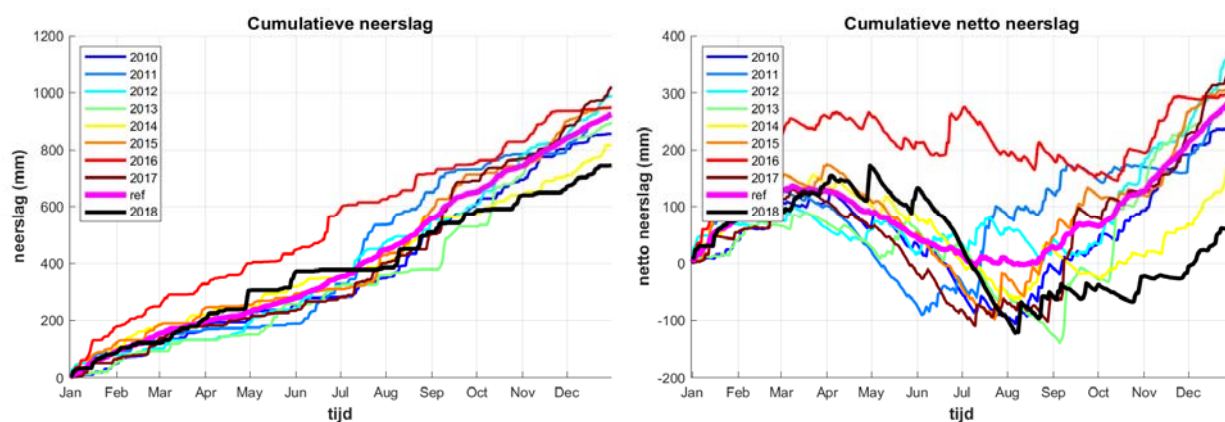
³ Bij elke uitlezing worden de drukopnemers uit de stijgbuis gehaald en vervolgens weer teruggehangen. Het (ijzer)draadje waaraan deze drukopnemers hangen zijn soms gekreukeld, waardoor bij terughangen de drukopnemer op een andere hoogte hangt dan ervoor. Dit leidt dan tot een sprong in de metingen. Waar dat optreedt wordt de inhangdiepte (=referentie voor de hoogte) aangepast: die nieuwe referentiehoogte geldt dan voor de metingen tot de volgende uitlezing.



Figuur 4.3.1. Samenvatting van het verloop van de grondwaterstand in 2018 op basis van de diverregistratie. Handpeilingen zijn toegevoegd (bolletjes), alsmede het voorspelde verloop (dunnen lijnen)

4.3.2 Hydrologische karakteristiek

Het jaar 2018 week meteorologisch⁴ sterk af van het gemiddelde verloop, door het optreden van lange droge perioden. Met name de zomermaanden van juni tot begin augustus waren vrijwel volledig droog, terwijl ook het najaar vanaf september relatief droog is verlopen. In figuur 4.3.2 is de ontwikkeling van resp. de neerslag en de netto neerslag (neerslag – potentiële verdamping) weergegevens in vergelijking met voorgaande jaren en met het gemiddelde verloop.



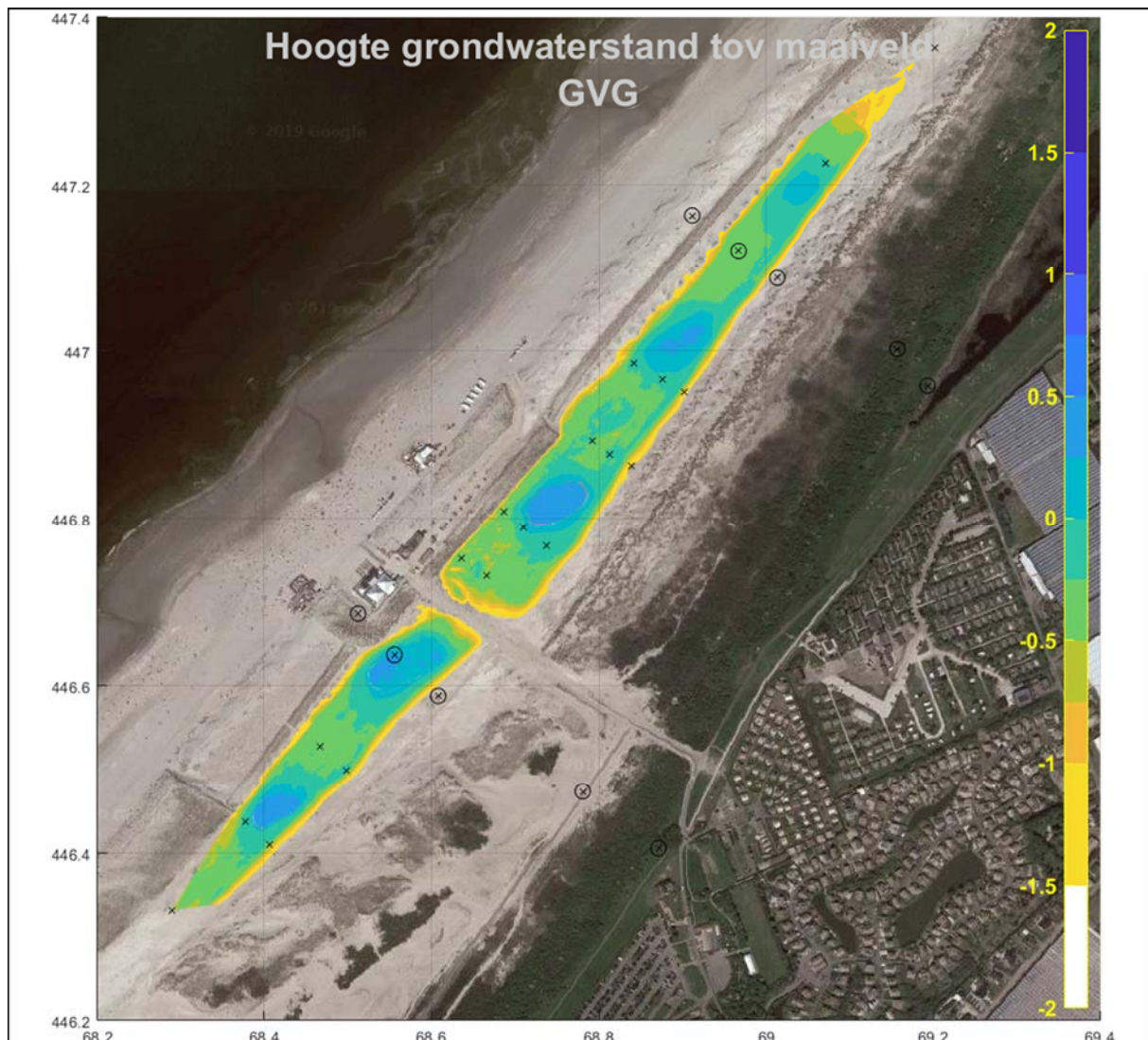
figuur 4.3.2: cumulatieve neerslag van 2018 in relatie tot voorgaande jaren en afgezet tegen een gemiddeld verloop

⁴ Gegevens meteorostation Hoek van Holland

Dit verloop had een echo in de grondwaterstand volgens de automatische drukopnemers, zoals weergegeven in figuur 4.3.1. De natte winter 2017/2018 zorgde voor hoge grondwaterstanden, terwijl de droge zomermaanden van 2018 leiden tot gestaag dalende grondwaterstanden tot begin augustus. Sinds die tijd stabiliseren de grondwaterstanden zich op dat zomerniveau, door gebrek aan overcompenserende neerslag. Voor het verloop van de gemeten grondwaterstanden alsmede de tijdreeksanalyse op de metingen wordt verwezen naar Bijlage 6.

4.3.3 Ruimtelijke interpolatie van de GxG

Op basis van de meetpunten kan voor de gehele vallei (en de aangrenzende duinen) een GxG geschat worden. De situatie in het voorjaar (GVG) wordt als gevoelig beschouwd, omdat deze situatie de kiemingscondities voor de vegetatie globaal weergeeft. De geïnterpoleerde grondwaterstanden zijn voor deze situatie in figuur 4.3.3. weergegeven, ook in samenhang met de terreinhoogte van voorjaar 2019 (Shore/Arens 2019).⁵

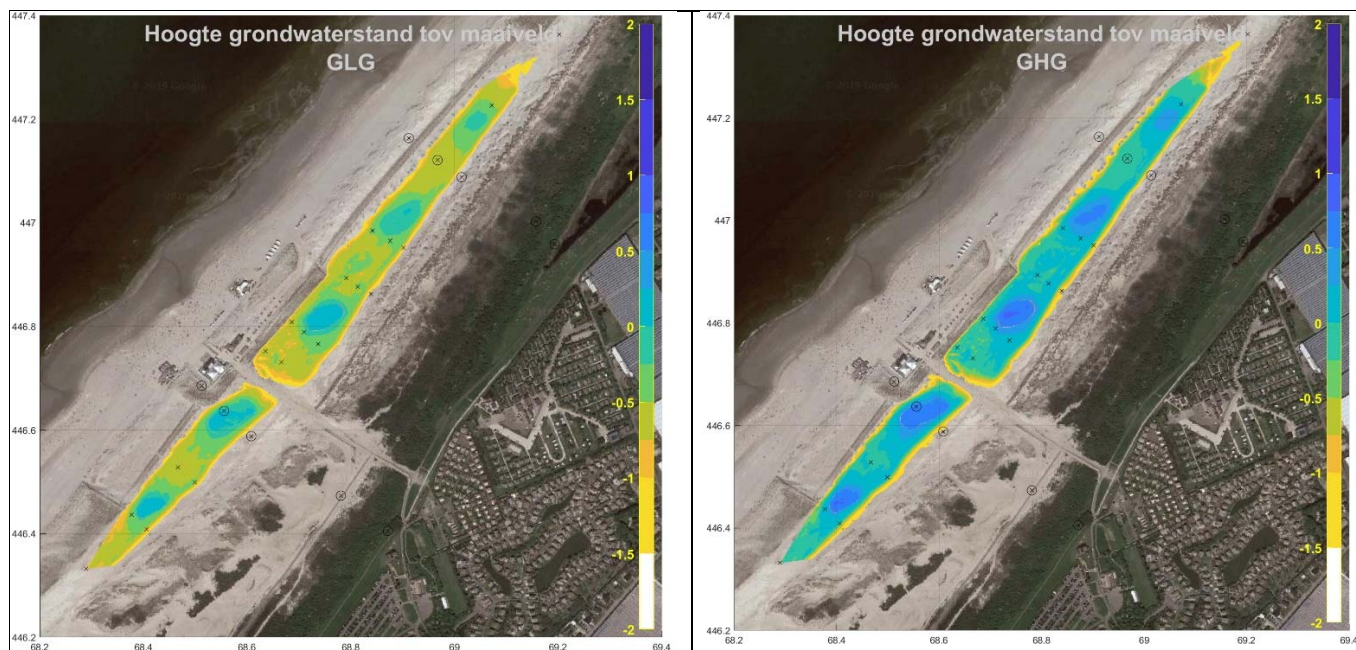


Figuur 4.3.3. : Geïnterpoleerde GVG, ten opzichte van maaiveld

⁵ In andere woorden: de grondwaterstanden op de meetpunten worden geïnterpoleerd, waaruit een grondwatervlak ontstaat. Deze wordt vervolgens afgetrokken van maaiveld.

Het effect van de maaiveldverlaging is verdisconteerd. Het effect van eventuele verandering in de verdamping zal bescheiden, geleidelijk en onzichtbaar blijven tussen andere variaties.

Op vergelijkbare wijze geeft figuur 4.3.4. de ontwateringsdiepte onder respectievelijk de GLG- en de GHG-condities weer. Het blijkt dat de GLG in de dieper uitgegraven delen ongeveer 25 cm onder maaiveld ligt, terwijl onder GHG-condities in die delen water aan maaiveld zal zijn.



Figuur 4.3.4.: de gesimuleerde dynamiek-range in Spanjaardsduim weergegeven t.o.v. maaiveld

4.4 Ontwikkeling potentiële habitattypen

4.4.1 Potentiële habitatstypen

Voor 2018 is geen kaart met potentiële habitattypen afgeleid, omdat deze niet meer relevant is. Dankzij het snel ter beschikking komen van hoogtegegevens van na de ingreep begin 2019 kan hier al een kaart met potentiële habitattypen voor 2019 gepresenteerd worden. Deze kaart is afgeleid van de in 2019 vastgestelde GVG en de bodemhoogtekaarten van 2019. De GVG van 2019 is de meest nauwkeurige, omdat die gebaseerd is op de langste meetreeks en dus het beste tijdreeksmodel. Zie verder over de afleiding van de GVG in de bijlage over hydrologie (bijlage 6). Aangezien ieder jaar nieuwe metingen beschikbaar komen zal het tijdreeksmodel en daarmee de GVG ieder jaar iets nauwkeuriger worden. Wanneer zich geen veranderingen in omstandigheden voordoen (vergroten zoetwaterbel, zeespiegelstijging), zou de GVG echter een constante moeten zijn, het is immers een gemiddelde voor een lange meteorologische periode. De potentiële habitattypen worden dan puur bepaald door de hoogteligging/geomorfolgie en de mate van zanddynamiek.

De kaart van 2017 is weergegeven in Figuur 4.4.1., die van 2019 in Figuur 4.4.2.

Tabel 4.4.1. Oppervlaktes potentiële habitattypen en tussenzones in hectares.

Omschrijving	code	2014	2015	2016	2017	2019
Antropogeen	0	2.67	2.67	2.67	2.67	2.72
H2110/H2120	2110/2120	2.30	2.30	2.46	4.10	6.64
H2120 aanplant	2120 a	8.27	8.27	8.03	6.00	3.69
H2120 spontaan	2120 p	3.84	3.84	3.92	3.18	3.36
H2120/H2160 aanplant	2120/60 a	6.00	6.01	6.03	4.66	6.13
H2120/H2160 spontaan	2120/60 p	0.47	0.47	0.54	2.88	1.07
<i>Potentieel H2130 Grijze duinen</i>						
H2130 >4.0m NAP	2130 l	8.69	8.23	7.66	7.36	5.16
H2130 <4m NAP	2130 p	4.98	4.98	4.96	5.24	5.24
<i>Overgangszone</i>						
overgangszone droog	75V130L	1.62	1.45	1.38	1.83	0.61
overgangszone nat	40V75V	2.43	2.86	3.18	3.52	2.32
<i>Potentieel H2190 Duinvalleien</i>						
H2190 zeer vochtig	25V40V	1.15	1.24	1.49	1.23	2.92
H2190 nat	10V25V	0.48	0.59	0.61	0.25	1.34
H2190 zeer nat	0V10V					0.68
H2190A/D	>0	0	0	0	0	1.27
Totaal		42.92	42.92	42.94	42.92	43.16

Tabel 4.4.2. Samenvatting oppervlaktes potentieel H2130, H2190 en tussenzone.

	2014	2015	2016	2017	Begin 2019	Compensatie opgave
pot. H2130	13.68	13.21	12.63	12.60	10.40	9.8
overgang droog	1.62	1.45	1.38	1.83	0.61	
overgang nat	2.43	2.86	3.18	3.52	2.32	
pot. H2190	1.63	1.84	2.11	1.48	6.21	6.1



Figuur 4.4.1. Potentiële habitatkaart 2017.



Figuur 4.4.2. Potentiële habitatkaart 2019.

Het areaal aan potentieel vochtige duinvallei is na de ingreep toegenomen tot 6.21 ha, iets groter dan de compensatieopgaven van 6.1ha. Door het uitgraven gaat dit vanzelfsprekend ten koste van de drogere habitattypen. Het oppervlak aan potentieel Grijz duin bedraagt nog steeds 10.4ha, groter dan de compensatieopgave van 9.8ha. De overgangszones “droog” (0.61ha) en “nat” (2.32ha) zijn beide afgenomen. Delen van deze oppervlakken kunnen tot Grijze duinen dan wel Duinvalleien gaan behoren, waarmee het totale oppervlak aan potentiële habitattypen enkele hectares groter is dan de totale compensatieopgave.



34

H2120/2160 gekarteerd. Door verwijderen van de Duindoorn is het patroon van aanplant weer zichtbaar geworden, zodat deze delen in 2019 weer als H2120/2160 aanplant zijn gekarteerd. Aangezien voor zowel habitattype 2110 Embryonale duinen als 2120 Witte duinen als 2160 Duindoornstruwelen geen compensatieopgave bestaat, zijn deze verschuivingen interessant maar voor de doelstellingen van dit project niet van belang. Overigens zijn ze voor de natuurdoelen van het gebied zelf wel van belang. Door structureel Duindoorn te verwijderen wordt voorkomen dat een (groot) deel van de achterzijde van de zeereep overwoekerd raakt met Duindoorn en kan hier op termijn mogelijk zelfs nog Grijs duin ontstaan.

4.4.2 Verwachte ontwikkeling en aanbevelingen

Door de ingreep is nu een groot areaal ontstaan wat binnen de invloed van het grondwater ligt en waar potentieel habitattype 2190 tot ontwikkeling kan komen. Omdat ook op grote schaal schelpenvloertjes zijn verwijderd, zou een deel van het oppervlak tijdens droge perioden in verstuiving kunnen gaan. Door overstuiving van de zeereep en door overstuiving in de langsrichting van de vallei, zowel met noordoosten als met zuidwestenwind kan zand in de gevormde laagtes stuiven. Dit zal vooral in de meest noordelijke en meest zuidelijke laagte voor enige verhoging kunnen zorgen, maar voorlopig is de bodem dermate laag dat er van verdroging geen sprake zal zijn. Het is de vraag of opnieuw schelpenvloertjes gaan ontstaan, en zo ja op welke schaal.

Door aanstuiving zal het basisduin verder verhogen en natuurlijker worden. Door de aanplant met stroken helm op het voorheen niet beplante basisduin wordt ook dit hoger en wordt daarmee de kans dat de zee hier doorheen breekt kleiner. Dit lijkt een continu proces, waarvan verwacht wordt dat het de komende jaren verder doorzet. De zones tussen de helmstroken blijven kaal maar aan de zuidkant is hier in 2018 aangeplant. Met de maaiveldverlaging is ook aan de noordkant helm getransplanteerd en plagsel uit de vallei aangebracht.

Op de achterzijde van de zeereep is de ontwikkeling van Duindoorn dusdanig dat deze ondanks ingrijpen in 2018 nog steeds aanwezig is. De afgezette Duindoorn is voor het grootste deel opnieuw uitgelopen. Structureel bestrijden van Duindoorn kan de ruimte voor een potentiële ontwikkeling van Grijze duinen vergroten. Hier wordt dringend aanbevolen de duindoorn op veel intensievere wijze te bestrijden, in ieder geval door ook de wortels te verwijderen.

Met de nieuwe uitgangssituatie lijkt de weg vrij voor een ontwikkeling van vochtige habitats. Gezien de nog steeds actieve eolische processen in het gebied blijft het echter van belang de ontwikkeling te blijven volgen. Belangrijk is of:

- De verstuiving binnen de vallei door verwijderen van de schelpenvloertjes weer gaat toenemen;
- Overstuiving door de vallei en over de zeereep tot een verhoging van de nu natte delen zal leiden. Aanwezig water is een goede zandvang en zal rondstuivend zand invangen, waardoor het oppervlak weer kan verhogen. Te veel verhoging zal de positieve verandering door de ingreep weer teniet doen.

4.4.3 Conclusies t.a.v. potentiële habitats

- Door de ingreep is het oppervlak aan potentieel habitat natte duinvallei 6.21ha, wat iets groter is dan de 6.1ha uit de compensatieopgave.
- Het potentieel habitat grijze duinen bedraagt nu 10.40 ha, groter dan de 9.8ha uit de compensatieopgave.
- Voeg hierbij nog de overgangszones van 0.61 (droog) en 2.32 (nat) ha en er lijkt genoeg ruimte om aan de compensatieopgave te voldoen.
- Daarnaast kan een deel van de zeereep zich tot grijs duin ontwikkelen, zeker als de opgekomen Duindoorn massaal verwijderd wordt en onderdrukt blijft worden. Dit is met de eerste twee ingrepen niet goed gelukt.

4.5 Bodem en gedeelte slijpplaten onderzoek

Zoals reeds in het Jaarverslag Spanjaardsduin 2017 (lit. 50) is aangegeven is een bodemonderzoek uitgevoerd door Deltares, waarvan de rapportage nu beschikbaar is (lit. 50).

Het onderzoek is uitgevoerd omdat er behoefte was aan meer kennis over de korrelgrootteverdeling, geochemische samenstelling, bodemvorming en zaadbank in de vallei. Met deze informatie kan een betere inschatting worden gemaakt of de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van de vegetatietypen die horen tot H2190B en H2130.

Omdat het gebied bestaat uit opgespoten zand zijn er slechts beperkte verschillen in de korrelgroottepatronen in het gebied. Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit een korrelgrootte van 150-700 µm. Soms komen er lagen voor met een hoog gehalte schelpresten. Er is geen lutum aangetroffen in de monsters.

Uit de resultaten van de geochemische analyse blijkt dat de percentages organisch materiaal, stikstof en fosfaat klein zijn. Dit wijst er op het risico op te voedselrijke grond met de bijbehorende ongewenste nutriëntminnende vegetatie klein is. De waarden van pH en calciumcarbonaat zijn in het gehele gebied hoog. Dit is normaal voor opgespoten zeezand langs de Zuid-Hollandse kust en is gunstig voor de ontwikkeling van kalkminnende vegetatie behorende bij vochtige duinvalleien (H2190B). De hoge pH-waarden gelden voor alle diepteklassen, waardoor geen effect te verwachten is van de verdiepingsmaatregel op de zuurgraad in het gebied.

In één gebied, dat ecologisch-botanisch interessant lijkt te zijn (zie ook 4.6), zijn twee monsters genomen voor macrorestenanalyse. De resultaten hiervan laten een zeer beperkte zaadbank zien. Sierlijk Vetmuur (ofwel Krielparnassia – *Sagina nodosa*) komt voor in zowel de zaadbank als groeiend in de directe omgeving.

Uit de resultaten van de geochemische analyse bleek dat de bodemsamenstelling op 50 cm diepte niet significant verschilt van de huidige ondiepe laag (2-10cm) van de bodem. De bodemsamenstelling op de uitgravingsdiepte vormde dus geen belemmering voor het uitvoeren van deze maatregel.

Op basis van de micromorfologische analyse (onderzoek slijpplaten) kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van deze analyse kan dan ook vastgesteld worden dat de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Gelet op de nog beperkte zaadbank is geadviseerd om een deel waar al Sierlijk Vetmuur staat niet uit te diepen, hetgeen conform dit advies is uitgevoerd.

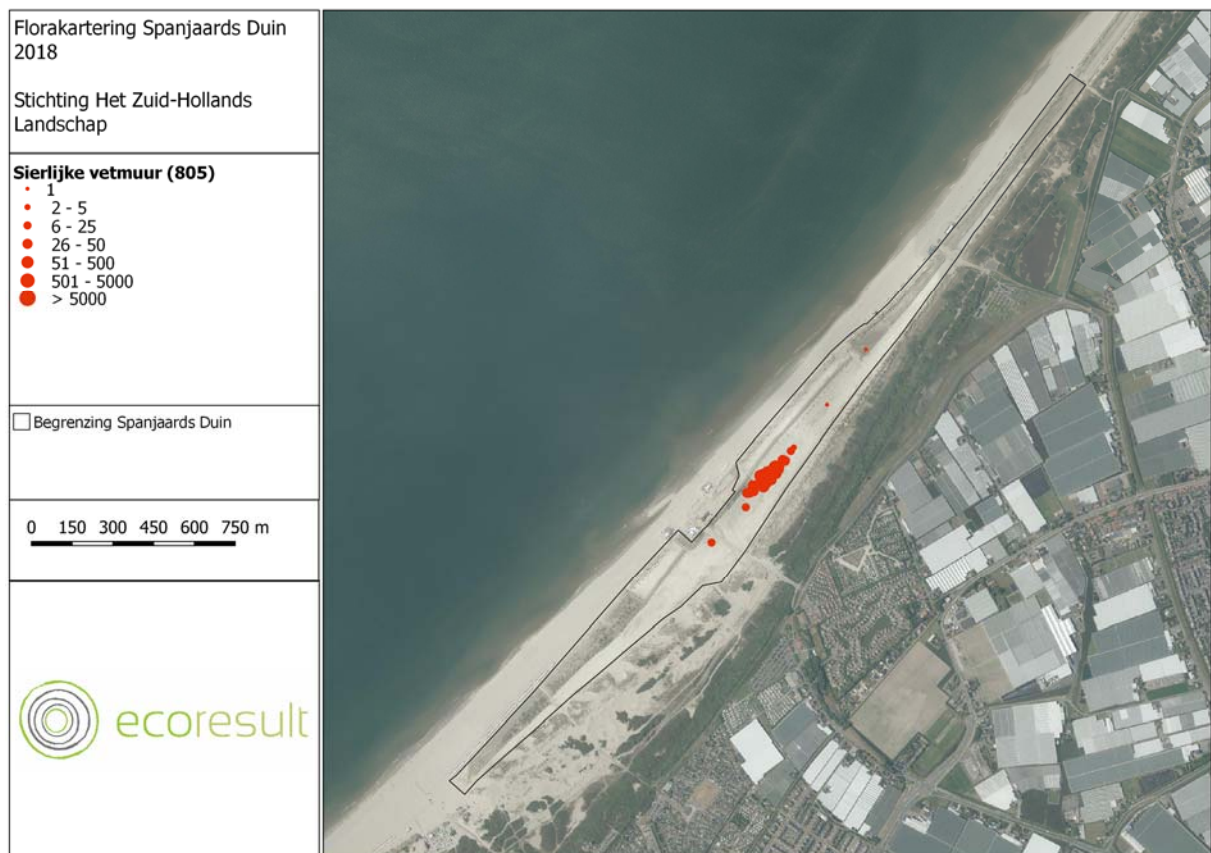
4.6 Vegetatie

Evenals voorgaande jaren is een vegetatiekartering uitgevoerd. Op 27 augustus 2018 zijn door Ecoresult vegetatieopnames ook soortenopnames in de 2016 uitgezette PQs uitgevoerd. In totaal zijn er 29 PQs opgenomen in Spanjaards Duin. Deze monitoring is noodzakelijk om de vegetatieontwikkelingen nauwkeurig te volgen in de tijd. De vegetatieopnames in PQs worden vanaf 2017 jaarlijks uitgevoerd. Daarnaast worden al langer planteninventarisaties uitgevoerd hetgeen resulteert in verspreidingskaarten. Deze zijn als bijlage 10 bij dit rapport gevoegd. Voor wat betreft de soorten die behoren bij vochtige omstandigheden (H2190 is dit gelet op de uitgevoerde ingreep in het gebied voor dit verslag niet opportuun hiervan verslag te doen..

Het is wel van belang om stil te staan is bij de verspreiding van Sierlijk vetmuur (*Sagina nodosa*), een indicatorsoort voor H 2190. Op bijgevoegde figuur is de groeiplaats weergegeven die bij de uitvoering van de maaiveldverlaging is behouden teneinde als zaadbank voor de omgeving te kunnen dienen. Daarbij zijn ook de groeiplaatsen van andere vochtminnende soorten die blijken de vegetatieopnames hier groeien (Bleekgele droogbloem, Watermunt, Waterpunge, Wederik, Wolfspoot en Zomprus) gespaard gebleven.

Voor wat betreft de soorten die onderdeel vormen van de plantengemeenschappen die horen bij het habitatype H2130 Grijs duin kan opgemerkt worden dat ze zich nog maar beperkt hebben verspreid. Het gaat hier om o.a. Kleine leeuwentand, Kruipend stalkruid, Muurpeper, Sierlijk vetkruid en Zanddoddegras. Ze treden vooral op in het zuidelijke deel van de zuidelijke vallei van Spanjaardsduin, waar de dynamiek lager is door de geringe breedte van de vallei en de verdergaande ontwikkeling van

de nieuwe zeereep (en mogelijk de luwte van de strandhuisjes?). Ook zijn deze en enkele andere soorten aangetroffen direct ten noorden van slag Vlughtenburg in de luwte van het zandlichaam rondom de bebouwing en catamaranopslag. In de open delen van de valleien worden van deze soorten nauwelijks groeiplaatsen aangetroffen.



4.7 Avifauna

In 2018 heeft in Spanjaardsduin 1 paar Kleine plevier gebroed. Een paar Bontbekplevieren heeft een broedpoging gedaan, maar zijn waarschijnlijk door de droogte en hitte naar de Zandmotor verhuisd. Verder werd een drietal territoria van Graspieper gevonden (T. van Schie).

4.8 Evaluatie rietpootexperiment

4.8.1 Doel en opzet van het experiment

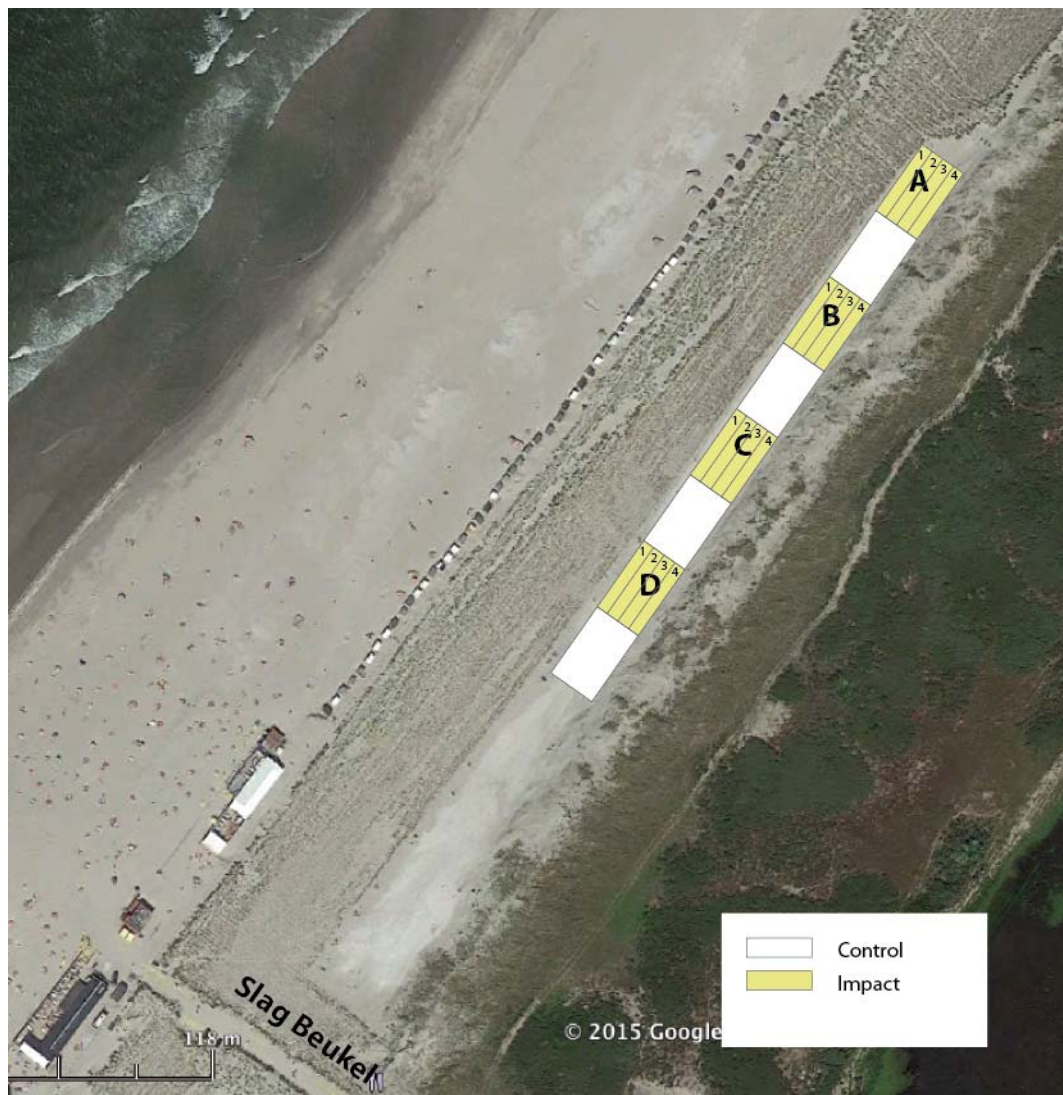
Doel van het experiment 'rietpoten noordpunt Spanjaards Duin' is inzicht verkrijgen of het mogelijk is door middel van het aanbrengen van rietpoten de aanvang van de vegetatie-ontwikkeling van H2130 te bevorderen.

De gedachte hierachter is dat rietpoten instuiving van een dunne laag fijn zand met de juiste compactie voor vegetatievestiging van H2120 (Grijs duin) kunnen bewerkstelligen. Hierbij is gedacht aan:

- Bevorderen gelijkmatige opstuiving (tenminste 5-10 cm) voor gewenste bodemopbouw met vers opgestoven zand met een mediane korrelgrootte van 220 μm (Van der Valk, 2014; IJff et al., 2018 matig fijn zand tot uiterst grof zand, met een mediane korrelgrootte van 323 μm voor de fijnste fractie.) t.b.v. een goed uitgangspunt van de bodem voor de ontwikkeling van H2130;

- Bevorderen van de vestiging van pionier soorten van H2130, waarbij de helmfase wordt overgeslagen. Pioniersoorten H2130A zijn o.a.: duinsterretje (mos), muurpeper, buntgras, zandviooltje, zanddoddegras, ruw vergeet-mij-nietje
 - Ervaring opdoen met verschillende manieren van rietpoten om deze vestiging te bereiken.
- Het experiment heeft een beperkte duur. De duur van het experiment wordt bepaald door de levensduur van de rietpoten (het idee was dat het riet 3 jaar vanzelf verdwenen zijn) en de verwachting dat in die periode voldoende stabilisatie is opgetreden voor de beoogde vestiging van soorten van H2130.

Het experiment is uitgevoerd in de meest noordelijke punt van Spanjaards Duin, ten noorden van slag Beukel (Fig. 4). In de T0 situatie (december 2015) bestond dit deelgebied uit een licht hellend terrein met een (dunne) schelpenvloer. In de noordelijke punt zijn vier afzonderlijk proefvlakken (30 x 20 m) onderscheiden, steeds onderverdeeld in een blanco en impact. Het experiment is in de noordelijke punt vanuit de noord, dat is de lijzijde, uitgevoerd. Elk proefvlak heeft hierdoor in het begin een autonome ontwikkeling met maximale zand invang door kunnen maken. De vier gebieden zijn vanaf juni 2016 'ingeplant' met rietpoten, er is begonnen met proefvlak A in het voorjaar van 2016 gevolgd door de proefvlakken B t/m D. Het idee was dat de 'aanplant' van het volgende vak in gang zou worden gezet nadat een laagje zand van gemiddeld 5 cm dikte was ingestoven in het eerdere proefvlak. In de praktijk verliep aanleg in de tijd als volgt (mededeling M. van Eerden): vak A: 22-25 juni 2016, vak B: 4-10 okt 2016, vak C: 4-5 april 2017, vak D: 16-19 sep 2017.



Figuur 4.8.1. : Ligging proefvlakken (impact) en blanco's (control) met strokenverdeling (op tekening niet aangegeven, maar ook de 'control' vakken krijgen een gelijke virtuele strokenverdeling (Bron: Vertegaal et al., 2016).

Middels hoogtemetingen en veldbezoeken zijn de geomorfologische en vegetatiekundige veranderingen in de tijd gevolgd. Voor een vollediger verslag wordt verwezen naar bijlage 8. Hier wordt volstaan met de voorlopige conclusies en aanbevelingen uit deze rapportage.

4.8.2 Voorlopige conclusies en aanbevelingen rietpootexperiment

- Draagt het aanbrengen van rietpoten in de vorm van deze proefopzet inderdaad conform verwachting bij aan een versnelling van de vestiging van soorten van habitatype H2130? Daar is nu onvoldoende bewijs voor, maar uit de veldwaarnemingen is nog geen voorkeur voor H2130 soorten gebleken.
- Leiden verschillen in de dichtheid van aan te brengen rietpoten tot verschillen in aanstuiving en/of verschillen in de vestiging van soorten? De verschillen en aanlegtijd leiden wel tot verschillen in instuiving in de pootvakken. Hoe dit op termijn ontwikkelt kan nader onderzocht worden met nieuwe drone data. De aanbeveling is een dronevlucht met hoogtemeting in april 2019 uit te voeren, vóór het vegetatiesezoen uit. De aanstuiving kan flink zijn (20 cm in 2 maanden). Te snelle accumulatie blijkt kieming van H2130 soorten te bemoeilijken.
- Leidt de toegepaste methodiek van rietpoten aanbrengen tot de vestiging van (soorten van) H2130 en tot het 'overslaan' van de 'helmfase'? Uit de veldwaarnemingen blijkt helm voor te komen in de pootvakken.
- (In hoeverre) kunnen de opgedane inzichten breder - in Spanjaardsduin - worden toegepast? De ingeplante vakken werken voor een deel van het oppervlak goed als stabilisator/zandvanger. Soms te goed (te snelle accumulatie), waardoor kieming bemoeilijkt wordt. Er is van een ontwikkeling naar een echte grijs duin vegetatie nog maar weinig te bekennen: de meeste soorten zijn nog uit een vloedmerk associatie of het zijn ruderaal soorten. Op basis van deze eerste resultaten lijkt het dus niet aan te bevelen om middels rietpoten of rietschermen luwte te creëren voor de ontwikkeling van H2130, grijs duin.

Verder onderzoek in de vorm van een morfologische interpretatie van de patronen in de tijd, aangevuld met een samenvattende (beheer) conclusie t.a.v. de vegetatievestiging is uitgezet als onderwerp voor een Master's student.

Afhankelijk van de hoeveelheid kiemplanten (notoir lastig te determineren), kan er veel of weinig werk aan de vegetatie-determinatie zitten. Indien er veel werk aanzit bevelen we ondersteuning door professionals aan. Waar mogelijk gekoppeld aan het geplande PQ-werk .

5 AANBEVELINGEN.

5.1 Maatregelen en monitoring

- Uit eerdere jaarverslagen staat nog deze aanbeveling (pv): De invloed van de Banken op de ligging van de waterscheiding in de duinen, ter hoogte van het noordelijk deel van de duinvallei van Spanjaards Duin is nog onduidelijk. Indien peilingrepen in deze binnen-duinrandvallei worden gepland, dan is nader onderzoek wenselijk naar het uitstralingseffect op het grondwater in het Spanjaards Duin.
- De mate van zandaanvoer naar de vallei cq de effectiviteit van zandinvang door de nieuwe zeereep en de voorziening ten NO van Slag Vlugtenburg moet goed worden gevolgd. Dit moet geschieden middels regelmatige veldbezoeken en de halfjaarlijkse hoogtemetingen. Bij gebleken zandinwaai moeten adequaat maatregelen worden genomen.
- V.w.b. de vegetatiekartering heeft het meerwaarde als het opdrachtnemend bedrijf naast het overleggen van de meetgegevens ook een analyse uitvoert op de betekenis van de aangetroffen plantensoorten voor realisatie van de doelhabitats.
- Ten aanzien van de vegetatiekartering is een voorstel opgesteld (zie bijlage 9). De onderstaande tabel geeft een overzicht.

PvA Vegetatiemonitoring Spanjaards Duin 2019-2030		
Activiteit en Acteur	Product	Frequentie
Vegetatiekartering Ecoresult	Vegetatiekaart en verspreiding van doeltypen en andere vegetatietypen	1x per 3 jaar
PQs updaten en opnemen Ecoresult Bestaande set (30-5=25) updaten met 15 nieuwe PQs verdeeld over de 5 kleinere valleien en in langsrichting in de vallei; opnemen mei 2019	(Ontwikkeling) soortensamenstelling in PQs. Vestiging en ontwikkeling van pioniersoorten. Primaire successie van (doel)vegetaties.	2019 en 2020, vervolgens 1x per 2-3 jaar
Soorten inventarisatie Ecoresult Opnieuw bezien welke soorten worden gedaan; op basis van Rode lijst, proces-indicatie, indicator soort...	Verspreidingskaarten van aandachtsoorten, indicatief voor een bepaald milieu of proces	1x per 2-3 jaar
Kartering Duindoorn Zuidhollands Landschap	Bedreiging signaleren voor doelvegetaties; speciale aandacht van het beheer	Naar bevind handelen
Groenknolorchis monitoring Ecoresult	Kolonisatie en verspreiding aangeven	Naar bevind handelen

- Het verdient aanbeveling om het grondwatermeetnet te renoveren. Dit komt neer op herplaatsen van vervallen meetpunten en de meetpunten opnieuw in te meten. Aanbevolen wordt ook om een registratiesysteem te kiezen, waarbij de drukopnemers kunnen blijven hangen (telemetrisch, of lokaal via bluetooth of vergelijkbaar) tijdens handpeilingen. De herinrichting, de uitlezing en het beheer van het meetnet dienen bij voorkeur te worden uitbesteed aan één partij, die verantwoordelijk is voor de levering van adequate data.

Beheer en onderhoud

- De vraag is in het recente verleden opgeworpen of de uit bodemonderzoek gebleken zeer beperkte zaadbank aanvullende maatregelen (bijv. inbreng maaisel uit referentiegebieden (bijv. Kennemerstrand)) wenselijk maakt. Na de nu uitgevoerde verdieping van de vallei lijkt het raadzaam om de ontwikkelingen even af te wachten.
- In de nieuwe zeereep en delen van de vallei moet duindoorn bestreden blijven worden om te voorkomen dat te snel een eenvormig duinstruweel ontstaat. Afgesproken is om de locaties waar bestreden wordt jaarlijks geografisch vast te leggen. Er zijn verschillende inzichten over hoe de duindoorn het meest effectief bestreden kan worden: met wortel en al uittrekken vs jaarlijks maaien. Wellicht kan hierin duidelijkheid worden gebracht middels een expert-meeting in het veld.
- Het verdient aanbeveling om de nu nog spaarzaam voorkomende Rimpelroos te verwijderen.

5.2 Aanbevelingen hernieuwde rapportage

Het verdient aanbeveling om ons te beraden op de vorm van (jaar)rapportage, waarbij de vraag is of deze zo uitgebreid moet blijven als de huidige. Voorgesteld wordt om over het jaar 2019 nog een volledige rapportage zoals tot nu toe gebruikelijk is uit te voeren. De verwachting is dat het gebied in de jaren daarna meer in een beheersfase komt waarbij het accent verschuift van abiotiek naar biotiek.

Hoogtemetingen moeten jaarlijks uitgevoerd en een verschilberekening gemaakt om de vinger aan de pols van de geomorfologische ontwikkeling te houden.

De eenmaal ingestelde grondwatersituatie zal naar verwachting nauwelijks meer veranderen. De metingen zullen blijven worden uitgevoerd en de gegevens opgeslagen, maar een uitgebreide analyse en rapportage zoals tot nu toe gebruikelijk kan op een lagere frequentie worden uitgevoerd.

De komende jaren zal het monitoren van de vegetatieontwikkeling naar verwachting meer aandacht krijgen. Dit kan worden uitgevoerd volgens het in 5.1 beschreven voorstel.

Alles bij elkaar leidt dit tot een slankere rapportage die in een jaarlijkse bijeenkomst zou kunnen worden behandeld.

6 DOCUMENTATIE

1. Aggenbach, C.J.S., J. Grijpstra & M.H. Jalink, 2002. Serie Indicatoren: Duinvalleien (kalkrijke duinen) Basisrapport, Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Renodunaal district. Deel 7 Staatsbosbeheer, Driebergen.
2. Arens, S.M., 2010. Duincompensatie Delfland. Monitoring abiotische ontwikkeling; Februari 2010. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2010.02 in opdracht van Het Zuid-Hollands Landschap.
3. Arens, S.M. en C.T.M. Vertegaal, 2011. Duincompensatie Delfland – Spanjaards Duin, Jaarverslag 2009-2010. Rapport Arens BSDO RAP2011.02 in opdracht van Stichting het Zuid-Hollands Landschap.
4. Bakker, T.W.M., 1981. Nederlandse kustduinen, geohydrologie. Pudoc Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen.
5. Beeck, J. van, B. Conan & P. Planquart, 2011. Windtunnelproeven ter bepaling van het effect van strandhuisjes op het zandtransport bij Slag Vlugtenburg. Rapport van Karman Instituut voor Stromingsdynamica VKI EAR1111.
6. Beekman, W. & R. Caljé, 2014. Spanjaards Duin: hydrologische ontwikkeling, tot 2014. Artesia Water Research Unlimited, conceptrapport in opdracht van Zuid-Hollands Landschap.
7. Dijk, A. van, 2004. Handleiding Broedvogel Monitoring Project. SOVON, Beek-Ubbergen.
8. Goderie, C.R.J., C.T.M. Vertegaal & F. Heinis, 2007. Milieueffectrapport Bestemming Maasvlakte 2. Bijlage natuur. Havenbedrijf Rotterdam/Royal Haskoning, Rotterdam/Nijmegen.
9. Heinis, F., C.T.M. Vertegaal, C.R.J. Goderie & P.C. van Veen, 2007. Habitattoets, Passende Beoordeling en uitwerking ADC-criteria ten behoeve van vervolgbesluiten van Maasvlakte 2. Havenbedrijf Rotterdam/Royal Haskoning, Rotterdam/Nijmegen.
10. KNMI, 2009. Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2009. KNMI, De Bilt.
11. KNMI, 2010. Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2010. KNMI, De Bilt.
12. KNMI, 2011. Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2011. KNMI, De Bilt.
13. Meulen, F. van der, 2009. Plan van aanpak. Meetstrategie MEP Duinen. Effecten van het gebruik van Maasvlakte 2. Deltares, Delft.
14. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2010a. Memo Ontwikkeling morfologie Duincompensatie 2009. Memo Deltares projectnummer 1201.187 aan PBDK en Het Zuid-Hollands Landschap.
15. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2010b. Memo Verslag werkzaamheden Deltares SPA Advisering Delflandse Kust april oktober 2010. Memo Deltares projectnummer 1203.114.
16. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2011a. Memo Veldbezoek Spanjaards Duin, 16 augustus 2011. Memo Deltares Kenmerk 1205030-000-ZKS-0005.
17. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2011b. Memo Veldbezoek Spanjaards Duin, 19 maart 2011. Memo Deltares
18. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2011c. Memo Invloed Strandhuisjes op zandtransport 25 januari 2011 Memo Deltares
19. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2015. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin dd 17 april 2015
20. Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2009. Monitorings- en Evaluatieprogramma Duinen, september 2009.
21. BDuincompensatiegebied Delflandse kust, alsmede het beheer en onderhoud gedurende een periode van 30 jaar. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG RWS Zuid-Holland.
22. Putten, W.H. van der, 1989. Establishment, growth and degeneration of *Ammophila arenaria* in coastal sand dunes. Dissertatie Landbouw Universiteit, Wageningen.
23. Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1998. De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
24. Schipper, M.A. de, S. de Vries, R. Ranasinghe, A.J.H.M. Reniers and M.J.F. Stive, 2012. Morphological developments after a beach and shoreface nourishment at Vlugtenburg beach. Jubilee Conference Proceedings, NCK-Days, 2012.
25. Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel, 1999. De vegetatie van Nederland. Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

26. Terlouw, S., december 2013, Flora- en vegetatiekartering Spanjaards Duin en de Zandmotor 2013, kartering in de terreinen van Het Zuid-Hollands Landschap. Ecoresult i.o.v. ZHL. Rapportnr. ER20131216V02.
27. Valk, B. van der en F. van der Meulen, 2011. Memo invloed strandhuisjes op zandtransport Spanjaards Duin. Memo Deltares aan RWS Waterdienst.
28. Valk, B. van der, 2015. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin dd 16 febr. 2015.
29. Valk, L. van der, 2013. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin 23 oktober 2013. Notitie Deltares.
30. Valk, L. van der, 2014. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin 25 december 2013. Notitie Deltares.
31. Valk, L. van der & K. Vertegaal, 2013. Advies beheermaatregel helmaanplant Spanjaards Duin. Memo Deltares aan Zuid-Hollands Landschap, 9 januari 2013.
32. Veeken, L., J. ter Hoeven & J. Fiselier, 2007. Ontwerpplan Duincompensatie Delflandse kust. DHV/H+N+S/Alterra. Rapportnr.W 3487-02-001.
33. Vries, S. de, M. de Schipper, M. Stive en R. Ranasinghe., 2010. Sediment exchange between the sub-aqueous and sub-aerial coastal zones. Coastal Engineering 2010.
34. Vertegaal, C.T.M. & S.M. Arens, 2008. Ontwerp Natuurbeheerplan Duincompensatieproject Delflandse kust 2009-2029. Zuid-Hollands Landschap/Vertegaal/Arens, Rotterdam/Leiden/Amsterdam.
35. Woerden, H.van, E.Schoor, 2012. Ontwikkeling van een nieuw duingebied bij de Delflandse kust. Afstudeerrapport Watermanagement Hogeschool Rotterdam/ Deltares (afstudeerperiode februari-april 2012).
36. Zuid-Hollands Landschap, 2010. Beheerplan Spanjaards Duin 2010-2014.
37. Zuid-Hollands Landschap, 2011. Spanjaards Duin Beheersverslag 2009/2010.
38. Zuid-Hollands Landschap, 2012. Spanjaards Duin – Duincompensatie Delfland. Beheersverslag 2011.
39. Zuid-Hollands Landschap, 2013. Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2012.
40. Zweerts, H.W. 2011. ZHB 25517-061 juni 2011 Monitoring peilbuizen Vlugtenburg. Arcadis, Hoofddorp.
41. Zweerts, H.W. 2011. ZHB 25517-061 Dec. 2011 Monitoring peilbuizen Vlugtenburg. Arcadis, Hoofddorp.
42. Verslag n.a.v. terreinbezoek Spanjaards Duin 18-12-2015, Ronald Goderie en Kees Vertegaal.
43. Effects of slags on the chemical soil quality and vegetation in Spanjaards Duin; MSc thesis Soil Chemistry and Chemical Soil Quality, Wageningen University; Ben Dorssers, 2015
44. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2015, Spanjaardsduin, de eerste vijf jaar van aangelegde natuur, in Duin, juli 2015.
45. Mastrikt, A, van, Verslag bijeenkomst Handelingsperspectief op 24 augustus 2016, Royal Haskoning DHV, sept. 2016.
46. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2016. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin, dinsdag 8 maart 2016. Memo Deltares 1209885-000-ZKS-0027, 7-12-2016.
47. Meulen, F. Van der, B. Van der Valk & S. IJff, Concept-verslag Veldbezoek Spanjaards Duin 17 augustus 2016.
48. Zuid-Hollands Landschap, 2017. Jaarverslag Beheer Spanjaardsduin 2016.
49. Valk, L. Van der, Verslag veldbezoek 26 januari 2018.
50. Spanjaards Duin Bodemonderzoek, Stephanie IJff c.s.,Deltares, 2018
51. Meulen, F. van der, B. van der Valk, S. IJff en M. Eleveld, 2017. Concept-verslag veldbezoek Spanjaardsduin. Memo Deltares 4 mei 2017.
52. Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2017. Veldnotitie bezoek Spanjaards Duin 14 november 2017. Memo Deltares 23 november 2017.
53. IJff, S, B. van der Valk & F. van der Meulen, 2017, Leidraad Beheer Spanjaards Duin, Deltares.
54. Zuid-Hollands Landschap, 2018, Jaarverslag Spanjaards Duin 2017
55. Royal Haskoning, 22 december 2017, Maaiveldsverlaging Spanjaards Duin, Definitief ontwerp en werkomschrijving.
56. AW Vessies Infra, 20 december 2018, Maaiveldverlaging ontwerp-notitie 3D-model.
57. Meulen, F. Van der & B. Van der Valk, 2 mei 2019, memo Stand van zaken Spanjaards Duin tijdens en na verdieping.
58. Eleveld, M & B. Van der Valk, 8 april 2019, memo Stand van zaken rietpoot-experiment.
59. Meulen, F Van der & S. IJff, 2 mei 2019, Plan van Aanpak Vegetatie Monitoring Spanjaards Duin 2019 – 2030

BIJLAGEN

Bijlage 1	Monitoringstabel ⁶
Bijlage 2	Maaiveldsverlaging Spanjaards Duin, Definitief ontwerp en werkomschrijving.
Bijlage 3	Maaiveldverlaging ontwerp-notitie 3D-model.
Bijlage 4	Memo Stand van zaken Spanjaards Duin tijdens en na verdieping.
Bijlage 5	Geomorfologie
Bijlage 6	Hydrologische ontwikkeling
Bijlage 7	Bodemonderzoek, definitief rapport
Bijlage 8	Memo Stand van zaken rietpoot-experiment.
Bijlage 9	Plan van Aanpak Vegetatiemonitoring
Bijlage 10	Vegetatiekartering

⁶ De data die in Bijlage 1 genoemd worden, horen in de repository te staan:

https://repos.deltares.nl/repos/MEPDuinen/trunk/Spanjaards_Duin en is toegankelijk voor projectpartners. De data in de repository worden door Delares voor een ieder toegankelijk gevisualiseerd in <https://mepduinen.openearth.nl/mepduinen/>.

Bijlage 1 Monitoringstabel¹

¹ De data die in Bijlage 1 genoemd worden, horen in de repository te staan:

https://repos.deltares.nl/repos/MEPDuinen/trunk/Spanjaards_Duin en is toegankelijk voor projectpartners. De data in de repository worden door Delares voor een ieder toegankelijk gevisualiseerd in <https://mepduinen.openearth.nl/mepduinen/>

Monitoringstabel met toelichting (uit beheersplan 2013)

Aanpassing op monitoringstabel uit Beheerovereenkomst "Overeenkomst inzake natuurontwikkeling in het duincompensatiegebied Delflandse Kust"

Er is besloten om de parameters te nummeren per (Duin)element en niet zoals nu in oplopende volgorde. Dus Morfologie duingebied wordt M1, M2, M3 etc. Hierdoor hoeft niet meteen de hele nummering te worden aangepast als je wat wilt toevoegen of afhalen (in Open Earth).

Profiel vooroever en strand (P)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Profiel vooroever en strand	P1.diepte	vooroever	Sonar	2009, 1x/jr	RWS	
	P2.ligging GHW	strand	Sonar	2009, 1x/jr		
	P3.hoogte strand	strand	Laseraltimetrie	2009, 2x/jr		
	P4.zandvolume strand	strand	Berekenen			

Profiel vooroever en strand (P)

- De parameters Diepte, Ligging GHW, Hoogte strand en Zandvolume zijn de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat.
- De monitoring van kustlijn en vooroever wordt door Rijkswaterstaat uitgevoerd door de Jaarlijkse Kustmeting (Jarkus: <http://opendap.deltares.nl/thredds/catalog/opendap/rijkswaterstaat/kustlidar/catalog.html>). Met een vliegtuig wordt jaarlijks van de Nederlandse kustlijn de maaiveldhoogte vastgelegd door laseraltimetrie metingen. Ten behoeve van het project Zandmotor wordt een extra laseraltimetrie meting uitgevoerd in oktober. Spanjaard Duin wordt ook meegenomen in deze vlucht: Parameters P1 t/m P3. In het kader van Building with Nature Zandmotor zijn tussen 2009 en 2013 maandelijkse metingen uitgevoerd op strand en vooroever van -9 tot +5 meter NAP over een kuststrook van 1750 meter ter hoogte van strand Vlughtenburg en wordt de sedimentuitwisseling tussen de verschillende compartimenten bestudeerd. De resultaten zijn door Sierd de Vries (TU Delft) gepubliceerd. In het kader van NEMO wordt via een iets andere opzet de sedimentuitwisseling doorgemeten: Parameter P4.
- Het onderdeel Morfologie duingebied (M) wordt op dezelfde manier opgenomen als het onderdeel Profiel vooroever en strand (P). Beide onderdelen liggen geografisch gezien in elkaars verlengde.

Morfologie duingebied (M)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Morfologie duingebied	M1.hoogteligging -vlakdekkend	totaal	Laseraltimetrie	2009, 1x/jr	RWS	Naar aanleiding van rietpotenexperiment wordt 1 keer per jaar heel Spanjaards Duin opgenomen.
	-transecten (n=16)	totaal	Drone opname DGPS	2016, 1x/jr 2010, 3x/jr 2015, 2x/jr	ZHL	
	M2.accumulatie en deflatie	totaal	verschillen van M1	2009, 1x/jr	RWS	
	M3.patroon maatregelen	totaal	op kaart zetten	bij uitvoering	ZHL	
	M4. Zandvolume, zandflux per tijdeenheid		Vergelijk laseraltimetrie kaarten: zgn. verschilkaarten.	2009, minimaal 1x/jr	RWS	Verschaft inzicht in hoeveel zand (m ³) die werkelijk geërodeerd/afgezet.
Morfologie rietpoten experiment	M5. Hoogtemodel	Gebied rond rietpoten experiment	Remotely Piloted Aerial System (RPAS)	2016 en 2017 2x/jr Daarna 1x/jr	RWS	

Morfologie duingebied (M) inclusief nieuwe en oude zeereep, plus een strook achter de oude zeereep

- Het onderdeel Morfologie duingebied (M) wordt op dezelfde manier opgenomen als het onderdeel Profiel vooroever en strand (P). Beide onderdelen liggen geografisch gezien in elkaars verlengde.
- De parameter Hoogteligging duin is de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat (RWS) en het Zuid-Hollands Landschap (ZHL). Bij de Jaarlijkse Kustmeting door RWS wordt het aangrenzende achterland vlakdekkend meegenomen (Zie parameter P). Daarnaast laat ZHL veldmetingen uitvoeren door met DGPS apparatuur profielopnames te maken langs raaien vanaf de RijksStrandPalen tot in de oude zeereep. De profielmetingen zijn nodig om het maaiveldniveau onder de vegetatie (o.a. Duindoorn) te bepalen. In de afgelopen jaren zijn 3x/jr transecten opgenomen. Vanaf 2015 worden 2x/jr transecten opgenomen. De morfologische veranderingen lopen langzamer dan in de eerste vijf jaar: Parameter M1.
- De beide genoemde metingen bij M1 gecombineerd met luchtfoto's van RWS geven informatie voor het patroon van de verstuivingen. Tot op heden is deze analyse beperkter uitgevoerd, omdat de benodigde luchtfoto's ontbreken. Parameter M2.
- Het patroon van maatregelen (zoals bijvoorbeeld in 2013 en 2015 het verwijderen van duindoorn) zet ZHL voor het hele gebied op kaart: Parameter M3.
- Vergelijking van de laseraltimetrie kaarten geeft inzicht in het verschil tussen zomer- en winterstuiven t.b.v. verbetering inzicht seizoensstuiven. Deze analyse gebeurt in het kader van het jaarverslag. Parameter M4.
- Ten behoeve van het rietpoten experiment wordt een hoogtemodel opgenomen met een Drone (Remotely Piloted Aerial System (RPAS)) door Shore Monitoring. In 2016 zijn voor het gebied rond het rietpoten experiment 2 maal metingen uitgevoerd (X 2016 en Y 2016). Eenmaal voor het starten van het experiment en eenmaal voor het inplanten van het tweede plot met rietpoten. In X 2016 is gelijktijdig met de opname ten behoeve van het rietpotenexperiment ook een hoogtemodel opgenomen voor het hele duingebied Spanjaards Duin. Parameter M5.

Grondwater (G)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Grondwater	G1. grondwaterstanden	G1a. 7 peilbuizen in 2 raaien, N-raai en Z-raai	opnemen	alles 1x/mnd	RWS	
		G1b. Va. aug 2012 16 extra tijdelijke peilbuizen in de vallei	peilbuizen (her)plaatsen en opnemen	aug 2012, mei en september 2013, januari en augustus/september 2014 en januari 2015	RWS	Gestopt na januari 2015 n.a.v. constatering van Artesia, zie toelichting punt 3
Vervanging voor G1a tot G1b.		G1d. 10 peilbuizen in 2 raaien, N-raai en Z-raai	Automatische drukopnemers	vanaf december 2015, vaker dan 2* per dag, uitlezen begin januari	RWS	Opmerkingen AC en Artesia. Om betrouwbaardere metingen te verzamelen worden handmetingen in raaien en tijdelijke meetnet vervangen door 10 automatische drukopnemers.
	G2. zoet-zout grensvlak	Duinvallei	CVES-metingen	2014, 2015, 2017 minimaal eens in de 2 jaar tot 2019		Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de zoetwaterbel.
Voorlopig niet uitvoeren, wel als optie behouden in tabel.	G3. grondwatermodellering	Geheel Spanjaards Duin en omgeving incl. De Banken	Grondwatermodel	nvt	Vastleggen wie de verantwoordelijke instanties zijn voor opname, verwerking en synthese	Opmerkingen AC en Artesia. Zie toelichting punt 5
	G4. grondwaterkwaliteit	8 peilbuizen in 2 raaien	Lab analyse	2x/jr	RWS	Zie toelichting punt 6
Voorlopig niet uitvoeren, wel als optie behouden in tabel.	G5. Dynamiek zoet zout grensvlak	1 locatie (diepe peilbuis zie parameter B2)	elektromagnetische metingen met een EM39)		RWS	Hiermee kan op efficiënte wijze de dynamiek van de ontwikkeling van het grensvlak worden gevolgd.

Grondwater (G)

- De maandelijkse handmetingen in de 10 peilbuizen worden vervangen door het installeren van 10 automatische drukopnemers. Deze drukopnemers worden minimaal elk jaar in januari uitgelezen door onderaannemer van RWS WNZ. Parameter G1d.

2. Tot en met 2014 zijn maandelijks grondwaterstanden gemeten door het Hoogheemraadschap van Delfland aan de hand van 10 meetpunten. Per 2014 heeft Rijkswaterstaat deze verplichting overgenomen. Parameter G1a en G1c.
3. Vanaf 2012 tot januari 2015 zijn in ca. 16 meetpunten 2 keer per jaar in de duinvallei grondwaterstanden opgenomen. Hierdoor is voldoende inzicht verkregen in de verdeling van de grondwaterstand in de vallei in een droge en natte situatie. De metingen zijn zeer waardevol gebleken voor het vaststellen van de ruimtelijke variatie van het grondwaterpeil in de vallei. Die blijkt minimaal: eigenlijk is bij alle opnamen een vrijwel horizontale grondwaterstand in de vallei vastgesteld evenwijdig aan de kust [Artesia, 2014]. Daarom zijn deze metingen na januari 2014 beëindigd. Parameter G1b.
4. In januari 2014 en 2015 is er een CVES-meting gedaan door de VU en Artesia om de zoet-zoutverdeling in de ondergrond te bepalen. Dit geeft een beeld over de opbolling van de zoetwaterlens onder het maaiveld van de duinvallei. De volgende CVES-meting wordt voorzien voor 2017. Parameter G2.
5. Voor het jaarverslag 2013 is door Artesia een grondwatermodel door middel van enkele dwarsdoorsneden gebouwd. Om een bruikbaar grondwatermodel te kunnen bouwen is het cruciaal om meer gegevens over het gebied te hebben [Artesia, 2014]. Daarom heeft het opstellen van een grondwatermodel een sterke relatie met parameter G1, G2, G5 en B2. Opstellen van een grondwatermodel wordt niet eerder uitgevoerd, dan dat er noodzaak is inzicht rond interactie Spanjaards Duin en De Banken te vergroten. Parameter G3.
6. De grondwaterkwaliteit is gemeten aan de hand van een grondwaterbemonstering in de peilbuizen in het voor- en najaar; behalve pH en geleidingswaarden zijn relevante nutriëntengehaltes in het laboratorium geanalyseerd. Wens: Beschrijven chemie-gegevens van het grondwater en de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit in relatie tot de trofie-graad van de bodem (in de vallei). Waterkwaliteit meten van het grondwater op enkele meters diepte is niet zinvol voor de beoordeling van standplaatscondities: als je dat wil moet je bodemonmonsters nemen. Deze aanbeveling is ook al eerder gegeven in samenhang met het uitdunnen van de huidige meetcampagne: Parameter G4.
7. De ontwikkeling van een zoetwaterbel onder Spanjaards Duin leidt tot een secundaire stijging van de grondwaterstand. Begin 2014 en 2015 is in enkele CVES-raaien de diepte van de zoet-zout grensvlak bepaald. Het bleek dat dit grensvlak zich in grote lijnen horizontaal heeft ontwikkeld. Uiteindelijk komt dit proces tot evenwicht en dus tot stilstand, alleen de vraag is nog waar dit evenwicht ligt. Omdat de ontwikkeling zich voorlopig horizontaal manifesteert, is het in aanvulling op de CVES-metingen bijzonder zinvol om een extra grondwaterbuis te plaatsen tot grotere diepte (30 meter, liefst tot onder de verwachte kleilaag op circa 20 m-mv), met een grotere diameter (5 cm), waarin elektromagnetische metingen kunnen worden uitgevoerd (bv. met een EM39). Hiermee kan op efficiënte wijze de dynamiek van de ontwikkeling van het grensvlak worden gevolgd. [Artesia, 2014] Parameter G5.

Vegetatie en flora (V)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Vegetatie en flora	V1. structuur	totaal	Lufo analyse	2-3x/jr	ZHL	
Aangepast	V2. lokale ruigtes	totaal	Veldwerk. Ook ruigtesoorten opnemen en evt. verwijderen	1x/jr, vanaf 2013		Verruiging in de kiem smoren

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Aangepast	V3. vegetatietypen	totaal	Karteren met lufo-interpretatie en vegetatie-opnames.	1x/2jr in fase 2, m.i.v. 2017?		Moment komt naderbij dat de zanddynamiek gaat afnemen en de doeltypen zich gaan vestigen. Ook algenmatten signaleren en mossen opnemen. Extra aandacht voor pioniersoorten van Vochtige duinvalleien; Grijze duinen ontwikkelt zich later
	V4. aandachtssoorten hogere planten en GK-orchis (in vallei)	totaal	Micro-kartering	1x/5jr in fase 2		
Toegevoegd	V5. PQ's	35 PQ's	Tansley of de Braun-Blanquet schaal	Vanaf 2017 1x/jaar	ZHL	

Vegetatie en flora (V)

- De vegetatiestructuur is door luchtfoto's en terreinbezoeken bepaald. Ook de lokale ruigten zijn hierbij vastgesteld (ZHL): Parameters V1 en V2. In 2013 is de vegetatiestructuur niet bepaald en heeft geen luchtfoto-analyse plaatsgevonden.
- De vegetaties en habitattypen zijn nu nog niet vast te stellen; er is een voorlopige 'pre-habitattypenkaart' opgesteld. In fase twee (vanaf 2014) worden deze gemonitord. Parameters V3 en V4.
- Opname van PQ's vanaf 2017. Zolang er weinig vegetatie is op te nemen zijn de 35 PQ's in een paar uur te doen. Later wordt dit bewerkelijker. Gestreefd zou moeten worden naar max 1-2 dag werk per keer. Parameter V5.

Broedvogels (BV)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Broedvogels (optioneel)	BV1. aantal territoria / broedparen	totaal	BMP	2010, 1x/jr	ZHL	

Broedvogels (BV)

- Het aantal territoria broedvogels wordt jaarlijks door vrijwillige vogelaars in het hele gebied vastgesteld: Parameter BV1.

Recreatie (R)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
---------------	-----------	---------------------	---------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------

		gebied			instantie	aanpassing
Recreatie	R1.recreatiedruk / betreding	totaal	Vastleggen overtredingen	permanent	ZHL	

Recreatie (R)

- De recreatiedruk en betreding wordt door ZHL zeer regelmatig gevolgd; hierbij is rekening gehouden met een intensiever toezicht tijdens 'strand'dagen: Parameter R1.

Zoogdieren (Z)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Zoogdieren	Z1. Voorkomen van zoogdieren	totaal	Vrijwillige waarnemingen	2010, jaarlijks	Stichting Duinbehoud	
Toevoegen gezamenlijk met PQ vegetatie opname	Z2. Hoeveelheid konijnenkeutels	Per PQ	Kwantitatieve beschrijving van aantal	Start PQ opname	RWS	Konijnen hebben een rol bij de begrazing

Zoogdieren (Z)

- Vrijwillige opname door Stichting Duinbehoud. Parameter Z1.

Bodem (diep en ondiep) (B)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Bodem Overwogen in relatie tot PQ's	B1 onderzoek naar initiële bodemvorming	Raai door het gebied of in enkele PQ's	Slijpplaten of steek-kernen	Kan eenmalig gedaan worden en over 5 jaar nog eens.	RWS als OG	Verschaft inzicht in de juiste condities voor vestiging van de habitattypen
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B2a. Bodemopbouw (geohydrologische opbouw) en doorlatendheid, boorbeschrijving	1 locatie (diepe peilbuis zie parameter G5)	Boorbeschrijving tijdens plaatsen diepe peilbuis tot minimaal 5 m onder scheidende laag. Waarbij korrelgrootte verdeling van relevante lagen wordt bepaald.	Eenmalig	RWS als OG	Bodemopbouw is o.a. benodigd voor grondwatermodellering
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B2b. Bodemopbouw, sonderingen	raai van 3 sonderingen tussen oude duinvoet en nieuwe duinvoet; 1 sondering onder het oude duin en 1 sondering tussen De Banken en de polder	geleidbaarheidssonderingen, inclusief dissipatie testen	Eenmalig	RWS als opdrachtgever	Onzekerheid bestaat over de bodemopbouw aan zee-zijde en onder het nieuwe basisduin [Artesia, 2014].
Voorlopig niet uitvoeren, gekoppeld aan G3.	B3. Doorlatendheid, Bodemopbouw ondiep	in 10 peilbuizen (zie parameter G1a)	doorlatendheidsmetingen d.m.v. fallling head methode	Eenmalig	RWS als opdrachtgever	Bodemopbouw is o.a. benodigd voor grondwatermodellering [Artesia, 2014].

Bodem (diep en ondiep) (B)

- De beschikbare boringen geven een voldoende beeld van de situatie aan de binnenduinrand en verder landinwaarts. Onzekerheid bestaat er echter over de bodemopbouw aan zee-zijde en onder het nieuwe basisduin. T.b.v. een bruikbaar grondwatermodel is meer inzicht in de huidige bodemopbouw noodzakelijk. Door het uitvoeren van 3 sonderingen in een raai tussen oude duinvoet en nieuwe duinvoet (1 sondering onder het oude duin en 1 sondering tussen De Banken en de polder) [Artesia, 2014]. Parameter B2b.

Dataopslag (D)

(Duin)element	Parameter	Deel van het gebied	Methode	Gemeten sinds, frequentie	Verantwoordelijke instantie	Reden voor aanpassing
Data opslag, versiebeheer-analyse en -evaluatie	D1. Data opslag	totaal		vanaf 2014, jaarlijks	ZHL RWS, Borgen in Open Earth / repository en bij de instanties die data opnemen en verzamelen	Een gestroomlijnde procedure voor productie van geïntegreerd jaarverslag
	D2. Data verwerking en -synthese					

Dataopslag (D)

- In dit monitoringsprotocol staat aangegeven welke gegevens worden verzameld. Deze gegevens worden met regelmaat (afhankelijk van de parameter) op een vergelijkbare wijze verzameld. Het is geen homogene set van gegevens. Rijkswaterstaat is eigenaar van alle monitoringsgegevens. Een deel van de data wordt verzameld met behulp van excel-tabellen (bijvoorbeeld: Grondwaterstand), die per organisatie op een gestructureerde, maar van elkaar afwijkende manier zijn opgebouwd. Ter bevordering van het eenvoudiger centraliseren en harmoniseren van de gegevens is het mogelijk gewenst om voor de verschillende parameters een uniform verzamelbestand te gebruiken wat voldoet aan de wensen voor het invoeren in het databeheersysteem. De gegevens zijn sinds de invoer van een repository in Open Earth beschikbaar voor alle leden van de CDBD. Parameter D1.

Aanvullend op de te monitoren parameters zijn regelmatig door Deltares veldbezoeken afgelegd (met verslaglegging) om een (aanvullend) kwalitatief beeld van de ontwikkeling te krijgen en eventueel ongewenste ontwikkelingen tijdig te signaleren, maar ook om goede ontwikkelingen snel te registreren. Deze verslagen zijn ook beschikbaar via Open Earth.

Literatuurlijst:

- [Artesia, 2014]: Spanjaards Duin, begroting onderdelen hydrologische monitoring, Artesia, concept, april 2014.

Bijlage 2 Maaiveldsverlaging Spanjaards Duin, Definitief ontwerp en werkschrijving.

RAPPORT

Maaiveldverlaging Spanjaards Duin

Definitief ontwerp en werkomschrijving

Klant: Stichting Zuid-Hollands Landschap

Referentie: WATBF6634R001F01

Versie: 1.0/Definitief

Datum: 22 december 2017



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Maaiveldverlaging Spanjaards Duin

Ondertitel: Definitief ontwerp en werkomschrijving

Referentie: WATBF6634R001F01

Versie: 1.0/Final

Datum: 22 december 2017

Projectnaam:

Projectnummer: BF6634

Auteur(s): Luuk Brinkman, Audrey van Mastrigt

Opgesteld door: Audrey van Mastrigt, Luuk Brinkman,
Björn Bolhuis, Fred Haarman

Gecontroleerd door: Fred Haarman

Datum/Initialen: FH 11-12-2017

Goedgekeurd door: Fred Haarman

Datum/Initialen: FH 11-12-2017

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Aanleiding	1
2	Huidige situatie	1
3	Gewenste situatie (definitief ontwerp)	2
4	Werkomschrijving	4
4.1	Vorbereiding	4
4.2	Uitvoering	6
4.3	Afronding	7
4.4	Planning	8
5	Programma van eisen	8
6	Vervolg en Vergunningen	9
7	Referenties	10

1 Aanleiding

Op basis van het Jaarverslag Spanjaards Duin 2016 blijkt dat het areaal potentieel habitat H2190B 'vochtige duinvalleien kalkrijk' onder de doelstelling blijft. Afhankelijk van de precieze definitie bedroeg het areaal in 2016 2,1 hectare potentiële vochtige duinvallei ten opzichte van een doelstelling van 6,1 hectare te realiseren in 2033 (zie tabel 1). Om voldoende oppervlak H2190 te verkrijgen moet zowel het noordelijk als het zuidelijk deel van de vallei dieper worden door uitstuiven of moet de grondwaterstand verder stijgen. Op basis van de monitoringsresultaten wordt van geen van beide processen verwacht dat deze nog via een natuurlijke weg behaald worden. In de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD) van 18 mei 2017 is besloten om een ingreep uit te voeren waarbij (een deel van) het maaiveld mechanisch verlaagd wordt.

De vormgeving van en benodigde procedures die nodig zijn voor deze ingreep zijn verder verkend in het memo 'Planning en acties maatregel maaiveldverlaging Spanjaards Duin' (RHDHV, 2017). Hierin zijn twee alternatieven besproken voor de ingreep: één waarbij de ecologische waarden die reeds ontwikkeld zijn in een deel van de noordelijke vallei, gespaard blijven en één waarbij de volledige vallei wordt afgegraven. In de CDBD van 13 september is gekozen voor het eerste alternatief waarbij de bestaande ecologische waarden gespaard blijven.

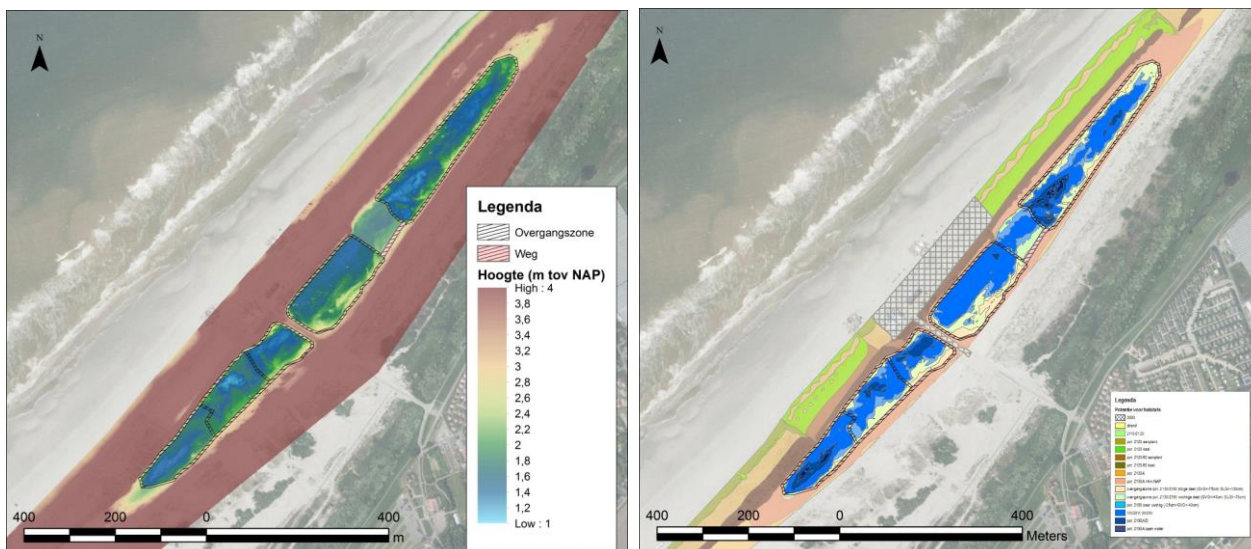
In dit rapport wordt het Definitief ontwerp (DO) van de gekozen maatregel en de (randvoorwaarden aan de) werkschrijving gepresenteerd. Op basis hiervan kunnen vergunnings- en tenderprocedures in gang gezet worden.

2 Huidige situatie

Voor het onderscheid van potentiële arealen wordt vanaf 2016 uitgegaan van de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG). De GVG is bepaald als de gemiddelde gemeten waarde op 1 april volgens het tijdreeksmodel, gesimuleerd over 2009-2016 (zie bijlage 3 van Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2016). Middels GIS-analyse is de verhouding van de GVG t.o.v. de laatste hoogtemeting van Spanjaards Duin (voorjaar 2016) bepaald (Figuur 1). Op basis daarvan zijn de huidige potentiële arealen berekend. Deze worden weergegeven in Tabel 1, waarbij de donkergroen gearceerde arealen tot de habitat vochtige duinvallei gerekend mogen worden. De licht gearceerde arealen behoren tot de overgangszone. Het potentieel oppervlakte Grijze duinen (Kalkrijk) (H2130A) wordt ook meegenomen in de onderstaande tabel omdat dit habitattype potentieel ook voorkomt in het af te graven gebied.

Tabel 1: Areaal potentiële habitattypes in huidige situatie

Vochtklasse (GVG)	Potentieel habitattype	ha.
Nvt	Pot. 2130A <4m NAP	2,37
< -0,75 cm t.o.v maaiveld	Overgangszone pot. 2130/2190 droge deel	1,35
-0,75 - -0,4 cm t.o.v maaiveld	Overgangszone pot. 2130/2190 vochtige deel	3,18
-0,4- - 0,25 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190 zeer vochtig	1,49
-0,25 – + 0,05 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190 nat tot zeer nat	0,61
+0,05 - +0,20 cm t.o.v maaiveld	Pot.2190A/D	0
+ 0,2-+ 0,4 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190A open water	0
	Totaal areaal af te graven gebied	9,00



). De GVG in het gebied van 6 hectare moet tussen de +5 --- -40 t.o.v het maaiveld liggen. Om dit te realiseren moet de hoogteligging van 75% van het af te graven gebied variëren tussen de +1,35 en +1,90 m t.o.v NAP en gemiddeld moet het rond de +1,55 m t.o.v. NAP liggen. De GVG in het totale gebied van 8 hectare varieert van -75 cm en + 20 cm t.o.v. het maaiveld. Met enkele plekken die permanent onder water komen te staan GVG > +20 cm t.o.v. maaiveld. Dit betekent dat de maaiveldhoogte in 25% van het af te graven gebied varieert van +1,20 NAP- +1,35 en +1,90 en + 2.25 t.o.v. NAP. Het gebied wordt reliëfvolgend afgegraven zodat de natuurlijke variatie in het gebied behouden blijft en de randen van het gebied hoger liggen dan de middelste delen van het gebied. Ook wordt er rekening gehouden met het sparen van de ecologische waarden in het gebied 'Midden 2'. In dit gebied wordt het maaiveld dus niet verlaagd. Tabel 2 toont de arealen van de potentiële habitattypes in de gewenste situatie. Deze potentiële oppervlaktes zijn gebaseerd op een maaiveldverlaging van 55 - 75 cm in het zuidelijk deel van de vallei, 25 cm in deel midden 1 en 50 cm in het deel noord op basis van de huidige maaiveld hoogte (zie figuur 5). De afgravingdieptes zijn indicatief en dienen bij aanvang van werkzaamheden opnieuw bepaalt te worden.

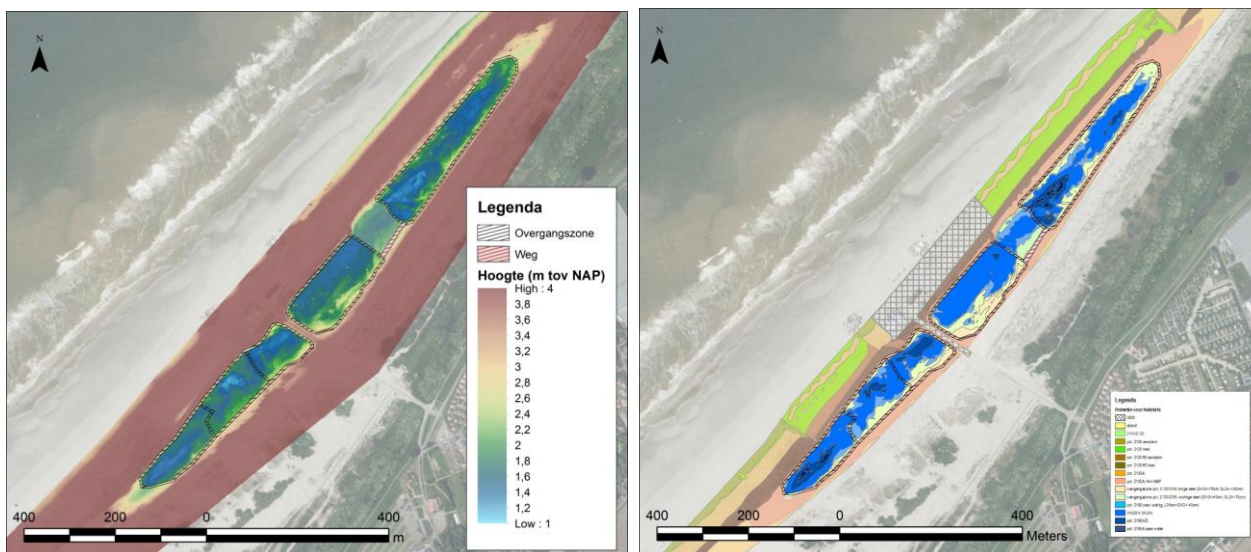
Op basis van de hoogtemetingen uit het voorjaar van 2017 wordt geschat dat er ongeveer 35.000- 40.000 m³ grond afgegraven moet worden om het gewenste areaal te realiseren.

Tabel 2: Areaal habitattypes in gewenste situatie met een overgangszone van circa 5 meter

Vochtklasse (GVG)	Potentieel habitatype	ha.
Nvt	Pot. 2130A <4m NAP	0,37
< -0,75 cm t.o.v maaiveld	Overgangszone pot. 2130/2190 droge deel	0,75
-0,75 - -0,4 cm t.o.v maaiveld	Overgangszone pot. 2130/2190 vochtige deel	1,83
-0,4- - 0,25 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190 zeer vochtig	1,32
-0,25 – + 0,05 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190 nat tot zeer nat	4,08
+0,05 - +0,20 cm t.o.v maaiveld	Pot.2190A/D	0,84
+ 0,2-+ 0,4 cm t.o.v maaiveld	Pot. 2190A open water	0,15
	Totaal areaal	9,00
	Totaal areaal potentieel habitat H2190B incl. overgang vochtig	8,07

	Totaal areaal potentieel habitat H2190B excl. overgang vochtig	5,40
--	---	-------------

De bovenstaande tabel geeft slechts een indicatie van het potentiële oppervlakte H2190. Door verandering in de grondwaterstand als gevolg van de maatregel kunnen de potentiële oppervlaktes nog wijzigen. Ook zal er na de maatregel in bepaalde gebieden zand weer in stuiven en op andere plekken verdere uitstuiving plaatsvinden. Het potentieel oppervlak H2190 incl. overgangszones ruim boven de doelstelling van 6,1 hectare maar zonder de overgangszones blijft het onder deze doelstelling (circa 5,4 hectare). Een ruimer areaal kan niet behaald worden door meer af te graven binnen de gebieden, aangezien het potentieel areaal dan doorschiet richting tijdelijk en permanent open water.



Figuur 2. Links hoogteligging gewenste situatie; Rechts: potentiële habitattypes in de gewenste situatie

4 Werkomschrijving

De gewenste situatie wordt gerealiseerd via een ingreep waarbij het maaiveld verlaagd wordt. Onderstaande paragrafen geven een beschrijving van de werkzaamheden, in hoofdstuk 5 worden de randvoorwaarden aan de uitvoering benoemd.

4.1 Voorbereiding

Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt de hoogteligging van het gebied bepaald. Twee keer per jaar wordt de hoogteligging van Spanjaards Duin bepaald doormiddel van RPAS metingen (drone). Er wordt voorgesteld om aan te sluiten bij deze metingen die door Shore Monitoring worden uitgevoerd.

Om schade aan verharding en de bestrating te voorkomen tijdens de uitvoering wordt een platenbaan aangelegd op de bestaande betonplaten van Slag Vlughtenburg. Om insporing in de vallei te voorkomen wordt zand uit de vallei in baan gezet. De zandbaan kan gebruikt worden als transportroute voor de dumpers en graafmachines. Op deze manier zijn rijplaten daar niet nodig.

Op dit moment stuift er nog steeds zand in de vallei. Om het instuiven van zand in het zuidelijke deel van de vallei te beperken wordt in het voorjaar 2018 helm ingeplant in het nog niet ingeplante deel van de basisduin ten zuiden van Slag Vlughtenburg. In het voorjaar van 2017 is langs de noordelijke kant van Slag Vlughtenburg (in de vallei) een zandvang gecreëerd door helm in te planten in de vorm van een halve maan (Figuur 3). Deze zandvang wordt ook in het voorjaar 2018 vergroot. Tijdens de uitvoering van de

maatregel blijft de zandvang behouden. De helm die verder in de vallei staat (zie Figuur 4) wordt wel voorafgaand aan de maaiveldverlaging uitgeriekt en gebruikt voor het inplanten van de noordelijke basis duin.



Figuur 3. Foto zandvang langs Slag Vlughtenburg voorjaar 2017 door Arjan van den Heuvel.

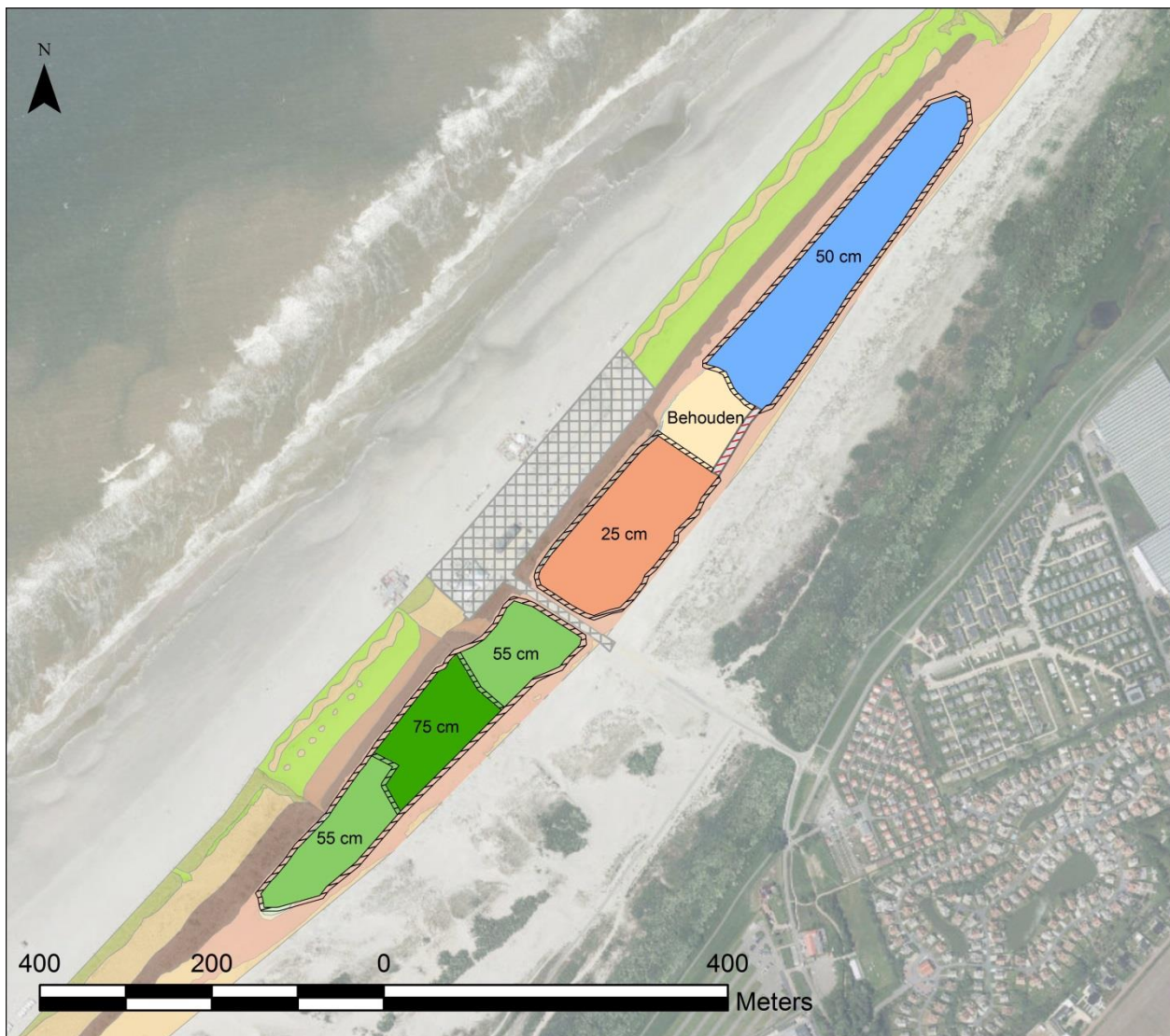


Figuur 4. Luchtfoto Spanjaards Duin via globespotter. De geel gemarkeerde gebieden zijn de gebieden waar helm geriekt moet worden.

In het middendeel 2 groeien pioniersoorten die kenmerkend zijn voor een vochtige duinvallei. Dit gebied wordt gespaard en mag niet verstoord/betreden worden. Vooraf aan de werkzaamheden wordt dit gebied daartoe afgezet door middel van een afrastering of lint. Een strook van circa 6 meter aan de rand het middendeel twee kan gebruikt worden als transportroute tussen midden 1 en deel noord (zie figuur 5).

4.2 Uitvoering

De afgraving wordt uitgevoerd op basis van het principe natuur-technisch grondverzet. Dit houdt in dat de insporing in het terrein minimaal is. Binnen het gebied worden de rijbewegingen zo veel mogelijk beperkt. Het afgraven van het maaiveld dient zodanig uitgevoerd te worden dat zowel graafmachines als vrachtoertuigen niet op terreindelen komen waar de maaiveldverlaging al is uitgevoerd. Zoals weergegeven in Figuur 5 wordt in de noordelijke vallei een deel van het maaiveld niet afgegraven om de bestaande ecologische waarden te sparen. Aan zuidoostzijde van dit deel van de vallei is een strook van 6 meter breedte gepland waarlangs het materieel verplaatst kan worden. Om de randen van het af te graven gebied natuurlijk over te laten lopen in het omliggende terrein wordt een overgangszone gecreëerd van circa 5 meter breed. De exacte breedte van de overgangszone is afhankelijk van de diepte van het afgegraven gebied. Er wordt een taludhelling van 1:10 gehanteerd (zie bijlage 1 Dwarsprofielen).



Figuur 5. Indicatie diepte van het af te graven deel (o.b.v. hoogtemetingen voorjaar 2017).

Voorafgaand aan het ontgraven wordt het helmgras met wortelstelsel uitgeriekt met een hydraulische graafmachine. Het schone zand (zonder helm) wordt naar de waterlijn gebracht en gestort onder de gemiddelde waterlijn. De gemiddelde laagwaterlijn is relatief het meest dynamisch en leidt tot de grootste verspreiding van het zand. In verband met de waterveiligheid wordt het zand verspreid binnen dezelfde raaien als de raaien waarin het is afgegraven. Tijdens het verspreiden van het zand langs de laagwaterlijn moet er rekening gehouden worden met het ontstaan van drijfzand. Het gebied waar het zand wordt verspreid moet daarom gemarkeerd worden door het gebied af te zetten met lint en waarschuwingsbordjes te plaatsen tbv recreanten.

4.3 Afronding

Na afloop van de werkzaamheden wordt het gebied netjes achtergelaten; alle tijdelijke hulpmiddelen en hulpconstructies dienen te zijn verwijderd. De hoogteligging van het gebied wordt opnieuw bepaald met een RPAS-meting om vast te stellen of de beoogde maaiveldhoogte is gerealiseerd. Indien de gewenste gemiddelde maaiveldhoogte niet gerealiseerd is moet dit gecorrigeerd worden.

4.4 Planning

De werkzaamheden worden buiten het broedseizoen (1 maart – 1 augustus) en buiten het badseizoen (1 juni – 1 oktober) uitgevoerd. De werkzaamheden zullen naar verwachting in totaal 8 tot 10 weken in beslag nemen en naar verwachting uitgevoerd worden in de periode 15 oktober – 31 december 2018.

5 Programma van eisen

In de onderstaande tabel staan de eisen waarmee rekening gehouden moet worden op het gebied van ontwerp en uitvoering van de ingreep. Een aantal eisen is ook beschreven in de voorgaande werkomschrijving.

Beschrijving eisen voor uitvoering

Uitvoeringsfase	Formulering Eis
Vorbereiding en uitvoering	Op verschillende momenten tijdens de voorbereiding, uitvoering en afronding van de werkzaamheden is een ecooloog met kennis van natuurontwikkeling in duinvalleien aanwezig om toezicht te houden. De ecooloog is in ieder geval aanwezig tijdens de voorbereidende werkzaamheden wanneer het gebied wordt ingemeten en afgezet en bij de start van het uitruimen van het helmgras. Tijdens de uitvoering is er een ecooloog aanwezig bij de start van de ontgraving en nadat het eerste deelgebied is afgegraven. En bij de afronding is een ecooloog aanwezig wanneer het gebied wordt opgeleverd. Deze rapporteert zijn bevindingen aan de toezichthouder die op basis van deze informatie kan bijsturen.
Vorbereiding	Het gebied waar het zand wordt gestort langs de laagwaterlijn dient zichtbaar gemarkeerd te worden en waarschuwingsbeplooiing om te voorkomen dat recreanten het gebied betreden (i.v.m. drijfzand vorming)
Vorbereiding	Het gebied met ecologische waarde (middendeel 2) is een no-go-area en wordt van te voren zichtbaar afgezet
Vorbereiding	De hoogteligging van het gebied dient van te voren nauwkeurig te worden ingemeten. Eventueel kan aangesloten worden bij de RPAS metingen die in het voor- en najaar worden uitgevoerd door Shoremonitoring. Van te voren wordt het af te graven gebied in het terrein uitgezet.
Uitvoering	De werkzaamheden moeten plaatsvinden buiten het broedseizoen (1 maart-1 augustus) plaats en buiten het badseizoen (1 juni – 1 oktober).
Uitvoering	Insporing en compactie van de bodem dient te worden voorkomen.
Uitvoering	Voor het afvoeren van het zand worden eventuele over gebleven grove plantenresten verwijderd. Het 'schone' zand uit de vallei wordt naar de laagwaterlijn afgevoerd en gestort binnen dezelfde raaien waarin het is afgegraven.
Uitvoering	De witte duinen c.q. de basisduin mag niet worden aangetast tijdens de werkzaamheden. De centrale strandslag (verlengde Slag Vlugtenburg) kan gebruikt worden als transportbaan om zand af te voeren naar de waterlijn en om materieel aan te voeren. Om schade aan de strandslag te voorkomen dient deze te worden afgedekt met rijplaten
Uitvoering	De werkzaamheden worden uitgevoerd door een aannemer die aantoonbaar en succesvol minimaal 3 werken met natuurtechnisch grondverzet (minimale omvang 20.000 m ³) heeft uitgevoerd.
Uitvoering	Het gebied wordt afgewerkt met geleidelijke overgangen Langs de randen van het aangegeven gebied wordt een overgangszone gecreëerd met een talud van 1:10

Uitvoering	De af te graven laag dient op een zodanige wijze te worden verwijderd dat de achterblijvende bodem niet geroerd wordt.
Uitvoering	Zowel de graafmachines als vrachtoertuigen komen niet op terreindelen waar de maaiveldverlaging al is uitgevoerd.
Uitvoering	Schade aan verhardingen en bestratingen dient voorkomen te worden. Gebruik van rijplaten is nodig op de centrale strandslag.
Uitvoering	In het noordelijke deel van de vallei, grenzend aan Slag Vlugtenburg, is een zandvang gemaakt. Deze zandvang is in het voorjaar 2018 vergroot. De zandvang wordt niet aangetast/afgegraven tijdens de uitvoering
Uitvoering	De werkzaamheden worden uitgevoerd conform het nog op te stellen ecologisch werkprotocol: - Er wordt gewerkt tussen zonsopkomst en zonsondergang. - De toegepaste lichtbronnen worden gericht op het werk - Het gebied wordt afgeschermd voor amfibieën en reptielen - De mobiele werktuigen die worden ingezet voldoen aan de Stage IV norm of hoger.
Uitvoering	De voorschriften zoals die opgelegd worden vanuit vergunningen en die zijn vastgelegd in de Natuurtoets en Project Plan dienen in het bestek opgenomen te worden.
Afronding	De hoogteligging van 75% van het afgegraven gebied varieert tussen de +1,35 en +1,90 m t.o.v. NAP en is gemiddeld +1,55 m t.o.v. NAP. De hoogteligging van 25% van het af te graven gebied mag variëren tussen de +1,20 - +1,35 NAP en +1,90 - + 2.25 t.o.v. NAP.
Afronding	De aannemer moet aantonen dat het gebied op de juiste maaiveldhoogte is opgeleverd door opnieuw de hoogteligging in kaart te brengen (dit kan eventueel ook per deelgebied).

Wensen voor uitvoering:

Wensen	
Uitvoering	Het in de branding lossen van zand moet op een dusdanige manier gebeuren dat het strandmilieu minimaal wordt verstoord.
Uitvoering	Er wordt rekening gehouden met een goede verkeersafwikkeling en toegankelijk houden van de slag door recreanten
Vorbereiding	Er wordt een communicatieplan opgesteld waarin staat hoe de aannemer de gemeente en omwonenden, ondernemers, de reddingsbrigade en catamaranclub gaat informeren. En hoe de afstemming tussen beheerder en aannemer wordt vormgegeven

6 Vervolg en Vergunningen

Voordat de uitvoering gerealiseerd kan worden moeten een aantal vergunningsprocedures worden doorlopen:

- In het kader van de Wetnatuurbescherming wordt er een Natuurtoets opgesteld door Royal HaskoningDHV.
- In het kader van de Waterwet is een door ILT goedgekeurd Projectplan Waterwet nodig. Het projectplan wordt ook door Royal HaskoningDHV opgesteld.
- In het kader van de omgevingswet dient een aanlegvergunning aangevraagd te worden bij de Gemeente Westland. Dit wordt ook door Royal HaskoningDHV gedaan.
- In het kader van de ontgrondingswet dient een vrijstelling voor een ontgrondingsvergunning goedgekeurd te worden door de Gemeente Westland en Omgevingsdienst Hagelanden.
- Mogelijk moeten er diverse uitvoeringsvergunningen aangevraagd worden. Dit is de verantwoordelijkheid van de aannemer die de maaiveldverlaging gaat uitvoeren.

De bovenstaande procedures zijn gebaseerd op een eerder uitgevoerde vergunningenscan. De resultaten hiervan zijn ook vermeld in de notitie 'Planning en acties maatregel maaiveldverlaging Spanjaards Duin' (RHDHV, 2017).

Mogelijke voorwaarde die uit de bovenstaande procedures volgen zijn onderdeel van de eisen die gesteld worden aan de uitvoering.

7 Referenties

Royal HaskoningDHV, 2017 Notitie: Planning en acties maatregel maaiveldverlaging Spanjaards Duin. Opgesteld door: A. van Mastrigt, L. Brinkman, Fred Haarman.

Deltares, 2017. Concept rapport Spanjaards Duin Bodemonderzoek. Opgesteld door: Stéphanie IJff, Fredericke Hannes, Gerlinde Roskam en Henk van Haasteren in opdracht van Rijkswaterstaat.

Bijlage 1 Dwarsprofielen

Bijlage 3 Maaiveldverlaging ontwerp-notitie 3D-model.

Project	: Spanjaards Duin maaiveldverlaging
Projectnr.	: WGW-18-050
Kenmerk	: WGW-18-050-NOT-01
Betreft	: Ontwerp notitie 3D model Spanjaardsduin
Datum	: 20-12-2018
Van	: J. van der Weiden
Aan	: Zuid Hollands Landschap
Kopie	: Eelerwoude, CDBD

Inleiding

Ten behoeve van de werkzaamheden voor het project Spanjaards Duin maaiveldverlaging zijn door Eelerwoude in samenspraak met CDBD op 7 december de uitgangspunten voor het ontwerp vastgesteld. AW Vessies infra heeft op basis van deze uitgangspunten een opzet gemaakt voor het 3d model. Uitgangspunten voor dit model zijn uiteengezet in “Notitie overleg 7-12-2018^(A)” en “tekening 8716 dd. 6-12-2018^(B)” die in bijlage 1 en 2 zijn ingevoegd.

Ontwerpstappen

Stap 1 Basismodel

Op basis van bovenstaande uitgangspunten welke op 10 december door Eelerwoude zijn aangeleverd in combinatie met de 0-meting die in opdracht van AW Vessies door Kavel 10 is uitgevoerd (*Tekening 102018294 S01 dd. 19-12-2018^(C)*) welke is bijgevoegd in bijlage 3) is een basismodel opgebouwd. De volgende randvoorwaarden zijn uit deze uitgangspunten ontstaan:

Uitgangspunt	Randvoorwaarde	Input model
(A)	5 x Ellips diep liggend deel	+1,00 [m] ^{nap}
(A)	Talud lengte richting	Maximaal 1 : 50
(A)	Talud breedte richting	Maximaal 1 : 20
(A)	Hoogte gradiënt natte duinvallei	+1.00 – +1,85 [m] ^{nap}
(B)	Hoogte in tussen gebied	MV -0,25 [m]
(C)	Hoogte t.p.v. passenscherm	Conform model

Bovenstaande randvoorwaarden resulteerden in een model met de volgende output:

Omschrijving	Resultaat
Oppervlak Natte Duinvallei	Ca. 2.5 [ha.]
Hoeveelheid ontgraven grond	Ca. 25.000,00 [m3]

Stap 2 Optimalisatie model

Aanvullende/aangepaste randvoorwaarden

Op 20 december zijn de heren Frank van der Meulen en Bert van der Valk samen met Jaap van Duin (ontwerper) en Jos van der Weiden (projectleider) bezig geweest met een optimalisatie ^(D) van het model.

De volgende randvoorwaarden zijn toegevoegd:

Uitgangspunt	Randvoorwaarde	Input model
(D)	Toekomst doel oppervlak natte duinvallei	6,1 [ha.]
(D)	Ontwerp doel oppervalk natte duinvallei (i.v.m. toekomst inwaaiend zand)	8,0 [ha.]
(D)	Talud breedte richting	n.v.t.
(D)	Hoogte in tussen gebied	+ 2,00 [m] ^{NAP}

Optimalisatie 1 verlagen gebied tussen ellipsen

Als eerst zijn de gebieden tussen de ellipsen verlaagd naar +2,00 [m]^{NAP} hieruit ontstond een model met de volgende output:

Omschrijving	Resultaat
Oppervlak Natte Duinvallei	Ca. 4.5 [ha.]
Hoeveelheid ontgraven grond	Ca. 30.000,00 [m3]

Optimalisatie 2 aanpassen oppervlak

Door de relatief hoge ligging van de westzijde van het gebied ontstaat er te weinig gradiënt tussen +1,00 [m]^{NAP} en +1,85 [m]^{NAP}. Het werkgebied tussen de paddenschermen is ca 8,9[ha.]. Er is besloten om een oppervlak van ca.8,0 [ha.] vast te stellen waarbinnen de hoogte +1,85[m]^{nap} of lager moeten zijn.

Aan de westzijde is een hoogtelijn op +1,72 [m]^{NAP} vastgesteld op ca 10,00[m] vanaf het paddenscherm.

Aan de oostzijde is een hoogtelijn op +1,72 [m]^{NAP} vastgesteld op ca 2,00[m] vanaf het paddenscherm.

Op basis van deze randvoorwaarden is een model ontstaan met de volgende output:

Omschrijving	Resultaat
Oppervlak Natte Duinvallei	Ca. 8.1 [ha.]
Hoeveelheid ontgraven grond	Ca. 44.000,00 [m3]

Optimalisatie 3 aanpassen hoogtes

De output van optimalisatie 2 voldoet aan de waarde t.a.v. oppervlak Natte Duinvallei. Echter overschrijden de te ontgraven hoeveelheden[m3] de hoeveelheden conform bestek, dit is niet wenselijk.

De taluds binnen het gebied vanaf de ellipsen tot de middengebieden vielen ruim binnen de waarde van 1 : 50.

Er is voor gekozen om vanuit de ellipsen in een percentage van 1 : 50 te werken naar het GHG van +1,72[m]^{NAP} vanuit deze hoogte wordt in een lijn naar de hoger gelegen middengebieden op +2,00 [m]^{NAP}. Dit model resulteerde in de volgende output:

Omschrijving	Resultaat
Oppervlak Natte Duinvallei	Ca. 6.5 [ha.]
Hoeveelheid ontgraven grond	Ca. 39.000,00 [m3]

Conclusie

Naar aanleiding van diverse optimalisaties lijkt ontwerp wat is ontstaan in optimalisatie 3 het beste haalbare t.a.v. gradiënten t.b.v. Natte Duinvallei en hoeveelheden t.o.v. basisontwerp.

In bijlage 4 is de langsdoorsnede tussen twee ellipsen en de dwarsdoorsnede t.p.v. een ellips schematisch weergegeven.

De weergaven van het definitieve model zijn ingevoegd is bijlage 5

Bijlage 1 Notitie overleg 7-12-2018^(A)

Opsteller: Gert-Jan Smit Eelerwoude

Aanwezig:

Kees Borst **RWS**, Bert vd Valk en Frank vd Meulen **Deltares**, Frits Backer en Jasper Ohm **ZHL**

Gert-Jan Smit **EW**

Proces:

Afgesproken wordt dat het uitvoeringsontwerp bijgesteld wordt door de aannemer. Hij werkt dit direct uit in het kraanmodel. De tekening wordt in week 50 voorgelegd aan de CDBD leden. Uiterlijk week 2 wordt hier goedkeuring op gegeven. Doorvoeren van grote wijzigingen is dan niet meer mogelijk.

Inhoud:

Er is inmiddels een scherm geplaatst om te voorkomen dat zich amfibieën vestigen in het projectgebied. De afgraving moet plaatsvinden binnen de contour van dit scherm. Daarmee is het scherm de nieuwe projectgrens geworden.

In plaats van vlakdekkend maaiveld volgend te ontgraven, wordt er het ontwerp omgevormd naar ontgraven tot een 15cm onder de GLG. Eelerwoude zoekt na tot welke hoogte de GLG uitzakt.

Onderstaande tabel komt uit het Jaarverslag van 2016.

	N1	N2	N3	N3A	N4	Z1	Z2	Z3	Z3A	Z4
GHG-geme- ten	1,59	1,80	1,70	1,64	1,55	1,56	1,84	1,71	1,72	1,53
GHG-tijdre- eksm odel	1,58	1,76	1,69	1,61	1,58	1,61	1,84	1,74	1,75	1,65
GLG-geme- ten	0,99	1,24	1,15	1,08	0,95	0,98	1,30	1,13	1,14	1,09
GLG-tijdre- eksm odel	0,97	1,18	1,16	1,10	0,93	0,94	1,21	1,01	1,07	0,99

Tabel 1: Berekende GxG-waarden op de vaste meetpunten

De punt N3(A) en Z3(A) zijn gemeten in de valleien zelf.

Voorstel is om het ontwerp aan te passen op basis van:

GLG: 1,15m NAP

GHG: 1,70m NAP

Op tekening zijn tijdens het overleg een aantal contouren aangegeven waar de laagste punten moeten komen te liggen. Het laagste punt komt op 15cm onder de GLG te liggen (= 1,00m NAP). Vanaf deze laagste punten wordt in de lengterichting van de vallei (= ZW en NO) het talud

opgetrokken met een helling van 1:50 en dwarsrichting van de vallei (=ZO en NW) met een helling van 1:20 naar het huidige maaiveld tpv het scherm.

In de lengte richting van de vallei wordt tussen de vallei afgegraven tot een diepte van 25cm onder huidig maaiveld. In dwarsrichting vervolgens met 1:20 naar huidig maaiveld.

Doel van de afgraving moet zijn dat minimaal 8ha van de vallei een maaiveldhoogte krijgt tussen de 1,00m en 1,85m NAP (15cm boven de GHG).

Op specifieke locaties mag een steiler talud gehanteerd worden. Dit is op locaties waar in de huidige situatie dit ook al het geval is. De Festucaduintjes en de schelpenbanken in deel Midden 2 moeten ook mee afgegraven worden tot het omliggende maaiveldniveau.

Uitgangspunt is dat er niet meer zand ontgraven gaat worden dan in het bestek benoemd staan. Bij voorkeur minder, zodat er ruimte is voor eventueel meerwerk. Er is bij ZHL geen ruimte om nog meerwerk te gunnen boven op de bestaande gegunde opdracht.

Bijlage 2 *Tekening 8716 dd. 6-12-2018*^(B)

Spanjaards Duin

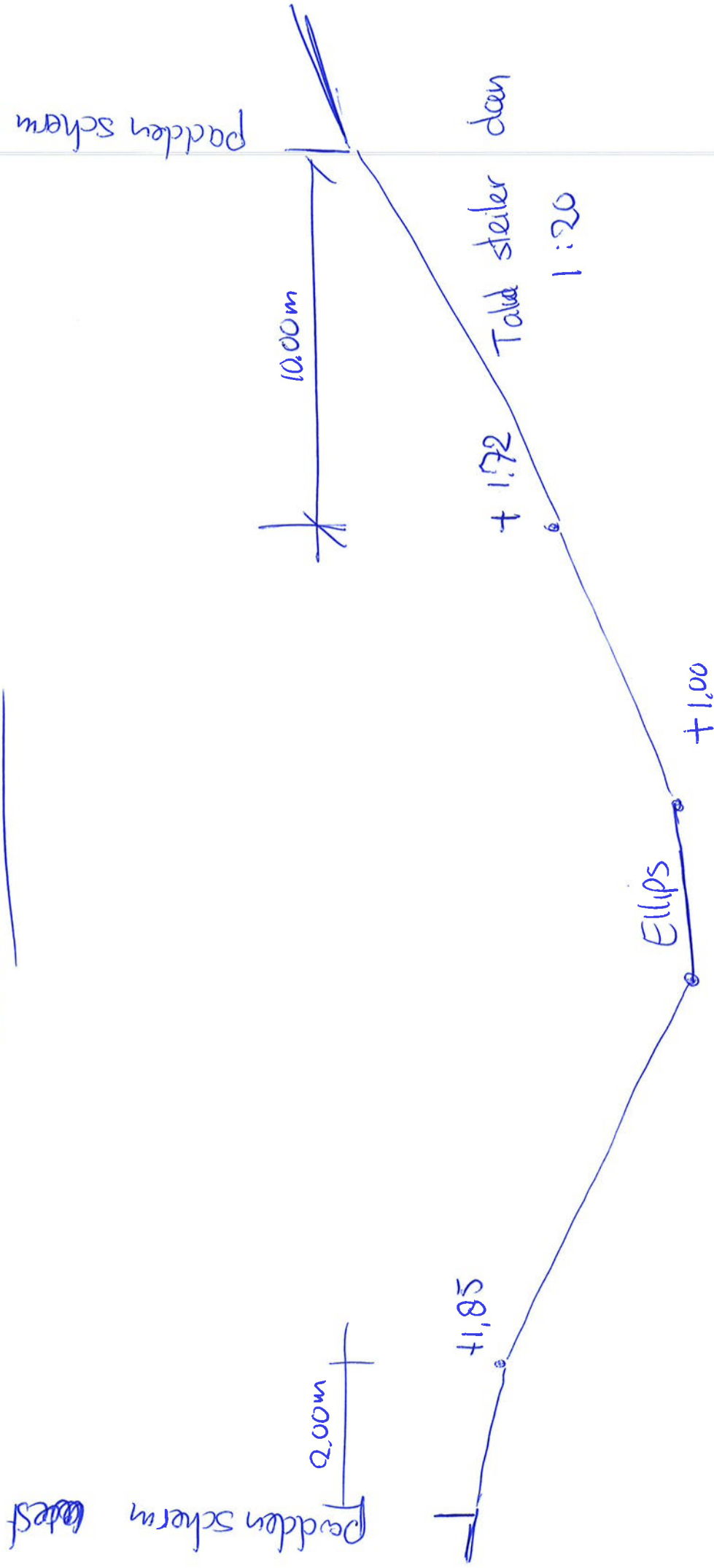
Maaiveldverlaging



Bijlage 3 *Tekening 102018294 S01 dd. 19-12-2018*^{C)}

Bijlage 4 *Schetsen langs en dwarsdoorsnede*

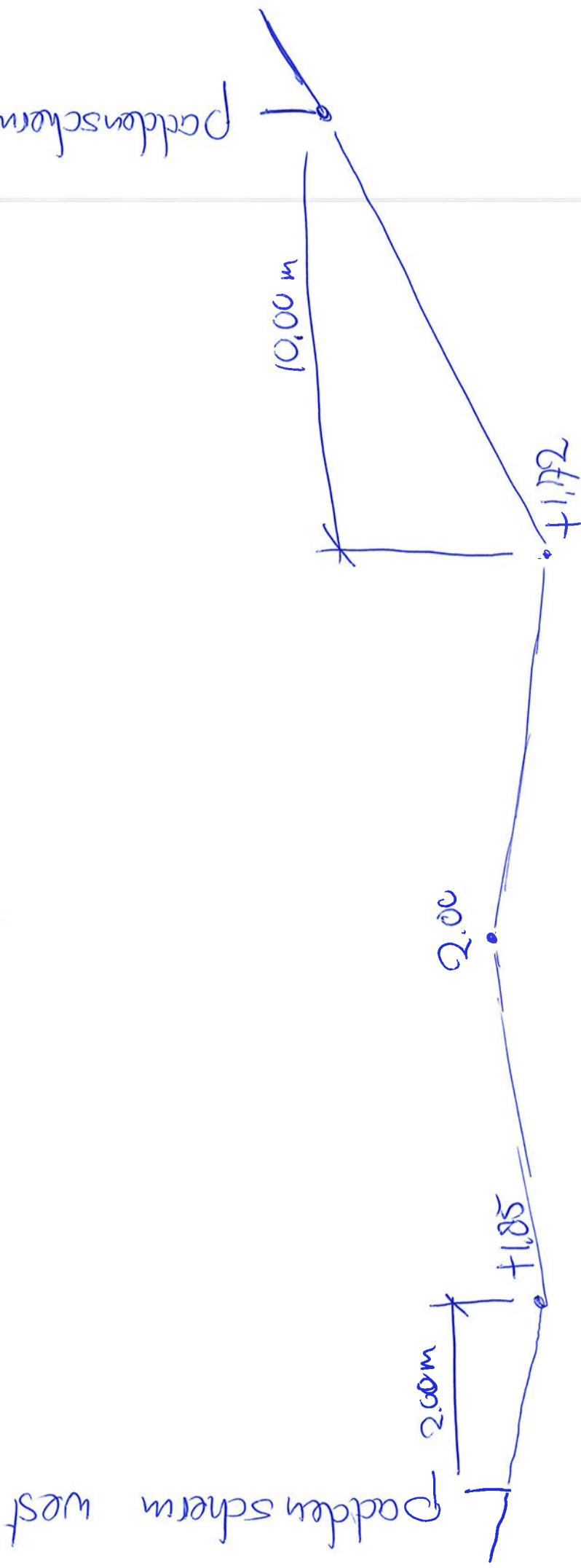
De Spanjaards Duin



T.p.v. Ellips

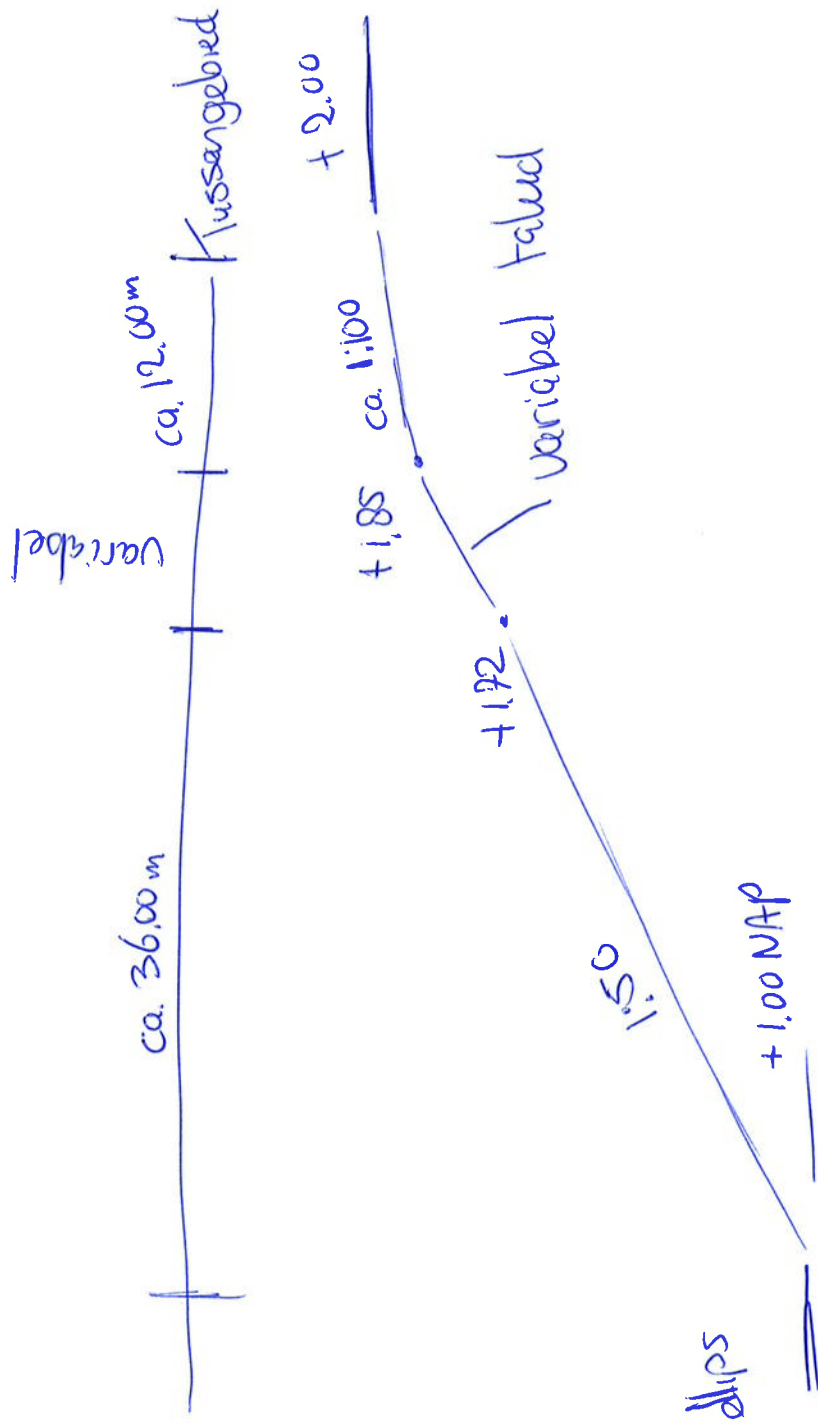
Schets Duurs door snede

DO Spanjaards Duin



T.p.v. Hoog gedeelte
Schets Padden scherm

DO Spanjaardsblum



Schets Langsdeur sneede

Bijlage 5 *Definitief ontwerp*



Deelgebied Oost



Deelgebied West

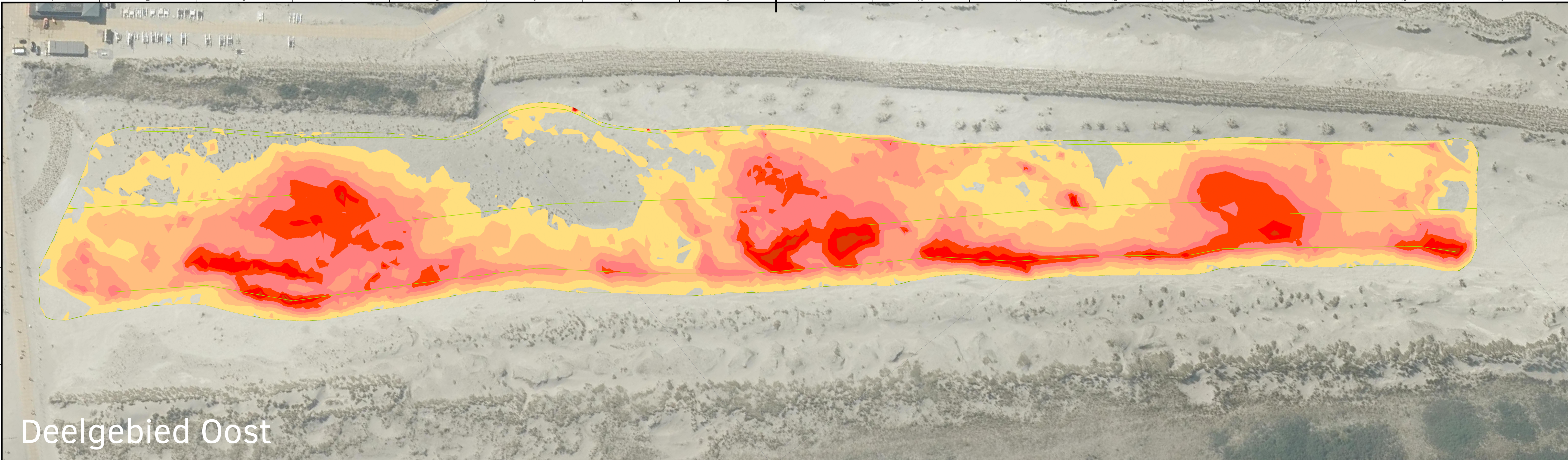


Deelgebied Oost

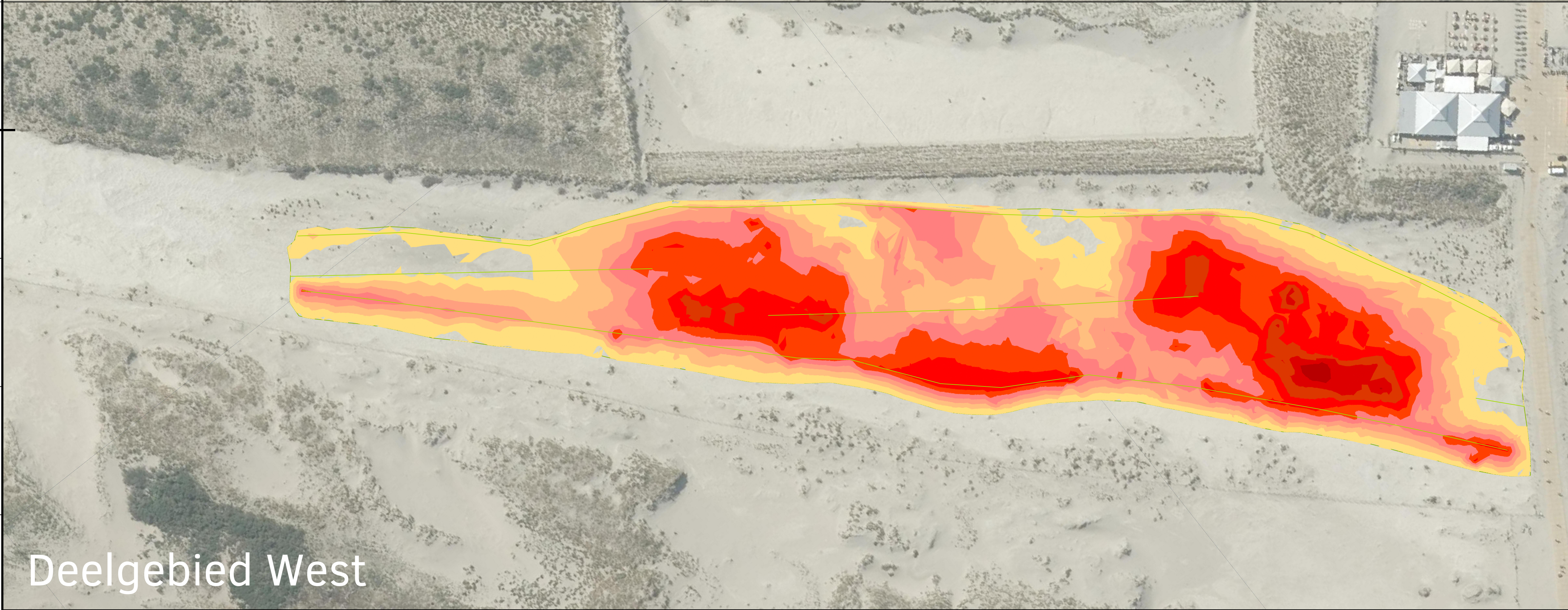
Deelgebied West

Opmerkingen:
Meten in meters
Hoogtematen in meters f.o.v. N.A.P.

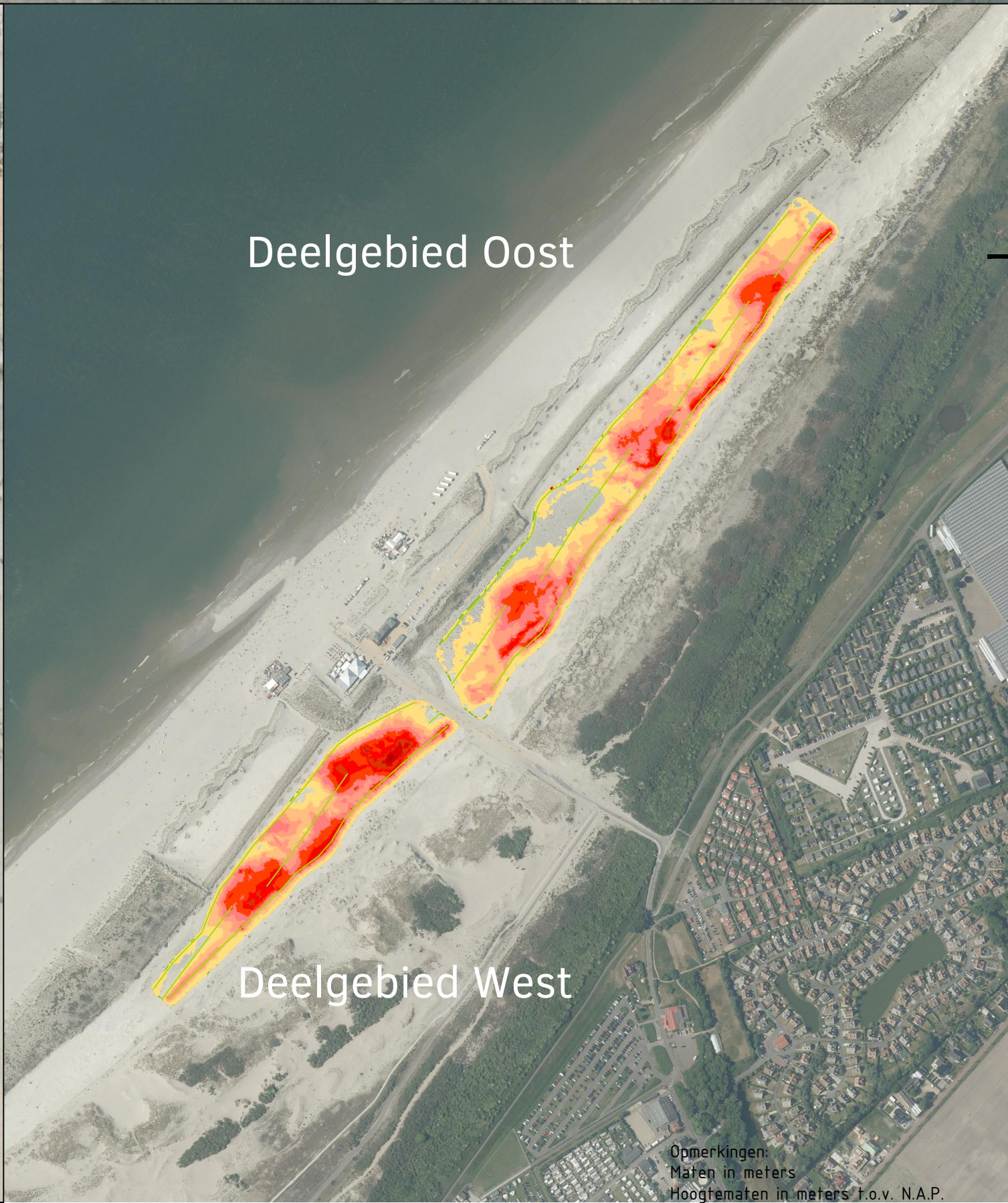
 AW VESSIES INFRA	Leidsevaart 25 2161 AS, Lisse www.awgroep.nl info@awgroep.nl		Wijz.	Id.d.	Omschrijving
	Project: Maaiveldverlaging Spanjaardsduin		F		
			E		
			D		
			C		
			B		
			A		
Locatie: s'-Gravenzande		Datum: 19-12-2018			
Onderdeel: Ontwerptekening		Formaat: A0			
		Schaal: 1:1000			
Opdrachtgever: st. Zuid-Hollands Landschap		Getekend: JvanderPlas			
		Projectnr.: WGW18050			
		Gecontroleerd: JvanderWeiden			
		Status: Concept			
		Tekeningnr.: WGW180500W1			



Deelgebied Oost



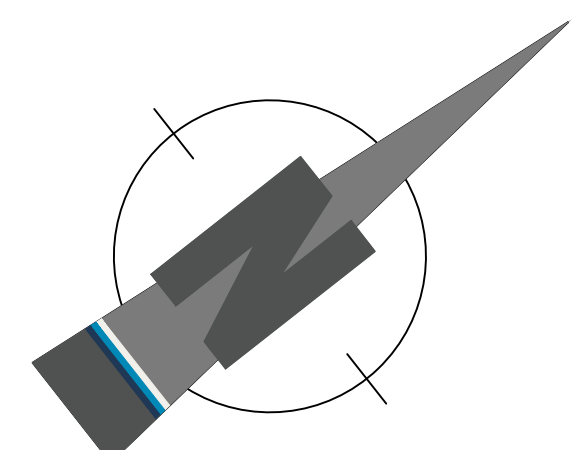
Deelgebied West



Deelgebied Oost

Deelgebied West

Opmerkingen:
Halen in meters
Hoogtematen in meters r.o.v. N.A.P.



Hoogte tabel				
Nummer	Minimale hoogte	Maximale hoogte	Kleur	Oppervlakte
1	-2.200	-2.000		0.00
2	-2.000	-1.800		0.15
3	-1.800	-1.600		71.75
4	-1.600	-1.400		345.94
5	-1.400	-1.200		1069.68
6	-1.200	-1.000		4330.18
7	-1.000	-0.800		10048.16
8	-0.800	-0.600		12216.88
9	-0.600	-0.400		14362.58
10	-0.400	-0.200		18029.97
11	-0.200	0.000		18858.52

	Leidsevaart 25 2161 AS, Lisse www.awgroep.nl info@awgroep.nl		Wijz.	d.d.	Omschrijving
	Project: Maaiveldverlaging Spanjaardsduin		F		
			E		
			D		
			C		
Locatie: s'-Gravenzande	Onderdeel: Ontwerptekening	Opdrachtgever: st. Zuid-Hollands Landschap	B		
			A		
			Datum: 19-12-2018		
			Formaat: A0		
			Schaal: 1:1000		
Gecontroleerd: JvanderWeiden	Status: Concept	Tekeningnr.: WGW180500W2	Getekend: JvanderPlas		
			Projectnr.: WGW18050		

Bijlage 4 Memo Stand van zaken Spanjaards Duin tijdens en na verdieping.

Memo

Aan
de heer M. van Eerden

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
2 mei 2019	11203145-002-ZKS-0002	19
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Marieke Eleveld	+31(0)88 335 8329	Marieke.Eleveld@deltares.nl

Onderwerp
Stand van zaken Spanjaards Duin tijdens en na verdieping: veldverslagen

Stand van zaken Spanjaards Duin tijdens en na verdieping

Samenstelling van dit rapport: Bert van der Valk en Frank van der Meulen

Version	Date	Author	Initials	Review	Initials	Approval	Initials
1.0	2 mei 2019	Bert van der Valk		S. IJff		F. Hoozemans	
		Frank van der Meulen		M.A. Eleveld			

Data veldbezoeken: 18 jan, 25 jan, 15 feb, 19 feb en 5 maart 2019

Doel van de bezoeken:

Verifiëren van de staat van werkzaamheden tbv de verdieping van de vallei met het oog op de compensatieopgaven; verifiëren en documenteren veldsituatie na uitvoering verdieping.

Inleiding

Dit memo is een narratief van de operatie “verlaging duinvallei Spanjaards Duin” zoals uitgevoerd in de maanden januari en februari 2019.

18 januari 2019 (Bert van der Valk en Frank van der Meulen)

Op maandag 14 januari is begonnen met de uitvoering van de verdieping van Spanjaards Duin. Het zuidelijke deel is als eerste aangepakt; er wordt van zuid naar noord gewerkt. De verdieping wordt uitgevoerd volgens een 3D model dat op 20 december met Frank en Bert op het kantoor van de aannemer Vessies in Lisse is opgesteld (alle laagtes op 1m +NAP), en dat vervolgens is bijgesteld op de 1e bouwvergadering van 15 januari (laagtes op 1 tot 1.20 en 1.30 +NAP) vanwege de vrees dat er teveel zand weggehaald zou worden en de laagtes te diep zouden komen te liggen. In beginsel worden er 5 ovale, min of meer ZW-NO gerichte, komvormige laagtes aangelegd; 2 in het zuidelijke en 3 in het noordelijke deel (zie notitie Vessies 20-12-2018, als bijlage toegevoegd). Het eerste, meest zuidelijke verdiepte deel was 18 januari al klaar; de uitvoering was gevorderd tot ongeveer ¼ van het tweede opvolgende diepe deel, tegen slag Vlughtenburg aan (fig. 1).

We hebben op 4 locaties gekeken naar de diepte van het grondwater (GW) onder maaiveld (mv). 1 en 2 in het zuidelijke, en 3 en 4 in het noordelijke deel (fig. 1).

De eerste, zuidelijkste, verdieping is aangelegd met als laagste punt 1m +NAP. Hier stond nu ca. 70 cm water. De precieze diepte kon niet gecheckt worden, want het water was te diep voor laarzen. Op twee plaatsen op het hoger gelegen tussengebied naar de volgende laagte

(afgewerkte en geglad met een schaaf) werd een grondwaterdiepte van 70 cm gemeten (locaties 1 en 2). Indien we aannemen dat het grondwater nu op ca. + 1.70 staat (Bert probeerde later deze aanname te checken bij Audrey van Mastrigt/Jonne), en nu, over de seizoenen gezien, ongeveer het hoogst is (hetgeen overeenkomt met de GHG in de notitie van Vessies, zie Bijlage 1), dan zal het hoger gelegen gebied tussen de laagtes (maaienveldhoogte boven 180 of 200 cm op de kaart, is niet duidelijk) in de zomer te droog zijn, uitgaande van een capillaire zone van maximaal 40-50 cm, zie Bijlage 2. Het GW staat dan ongeveer 70(nu) - 70 (seizoensfluctuatie) = 140cm onder het maaiveld, dwz 140 cm - capillaire opstijging = 90 tot 100cm onder maaiveld. Dit behoeft een nadere check vooral om te zien wat nu de hoogtes van de contouren op de bijgevoegde kaart zijn.

In het noordelijke deel is een rechthoekig stuk afgezet, wat gespaard dient te blijven voor afgraving. Hier staan (massaal) een aantal pioniersoorten van H2190. Zo wordt de zaadbank bewaard, met enkele doelsoorten, in Spanjaards Duin zelf. In het noordelijke deel hebben we tweemaal een grondwater check uitgevoerd. Op ca. 60 m noord van het slag Vlughtenburg (locatie 3) (huidige, nog niet vergraven, maaiveldhoogte niet ingemeten) stond het grondwater op 30 cm onder maaiveld, in het te sparen stuk (locatie 4) (huidige, niet te vergraven, maaiveldhoogte niet ingemeten) 18 cm onder maaiveld.

Een belangrijke check van de correcte hoogte van afgraven moet gedaan worden om "niet te hoog uit te komen". Bij "te hoog uitkomen" zouden delen van de vallei niet meedoen in het zgn. "werkzame traject". Dat traject wordt geacht te liggen tussen +2.20 en + 1.60 m NAP (zie notitie AW Vessies). Hierin speelt ook in de discussie mee of er nog veel of weinig zand zal inwaaien in de na afgraving laagste delen van het terrein, en of de GW-bel al zijn definitieve evenwichtssituatie heeft bereikt. Met het "werkzame traject" wordt de hoogtezone bedoeld waar doorheen de waterspiegel zich over de seizoenen beweegt; de capillaire zone hoor daar ook bij.

In de discussie die volgde op ons terreinbezoek, in het kantoor van ZHL te Hoek van Holland, voorafgaand en tijdens telefonische conferentie op 18 januari, werd m.b.t. het kraanmodel geconcludeerd dat de wijzigingen van dinsdag 15 januari toch goed in het veld zouden gaan uitwerken. Het kraanmodel van dinsdag kan dus ongewijzigd blijven. Wel zijn checks nodig op de huidige grondwaterstand. Die zou mogelijk lager dan normaal kunnen zijn onder invloed van de afgelopen droge zomer en herfst.

Te verifiëren:

- ligt het maaiveld op de twee locaties met GWstanden 70 cm onder huidig maaiveld op de ingeprogrammeerde hoogte in het kraanmodel?
- Wat zijn nu precies de hoogtes van de contourlijnen op de bijgevoegde kaart van Vessies (fig 1)
- Is de aanname dat de actuele GW stand inderdaad +1,70 m NAP is (= de gemiddelde regionale GW stand in Spanjaards Duin sinds een paar jaar- zie notitie Gert Jan Smit dd. 7 dec 2018 in memo Vessies dd. 20 dec 2018)?
- Of is de GW stand te laag tov de +1,70 m NAP door de aanhouden droge periode van vorig jaar?

In hoeverre komt het SHORE dtm (Meetdatum 30 aug 2018) overeen met het door de aannemer gevlogen dtm (december 2018). De verschillen kunnen niet te groot zijn. De uitwerking van de vragen hierboven zal in de bijdrage opgenomen zijn die Deltares aan het Jaarverslag 2018- t/m maart 2019 inlevert.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
3 van 19



Fig. 1 Basiskaart voor het uit te voeren werk (AW Vessies, 2018), met veldnotities Frank van der Meulen.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
4 van 19

25 januari 2019 (Bert van der Valk)

Op 25 januari (ochtend) is een kort bezoek gebracht aan SD. De zuidelijke vallei is min of meer afgewerkt. De graafmachine staat nu in het noordelijkste deel van de noordelijke vallei; ca. ¼ van de meest noordelijke diepte is in nu vorm.



Fig. 2 Informatiebord zoals het op Slag Vlugtenburg opgesteld was door ZHL/aannemer.

In de zuidelijke vallei (fig. 1 voor locaties is op drie punten in het gebied tussen laagte 1 en laagte 2 de diepte van het GW onder maaiveld opgezocht. Het nummer van de helmboosjes (te zien op het van fig. 1)) is geteld vanaf het zuidelijk einde van het eerder niet-ingeplante deel van het verlaagd aangelegde deel van het basisduin (te zien als grijze vlekjes in bovenstaande schets).

In schets fig. 1	helmboosje	GW in cm onder maaiveld
1	6	50
2	8	55
geen	10	45

Als we aannemen dat de GW stand sinds vorige week niet veranderd is, is het maaiveld wel met 20-25 cm verlaagd met het voorlopig afwerken van dit deel. Dan nog ligt het maaiveld hier nog aan de hoge kant tov de verwachte gemiddelde GLG in de nazomer (theoretisch 1,15 plus 0,55 cm = + 1,70 m + NAP). NB: ook dit gaat er weer van uit dat de momentane GW stand + 1,70 m NAP (= gemiddelde GHG) is. Dit realiserende zou de actuele grondwater stand wel eens niet de GHG van 1,70 m + NAP kunnen zijn. De recente GW gegevens zijn hard nodig. Deze data zijn opgenomen in het veld en aangeleverd door Deltares (Zimmel en Stuurman, 2019, bijlage bij dit rapport). De recente (ongecorrigeerde) GW standen zijn donderdag jl. opgevraagd door Jonne bij Linda, maar nog niet ontvangen.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
5 van 19

Als mogelijke finale correctie kunnen in de laatste week van het werk de 3 hoogtes tussen de 5 laagtes nog afgeschoven worden (hoogte van Slag Vlughtenburg telt niet mee).

15 februari 2019 (Bert van der Valk)

De verdiepingsoperatie is een paar dagen tevoren beëindigd; alle materieel is teruggetrokken. Van nu af aan kan de ontwikkeling ongestoord door machines plaatsvinden. In het terrein zijn nog wel de sporen van de machines zichtbaar, evenals de sporen van het (uitgetrokken) paddenscherp. Vooral het tegen het scherm aangewaaide zand is als een lanGWerpig litteken (hoog t.o.v. directe omgeving) te zien. De verwachting is dat dat litteken wegtrekt evenals de machinesporen, onder invloed van de wind.



Fig. 3 Blick op de zuidelijke vallei, vanaf slag Vlughtenburg, gezien naar het zuiden. Machinesporen nog goed zichtbaar.



Fig. 4 Blick op de noordelijke vallei, vanaf Slag Vlughtenburg, gezien naar het noorden. Op de voorgond de 2^e helmaanplant in de zandvang. Links op de foto is een deel niet afgegraven

wegens vermoedde aanwezigheid van padden. Let op de korte fetch tot aan de eerste plas. Dat betekent weinig zandleverantie aan het plasje uit het gebied zelf. Het inwaaiende zand van het recreatie-eiland moet in de zandvang worden opgevangen



Fig. 5 Blik op de tweede plas, vanaf het basisduin, noordelijk deel van de vallei. Let op de relatief smalle inzandingszone aan de loefzijde van de plas (lichtgekleurde zone), meest nog buiten de plas.



Fig. 6 Blik op de machinesporen onmiddellijk zuid van Slag Vlugtenburg.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
7 van 19



Fig. 7 Noordrand van tweede plas in noordelijk valleideel. Uitvlaksporen (haaks op de kustrichting en bandensporen) zijn nog zichtbaar.



Fig. 8 Strand op 15 februari 2019: van stortactiviteit is niets zichtbaar: al het gestorte zand is verwerkt door de eb en vloed werkingen. Hier en daar wat pappig zand.

Aan de loefzijde van de plasjes is een hoeveelheid zand ingewaaid. De breedte van de ingewaaide zone is ca. 10 m; deze is breder buiten de eigenlijke plasjes dan in de plasjes zelf: het eolisch gemobiliseerde zand plakt nog voor het een plasje bereikt vast op de natte randzone. Ieder plasje heeft een eigen breedte van de ingewaaide zone die recht evenredig is met de fetchlengte van het oppervlak van de afgezande valleibodem bovenwinds van het betreffende plasje. Er is nog nauwelijks sprake van erosie in de iets hoger gelegen valleibodemdelen tussen de plasjes in. Die is beperkt tot pakweg 2 cm. Het op het strand gestorte zand is volledig verwerkt door de golven. De aannemer heeft vooral bij laaGWater zand gestort en is daar nog redelijk ver de ondiepe zee ingereden. Dat heeft voor razendsnelle uitvlakking gezorgd. De dumpvakken waren netjes afgezet om het publiek te weren.

19 februari 2019 (Frank van der Meulen en Bert van der Valk)

Dit bezoek vond plaats vier dagen na het vorige. De wind is al bezig de scherpe randen van het machinale werk rond te maken. De rijsporen in het terrein zijn al minder scherp afgetekend, de rand van het paddenscherm eveneens. In de plasjes ontwikkelt zich onder invloed van de windgolven een laag reliëf van mini-strandwalletjes door langstransport van zand in het ondiepe water. Lokaal, daar waar zand inwaait, zijn pakketjes drijfzand ontwikkeld aan de loefzijde van de plasjes. Op de (lage) waterscheidingen tussen de plasjes is nu eolische erosie van enkele centimeters (2-5 cm) zichtbaar ('schelpen op steeltjes'). Waar maar een korte fetch is, zijn de machine sporen van het laatste uitvlakken nog vaag zichtbaar. De post-ingreep dronevlucht is gemaakt (vliegschijven in het terrein). De aansluiting van het niet-afgegraven 'zaadbank' deel van de vallei is fraai geleidelijk gemodelleerd door de afgravers. In het eerder niet ingeplante deel van het noordelijke basisduin is het plagsel uit de vallei verspreid. Het is de vraag a) of het plagsel goed aan zal slaan, want de bedekking met het opgebrachte (overigens netjes verspreide) plagsel is niet erg dicht en b) er was niet genoeg plagsel voor het terreindeel wat bedekt moest worden. Daar komt bij dat bovenwinds van het beplagde deel het stuifgat van de catamaranweg ligt, waardoor ter plaatse hevig winddynamiek aanwezig is die voor veel mobilisatie van zand zorgt. Het is zaak dat dit stuifgat met enige spoed dichtgeschoven wordt met zand, en met helm beplant wordt.



Fig. 9 Overzicht zuidelijk deel vallei, gezien naar het zuiden. Het lage walletje links is het litteken van het paddenscherm.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
9 van 19



Fig. 10 Overzicht noordelijk deel van de vallei, gezien naar het noorden. Op de voorgrond het uiteinde van het niet-afgegraven deel aldaar (padden). Kraai voor de maat.



Fig. 11 Tweede plas in de noordelijk vallei, gezien in de richting van het basisduin. Let op de inzandingsrand aan de loefzijde van het plasje. Machinesporen al vager.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
10 van 19



Fig. 12 Blik op het zuidelijk plasje, gezien naar het zuiden. Ondiepe winderosie op het terrein waar we op staan, niet veel meer dan 2 cm (schelpen 'op steeltjes').



Fig. 13 Langsblik naar noorden, tweede plasje zuidelijk deel van de vallei. Links het basisduin. In het midden het litteken van het paddenscherp, al redelijk vervaagd.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
11 van 19



Fig. 14 Litteken van het paddenscherp achter de catamaran vereniging. Dat zal wel even duren voordat dat is geheeld.



Fig. 15 Litteken paddenscherp achter lage deel Basisduin, noordelijk deel van de vallei: al flink afgerond.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
12 van 19



Fig. 16 Voorbeeld van de werking van de windgolfjes in de plasjes: aan de lijszijde lob-vormige accumulatie van zand onder invloed van langstransport en opwerpen van de zandlobben onder invloed van de windgolfjes.



Fig. 17 De inpassing van het “zaadbank” gebied in de afgegraven vlakke is mooi vormgegeven. In dit deel staan de rozetjes van Krielparnassia en Bleekgele droogbloem alweer klaar.

5 maart 2019 (Bert van der Valk en Stephanie IJff)

Dit bezoek vond plaats 3 weken na de beëindiging van de graafwerkzaamheden. De harde lijnen van het machinewerk zijn als aardig uitgepoetst, en zeker de ondiepe sporen van het vlakken zijn bijna weg. Het lijkt erop alsof het waterpeil in de vlakke (en de plasjes) omhoog is gekomen, want de eolische inwaaiing aan de loefzijde van de plasjes is niet meer als een discrete zone zichtbaar: die zone wordt nu ingenomen door zgn. kleeftribbels. Kleeftribbels worden typisch gevormd waar zand op een nat oppervlak vastplakt, en vooral in terreindelen

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
13 van 19

waar het grondwaterpeil stijgt. De kleeftribbels groeien tegen de wind in. In de plasjes leven reeds (eencellige) algen en zeer lokaal flap. Hier en daar is een flauw groen waas zichtbaar langs de randen van enkele plasjes.



Fig. 18 Blik op het met plagsel bedekte, niet eerder ingeplante deel van het noordelijke basisduin. De bedekking is spaarzaam te noemen. Het zou wel eens lastig kunnen worden het inwaaiende zand vast te houden.



Fig. 19 Het litteken van de paddenscherm: bijna niet meer te zien. Noordelijke vallei, zeezijde.



Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
14 van 19



Fig. 20 Noordelijk deel van de vallei: lichte winderosie. Ook: vage zandstrepen van inwaaiend zand vanaf het basisduin. Dat willen we zoveel mogelijk beperken door het stuifgat bij de catamaran vereniging dicht te zetten.



Fig. 21 Noordelijk deel van de vallei, kijkend richting basisduin, tweede plasje, randzone loefzijde plasje met breed veld kleeftribbels. Kan wijzen op stijgende grondwaterstand sinds aanleg.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
15 van 19



Fig. 22 Kleefribbelzone met groen waas van eencellige algen (waarschijnlijk diatomeeën). Noordelijk deel van de vallei. Kijkend richting basisduin.



Fig. 23 Lichte erosie tussen de plasjes, noordelijk deel van de vallei.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
16 van 19



Fig. 24 Inwaaiend zand (de lichte strepen) in het noordelijk deel van de vallei afkomstig vanuit het stuifgat bij de catamaran vereniging. Moet voorkomen worden dat nog lang zo voort duurt.



Fig. 25 Sporen van de machines (vlakken) bijna verdwenen. Noordelijke vallei.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
17 van 19



Fig. 26 Inzandende rand van plasje: kan nu lokaal wel 10-20 dik zijn. Op termijn leidt dat tot netto verlies van nat oppervlak. Dat vraagt om beheermaatregelen (insteken vallei?).



Fig. 27 Noordelijk deel van de vallei, tweede en derde plasje: overzicht naar het noorden. Wat opvalt is de nattere (donkerder) aanblik ten opzichte van eerdere overzichten.

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
18 van 19



Fig. 28 Randzone met door de golven (van verschillende hoogtes) opgeworpen strandwalletjes.



Fig. 29 Overzicht, vanaf het basisdduin, over het uitgespaarde 'zaadbank' gebied in de noordelijke vallei, toch goed aangesloten op het afgegraven vlak.

Conclusies

- De graafwerkzaamheden zijn op zorgvuldige en professionele wijze uitgevoerd;
- Drie weken na einde werkzaamheden zijn de harde kanten van de sporen van het graafwerk er al weer af. De verwachting is dat die bijna volledig zullen verdwijnen;
- Het grondwater stijgt waarschijnlijk (kleefribbels) in de hier gerapporteerde waarnemingsperiode. Inwaaiend zand blijft dus in de vallei liggen. Idealiter moet het

Datum
2 mei 2019

Ons kenmerk
11203145-002-ZKS-0002

Pagina
19 van 19

zandtransport de vallei in zoveel mogelijk worden tegengegaan door beheermaatregelen, i.e. zo snel als mogelijk dichtzetten van het stuifgat bij catamaranvereniging en beplanten met helm;

- Voortgaande veldbezoekjes inclusief rapportage zijn nodig om het verloop van de natuurlijke processen te kunnen volgen. Toetsing hiervan aan de droneopnamen. Integratie van beide onderzoeksstromen;
- Evaluatie van deze veldwaarnemingen, ter opname in het jaarverslag;
- Het is gewenst de zanddynamiek de vallei in én in de vallei te stoppen, of in ieder geval sterk te reduceren, opdat het areaal vochtig gebied niet weer kleiner wordt. Bepaal de urgentie van het insteken met maaisel.

Kopie aan
de heer K. Borst

Bijlage(n)
Nititie Vessies

Bijlage 5 Geomorfologie

BIJLAGE 5 GEOMORFOLOGIE

INHOUD

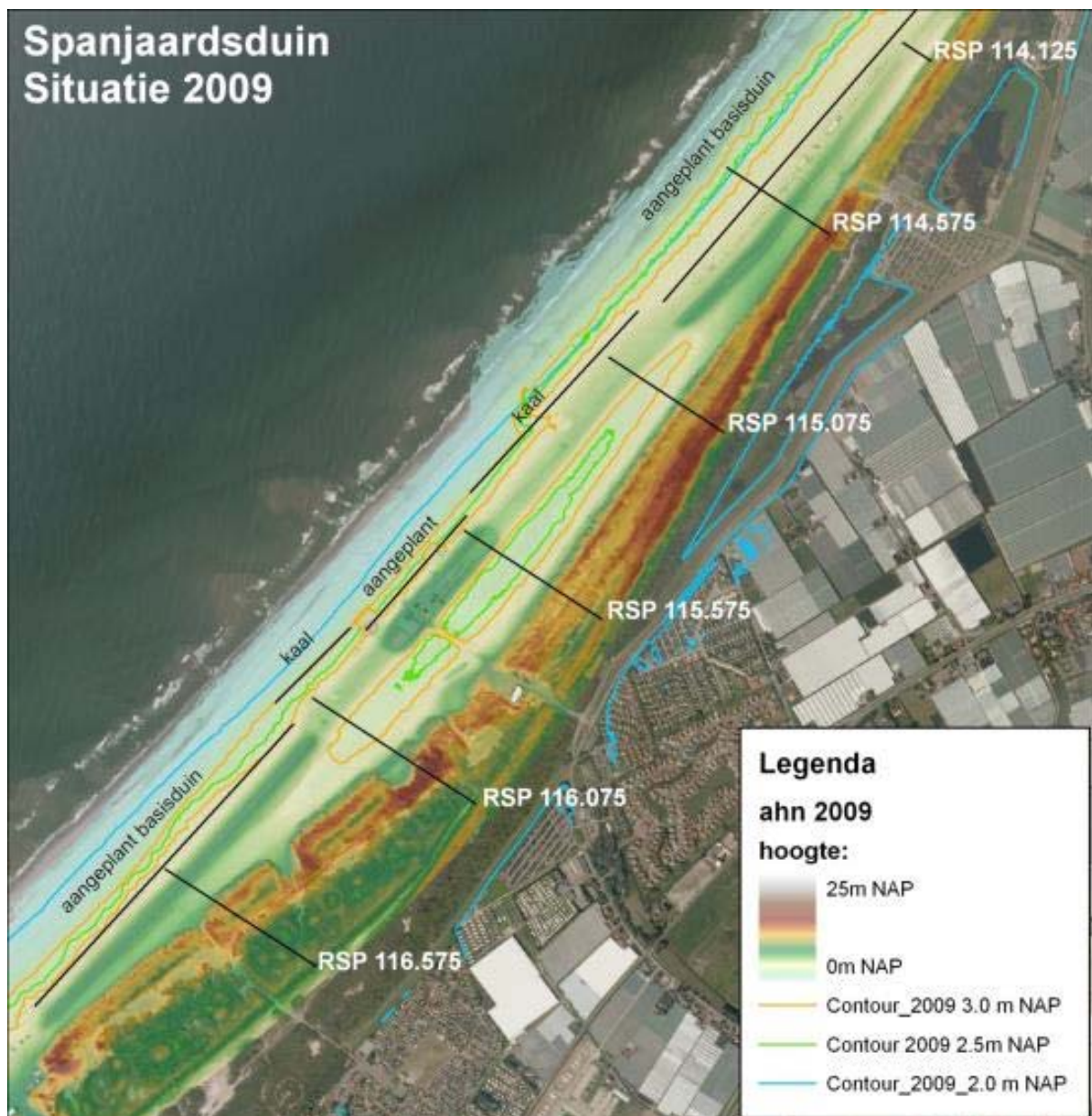
1	AANLEIDING	1
2	METHODEN	3
2.1	Laseraltimetrie en overige hoogtebepalingen	3
2.1.1	Contourlijnen	4
2.1.2	verschilkaarten	4
2.1.3	Hoogte ten opzichte van het grondwater	5
2.2	Potentiële habitatkaart	5
3	ONTWIKKELING 2017-2019	7
3.1	Verschilkaarten; erosie en depositie	13
3.2	Ontwikkeling vallei	19
3.3	Overige waarnemingen	20
4	INTERPRETATIE EN VERWACHTINGEN MET BETREKKING TOT DE NABIJE TOEKOMST	23
4.1	Potentiële habitattypen	23
4.2	Verwachte ontwikkeling en aanbevelingen	27
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	29
6	REFERENTIES	31
7	LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN	33

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2019.05

Concept versie 1, 4 juli 2019

1 AANLEIDING

De abiotische ontwikkeling van het Spanjaardsduin wordt onderzocht met als doel een goed (en kwantitatief onderbouwd) inzicht in de geomorfologische ontwikkeling van het gebied te krijgen. Uiteindelijk moet deze ontwikkeling leiden tot de juiste randvoorwaarden voor de gewenste biotische ontwikkeling. Dit onderzoek dient a) om een vinger aan de pols te houden, b) goed onderbouwde beslissingen te kunnen nemen om bij te sturen indien nodig en c) om effecten van tussentijdse ingrepen te kunnen beoordelen.



Figuur 1-1. Overzicht van het Spanjaards Duin na aanleg in 2009. De 2.0 m contour is in 2009 nog niet bereikt binnen de vallei. [Bron: luchtfoto's en laseraltimetrie RWS].

Figuur 1-1 geeft een overzicht van de uitgangssituatie in 2009, direct na aanleg, met de ligging van kaal en aangeplant basisduin. Het kale basisduin is inmiddels ook voorzien van twee stroken helm en wordt daarom verder aangeduid als het half beplante basisduin. In 2019 is een nieuwe

uitgangssituatie ontstaan omdat toen is ingegrepen in de vallei om het oppervlak zodanig te verlagen dat delen van de vallei onder invloed van het grondwater zijn komen te staan.

Veldmetingen in de vorm van profielmetingen met GPS werden uitgevoerd om op korte termijn belangrijke veranderingen te kunnen signaleren zo nodig snel bij te kunnen sturen. De eerste jaren zijn de profielmetingen drie keer per jaar uitgevoerd, daarna is dit teruggebracht tot twee keer per jaar vanwege een afname in de snelheid van (geomorfologische) ontwikkeling. Sinds 2017 worden de metingen niet meer uitgevoerd, omdat de beschikbare laseraltimetrie gegevens voldoende detail bevatten en tegenwoordig met RPAS monitoring deze gegevens ook zeer snel beschikbaar zijn. De gebiedsdekkende monitoring wordt aan de hand van luchtfoto's en laseraltimetrie uitgevoerd. Er is geen luchtfoto-interpretatie van de ontwikkeling van het gebied uitgevoerd, met uitzondering van een interpretatie voor het in kaart brengen van de potentiële habitattypen (Hoofdstuk 2.3). De kaart met potentiële habitattypen is conform nieuwe criteria, die in 2017 zijn vastgesteld, afgeleid.

In vervolg op de eerdere rapportages zou het logisch zijn dat deze rapportage het jaar 2018 zou behandelen. Vanwege de ingreep begin 2019 en het snel beschikbaar komen van een hoogte meting van na de ingreep, is het echter niet zinvol om een potentiële habitattypenkaart voor 2018 af te leiden. Met de nieuwe gegevens is het al mogelijk een potentiële habitattypenkaart voor 2019 af te leiden. In deze rapportage wordt daarom de nieuwe uitgangssituatie in 2019 behandeld, maar wordt ook de ontwikkeling tussen 2017-2018 en 2018-2019 besproken tot en met het moment van ingrijpen.

In het gebied zijn verschillende beheersmaatregelen genomen die van belang zijn voor de geomorfologische ontwikkeling of voor de potentiële habitattypen (zie ook hieronder en Figuur 3-5). Voor zover bekend betreft dit:

- Aanplant in de zuidelijke helft van het half beplante basisduin, in de kale zone tussen de twee eerder aangeplante helmstroken. Op de luchtfoto's is te zien dat dit oppervlak is bedekt met vegetatie of rietpoten. Er is geplant met Helm uit de vlakte. Dit is eind 2017 gebeurd.
- Terugsnoeien van Duindoorn in de zeereep tussen slag Vlugtenburg en de strandhuisjes aan de zuidkant. Hierbij zijn de aanwezige struiken gesnoeid met een bosmaaier.
- Mechanisch weghalen van Helm in delen van de vallei.

2 METHODEN

Deze rapportage is gebaseerd op verschillende aangeleverde gegevens: bestaande gegevens van Rijkswaterstaat, speciaal voor dit project ingewonnen gegevens van Shore en modelresultaten van Artesia met betrekking tot de grondwaterstand. Hoogtegegevens worden zowel in het veld ingewonnen als via laseraltimetrie en sinds kort ook met RPAS (drones). Verder wordt gebruik gemaakt van veldnotities van Deltares.

2.1 Laseraltimetrie en overige hoogtebepalingen

Voor het berekenen van hoogteverschillen is gebruik gemaakt van laseraltimetriedata van Rijkswaterstaat die ten behoeve van de jaarlijkse kustmetingen (Jarkus) en de monitoring van de zandmotor worden ingewonnen (Tabel 2.1) en van een extra opname begin 2019 door Shore. Vanwege de monitoring van de zandmotor, waarvoor extra laseraltimetrievluchten worden uitgevoerd, zijn sinds 2011 twee opnamen per jaar beschikbaar, waardoor een vergelijking mogelijk is tussen (grofweg) het winterseizoen en het zomerseizoen. De laseraltimetriegegevens zijn over het algemeen niet binnen een half jaar na inwinning beschikbaar.

Door Shore zijn verschillende hoogteopnames gemaakt (De Weger, 2017; Verkerk, 2019). Metingen van 2016 en 2017 zijn gebaseerd op een fotogrammetrische methode. In voorjaar 2019 is de hoogte m.b.v. laseraltimetrie bepaald. Deze meting geeft een nieuwe nulsituatie voor de toestand van de vallei, kort na de ingreep t.b.v. het vernatten van de vallei.

Tabel 2.1. Beschikbare laseraltimetrie Rijkswaterstaat.

Opname	Bestand	Detail	Bron
2009	De_2009_1	2x2 m ²	Jarkus
2010	De_2010_1	1x1 m ²	Jarkus
2011 voorjaar	Zm_2011a	1x1 m ²	Jarkus
2011 najaar	Zm_2011b	1x1 m ²	Zandmotor
2012 voorjaar	Zm_2012a	1x1 m ²	Jarkus
2012 najaar	Zm_2012b	2x2 m ²	Zandmotor
2013 voorjaar	Zm_2013a	2x2 m ²	Jarkus
2013 najaar	Zm_2013b	2x2 m ²	Zandmotor
2014 voorjaar	Zm_2014a	2x2 m ²	Jarkus
2014 najaar	Zm_2014b	2x2 m ²	Zandmotor
2015 voorjaar	Zm_2015a	2x2 m ²	Jarkus
2015 najaar	Zm_2015b	2x2 m ²	Zandmotor
2016 voorjaar	Zm_2016a	2x2 m ²	Jarkus
2016 najaar	Zm_2016b	2x2 m ²	Zandmotor
2017 voorjaar	Zm_2017a	2x2 m ²	Jarkus
2017 najaar	Zm_2017b	2x2 m ²	Zandmotor
2018 voorjaar	Zm_2018a	2x2 m ²	Jarkus
2018 najaar	Zm_2018b	2x2 m ²	Zandmotor
2019 voorjaar	DTM_0.50x0.50m_RDNAP_Spanjaardsduin_T5	0.5x0.5 m ²	Shore

De laseraltimetriegegevens geven inzicht in de hoogteligging en oppervlakte van de vallei. Voor zinnige analyses aan de laseraltimetriegegevens, worden verschillende bewerkingen uitgevoerd.

2.1.1 Contourlijnen

Om de ontwikkeling van de valleibodem te kunnen volgen worden jaarlijks contourlijnen gemaakt, met behulp van een standaard tool in ArcGis. De volgende contourlijnen worden bepaald:

- 1.5 m NAP
- 1.75 m NAP
- 2.0 m NAP
- 2.5 m NAP
- 3.0 m NAP
- 4.0 m NAP

Met de contourlijnen wordt een kaart gemaakt, waarmee vervolgens de oppervlaktes van de valleidelten tussen bepaalde contouren kan worden bepaald. Omdat deze informatie van jaar tot jaar beschikbaar is, ontstaat een goed inzicht in eventuele trendmatige ontwikkelingen in bijvoorbeeld de verdieping van de vallei.

Hoogtelijnen zijn gemaakt aan de hand van de laseraltimetrieopname van voorjaar 2019 van Shore en van de Rijkswaterstaat data van voor- en najaar 2018.

2.1.2 verschilkaarten

Door hoogte-informatie van verschillende momenten van elkaar af te trekken worden hoogteverschilkaarten gemaakt. De verschilkaart geeft een vlakdekkend inzicht in de hoogteveranderingen en geeft daarmee in ruimtelijk opzicht meer detail dan de profielmetingen. Omdat per jaar voor twee tijdstippen laseraltimetriegegevens beschikbaar zijn (grotweg eind winter en eind zomer), zijn ook binnen een jaar hoogteveranderingen te bepalen. Voor begroeide delen wordt hierbij echter een forse fout gemaakt, omdat de begroeiing na de zomer dichter is dan in de winter of in het blad zit. Omdat de laseraltimetriegegevens van Rijkswaterstaat niet steeds door dezelfde partij worden ingewonnen, is de manier waarop vegetatie uit de hoogte gefilterd wordt ook niet constant. Ook hierdoor ontstaan soms grote afwijkingen in de hoogte. Het blijkt dat met name in oppervlakken met Duindoorn de fout groot is, maar ook in met Helm begroeide delen is de fout niet verwaarloosbaar. Dit uit zich in een forse hoogtetoeename in de zomer en een even forse afname in de winter. Hoogteverschillen binnen het jaar zijn daarom alleen betrouwbaar op kale delen, zoals in de vallei, op het strand en op het nog deels kale basisduin. Aan de textuur van de verschilkaart is meestal goed te zien of de hoogteverschillen echt zijn of het gevolg van vegetatie.

Voor de hoogteverschilkaart is het verschil tussen de rasters van voorjaar 2018 en voorjaar 2017 van de reguliere Jarkusopnames berekend en voor augustus 2018 en voorjaar 2019 voor de Shore opname. Daarnaast is een verschilkaart voorjaar 2018-voorjaar 2019 berekend. Omdat de resolutie van de Rijkswaterstaat data (2x2m²) niet gelijk is aan die van de Shore data (0.5x0.5m²) is hiervoor eerst een resample uitgevoerd, waarbij de data van zm_2018a zijn geïnterpoleerd naar een 0.5x0.5m² grid (in ArcGis Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Resample met optie resampling technique: Cubic) en vervolgens een verschilkaart is berekend.

De ontwikkeling van de vallei tussen 2017 en het tijdstip van de ingreep in 2019 is niet meer relevant, omdat met de ingreep de situatie in één keer is aangepast aan de wensen en eventuele uit- of instuiving in de vallei vóór de ingreep geen gevolgen meer heeft op de huidige toestand van de vallei. De ontwikkeling van de zeereep en omringende duinen tussen 2017 en het tijdstip van de ingreep is nog wel relevant omdat dit inzicht geeft in de mate van verstuiwing naar en over de zeereep, wat weer van belang is voor eventuele instuiving in de vallei na de ingreep.

2.1.3 Hoogte ten opzichte van het grondwater

Met behulp van de hoogtekaart en de door Artesia aangeleverde grondwaterkaarten zijn kaarten vervaardigd van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld. Hiermee zijn uiteindelijk de arealen vochtig oppervlak bepaald (afhankelijk van de gekozen criteria), die weer gebruikt zijn voor het produceren van de potentiële habitattypenkaart. De grondwaterkaarten zijn afgeleid voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG).

2.2 Potentiële habitatkaart

Op grond van een discussie tijdens een workshop over het handelingsperspectief Spanjaardsduin (IJff et al., 2017) zijn de criteria voor het onderscheiden van potentiële habitattypen in de vorige rapportage aangepast. Criteria, weergegeven in Tabel 2.2, zijn uitgewerkt door Kees Vertegaal in samenspraak met Stéphanie IJff en Frank van der Meulen en met behulp van een webapplicatie voor ecologische vereisten van habitattypen in Solleveld en Kapittelduinen. Wat de betekenis hiervan is voor de onderscheiden oppervlaktes van Grijze duinen en Natte duinvalleien in eerdere situaties is onderzocht (zie de vorige rapportage).

Tabel 2.2. Ecologische criteria voor onderscheid habitattypen 2130A (Grijze Duinen kalkrijk) en 2190B (Natte duinvalleien).

Habitatype	Vochtklasse(n)	GVG	GLG
H2130A	10 (droog)	>40 cm -MV	>130 cm -MV
Tussenzone		>40 cm -MV	<130 cm -MV
H2190B	5 t/m 7 (zeer nat tot zeer vochtig)	5 cm + mv tot 40 cm -MV	nvt

MV=maaiveld

Voor het onderscheid van Natte duinvalleien wordt uitgegaan van de GVG. De zone waar de GVG voldoet aan de voorwaarde $+5\text{cm} > \text{GVG} > -40\text{cm}$ maaiveld wordt gerekend tot potentieel habitat 2190B. Daarbij wordt nog een onderscheid gemaakt tussen zeer vochtig, met een GVG tussen -40cm en -25cm MV, nat met een GVG tussen -25cm en -10cm en zeer nat, met een GVG ondieper dan -10cm MV, om ook de verschillende vochtklassen te kunnen volgen. Voor het onderscheid van Grijze duinen wordt gebruik gemaakt van de GLG. De zone met $\text{GLG} > -130\text{cm}$ MV wordt gerekend tot potentieel habitat 2130A, overigens afhankelijk van de positie. Voor de zeereep wordt geen potentieel habitat 2130A onderscheiden, hoewel dat hier wel zou kunnen ontwikkelen. Er bestaat dan een tussenzone waar GLG ondieper ligt dan $130\text{cm} - \text{MV}$ en GVG dieper dan $40\text{cm} - \text{MV}$. Deze zone zal wisselend tot H2190B en H2130A kunnen behoren, en wordt apart aangegeven in de analyses. Ook deze wordt weer onderverdeeld in een drogere zone waar de GVG dieper ligt dan 75cm MV maar de GLG ondieper dan 130cm MV en een vochtigere zone waar de GVG tussen -45cm en -75cm MV ligt. De laatste zone zal eerder tot habitat 2190 behoren, de eerste tot habitat 2130. Blijkens de grondwaterkaarten van Artesia bedraagt in het Spanjaardsduin het verschil tussen GLG en GVG voor de situatie van 2017 circa 35cm , voor 2019 32cm . Dat is iets minder dan in 2016 werd bepaald (toen 41cm). De overige potentiële habitattypen worden onderscheiden op grond van luchtfoto's van 2018. De verschillende eenheden zijn weergegeven in Tabel 2.3.

De toedeling van de tussenzone aan een van beide habitattypen is een discussiepunt. In werkelijkheid zal hier een mengvorm van vegetaties uit habitatype H2130 en H2190 bestaan, zal de vochtige kant vaker tot H2190 behoren, de droge kant tot H2130 en zal in droge jaren de zone meer richting H2130 ontwikkelen en in natte jaren meer richting H2190. Waarschijnlijk wordt in de praktijk de zone voor 50% aan H2130 en voor 50% aan H2190 toebedeeld, er zijn immers geen

habitatkaarten waar Grijze duinen en Duinvalleien van elkaar gescheiden zijn door een witte strook waar geen habitattypen aan is toegekend. Omdat het in het geval van deze rapportage gaat over het al dan niet bereiken van een bepaald doel (een oppervlakte Grijze duinen van 9.8 ha en een oppervlakte Duinvalleien van 6.1 ha) zou conservatief gerekend moeten worden. Als beide habitattypen in hun zuiverste vorm aanwezig zijn, dan is in ieder geval aan de doelstelling voldaan.

Potentiële habitattypen 2110 en 2120 worden onderscheiden op grond van positie en mate van dynamiek. Dit betreft vlakken op de grens van strand en zeereep, met verse overstuiving en overstoven begroeiing, hoogstwaarschijnlijk Helm en/of Biestarwegras. Er is geen aanplant patroon in herkenbaar. Eenheden 2120a en 2120p zijn respectievelijk potentiële habitattypen 2120, waarbij bij 2120a nog een duidelijk patroon van helmaanplant herkenbaar is, en bij 2120p dit patroon door overstuiving niet meer herkenbaar is en de begroeiing zodanig is begraven dat deze niet meer herkenbaar is, of waarbij geheel geen vegetatie aanwezig is. Eenheden 2120/60 a en p komen aan de lijzijde van de zeereep voor, potentieel de locatie waar Duindoorn zich vestigt (en in een aantal gevallen al heeft gevestigd), al (a) dan niet (p) met een nog herkenbaar patroon van helmaanplant. Overigens kan op de zeereep ook habitattypen 2130 tot ontwikkeling komen, op plaatsen waar de dynamiek stagneert en waar geen duindoornstruweel tot ontwikkeling komt. Hier is geen rekening mee gehouden. Tot slot is er voor wat betreft potentieel Grijze duinen in de vallei nog onderscheid gemaakt tussen laaggelegen zones, beneden 4m NAP en hoger gelegen zones, boven 4m NAP.

Tabel 2.3. Legenda-eenheden potentiële habitatkaart.

code	Omschrijving
0000	bebouwing, strandslag
2110/2120	vers ingestoven, natuurlijk ogend reliëf, geen aanplant patroon herkenbaar
2120 a	oorspronkelijk patroon van aanplant herkenbaar
2120 p	oorspronkelijk patroon van aanplant niet meer herkenbaar
2120/60 a	lijzijde zeereep, aanplant patroon herkenbaar
2120/60 p	lijzijde zeereep, aanplant patroon niet meer herkenbaar
2130 l	potentieel Grijs duin, GLG lager dan 1.30m -mv, hoogte lager dan 4.0m NAP
2130 p	potentieel Grijs duin, GLG lager dan 1.30m -mv, hoogte hoger dan 4.0m NAP
2130 rietpoten	Potentieel Grijs duin met rietpoten om de ontwikkeling te versnellen
tussenzone droog	tussen zone met grondwater GLG ondieper dan 1.30m -mv en GVG dieper dan 0.75m -MV
tussenzone vochtig	tussen zone met grondwater GLG tussen 0.40m en 0.75m -MV
2190 zeer vochtig	potentieel natte duinvallei met GVG tussen 0.25 en 0.40m -MV
2190 nat	potentieel natte duinvallei met GVG tussen 0.25 en 0.10m -MV
2190 zeer nat	potentieel natte duinvallei met GVG ondieper dan 0.10 -MV
2190 A/D	duinmeer, grondwater boven het oppervlak

Voor het afleiden van de GVG wordt verwezen naar de bijlage over hydrologie (deelrapport Artesia). Hier is van belang dat de GVG beschouwd wordt als een gemiddelde. Voor deze rapportage is de ontwikkeling van de vallei onderzocht door de meest recente en nauwkeurige GVG te gebruiken in combinatie met de bodemligging in 2014-2017. De GVG wordt daarmee dus als een constante beschouwd.

3 ONTWIKKELING 2017-2019

Van voorjaar 2017 tot begin 2019 is er nog sprake van een autonome ontwikkeling van vallei, zeereep en aangrenzende duinen. Begin 2019 is de vallei uitgegraven om een groot oppervlak te creëren dat onder invloed van het grondwater staat. Daarmee start een nieuwe fase in de ontwikkeling van de vallei, waarover hier nog geen uitspraken gedaan kunnen worden.

Tussen 2017 en 2019 gaat de aanstuiving van de zeereep onverminderd door, waardoor met name de aan het strand grenzende zone waar geen strandhuisjes staan zeer dynamisch oogt en steeds natuurlijker wordt. Dit uit zich bijvoorbeeld in kleinschalige erosieve vormen, onregelmatige topjes en een steeds grotere hoogte. Lokaal zijn ook embryonale duinen ontwikkeld tegen de zeereep aan.



Figuur 3-1. Muurpeper, 20 september 2018.

In de zone waar Grijze duinen tot ontwikkeling moeten komen begint de vegetatieontwikkeling op gang te komen, bijvoorbeeld met de vestiging van muurpeper (Figuur 3-1). Kleinschalige duintjes in verschillende soorten begroeiing (nebkha's) ontstaan op verschillende plaatsen (Figuur 3-2) en zorgen voor een steeds afwisselender beeld. Deze duintjes zijn soms slechts enkele cm's hoog. Tussen de duintjes en helmpollen overheersen de schelpenvloertjes (Figuur 3-2). Aan de landwaartse zijde vindt nog steeds aan- en overstuiving van de oude zeereep plaats, waardoor de dynamiek hier onverminderd groot blijft. Naar het zuiden toe wordt dit nog versterkt door de ingrepen in het kader van de herinrichting van de van Dixhoorndriehoek. Tot het moment van ingrijpen ten behoeve van vernatting is er nog sprake van enige uitstuiving uit de vallei, maar dit wordt afgewisseld met lokale ophoging, waar instuivend zand door de gevestigde vegetatie, vaak Helm, wordt ingevangen. De laagste delen zijn tussen 2017 en 2018 wel weer iets uitgebreid (zie hieronder) en het valleiooppervlak is ook enigszins toegenomen. De effecten van het uitgraven zijn goed zichtbaar in Figuur 3-3 en Figuur 3-4.



Figuur 3-2. Kleinschalige duintjes, helmpollen en schelpenvloertjes, 20 september 2018.

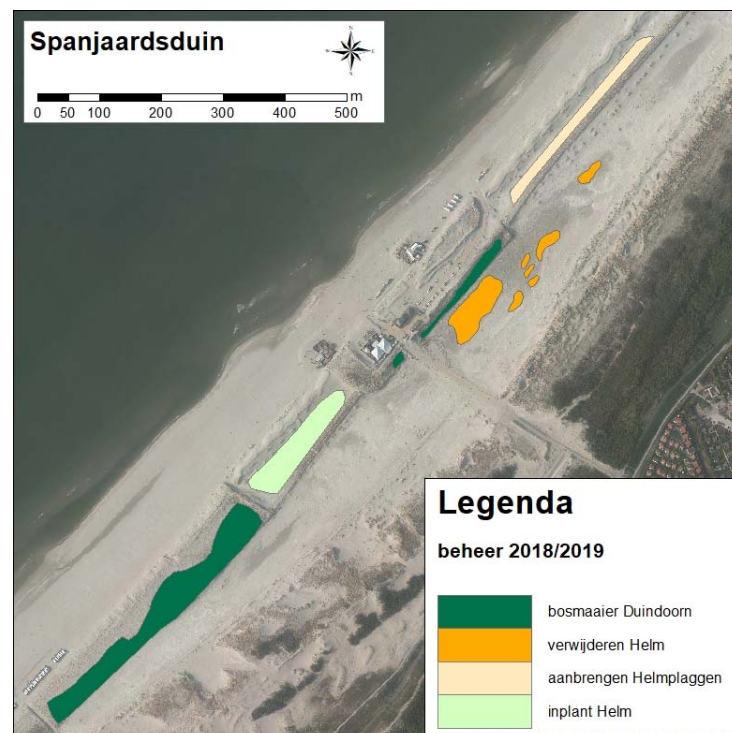


Figuur 3-3. Overzicht uitgegraven vallei, ten zuiden van Slag Vlugtenburg. 5 juni 2019.



Figuur 3-4. Overzicht uitgegraven vallei, ten noorden van Slag Vlughtenburg. 5 juni 2019.

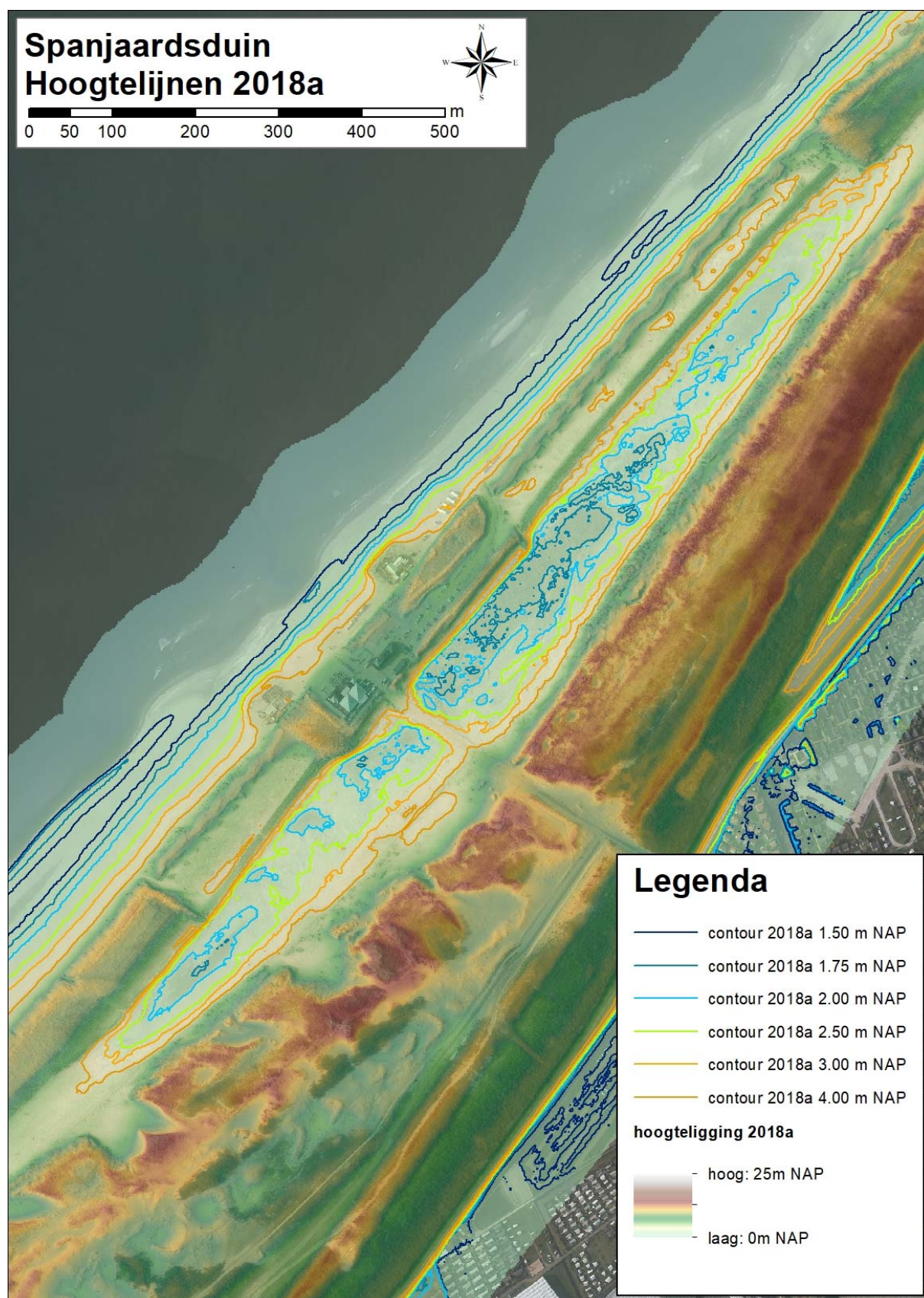
Op grond van veldobservaties door Bert van der Valk en interpretatie van luchtfoto-beelden is een kaart gemaakt met relevante beheersmaatregelen die in de periode 2018-2019 zijn uitgevoerd. Het betreft de contouren van de vlakken waar Duindoorn en Helm is verwijderd en de contouren van vlakken waar Helm is ingeplant, of waar Helm is aangebracht in de vorm van uit de vallei afkomstige plaggen. De kaart is weergegeven in Figuur 3-5.



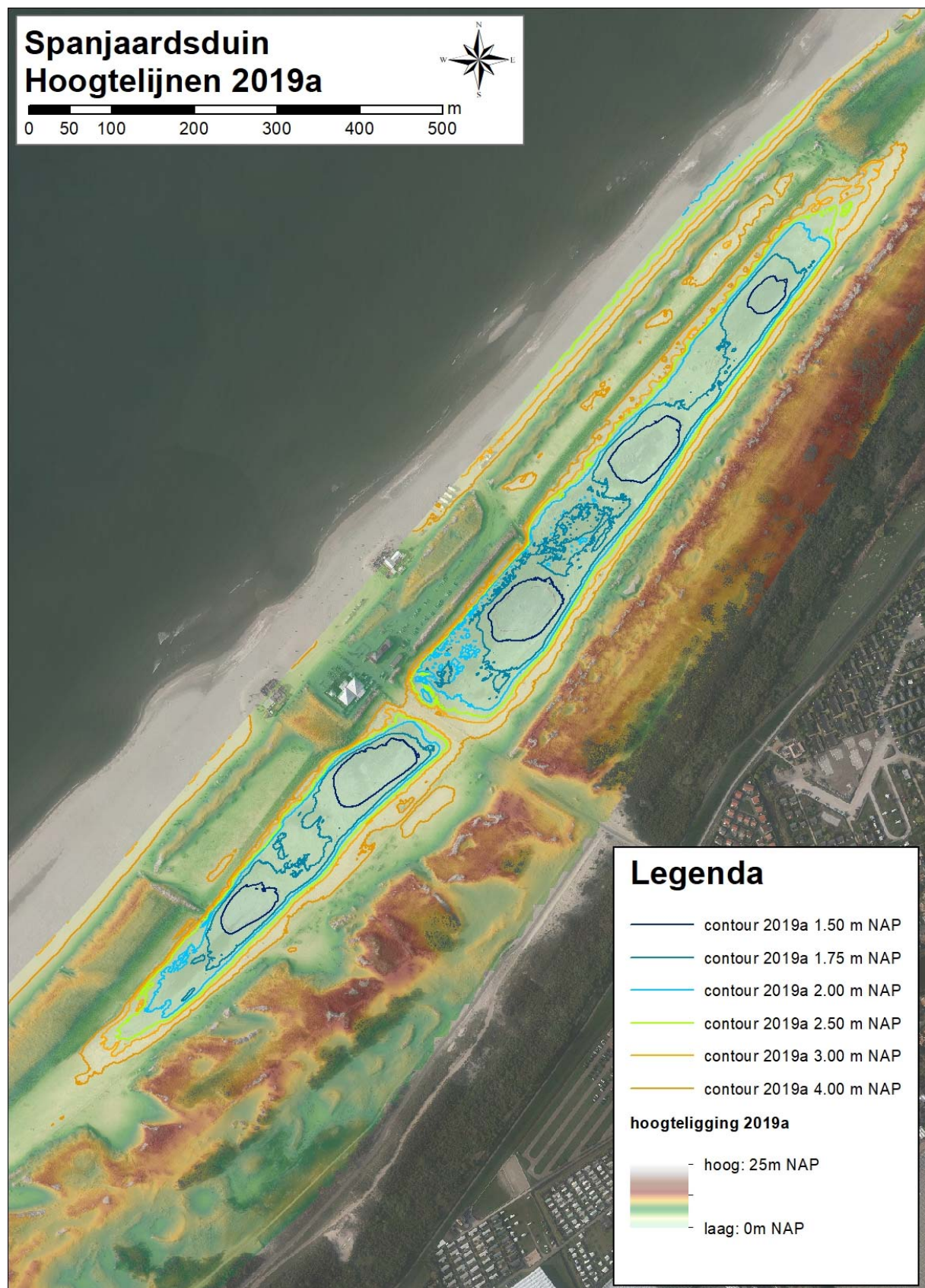
Figuur 3-5. Beheersmaatregelen 2018-2019, op basis van veldobservaties van Bert van der Valk en luchtfoto-interpretatie.

Figuur 3-6 geeft de hoogteligging van het gebied met de relevante hoogtelijnen voor 2018, Figuur 3-7 geeft de meest recente situatie van voorjaar 2019. De contourlijn van 2.5, 3.0 en 4.0m NAP zijn sinds 2017 vrijwel niet veranderd. De positie van de 4.0m NAP-lijn aan de zuidkant is ongewijzigd, aan de noordkant is er wel sprake van enige verschuiving, waardoor het oppervlak beneden 4.0m NAP enkele meters in noordelijke richting is vergroot. Iets naar het noorden (net buiten de kaart van Figuur 3-6) is in 2016 een nieuwe plek ontstaan met een oppervlak beneden 4.0m NAP en deze neemt langzaam in omvang toe. Aan de 2.5 en 3.0m NAP-lijnen zijn nauwelijks verschillen te zien. De veranderingen hierin zijn moeilijk af te lezen uit de figuren. De hoogteverschilkaarten geven meer duidelijkheid over de verschillen in de periode, en de patronen van erosie en depositie in de vallei en op de zeereep.

Wat wel overduidelijk is, is de verandering in de vallei als gevolg van de ingrepen voor vernatting. Het oppervlak beneden de contourlijnen van 2.0 en 1.75m NAP is aanmerkelijk toegenomen, en voor het eerst is ook de contourlijn van 1.5m NAP in beeld. Er zijn vijf ketelvormige vlakken aangelegd waar de hoogteligging beneden 1.5m NAP is gekomen, waardoor hier nu permanent water aan het oppervlak staat (Figuur 3-3 en Figuur 3-4). De lengterichting van deze vlakken loopt vrijwel parallel aan de vallei en lijkt daarmee iets af te wijken van het voorstel voor ingrepen, zoals in Figuur 3-8 afgebeeld, waar de lengterichting van de vlakken iets meer dwars op de vallei ligt. Bij de ingrepen zijn ook schelpenvloertjes over grote oppervlaktes verwijderd.



Figuur 3-6. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2018a. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 3-7. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2019a. [Bron: Laseraltimetrie Shore]



Figuur 3-8. AW Vessies Infra, Maaiveldverlaging Spanjaardsduin, WGW180500W2, 18-01-2019

3.1 Verschilkaarten; erosie en depositie

Met behulp van de laseraltimetrie gegevens is een aantal verschilkaarten berekend. Figuur 3-9 en Figuur 3-10 geven de jaarlijkse hoogteverschillen die zijn ontstaan tussen voorjaar 2017-2018 en voorjaar 2018-2019, voor eerdere periodes wordt verwezen naar de vorige jaarverslagen. De verschillen van 2017-2018 en van 2018-2019 zijn weer groter dan die voor 2016-2017. In dat jaar viel op dat de verschillen geringer waren vergeleken met voorgaande jaren.

De aanstuiving van de zeereep is veel extremer dan tussen 2016-2017, en tussen 2017-2018 iets groter dan tussen 2018-2019. Over de gehele linie is er sprake van een gesloten zone met aanstuiving. Het voorliggende strand is vaak erosief. Ook in de vallei overheerst nu (lichte, soms iets sterkere) erosie. Een deel hiervan zou het gevolg kunnen zijn van het mechanisch weghalen van helm na voorjaar 2017.

Aan de landwaartse kant, op de oude zeereep, is het verschil in dynamiek tussen noord- en zuidkant inmiddels groot. Aan de noordkant is sprake van een geleidelijke afname, terwijl aan de zuidkant door de dynamiseringsingrepen bij de van Dixhoorndriehoek de dynamiek juist sterk is toegenomen. Opvallend is dat de oude zeereep achter de gegraven duinmeren tussen 2017-2018 nog enigszins erosief is, maar tussen 2018-2019 juist enigszins accumulatief. Dit zou kunnen samenhangen met de verwijderde schelpenvloertjes, waardoor verstuuving vanuit de vallei richting oude zeereep weer toegenomen zou kunnen zijn. Het is echter ook mogelijk dat dit samenhangt met een meetfout (hoogte

van 2018 iets te laag bepaald, of hoogte van 2017 te hoog, zie Arens, 2019), wat gezien de overwegend gele kleuren in de verschilkaart van 2018-2019 (Figuur 3-10) het meest waarschijnlijk lijkt.

Hieronder worden per deelgebied de resultaten nader besproken.

Noordelijk deel beplant (raaien 114.225 t/m 114.875):

De verschilkaart 2017-2018 toont sterke aanstuiving op de zeereep over een 35-45m brede aanstuivingszone. De ophoging bedraagt 0.8-1.0m, plaatselijk bedraagt de hoogte van de zeereep al ruim 11m NAP. De overstuivingszone is op de overgang naar het half beplante deel smaller en de mate van overstuiving ook geringer. In het meest noordelijke deel vindt ook het rietpotenexperiment plaats aan de hand van vier plots waarin rietpoten in verschillende dichtheden zijn gezet (Eleveld & van der Valk, 2019). Binnen deze plots overheerst overstuiving, met een hoogtetoename van enkele cm's, maar plaatselijk wel een bedekking van 20-30cm. Tussen de plots overheerst erosie tot circa 20cm.

De verschilkaart 2018-2019 laat een minder gelijkmatige aanstuivingszone zien, waarbij de grootste ophoging aan de landwaartse kant plaats vindt, lokaal meer dan 1.2m, maar overwegend rond 1m, naar het zuiden afnemend naar 0.8m.

De vallei in dit deel stuift gemiddeld genomen nog uit, met plaatselijk een erosie van 20-30cm. In 2019 neemt de hoogte slechts op enkele plekken af.

Op de oude zeereep is de grootste dynamiek te zien in een viertal stuifkuiltjes, waarbij de tweede kuil vanaf het noorden gerekend maar liefst 1.7m is uitgestoven. De andere kuilen hebben een uitstuiving van 60-70cm.

Noordelijk deel half beplant (114.975 t/m 115.475):

Ook hier is van 2017-2018 sprake van een forse aanstuivingszone, maar met een maximale breedte van 35m in de eerste helmstrook en ook nog enige aanstuiving in de tweede helmstrook. In de eerste strook is de opstuiving in de orde van 1m, maar lokaal is dit wel 1.2m. De hoogte is inmiddels toegenomen tot ruim 8m NAP (was net geen 5 ten tijde van het plaatsen van de helmstroken). Tussen de helmstroken is het oppervlak vrijwel kaal en is er sprake van erosie, aan de noordkant het meest extreem, 0.7m. De kale zone tussen de eerste en tweede helmstrook is begin 2019 bedekt met plagsel uit de vallei.

De verschilkaart 2018-2019 toont een minder gelijkmatige aanstuivingszone, maar met een vergelijkbare ophoging. In de aanstuiving zijn kleinschalige erosieve vormen herkenbaar, die de contouren van de oorspronkelijk golvende aanplant volgen. Waar de sinusvormige golven op zuidwest tot west geëxposeerd zijn is sprake van erosie. Dit is langs de zeewaartse begrenzing van de helmbegroeiing.

Ook in de vallei hierachter is tussen 2017-2018 sprake van erosie, met langs de zeewaartse rand een erosie van soms 50-60cm. Plaatselijk is er in de vallei ook ophoging waar Helm zich gevestigd heeft. De ophoging is maximaal 30cm.

Voor 2018-2019 worden de verschillen in de vallei bepaald door de vernattingsingrepen. Enkele zones waar al een interessante vegetatieontwikkeling op gang is gekomen zijn hierbij gespaard. Door het afgraven zijn de schelpenvloertjes over grote oppervlakken verwijderd. Mogelijk gaat dit een effect hebben op (vernieuwde) uitstuiving van het oppervlak, omdat nu weer origineel opgespoten zand aan het oppervlak ligt.

In de oude zeereep liggen enkele actieve verstuivingen, soms in de vorm van stuifkuilen. De meest actieve ondergaat een uitstuiving van maximaal 1.7m en aangrenzend een opstuiving tot circa 0.7m.

Middendeel beplant (raaien 115.575 t/m 115.875):

Hier wordt aan de strandkant en rondom de bebouwing zeer veel geschoven. Het patroon van erosie en depositie is daardoor chaotisch. Via de strandslag stuift zand de vallei in, wat opgevangen wordt in aangeplante helmstroken, waardoor de hoogte hier en daar met meer dan 0.8m is toegenomen. In de vallei is het belangrijkste proces het invangen van zand in de inmiddels gevestigde helm, plaatselijk met een ophoging van rond de 0.2m.

In 2019 zijn de vernattingsingrepen uitgevoerd en is de vallei ten noorden en ten zuiden van slag Vlugtenburg sterk verlaagd.

Op de oude zeereep is ten noorden van slag Vlugtenburg nog wel enige dynamiek aanwezig. Ten zuiden van slag Vlugtenburg is de dynamiek groot door de herinrichtingsingrepen in de van Dixhoorndriehoek.

Zuidelijk deel half beplant (raaien 115.975 t/m 116.075):

De helmstroken in het voormalig onbeplante basisduin vangen nog steeds veel zand in, maar kunnen niet al het zand bergen. De aanstuivingszone heeft een breedte van 35m, en bedekt de gehele eerste helmstrook. De hoogtetoename is circa 1m, maar kan lokaal wel 1.2m bedragen. De tweede strook vangt ook nog steeds zand in, zij het veel minder dan de eerste. De eerste strook is zeer dynamisch, in 2018 is zelfs een groot deel van de Helm onder het zand verdwenen en is er van het voormalige aanplantpatroon niets meer herkenbaar. In 2019 is de helm door de zandbedekking heen gegroeid. In de tweede strook is de aanplant nog wel goed herkenbaar. Op de overgang van het zuidelijk deel beplant bevindt zich een kerf, waardoor veel zand naar binnen stuift, waardoor een forse depositiepluim is ontstaan, die aansluit op de tweede helmstrook. Het diepste punt in de kerf ligt rond 4.6m NAP. Net als bij het noordelijk deel is de aanstuivingszone tussen 2018-2019 minder gelijkmatig, is de hoogteverandering vergelijkbaar en bevinden zich ook hier de erosieve structuren die het oorspronkelijke golfpatroon van de helmaanplant volgen.

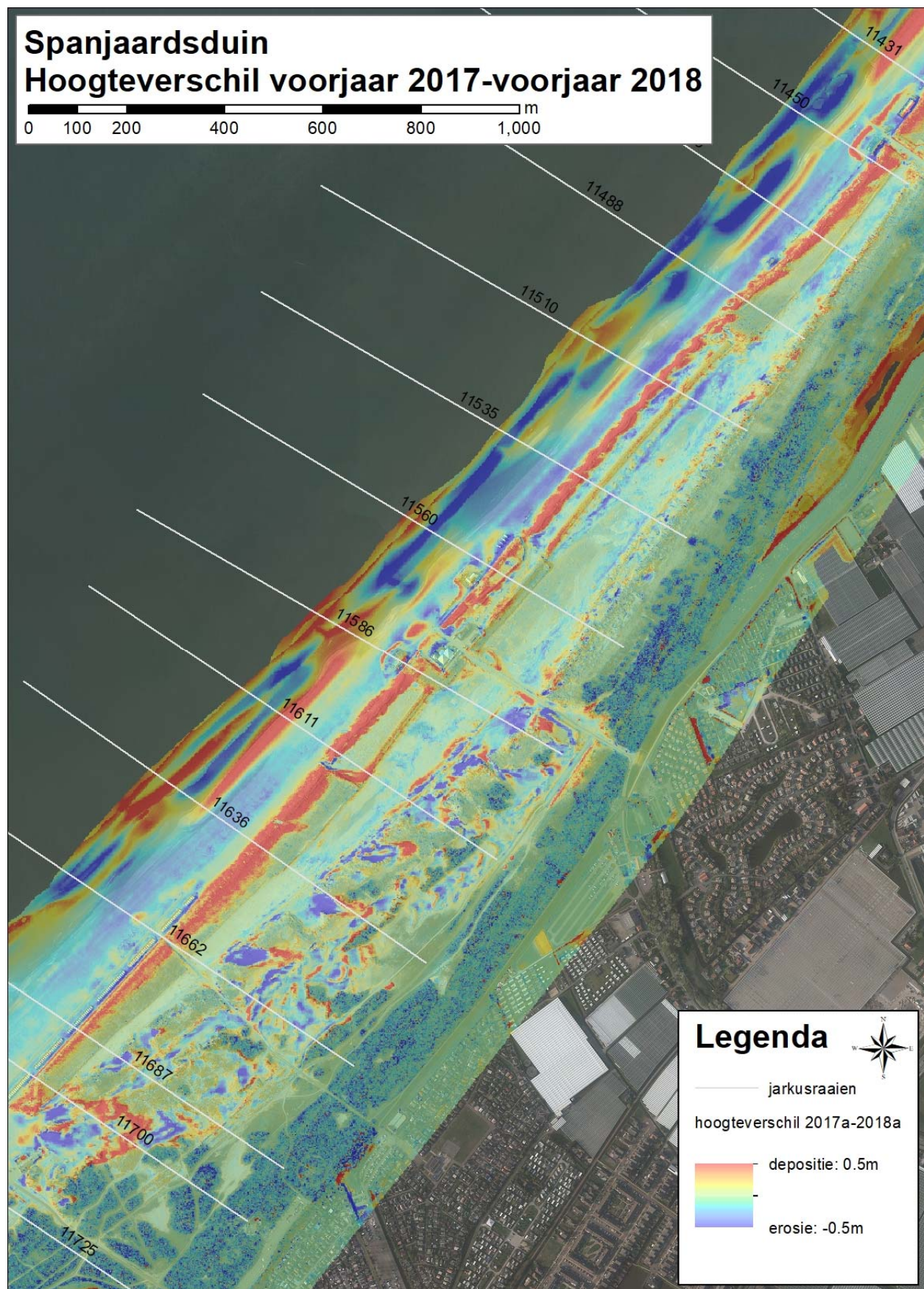
De vallei is tussen 2017-2018 over een groot oppervlak erosief, met een verlaging van plaatselijk meer dan 0.3m. Er zijn betrekkelijk weinig plekken met ophoging in aanwezige vegetatie, met een hoogtetoename van 0.2-0.3m.

In 2019 is de vallei afgegraven. Vrijwel alle veranderingen in de vallei zijn hier het gevolg van.

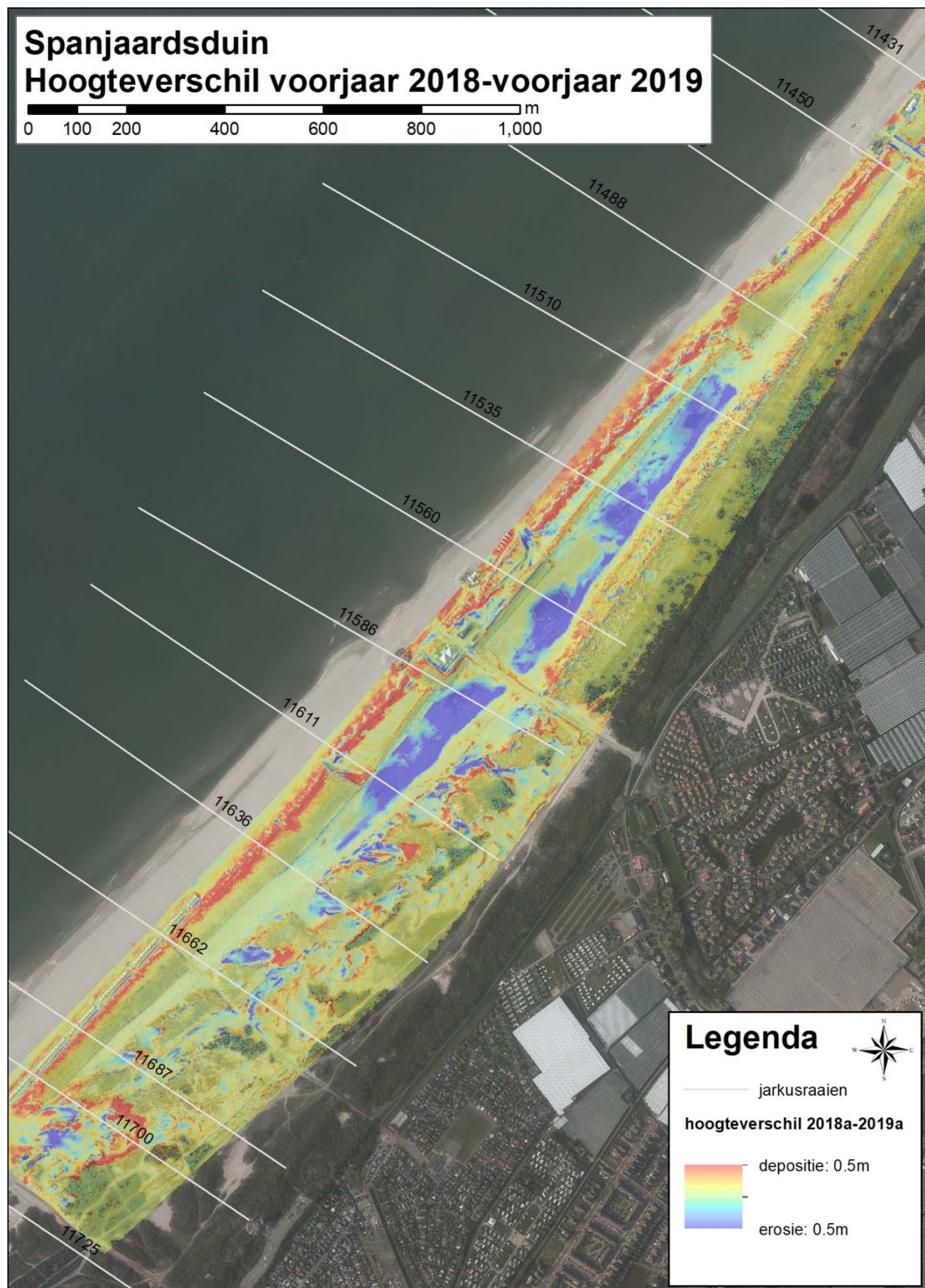
De oude zeereep toont een sterke dynamiek in grote kerven en stuifgaten en overstuivingen. Erosie bedraagt op sommige plekken meer dan 1.3m, de ophoging maximaal zelfs 1.6m, maar over het algemeen tussen 0.5 en 1.0m.

Zuidelijk deel beplant (raaien 116.175 t/m 116.475):

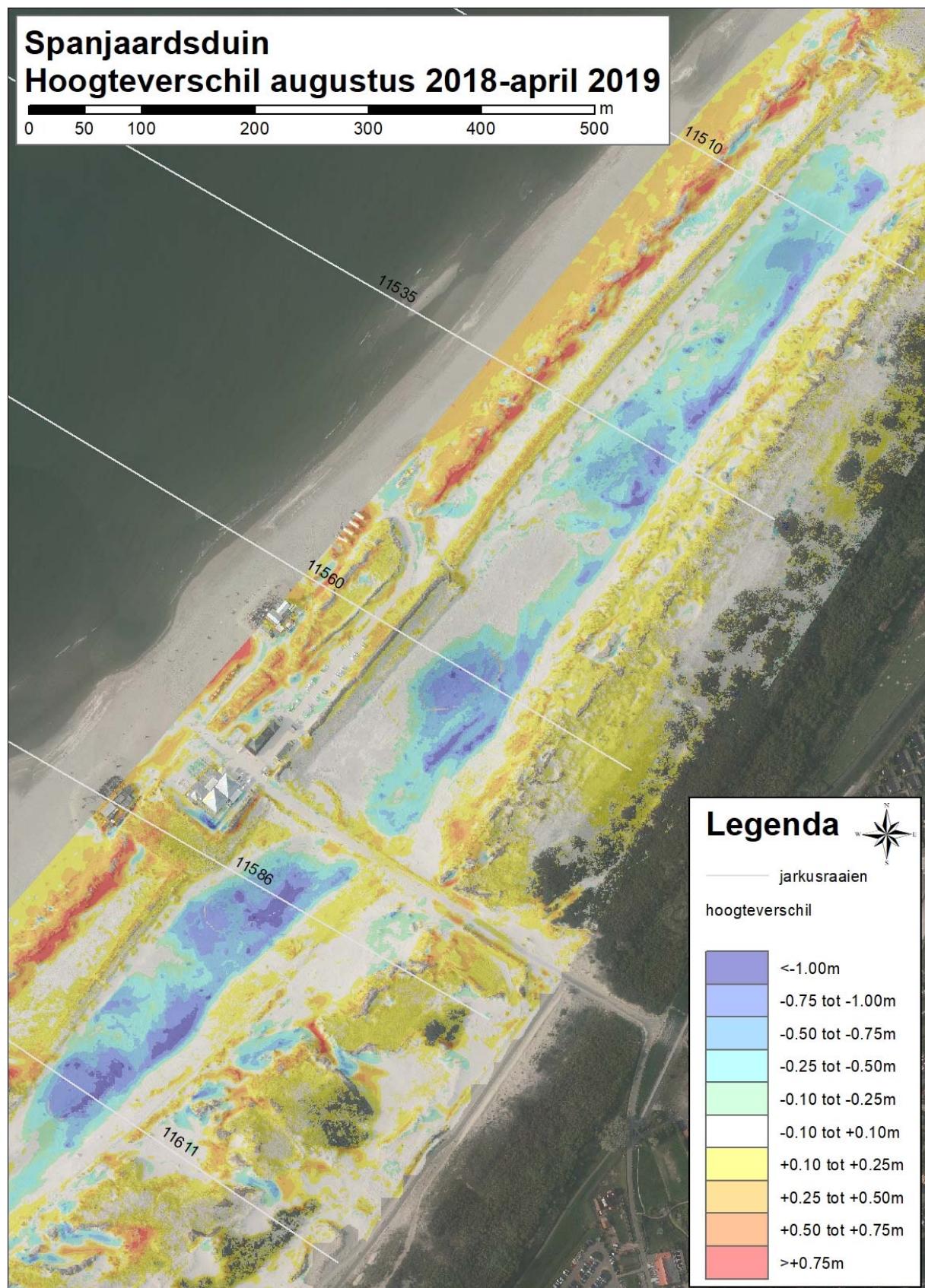
De verschilkaart 2017-2018 (Figuur 3-9) toont sterke aanstuiving tegen en op de zeereep in een 35-45m brede aanstuivingszone, met een hoogtetoename van 0.8-1m, lokaal meer. Aan de zuidkant is er een gradiënt zichtbaar van zuid (weinig) naar noord (veel), die met de aanwezigheid van de strandhuisjes samenhangt. Achter de strandhuisjes is echter ook al een gradiënt van zuid naar noord zichtbaar, de aanstuivingszone wordt naar het noorden toe steeds breder, tot een maximale breedte van circa 45m. Opvallend is dat de aanstuivingszone scherp begrensd is, aan de voorkant, maar vooral aan de landwaartse zijde. De depositie neemt dus aan de landwaartse zijde zeer snel af. Tussen de strandhuisjes en de zeereep ligt een erosieve zone met een verlaging van rond de 0.5m.



Figuur 3-9. Hoogteverschillen periode voorjaar 2017 tot voorjaar 2018. [Bron: Laseraltimetrie RWS]



Figuur 3-10. Hoogteverschillen periode voorjaar 2018 tot voorjaar 2019. [Bron: Laseraltimetrie RWS en Shore]



Figuur 3-11. Hoogteverschillen periode augustus 2018 tot april 2019. [Bron: Laseraltimetrie Shore]

De verschilkaart 2018-2019 laat een iets minder extreme aanstuiving zien dan in 2017-2018. Er is nu een drietal kerfjes zichtbaar aan de voorzijde, die behoorlijk erosief zijn. Achter de strandhuisjes

bevindt zich direct tegen de zeereep aan een erosieve strook van 2-3m, met een verlaging van rond de 0.7m.

De vallei ligt voor het grootste deel boven 4m NAP en verandert weinig. In 2019 is aan de uiterste noordkant een deel van het gebied boven 4m NAP afgegraven voor vernatting. Op andere plaatsen is soms lichte erosie te zien, mogelijk hangt dit samen met mechanisch verwijderde helm in 2017.

De oude zeereep vertoont een vergelijkbare dynamiek als bij het zuidelijk deel half beplant. In de verschilkaart 2018-2019 is meer accumulatie te zien dan in de verschilkaart 2017-2018.

Om de details van de ingreep beter zichtbaar te maken is nog een verschilkaart gemaakt met de hoogteverschillen tussen augustus 2018 en april 2019. Deze kaart is afgebeeld in Figuur 3-11. De negatieve hoogteverschillen in de vallei in Figuur 3-11 zijn het gevolg van de ingrepen, de verschillen buiten de vergravingszone zijn het gevolg van autonome processen.

3.2 Ontwikkeling vallei

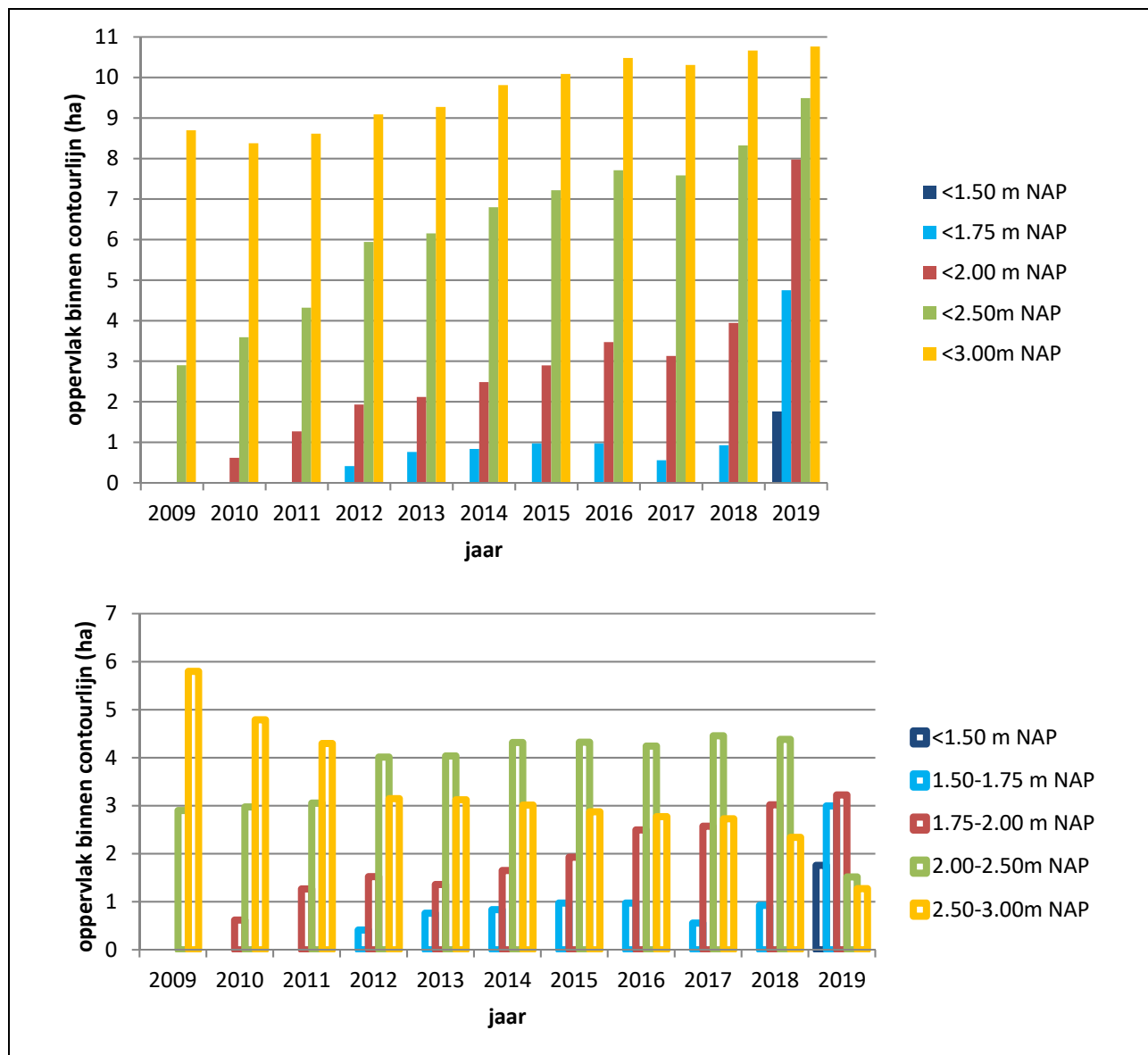
Figuur 3-6 en Figuur 3-7 geven voor de jaren 2018-2019 de ligging van de contourlijnen en de hoogte. Wat was de verandering van de hoogte in de vallei voor en na de ingrepen? Voor de verschillende jaren zijn de oppervlaktes binnen de verschillende contourlijnen bepaald. Figuur 3-12 geeft de verandering in oppervlaktes tussen 2009 en 2019. Het bovenste deel van de figuur geeft de totale oppervlakte beneden de verschillende contourlijnen, het onderste deel geeft de oppervlaktes tussen twee opeenvolgende contourlijnen.

Tot en met 2016 bleek uit Figuur 3-12 een duidelijke trend van uitbreiding van het oppervlak voor alle contourlijnen, behalve de laagste van 1.75m NAP. Daarna zijn de veranderingen niet meer trendmatig. Van 2016 naar 2017 nemen alle oppervlaktes af en wordt het valleioppervlak beneden 3.0m NAP kleiner. Van 2017 naar 2018 nemen alle oppervlaktes weer toe en neemt dus niet alleen het oppervlak beneden 3.0m NAP toe, maar ook dat beneden 2.5, 2.0 en 1.75m NAP, het tot dan toe vochtigste deel. Van 2018 naar 2019 worden de veranderingen bepaald door de ingrepen en neemt het vochtige deel sterk toe, met voor het eerst ook een oppervlak beneden 1.5m NAP. Het oppervlak beneden 1.75m NAP neemt toe van 0.92 ha in 2018 naar 4.75 ha in de huidige situatie. Het oppervlak beneden 1.50m NAP neemt toe van niets naar 1.76 ha in de huidige situatie.

Wanneer de oppervlakte per laag wordt berekend (onderste grafiek in Figuur 3-12) dan blijkt dat de verandering per laag verschilt. Het oppervlak dat ligt tussen de contourlijnen 1.75 en 2.0m NAP is van 2017 tot 2018 toegenomen, met 0.45 ha tot 3.02 ha. Het oppervlak tussen 2.0 en 2.5m NAP is iets afgenomen, met 0.07 ha tot 4.38 ha. Het oppervlak beneden 1.75m NAP is na de afname in 2017 weer toegenomen tot vrijwel hetzelfde oppervlak als in 2016, tot 0.93 ha. Het oppervlak tussen 2.5 en 3.0m NAP is afgenomen tot 2.34 ha in 2018. Het totale oppervlak in de vallei wat lager ligt dan 3.0m NAP is van 2017 tot 2018 toegenomen met 0.35ha tot 10.66 ha. Dit is in 2019 weinig verder uitgegroeid tot 10.76 ha, wat het gevolg is van autonome processen, niet van de ingrepen. Het hangt van de diepte van het grondwater en de ecologische criteria af wat dit betekent voor de potentiële habitattypen. Dit komt in hoofdstuk 4 aan bod.

Ruimtelijk gezien heeft de vallei zich in 2018 en 2019 iets uitgebreid, dat wil zeggen het oppervlak beneden 3.0m NAP is ieder jaar iets toegenomen, na een lichte achteruitgang van 2016-2017. Aangezien de ingreep in 2019 zich beperkt heeft tot het oppervlak beneden 3.0m NAP, is deze uitbreiding in 2019 niet het gevolg van ingrijpen maar van een autonome ontwikkeling. De stagnatie in 2017 veroorzaakte ook een afname van de oppervlaktes beneden 1.75, 2.0 en 2.5m NAP. In 2018 zijn deze oppervlaktes allen weer toegenomen, en zelfs tot een groter oppervlak dan in 2016. In 2018 is dit

nog het gevolg van autonome uitstuiving. In 2019 zijn deze oppervlaktes aanzienlijk uitgebreid, maar dan vanzelfsprekend wel als gevolg van de ingreep. Voor het eerst is er dan ook een oppervlak beneden 1.50m NAP in de vallei aanwezig.



Figuur 3-12. Oppervlakte binnen contourlijnen in 2009 t/m 2019. In de bovenste grafiek is het totale oppervlak beneden een contourlijn weergegeven. In de onderste grafiek is het oppervlak tussen twee opeenvolgende contourlijnen weergegeven. (lichtblauw <1.50, blauw is 1.50 tot 2.00m NAP enz.).

Een toename van de laagste oppervlaktes van 0.92 ha in 2017 naar 4.75 ha in 2019, gecombineerd met een slechts geringe toename van 0.45 ha van het oppervlakte beneden 3.0m NAP tussen 2017 en 2019 betekent automatisch een versteiling van de hellingen in de vallei.

3.3 Overige waarnemingen

Overige waarnemingen zijn gebaseerd op de veldverslagen van Deltares (Van der Valk & Van der Meulen, 2018; Van der Valk & Van der Meulen, 2019; Van der Meulen & Van der Valk, 2019). In augustus 2018 bleek de ingeplante Helm in het zuidelijk deel goed aangeslagen, ondanks de droogte (Van der Valk & Van der Meulen, 2018). Aan de noordkant had maar een deel van de aanplant het overleefd. Ondanks de droogte bleek de grondwaterspiegel nog redelijk dicht onder het oppervlak te liggen. Van Slag Vlughtenburg noordwaarts werd grondwater aangetroffen op respectievelijk 85, 55 en 30cm onder

maaiveld. In het noordelijk deel van de vallei bleek Bleekgelde droogbloem zich enorm te hebben uitgebreid. Honderden exemplaren waren zichtbaar. Ook talloze individuen van Krielparnassia werden gevonden, evenals Greppelrus, allen pioniersoorten van voedselarme, vochtige duinvalleien. Ondanks de droogte zien de kiemplantjes er vitaal uit, wat er op wijst dat door capillaire opstijging van het nabije grondwater voldoende vocht beschikbaar is. Dit deel zal niet verlaagd worden.

Veldbezoeken in 2019 vonden plaats in het kader van begeleiding van de verlaging van de vallei (Van der Valk & Van der Meulen, 2019 en Van der Meulen & Van der Valk, 2019).

In januari 2019 stond het grondwater 60m ten noorden van Slag Vlugtenburg op 30cm onder het maaiveld. In het deel waar vanwege de al aanwezige vegetatie niet gegraven zou worden, stond het grondwater op 18cm onder het maaiveld. Op 15 februari waren de werkzaamheden in de vallei afgerond. Sporen waren nog wel zichtbaar, o.a. een tegen het paddenscherp aangewaaide strook zand. Afgegraven zand is op het strand afgezet. In februari is hier al niets meer van te zien. Aan de loefzijde van de gegraven plasjes is zand ingewaaid, over een breedte van ca 10m. Op 5 maart zijn de meeste sporen van het graven al vervaagd.

Het deel van de vallei waar alle natte-duinvallei soorten zijn opgekomen en waar niet is afgegraven is in de winter van 2018-2019 door vrijwilligers ontdaan van Duindoorn. De Duindoorn is hier getrokken (pers. commun. Bert van der Valk).

In de memo over veldbezoeken in voorjaar 2019 (Van der Valk & Van der Meulen, 2019) zijn veel foto's opgenomen met een illustratie van processen rondom de gegraven plasjes. Deze zijn zeer illustratief.

4 INTERPRETATIE EN VERWACHTINGEN MET BETREKKING TOT DE NABIJE TOEKOMST

4.1 Potentiële habitattypen

Voor 2018 is geen kaart met potentiële habitattypen afgeleid, omdat deze niet meer relevant is. Dankzij het snel ter beschikking komen van hoogtegegevens van na de ingreep begin 2019 kan hier al een kaart met potentiële habitattypen voor 2019 gepresenteerd worden. Zoals uitgelegd in paragraaf 2.3 is deze kaart afgeleid van de in 2019 vastgestelde GVG en de bodemhoogtekaarten van 2019. De GVG van 2019 is de meest nauwkeurige, omdat die gebaseerd is op de langste meetreeks en dus het beste tijdreeksmodel. Zie verder over de afleiding van de GVG de bijlage over hydrologie. Aangezien ieder jaar nieuwe metingen beschikbaar komen zal het tijdreeksmodel en daarmee de GVG ieder jaar iets nauwkeuriger worden. Wanneer zich geen veranderingen in omstandigheden voordoen (vergroten zoetwaterbel, zeespiegelstijging), zou de GVG echter een constante moeten zijn, het is immers een gemiddelde voor een lange meteorologische periode. De potentiële habitattypen worden dan puur bepaald door de hoogteligging/geomorfolgie en de mate van zanddynamiek.

Volgens de nieuw vastgestelde criteria, besproken in paragraaf 2.3, is de kaart met potentiële habitattypen voor 2019 afgeleid. De kaart van 2017 is weergegeven in



Figuur 4-1, die van 2019 in Figuur 4-2.

Tabel 4.1. Oppervlaktes potentiële habitattypen en tussenzones in hectares.

omschrijving	code	2014	2015	2016	2017	2019
antropogeen	0	2.67	2.67	2.67	2.67	2.72
H2110/H2120	2110/2120	2.30	2.30	2.46	4.10	6.64
H2120 aanplant	2120 a	8.27	8.27	8.03	6.00	3.69
H2120 spontaan	2120 p	3.84	3.84	3.92	3.18	3.36
H2120/H2160 aanplant	2120/60 a	6.00	6.01	6.03	4.66	6.13
H2120/H2160 spontaan	2120/60 p	0.47	0.47	0.54	2.88	1.07
<i>Potentieel H2130 Grijze duinen</i>						
H2130 >4.0m NAP	2130 l	8.69	8.23	7.66	7.36	5.16
H2130 <4m NAP	2130 p	4.98	4.98	4.96	5.24	5.24
<i>Overgangszone</i>						
overgangszone droog	75V130L	1.62	1.45	1.38	1.83	0.61
overgangszone nat	40V75V	2.43	2.86	3.18	3.52	2.32
<i>Potentieel H2190 Duinvalleien</i>						
H2190 zeer vochtig	25V40V	1.15	1.24	1.49	1.23	2.92
H2190 nat	10V25V	0.48	0.59	0.61	0.25	1.34
H2190 zeer nat	0V10V					0.68
H2190A/D	>0	0	0	0	0	1.27
totaal		42.92	42.92	42.94	42.92	43.16

Tabel 4.2. Samenvatting oppervlaktes potentieel H2130, H2190 en tussenzone.

	2014	2015	2016	2017	2019	Compensatie opgave
pot. H2130	13.68	13.21	12.63	12.60	10.40	9.8
overgang droog	1.62	1.45	1.38	1.83	0.61	
overgang nat	2.43	2.86	3.18	3.52	2.32	
pot. H2190	1.63	1.84	2.11	1.48	6.21	6.1



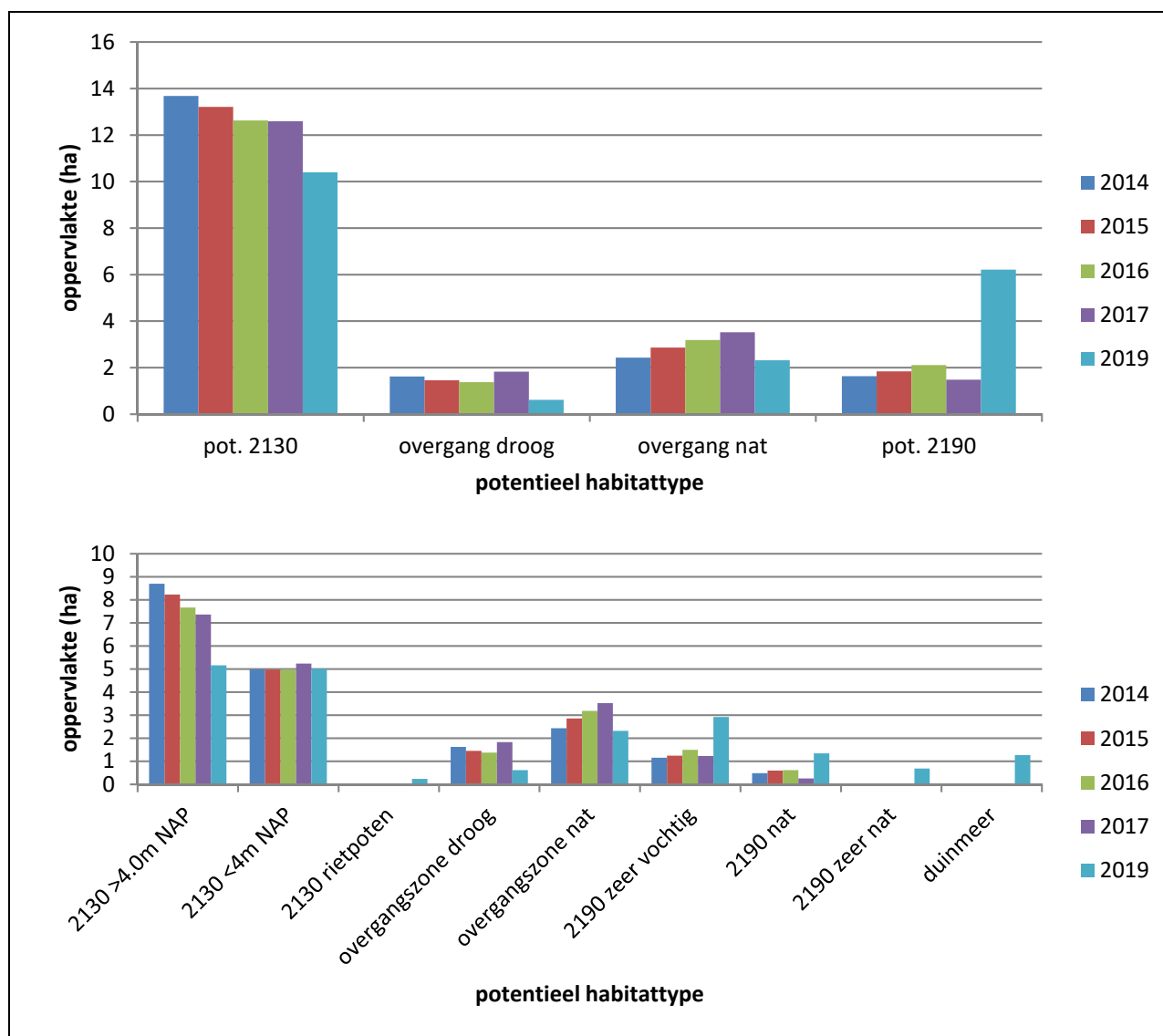
Figuur 4-1. Potentiële habitatkaart 2017.



Figuur 4-2. Potentiële habitatkaart 2019.

De verschillen door de ingreep zijn duidelijk. De oppervlaktes per potentieel habitatype zijn opgenomen in Tabel 4.1 en voor de belangrijkste habitattypen samengevat in Tabel 4.2. Dezelfde gegevens zijn in grafiekvorm weergegeven in Figuur 4-3.

Het areaal aan potentieel vochtige duinvallei is na de ingreep toegenomen tot 6.21 ha, iets groter dan de compensatieopgaven van 6.1ha. Door het uitgraven gaat dit vanzelfsprekend ten koste van de drogere habitattypen. Het oppervlak aan potentieel Grijs duin bedraagt nog steeds 10.4ha, groter dan de compensatieopgave van 9.8ha. De overgangszones “droog” (0.61ha) en “nat” (2.32ha) zijn beide afgenomen. Delen van deze oppervlakken kunnen tot Grijze duinen dan wel Duinvalleien gaan behoren, waarmee het totale oppervlak aan potentiële habitattypen enkele hectares groter is dan de totale compensatieopgave.



Figuur 4-3. Veranderingen van oppervlaktes potentiële habitattypen.

De verschillen in de potentiële habitats 2110, 2120 en 2160 in Figuur 4-1 en Figuur 4-2 en Tabel 4.1 zijn groot. Het betreft interpretaties op grond van luchtfoto-beelden. De sterke toename van potentieel habitat 2110/2120 is het gevolg van een zeer sterke overstuiving, waarbij een groot deel van de aanwezige vegetatie geheel of gedeeltelijk met zand is bedekt. Ook de verschuiving van potentieel habitat 2120 aanplant is hiervan het gevolg. Door de sterke overstuiving is het oorspronkelijke patroon van aanplant op veel plaatsen niet meer herkenbaar. De toename van H2120/2160 aanplant en afname

van H2120/2160 spontaan is het gevolg van het op grote schaal snoeien van de op de zeereep opgekomen Duindoorn. Dit is uitgevoerd met de bosmaaier; alle wortels zijn nog aanwezig. Door de ontwikkeling van Duindoorn was het patroon van Helmaanplant niet meer zichtbaar en zijn grote delen in 2017 als spontaan H2120/2160 gekarteerd. Door verwijderen van de Duindoorn is het patroon van aanplant weer zichtbaar geworden, zodat deze delen in 2019 weer als H2120/2160 aanplant zijn gekarteerd. Aangezien voor zowel habitattype 2110 Embryonale duinen als 2120 Witte duinen als 2160 Duindoornstruwelen geen compensatieopgave bestaat, zijn deze verschuivingen interessant maar voor de doelstellingen van dit project niet van belang. Overigens zijn ze voor de natuurdoelen van het gebied zelf wel van belang. Door structureel Duindoorn te verwijderen zou kunnen worden voorkomen dat een (groot) deel van de zeereep overwoekerd raakt met Duindoorn en zou hier op termijn mogelijk zelfs nog Grijs duin kunnen ontstaan.

4.2 Verwachte ontwikkeling en aanbevelingen

Door de ingreep is nu een groot areaal ontstaan wat binnen de invloed van het grondwater ligt en waar potentieel habitattype 2190 tot ontwikkeling kan komen. Omdat ook op grote schaal schelpenvloertjes zijn verwijderd, zou een deel van het oppervlak tijdens droge perioden in verstuiving kunnen gaan. Door overstuiving van de zeereep en door overstuiving in de langsrichting van de vallei, zowel met noordoosten als met zuidwestenwind kan zand in de gevormde laagtes stuiven. Dit zal vooral in de meest noordelijke en meest zuidelijke laagte voor enige verhoging kunnen zorgen, maar voorlopig is de bodem dermate laag dat er van verdroging geen sprake zal zijn. Het is waarschijnlijk dat opnieuw schelpenvloertjes gaan ontstaan, maar op kleine schaal.

Door aanstuiving zal het basisduin verder verhogen en natuurlijker worden. Door de aanplant met stroken helm op het voorheen niet beplante basisduin wordt ook dit hoger en wordt daarmee de kans dat de zee hier doorheen breekt kleiner. Dit lijkt een continu proces, waarvan verwacht wordt dat het de komende jaren verder doorzet. De zones tussen de helmstroken aan de zuidkant zijn in 2018 aangeplant met uit de vlakke afkomstige helm.

Op de zeereep is de ontwikkeling van Duindoorn dusdanig dat deze ondanks ingrijpen in 2018 nog steeds aanwezig is. De afgezette Duindoorn is voor het grootste deel opnieuw uitgelopen. Structureel bestrijden van Duindoorn kan de ruimte voor een potentiële ontwikkeling van Grijs duin vergroten. Hier wordt dringend aanbevolen de duindoorn op veel intensievere wijze te bestrijden, in ieder geval door ook de wortels te verwijderen.

Met de nieuwe uitgangssituatie lijkt de weg vrij voor een ontwikkeling van vochtige habitats. Gezien de nog steeds actieve eolische processen in het gebied blijft het echter van belang de ontwikkeling te blijven volgen. Belangrijk is of:

- De verstuiving binnen de vallei door verwijderen van de schelpenvloertjes weer gaat toenemen;
- Overstuiving door de vallei en over de zeereep tot een verhoging van de nu natte delen zal leiden. Aanwezig water is een goede zandvang en zal rondstuivend zand invangen, waardoor het oppervlak weer kan verhogen. Te veel verhoging zal de positieve verandering door de ingreep weer teniet doen.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- Het natuurlijker worden van de voorkant en bovenkant van de zeereep zet door. Hier en daar ontstaan inmiddels ook embryonale duinen aan de voorzijde van de zeereep.
- Tussen 2017-2018 is er sprake van een zeer sterke overstuiving van de zeereep met een brede overstuivingszone van 35-45m en een opstuiving tot 1m, lokaal 1.2m.
- Tussen 2018-2019 is er ook sprake van een sterke overstuiving maar iets minder in het voorgaande jaar. De overstuivingszone is minder aaneengesloten.
- Door invang in de helmstroken is de hoogte in het voorheen niet beplante, nu half beplante basisduin alweer toegenomen tot 8m NAP.
- Het beplante basisduin is in hoogte toegenomen tot plaatselijk meer dan 10m NAP.
- De vallei heeft zich in 2018 toch weer uitgebreid, ook het laagste deel, terwijl de uitbreiding in 2017 gestopt leek. Mogelijk is door een zeer natte periode eind 2017 de helm verdwenen waarna het opnieuw kale oppervlak toch weer kon eroderen. Waarschijnlijk speelt het mechanisch weghalen van helm door het Zuidhollands Landschap hier ook mee.
- De vallei beneden 4m NAP heeft zich in noordelijke richting enkele meters uitgebreid.
- Micro reliëf in de vallei is deels verwijderd door het mechanisch verwijderen van Helm. Documentatie van dit soort maatregelen ontbreekt.
- Door de ingreep begin 2019 zijn er vijf schotelvormige vlakken aangelegd die nu binnen de invloedsfeer van het grondwater liggen.
- Bij de ingreep zijn de schelpenvloertjes ook deels verdwenen.
- Door de ingreep is het oppervlak aan potentieel habitat natte duinvallei 6.21ha, wat iets groter is dan de 6.1ha uit de compensatieopgave.
- Het potentieel habitat grijze duinen bedraagt nu 10.40 ha, iets groter dan de 9.8ha uit de compensatieopgave.
- Voeg hierbij nog de overgangszones van 0.61 (droog) en 2.32 (nat) ha en er lijkt genoeg ruimte om aan de compensatieopgave te voldoen.
- Daarnaast kan een deel van de zeereep zich tot grijs duin ontwikkelen, zeker als de opgekomen Duindoorn massaal verwijderd wordt en onderdrukt blijft worden. Dit is met een eerste ingreep niet goed gelukt. Verwijderen van Duindoorn met de bosmaaier is geen goede oplossing.
- Het is belangrijk om de verstuuving te blijven volgen om te bepalen of natte delen niet volstuiven (water vangt zand, dit probleem speelde eerst natuurlijk niet).
- Bij dreiging van volstuiven zullen stabilisatiemaatregelen nodig zijn.
- De dynamiek in de oude zeereep aan de noordkant (ten noorden van Slag Vlugtenburg) neemt af, wel liggen hier enkele zeer actieve stuifkuiltjes.
- De dynamiek in de oude zeereep aan de zuidkant (ten zuiden van Slag Vlugtenburg) is sterk toegenomen door dynamiseringsmaatregelen in het kader van een herinrichting van de van Dixhoorndriehoek
- Duindoorn op de zeereep is verwijderd door het afknippen van takken. De Duindoorn loopt echter weer snel uit, waardoor een jaar later eigenlijk al niets meer van de maatregel te zien is. Documentatie van deze maatregel ontbreekt. De verwijdering van Duindoorn zou bijvoorbeeld met de pluk-trekmethode grondiger kunnen gebeuren.
- Achter de strandhuisjes is de Duindoorn niet verwijderd, waardoor het straks moeilijk is een onderscheid te maken tussen effecten van strandhuisjes en effecten van Duindoorngroei.

6 REFERENTIES

- Arcadis, 2017. Resultaten monitoring strandhuisjes Spanjaardsduin; Tussentijds verslag. Rapport Arcadis B.V. in opdracht van Westland Strandhuisjes. 22 december 2017.
- Arens, S.M., 2018. Monitoring van verstuingen in de zeereep van het Hoogheemraadschap van Delfland. Situatie 2016. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2018.02 in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland.
- Arens, S.M., 2019. Monitoring van verstuingen in de zeereep van het Hoogheemraadschap van Delfland. Situatie 2017-2018. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2019.03 in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland.
- Eleveld, M. & L. van der Valk, 2019. Memo rietpotenexperiment noordpunt Spanjaardsduin. Memo Deltares aan RWS. 8 april 2019.
- Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2016. Verslag veldbezoek Spanjaards Duin, dinsdag 8 maart 2016. Memo Deltares 1209885-000-ZKS-0027, 7-12-2016.
- Meulen, F. van der, B. van der Valk, S. IJff en M. Eleveld, 2017. Concept-verslag veldbezoek Spanjaardsduin. Memo Deltares 4 mei 2017.
- Meulen, F. van der & B. van der Valk, 2017. Veldnotitie bezoek Spanjaards Duin 14 november 2017. Memo Deltares 23 november 2017.
- IJff, S, B. van der Valk & F. van der Meulen, 2017. Leidraad beheer Spanjaards Duin. Rapport Deltares 1230642-002-ZKS-0001, versie 1.0, mei 2017, in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Van der Meulen, F. & B. van der Valk, 2019. Veldbezoek Spanjaardsduin. Datum 18-1-2019, aanvulling op 25-1-2019. Interne notitie Deltares.
- Van der Valk, B. & F. van der Meulen, 2018. Veldbezoek Audit Commissie Spanjaards Duin. Verslag 8-8-2018. Interne notitie Deltares.
- Van der Valk, B. & F. van der Meulen, 2019. Stand van zaken Spanjaardsduin tijdens en na verdieping. Memo Deltares, 11203145-002-ZKS-0002, mei 2019.
- Verkerk, M., 2019. Hoogtemeting Spanjaardsduin – T5. Veldrapportage. Rapport Shore Monitoring & Research, kenmerk N201904-03_T5 in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Vertegaal, C.T.M., 2017. Interne memo Ecologische vereisten Habitattypen.
- De Weger, R. Ph., 2017. RPAS Monitoring Spanjaards Duin, 's-Gravenzande. T2 april 2017 Veldrapportage. Shore Monitoring & Research BV, in opdracht van RWS-WVL.

7 LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

Figuur 1-1. Overzicht van het Spanjaards Duin na aanleg in 2009. De 2.0 m contour is in 2009 nog niet bereikt binnen de vallei. [Bron: luchtfoto's en laseraltimetrie RWS].

Figuur 3-1. Muurpeper, 20 september 2018.

Figuur 3-2. Kleinschalige duintjes, helmpollen en schelpenvloertjes, 20 september 2018.

Figuur 3-3. Overzicht uitgegraven vallei, ten zuiden van Slag Vlugtenburg. 5 juni 2019.

Figuur 3-4. Overzicht uitgegraven vallei, ten noorden van Slag Vlugtenburg. 5 juni 2019.

Figuur 3-5. Beheersmaatregelen 2018-2019, op basis van veldobservaties van Bert van der Valk en luchtfoto-interpretatie.

Figuur 3-6. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2018a. [Bron: Laseraltimetrie RWS]

Figuur 3-7. Contourlijnen binnen de vallei over AHN, 2019a. [Bron: Laseraltimetrie Shore]

Figuur 3-8. AW Vessies Infra, Maaiveldverlaging Spanjaardsduin, WGW180500W2, 18-01-2019

Figuur 3-9. Hoogteverschillen periode voorjaar 2017 tot voorjaar 2018. [Bron: Laseraltimetrie RWS]

Figuur 3-10. Hoogteverschillen periode voorjaar 2018 tot voorjaar 2019. [Bron: Laseraltimetrie RWS en Shore]

Figuur 3-11. Hoogteverschillen periode augustus 2018 tot april 2019. [Bron: Laseraltimetrie Shore]

Figuur 3-12. Oppervlakte binnen contourlijnen in 2009 t/m 2019. In de bovenste grafiek is het totale oppervlak beneden een contourlijn weergegeven. In de onderste grafiek is het oppervlak tussen twee opeenvolgende contourlijnen weergegeven. (lichtblauw <1.50, blauw is 1.50 tot 2.00m NAP enz.).

Figuur 4-1. Potentiële habitatkaart 2017.

Figuur 4-2. Potentiële habitatkaart 2019.

Figuur 4-3. Veranderingen van oppervlaktes potentiële habitattypen.

Tabel 2.1. Beschikbare laseraltimetrie Rijkswaterstaat.

Tabel 2.2. Ecologische criteria voor onderscheid habitattypen 2130A (Grijze Duinen kalkrijk) en 2190B (Natte duinvalleien).

Tabel 2.3. Legendaeenheden potentiële habitatkaart.

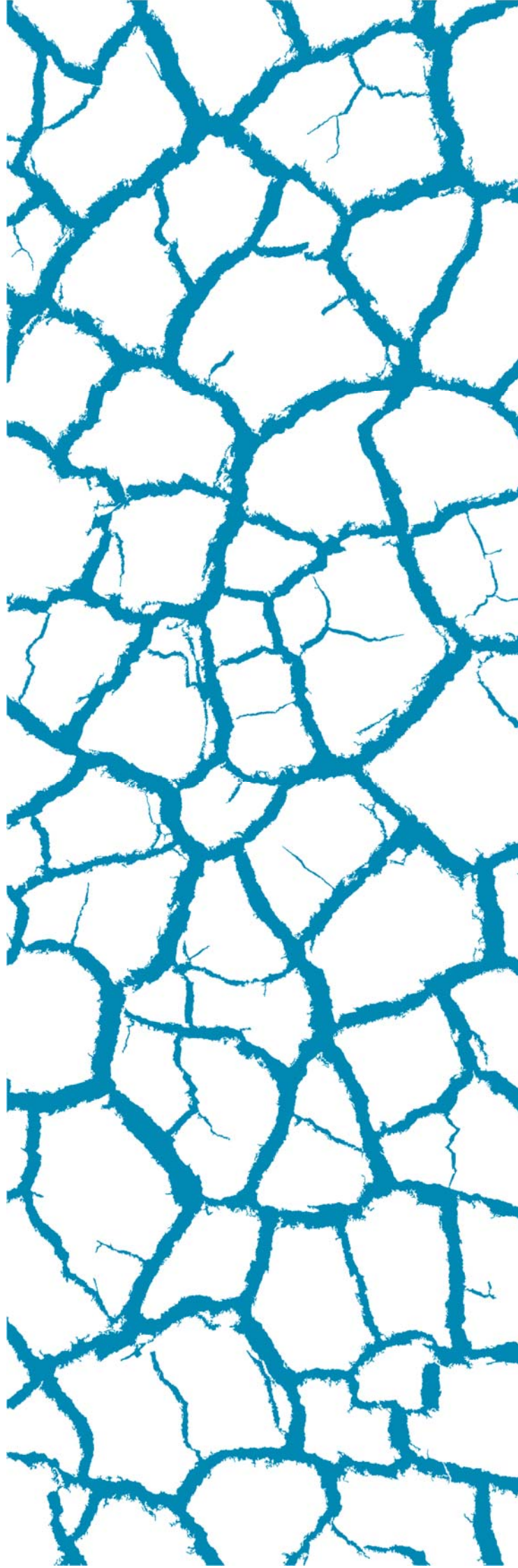
Tabel 4.1. Oppervlaktes potentiële habitattypen en tussenzones in hectares.

Tabel 4.2. Samenvatting oppervlaktes potentieel H2130, H2190 en tussenzone.

Bijlage 6 Hydrologische ontwikkeling

Spanjaardsduin: Hydrologische ontwikkeling

Tot 2019





Spanjaardsduin: Hydrologische ontwikkeling

Tot 2019

Opdrachtgever: Zuid-Hollands Landschap
Projectnummer: 19017106
Datum: 29 april 2019
Auteur(s): Wouter Beekman
Borging:

© 2019 Artesia B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

1	Ontwikkeling Grondwaterdynamiek.....	7
1.1	Hydrologische karakterisering van het jaar	7
1.2	Tijdreeksanalyse op meetreeksen	10
1.3	Ruimtelijke interpolatie van de GxG.....	11
2	Conclusies	13
Bijlage 1	Profielen grondwaterstand.....	15
Bijlage 2	Invoer tijdreeksmodellen	17
Bijlage 3	Metingen vs tijdreeksmodellen	19

1 Ontwikkeling Grondwaterdynamiek

In 2018 is de grondwatermonitoring in het permanente meetnet van Spanjaardsduin voortgezet met de inzet van automatische drukopnemers. Van de oorspronkelijke 10 meetpunten zijn er twee buiten gebruik geraakt:

- meetpunt Z1 is in 2017 defect geraakt en niet meer hersteld.
- meetpunt Z3 is sinds begin 2018 niet meer gemeten.

In de overige 8 peilbuizen (verdeeld over 2 raaien) zijn de meetreeksen in 2018 gecontinueerd. Daarnaast zijn in principe tijdens de (vier) uitlezingen handpeilingen uitgevoerd. Het beheer en de uitlezing van de dataloggers is uitgevoerd door WARECO in opdracht van TEBEZO, die de aannemer is voor werkzaamheden in het Spanjaardsduin van Rijkswaterstaat. De verzamelde metingen van de 4 uitlezingen in 2018 en een uitlezing in 2019 zijn aangeleverd in een excel-bestand. De analyse is op die gegevens gebaseerd.

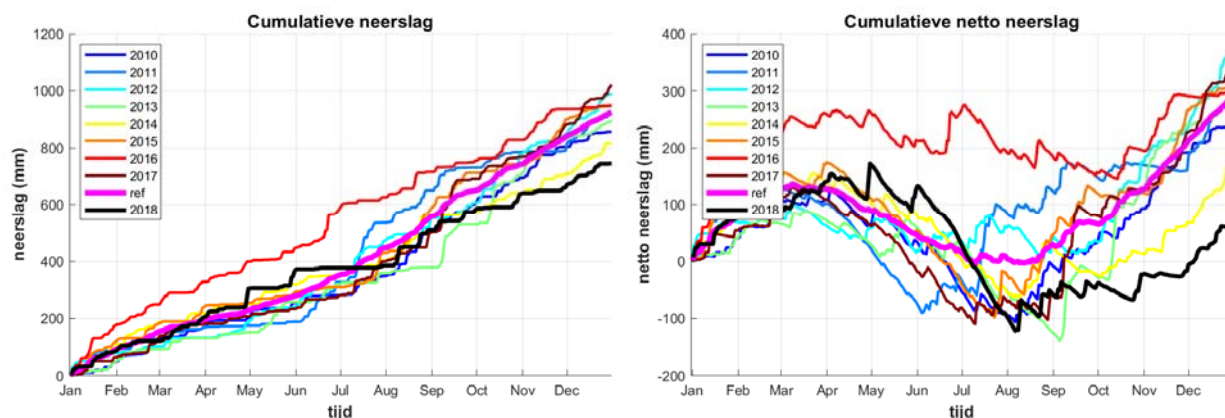
De reeksen zijn, gecorrigeerd voor sprongen die na een uitlezing zijn ontstaan, weergegeven en vergeleken met de handpeilingen en met het (met de eerder opgestelde tijdreeksmodellen) gesimuleerde grondwaterstandsverloop, met een tweeledig doel:

- het duiden van de kwaliteit van de meetreeksen
- het detecteren van eventuele trends in de grondwaterstand

De meetreeksen en de ruimtelijke interpolaties van de grondwaterstand worden daarnaast gepresenteerd als basis voor de ecologische ontwikkelingspotentie.

1.1 Hydrologische karakterisering van het jaar

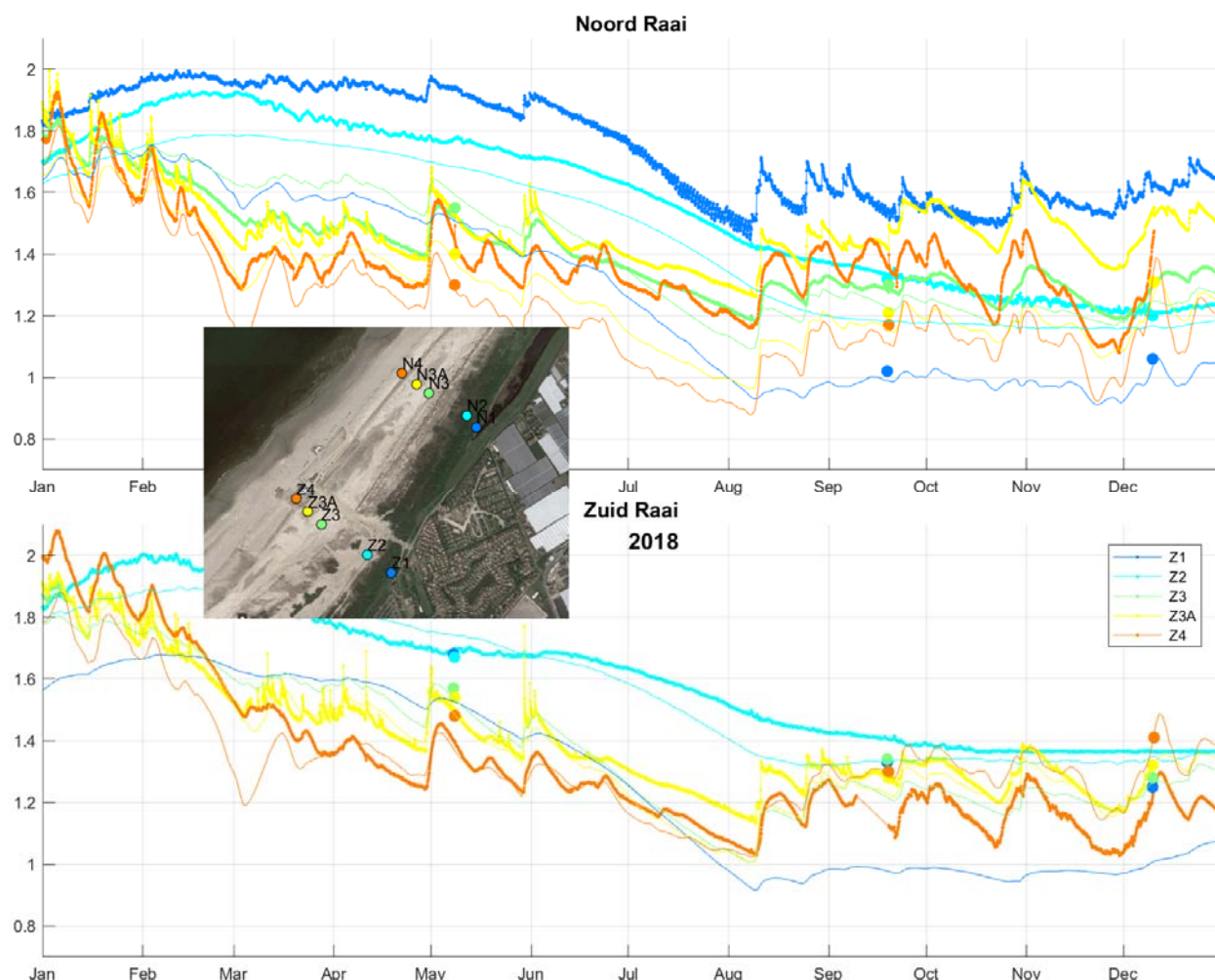
Het jaar 2018 week meteorologisch sterk af van het gemiddelde verloop, door het optreden van lange droge perioden. Met name de zomermaanden van juni tot begin augustus waren vrijwel volledig droog, terwijl ook het najaar vanaf september relatief droog is verlopen. In figuur 1 is de ontwikkeling van resp. de neerslag en de netto neerslag (neerslag – potentiële verdamping) weergegevens in vergelijking met voorgaande jaren en met het gemiddelde verloop.



figuur 1: cumulatieve neerslag van 2016 in relatie tot voorgaande jaren en afgezet tegen een gemiddeld verloop

Dit verloop had een echo in de grondwaterstand volgens de automatische drukopnemers, zoals weergegeven in figuur 2. De natte winter 2017/2018 zorgde voor hoge grondwaterstanden, terwijl de droge zomermaanden van 2018 leidden tot gestaag dalende grondwaterstanden tot begin augustus. Sinds die tijd stabiliseren de grondwaterstanden zich op dat zomerniveau, door gebrek aan overcompenserende neerslag.

Naast het weer vormt de zee een randvoorwaarde voor de gemeten grondwaterstanden in Spanjaardsduin (zie Bijlage 2). De dynamiek in deze rand blijkt van ondergeschikt belang te zijn. Het hoogste zee-peil in 2017 is op 8 december gemeten tijdens springtij met aanlandige wind met een piek van 2.38 m NAP. Springtij plus storm op 3 januari 2018 leidde tot een peil van 2.50 NAP. Beide situaties leidden niet tot overslag van zeewater in het Spanjaardsduin en hebben slechts zeer kortstondige en beperkte effecten op de stijghoogte gehad. Het gemiddeld zeepeil (station Hoek van Holland 2013 t/m 2017) bedraagt 0.12 m NAP en de eb- en vloed-standen liggen grotendeels tussen -1 en 1 m NAP.



figuur 2: Samenvatting van het verloop van de grondwaterstand in 2018 op basis van de diver-registratie. Handpeilingen zijn toegevoegd (bolletjes), alsmede het voorspelde verloop (dunnen lijnen)

De langjarige grondwaterreeksen zijn in figuur 3 in ruimtelijke samenhang weergegeven. In bijlage 1 zijn dwarsprofielen van de grondwaterstand over de beide raaien weergegeven voor respectievelijk een zomersituatie en een wintersituatie. Uit deze profielen blijkt dat het gehele duingebied een redelijke vlakke opbolling van de grondwaterstand heeft, die fluctueert tussen de 1 m NAP (in droge jaren in de zomer) en de 1.8 m NAP (in natte jaren in de winter). De grootste stijghoogtegradiënt aan de zee-kant ligt buiten de buitenste peilbuizen, onder het strand: in die zone zal water periodiek (bij eb) uittreden.

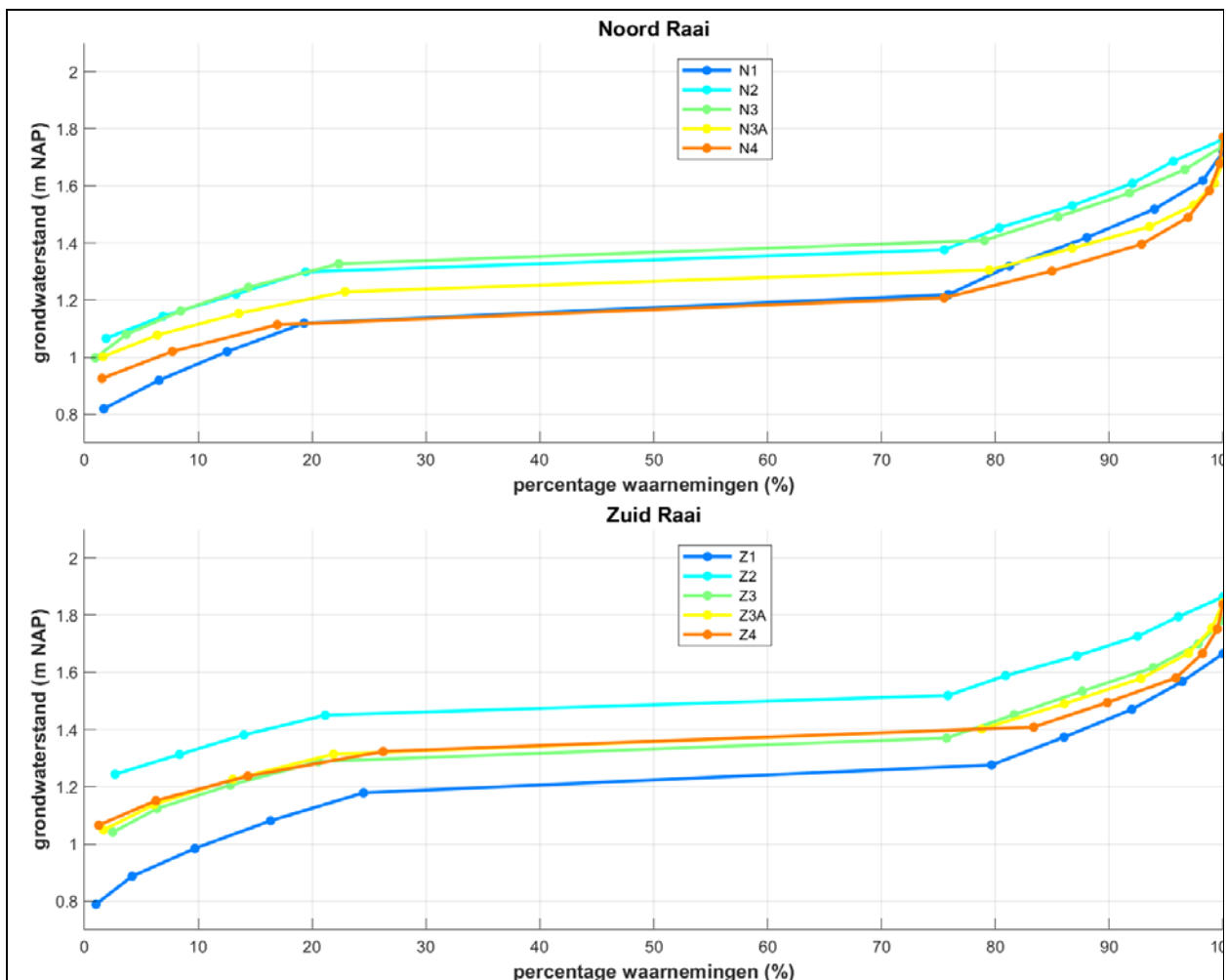


figuur 3: Stijghoogte-grafieken, in meter t.o.v. NAP, getekend bij de meetpunten. De kleur geeft als extra visuele hulp ook de stijghoogte aan.

1.2 Tijdreeksanalyse op meetreeksen

De neerslag heeft visueel een duidelijk zichtbare respons in de grondwaterstanden. Het blijkt dat op alle punten de reeksen tot vorig jaar goed verklaard konden worden met een lineaire respons uit de meteorologische omstandigheden. De tijdreeksmodellen blijken echter op veel punten slecht te passen op de metingen van 2018. In Bijlage 3 zijn de metingen weergegeven in samenhang met de gesimuleerde reeksen. Daaruit blijkt dat de handpeilingen beter overeenkomen met de voorspellingen van de tijdreeksmodellen dan de metingen uit de drukopnemers. Daarom is gekozen om de metingen met de drukopnemers dit jaar volgend te laten zijn aan de andere schattingen van de grondwaterdynamiek (handpeilingen en tijdreeksmodellen).

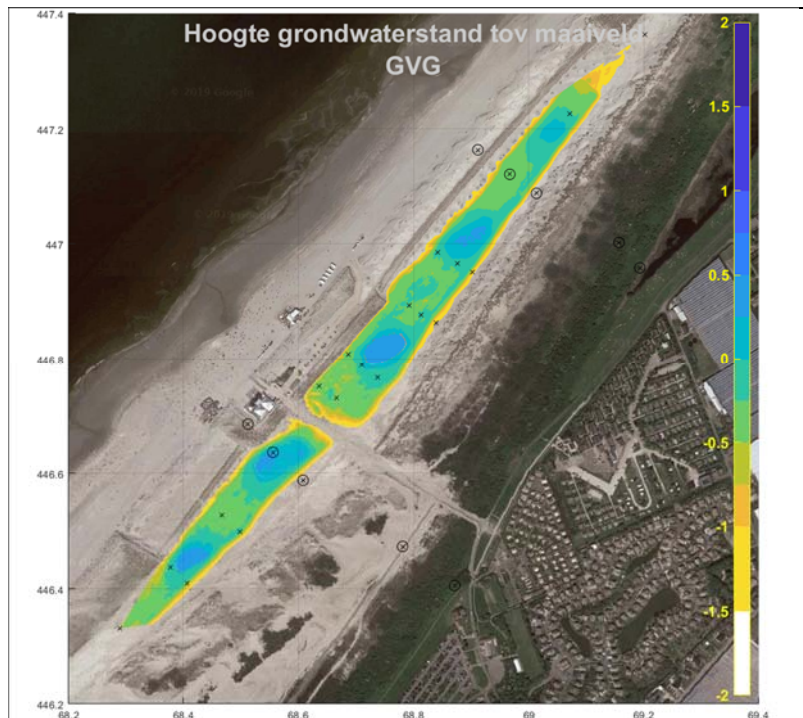
De dynamiek wordt daarom in figuur 4 gekarakteriseerd met duurlijnen, op basis van de gesimuleerde reeksen. Uit figuur 4 blijkt dat de grondwaterstand in Spanjaardsduin fluctueert tussen de .8 en 1.8 m NAP, maar meestal rond 1.2 m NAP liggen.



figuur 4: range/duurlijnen van de grondwaterstanden volgens het tijdreeksmodel

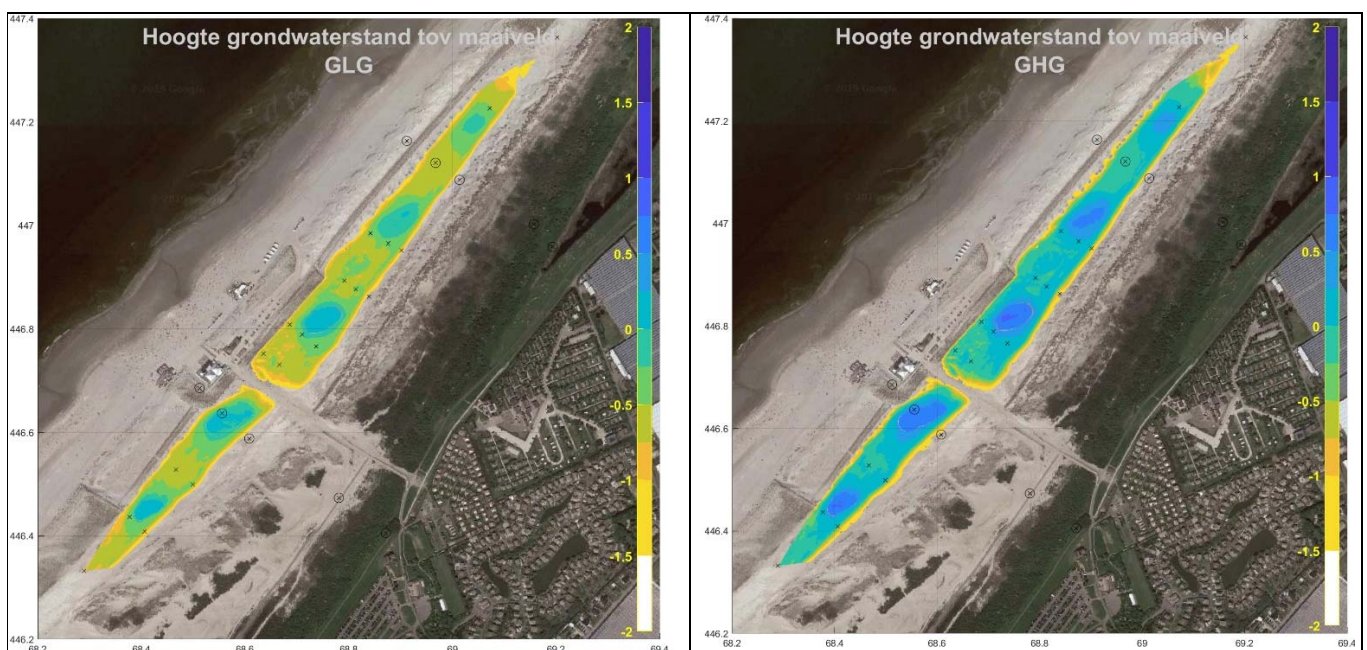
1.3 Ruimtelijke interpolatie van de GxG

Op basis van de meetpunten kan voor de gehele vallei (en de aangrenzende duinen) een GxG geschat worden. De situatie in het voorjaar (GVG) wordt als gevoelig beschouwd, omdat deze situatie de kiemingscondities voor de vegetatie globaal weergeeft. De geïnterpoleerde grondwaterstanden zijn voor deze situatie in figuur 5 weergegeven, ook in samenhang met de terreinhoogte van voorjaar 2019 (Shore/ Arens 2019).



figuur 5: Geïnterpoleerde GVG, ten opzichte van maaiveld

Op vergelijkbare wijze geeft figuur 6 de ontwateringsdiepte onder respectievelijk de GLG- en de GHG-condities (figuur 6). Het blijkt dat de GLG in de dieper uitgegraven delen ongeveer 25 cm onder maaiveld ligt, terwijl onder GHG-condities in die delen water aan maaiveld zal zijn.



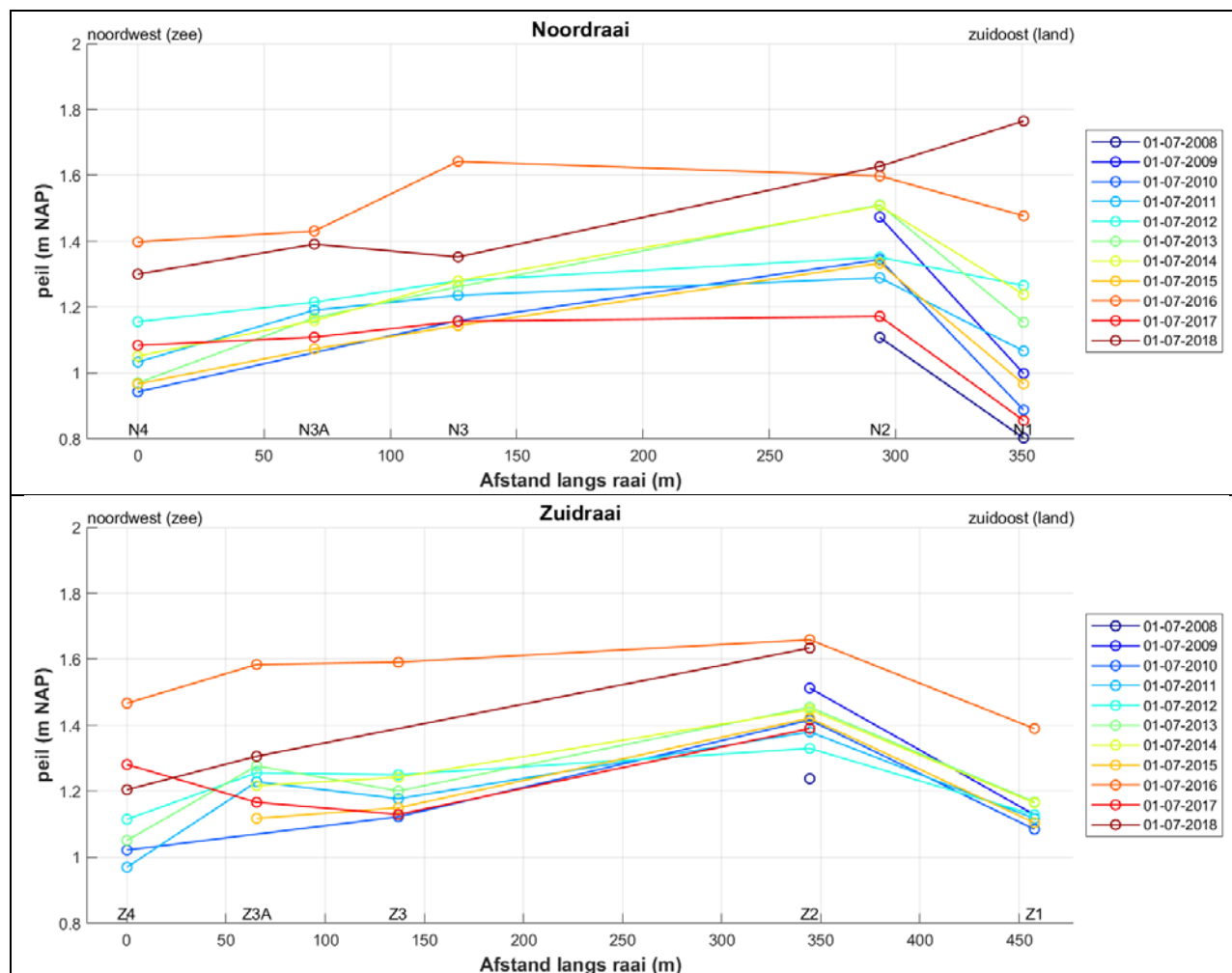
figuur 6: de gesimuleerde dynamiek-range in Spanjaardsduin weergegeven t.o.v. maaiveld

2 Conclusies

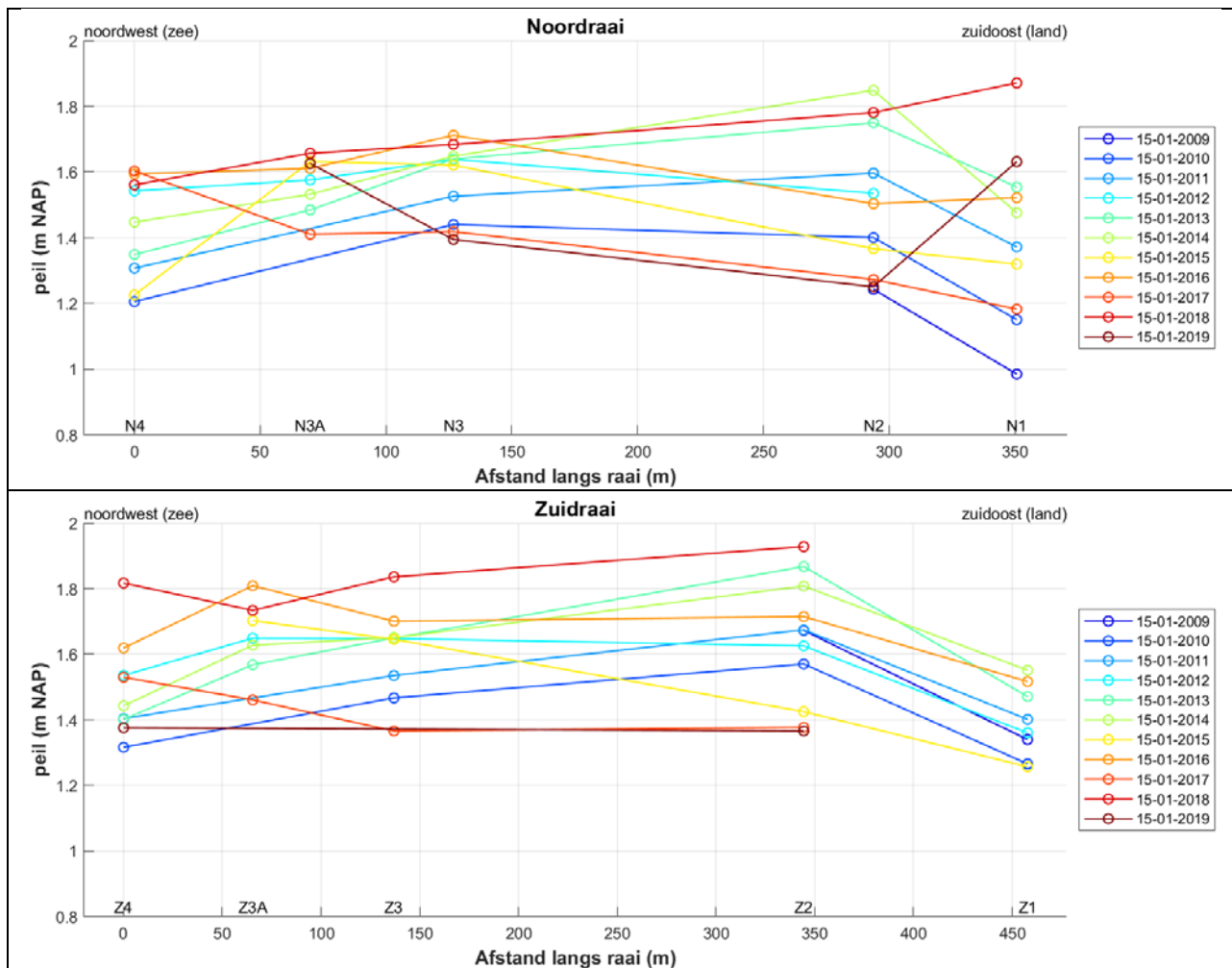
Uit de aanvullende metingen in het jaar 2018 blijkt het volgende:

- De peilregistratie in het vaste meetnet is in 2018 voortgezet, maar het meetnet is aan renovatie toe:
 - o Twee meetpunten (Z1 en Z3) van de 10 zijn niet meer operationeel.
 - o De meetpunten N4 en Z3A zijn in december 2019 gestopt met registreren
 - o De registraties van de drukopnemers in N1, N3A en N4 zijn niet goed te herleiden tot grondwaterstanden: de afwijkingen met handmetingen is bijzonder groot.
 - o Deze mankementen zijn door de uitvoerder van de metingen ook eerder gemeld, maar er is geen actie op ondernomen.
 - o In alle meetreeksen treden regelmatig verstoringen op, door het ophalen en terughangen van de drukopnemers, al dan niet tijdens handpeilingen. Deze verstoringen zijn achteraf soms te detecteren en te corrigeren, maar introduceren toch onnodige ruis.
 - o Het verdient aanbeveling om het hele meetnet te renoveren:
 - Vervallen meetpunten herplaatsen;
 - Meetpunten opnieuw in meten;
 - Een registratiesysteem te kiezen, waarbij de drukopnemers kunnen blijven hangen (telemetrisch, of lokaal via bluetooth of vergelijkbaar) tijdens handpeilingen;
 - De herinrichting, de uitlezing en het beheer van het meetnet uit te besteden aan één partij, die verantwoordelijk is voor de levering van adequate data.
- De in voorgaand jaar opgestelde tijdreeksmodellen geven nu de beste schatting van het verloop van de grondwaterstand op de meeste punten. Echter er is niet voor alle meetpunten een goed tijdreeksmodel beschikbaar. Met name voor de meetpunten in de oude duinen (N1, N2 en Z2) zijn de tijdreeksmodellen niet erg betrouwbaar.
- De extrapolatie met een tijdreeksmodel leidt tot een onbetrouwbare beschrijving van de situatie en dient dus zo snel mogelijk weer te worden ingebed in betrouwbare metingen.

Bijlage 1 Profielen grondwaterstand

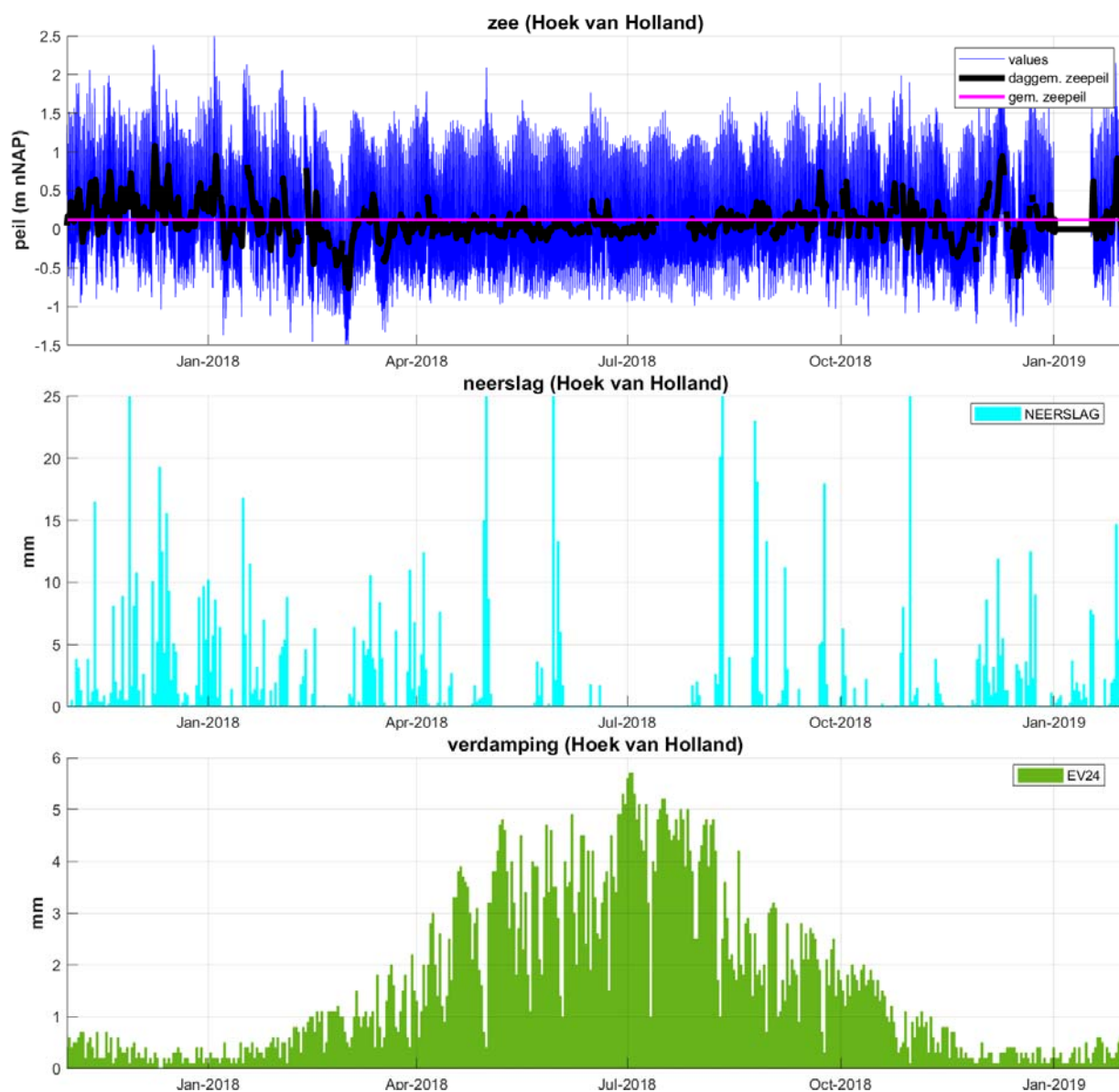


figuur 7: gemeten stijghoogte verbanden in de zomersituatie (1 juli)



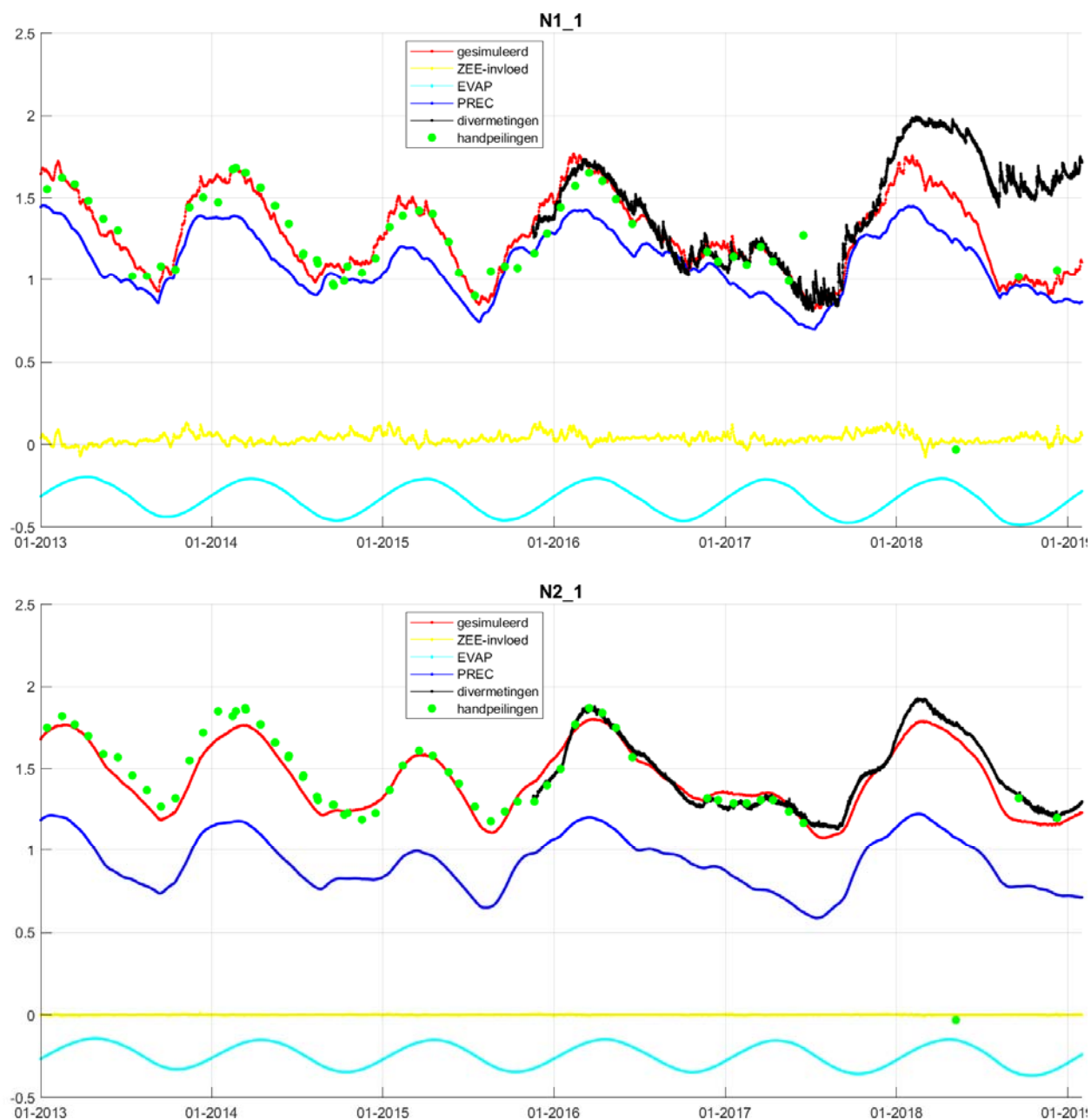
figuur 8: gemeten stijghoogte verbanden in de wintersituatie (15 januari)

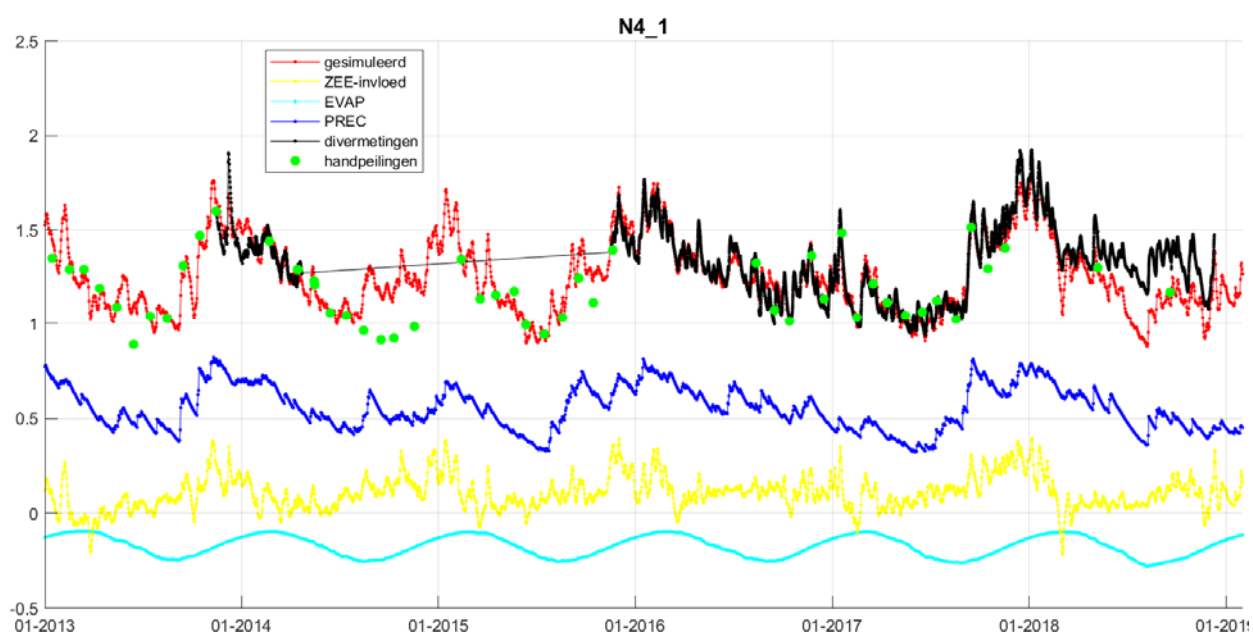
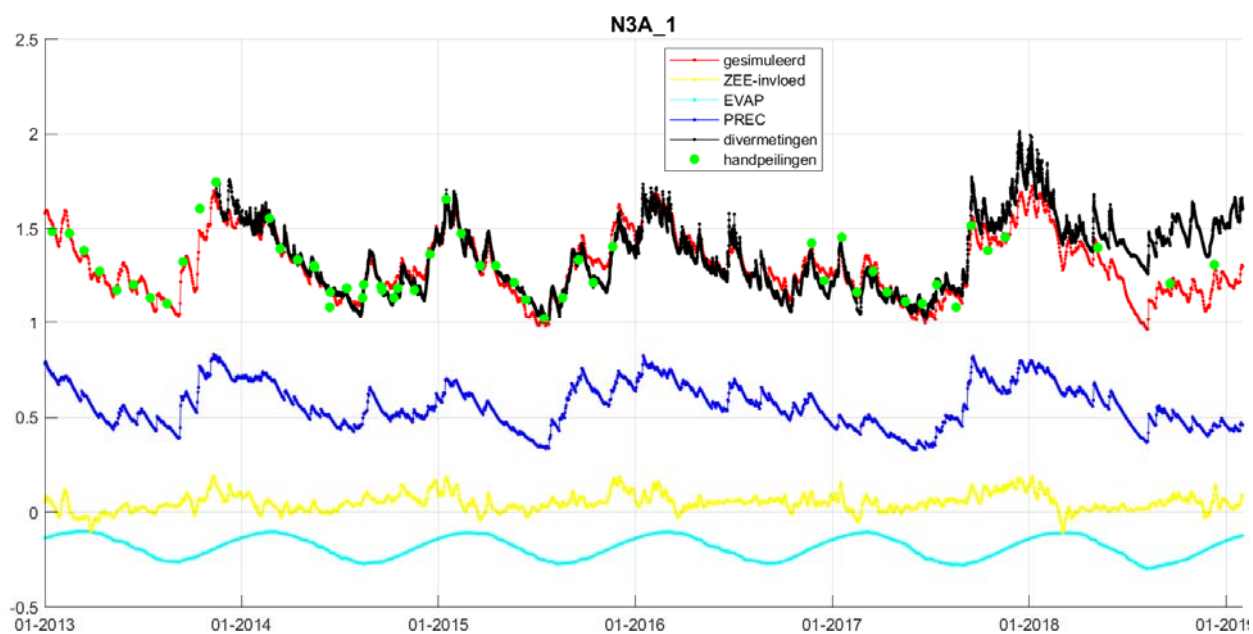
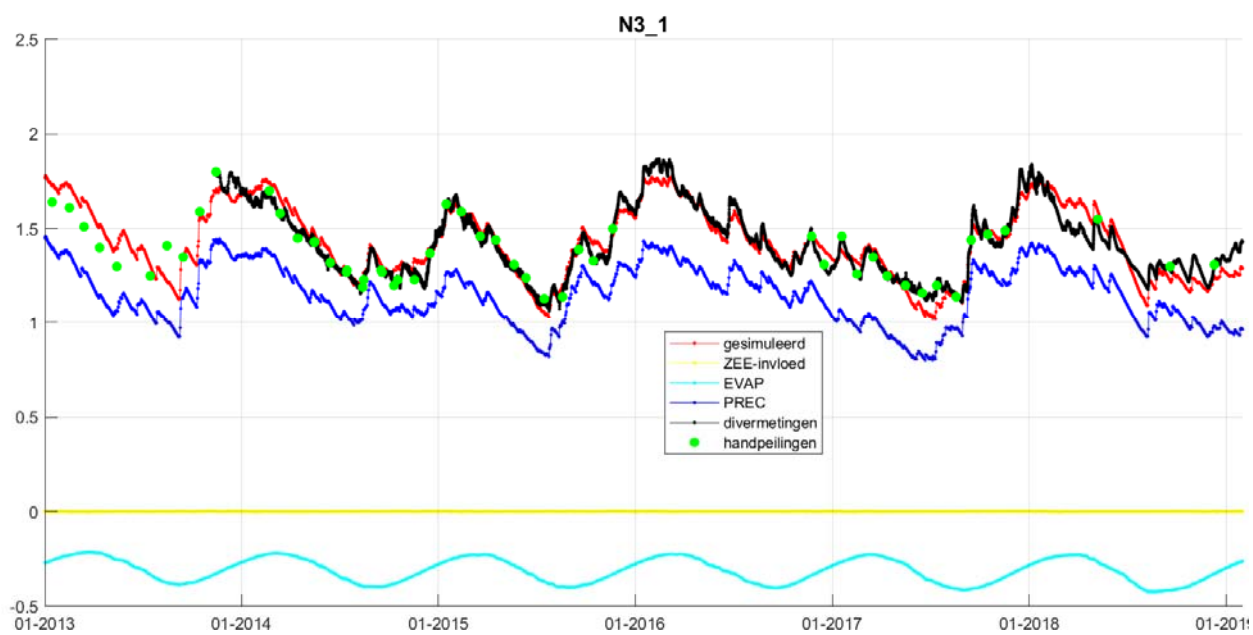
Bijlage 2 Invoer tijdreeksmodellen

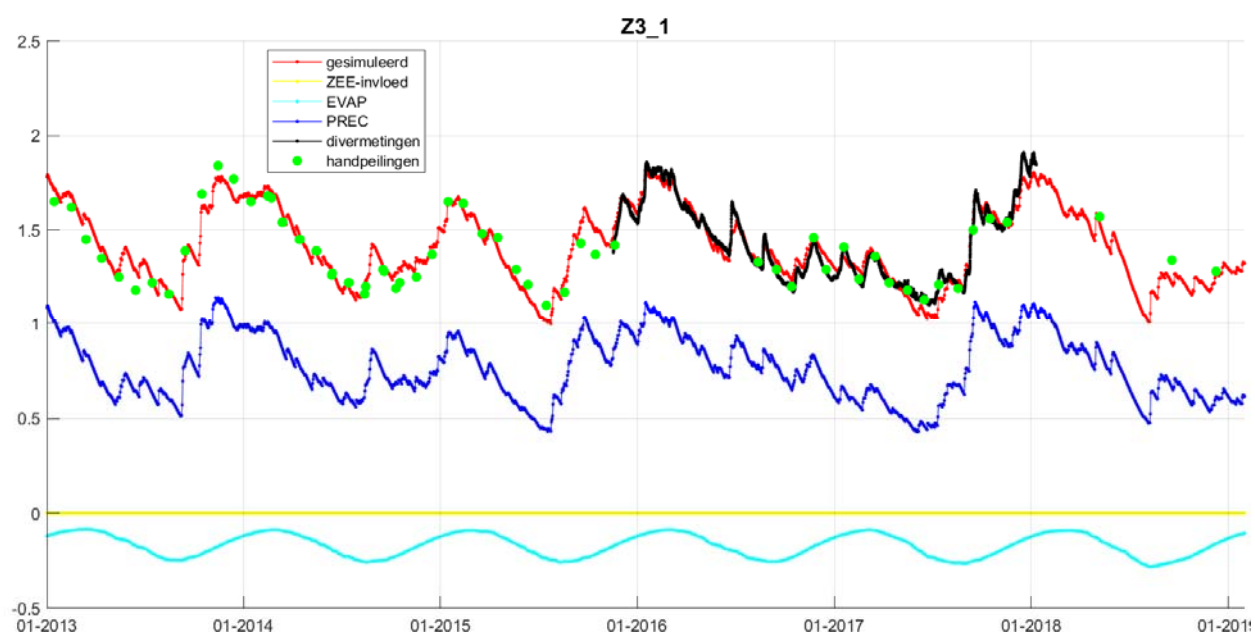
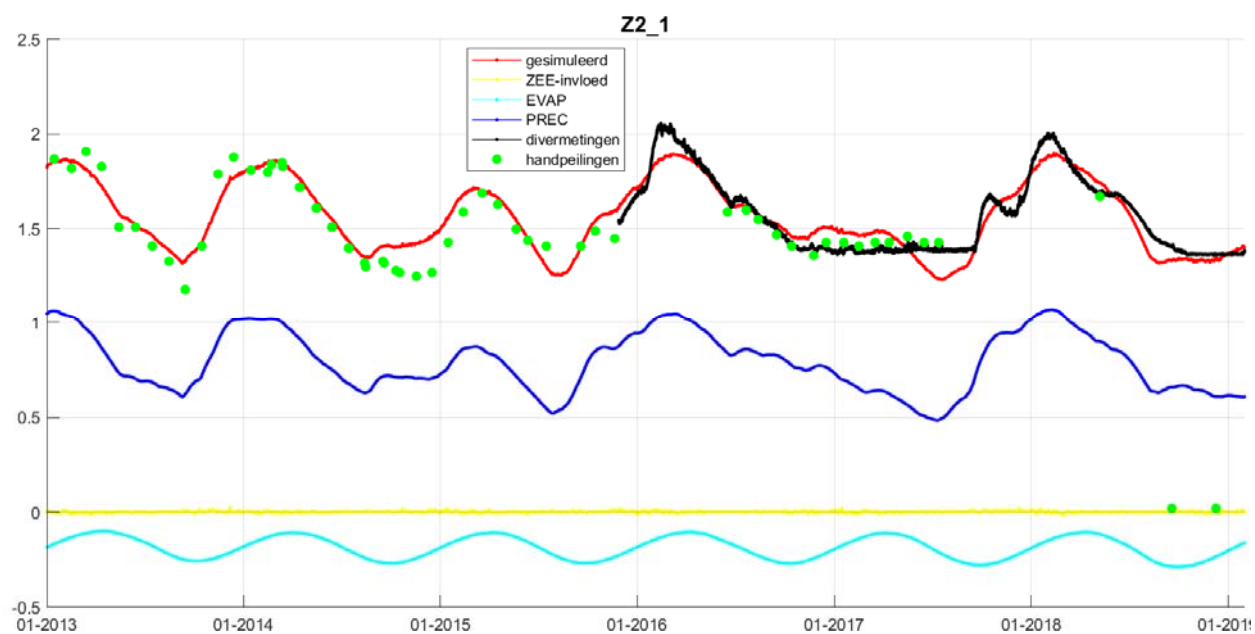
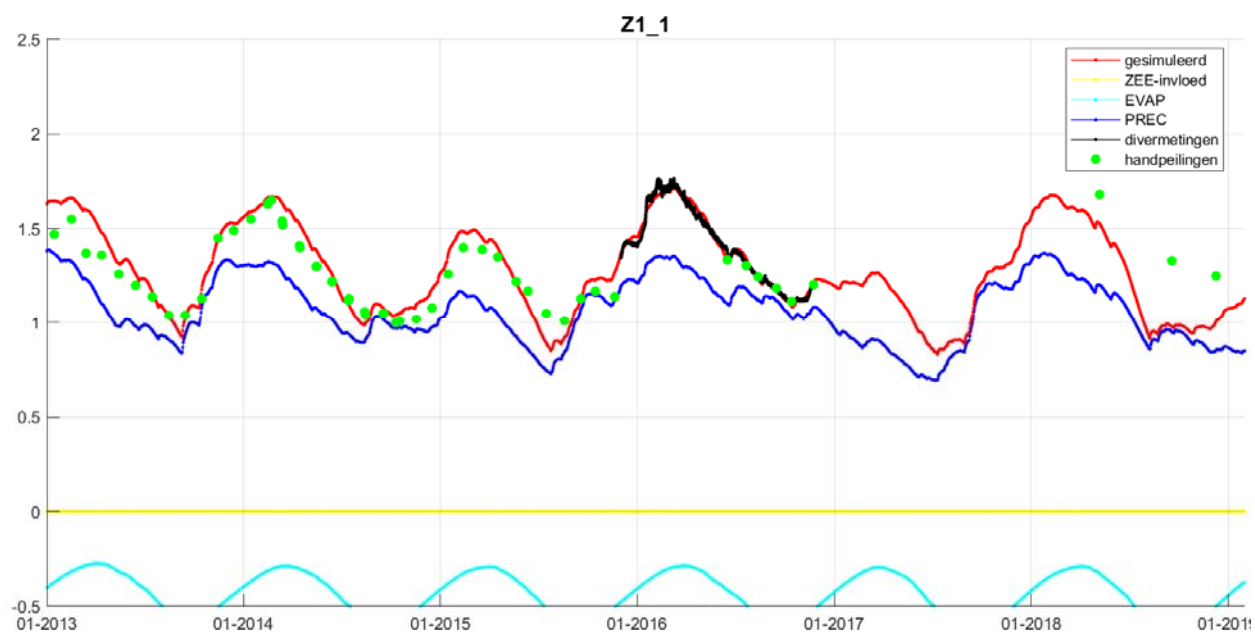


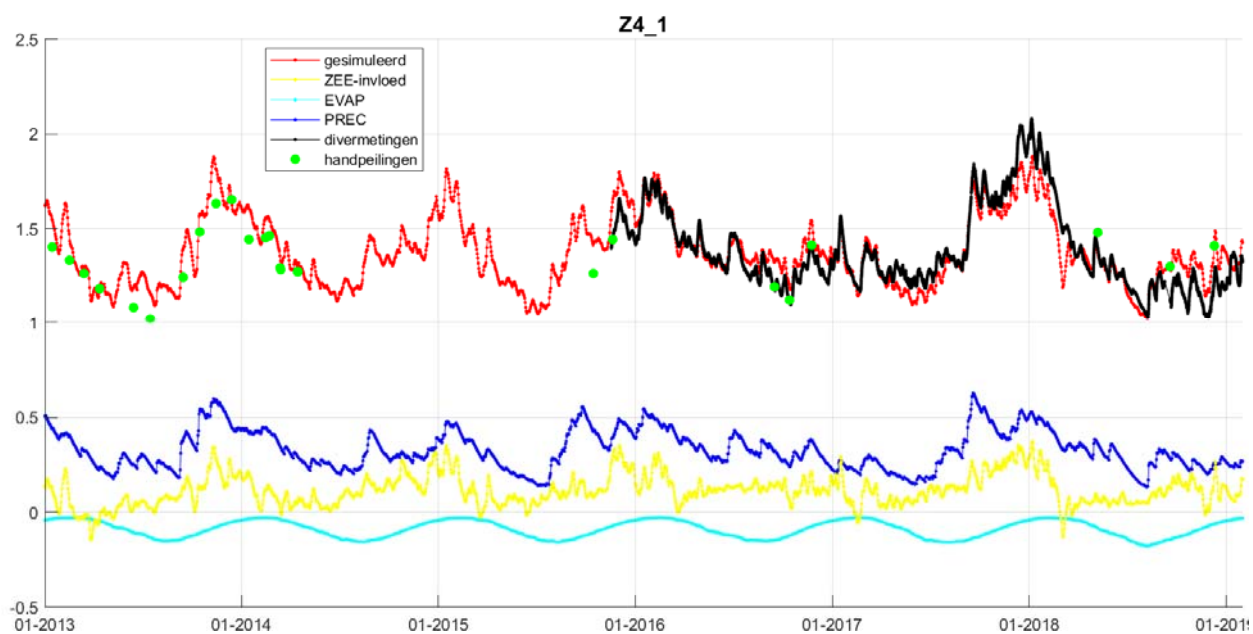
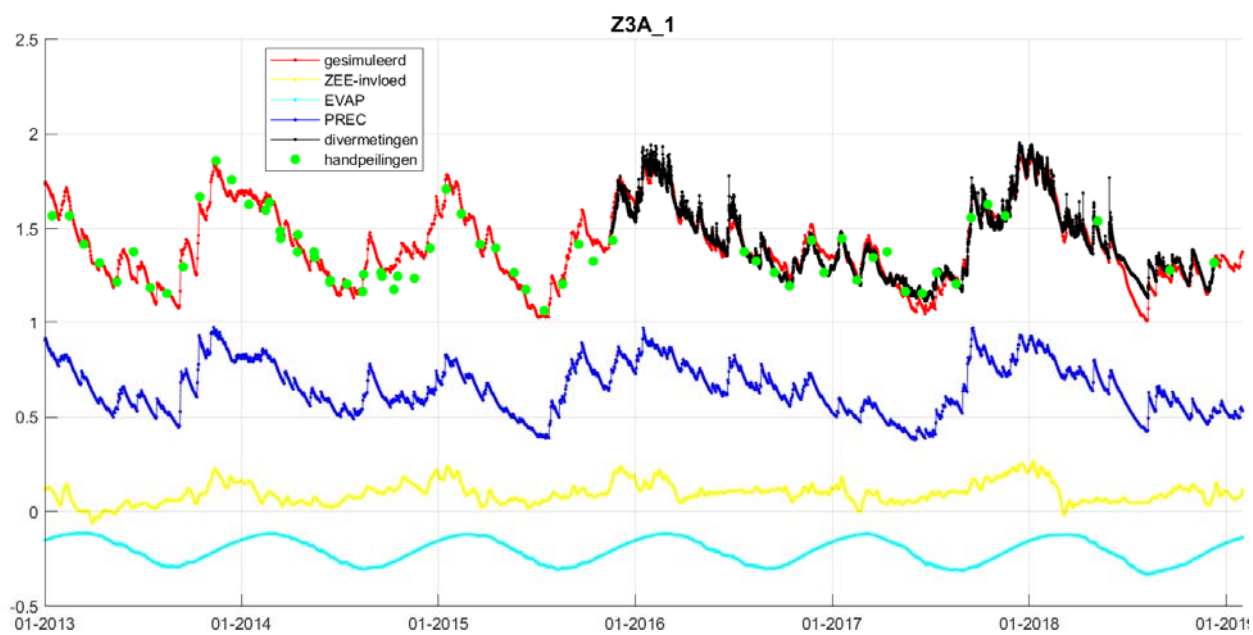
figuur 9: Verklarende reeksen in de tijdreeksanalyse: zeepeil, neerslag en verdamping

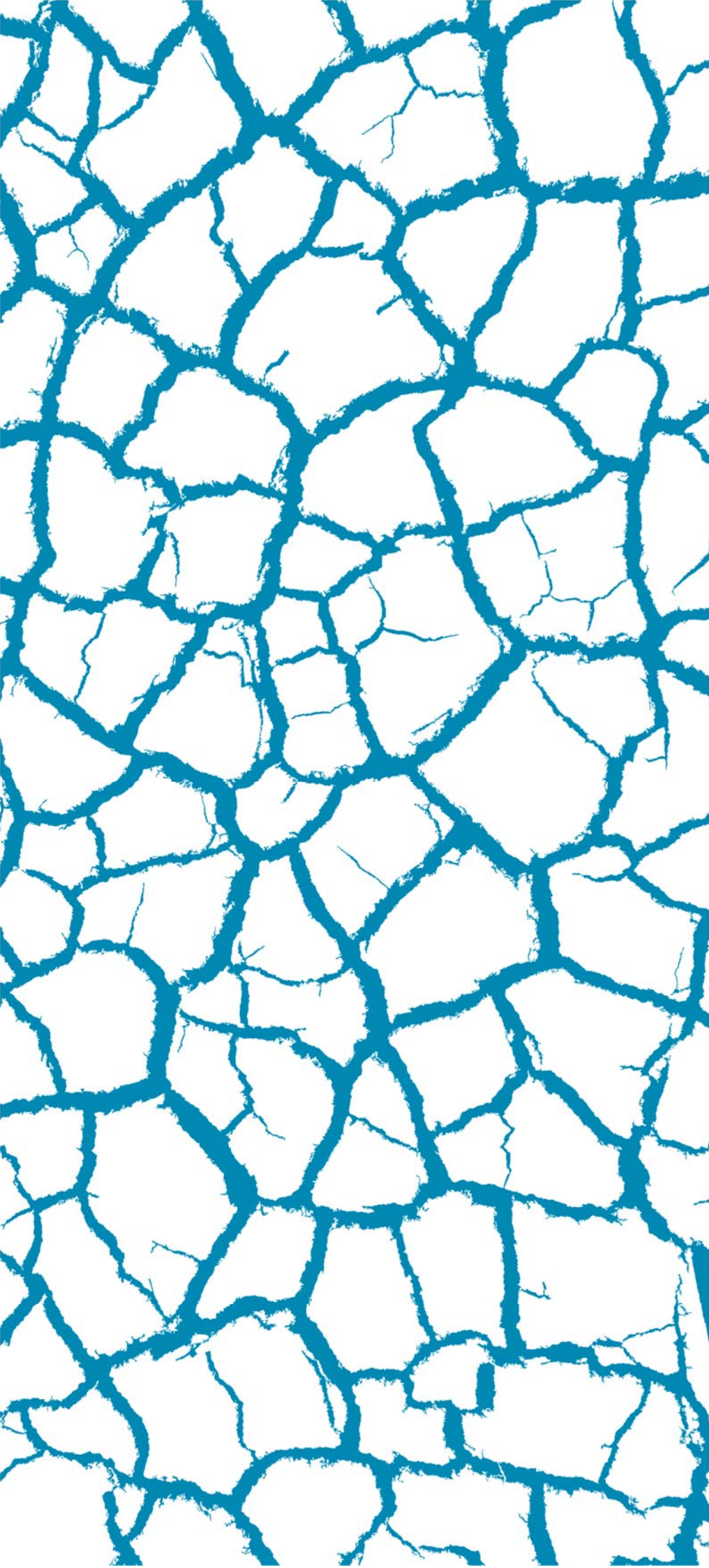
Bijlage 3 Metingen vs tijdreeksmodellen











Korte Weistraat 12
2871 BP Schoonhoven
Tel: (0182) 387138
www.artesia-water.nl

Bijlage 7 Bodemonderzoek, definitief rapport

**Spanjaards Duin
Bodemonderzoek**





Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Stephanie IJff
Fredericke Hannes
Gerlinde Roskam
Henk van Haasteren (Biax consult)
Kirsten van Kappel (ArcheoPro)

1230642-004

Titel

Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving	1230642-004	1230642-004-ZKS-0005	27

Trefwoorden

Spanjaards Duin, Vochtige Duinvallei (kalkrijk), Grijze Duinen, korrelgrootte, geochemische analyse, zaadbank, Natura 2000

Samenvatting

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied aangelegd. Dit dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie die naar verwachting zullen optreden in de Natura 2000-gebieden Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen na in gebruik name van Maasvlakte 2. Als compensatie dient in Spanjaards Duin 9,8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen' (H2130), 6,1 hectare 'Vochtige duinvalleien' (H2190B) en een groeiplaats van de groenknolorchis te worden ontwikkeld. Deze compensatie moet zijn gerealiseerd vóór 2033, wanneer Maasvlakte 2 geacht wordt volledig in bedrijf te zijn.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijke primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven en de wind geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die is ontstaan door uitstuiving in een bestaand duin opgebouwd met zand dat eerder door aeolisch transport is gesorteerd en aangevoerd. Er is behoefte aan meer kennis over de korrelgrootteverdeling, geochemische samenstelling, bodemvorming en zaadbank in de vallei van Spanjaards Duin. Met deze informatie kan een betere inschatting gemaakt worden of de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van de vegetatietypen die horen tot H2190B (kalkrijke vochtige duinvallei) en H2130 (grijs duin).

Dit rapport presenteert de resultaten van het onderzoek naar de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2009 in de vallei van Spanjaards Duin. Doel van het bodemonderzoek is om een indruk te krijgen van de belangrijkste texturele en chemische parameters en van de huidige biologische activiteit in de laaggelegen bodems in de vallei.

Omdat het gebied bestaat uit opgespoten zand zijn er slechts beperkte verschillen in de korrelgroottepatronen in het gebied. Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit een korrelgrootte van 150-700 µm. Soms komen er lagen voor met een hoog gehalte schelpenresten. Er is geen lutum aangetroffen in de monsters.

Onze eerste indruk is dat de percentages organisch materiaal, stikstof en fosfor verwaarloosbaar klein zijn. Dit wijst erop dat het risico op te voedselrijke grond met de bijbehorende ongewenste nutriëntminnende vegetatie klein is. De waarden van pH en calciumcarbonaat zijn in het gehele gebied hoog. Dit is normaal voor opgespoten zeezand langs de Zuid-Hollandse kust, en is gunstig voor de ontwikkeling van kalk minnende vegetatie behorend tot vochtige duinvallei (H2190B).

In één bepaald gebied, dat ecologisch-botanisch interessant lijkt zijn, zijn twee monsters genomen voor macrorestenanalyse. De resultaten hiervan laten een zeer beperkte zaadbank zien. Krielparnassia (*Sagina nodosa*) komt voor in zowel de zaadbank als groeiend in de directe omgeving. Het is een soort die kenmerkend is voor de doelvegetatie H2190B.

Titel

Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Project

1230642-004

Kenmerk

1230642-004-ZKS-0004

Pagina's

27

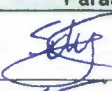
Op basis van met micromorfologisch onderzoek kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van dit onderzoek kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Aanleiding van dit onderzoek is het ontbreken van kennis over de eigenschappen van de bodem die bepalend zijn voor de vegetatieontwikkeling in het gebied. Daarnaast kunnen de resultaten goed gebruikt worden in de uitwerking van de beslissing om de vallei uit te diepen. De vallei zal in het najaar van 2018 plaatsgewijs maximaal 55 cm worden uitgediept. Uit de resultaten van de geochemische analyse blijkt dat de bodemsamenstelling op 50 cm diepte niet significant verschilt van de huidige ondiepe laag (2-10 cm) van de bodem. De bodemsamenstelling op de uitgravingsdiepte vormt dus geen belemmering voor het uitvoeren van deze maatregel. Het mechanisch verdiepen van de vallei zal ook in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven, zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een "vochtige duinvallei". Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitatype "vochtige duinvallei". Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

Hoewel de zaadbank nu nog beperkt is, is het de verwachting dat na het volgende bloeiseizoen de diversiteit en hoeveelheid zaden in de bodem zal zijn toegenomen. Daarom is het advies om een deel van de vallei niet uit te diepen, namelijk het gebied waar *Krielparnassia* staat. Deze optie is al opgenomen in het voorstel ter verdieping van de vallei.

Referenties

RWS-2017/34009zaaknummer 31121438.0001

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2017	Stéphanie IJff		Pascal Boderie		Frank Hoozemans	
2	Juni 2018	Stéphanie IJff		Marieke Eleveld		Frank Hoozemans	

Status

definitief

Inhoud

1	Introductie	1
2	Aanpak	3
2.1	Bemonstering	3
2.2	Korrelgrootte analyse en geochemische analyses	4
2.3	Macrorestenanalyse	4
2.4	Micromorfologische analyse	5
3	Resultaten	7
3.1	Korrelgrootteverdeling	7
3.2	Geochemische analyse	9
3.3	Macrorestenanalyse	17
3.4	Micromorfologische analyse	18
4	Conclusies	25
5	Referentielijst	27
 Bijlage(n)		
A	Foto's van het veldwerk	A-1
B	Methode en resultaten korrelgrootte analyse en geochemische analyses	B-1
C	Macrorestenanalyse	C-1
D	Bodem-micromorfologisch onderzoek	D-1

1 Introductie

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied aangelegd. Dit dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie die naar verwachting zullen optreden in de Natura 2000-gebieden Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen na in gebruik name van Maasvlakte 2. Als compensatie dient in Spanjaards Duin 9,8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen' (H2130), 6,1 hectare 'Vochtige duinvalleien' (H2190B) en een groeiplaats van de groenknolorchis te worden ontwikkeld. Deze compensatie moet zijn gerealiseerd vóór 2033, wanneer de Maasvlakte 2 geacht wordt volledig in bedrijf te zijn.

In 2010 is het gebied overgedragen aan de Stichting Het Zuid-Hollands Landschap en het wordt sindsdien Spanjaards Duin genoemd. Het Zuid-Hollands Landschap heeft tot taak het terrein op de juiste manier te beheren, d.w.z. gericht op de realisatie van de compensatieopgave. Zij wordt hierin bijgestaan door de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD) en de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD).

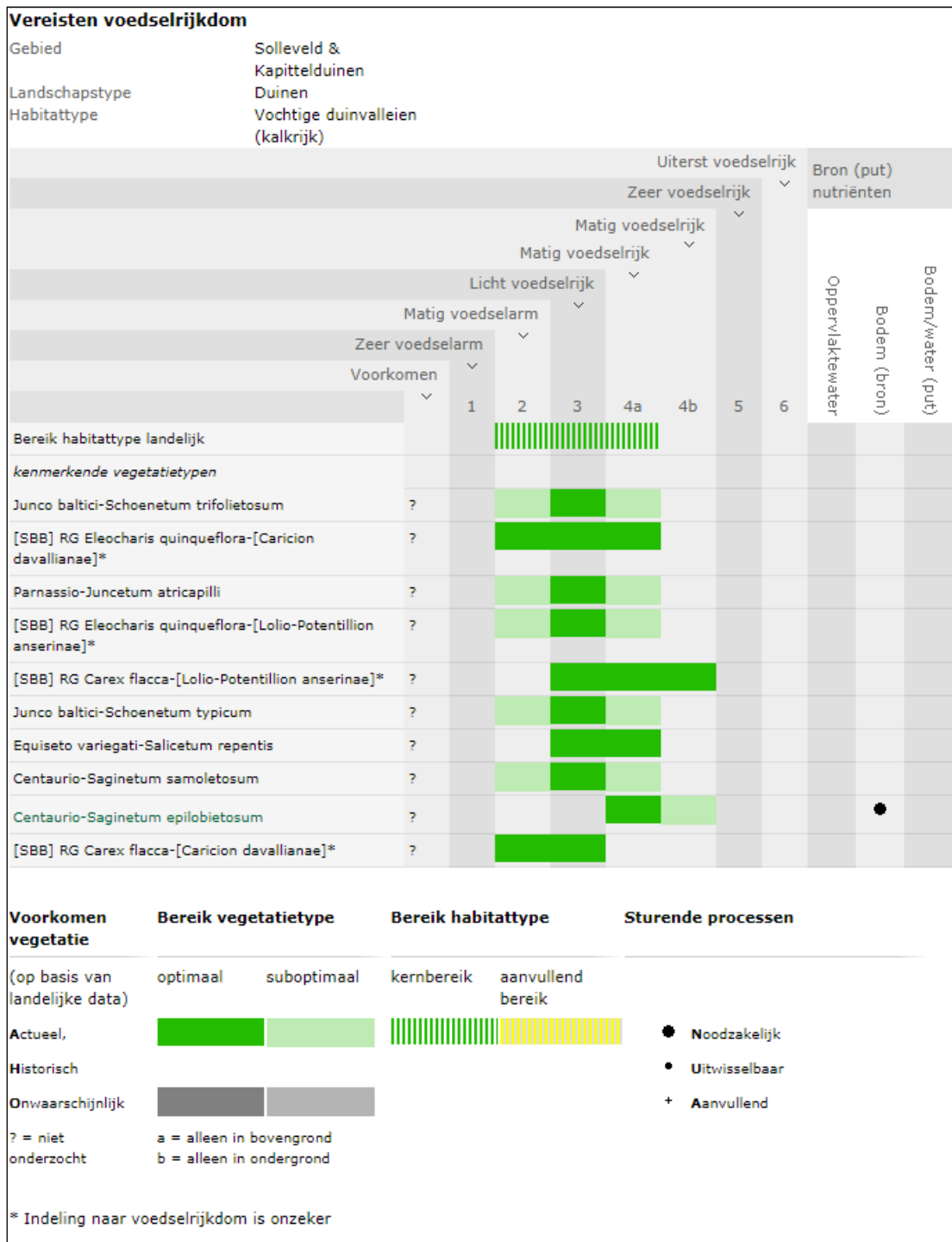
Tot nu toe wordt in het beheer van Spanjaards Duin zoveel mogelijk de 'bouwen-met-natuur-filosofie' aangehouden (De Vriend & Van Koningsveld, 2012, IJff *et al.* 2017). Dat houdt in dat de natuurlijke processen zo veel mogelijk worden benut om de doelstellingen te behalen. Zo is in de afgelopen jaren de vallei door de wind verder uitgestoven. Hierdoor is in de diepere delen het maaiveld dicht bij het grondwater gekomen. Desondanks zijn in de periode 2015-2016 helmduintjes ontstaan in de diepe delen van de vallei. Samen met het uitblijven van vegetatievestiging in de hogere delen van de vallei vormt deze ontwikkeling een bedreiging voor het behalen van de compensatiedoelstellingen in 2033 (IJff *et al.* 2017)). Daarom heeft het CDBD in 2017 besloten om maatregelen te treffen. Een van de voorgenomen maatregelen is mechanische maaiveldverlaging van delen van de vallei, uit te voeren in 2018.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodempzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijke primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven en de wind geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die in eerder door de wind gesorteerd en aangevoerd eolisch zand door latere verstuuving is ontstaan. Uit het jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2016 blijkt dat de grondwaterstand in Spanjaards Duin fluctueert tussen 1 en 1,6 + NAP (Arens *et al.* 2017). De chemie van het grondwater wordt regelmatig bepaald. Van de bodem zelf is echter nog niets bekend.

Tijdens de expert-meeting in augustus 2016 (Van Mastrigt 2016) is aangedrongen op bodemonderzoek in de vallei. Dit is ook op schrift gesteld in de Leidraad Spanjaards Duin (IJff *et al.* 2017). In augustus 2017 is door Rijkswaterstaat aan Deltares opdracht verleend om dit bodemonderzoek uit te voeren (RWS-2017/34009). Door uitvoering van het bodemonderzoek krijgen we een indruk van de eigenschappen van het sediment dat na afgraving aan het oppervlak zal komen te liggen. Bovendien krijgen we ook een indruk van de bodemeigenschappen op de plaatsen waar geen maaiveldverlaging gaat plaatsvinden. Dit is van belang voor de vegetatieontwikkeling die we mogen verwachten in het gebied.

Dit rapport presenteert de resultaten van het onderzoek naar sedimenteigenschappen en de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2009 in de vallei van Spanjaards Duin. Doel van het bodemonderzoek is om een indruk te krijgen van de belangrijkste texturele en chemische parameters, en ook van de trofiegraad, en van de huidige biologische activiteit in

de laaggelegen bodems in de vallei. De bodemgegevens geven een indruk van de aanwezigheid van de vereiste bodemgeschiktheidsfactoren voor de kolonisatie/vestiging van pioniersoorten van vochtige duinvallei-vegetaties op de open kust. Uit de Natura 2000 database van Synbiosys Alterra blijkt dat voor de kenmerkende vegetatietypen van vochtige duinvalleien (kalkrijk) een matig voedselarm tot matig voedselrijke bodem nodig hebben (Figuur 1.1) (Synbiosys Alterra, 2017).



Figuur 1.1 Vereisten voedselrijkdom voor habitattype Vochtige duinvalleien kalkrijk (H2190B) in het Natura2000 gebied Solleveld en Kapittelduinen (Synbiosys Alterra, 2017)

2 Aanpak

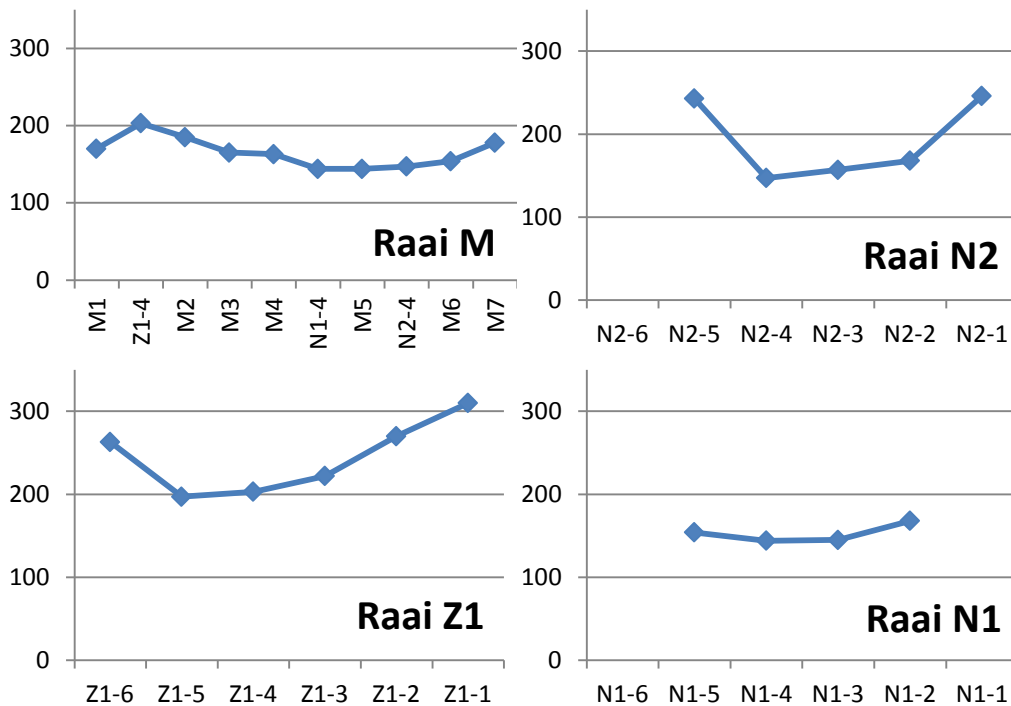
Het bodemonderzoek bestaat uit vier deelonderzoeken: korrelgroottebepaling, geochemische analyse van bodemonsters van verschillende dieptes, macrorestenanalyse van twee monsters van de toplaag van de bodem en twee slijpplaatanalyses. De korrelgroottebepaling en geochemische analyses zijn uitgevoerd door het laboratorium van Deltares. Een beschrijving van de methode en de resultaten daarvan zijn te vinden in Appendix II. De macrorestenanalyse is uitgevoerd door BIAAX consult en de methode en resultaten daarvan staan beschreven in Appendix III. De slijpplaatanalyse zijn uitgevoerd door ArcheoPro. De rapportage van ArcheoPro staat in Appendix IV.

2.1 Bemonstering

De monsters zijn allemaal in de vallei genomen. Zowel op de lagere, vochtige delen, als ook op de hogere, drogere delen (soms met schelpaanrijking aan het oppervlak). Op 2 augustus 2017 zijn door IJff *et al.* in Spanjaards Duin 25 boringen uitgevoerd, verdeeld over vier transecten (Figuur 2.1). Het transect in de zuidelijke vallei (Z1) en de twee transecten in de noordelijke vallei (N1 en N2) staan dwars op de kust. Het vierde transect (M) ligt parallel aan de kust en loopt door het midden van de vallei. De kustdwarse transecten bestaan ieder uit 6 boringen, en het kustparallele transect bestaat uit 7 boringen en overlapt deels met N1, N2 en Z1. In Figuur 2.2 staat de bodemhoogte op de verschillende locaties weergegeven. De middenraai loopt redelijk vlak, evenals raai N1. In raai Z1 is het maximale hoogteverschil iets meer dan een meter, waarbij het meest oostelijke punt het hoogste ligt en het laagste punt op locatie Z1-5. Bij raai N2 liggen de drie punten in het midden op vergelijkbare hoogte en de buitenste punten die gemeten zijn (N2-1 en N2-5) circa een meter hoger.



Figuur 2.1 Locaties van de boringen in het Spanjaards Duin, verdeeld over vier transecten, drie kustdwars en één kustlangs. Raai N1 ligt in een ecologisch interessant gebied (gekenmerkt door de aanwezigheid van o.a. *Krielparnassia*).



Figuur 2.2 Hoogtemetingen voor de locaties op de verschillende raaien (cm tov NAP).

De boringen zijn 100 cm diep en zijn genomen met een edelmanboor en zuigbuis. In het veld zijn de korrelgroottes en grondlaagovergangen in de boorbeschrijving genoteerd. Er zijn per boring vier monsters genomen: op 0-2 cm, 2-10 cm, 50-60 cm en 90-100 cm diep. Foto's van het veldwerk staan in Appendix I. De maaiveldhoogte op de locaties van de boringen is bepaald met een conventioneel waterpasapparaat. De relatieve maaiveldhoogtes zijn bepaald en de absolute waarden zijn berekend op basis van de hoogte van Slag Vlugtenburg (hoogte bekend).

In aanvulling op de boringen zijn er twee monsters genomen ten behoeve van macrorestenanalyse. Deze monsters zijn genomen op de locaties van N1.3 (monster SD1) en van PQ13 (monster SD2). De monsters bestaan uit circa 1 liter van de toplaag (0-2 cm) van de bodem. Omdat het bodemoppervlak zich hier verlaagt door uitstuiving, is de verwachting dat in diepere lagen van de bodem weinig tot geen zaden te vinden zullen zijn. Voor de slijpplaatanalyse is op dezelfde twee locaties een kuil gegraven van 50 cm diep met een verticale wand, waarin een zogenoemde pollenbak is geslagen om een verticale sedimentkolom van 10x10x50 cm te verkrijgen.

2.2 Korrelgrootte analyse en geochemische analyses

In totaal zijn er 53 monsters geanalyseerd op korrelgrootte en verschillende geochemische bepalingen door Deltares in het Deltares laboratorium te Utrecht (samen met laboratoria van TNO en de Universiteit Utrecht vormen zij Utrecht Castel). Een uitgebreide beschrijving van de methodiek is opgenomen in Appendix II.

2.3 Macrorestenanalyse

De monsters zijn door BIAAX Consult geanalyseerd op macrobotanische resten. De monsters zijn met leidingwater gezeefd over twee zeven van 0,25 en 0,5 mm maaswijdte. Vervolgens

zijn de residuen (zaden en andere vondsten) onder de microscoop geanalyseerd en op naam gebracht.

2.4 Micromorfologische analyse

Ten behoeve van dit onderzoek zijn door Deltares twee monsterbakken (10x10x50 cm) geslagen (SD1 en SD2). Er is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 22 cm beneden de top van monsterbak SD1. Uit monsterbak SD 2 is één deelmonsters van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen. Uit de monsters zijn slijplaten gemaakt met een grootte van 10 x 7 cm (kubiëna-formaat) en een dikte van 25 µm. De analyse is uitgevoerd door ir. K. van Kappel (senior bodem-micromorfoloog) en heeft in maart 2018 plaatsgevonden. De slijplaten zijn geanalyseerd met een polarisatie lichtmicroscoop met vergrotingen tot 500 maal. Zie Appendix IV voor een uitgebreide beschrijving van de methodiek.

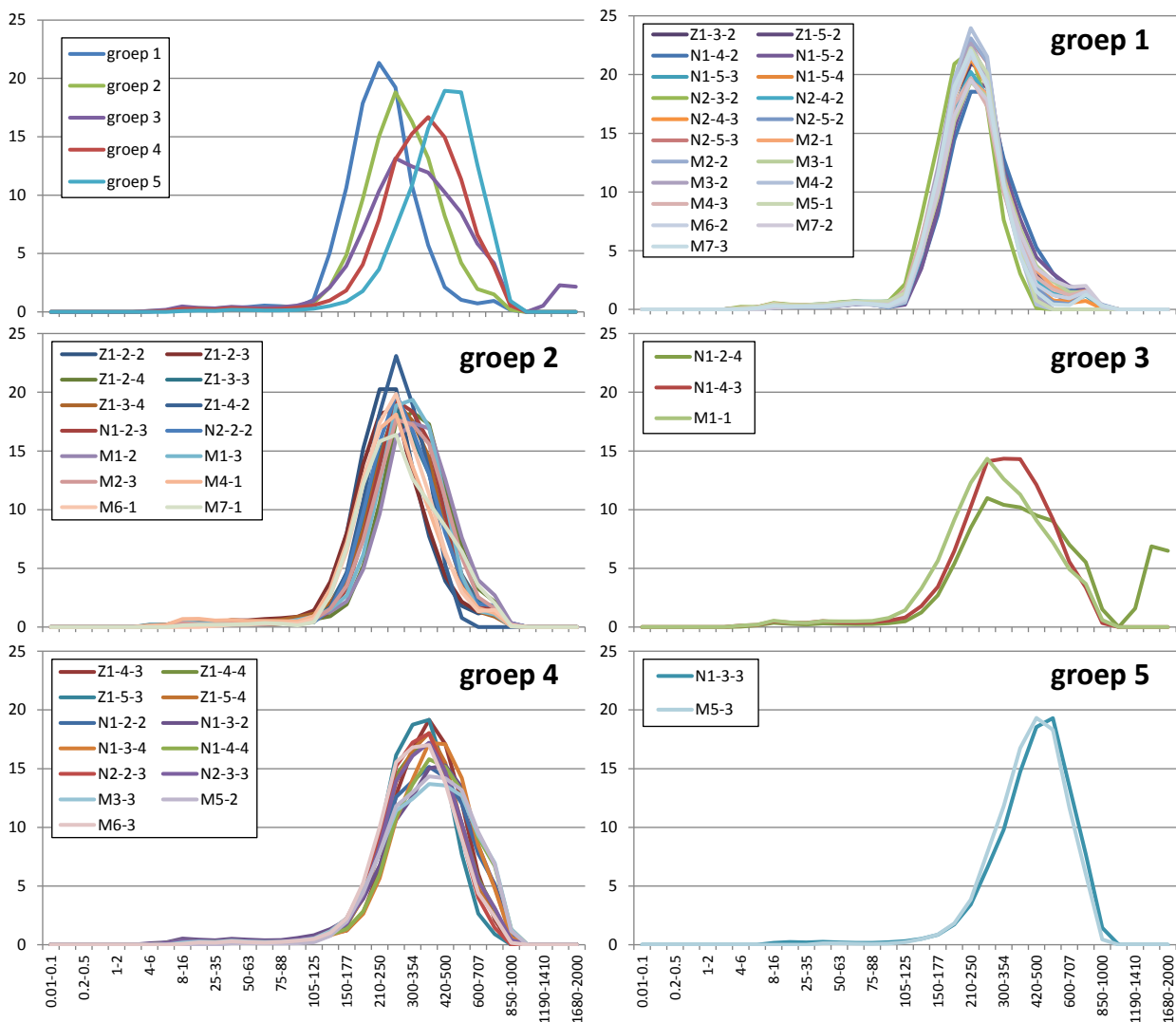
3 Resultaten

3.1 Korrelgrootteverdeling

De fijne fractie in het zand is beperkt: gemiddeld is 1,8 % van de deeltjes < 63 μm met een maximum van 3,5 %. In geen van de monsters zijn deeltjes < 4 μm aangetroffen, en in een tweetal monsters geen deeltjes < 35 μm . De fijne fractie laat vaak een piek(je) zien bij de fractie 8-16 μm , gevolgd door een piekje bij de fractie 35-50 μm of de fractie 63-75 μm . Uit de korrelgrootteverdeling van de monsters blijkt dat er 5 groepen te onderscheiden zijn, waarbinnen de monsters een vergelijkbare verdeling laten zien. In Figuur 3.1 is de gemiddelde verdeling per groep weergegeven (linksboven) en de korrelgrootteverdeling van de individuele monsters. De monsters zijn op basis van de meest voorkomende korrelgrootte ('fractie met hoogste piek') in de 5 groepen verdeeld, zoals weergegeven in Tabel 3.1. Vanwege het ontbreken van leem, en de afwezigheid van zeer grove fracties is deze korrelgrootteverdeling gunstig voor het ontwikkelen van de doelhabitats H2130 en H2190B.

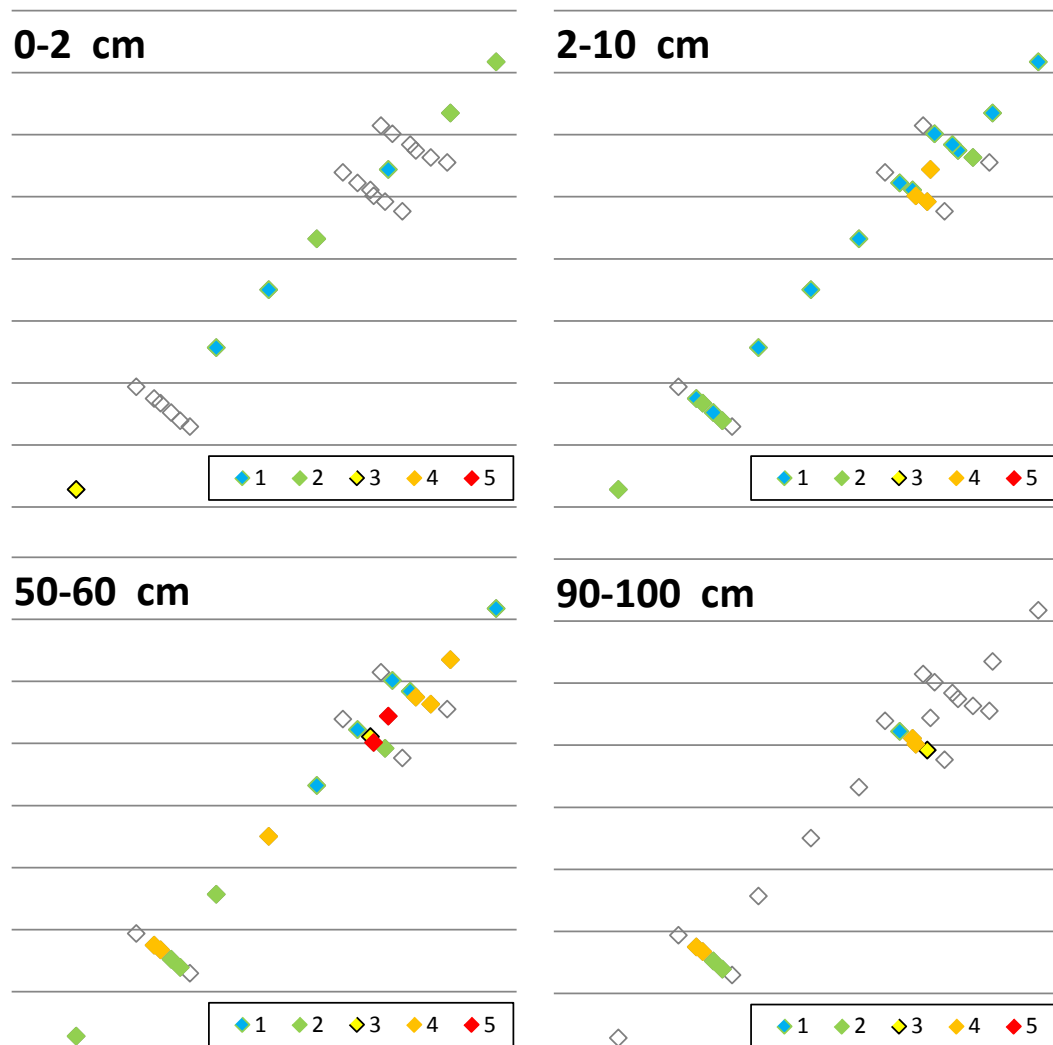
Tabel 3.1 Onderverdeling van de korrelgrootteverdeling in groepen.

groep	# monsters	fractie met hoogste piek		mediaan	opmerkingen
1	21	210-250 μm		232	
2	14	250-300 μm	300-354 μm	289	
3	3	250-300 μm	300-354 μm	345	tot 2 bredere verdeling, hoogste piek < 15%
4	13	354-420 μm	420-500 μm	371	zowel monsters met bredere als smallere verdeling
5	2	420-500 μm	500-600 μm	454	2 monsters met pieken van bijna 20% voor de fractie 420-500 en 500-600 μm



Figuur 3.1 Kornegroottesverdeling. Linksboven de gemiddelde verdeling per groep, in de overige figuren de monsters zoals ingedeeld in de groepen.

De verschillende groepen kornegroottesverdelingen komen niet uniform verspreid over het gebied en in de diepte voor (Figuur 3.2). Dit kan het gevolg zijn van het opspuiten van het materiaal, waarbij het grove materiaal dicht bij de spuitmond blijft terwijl het fijne materiaal verder in het gebied terecht komt. In de bovenste 2 cm komen vooral groepen 1 en 2 voor. Op 2 - 10 cm diepte zijn deze verdelingen ook dominant, maar zien we in raai N1 ook groep 4 verschijnen. Op 50-60 cm komt de meeste variatie in kornegroottesverdelingenvoor, met name rond de noordelijke raaien, en op 90-100 cm verdwijnt groep 1 grotendeels en domineren de groepen 2 en 4. Het uitdiepen van de vallei kan dus als gevolg hebben dat de relatief fijnere fracties (groepen 1 en 2) in aandeel afnemen. Echter, de verschillen tussen kornegroottesverdeling van de groepen zijn relatief klein, en zal dit geen effect hebben op de ontwikkeling van de doelhabitats in het gebied.



Figuur 3.2 Ruimtelijke verdeling van de verschillende korrelgrootteverdelingen. In grijs zijn alle meetlocaties weergegeven. De kleuren geven de groepen aan zoals beschreven in Tabel 3.1.

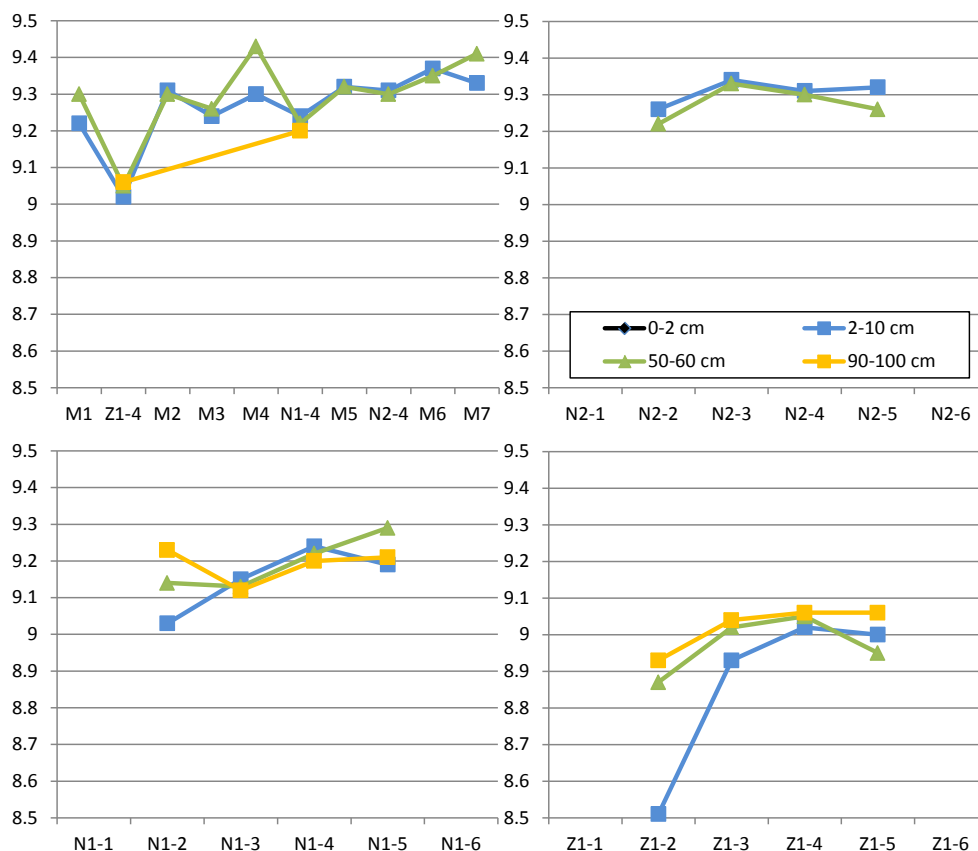
3.2 Geochemische analyse

Voor een deel van de monsters zijn geochemische analyses op de fractie < 2 mm uitgevoerd. Dit zijn de boringen nr. 2-4 van de transecten N1, N2 en Z1 en alle boringen van transect M. Net zoals bij de korrelgrootteanalyse, zijn in de transecten N1, N2 en Z1 de boringen aan de rand van de vallei (nr. 1 en 6) niet meegenomen. De boringen 2 t/m 4 geven naar verwachting voldoende informatie over de eigenschappen van de bodem in de vallei. Daarnaast is de toplaag van de bodem (0-2 cm diep) van alle boringen niet meegenomen, omdat we ervan uitgaan dat deze voornamelijk bestaat uit grof materiaal zoals schelpenresten. Door het stuifproces in de vallei is de samenstelling van de toplaag erg variabel in de tijd. De parameters die het meest relevant worden geacht voor de gewenste doel vegetatieontwikkeling in de vallei van Spanjaards Duin, zijn de pH, het gehalte calciumcarbonaat (%CaCO₃), het gehalte aan organisch materiaal (%OM), het stikstofgehalte (%N) en het fosforgehalte (%P). De resultaten van deze parameters worden hieronder afzonderlijk besproken.

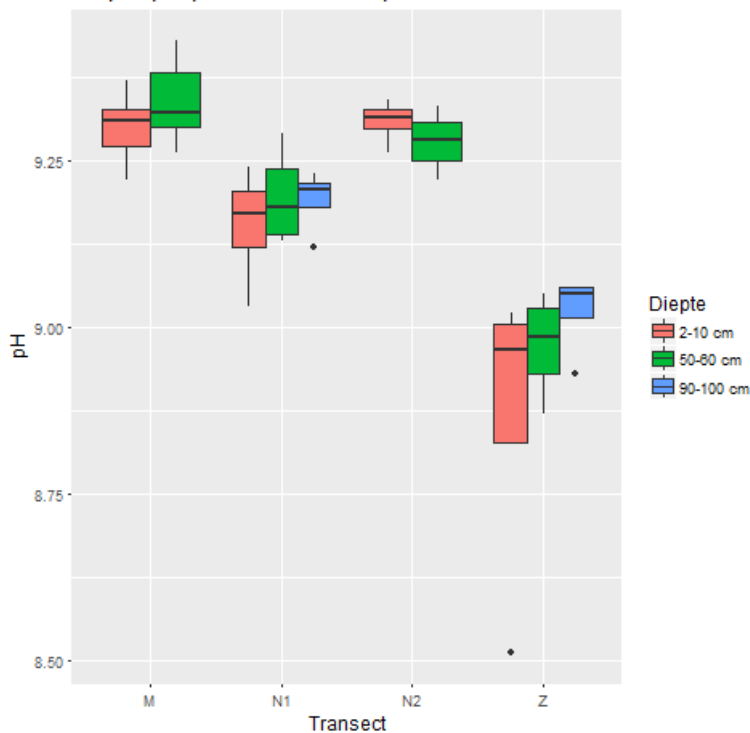
pH

De pH varieert tussen pH 8,8 en 9,4. In Figuur 3.3 zijn de pH-waarden van de individuele monsters per raai weergegeven; daarbij geven de kleuren de diepte weer. De variatie in de diepte is over het algemeen beperkt; de lijnen liggen grotendeels op elkaar. Alleen bij de zuidelijke raai (rechtsonder weergegeven) laten de locaties Z1-2 en Z1-3 iets lagere pH-waarden in de ondiepe monsters zien. De pH is ter hoogte van de zuidelijke raai het laagst, maar nog steeds zeer basisch. In Figuur 3.4 is het onderlinge verschil tussen de raaien en diepteklassen in een boxplot weergegeven. Deze hoge pH-waarden zijn gunstig voor de ontwikkeling van de doelhabitats (H2130 en H2190B), omdat die normaliter ook in een kalkrijk en daardoor basisch milieu voorkomt. Er zijn geen grote verschillen zichtbaar tussen de diepteklassen, waardoor de verdiepingsmaatregel geen verwacht effect zal hebben op deze variabele.

In kalkhoudende bodems bepaalt veelal het $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2(\text{g})$ evenwicht de pH waarden. Aangezien de pH in het laboratorium bepaald wordt onder atmosferische omstandigheden, zal deze altijd in de buurt liggen van 8,2 a 8,3. Hogere pH waarden, zoals gepresenteerd in figuur 3.3, wijzen er echter op dat ook natrium een rol speelt bij de pH waarden (NaHCO_3 of zelfs Na_2CO_3 evenwichten).



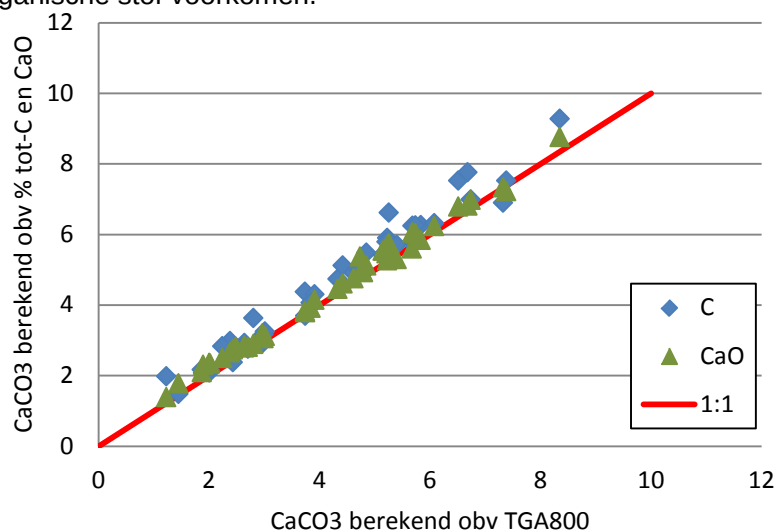
Figuur 3.3 In elke figuur de pH-waarden per raai, waarbij de locaties N1-4, N2-4 en Z1-4 ook zijn weergegeven bij de middenraai (linksboven). De kleuren geven aan van welke diepte de monsters afkomstig zijn.



Figuur 3.4 Boxplot pH, per transect en diepteklasse

CaCO₃

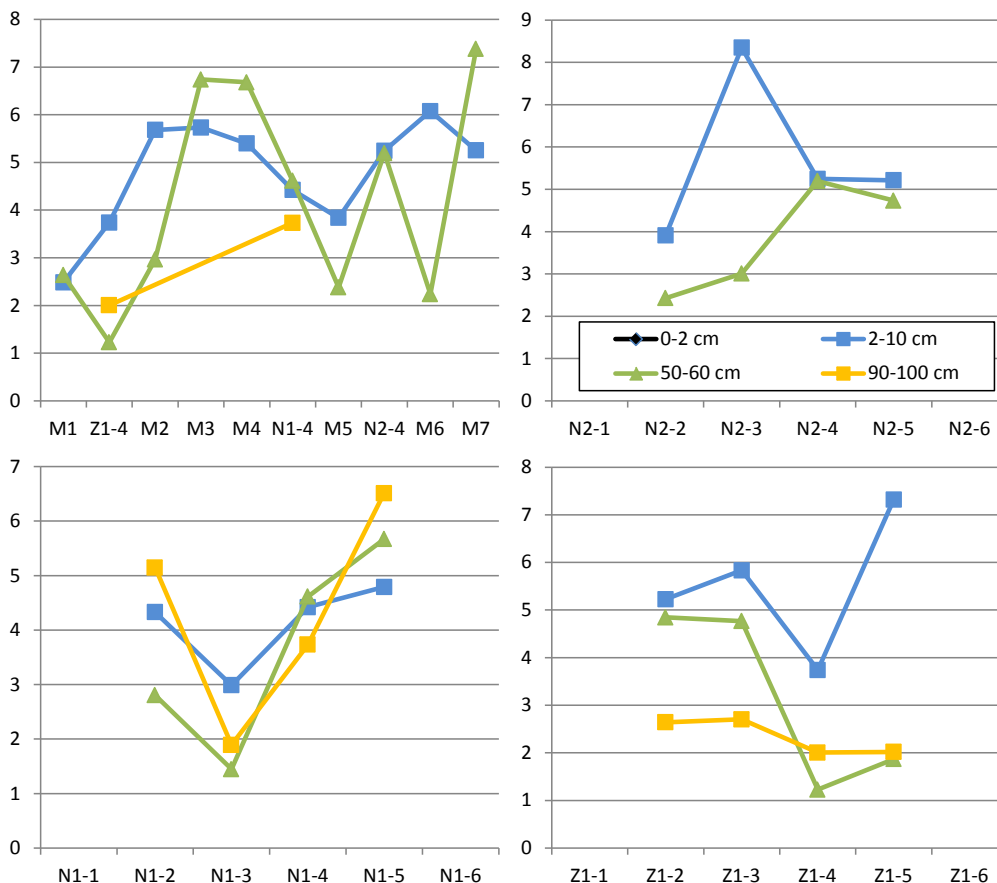
Het kalkpercentage dat maximaal aanwezig kan zijn, kan zowel op basis van het gewichtsverlies tussen 550 en 800°C (TGA) worden berekend, als op het percentage koolstof, als op het percentage CaO (XRF). In Figuur 3.5 is te zien dat het percentage berekend op basis van het gewichtsverlies gelijk is aan het percentage berekend op basis van het percentage CaO. Dit betekent dat er geen calcium aanwezig is in een andere vorm dan carbonaten. Het kalkgehalte dat wordt berekend op basis van het percentage koolstof ligt over het algemeen iets hoger. Dit betekent dat er een beperkt deel van gemeten hoeveelheid koolstof in een andere vorm aanwezig is dan calciumcarbonaat. Dit deel kan in de vorm van organische stof voorkomen.



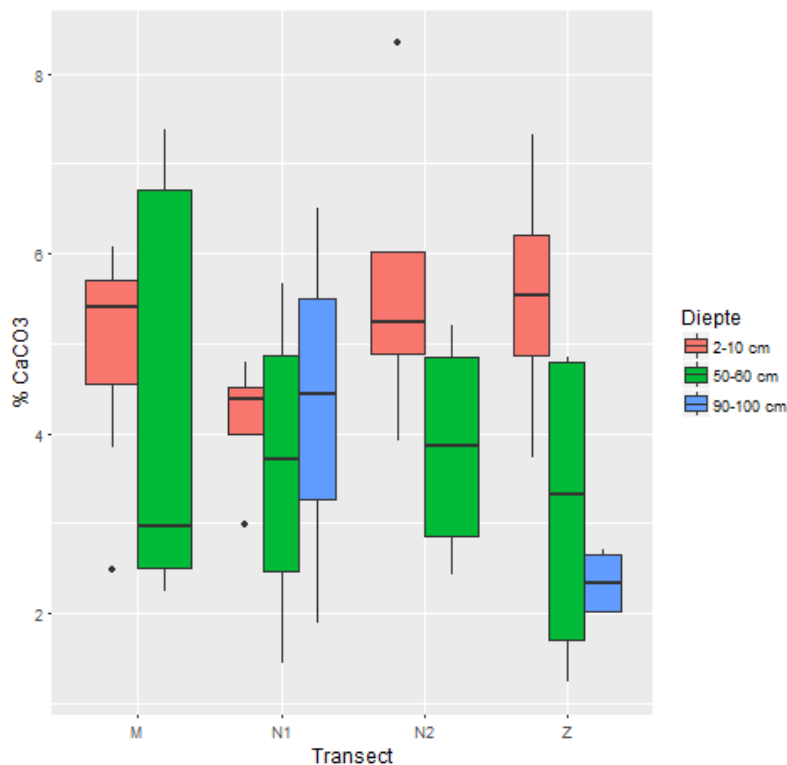
Figuur 3.5 Maximale aanwezige CaCO₃-percentage berekend op basis van het gewichtsverlies tussen 550 en 800° (x-as), het percentage koolstof en het percentage CaO.

Het kalkgehalte varieert sterk tussen 1,2 en 8,4%. Let wel dat de metingen zijn uitgevoerd op afgezeefd materiaal. De fractie > 2 mm loopt op tot 9% in de bovenste 2 cm; de hoogste waarden dieper in de bodem zijn ruim 2%. Dit afgezeefde materiaal bestaat uit schelpen, al dan niet vermengd met grind. Als het volledige materiaal zou zijn geanalyseerd, zou het kalkpercentage hoger uitvallen. Aanrijking van schelpen(gruis) als gevolg van winderosie en afvoer van fijnere fracties (lees zand) heeft daarmee invloed op de aangetroffen gehalten. Dit is ook de reden dat we de toplaag van de monsters niet hebben meegenomen in de geochemische analyses.

Het gemiddelde percentage neemt iets af met de diepte (zie Figuur 3.6 en boxplots in Figuur 3.7); van 5% op 2-10 cm diepte, naar 3,9% op 50-60 cm en 3,3% op een diepte van een meter. De onderlinge verschillen tussen de verschillende monsters van een raai zijn groot; met name in de middenraai variëren de waarden sterk. In raai N1 is duidelijk een patroon te zien waarin locatie N1-3 de laagste waarden vertoont; dit patroon komt op alle diepten terug. Het is niet bekend waar deze verschillen vandaan komen. Er is geen relatie zichtbaar tussen de resultaten van het kalkgehalte en de pH van de bodem. Waarschijnlijk is dit te verklaren doordat het calciumcarbonaat in een dusdanig hoge concentratie in de bodem aanwezig is, dat er sprake is van een 'overdosis' zonder additioneel effect op de pH. De pH-waarden zijn op alle locaties hoog, dus basisch milieu is wel aanwezig.



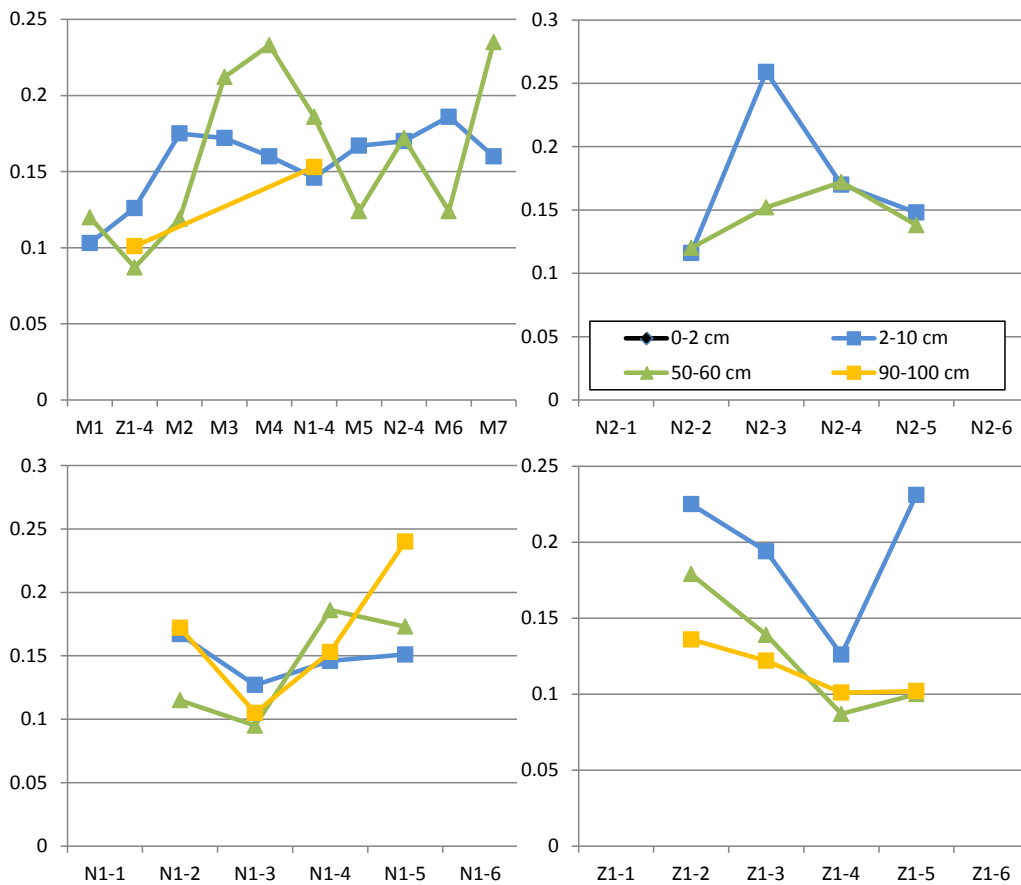
Figuur 3.6 Kalkpercentage (berekend op basis van TGA gewichtsverlies tussen 550 en 800°C) in de verschillende raaien.



Figuur 3.7 Boxplot calciumcarbonaat (CaCO_3), per transect en diepteklasse

Organisch materiaal

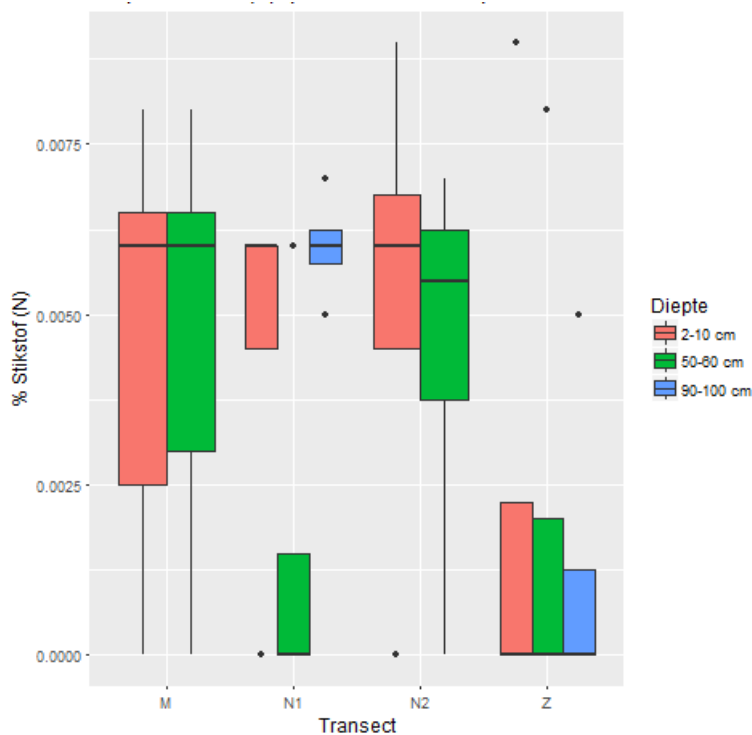
Zoals al duidelijk werd bij de berekening van het kalkgehalte (Figuur 3.5), is de hoeveelheid organisch materiaal beperkt. In Figuur 3.8 is het organische stofgehalte op de verschillende diepten in de raaien weergegeven. Er is een sterke correlatie tussen het organisch stofgehalte en het kalkgehalte, waardoor de patronen zeer vergelijkbaar zijn. De lage waarden organisch materiaal zijn een indicatie dat het proces van bodemvorming slechts beperkt op gang is gekomen. Meer resultaten over bodemvorming zijn beschreven in paragraaf 3.4 Micromorfologische analyse.



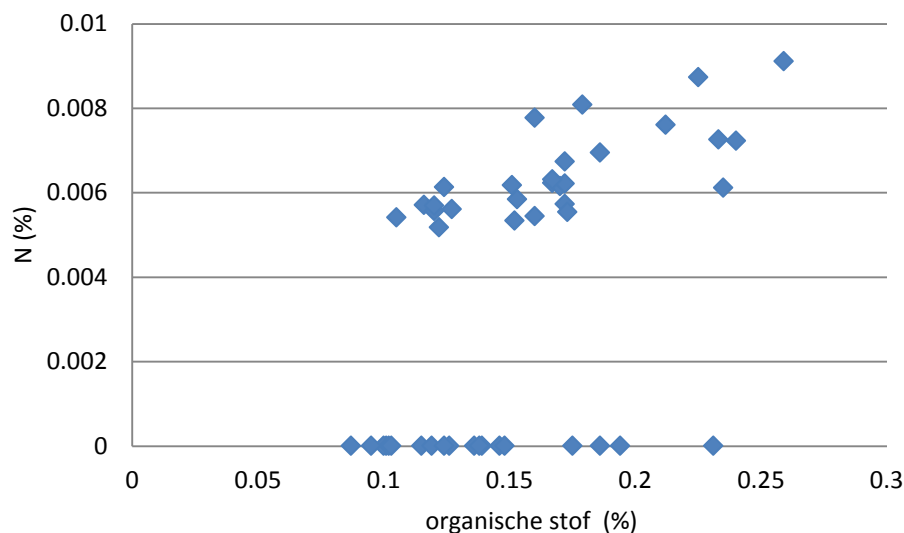
Figuur 3.8 Organisch stofpercentage (het TGA gewichtsverlies tussen 105 en 550°C) in de verschillende raaien.

Stikstof en fosfor

De stikstofgehalten zijn erg laag, allemaal onder de 0,01 % (voor boxplot zie Figuur 3.9). In 19 monsters was de concentratie onder de rapportagegrens; deze zijn als 0-waarde weergegeven om te laten zien dat metingen onder de rapportagegrens bij diverse organische stof gehalten voorkomen. Er is een positief verband tussen de N-gehalten en het organisch stof gehalte, behalve dat de 0-waarden voor N niet alleen voorkomen bij de laagste organisch stof gehalten (Figuur 3.10). De fosforgehalten zijn allemaal dermate laag dat ze niet betrouwbaar kunnen worden gemeten met XRF. De lage waarden van stikstof en fosfor zijn gunstig voor de ontwikkeling van de doelvegetaties. Hoge nutriëntwaarden vergroten namelijk het risico op verzuuring, en daarmee de verdringing van typische vegetatietypen van H2130 en H2190B.



Figuur 3.9 Boxplot stikstof (N), per transect en diepteklasse

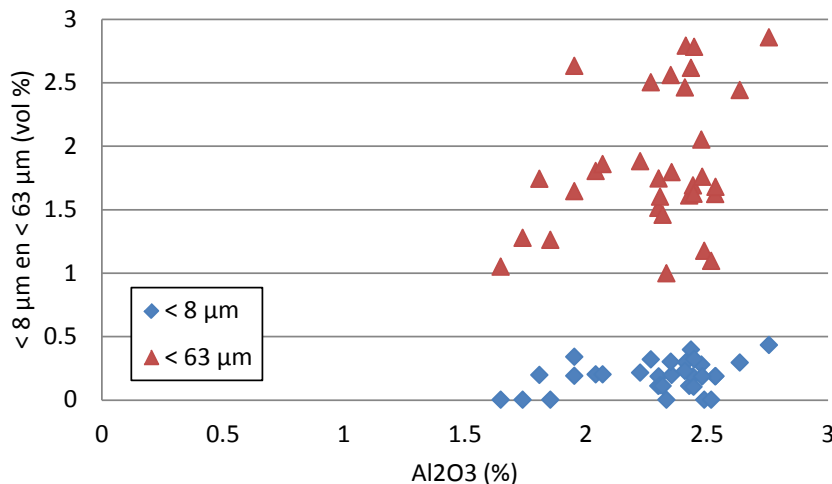


Figuur 3.10 Relatie tussen stikstof en het organisch stof gehalte. De meetwaarden voor N onder de rapportagegrens zijn als 0 weergegeven.

Overige parameters

Het aluminium-gehalte vertoont geen verband met de fractie kleiner dan 8 of 63 μm (Figuur 3.11). Tussen de verschillende hoofdelementen bestaan sterke relaties, maar deze worden vooral ingegeven door het percentage SiO_2 . Als het SiO_2 -gehalte hoog is (een zandig monster), zijn de overige elementen laag, en bij lagere SiO_2 -gehalten nemen de gehalten van alle overige elementen toe. Om deze geforceerde correlaties te vermijden, zijn de gehalten van de overige elementen gecorrigeerd voor het SiO_2 -gehalte: de som van de overige elementen is naar 100% toegerekend. In Tabel 3.2 zijn de correlaties tussen deze elementen opgenomen; met kleuren is weergegeven welke elementen duidelijk positief of negatief

gecorrleerd zijn. Natrium, kalium, fosfor en in minder mate titaan correleren met aluminium. Deze elementen zijn waarschijnlijk aanwezig in de vorm van (of geadsorbeerd aan) kleimineralen, veldspaten of andere aluminiumsilicaten. Calcium is duidelijk negatief gecorrleerd met deze elementen. IJzer, magnesium en mangaan vormen geen duidelijke combinatie met een van de andere elementen, hoewel de correlatie van mangaan met de aluminium-gerelateerde elementen gemiddeld genomen hoger is dan de correlatie met ijzer.

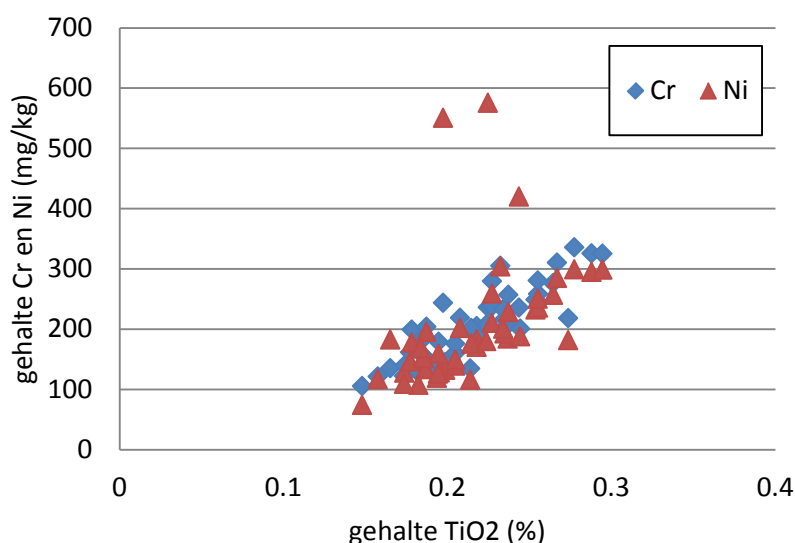


Figuur 3.11 Beperkte relatie tussen korrelgrootteparameters (< 8 µm en < 63 µm op de y-as) en het percentage aluminium (als proxy voor klei).

Tabel 3.2 Correlaties tussen de hoofdelementen, waarbij de som van de elementen met uitzondering van SiO₂ is toegerekend naar 100%. Donkergroen gemarkeerd de correlatie > 0,9, licht groen 0,7 tot 0,9, rood < - 0,9, oranje -0,7 tot - 0,9.

	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Al ₂ O ₃	1								
TiO ₂	0.64	1							
Fe ₂ O ₃	0.17	0.39	1						
MnO	0.54	0.56	0.40	1					
CaO	- 0.98	- 0.75	- 0.21	- 0.56	1				
MgO	- 0.01	- 0.51	0.13	- 0.29	0.12	1			
Na ₂ O	0.81	0.19	0.20	0.24	- 0.71	0.51	1		
K ₂ O	0.92	0.79	0.10	0.61	- 0.96	- 0.34	0.53	1	
P ₂ O ₅	0.71	0.70	0.40	0.68	- 0.74	- 0.19	0.41	0.73	1

Er bestaat een sterk verband tussen titanium, chroom en nikkel (Figuur 3.12) die duidt op de aanwezigheid van chroom-spinellen. De drie monsters met een Ni-gehalte van meer dan 400 mg/kg zijn de drie monsters van locatie Z1-2; het is onduidelijk waarom deze hogere Ni-gehalten bevatten. Er is geen relatie aangetroffen met een specifieke korrelgroottefractie; er is dus geen aanwijzing dat de spinellen een specifieke afmeting hebben. Spinellen hebben geen invloed op vegetatie, maar als ze enkel in bepaalde zandpartijen voorkomen, zouden ze interessant kunnen zijn als tracer. Dit is hier echter niet het geval.



Figuur 3.12 Correlatie tussen titanium, chroom en nikkel.

3.3 Macrorestenanalyse

In de monsters SD1 en SD2 zijn de zaden gevonden van 11 verschillende plantensoorten (Tabel 3.3). Het valt op dat de soortenlijst erg kort is, en veel soorten zijn maar een enkele keer aangetroffen in de monsters. Een aantal soorten die in de zadenlijst voorkomen, groeien ook in de directe omgeving van de monsterlocaties. Andersom zijn er ook veel soorten in het veld geïdentificeerd, die niet terugkomen in de zadenlijst (Tabel 3.4). Dit zijn helm, bleekgele droogbloem, jacobskruiskruid, leeuwentang, rood zwenkgras, blauwe zeedistel en zandhoornbloem.

Tabel 3.3 Resultaten macrorestenanalyse Spanjaards Duin – zaden (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	SD1	SD2	Aangetroffen in vallei	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	+	.	Ja	Straatgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	.		Fioringras
<i>Senecio inaequidens</i>	++	+	Ja	Bezemkruiskruid
<i>Cerastium diffusum/pumilum</i>	++	+		Scheve hoornbloem/ Steenhoornbloem
<i>Sonchus asper</i>	2	.	Ja	Gekroesde melkdistel
<i>Cardamine flexuosa/hirsuta</i>	1	.		Bosveldkers/Kleine veldkers
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	+	Ja	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	1	.	Ja	Canadese fijnstraal
<i>Urtica dioica</i>	1	.		Grote brandnetel
<i>Sagina nodosa</i>	.	+	Ja	Krielparnassia
<i>Juncus bufonius</i>	.	+		Greppelrus
<i>Sagina procumbens</i>	.	1		Liggende vetmuur

Tabel 3.4 Soorten die in het veld zijn gesignaleerd in een straal van ca. 10 meter rondom de monsterlocaties SD1 en SD2.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	Straatgras
<i>Senecio inaequidens</i>	Bezemkruiskruid
<i>Sonchus asper</i>	Gekroesde melkdistel
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	Canadese fijnstraal
<i>Sagina nodosa</i>	Krielparnassia
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	Bleekgele droogbloem
<i>Sagina procumbens</i>	Liggende vetmuur
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Jacobskruiskruid
<i>Leontodon sp.</i>	Leeuwentand
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras
<i>Eryngium maritimum</i>	Blauwe zeedistel
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Zandhoornbloem

3.4 Micromorfologische analyse

Met de wetenschap dat de monsters genomen zijn uit antropogeen opgebrachte mariene afzettingen (opgespoten zand), kunnen er karakteristieke bodemeigenschappen onderscheiden worden, die in beide bemonsterde profielen in het plangebied voorkomen en die door antropogene of natuurlijke invloeden aan verandering onderhevig kunnen zijn. De geselecteerde karakteristieken zijn gevoelig voor veranderingen die optreden in de grondmassa als ze blootgesteld worden aan oppervlakteprocessen.

De voor dit onderzoek geselecteerde karakteristieken zijn:

- gelaagdheid
- kalk (ontkalking)
- organisch materiaal (plantenwortels en humusneerslag)
- bodemfauna (graafgangen en vraatsporen)
- in- en uitspoeling

Met behulp van deze karakteristieken zijn laagtypologieën geformuleerd. Een laagtypologie is een karakterisering van een laag die op een of meerdere van bovengenoemde punten afwijkt van een andere laag in hetzelfde profiel.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven in schematische overzichtsfiguren waarbij de in elk van de afzonderlijke trajecten onderscheiden verschijnselen als volgt zijn gekwantificeerd.

- ++ komt veel voor / sterk ontwikkeld
- + komt regelmatig voor / matig ontwikkeld
- +/- komt hier en daar voor / zwak ontwikkeld
- ontbreekt nagenoeg / hier en daar enigszins zichtbaar
- volledig afwezig/ niet ontwikkeld

Vervolgens is een profielfoto opgenomen met daarin de genomen monsters en de onderscheiden lagen. Daarna is een beschrijving gegeven van de aangetroffen verschijnselen met daaropvolgend de interpretatie.

Tabel 3.5 Resultaten van slijpplaatanalyse monsternummers SD1 en SD2

Cm's	Omschrijving	Kalk	Bodem-fauna	Wortel-restanten	SD1	SD2	Wortel-restanten	Bodem-fauna	Kalk	Omschrijving
2	Zeер zwak ontwikkelde bodemhorizont	+	--	-			+/-	--	+	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
3										
4	Kalkrijk zand	++	--	-			-	--	++	Zeер zwak Zwak ontwikkelde bodemhorizont
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Legenda

	Zwak ontwikkelde bodem
	Zeер zwak ontwikkelde bodem
	Zand



Figuur 3.13 De monsterbakken met nummers SD1 (foto links) en SD2 (foto rechts), met daarop afgebeeld in het zwart het voor bodem-micromorfologisch onderzoek bemonsterde deel. De gele lijnen en cijfers representeren de lagen die zijn onderscheiden (foto's: Stéphanie IJff, Deltares).

Beschrijving SD1

Laag 1 2-3 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat voor het merendeel uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grof zand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een minimale hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de enkele zandkorrels zijn zeer dunne huidjes ijzer of humusstof aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Laag 2 3-22 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De

gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Beschrijving SD2

Laag 1 2-4 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grof zand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een geringe hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels.

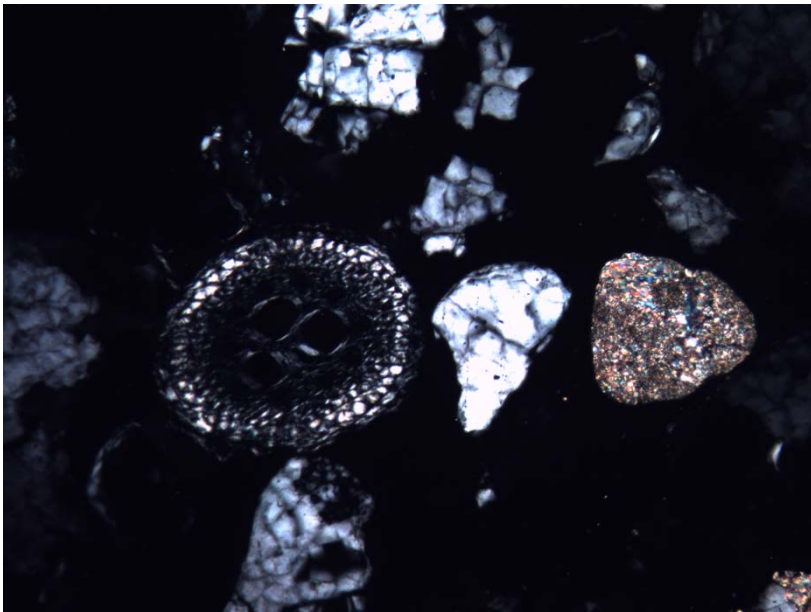
De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de meeste zandkorrels zijn zeer dunne huidjes kalk, lutum of ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. De wortelrestanten die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Er is één wortelrestant aanwezig met een lengte van 1,5 cm en een dikte van enkele tienden van een millimeter.

Laag 2 4-12 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Interpretatie micromorfologische analyse SD1 en SD2

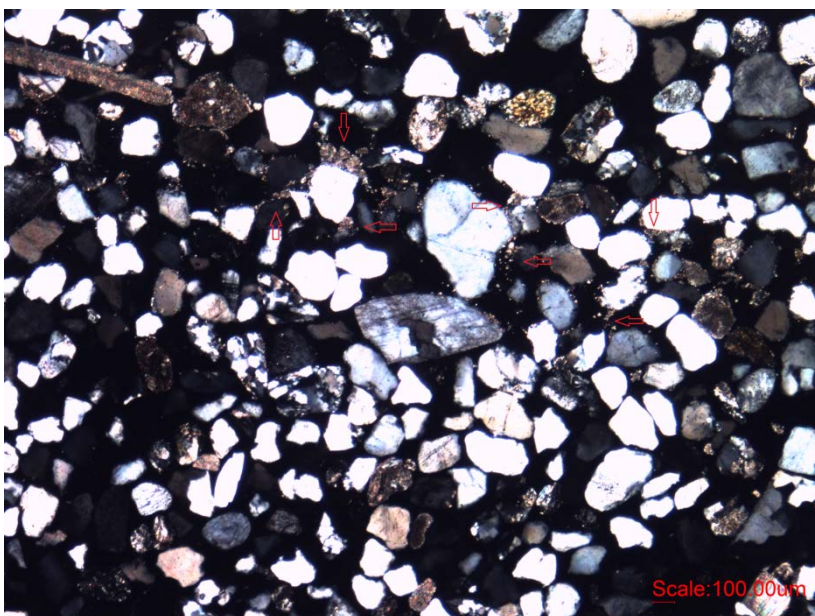
In beide monsters bestaat de grondmassa uit een pakket opgespoten kalkrijk zand. Het aanwezige kalk bestaat hoofdzakelijk uit schelp(restanten). Op basis van eerdere uitgevoerde bodemmicromorfologische onderzoeken blijkt dat kalk in duinafzettingen nagenoeg altijd uit schelp(restanten) bestaat¹. Op beide monsterlocaties heeft (pionier)vegetatie geleid tot een geringe mate van doorworteling. De sterke dubbelbrekende eigenschappen van de wortelresten betekent dat de cellulose hierin nog intact is en er nog nauwelijks enige wortelafbraak heeft plaatsgevonden (Figuur 3.14).

¹ Van Kappel, 2011 en 2015 ; Exaltus, 2012.

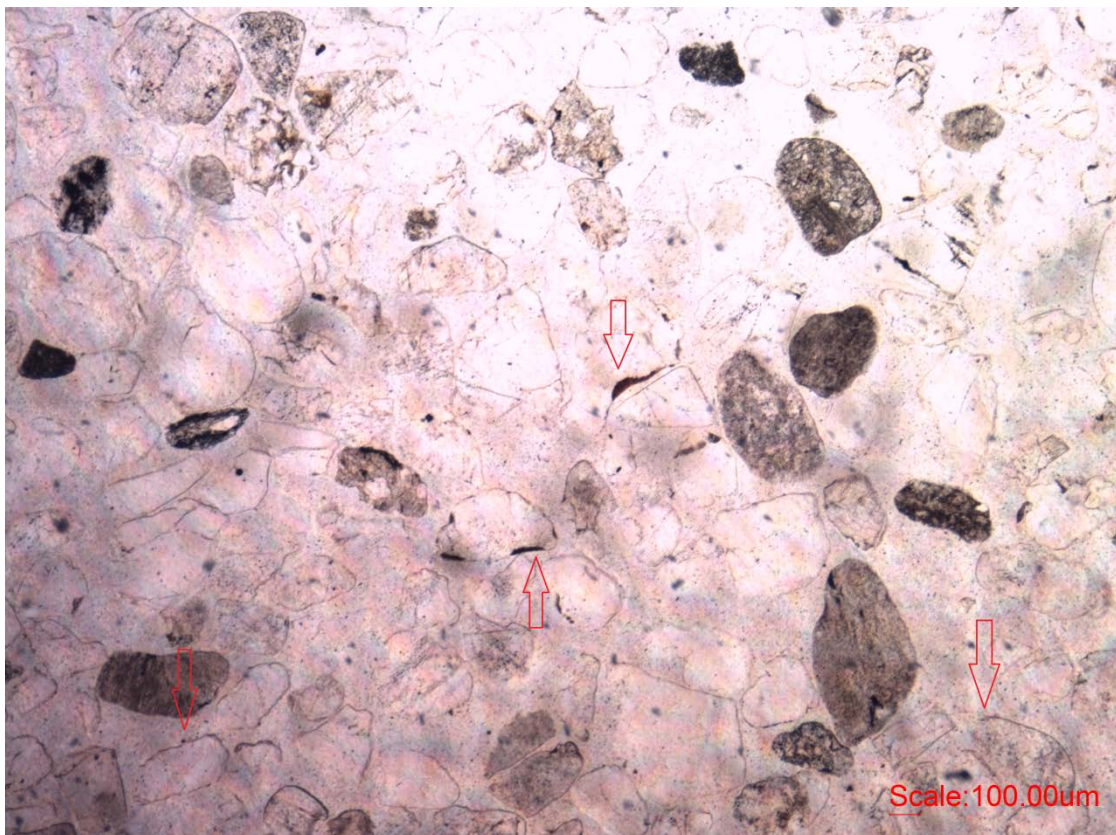


Figuur 3.14 Grondmassa met daarin een wortelrestant, XPL

Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna waarbij plant-, en wortelrestanten worden omgezet tot moder-, en/of stofhumus en homogenisatie van de grondmassa plaatsvindt. Sporen van dierlijke bioturbatie ontbreken echter volledig. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. De horizontale gelaagdheid van de grondmassa is hierdoor ook nog volledig intact. De beginnende bodemvorming is vooralsnog beperkt tot een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen (laag 1), een minimale mate van uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus en een geringe mate van doorworteling (Figuur 3.15 en Figuur 3.16).



Figuur 3.15 Grondmassa met daarin verweerde kalk (rode pijlen), XPL



Figuur 3.16 Grondmassa met enkele ijzer-, humuscoatings rondom de zandkorrels, PPL

In monster SD2 is de verwerking van kalk sterker en tot een dieper niveau onder de top van de monsterbak opgetreden dan in monster SD1 het geval is. Verwerking van kalk is afhankelijk van de volgende factoren²:

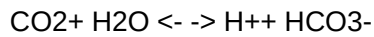
- a. Jaarlijkse neerslag minus evapotranspiratie;
- b. Temperatuur;
- c. pH;
- d. natuurlijke verzuring door CO₂ concentratie in de bodematmosfeer door micro-organismen en/of plantenwortels bij pH hoger dan 5.

Monsters SD1 en SD2 zijn beide afkomstig uit het noordelijke deel van de duinvallei. De punten a tot en met c zullen op beide locaties dan ook (nagenoeg) gelijk en van vergelijkbare invloed zijn op de mate van ontkalking. De activiteit van micro-, en bodemfauna op de afbraak van kalkdeeltjes speelt geen rol aangezien aanwijzingen voor dierlijke bioturbatie in beide monsters volledig ontbreken. Monster SD2 bevat meer wortelrestanten dan monster SD1. Het is zeer waarschijnlijk dat de concentratie CO₂ in monster SD2 dan ook hoger zal zijn dan die van monster SD1. Aangezien CO₂ leidt tot verzurende omstandigheden in de bodem, kan dit een verklaring zijn voor de sterkere verwerking van de kalk in monster SD2. Deze natuurlijke verzuring treedt met name op door het niet gesloten zijn van de koolstofkringloop, waardoor basen, zoals calcium en magnesium, samen met bicarbonaten of organische anionen uitspoelen naar het grondwater³. Fotosynthese gevolgd door mineralisatie is het belangrijkste

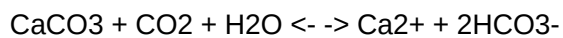
² Van Breemen en Buurman, 2002.

³ Breeuwsema en De Vries 1984.

mechanisme waardoor CO₂ vanuit de atmosfeer naar de gasfase van de bodem wordt verplaatst. Bij voldoende hoge pH (pH>5) lost een deel hiervan op in water en vormt carbonzuur, wat door dissociatie deels uit een valt in bicarbonaat (HCO₃⁻) en zuur (H⁺) volgens reactie:



Carbonzuur is een zogenaamd zwak zuur. Dat betekent dat er meer H⁺ ionen worden afgesplitst naarmate de pH toeneemt. Daaruit volgt dat de vorming van zuur door dissociatie van CO₂ vooral van belang is in kalkrijke gronden met een hoge pH. De zuurproductie wordt in die gronden genaturaliseerd door het oplossen van kalk volgens reactie:



4 Conclusies

Omdat het gebied bestaat uit opgespoten zand zijn er slechts beperkte verschillen in de korrelgroottepatronen in het gebied. Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit een korrelgrootte van 150-700 µm. Soms komen er lagen voor met een hoog gehalte schelpenresten. Er is geen lutum aangetroffen in de monsters.

Onze eerste indruk is dat de percentages organisch materiaal en stikstof verwaarloosbaar klein zijn. Dit wijst erop dat het risico op te voedselrijke grond met de bijbehorende ongewenste nutriëntminnende vegetatie klein is. Dit is gunstig voor de ontwikkeling van de doelhabitats H2190B en H2130. Omdat er geen verschillen zijn gevonden in de diepteklassen, is er geen effect te verwachten van de verdiepingsmaatregel op deze variabele.

De waarden van pH en calciumcarbonaat zijn in het gehele gebied hoog. Dit is normaal voor opgespoten zeezand langs de Zuid-Hollandse kust, en is gunstig voor de ontwikkeling van kalkminnende vegetatie behorend tot vochtige duinvallei (H2190B). De hoge pH-waarden gelden voor alle diepteklassen, waardoor geen effect te verwachten is van de verdiepingsmaatregel op de zuurgraad in het gebied.

De resultaten van de macrorestenanalyse beschrijft een zeer beperkte zaadbank. Het is opvallend dat in het veld, in de directe omgeving van de monsterlocaties, veel meer soorten zijn aangetroffen dan in de monsters. Het ligt in de lijn der verwachting dat in de komende jaren de zaadbank zal toenemen (zowel in diversiteit als dichtheid), zowel door aanvoer vanuit de omgeving als door de soorten die al groeien in de vallei. De Krielparnassia (*Sagina nodosa*) kwam voor in zowel de zaadbank als levend in de vallei, en is een soort die behoort tot de doelvegetatie H2190B.

Op basis van de micromorfologische analyse kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van deze analyse kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Verwacht wordt dat de vegetatie zich in de loop der jaren sterker zal ontwikkelen en hiermee de activiteit van bodemfauna op gang zal komen. De snelheid waarmee kalk zal verwerken, zal door deze ontwikkelingen toenemen. Het is dan ook aan te bevelen om beide monsterlocaties (van de micromorfologische analyse) te monitoren. Parameters die van belang zijn om te monitoren, zijn; vegetatie(ontwikkeling), biologisch activiteit door bodemfauna, kalkgehalte en pH.

Aanleiding van dit onderzoek was het ontbreken van kennis over de eigenschappen van de bodem die bepalend zijn voor de vegetatieontwikkeling in het gebied. Daarnaast kunnen de resultaten goed gebruikt worden in de uitwerking van de beslissing om de vallei uit te diepen.

De vallei zal in het najaar van 2018 plaatsgewijs maximaal 55 cm worden uitgediept. Uit de resultaten van de geochemische analyse blijkt dat de bodemsamenstelling op 50 cm diepte niet significant verschilt van de huidige ondiepe laag (2-10 cm) van de bodem. De bodemsamenstelling op de uitgravingsdiepte vormt dus geen belemmering voor het uitvoeren van deze maatregel.

Hoewel de zaadbank nu nog beperkt is, is het de verwachting dat na het volgende bloeiseizoen de diversiteit en hoeveelheid zaden in de bodem zal zijn toegenomen. Daarom is het advies om een deel van de vallei niet uit te diepen, namelijk het gebied waar *Krielparnassia* staat. Deze optie is al opgenomen in het voorstel ter verdieping van de vallei.

Het voornemen om later dit jaar een deel van het gebied mechanisch te verdiepen, zal in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een "vochtige duinvallei". Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitatype "vochtige duinvallei". Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

5 Referentielijst

Arens, S.M. *et al.* (2017) Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016. Stichting het Zuid-Hollands Landschap Rapport nr. 11-5-2017. 28 pp.

Breemen, N., van en Buurman, P. (2002). Soil Formation. Wageningen.

Breeuwsma, A & De Vries, W. (1984) Gevolgen van de zure regen voor de bodem, 2: aandeel in de bodemverzuring in Nederland. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka rapport 1787.

Bisdorn, E.B.A. & Schoonderbeek, D. (1983) The characterization of the shape of mineral grains in thin sections of soils by Quantimet and BES1. Geoderma. 30, 303 - 332.

Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G.J. & Turstina, T. (1985) Handbook for thin section description. Wolverhampton.

Exaltus, R.P. in Halverstad, R.N. (2012) Zijdepark te Leidschendam. Amersfoort (ADC-rapport 2016).

IJff, S.D., Van der Valk, B., Van der Meulen, F. (2017) Leidraad beheer Spanjaards Duin. Deltares. Rapport nr. 1230642-002. 35 pp.

Jongerius, A. and Heintzberger, G. (1975) Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections. Soil survey papers 10., Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

Macphail, R.I. & Goldberg, P. (2017) Applied Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge university press, Cambridge.

Stoops, G.J., (2003) Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Wolverhampton.

Synbiosys Alterra. (2017) Solleveld en Kapittelduinen - Vereisten voedselrijkdom.
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k99&topic=ecologischevereisten#vereisten> [Bekeken op 07-12-2017]

Veel, P. (2017) Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016; Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2016. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Artesia Water Research Unlimited.

Van Kappel, K. en Van der Feijst, L.M.B. (2011) Westland Naaldwijk Hoogeland Proefsleuvenonderzoek. Amersfoort

Van Kappel, K. en Houkes, R.A. (2015) Een akker op de strandwal. Amersfoort

Van Mastrigt, A. (2016) Verslag bijeenkomst handelingsperspectief op 24 augustus 2016

A Foto's van het veldwerk



Figuur I.1 Het nemen van een boring met de Edelmanboor.



Figuur I.2 In beeld brengen van het boorprofiel



Figuur I.3 De bodemonsters

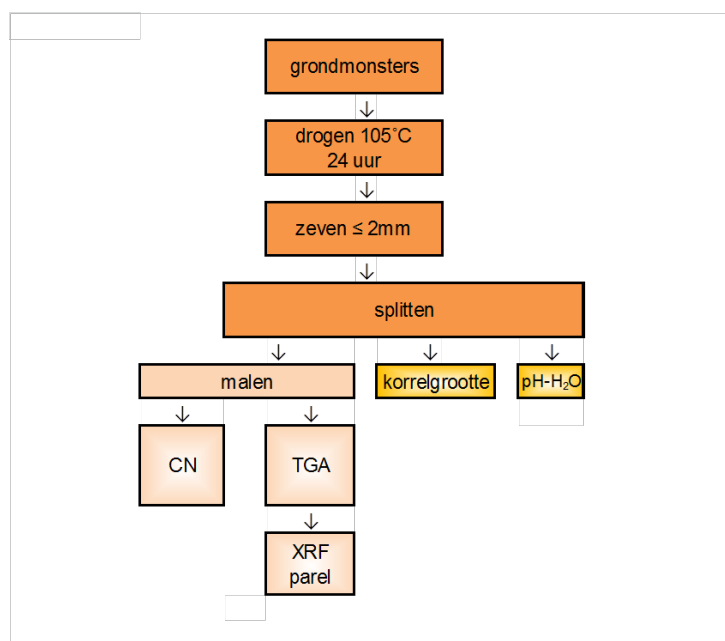


Figuur I.4 Gelaagdheid van de bodem, zichtbaar bij het nemen van een monster voor de slijpplaatanalyse De kuil is 50 cm diep. De laagjes in het bodem profiel zijn waarschijnlijk het gevolg van de opspuiting (uitstromen van het natte zand uit de spuitmonden verspreiden met een sjofel).

B Methode en resultaten korrelgrootte analyse en geochemische analyses

Methode

De grondmonsters zijn bij binnenkomst in het Deltares Laboratorium te Utrecht (samen met laboratoria van TNO en de Universiteit Utrecht vormen zij Utrecht Castel) gedroogd in een droogstoof bij 105°C voor minimaal 24 uur. Vervolgens zijn de monsters gezeefd bij 2 mm en gesplitst in een splitter (Rocky, cargo). Een deel is gemalen met de maalmachine (Retsch), om vervolgens CN analyses en TGA (thermogravimetrische analyse) analyses op uit te voeren. Op de gloeirest van de TGA analyses zijn XRF parel analyses uitgevoerd. Op het ongemalen deel is een korrelgrootte analyse uit gevoerd en pH-H₂O te bepaald. De procedure van de monsters is schematisch weergegeven in figuur 2.2.



Figuur II.1 Aanpak geochemische analyse stroom

CN element analyses

Voor het bepalen van de koolstof en stikstof concentraties in de grondmonsters is er gemeten op een Fisons NA 1500 NCS met Dumas flash combustion setup. De nauwkeurig afgewogen grondmonsters zijn in tin folie gevouwen, om vervolgens te worden geladen in een automatische sampler. In de aanwezigheid van een externe zuurstofstroom ontstaat flits verbranding. Hierdoor verbrand het tin (exogeen) en het monster bij 1600-1800°C.

De gevormde stikstofoxyden en zuurstof werden door een kwarts buis bij 650°C geleid, gevuld met koper. De aanwezige stikstofoxyden worden gereduceerd tot stikstof, zuurstof en koperoxide. De overgebleven gassen zijn geïntroduceerd op een gaschromatograaf oven, waar stikstof en koolstofdioxide werden gescheiden op een 2m, 6x4 Porapak QS kolom. De detectie werd uitgevoerd met een TCD detector. Meten en dataverwerking is uitgevoerd met Eager200 software.

Kalibratie is uitgevoerd door met vaste frequentie atropine en aceetanilide als referentiemonster mee te nemen.

TGA analyses

De kwantitatieve bepaling van het gewichtsverlies in de monsters werd uitgevoerd met behulp van een thermogravimetrische analysator (TGA; LECO TGA-701). Gedurende de analyse werd de temperatuur verhoogd in een geconditioneerde kamer tot 1000°C. Bij de temperaturen 105, 450, 550, 800 en 1000°C werd de temperatuur constant gehouden totdat er geen gewichtsverlies meer optrad. Het organische stofgehalte is berekend door het gewichtsverlies van 105°C tussen 550°C (NEN-6620). Het calciumcarbonaatgehalte is bepaald door het gewichtsverlies van 550°C tussen 800°C. Een gewichtsverlies van 0,05% is betrouwbaar te analyseren, maar bij een dusdanig beperkte gewichtsafname moet er wel rekening mee worden gehouden dat ook andere processen, zoals het ontwijken van vocht uit kleimineralen, een gewichtsafname in dezelfde temperatuurtrajecten kunnen veroorzaken. Kwaliteitscontrole vindt plaats door bij elke meetserie een referentiemonster te analyseren.

XRF parel analyses

Op het overgebleven monstermateriaal van de TGA analyses zijn XRF parel analyses uitgevoerd, voor de concentratie bepaling van de gehalten van de hoofdelementen. Het monstermateriaal is gemengd met lithiumtetraboraat, lithiummetaboraat en lithiumjodide, het geheel in platina kroesje is verhit tot een temperatuur boven de 1200°C en in 10 minuten geheel gesmolten. De geproduceerde parel is geanalyseerd op een XRF (Röntgen Fluorescentie analyse, ARL™ PERFORM'X Sequential Spectrometer (Thermo Scientific™)) voor element compositie. De techniek is gebaseerd op de emissie van fluorescerende (secundaire) röntgenstralen uit een monster. Elk element produceert een karakteristieke set van röntgenstralen. Door deze uitgestraalde intensiteit per element te vergelijken met de opgewekte straling bij bekende monsters, wordt de concentratie gekwantificeerd.

Korrelgrootte analyses

Op het gezeefde deel van het monster is een korrelgrootte bepaling uitgevoerd met behulp van laserdiffractie apparatuur (Malvern Particle Sizer 2000), om meer inzicht te krijgen in de bodemclassificatie. Allereerst zijn de monsters voorbehandeld met waterstofperoxide om de aanwezige organische stof te oxideren, vervolgens een behandeling met zoutzuur om de aanwezige carbonaten in oplossing te brengen. Een representatief deel is geanalyseerd op de Malvern Particle Sizer 2000. Laserdiffractie is een techniek die gebaseerd is op de correlatie tussen de hoeken van verstrooiing van korrels en de distributie van deze korrels in een straal van monochromatisch licht van een He-Ne laser (maximaal 4mW (CW)). Het meetprincipe van deze methode is gebaseerd op de lichtdiffractie patronen van deeltjes. Het verstrooide licht wordt opgevangen door een detector bestaande uit 52 concentrische ringen. Elke van deze ringen vangt het licht-verstrooiingspatroon op, veroorzaakt door de deeltjes in de laserstraal. De resultaten worden weergegeven in volumepercentage per fractie, de fracties lopen van 0,010 tot 2000 µm.

pH-H₂O analyses

De zuurgraad van het monsters is bepaald in een 1:5 (V/V) suspensie van het < 2 mm deelmonster (volgens de NEN 5750). De suspensie werd gemaakt in gedemineraliseerd water.

Resultaten

ResultatenTabel II.5.1

Resultaten pH, TGA en CN-analyse. In procenten weergegeven (behalve de pH).

Code	Diepte	pH	TGA								CN	
			105	450	550	800	1000	LOI	CaCO3	OM	C	N
Z1-2-2	2-10 cm	8.51	0.116	0.161	0.064	2.299	0	2.524	5.23	0.225	0.71	0.0087
Z1-2-3	50-60 cm	8.87	0.11	0.118	0.061	2.132	0	2.311	4.85	0.179	0.66	0.0081
Z1-2-4	90-100 cm	8.93	0.096	0.083	0.053	1.162	-0.009	1.289	2.64	0.136	0.35	0.0000
Z1-3-2	2-10 cm	8.93	0.107	0.12	0.074	2.567	0.006	2.767	5.83	0.194	0.75	0.0000
Z1-3-3	50-60 cm	9.02	0.095	0.091	0.048	2.098	-0.007	2.23	4.77	0.139	0.60	0.0000
Z1-3-4	90-100 cm	9.04	0.078	0.074	0.048	1.189	0.007	1.318	2.70	0.122	0.33	0.0052
Z1-4-2	2-10 cm	9.02	0.089	0.078	0.048	1.645	-0.004	1.767	3.74	0.126	0.44	0.0000
Z1-4-3	50-60 cm	9.05	0.065	0.057	0.03	0.54	-0.01	0.617	1.23	0.087	0.24	0.0000
Z1-4-4	90-100 cm	9.06	0.073	0.064	0.037	0.882	-0.022	0.961	2.00	0.101	0.25	0.0000
Z1-5-2	2-10 cm	9.00	0.14	0.139	0.092	3.221	-0.002	3.45	7.32	0.231	0.83	0.0000
Z1-5-3	50-60 cm	8.95	0.08	0.061	0.039	0.822	-0.018	0.904	1.87	0.100	0.26	0.0000
Z1-5-4	90-100 cm	9.06	0.072	0.064	0.038	0.888	-0.022	0.968	2.02	0.102	0.26	0.0000
N1-2-2	2-10 cm	9.03	0.101	0.117	0.05	1.905	-0.043	2.029	4.33	0.167	0.57	0.0062
N1-2-3	50-60 cm	9.14	0.086	0.071	0.044	1.234	-0.013	1.336	2.80	0.115	0.43	0.0000
N1-2-4	90-100 cm	9.23	0.089	0.123	0.049	2.264	-0.035	2.401	5.15	0.172	0.65	0.0057
N1-3-2	2-10 cm	9.15	0.065	0.083	0.044	1.314	-0.033	1.408	2.99	0.127	0.38	0.0056
N1-3-3	50-60 cm	9.13	0.072	0.064	0.031	0.637	-0.058	0.674	1.45	0.095	0.18	0.0000
N1-3-4	90-100 cm	9.12	0.079	0.067	0.038	0.833	-0.045	0.893	1.89	0.105	0.25	0.0054
N1-4-2	2-10 cm	9.24	0.105	0.091	0.055	1.945	-0.01	2.081	4.42	0.146	0.61	0.0000
N1-4-3	50-60 cm	9.22	0.099	0.12	0.066	2.03	-0.012	2.204	4.61	0.186	0.59	0.0000
N1-4-4	90-100 cm	9.20	0.085	0.104	0.049	1.643	-0.03	1.766	3.73	0.153	0.52	0.0058
N1-5-2	2-10 cm	9.19	0.11	0.094	0.057	2.108	0.002	2.261	4.79	0.151	0.60	0.0062
N1-5-3	50-60 cm	9.29	0.126	0.108	0.065	2.495	0.009	2.677	5.67	0.173	0.69	0.0055
N1-5-4	90-100 cm	9.21	0.122	0.124	0.116	2.865	0.009	3.114	6.51	0.240	0.90	0.0072
N2-2-2	2-10 cm	9.26	0.094	0.07	0.046	1.721	-0.024	1.813	3.91	0.116	0.52	0.0057
N2-2-3	50-60 cm	9.22	0.087	0.074	0.046	1.069	-0.024	1.165	2.43	0.120	0.28	0.0056
N2-3-2	2-10 cm	9.34	0.155	0.145	0.114	3.673	0.013	3.945	8.35	0.259	1.11	0.0091
N2-3-3	50-60 cm	9.33	0.089	0.091	0.061	1.324	0	1.476	3.01	0.152	0.39	0.0053
N2-4-2	2-10 cm	9.31	0.133	0.101	0.069	2.308	0	2.478	5.25	0.170	0.69	0.0061
N2-4-3	50-60 cm	9.30	0.132	0.098	0.074	2.286	-0.003	2.455	5.20	0.172	0.66	0.0067
N2-5-2	2-10 cm	9.32	0.12	0.083	0.065	2.294	-0.009	2.433	5.21	0.148	0.69	0.0000
N2-5-3	50-60 cm	9.26	0.116	0.079	0.059	2.082	-0.004	2.216	4.73	0.138	0.60	0.0000
M1-2	2-10 cm	9.22	0.087	0.058	0.045	1.093	-0.035	1.161	2.48	0.103	0.33	0.0000
M1-3	50-60 cm	9.30	0.099	0.065	0.055	1.16	-0.017	1.263	2.64	0.120	0.34	0.0057
M2-2	2-10 cm	9.31	0.114	0.107	0.068	2.5	0.003	2.678	5.68	0.175	0.75	0.0000
M2-3	50-60 cm	9.30	0.083	0.07	0.049	1.304	0	1.423	2.96	0.119	0.35	0.0000
M3-2	2-10 cm	9.24	0.128	0.105	0.067	2.522	-0.005	2.689	5.73	0.172	0.75	0.0062
M3-3	50-60 cm	9.26	0.091	0.15	0.062	2.965	-0.033	3.144	6.74	0.212	0.84	0.0076
M4-2	2-10 cm	9.30	0.12	0.092	0.068	2.375	0.004	2.539	5.40	0.160	0.68	0.0054
M4-3	50-60 cm	9.43	0.122	0.137	0.096	2.939	0	3.172	6.68	0.233	0.93	0.0073
M5-2	2-10 cm	9.32	0.088	0.114	0.053	1.689	-0.043	1.813	3.84	0.167	0.49	0.0063
M5-3	50-60 cm	9.32	0.067	0.083	0.041	1.047	-0.04	1.131	2.38	0.124	0.36	0.0000
M6-2	2-10 cm	9.37	0.111	0.117	0.069	2.673	0.002	2.861	6.08	0.186	0.76	0.0069
M6-3	50-60 cm	9.35	0.074	0.078	0.046	0.985	-0.026	1.083	2.24	0.124	0.34	0.0061
M7-2	2-10 cm	9.33	0.116	0.099	0.061	2.311	-0.017	2.454	5.25	0.160	0.79	0.0078
M7-3	50-60 cm	9.41	0.14	0.138	0.097	3.247	0.008	3.49	7.38	0.235	0.90	0.0061

Tabel II.5.2 Resultaten XRF-analyse

code	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	P2O5	Cr	Ni	Sr	Ba	Zr
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Z1-2-2	89.2	2.43	0.244	0.458	2.94	0.166	0.458	1.03	< 0.05	236	420	101.4	192	176.4
Z1-2-3	89.5	2.41	0.225	0.420	2.86	0.156	0.449	1.05	< 0.05	236	575	100.6	190	141.6
Z1-2-4	92.0	2.48	0.197	0.306	1.59	0.118	0.415	1.16	< 0.05	244	551	74.0	214	111.5
Z1-3-2	88.7	2.49	0.165	0.399	3.27	0.185	0.467	1.07	< 0.05	135	183	111.8	169	142.0
Z1-3-3	90.0	2.43	0.186	0.342	2.79	0.186	0.460	1.01	< 0.05	154	152	90.9	170	91.9
Z1-3-4	92.5	2.45	0.148	0.237	1.57	0.128	0.454	0.98	< 0.05	106	74	67.1	159	1,217.7
Z1-4-2	90.9	2.53	0.187	0.344	2.12	0.167	0.491	1.01	< 0.05	143	134	80.6	171	99.2
Z1-4-3	95.0	1.74	0.199	0.129	0.78	0.070	0.278	0.81	< 0.05	145	132	46.7	156	173.9
Z1-4-4	93.5	2.04	0.178	0.228	1.32	0.099	0.327	0.94	< 0.05	199	177	60.4	173	139.6
Z1-5-2	87.0	2.64	0.174	0.415	4.10	0.222	0.512	1.13	< 0.05	139	127	135.2	174	74.3
Z1-5-3	93.2	2.30	0.218	0.268	1.17	0.099	0.377	1.07	< 0.05	205	183	61.4	187	146.7
Z1-5-4	93.4	2.07	0.218	0.228	1.31	0.109	0.347	0.93	< 0.05	189	170	61.4	177	28.7
N1-2-2	90.7	2.22	0.265	0.353	2.49	0.098	0.343	1.12	< 0.05	276	257	100.9	213	31.4
N1-2-3	91.8	2.54	0.237	0.326	1.62	0.138	0.464	1.11	< 0.05	207	185	71.0	187	45.4
N1-2-4	90.2	1.95	0.254	0.293	3.09	0.088	0.312	0.95	< 0.05	249	232	117.1	197	30.3
N1-3-2	92.8	1.95	0.187	0.227	1.71	0.079	0.306	0.98	< 0.05	204	195	73.9	172	25.6
N1-3-3	94.5	1.65	0.288	0.268	0.99	0.060	0.219	0.86	< 0.05	326	295	53.6	179	28.8
N1-3-4	93.7	1.85	0.277	0.287	1.29	0.069	0.268	0.91	< 0.05	336	299	63.4	182	40.6
N1-4-2	90.6	2.30	0.235	0.392	2.58	0.157	0.431	0.97	< 0.05	216	193	89.1	158	94.0
N1-4-3	90.5	2.27	0.244	0.284	2.66	0.098	0.381	1.09	< 0.05	200	188	105.6	194	28.4
N1-4-4	92.1	1.81	0.255	0.246	2.14	0.069	0.265	0.91	< 0.05	258	236	90.4	177	29.5
N1-5-2	90.4	2.31	0.195	0.352	2.76	0.147	0.420	0.96	< 0.05	145	128	94.8	156	109.5
N1-5-3	89.2	2.44	0.214	0.399	3.13	0.175	0.467	1.02	< 0.05	134	116	104.1	161	80.8
N1-5-4	87.9	2.48	0.194	0.388	3.80	0.213	0.465	1.07	< 0.05	136	119	126.0	161	73.6
N2-2-2	91.0	2.32	0.255	0.403	2.32	0.157	0.432	0.96	< 0.05	281	250	81.5	160	49.1
N2-2-3	92.5	2.33	0.237	0.326	1.53	0.109	0.395	1.08	< 0.05	257	228	69.2	178	43.5
N2-3-2	85.5	2.76	0.183	0.461	4.90	0.259	0.538	1.16	< 0.05	128	108	156.6	181	100.9
N2-3-3	92.3	2.35	0.158	0.227	1.74	0.099	0.365	1.12	< 0.05	121	117	78.8	202	62.1
N2-4-2	89.7	2.35	0.205	0.458	3.00	0.156	0.449	0.96	< 0.05	160	139	97.5	145	123.9
N2-4-3	89.4	2.41	0.205	0.458	3.13	0.176	0.458	1.00	< 0.05	176	149	100.5	153	98.5
N2-5-2	89.3	2.52	0.215	0.420	3.05	0.166	0.488	1.04	< 0.05	202	176	99.5	157	122.0
N2-5-3	89.6	2.44	0.274	0.469	3.00	0.166	0.460	0.99	< 0.05	218	182	96.8	165	137.9
M1-2	92.6	2.24	0.267	0.356	1.57	0.119	0.385	0.99	< 0.05	310	285	68.2	173	41.5
M1-3	92.4	2.35	0.227	0.336	1.56	0.128	0.425	0.98	< 0.05	237	210	67.1	163	27.6
M2-2	88.7	2.60	0.195	0.428	3.39	0.185	0.506	1.07	< 0.05	179	160	110.0	169	96.3
M2-3	92.4	2.16	0.177	0.286	1.78	0.128	0.404	0.90	< 0.05	162	146	68.0	137	41.4
M3-2	88.5	2.57	0.224	0.496	3.38	0.195	0.516	1.07	< 0.05	207	180	108.0	153	90.5
M3-3	88.5	2.03	0.232	0.349	3.90	0.097	0.329	1.02	< 0.05	305	304	142.4	180	34.9
M4-2	89.5	2.50	0.185	0.370	2.96	0.175	0.487	1.04	< 0.05	157	152	95.5	156	56.5
M4-3	87.5	2.67	0.184	0.426	3.82	0.223	0.513	1.17	< 0.05	180	168	127.8	178	61.0
M5-2	91.1	2.20	0.295	0.373	2.19	0.088	0.344	1.11	< 0.05	325	298	93.3	214	31.4
M5-3	93.4	1.86	0.227	0.257	1.48	0.059	0.257	0.97	< 0.05	280	259	71.2	176	39.5
M6-2	88.7	2.40	0.194	0.418	3.49	0.165	0.476	1.00	< 0.05	146	126	110.7	145	122.4
M6-3	93.0	2.19	0.208	0.287	1.39	0.099	0.366	1.02	< 0.05	219	202	64.3	182	29.7
M7-2	89.4	2.33	0.234	0.468	3.22	0.166	0.439	0.97	< 0.05	233	201	103.4	158	149.2
M7-3	87.2	2.58	0.174	0.405	4.04	0.222	0.512	1.08	< 0.05	123	109	133.2	145	89.8

Tabel II.5.3 Resultaten korrelgrootte analyse. Kolom S/G geeft aan of materiaal > 2mm uit schelp of grind bestond.

code	>2mm S/G	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-16	16-25	25-35	35-50	50-63	63-75	75-88	88-105	105-125	125-150	150-177	177-210	210-250	250-300	300-354	354-420	420-500	500-600	600-707	707-850	850-1000	1000-1150	1150-1410	1410-1680	1680-2000						
Z1-2-2	2.15 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.347	0.374	0.276	0.304	0.301	0.419	0.409	0.268	0.413	3.216	7.972	15.203	20.262	20.262	13.521	7.745	3.918	1.806	1.154	1.503	0.313	0	0	0	0	0					
Z1-2-3	0.28 S	0	0	0	0	0	0	0.116	0.493	0.415	0.427	0.575	0.284	0.284	0.683	0.761	0.898	1.436	3.859	8.012	13.878	18.157	18.627	12.919	8.338	4.345	2.172	1.313	1.552	0.291	0	0	0	0	0					
Z1-2-4	0.20 S	0	0	0	0	0	0	0.114	0.164	0.241	0.339	0.289	0.439	0.284	0.218	0.301	0.898	0.661	0.932	1.935	5.182	10.613	17.541	18.3	17.28	11.944	6.827	3.274	2.153	0.272	0	0	0	0	0					
Z1-3-2	0.34 S	0	0	0	0	0	0	0	0.146	0.224	0.24	0.268	0.296	0.439	0.453	0.398	0.793	4.184	9.342	16.676	21.015	19.814	12.433	6.634	3.118	1.28	0.804	1.234	0.209	0	0	0	0	0	0					
Z1-3-3	spoorje S	0	0	0	0	0	0	0	0.198	0.197	0.525	0.414	0.344	0.499	0.438	0.426	0.54	0.743	4.041	4.575	9.284	14.758	18.539	16.173	13.047	8.365	4.485	2.182	1.612	0.191	0	0	0	0	0					
Z1-3-4	spoorje	0	0	0	0	0	0	0	0.127	0.142	0.515	0.401	0.602	0.519	0.512	0.613	0.864	1.135	2.091	4.011	8.263	14.18	19.22	17.56	13.93	3.721	1.328	0.882	0.096	0	0	0	0	0	0					
Z1-4-2	spoorje	0	0	0	0	0	0	0	0.369	0.263	0.229	0.325	0.25	0.289	0.378	0.46	0.331	1.674	4.682	10.724	18.237	23.096	18.949	14.296	5.367	0.788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Z1-4-3	0.59 S	0	0	0	0	0	0	0	0.169	0.274	0.24	0.332	0.286	0.207	0.222	0.408	0.667	0.936	1.217	2.713	6.454	12.773	16.645	19.166	17.078	12.084	6.026	2.129	0	0	0	0	0	0	0	0				
Z1-4-4	spoorje	0	0	0	0	0	0	0	0.041	0.159	0.391	0.302	0.248	0.373	0.287	0.212	0.523	0.58	0.97	1.602	4.102	8.607	14.445	16.374	17.07	14.016	10.287	5.619	3.039	0.252	0	0	0	0	0	0				
Z1-5-2	0.42 S	0	0	0	0	0	0	0	0.116	0.178	0.466	0.275	0.372	0.41	0.522	0.654	0.624	0.643	1.383	5.616	11.307	18.894	22.38	19.873	10.386	4.939	0.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Z1-5-3	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.347	0.274	0.278	0.323	0.262	0.206	0.228	0.377	0.6	1.075	1.886	4.578	9.413	16.139	16.74	19.151	14.727	7.714	2.652	0.9	0	0	0	0	0	0	0				
Z1-5-4	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0.042	0.158	0.406	0.261	0.256	0.381	0.312	0.253	0.238	0.442	0.649	1.063	3.96	8.018	13.87	16.604	18.048	15.991	10.236	4.861	2.375	0.189	0	0	0	0	0	0	0				
N1-2-2	1.91 S	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0.17	0.426	0.275	0.371	0.288	0.23	0.262	0.344	0.409	0.795	1.832	4.336	8.146	12.592	13.937	15.154	14.566	12.011	7.766	5.164	0.878	0	0	0	0	0	0				
N1-2-3	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0	0.038	0.148	0.36	0.278	0.248	0.336	0.268	0.264	0.319	0.423	0.537	1.322	3.289	7.603	13.748	19.286	18.34	15.785	9.56	4.432	1.69	1.499	0.227	0	0	0	0	0				
N1-2-4	1.40 S	0	0	0	0	0	0	0	0.039	0.149	0.372	0.273	0.331	0.31	0.27	0.253	0.265	0.327	0.491	1.253	2.716	5.393	8.461	10.989	10.416	10.195	9.518	9.045	7.026	5.529	1.52	0	1.589	6.873	6.497	0				
N1-3-2	0.06 S	0	0	0	0	0	0	0	0.139	0.199	0.531	0.433	0.377	0.511	0.441	0.385	0.407	0.576	0.812	1.345	2.112	3.911	6.757	12.646	15.03	15.389	13.411	8.443	4.958	0.662	0	0	0	0	0	0	0			
N1-3-3	0.20 S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.262	0.235	0.196	0.253	0.203	0.168	0.165	0.219	0.305	0.519	0.86	1.743	3.431	6.527	9.799	14.715	18.548	19.295	13.487	7.711	1.467	0	0	0	0	0	0	0			
N1-3-4	1.06 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0	0.236	0.244	0.22	0.312	0.247	0.195	0.21	0.34	0.527	0.82	1.232	2.641	5.675	10.683	14.067	17.19	17.089	14.19	8.464	4.798	0.618	0	0	0	0	0	0	0			
N1-4-2	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0.146	0.372	0.278	0.269	0.298	0.342	0.446	0.413	0.318	0.645	8.057	14.438	18.548	18.507	12.837	8.751	5.275	3.093	1.655	1.463	0.229	0	0	0	0	0	0	0			
N1-4-3	1.20 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.129	0.188	0.502	0.387	0.519	0.408	0.382	0.417	0.552	0.826	1.8	3.433	6.472	10.257	14.107	14.338	14.31	12.125	9.193	5.562	3.385	0.341	0	0	0	0	0	0	0			
N1-4-4	0.18 S	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.155	0.379	0.284	0.366	0.353	0.284	0.226	0.236	0.368	0.599	0.88	1.347	2.864	5.998	10.886	13.654	15.809	15.157	13.101	9.132	6.716	1.326	0	0	0	0	0	0			
N1-5-2	0.21 S	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0.361	0.261	0.261	0.276	0.275	0.314	0.449	0.398	0.2	0.401	3.688	8.41	15.413	19.617	18.923	11.937	7.702	4.451	3.046	1.991	1.739	0.235	0	0	0	0	0	0	0		
N1-5-3	0.09 S	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0.147	0.367	0.267	0.273	0.237	0.36	0.519	0.428	0.193	0.579	4.531	10.384	18.207	22.178	19.94	11.662	5.33	1.932	0.513	0.567	1.182	0.168	0	0	0	0	0	0	0	0	
N1-5-4	0.34 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.036	0.148	0.373	0.273	0.284	0.258	0.383	0.536	0.442	0.298	0.812	5.03	10.913	18.489	21.93	19.197	10.868	4.798	1.79	0.713	0.743	1.414	0.312	0	0	0	0	0	0	0		
N2-2-2	spoorje S	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.343	0.249	0.22	0.304	0.232	0.271	0.333	0.354	0.435	1.492	4.404	9.74	15.744	19.821	16.755	13.018	7.983	4.036	1.964	1.842	0.362	0	0	0	0	0	0	0	0		
N2-2-3	0.17 S	0	0	0	0	0	0	0	0.079	0.215	0.183	0.284	0.236	0.21	0.244	0.373	0.567	1.127	2.256	4.991	9.454	15.208	17.22	18.012	14.679	9.205	4.002	1.453	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
N2-2-3	0.08 S	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0.211	0.545	0.417	0.4	0.443	0.619	0.711	0.591	0.708	2.179	7.889	14.139	20.899	22.022	17.211	7.621	3.061	1.112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N2-3-2	0.22 S	0	0	0	0	0	0	0	0.155	0.386	0.3	0.247	0.37	0.294	0.242	0.282	0.442	0.612	0.983	1.798	4.16	8.36	13.944	16.091	17.204	14.74	10.351	5.443	3.134	0.425	0	0	0	0	0	0	0	0		
N2-4-2	0.14 S	0	0	0	0	0	0	0	0.119	0.181	0.479	0.377	0.382	0.459	0.56	0.696	0.668	0.667	1.331	5.243	10.451	17.177	20.226	18.152	10.279	5.799	2.42	1.365	1.117	1.55	0.302	0	0	0	0	0	0	0	0	
N2-4-3	0.22 S	0	0	0	0	0	0	0	0.045	0.181	0.479	0.383	0.39	0.445	0.539	0.665	0.598	0.525	1.167	5.082	18.046	21.333	19.052	10.453	5.559	1.903	0.788	0.543	0.734	0.074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N2-5-2	spoorje S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.151	0.213	0.129	0.182	0.329	0.5	0.405	0.188	0.688	4.903	10.882	18.63	22.122	19.642	10.649	5.608	1.858	0.625	0.454	1.336	0.408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N2-5-3	spoorje S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.103	0.329	0.25	0.266	0.287	0.387	0.558	0.526	0.396	0.83	4.757	10.626	18.692	22.948	21.039	11.451	5.648	0.907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1-1	5.78 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.136	0.206	0.542	0.406	0.355	0.508	0.489	0.485	0.531	0.784	1.44	3.285	5.651	9.137	12.285	14.341	12.603	11.299	9.091	7.216	4.929	3.686	0.6	0	0	0	0	0	0	0		
M1-2	0.36 S	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0.17	0.438	0.348	0.313	0.477	0.387	0.312	0.351	0.57	0.84	1.308	2.188	4.915	9.645	16.104	17.391	16.934	12.944	7.627	4.001	2.712	0.352	0	0	0	0	0	0	0		
M1-3	spoorje S	0	0	0	0	0	0	0	0.123	0.174	0.458	0.351	0.395	0.458	0.366	0.297	0.36	0.616	0.909	1.503	2.701	5.148	12.217	18.862	19.35	17.034	10.868	4.384	1.385	1.075	0.089	0	0	0	0	0	0	0	0	
M2-1	5.09 S	0	0	0	0	0	0	0	0.126	0.192	0.494	0.372	0.34	0.393	0.479	0.556	0.487	0.467	1.134	4.789	9.64	16.076	19.476	18.317	11.253	6.891	3													

C Macrorestenanalyse

Achtergrond

Sinds de aanleg (2009) is Spanjaards Duin nu ongeveer 8 jaar in ontwikkeling. Verstuiving overheerst nog volop, zowel in de hogere, droge delen (waar grijs duin het doeltype is), als ook in de lagere, hier en daar al vochtige valleiden (waar een vochtige duinvalleivegetatie het doeltype is). Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken (zeker wat trofie-gehalte betreft) dan die van een natuurlijke, primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die ontstaan is door uitstuiving van een bestaand duin opgebouwd met zand dat eerder door aeolisch transport is gesorteerd en aangevoerd.

Het zoete grondwater is inmiddels op de laagste plaatsen de valleibodem tot 40-50 cm genaderd (winterstand). De chemie daarvan wordt regelmatig gemeten. Van de bodem zelf was tot nu toe echter nog niets bekend. Tijdens de expert-meeting in augustus 2016 is aangedrongen op bodemonderzoek in de vallei. Dit is ook op schrift gesteld in de Leidraad Spanjaards Duin (2017). Een en ander is nog belangrijker geworden nu de vallei op bepaalde plaatsen begint dicht te groeien met duintjes van helm, rood zwenkgras en zandzegge. Er is inmiddels besloten om deze te verwijderen; een klein deel ervan is al verwijderd in april 2017. Het is de bedoeling dat er in 2017/18 ook nog een mechanische maaiveldverlaging gaat plaatsvinden in een groot deel van het lage terrein. Juist voor dat laatste is het uitvoeren van onderzoek naar de bodemeigenschappen van belang: zo krijgen we te weten wat de condities zijn van het sediment dat na afgraving aan het oppervlak zal komen te liggen. Bovendien krijgen we ook een indruk van de bodemeigenschappen op de plaatsen waar geen maaiveldverlaging gaat plaatsvinden. In deze memo worden de resultaten gepresenteerd van de macrorestenanalyse. Deze analyse is uitgevoerd voor twee bodemonsters in de laaggelegen delen van de noordelijke vallei in het Spanjaards Duin.

Doel van de analyse

Om een beeld te krijgen van de vegetatieontwikkeling die we kunnen verwachten in de vallei van het Spanjaards Duin, is het belangrijk om kennis te hebben van de zaadbank die al in het gebied aanwezig is. Deze kennis draagt ook bij aan de vraag of het aan te raden is om bij het afgraven van de vallei delen van de vallei 'te sparen', om de zaadbank daar te behouden. Het doel van de macrorestenanalyse is daarom om inzicht te krijgen in de zaadbank die zich mogelijk al heeft gevormd in Spanjaards Duin..

Methode

Er is één vochtig gebied in het noordelijk laagste deel van de vallei dat ecologisch interessant is met het oog op een kalkrijk duinmoeras. In dit gebied zijn door Deltares (Bert van der Valk en Stéphanie IJff) en Frank van der Meulen op twee locaties bodemonsters genomen van circa 1 liter (M1 en M2). De monsters zijn genomen uit de bovenste 2 centimeter van de bodem. Omdat het bodemoppervlak zich verlaagt door uitstuiving, is het de verwachting dat in diepere lagen van de bodem weinig tot geen zaden te vinden zullen zijn.

M1 is genomen op een relatief kale plek met een dun mostapijt (Figuur). M2 is genomen binnen een gebied met opgaande vegetatie (Figuur). De directe omgeving heeft een vegetatie bedekkingsgraad van ca. 5-10%, waarvan alle soorten behalve helm max 30 cm hoog zijn. Op het oog stonden er in de directe omgeving zo'n 14 verschillende soorten. De monsters zijn door BIAAX Consult geanalyseerd op macrobotanische resten. Dit is gedaan door Henk van Haaster. Guido van Reenen (UvA) heeft de mossoort gedetermineerd, en Tom Meijer heeft de evertetraten gedetermineerd. De monsters zijn

met leidingwater gezeefd over twee zeven van 0,25 en 0,5 mm maaswijdte. Vervolgens zijn de residuen (zaden en andere vondsten) onder de microscoop geanalyseerd en op naam gebracht.



Figuur III.1 Locatie monster M1



Figuur III.2 Locatie monster M2

Resultaten

In de monsters M1 en M2 zijn de zaden gevonden van 11 verschillende plantensoorten (Tabel). Naast de zaden zijn ook andere resten aangetroffen zoals schelpfragmenten (Tabel).

Tabel III.1 Resultaten macrorestenanalyse Spanjaards Duin – zaden (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	M1 (volume 1,1 l)	M2 (volume 1 l)	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	+	.	Straatgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	.	Fioringras
<i>Senecio inaequidens</i>	++	+	Bezemkruiskruid
<i>Cerastium diffusum/pumilum</i>	++	+	Scheve hoornbloem/Steenhoornbloem

<i>Sonchus asper</i>	2	.	Zeemelkdistel
<i>Cardamine flexuosa/hirsuta</i>	1	.	Bosveldkers/Kleine veldkers
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	+	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	1	.	Canadese fijnstraal
<i>Urtica dioica</i>	1	.	Grote brandnetel
<i>Sagina nodosa</i>	.	+	Krielparnassia
<i>Juncus bufonius</i>	.	+	Greppelrus
<i>Sagina procumbens</i>	.	1	Liggende vetmuur

Tabel III.2 Resultaten macroanalyse Spanjaards Duin – Overige vondsten (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	M1 (volume 1,1 l)	M2 (volume 1 l)	Nederlandse naam
<i>Bryum cf. dichotomum</i> Hedw, rhizoiden en broedknoppen	+	++	Grofkorrelknikmos
Konijnenkeutels	5	.	
Ophiuroidea, skeletelementen	1	.	Brokkelsterren
Ostracoda, schalen	+	+	Mosselkreeftjes
Mollusca, fragmenten	++	++	Schelpen
<i>Echinocardium cordatum</i> , stekels	+++	+++	Hartegel (zeeklit)
<i>Echinocyamus pusillus</i> , exoskelet	1	.	Zeeboon
Echinoidea (regulair), stekels	1	.	Zee-egel
Metaalspatten	+	e	
Staphylinidae, fragmenten	1	+	Kortschildkever

Tabel III.3 Soorten die in het veld zijn gesignaleerd in een straal van ca. 10 meter rondom de monsterlocaties SD1 en SD2.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	Straatgras
<i>Senecio inaequidens</i>	Bezemkruiskruid
<i>Sonchus asper</i>	Gekroesde melkdistel
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	Canadese fijnstraal
<i>Sagina nodosa</i>	Krielparnassia
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	Bleekgele droogbloem
<i>Sagina procumbens</i>	Liggende vetmuur
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Jacobskruiskruid
<i>Leontodon sp.</i>	Leeuwentand
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras
<i>Eryngium maritimum</i>	Blauwe zeedistel
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Zandhoornbloem

Discussie

De resultaten laten zien dat zowel in M1 als in M2 de zaadbank nog maar klein is. Dit geldt voor het aantal soorten en ook voor de hoeveelheid zaden per soort. Dit komt overeen met de verwachting. Immers, door het hoog dynamische karakter van het gebied met veel wind en zandverplaatsing, is het waarschijnlijk dat veel zaden niet blijven liggen maar wegwaaien. De resultaten komen ook overeen met de observatie in het veld, dat slechts sinds circa twee jaar de eerste pioniersoorten behorend tot de doelvegetatie H2190B (zoals Krielparnassia) in de diepe delen van de vallei op gang begint te komen.

Naast de zaden zijn ook andere resten gevonden in de monsters. Dit betreft naast mos en konijnenresten ook resten van mariene organismen en metaalspatten. Dat er resten van mariene organismen in het monster te vinden zijn is niet zo verwonderlijk, aangezien het materiaal van de zeebodem op het terrein is gespoten. Waarschijnlijk zijn de metaalspatten afkomstig van de buizen waarin het sediment is getransporteerd tijdens het opspuiten.

Hoewel het aantal soorten en de totale hoeveelheid zaden in de bodemonsters gering is, is het toch de verwachting dat dit een belangrijke basis is voor de vestiging van H2190B doelvegetatie in de diepe delen van de vallei. Het heeft namelijk bijna 10 jaar geduurd (2008 tot 2017) om deze zaadbank aan te leggen, en het is de vraag hoe lang het duurt voordat een nieuwe zaadbank ontstaat na de verdiepingsmaatregel. Het is daarom aan te bevelen om bij het afgraven van de vallei, enkele delen in de diepe delen van de vallei te sparen om zo een deel van de zaadbank intact te laten.

D Bodem-micromorfologisch onderzoek



Kirsten van Kappel

partner by **ARCHEOPRO**

Kustuitbreiding Spanjaards Duin

**Bodem-micromorfologisch
onderzoek**

Kirsten van Kappel

april 2018



Kirsten van Kappel

partner by **ARCHEO**PRO

Kustuitbreiding Spanjaards Duin

Bodem-micromorfologisch onderzoek

Colofon	
Opdrachtgever:	Deltares
Status:	definitief
ISSN:	1569-7363
Auteur:	ir. K. van Kappel; senior bodem-micromorfooloog
Autorisatie:	drs. R. Exaltus; senior bodem-micromorfooloog
© Copyright 2018 ArcheoPro	

Inhoudsopgave

No table of contents entries found.

1 Administratieve gegevens

Soort onderzoek:	Micromorfologisch onderzoek
Provincie:	Zuid-Holland
Gemeente:	Westland
Plaats:	's-Gravenzande
Toponiem:	Spanjaards Duin
 Opdrachtgever:	 Deltares
	Mevrouw S. IJff

2 Inleiding

2.1 Algemeen

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied, genaamd Spanjaards Duin, aangelegd. Dit gebied dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie na in gebruik name van Maasvlakte 2.⁴ Voor 2033 dient 6,1 hectare van dit nieuwe duingebied, als 'Vochtige duinvallei' (Habitatype 2190B) ontwikkeld te zijn.⁵ Natuurlijke vochtige duinvalleien worden gevormd op plaatsen waar jonge duinruggen een strandvlakte afsluiten (primaire duinvalleien) of waar uitstuiving van oudere duinen tot op het grondwater plaatsvindt (secundaire duinvalleien). Randvoorwaarden voor dit duintype zijn:⁶

- Vochtgehalte: Ondiep droogvallend water tot nat
- Zuurgraad: Zwak zuur tot basisch (kalkrijk)
- Voedselrijkdom: Matig voedselrijk tot voedselrijk
- Zoutgehalte: Zoet tot zeer zoet

Chemische-, en fysische effecten zoals verzuring/vermesting door koolstofdioxide en stikstof uit de atmosfeer en verdroging, kunnen deze randvoorwaarden verstoren.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand en heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijk gevormde duinvallei. In de afgelopen jaren is de aangelegde duinvallei door de wind (verder) uitgestoven. Hierdoor is in de diepere delen het maaiveld dichtter bij het grondwater gekomen. Desondanks zijn in de periode 2015-2016 helmduintjes ontstaan in de diepe delen van de vallei. Deze ontwikkeling vormt een bedreiging voor het behalen van de compensatie-doelstellingen in 2033. Daarom heeft de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD) in 2017 besloten om maatregelen te treffen. Eén van de maatregelen is mechanische maaiveldverlaging van delen van de vallei.

Om meer inzicht te krijgen in de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2008, zijn verschillende bodemonderzoeken uitgevoerd waaronder een bodem-micromorfologisch onderzoek. Voor dit onderzoek zijn door Deltares, in de noordelijke vallei van Spanjaards Duin twee locaties (N1.3 (SD1) en PQ13 (SD2)) geselecteerd en bemonsterd (zie afbeelding 1). De insteek voor dit onderzoek is een analyse maken van welke soorten biologische activiteiten er sinds 2008 in de opgeworpen grondmassa opgetreden zijn (zoals doorworteling, graafgangen, schimmeldraden, soorten organisch materiaal, etc), zodat meer inzicht verkregen wordt in de bodemgesteldheid en beoordeeld kan worden of dit aansluit bij de gewenste ontwikkeling van het duingebied.

⁴ Veel, 2017.

⁵ Ijff et al., 2017.

⁶ Synbiosys Alterra, 2017.



Afb.1 Locaties SD1 (boven) en SD2 (onder) (foto: Stéphanie Ijff, Deltares)

2.2 Bemonstering en monsterverwerking

Ten behoeve van dit onderzoek zijn door Deltares twee monsterbakken (10x10x50 cm) geslagen (SD1 en SD2), zie afbeelding 2. Bij het nemen van monster SD2 is de bodem gedeeltelijk weg gezakt, daarom is een tweede monster genomen. Dit monster was wel intact (zie afbeelding 2, rechtse foto). In eerste instantie zouden per bak twee deelmonsters van elk 3 cm breed en 10 cm hoog genomen worden. Op die manier zou uit beide monsterbakken een traject van 20 cm onder de top van de monsterbak bemonsterd worden. Aangezien het te bemonsteren materiaal in de top van de monsterbakken te los was kon deze monsterstrategie niet toegepast worden. Door ArcheoPro is besloten om bredere deelmonsters uit de top van de monsterbakken te nemen. Uit monsterbak SD1 is één deelmonster van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen en één monster van 10 cm hoogte en 3 cm breedte. Op deze manier is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 22 cm beneden de top van monsterbak SD1. Uit monsterbak SD 2 is één deelmonsters van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen. Op deze manier is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 12 cm beneden de top van deze pollenbak. De genomen monsters zijn gedurende drie maanden klimaatgedroogd. Het is essentieel dat de monsters rustig gedroogd worden, zodat geen vervorming van het monstermateriaal op kan treden en er geen microstructuren verloren kunnen gaan. Tevens is het van groot belang dat de monsters volledig droog zijn. De polyesteroplossing, waar de monsters mee geïmpregneerd worden, kan namelijk niet in het monster dringen als dit nog vochtig is. Nadat de monsters volledig gedroogd zijn, zijn ze meerdere malen geïmpregneerd met een kleurloze onverzadigde polyesteroplossing. Na deze impregnatie zijn de monsters meerdere malen onder een vacuüm geplaatst om de aceton in de polyesteroplossing te laten verdampen en zo het gehele monster volledig doortrokken te krijgen met polyester. Dit proces duurt ongeveer een maand. Na verdamping van het grootste gedeelte van de aceton uit de polyesteroplossing zijn de monsters door middel van gammaradiatie volledig uitgehard.⁷ Dit traject duurt eveneens ongeveer een maand. Vervolgens zijn van de uitgeharde blokken slijpplaten gemaakt. De slijpplaten met een grootte van 10 x 7 cm (kubiëna-formaat) en een dikte van 25 µm, zijn gemaakt uit de kern van het verharde blok, dit om verstoringen zoveel mogelijk uit te sluiten.⁸ Het vervaardigen van de slijpplaten uit de verharde blokken neemt ongeveer een maand tijd in beslag.

De analyse is uitgevoerd door ir. K. van Kappel (senior bodem-micromorfoloog) en heeft in maart 2018 plaatsgevonden. De slijpplaten zijn geanalyseerd met een polarisatie lichtmicroscop met vergrotingen tot 500 maal. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de hiervoor gangbare handboeken.⁹

2.3 Leeswijzer

Met de wetenschap dat de monsters genomen zijn uit antropogeen opgebrachte mariene afzettingen (opgespoten zand), kunnen er karakteristieke bodemeigenschappen onderscheiden worden, die in beide bemonsterde profielen in het plangebied voorkomen en die door antropogene of natuurlijke invloeden aan verandering onderhevig kunnen zijn. De geselecteerde karakteristieken zijn gevoelig voor veranderingen die optreden in de grondmassa als ze blootgesteld worden aan oppervlakteprocessen.

De voor dit onderzoek geselecteerde karakteristieken zijn:

- gelaagdheid
- kalk (ontkalking)
- organisch materiaal (plantenwortels en humusneerslag)
- bodemfauna (graafgangen en vraatsporen)
- in- en uitspoeling

Met behulp van deze karakteristieken zijn laagtypologieën geformuleerd. Een laagtypologie is een karakterisering van een laag die op een of meerdere van bovengenoemde punten afwijkt van een andere laag in hetzelfde profiel.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven in schematische overzichtsfiguren waarbij de in elk van de afzonderlijke trajecten onderscheiden verschijnselen als volgt zijn gekwantificeerd.

++	komt veel voor / sterk ontwikkeld
+	komt regelmatig voor / matig ontwikkeld
+/-	komt hier en daar voor / zwak ontwikkeld
-	ontbreekt nagenoeg / hier en daar enigszins zichtbaar
--	volledig afwezig/ niet ontwikkeld

⁷ Deze methode staat beschreven in Bisdom & Schoonderbeek, 1983.

⁸ Deze preparatiemethode staat uitgebreider beschreven in Jongerius & Heintzberger 1975.

⁹ Bullock et al 1985 en Macphail et al 2017.

Vervolgens is een profielfoto opgenomen met daarin de genomen monsters en de onderscheiden lagen. Daarna is een beschrijving gegeven van de aangetroffen verschijnselen met daaropvolgend de interpretatie.

3 Analyseresultaten

3.1 Analyse

Tabel 1.1 Resultaten van de analyse van monsternummers SD1 en SD2

Cm's	Omschrijving	Kalk	Bodem - fauna	Wortel-restanten	SD 1	SD 2	Wortel-restanten	Bodem - fauna	Kalk	Omschrijving
2	Zeer zwak ontwikkelde bodemhorizont	+	--	-			+/-	--	+	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
3										
4	Kalkrijk zand	++	--	-			-	--	++	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Legenda

	Zwak ontwikkelde bodem
	Zeer zwak ontwikkelde bodem
	Zand



Afb. 2 De monsterbakken met nummers SD1 (foto links) en SD2 (foto rechts), met daarop afgebeeld in het zwart het voor bodem-micromorfologisch onderzoek bemonsterde deel. De gele lijnen en cijfers representeren de lagen die zijn onderscheiden (fotos: Stéphanie Ijff, Deltares).

3.2 Beschrijving SD1 en SD2

Beschrijving SD1:

Laag 1 2-3 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat voor het merendeel uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een minimale hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de enkele zandkorrels zijn zeer dunne huidjes ijzer of humusstof aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Laag 2 3-22 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Beschrijving SD2:

Laag 1 2-4 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

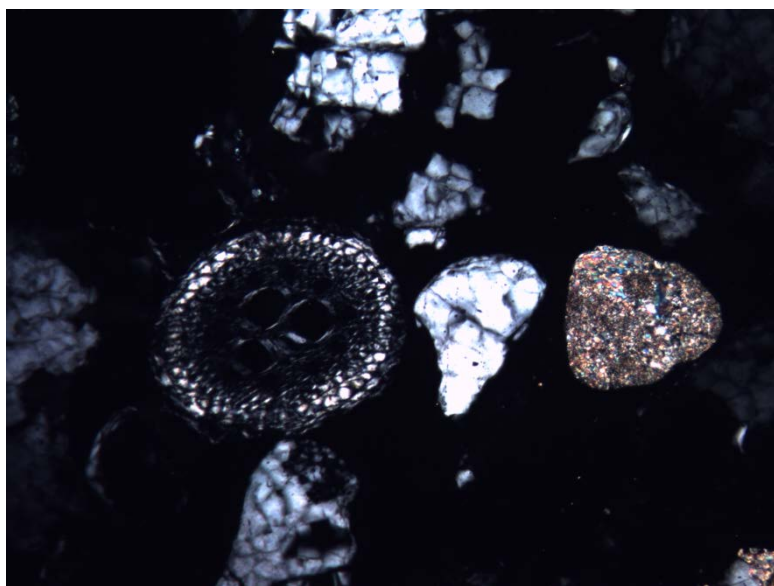
1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een geringe hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de meeste zandkorrels zijn zeer dunne huidjes kalk, lutum of ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. De wortelrestanten die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Er is één wortelrestant aanwezig met een lengte van 1,5 cm en een dikte van enkele tienden van een millimeter.

Laag 2 4-12 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

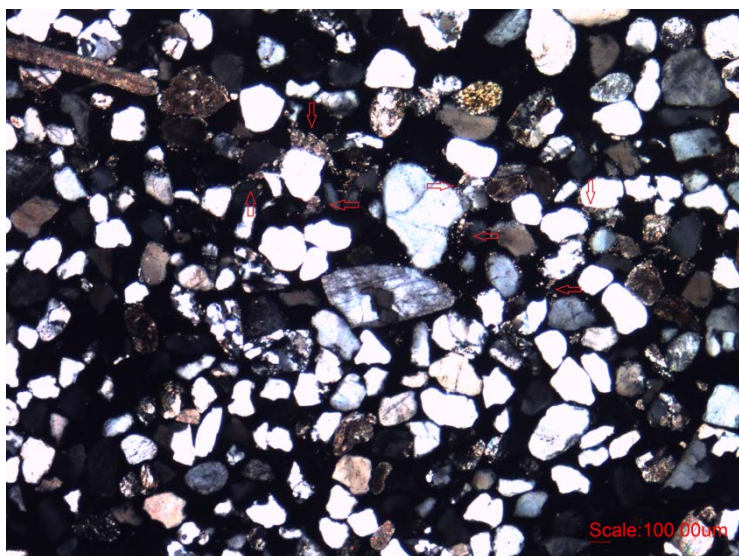
4 Interpretatie SD1 en SD2

In beide monsters bestaat de grondmassa uit een pakket opgespoten kalkrijk zand. Het aanwezige kalk bestaat hoofdzakelijk uit schelp(restanten). Op basis van eerdere uitgevoerde bodemmicromorfologische onderzoeken blijkt dat kalk in duinafzettingen nagenoeg altijd uit schelp(restanten) bestaat.¹⁰ Op beide monsterlocaties heeft (pionier)vegetatie geleid tot een geringe mate van doorworteling. De sterke dubbelbrekende eigenschappen van de wortelresten betekent dat de cellulose hierin nog intact is en er nog nauwelijks enige wortelaafbraak heeft plaatsgevonden (zie afbeelding 3).



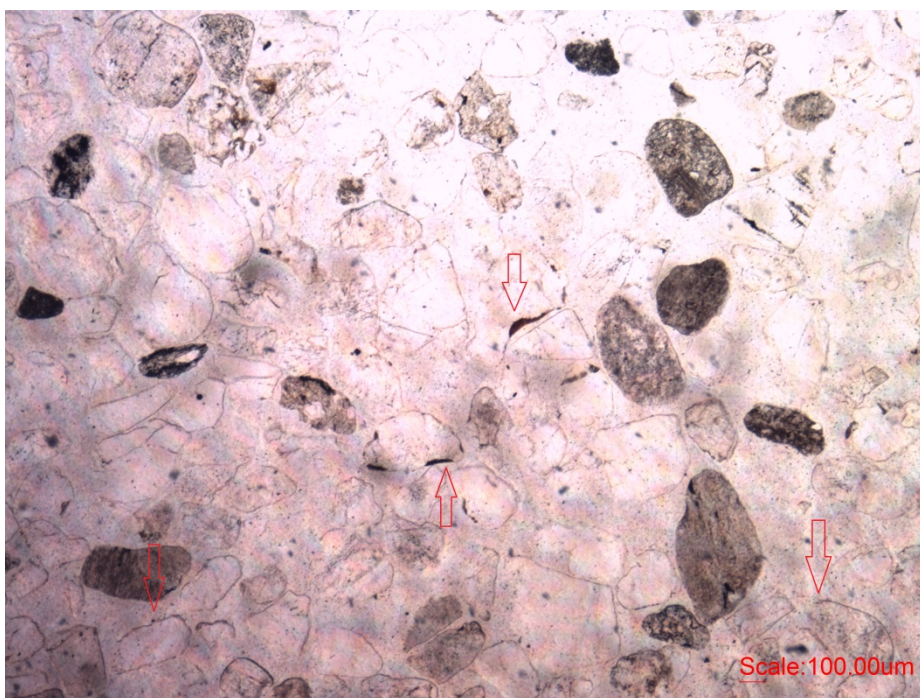
Afb. 3. Grondmassa met daarin een wortelrestant, XPL

Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna waarbij plant-, en wortelrestanten worden omgezet tot moder-, en/of stofhumus en homogenisatie van de grondmassa plaatsvindt. Sporen van dierlijke bioturbatie ontbreken echter volledig. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. De horizontale gelaagdheid van de grondmassa is hierdoor ook nog volledig intact. De beginnende bodemvorming is vooralsnog beperkt tot een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen (laag 1), een minimale mate van uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus en een geringe mate van doorworteling (zie afbeelding 4 en 5).



Afb. 4 Grondmassa met daarin verweerde kalk (rode pijlen), XPL

¹⁰ Van Kappel, 2011 en 2015 ; Exaltus, 2012.

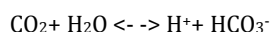


Afb. 5. Grondmassa met enkele ijzer-, humuscoatings rondom de zandkorrels, PPL

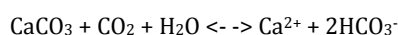
In monster SD2 is de vertering van kalk sterker en tot een dieper niveau onder de top van de monsterbak opgetreden dan in monster SD1 het geval is. Vertering van kalk is afhankelijk van de volgende factoren: ¹¹

- Jaarlijkse neerslag minus evapotranspiratie;
- Temperatuur;
- pH;
- natuurlijke verzuring door CO₂ concentratie in de bodematmosfeer door micro-organismen en/of plantenwortels bij pH hoger dan 5.

Monsters SD1 en SD2 zijn beide afkomstig uit het noordelijke deel van de duinvallei. De punten a tot en met c zullen op beide locaties dan ook (nagenoeg) gelijk en van vergelijkbare invloed zijn op de mate van ontkalking. De activiteit van micro-, en bodemfauna op de afbraak van kalkdeeltjes speelt geen rol aangezien aanwijzingen voor dierlijke bioturbatie in beide monsters volledig ontbreken. Monster SD2 bevat meer wortelrestanten dan monster SD1. Het is zeer waarschijnlijk dat de concentratie CO₂ in monster SD2 dan ook hoger zal zijn dan die van monster SD1. Aangezien CO₂ leidt tot verzurende omstandigheden in de bodem, kan dit een verklaring zijn voor de sterkere vertering van de kalk in monster SD2. Deze natuurlijke verzuring treedt met name op door het niet gesloten zijn van de koolstofkringloop, waardoor basen, zoals calcium en magnesium, samen met bicarbonaten of organische anionen uitspoelen naar het grondwater. ¹² Fotosynthese gevolgd door mineralisatie is het belangrijkste mechanisme waardoor CO₂ vanuit de atmosfeer naar de gasfase van de bodem wordt verplaatst. Bij voldoende hoge pH (pH>5) lost een deel hiervan op in water en vormt carbonzuur, wat door dissociatie deels uit een valt in bicarbonaat (HCO₃⁻) en zuur (H⁺) volgens reactie:



Carbonzuur is een zogenaamd zwak zuur. Dat betekent dat er meer H⁺ ionen worden afgesplitst naarmate de pH toeneemt. Daaruit volgt dat de vorming van zuur door dissociatie van CO₂ vooral van belang is in kalkrijke gronden met een hoge pH. De zuurproductie wordt in die gronden genaturaliseerd door het oplossen van kalk volgens reactie:



¹¹ Van Breemen en Buurman, 2002.

¹² Breeuwsema en De Vries 1984.

5 Conclusie en Discussie

In Spanjaards Duin, aan de Delflandse kust, 's Gravenzande, heeft in 2008 een kustuitbreiding plaatsgevonden, waarin in 2033 een “vochtige duinvallei”, gerealiseerd moet zijn. Door Deltares zijn in de noordelijke vallei van dit duingebied twee locaties (N1.3 (SD1) en PQ13 (SD2)) geselecteerd en bemonsterd, die vervolgens door ArcheoPro bodem-micromorfologisch onderzocht zijn. De insteek voor dit onderzoek was om een analyse te maken van welke soorten biologische activiteiten er sinds 2008 in de opgebrachte grondmassa opgetreden zijn (zoals doorworteling, graafgangen, schimmeldraden, soorten organisch materiaal, etc), zodat meer inzicht verkregen wordt in de bodemgesteldheid en beoordeelt kan worden of dit aansluit bij de gewenste ontwikkeling van het duingebied.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van dit onderzoek kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Organisch materiaal is minimale mate aanwezig. Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna maar is in beide monsters niet aanwezig. Het ontbreken van deze activiteit hangt samen met het relatief ‘jonge’ stadium (pioniersfase) waarin de ontwikkeling van vegetatie zich bevindt. Activiteit van bodemfauna hangt sterk samen met de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. Het korte tijdsbestek waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan (ca. 10 jaar), in combinatie met de relatief ‘arme’ mineralogische samenstelling van het sediment (voornamelijk kwarts en kalk) en de aan-, en afvoer van door de wind verplaatst materiaal, zijn allen factoren die van invloed zijn op de minimale ontwikkeling van de vegetatie. Op de foto's (zie afbeelding 2), is te zien dat in de directe omgeving van monsterlocatie SD1, in tegenstelling tot monsterlocatie SD2, helemaal geen vegetatie aanwezig is. In de slijpplatten is dit terug te zien in de hoeveelheid aanwezige wortelrestanten. Deze zijn in monster SD1 minder talrijk dan in SD2. Aangezien er tussen beide monsters geen verschil zit in het moedermateriaal en de tijdsduur waaraan beide monsters blootgesteld hebben gestaan aan oppervlakteprocessen, zal het verschil in de doorworteling/vegetatieontwikkeling naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt worden door een verschil in (micro)topografie en/of (micro)klimaat.

In de top van beide monsters is hier en daar enige verwerking van schelp(restanten), gepaard gaande met precipitatie van secundaire kalk opgetreden. In monster SD2 is deze verwerking sterker dan in SD1. De aanwezigheid van meer wortels in monster SD2 zorgt voor een hogere CO₂ concentratie waardoor meer H⁺ ionen vrijkomen en kalk zal oplossen. Van verzuring is echter geen sprake aangezien er nog voldoende kalk aanwezig is in het sediment om de zuurproductie te naturaliseren. Gezien de minimale verwerking van kalk in de afgelopen 10 jaar, de aanzienlijke hoeveelheid kalk die in het sediment aanwezig is en de relatief trage ontwikkeling van vegetatiegroei, zal het nog een flink aantal jaren duren alvorens de pH in de toplaag zal gaan dalen.

Verwacht wordt dat de vegetatie zich in de loop der jaren sterker zal ontwikkelen en hiermee de activiteit van bodemfauna op gang zal komen. De snelheid waarmee kalk zal verwerken, zal door deze ontwikkelingen toenemen. Het is dan ook aan te bevelen om beide monsterlocaties te monitoren. Parameters die van belang zijn om te monitoren, zijn; vegetatie(ontwikkeling), biologisch activiteit door bodemfauna, kalkgehalte en pH.

Het voornemen om later dit jaar een deel van het gebied mechanisch te verdiepen, zal in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven, zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een “vochtige duinvallei”. Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitattype “vochtige duinvallei”. Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

Literatuur

Breemen, N., van en P. Buurman, 2002. *Soil Formation*. Wageningen.

Breeuwsma, A & W. de Vries, 1984. *Gevolgen van de zure regen voor de bodem, 2: aandeel in de bodemverzuring in Nederland*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka rapport 1787.

Bisdom, E.B.A. & D. Schoonderbeek, 1983. *The characterization of the shape of mineral grains in thin sections of soils by Quantimet and BESI*. Geoderma. 30, 303 - 332.

Bullock, P., N. Federoff, A. Jongerius, G.J. Stoops & T. Turstina, 1985. *Handbook for thin section description*. Wolverhampton.

Exaltus, R.P. in Halverstad, R.N., 2012: *Zijdepark te Leidschendam*. Amersfoort (ADC-rapport 2616).

Jongerius, A. and Heintzberger, G., 1975. *Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections*. Soil survey papers 10., Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

Stoops, G.J., 2003: *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Wolverhampton.

Macphail, R.I. & P. Goldberg, 2017. *Applied Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge university press, Cambridge.

Veel, P. 2017. *Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016; Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2016*. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Artesia Water Research Unlimited.

Van Kappel, K in Feijst, L.M.B. van der, 2011: *Westland Naaldwijk Hoogeland Proefsleuvenonderzoek*. Amersfoort

Van Kappel, K in Houkes, R.A., 2015: *Een akker op de strandwal*. Amersfoort

Bijlage 8 Memo Stand van zaken rietpoot-experiment.



Memo

Aan
de heer M van Eerden

Datum	Aantal pagina's	
8 april 2019	10	
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Marieke Eleveld	+31(0)88 335 8329	Marieke.Eleveld@deltares.nl

Onderwerp
Stand van zaken rietpoot-experiment

Rietpotenexperiment noordpunt Spanjaards Duin

Marieke Eleveld, Bert van der Valk (review)

Versie 8 april 2019

1. Aanleiding en doel

Omdat droge duingraslanden (Grijze duinen, H2130) een lange ontwikkelingstijd kennen is op verzoek van de BDD een specifiek experiment opgezet om kennis op te doen omtrent de methoden om vegetatieontwikkeling van H2130 in Spanjaards Duin te bespoedigen, mocht dat in de praktijk nodig zijn (Vertegaal et al, 2016; Van der Valk (commentaar), maart 2016).

Doel van het experiment 'rietpoten noordpunt Spanjaards Duin' is inzicht verkrijgen of het mogelijk is door middel van het aanbrengen van rietpoten de aanvang van de vegetatieontwikkeling van H2130 te bevorderen.

De gedachte hierachter is dat rietpoten instuiving van een dunne laag fijn zand met de juiste compactie voor vegetatievestiging van H2120 (Grijs duin) kunnen bewerkstelligen. Hierbij is gedacht aan:

- Bevorderen gelijkmatige opstuiving (tenminste 5-10 cm) voor gewenste bodemopbouw met vers opgestoven zand met een mediane korrelgrootte van 220 µm (Van der Valk, 2014; IJff et al., 2018 matig fijn zand tot uiterst grof zand, met een mediane korrelgrootte van 323 µm voor de fijnste fractie.) t.b.v. een goed uitgangspunt van de bodem voor de ontwikkeling van H2130;
- Bevorderen van de vestiging van pionier soorten van H2130, waarbij de helmfase wordt overgeslagen. Pioniersoorten H2130A zijn o.a.: duinsterretje (mos), muurpeper, buntgras, zandviooltje, zanddoddegras, ruw vergeet-mij-nietje
- Ervaring opdoen met verschillende manieren van rietpoten om deze vestiging te bereiken.

Het experiment heeft een beperkte duur. De duur van het experiment wordt bepaald door de levensduur van de rietpoten (het idee was dat het riet 3 jaar vanzelf verdwenen zijn) en de verwachting dat in die periode voldoende stabilisatie is opgetreden voor de beoogde vestiging van soorten van H2130.

1.1 Nulhypothese en onderzoeksvragen

Op grond van beschikbare informatie luidt de nulhypothese: de aanplant van rietpoten in een plantverband van 1 x 1 m leidt ertoe dat er na drie jaar een gelijkmatige opstuiving met een zandlaag van 5-10 cm heeft plaatsgevonden en er de vestiging van pionier-soorten op tenminste 25 % van het areaal heeft plaatsgevonden.

Het aanbrengen van rietpoten in Spanjaards Duin betreft een experiment, dat antwoord moet geven op een aantal onderzoeksvragen:

- Draagt het aanbrengen van rietpoten inderdaad conform verwachting bij aan een versnelling van de vestiging van soorten van habitatype H2130?

- Leiden verschillen in de dichtheid van aan te brengen rietpoten tot verschillen in aanstuiving en/of verschillen in de vestiging van soorten?
- Leidt de toegepaste methodiek van rietpoten aanbrengen tot de vestiging van (soorten van) H2130 en tot het 'overslaan' van de 'helmfase'?
- (In hoeverre) kunnen de opgedane inzichten breder - in Spanjaardsduin - worden toegepast?

2 Opzet van het experiment

Het experiment is uitgevoerd in de meest noordelijke punt van Spanjaards Duin, ten noorden van slag Beukel (Fig. 1). In de T0 situatie (december 2015) bestond dit deelgebied uit een egaal terrein met een (dunne) schelpenvloer. In de noordelijke punt zijn vier afzonderlijk proefvlakken (30 x 20 m) onderscheiden, steeds onderverdeeld in een blanco en impact. Het experiment is in de noordelijke punt vanuit de noord, dat is de lijzijde, uitgevoerd. Elk proefvlak heeft hierdoor in het begin een autonome ontwikkeling met maximale zand invang door kunnen maken. De vier gebieden zijn vanaf juni 2016 'ingeplant' met rietpoten, er is begonnen met proefvlak A in het voorjaar van 2016 gevolgd door de proefvlakken B t/m D. Het idee was dat de 'aanplant' van het volgende vak in gang zou worden gezet nadat een laagje zand van gemiddeld 5 cm dikte was ingestoven in het eerdere proefvlak. In de praktijk verliep aanleg in de tijd als volgt (mededeling M. van Eerden): vak A: 22-25 juni 2016, vak B: 4-10 okt 2016, vak C: 4-5 april 2017, vak D: 16-19 sep 2017.

Een interessante vraag is of en hoe we dit terugzien in de ontwikkeling in de tijd?

2.1 Patroon rietpoten

In de verschillende stappen van het experiment een variatie in het patroon van rietpoten van 1,2 * 1,2 m tot 0,6 * 0,6 m en uitwerking in een gestandaardiseerde wijzen van 'aanplant': een verspringend vierhoeksverband. Een gemiddelde 'maaswijdte' van 1 * 1 m leidt naar verwachting tot gelijkmatig opstuiven (Arens et al. 2001, figuur 4 op pagina 1167). Het experiment is verdeeld in vier proefvakken (A t/m D) met binnen elk proefvak verschillen in het patroon van rietpoten (variatie in dichtheid is onderdeel experimentele opzet) zoals aangegeven in Tabel 1. Er zijn steeds vier in dichtheid verschillende stroken van 5 m breed 'aangeplant', waarbij – om randeffecten zo veel mogelijk te kunnen uitsluiten – deze stroken per proefvak verspringen. Het is de vraag of hoe de dichtheid de vestiging van planten beïnvloedt?

Tabel 1: Dichtheid rietpoten per proefvak (A, B, C, D) en per strook (S1, S2, S3, S4)

Terreindeel (impact)	A	B	C	D
NO-punt	S 1: 0,6 x 0,6 m S 2: 0,8 * 0,8 m S 3: 1,0 * 1,0 m S 4: 1,2 * 1,2 m	S 1: 0,8 x 0,8 m S 2: 1,0 * 1,0 m S 3: 1,2 * 1,2 m S 4: 0,6 * 0,6 m	S 1: 1,0 * 1,0 m S 2: 1,2 * 1,2 m S 3: 0,6 * 0,6 m S 4: 0,8 * 0,8 m	S 1: 1,2 x 1,2 m S 2: 0,6 * 0,6 m S 3: 0,8 * 0,8 m S 4: 1,0 * 1,0 m



Figuur 1: Ligging proefvlakken (impact) en blanco's (control) met strokenverdeling (op tekening niet aangegeven, maar ook de 'control' vakken krijgen een gelijke virtuele strokenverdeling (Bron: Vertegaal et al., 2016).

2.2 Variabelen

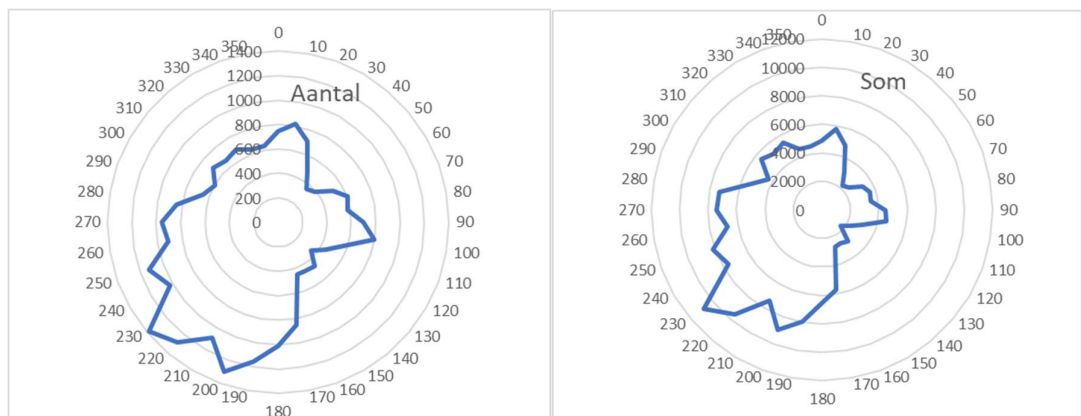
Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is een monitoringprogramma gevolgd. De te monitoren variabelen zijn:

1. Zanddepositie (erosie en accumulatie): de snelheid en gelijkmatigheid van aangroei. Hier is gekozen voor de mogelijkheden die de meetmethode m.b.v. drones bieden (nauwkeurig met een horizontaal scheidend vermogen van ca. 1 cm en een vergelijkbaar verticaal scheidend vermogen e.e.a. afhankelijk van de hoogte waarop gevlogen wordt). Bij fotogrammetrische toepassingen kunnen de opnamen ook inzicht geven in vegetatiebedekking, en deze zijn betrekkelijk eenvoudig en tegen geringe meerkosten uit te breiden voor in beeld brengen van mutaties in geheel Spanjaardsduin). De ingevlogen luchtfoto's zijn tevens te gebruiken voor analyse van vegetatiebedekkingen (en deels om ontwikkeling van individuele (grotere) soorten (helm, duindoorn) in beeld te brengen. Bij depositie is het daarnaast van belang dat de korrelgroottes gemonitord worden (niet met de drone).

2. Windcondities, gebruik makend van windmetingen station Hoek van Holland (Fig. 2) laten zien dat de wind vnl. uit het zuidwesten en zuidzuidwesten komt (Fig. 3). De vallei heeft een zuidwestelijk-noordoostelijke oriëntatie (Fig. 1), en het is de verwachting dat de wind in die richting geleid wordt (Fig. 4B).



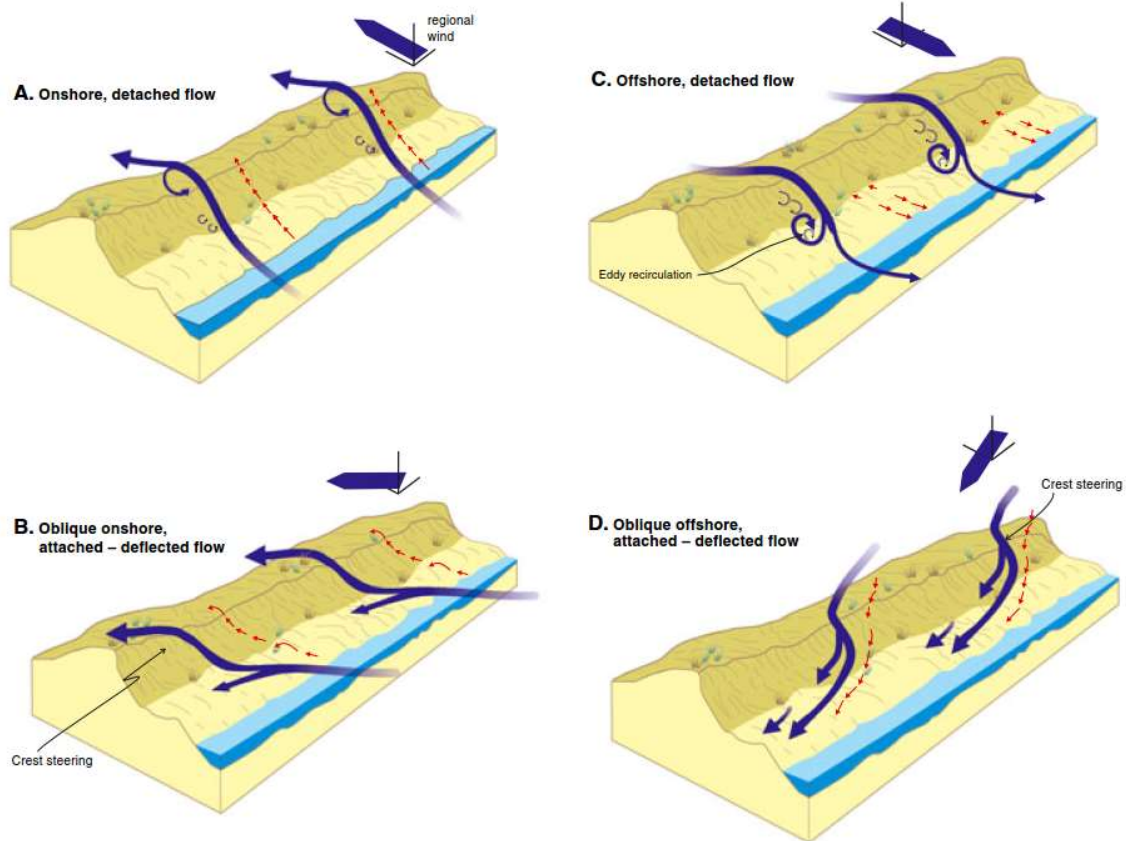
Figuur 2: Foto station Noord Holland (<https://www.strandweer.nl/uploads/2018/hoek-van-holland/23-04-01.jpg>)



Figuur 3: Uurgemiddelde windsnelheid (in 0.1 m/s) per windrichting (in klassen van 10 graden). (links) Aantal metingen en (rechts) som van windsnelheden voor de periode 1 maart 2016-30 maart 2018 .(Op basis van gegevens KNMI, 2018 <http://projects.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/selectie.cgi>).

Datum
8 april 2019

Pagina
5 van 10



Figuur 4: Dit conceptueel model geeft een indruk van stromings-vorm interacties over een hoge zeereep (> 8 m) voor richtingen met variabele windrichtingen. De dikke pijlen corresponderen met windstromen in de buurt van het oppervlak, die gestuurd worden door de lokale topografie. Kleine pijlen geven de richtingen van het sedimenttransport aan (Bauer et al, 2012). In de praktijk van Spanjaards Duin zal vooral bijbuiging als geschetst in situaties B en D plaatsvinden, maar ook in lokale vortices als geschetst in A en C.

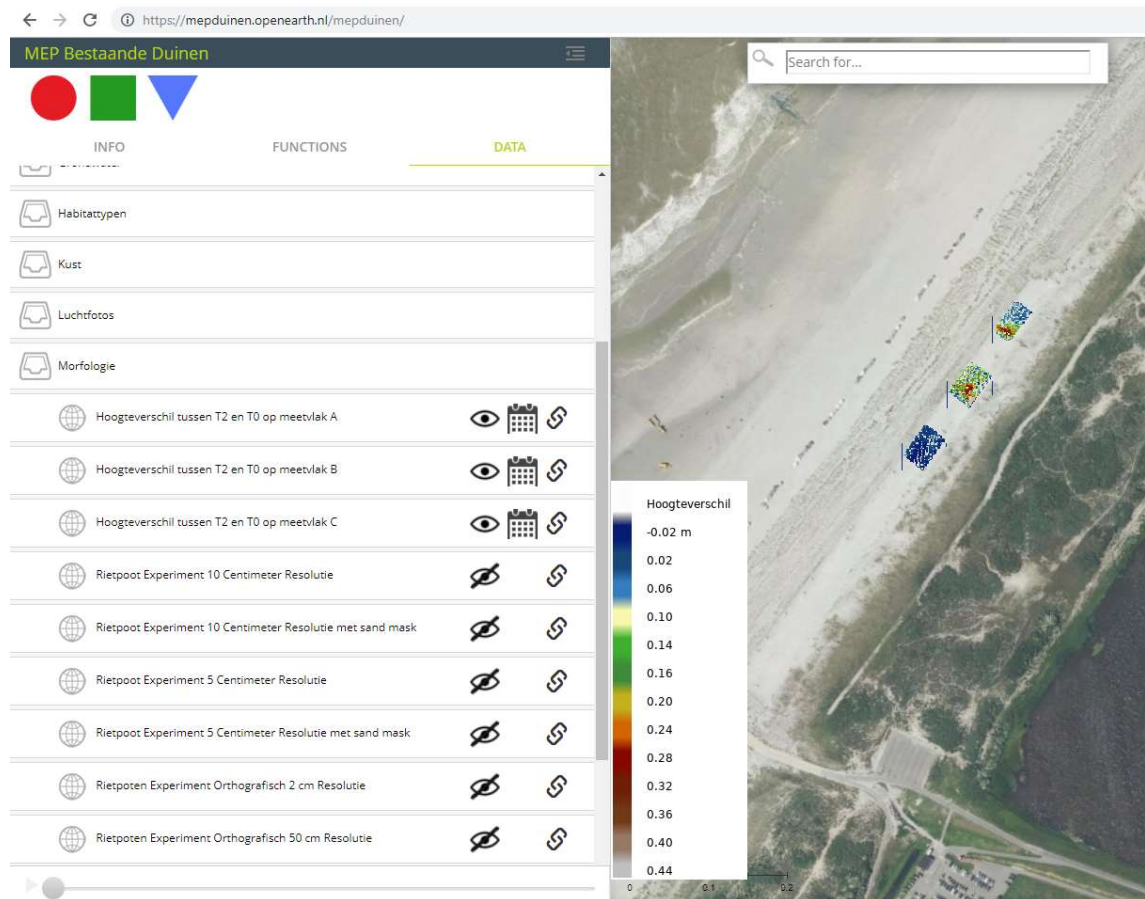
3. Vegetatiebedekking: vestiging van vegetaties (en soorten), en vegetatie-ontwikkeling. Voorstel was om dit mee te nemen als onderdeel van de uitvraag voor de drone zanddepositie. Hiermee zou dan ook het 'patchy' mozaïekpatroon van de zich ontwikkelende vegetatie kunnen worden vastgelegd. Daarnaast is gedetailleerde situatie per strook, S (voor zowel 'impact' als 'control': 1 permanent kwadrant (pq) op de kop van elk vak en in elke strook en 4 pq's per blanco voorgesteld. Dit zou dan nog aangevuld kunnen worden met één vegetatieopname (cf. de methode Tansley, abundantie en frequentie) per strook per jaar voor zowel control als impact.

3. Ingewonnen data en eerste resultaten

Op de repository <https://repos.deltares.nl/> (restricted) en in de mep duinen viewer <https://mepduinen.openearth.nl/> (public) staan de hoogtemetingen van Shore: Luchtfoto's, digitale terreinmodellen en verschilkaarten (Fig. 5). Er staan voor dit gebied geen resultaten van korrelgrootte analyses of vegetatieopnamen in. Verdere morfologische analyse kan uitgevoerd worden door een student (MSc afstudeerstage vacature).

Datum
8 april 2019

Pagina
6 van 10



Figuur 5: De verschilkaarten (T2 – T0) in de MEP-duinen viewer tonen morfologische ontwikkeling van lokaal ca. 30 cm op de meetvlakken A en B, vlak C is nog niet zo ver en D is ten tijde van T2 is nog niet aangelegd. (NB Datum opnames T0 en T2 dienen toegevoegd te worden aan de metadata.)

3.1 Veldwaarnemingen 14 nov. 2017

Uit de tussenrapportage van Frank van der Meulen en Bert van der Valk hebben op 14 november 2017 blijkt dat de vakken zich als volgt ontwikkelen:

Vak D (aanleg september 2017). In dat vak was op dat moment al een deel met ca. 15 cm zand ingewaaid (Fig. 6).

Vak C (aanleg april 2017) heeft voor een deel maximaal ingevangen (ca 40-45 cm). De rietbossen staan daar nog net met de kop boven het zand. Als begroeiing: weinig Loogkruid, enkele Helm kiemplanten, wat Zeeraket.

Vak B (aanleg oktober 2016) heeft eveneens lokaal max. 50 cm ingevangen. Hier staan Sysimbrium, Loogkruid, Helm, Hondstong, Moesdistel en veel Cerastium (allemaal kleine kiemplantjes).

Vak A (aanleg juni 2016; Fig. 7), idem tot lokaal max. 50 cm ingewaaid. Soorten: Sysimbrium, Loogkruid, Helm, Hondstong, Moesdistel en zeer veel Cerastium kiemplantjes. Duindoorn tijgert vanaf de randen sterk dit vak binnen d.m.v. ondergrondse uitlopers.



Figuur 6: Vak D, in september 2017 ingepoot. Op dat moment is lokaal tot wel 20 cm ingezand (vergelijk de zichtbare lengte van de rietpoten). De langste nog boven het zandoppervlak uitstekende riet poten zijn ca. 50 cm hoog. Als verwacht nog geen vegetatie-vestiging. (Foto: Bert van der Valk, 14 nov 2017).



Figuur 7: Vak A, in juni 2016 ingepoot. Lokaal volledig ingezand (vergelijk de zichtbare lengte van de rietpoten). Relatief veel kruidige vegetatie, waaronder ook Helm (kiemend uit zaad/wortelstokken?). Hier zijn al veel kiemplantjes van kruiden aanwezig, maar die zullen het bij gelegenheid lastig hebben met opwaaiend zand. Vanaf de nieuwe zeereep tiggert Duindoorn door middel van wortelstokken het rietpootvak binnen. (Foto: Bert van der Valk, 14 nov 2017).

Conclusie: de ingeplante vakken werken voor een deel van het oppervlak goed als stabilisator/zandvanger. Soms te goed (te snelle accumulatie), waardoor kieming bemoeilijkt wordt. Er is van een ontwikkeling naar een echte grijs duin vegetatie nog maar weinig te bekennen: de meeste soorten zijn nog uit een vloedmerk associatie of het zijn ruderaal soorten. Ter hoogte van de Slag de Beukel ontwikkelt de nieuwe zeereep zich zeer voorspoedig, met hoge kwaliteit "wit duin" (Fig.8), ongetwijfeld de bron voor het inwaaiende zand in de rietpoot vakken



Figuur 8: Overzicht met 3 (B, C, D) van de 4 ingeplante rietpootvakken, en van de nieuwe zeereep met sedimentatie van opgewaaid strandzand, op het in 2009 opgespoten Basisduin. (Foto: Bert van der Valk, 14 nov 2017).

3.3 veldwaarnemingen 29 jan 2019

Mennobart van Eerden

Er is (in jan 2019) geen vegetatie anders dan helmzaailingen opgekomen in de vier vakken (en dat ligt niet aan het winterseizoen, in het aangrenzende oude basisduin zie je tal van kiemplanten en rozetten). Die helmgroei is gekoppeld aan de leeftijd van de vakken, dus het meest in vak A en het minst in vak D; helm kiemt dus ook in drogere omstandigheden en als reactie op de toegenomen luwte samen met opstuiwend zand.

De verschillende vakken hebben elk een fraai patroon van aanzanding en erosie, ruimtelijk binnen het vak en direct om het vak heen (0-60cm+ opgestoven). Er ligt in alle vakken het bedoelde laagje zand voor kieming, er moet voldoende luwte zijn, echter er kiemt niets anders dan helm. Vooralsnog gaan die helmplanten verder met zand invangen, ook hoger dan de hoogste delen van de rietpoten.

Tussen de vakken is geen begroeiing, in welke vorm dan ook, noch noemenswaardige aanzanding te zien (eerder lichte erosie, want schelpen aan de oppervlakte). De luwtewerking van de pootvakken treedt dus niet op, en dat is anders dan verwacht.

Dat betekent dat we op korte termijn kunnen proberen de verzamelde gegevens samen te vatten in een bondige rapportage, gekoppeld aan een drone vlucht door SHORE, een hoogtemeting in april 2019 uit te voeren, vóór het vegetatieseizoen uit. Daarnaast zandmonsters nemen voor de korrelgrootte.

4. Voorlopige conclusies en aanbevelingen

- Draagt het aanbrengen van rietpoten inderdaad conform verwachting bij aan een versnelling van de vestiging van soorten van habitattypen H2130? Daar is nu onvoldoende bewijs voor, maar uit de veldwaarnemingen is nog geen voorkeur voor H2130 soorten gebleken.
- Leiden verschillen in de dichtheid van aan te brengen rietpoten tot verschillen in aanstuiving en/of verschillen in de vestiging van soorten? De verschillen en aanlegtijden leiden wel tot verschillen in instuiving in de pootvakken (Figuren 5, 6 en 7). Hoe dit op termijn ontwikkeld kan nader onderzocht worden met nieuwe drone data. De aanbeveling is een dronevlucht met hoogtemeting in april 2019 uit te voeren, vóór het vegetatieseizoen uit. De aanstuiving kan flink zijn (20 cm in 2 maanden). Te snelle accumulatie blijkt kieming van H2130 soorten te bemoeilijken.
- Leidt de toegepaste methodiek van rietpoten aanbrengen tot de vestiging van (soorten van) H2130 en tot het 'overslaan' van de 'helmfase'? Uit de veldwaarnemingen blijkt helm voor te komen in de pootvakken.
- (In hoeverre) kunnen de opgedane inzichten breder - in Spanjaardsduin - worden toegepast? De ingeplante vakken werken voor een deel van het oppervlak goed als stabilisator/zandvanger. Soms te goed (te snelle accumulatie), waardoor kieming bemoeilijkt wordt. Er is van een ontwikkeling naar een echte grijs duin vegetatie nog maar weinig te bekennen: de meeste soorten zijn nog uit een vloedmerk associatie of het zijn ruderaal soorten. Op basis van deze eerste resultaten is het dus niet aan te bevelen om middels schermen luwte te creëren voor de ontwikkeling van H2130, grijs duin.

Verder onderzoek in de vorm van een morfologische interpretatie van de patronen in de tijd, aangevuld met een samenvattende (beheer) conclusie t.a.v. de vegetatievestiging is uitgezet als onderwerp voor een Master's student.

Afhankelijk van de hoeveelheid kiemplanten (notoir lastig te determineren), kan er veel of weinig werk aan de vegetatie-determinatie zitten. Indien er veel werk aanzit bevelen we ondersteuning door professionals aan. Waar mogelijk gekoppeld aan gepland PQ-werk. We bevelen ook het nemen van een aantal monsters voor korrelgrootte analyses aan.

Referenties

- Arens, S.M., Baas, A.C.W., Van Boxel, J.H., Kalkman, C., 2001. Influence of reed stem density on foredune development. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1161–1176. doi: 10.1002/esp.257
- Bauer, B.O., Davidson-Arnott, R.G.D., Walker, I.J., Hesp, P.A., Ollerhead, J., 2012. On the 2008 importance of wind direction as a primary control on sediment transport response 2009 across a beach-dune system. *Earth Surf. Proc. Land.* 37, 1661-1677. doi:10.1002/esp.3306

Datum
8 april 2019

Pagina
10 van 10

IJff, S., Hannes, F., Roskam, G., Van Haasteren, H. (Biax consult), Van Kappel, K. (ArcheoPro), 2018. Spanjaards Duin Bodemonderzoek. Deltares rapport 1230642-004-ZKS-0005.

Van Eerden, M., Veldobservaties (pers.com 30 jan 2019)

Van der Meulen F, van der Valk B., 2017. Veldnotitie bezoek Spanjaards Duin 14 november 2017. Notitie Deltares

Van der Valk, B., 2014. Initiële bodemvorming in opgespoten laaggelegen minerale gronden nabij de zee, Spanjaards Duin. Notitie Deltares

Vertegaal, K., Arens, S.M., Goderie R. (red.); van der Valk, B (commentaar), maart 2016. Voorstel experiment rietpoten noordpunt Spanjaards Duin (werk-document).

Kopie aan
de heer K. Borst

Bijlage 9 Plan van Aanpak Vegetatiemonitoring

Plan van Aanpak Vegetatie Monitoring Spanjaards Duin 2019-2030

Frank van der Meulen en Stéphanie IJff
Vs 1-4-2019

Aanleiding

De maaiveldverlaging van Spanjaards Duin is achter de rug (januari-februari 2019). Nu dient er ook een einde te komen aan de morfologische dynamiek van het gebied. Deze heeft namelijk tot nu toe veruit gedomineerd. Het zwaartepunt zal vanaf nu gaan liggen op de vegetatieontwikkeling richting de doeltypen, namelijk grijs duin (H2130) en vochtige duinvallei (H2190B) en een populatie van de groenknolorchis. Om het beheer hierbij te ondersteunen zal voortgaand vegetatie-onderzoek nodig zijn. Dit betreft (i) vegetatieopnamen in het veld en een vlakdekkende vegetatie kartering; (ii) opnemen van PQs die de (ontwikkeling van de) soortensamenstelling in de tijd laten zien; (iii) verspreidingskaarten van enkele belangrijke doelsoorten.

Doel

Het doel van de monitoring is om de vestiging en ontwikkeling van de doelvegetaties (en soorten) in beeld te brengen, vanaf het eerste verschijnen van pioniersoorten tot en met de opeenvolgende successiestadia. De monitoringsresultaten zullen worden gebruikt voor het afstemmen van een adequaat beheer met het oog op de realisatie van de doelvegetaties.

Wat is er tot nu toe gedaan en wat gaan we doen?

Het werk aan de vegetatie van SD is tot nu toe gedaan door Bureau Ecoresult in opdracht van Stichting het Zuid-Hollands Landschap. Het betreft: vegetatiekartering plus opnamen, PQs en planteninventarisaties.

Vegetatiekarteringen. Het betreft eenvoudige kaarten omdat de vegetatietypen ook nog nog eenvoudig zijn (bijv. Duindoorn-, Helm-, en Biestarwegras-vegetatie). Om de vegetatietypen te documenteren zijn er opnames (hoeveel? Ecoresult vragen) gemaakt volgens de Braun-Blanquet methode. De locaties zijn met GPS digitaal vastgelegd.

De karteringen zullen worden voortgezet. Naarmate de vegetatiesuccessie vordert zullen de karteereenheden toenemen en complexer worden. Voorlopig lijkt 1x per 2 jaar voldoende.

PQs. Er zijn in 2016 dertig PQs uitgezet in het veld, (zie kaart 1), eveneens met GPS vastgelegd, maar ook met paaltjes op de hoekpunten. De PQs zijn 1x opgenomen, op 17 jul1 2017. Van deze opnames is een ruwe vegetatietabel beschikbaar. Dat wil zeggen, de opnames zijn nog niet geordend op grond van een gelijke soortensamenstelling. Door de vergravingen zijn er waarschijnlijk 4 PQs in de vallei verloren gegaan. Hiervoor worden nieuwe PQs aangelegd.

De ca 25 PQs die resteren geven een beeld van de hogere uiteinden van de zuid- en noord-vallei (toekomstig grijs duin); van het basisduin-zuid en het basisduin-noord en van het, in januari 2019, niet vergraven vallei-deel met enkele H2190 doelsoorten (4 PQs: 12-15).

De nieuwe PQs moeten nu dus zo gekozen worden dat zij een beeld gaan geven van de vestiging en ontwikkeling van vochtige duinvallei vegetaties. Daartoe zullen zij worden aangelegd op de flauwe hellingen die, in elk van de 5 gegraven ellipsvormige valleien (kaart 2), vanaf de plassen in het centrum omhoog lopen. Om de vochtgradiënt in het veld ook in de PQs te vertegenwoordigen leggen we ze op verschillende hoogtes op de helling aan, t.w. beneden, midden en boven aan het talud (kaart 2). In totaal wordt gedacht aan $3 \times 5 = 15$ nieuwe PQs. De met nieuwe POs ge-update set wordt 1x per 2-3 jaar opgenomen. De nieuwe PQs worden in mei 2019 aangelegd en opgenomen.

Planteninventarisatie. De planteninventarisatie bevat rode lijstsoorten en een aantal aandachtsoorten die processen indiceren (bijv. verstuing, verruiging, vernatting). Dit resulteerde in een 20-tal verspreidingskaartjes. Bekeken moet worden met welke lijst van planten de inventarisatie wordt voortgezet met een frequentie van 1x per 2-3 jaar. De selectie kan worden gemaakt op basis van Rode lijst, proces-indicatie en bijzondere aandachtsoorten (Groenknol-orchis en Duindoorn). Duindoorn krijgt apart aandacht omdat het hier om heel veel individuen gaat die niet allemaal apart geïnventariseerd hoeven te worden.

Duindoorn. Omdat Duindoorn de eerste tijd een bedreiging blijft voor de doelvegetaties, moet deze soort bijzondere beheersaandacht krijgen (chopperen, uittrekken, etc). Om dit beheer te ondersteunen, is het gewenst dat voor duindoorn globale verspreidingskaarten blijven worden gemaakt.

Nieuwe peilbuizen

Het permanente peilbuis net bevat sinds 2009 twee raaien van elk 5 buizen Z1, Z2, Z3, Z3a, Z4 en N1, N2, N3, N3a, N4. De nrs 3 en 3a liggen in de vallei. Vermoedelijk zijn deze allemaal verloren gegaan? Er zullen dus nieuwe peilbuizen bijgeplaatst moeten worden. Ook in dit geval zodanig dat een goed beeld wordt verkregen van de grondwater-standen en -dynamiek in elk van de 5 valleien. Voorstel is om per vallei 1 peilbuis te plaatsen en 3 ertussen in (kaart 2). We leggen daarmee ook een raai aan van zuid naar noord door de lage delen van de vallei. Gedacht wordt aan 5-10 nieuwe peilbuizen, uit te zetten in 2019. Besloten moet worden wie deze aanlegt, opneemt en wie de interpretatie van de resultaten

doet. We gaan ervan uit dat dezelfde chemisch parameters worden opgenomen als bij de nog resterende peilbuizen.

Data management

Naast de reguliere data management moet gezorgd worden voor koppeling met de Provinciale data (PQs, inventarisaties, karteringen), met name voor wat betreft het nieuwe beheersgebied Solleveld en Kapittelduinen.

Open Earth. Nog nader te bepalen

Samenvatting

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de voorstellen.

PvA Vegetatiemonitoring Spanjaards Duin 2019-2030		
Activiteit en Acteur	Product	Frequentie
Vegetatiekartering Ecoresult	Vegetatiekaart en verspreiding van doeltypen en andere vegetatietypen	1x per 3 jaar
PQs updaten en opnemen Ecoresult Bestaande set (30-5=25) updaten met 15 nieuwe PQs verdeeld over de 5 kleinere valleien en in langsrichting in de vallei; opnemen mei 2019	(Ontwikkeling) soortensamenstelling in PQs. Vestiging en ontwikkeling van pionierssoorten. Primaire successie van (doel)vegetaties.	1x per 2-3 jaar
Soorten inventarisatie Ecoresult Opnieuw bezien welke soorten worden gedaan; op basis van Rode lijst, proces-indicatie, indicator soort...	Verspreidingskaarten van aandachtssoorten, indicatief voor een bepaald milieu of proces	1x per 2-3 jaar
Kartering Duindoorn Zuidhollands Landschap	Bedreiging signaleren voor doelvegetaties; speciale aandacht van het beheer	Naar bevind handelen
Groenknolorchis monitoring Ecoresult	Kolonisatie en verspreiding aangeven	Naar bevind handelen
Peilbuizen updaten en opnemen Wie? De bestaande set (8-4=4) updaten met ca 5-10 nieuwe peilbuizen in de vallei (zomer 2019)	Grondwaterstanden en -dynamiek, m.n. in de valleien Grondwaterkwaliteit	1x per 2-3 jaar

Punten waarover bespreking nodig is

- Wie neemt welke activiteit voor zijn rekening?
- Is het aantal en de locatie van nieuwe PQs en peilbuizen goed?
- Is de voorgestelde frequentie van opnamen goed?



Kaart 1. Ligging van de 30 PQs die in 2017 zijn uitgezet. De PQs 9,10,11,18 zijn waarschijnlijk vergraven.

Bijlage 10 Vegetatiekartering



