

Gebieden met jonge kustaanwas; een vergelijkend onderzoek in het kader van ontwikkeling van Spanjaards Duin



01-06-2015

Deltares

Steven van der Wilk
Jelle van Veen



Colofon

Opdrachtnemer:	Deltares
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat
Datum:	01-06-2015
Auteurs:	Jelle van Veen / Steven van der Wilk
Interne begeleider:	Dan Assendorp
Externe begeleiders:	Bert van der Valk, Frank van der Meulen
Begeleidende hogeschool:	Van Hall Larenstein Velp
Versie:	Concept

Voorwoord

Voor u ligt de eindschriftie van Jelle van Veen en Steven van der Wilk. Gebieden met jonge kustaanwas; een vergelijkend onderzoek in het kader van ontwikkeling van Spanjaards Duin. Deze schriftie is geschreven in het kader van het afstuderen aan de opleiding Land- en Watermanagement aan Van Hall Larenstein te Velp. Van 16 februari tot en met 13 mei 2015 zijn wij bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van deze schriftie.

De schriftie is geschreven in opdracht van het kennisinstituut Deltares. Het onderzoek is tot stand gekomen door onze stagebegeleiders Bert van der Valk en Frank van der Meulen. Vanwege hun betrekkingen tot Spanjaards Duin kwamen ze er tot hun verbazing achter dat een dergelijk onderzoek nog nooit eerder is uitgevoerd. Het onderzoek is daarom uniek en er zijn dan ook veel belangstellenden. Bij onderzoek gerelateerde vragen stonden deze twee enthousiaste heren altijd klaar om te helpen. Hartelijk dank voor de fijne samenwerking!

Verder willen wij graag alle respondenten bedanken die ons zonder eigenbelang hebben willen helpen door informatie te verschaffen over hun gebieden. Deze mannen hebben in hun vrije tijd, tijd geïnvesteerd om ons onderzoek verder te helpen.

Dick van der Laan, heel erg bedankt voor het ontvangen van ons bij uw mooie huis. We hebben fijn gepraat in het lekkere zonnetje en de rondleiding over het Groene strand en Slikken van Voorne waren ook erg interessant!

John Beijersbergen, we hebben (twee keer!) mogen genieten van uitgebreide verhalen in de Heerenkeet in Kerkwerpe onder het genot van een lekker kopje koffie. We hebben hier ontzettend veel van geleerd en ook uw doctoraal verslag is uitgebreid gebruikt.

Kees de Kraker, we zijn zeer gastvrij ontvangen. We werden op onze wenken bediend met stapels informatie. We hebben het bezoek als erg interessant en zeer plezierig ervaren.

Matthijs Broere, een drukke maar érg gepassioneerde beheerder. We kregen stapels boeken van u mee die stuk voor stuk erg nuttig zijn gebleken voor ons onderzoek. U was ons al zelfs een stap voor door andere referentiegebieden erbij te pakken. Dit heeft extra toegevoegde waarde gegeven aan het onderzoek!

Schipper Hendrik Ravensbergen en schipster Nellie Schillingen. We zijn met jullie op de Branta (en speedboat!) twee keer naar de eilanden de Hompelvoet en Veermansplaat gevaren. We hebben ondertussen naar interessante verhalen kunnen luisteren en erg leuke en nuttige veldbezoeken aan de twee eilanden kunnen brengen. De groeten aan Rapper, de schippershond.

Marc Janssen, een heel drukke man met tijd te kort om alles uit te kunnen voeren wat hij eigenlijk wel zou willen. Desondanks konden we terecht voor vragen over het Kennemerstrand en kregen we een tweetal erg nuttige verslagen mee die ons onderzoek verder op weg hebben geholpen!

Niek Koppelaar, ondanks alle reorganisaties en tijdsdruk in het algemeen toch tijd kunnen vinden om ons te helpen. Ook hier zijn we weggegaan met een hele stapel aan nuttige informatie.

Ten slotte willen we de andere collega's van het onderzoeksinstituut Deltares bedanken, we zijn op elk moment welkom geheten bij het bedrijf en we konden zonder problemen met vragen bij hun langskomen. In het bijzonder een bedankje aan Giorgio Santinelli, voor het uitgebreid de tijd nemen om stap per stap de data exportbase van Jarkus gegevens toe te lichten.

Wij wensen u veel leesplezier.

Samenvatting

Spanjaards Duin is een nieuw natuurgebied dat in 2009 is aangelegd langs de Delflandse kust. Het gebied dient ter natuurcompensatie voor het in gebruik nemen van de Tweede Maasvlakte.

Vanwege een mogelijke toename aan atmosferische NO_x deposities door fabrieken en vracht, auto- en scheepsverkeer vindt er kwaliteitsverlies aan omliggende natuurgebieden plaats. Volgens de Natura 2000 regelgeving dient dit kwaliteitsverlies gecompenseerd te worden, in dit geval met de ontwikkeling van 9.8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen', 6.1 hectare 'Vochtige duinvalleien' en een groeiplaats van de groenknolorchis. In dit verslag gaat het enkel over de vorming van de vochtige duinvallei.

Voordat dit habitatype zich kan ontwikkelen dienen de abiotische omstandigheden zich gevormd te hebben. Deze bestaan uit de vorming van een zoetwaterbel onder het duin en de uitstuiving van de vallei tot de gewenste maaiveldhoogte ten opzichte van deze zoetwaterbel.

De kennis over de snelheid waarin deze abiotische omstandigheden zich vormen, gevolgd met het vestigen van de gewenste habitattypen is weggezaakt. Dergelijke ontwikkelingen gebeuren niet regelmatig en de ervaringen zijn daarom niet meer voor handen. Het is daarom van belang dat de ontwikkeling van vergelijkbare gebieden onderzocht worden. Welke fasen deze gebieden hebben ondergaan onder invloed van welke omstandigheden en met welke snelheid dit is gebeurd wordt onderzocht.

De gebieden die hierbij onderzocht worden zijn als volgt (van Zuid naar Noord); Eilanden in de Grevelingen (de Hompelvoet en Veermansplaat), duinen van Oostvoorne (Voornes Duin en de Slikken van Voorne) en het Kennemerstrand.

Het onderzoek bestaat uit een tweetal fasen. De eerste fase bestaat uit het houden van interviews met beheerders van de gebieden, het verzamelen van rapportages en vegetatiekarteringen en veldbezoeken om daar bodemmonsters te nemen.

De tweede fase is het verwerken van de verkregen informatie: welke morfologische ontwikkelingen heeft het gebied ondergaan? Hoe heeft de zoetwaterbel zich ontwikkeld? Waaruit bestaat de bodem? Hoe is vervolgens de vegetatie tot stand gekomen? Welk beheer heeft er plaatsgevonden en welke externe invloeden beïnvloeden het gebied?

Uit deze resultaten is de samenhang tussen de verschillende ontwikkelingsstadia achterhaald in de verschillende gebieden. Hieruit is gebleken dat er lastig een patroon te ontdekken is in de fysisch-morfologische ontwikkeling van een gebied. Er is mede door menselijk ingrijpen veel differentiatie tussen de gebieden.

Wel is de ontwikkeling van de vegetatie in de gebieden grotendeels achterhaald. Hieruit is gebleken dat, onder de juiste omstandigheden, pioniersoorten van vochtige duinvalleivegetatie zich al na één jaar kunnen vestigen zoals Armbloemige waterbies, Waterpunge, Dwergzegge en Strandduizendguldenkruid. De vestiging van vegetatie zorgt er mede voor dat de top laag vastgehouden wordt waardoor er in mindere mate erosie plaatsvindt in vochtige duinvalleien. Al na drie jaar kunnen typerende soorten zoals de Knopbies, Parnassia en de Herfstbitterling zich vestigen. Na vijf jaar kunnen ook orchideeën zich in grote aantallen vestigen zoals de Moeraswespenorchis, Vleeskleurige orchis en de Rietorchis. De Groenknolorchis vestigt zich vaak, als hij zich al vestigt, pas vele jaren na de overige typerende orchideeën van de vochtige duinvallei. De verwachting is daarom dat, al vormt de vochtige duinvallei van Spanjaards Duin zich naar wens, de Groenknolorchis nog lang op zich laat wachten.

Inhoudsopgave

Colofon	
Voorwoord.....	
Samenvatting	
1 Inleiding.....	1
1.1 Aanleiding.....	1
1.2 Probleembeschrijving.....	1
1.3 Doel van het onderzoek	2
1.4 Doelgroep	2
1.5 Hoofd en deelvragen.....	2
1.6 Leeswijzer	3
2 Onderzoeksmethode	4
2.1 Voortraject.....	4
2.2 Onderzoek	5
3 Achtergrondinformatie	6
3.1 Wat is een vochtige voedselarme duinvallei?	6
3.1.1 Waterhuishouding.....	6
3.1.2 Abiotische randvoorwaarden.....	7
3.1.3 Ecologie.....	7
3.1.4 Externe factoren.....	9
3.2 Gebiedsbeschrijving	11
3.2.1 De Grevelingen.....	11
3.2.2 Duinen rond Oostvoorne	12
3.2.3 Spanjaards Duin.....	14
3.2.4 Kennemerstrand.....	15
4 Resultaten	16
4.1 Hompelvoet en Veermansplaat (Staatsbosbeheer).....	16
4.1.1 Morfologische ontwikkeling.....	16
4.1.2 Grondwaterontwikkeling.....	16
4.1.3 Bodemontwikkeling.....	17
4.1.4 Saltspray	17
4.1.5 Ecologische ontwikkeling.....	18
4.1.6 Beheersmaatregelen	19
4.1.7 Conclusie.....	20
4.2 Voornes Duin (Natuurmonumenten)	21

4.2.1	Morfologische ontwikkeling.....	21
4.2.2	Grondwater ontwikkeling.....	21
4.2.3	Bodemontwikkeling.....	22
4.2.4	Saltspray	22
4.2.5	Ecologische ontwikkeling.....	22
4.2.6	Beheersmaatregelen	23
4.2.7	Conclusie.....	23
4.3	Slikken van Voorne (Zuid-Hollands landschap).....	24
4.3.1	Morfologische ontwikkeling.....	24
4.3.2	Grondwaterontwikkeling.....	27
4.3.3	Bodem ontwikkeling.....	27
4.3.4	Saltspray	27
4.3.5	Ecologische ontwikkeling.....	28
4.3.6	Beheersmaatregelen	29
4.3.7	Conclusie.....	29
4.4	Kennemerstrand (Vrienden van het Kennemerstrand).....	30
4.4.1	Morfologische ontwikkeling.....	30
4.4.2	Grondwaterontwikkeling.....	32
4.4.3	Bodem ontwikkeling.....	32
4.4.4	Saltspray	32
4.4.5	Ecologische ontwikkeling.....	32
4.4.6	Beheersmaatregelen	33
4.4.7	Conclusie.....	33
5	Vergelijking gebiedsontwikkelingen	35
6	Koppeling aan Spanjaards Duin	43
7	Aanbevelingen	45
8	Discussie.....	46
	Begrippenlijst	47
	Figurenlijst	48
	Literatuur	49
	Appendices.....	53
	Appendix 1: Lijst respondenten	54
	Appendix 2: Bepaling kalkgehalte	55
	Appendix 3: Hiërarchisch model	59

Appendix 4: Toelichting abiotische omstandigheden	60
Appendix 5: Voedselrijkdom Hompelvoet	62
Appendix 6: Voedselrijkdom Veermansplaat.....	63
Appendix 7: Toponiemen op Voornes Duin.....	64
Appendix 8: Geologische opbouw Voornes Duin.....	65
Appendix 9: Bodemkaart Voornes Duin	66
Appendix 10: Geologisch dwarsprofiel Voornes Duin.....	67
Appendix 11: Ligging raaien Slikken van Voorne	68
Appendix 12: Slikken van Voorne, Raai 480.....	69
Appendix 13: Slikken van Voorne, Raai 780.....	70
Appendix 14: Vorming Kennemerstrand	71
Appendix 15: Ligging raaien Kennemerstrand	72
Appendix 16: Kennemerstrand, Raai 5700	73
Appendix 17: Kennemerstrand, Raai 5775	74

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2003 is besloten dat de Rotterdamse haven gaat uitbreiden om de prominente rol die het wereldwijd heeft te kunnen handhaven. De haven wil dit bereiken door het aanleggen van 2500 ha havengebied, vóór Maasvlakte 1, door middel van de aanleg van nieuw havengebied, Maasvlakte 2 (MV2). Tussen 2008 en 2030 wordt het terrein van MV2 aangelegd (Havenbedrijf Rotterdam N.V., 2007). Deze uitbreiding van de haven heeft o.a. als gevolg dat het nabijgelegen duingebied in kwaliteit afneemt. De MER (Milieu Effect Rapportage) heeft voorspeld dat het gebruik van MV2 een verhoging van NO_x emissie zal veroorzaken. De NO_x zal neerdalen op nabijgelegen duingebieden met hoge ecologische waarde. Hierdoor zullen vochtige duinvalleien en droog grijsduin (beide opgenomen in Natura 2000) gaan verruigen waardoor de kwaliteit van de duinen sterk gereduceerd wordt. Volgens Europese regelgeving moet dit verlies gecompenseerd worden (van der Meulen et al, 2014).

Om MV2 te kunnen aanleggen is het havenbedrijf volgens Europese wetgeving dus verplicht om te zorgen dat er nieuwe natte en droge voedselarme duingebieden ontstaan, zodat de hoge ecologische waarde binnen het Hollandse kustgebied niet verloren gaat. De compensatie-opgave vindt plaats in Spanjaards Duin, een nieuw duingebied ± 10 km ten noorden van Hoek van Holland. Spanjaards Duin is tussen 2008 en 2009 aangelegd. Vervolgens is de ontwikkeling van start gegaan. De voorspelling was dat het hydrologisch evenwicht voor een vochtige duinvallei ongeveer op dit moment zou moeten zijn ontstaan. Dit is nog niet het geval. De duinen ontwikkelen zich met betrekking tot zeevering zeer naar behoren, maar waar nu een vochtige duinvallei zou moeten zijn ontstaan ligt vooral (matig) voedselrijk zand. Hier en daar groeien een aantal pioniersoorten zoals Zeeraket en Helmgras. Vanaf 2015-2030 gaat MV2 naar verwachting helemaal in gebruik genomen worden, de kwaliteit van de compensatie zal van voldoende mate moeten zijn om schade te compenseren (van der Meulen et al, 2014).

1.2 Probleembeschrijving

De beoogde natuurcompensatie 'Spanjaards Duin' wordt gemonitord. De ontwikkeling van Spanjaards Duin gaat echter trager dan verwacht, onder andere doordat het maaiveld niet overal op de juiste hoogte is aangelegd en omdat de hydrologische voorspellingen blijken af te wijken van de werkelijkheid.

De ontwikkeling van deze kunstmatige duincompensatie is in de volgende fasen voorzien:

- 1) Het opspuiten van zand, verkregen van de zeebodem 10 kilometer vanaf de kust, en het her distribueren om het basisduin duin en de nieuwe vallei te verkrijgen.
- 2) Spontaan zand transport door middel van eolische processen waardoor de aangelegde basis vorm langzaam verandert. In de tussentijd wordt het zoute zand uitgespoeld door neerslag en vormt de zoetwaterbel zich in de bodem. Ook vindt er initiële bodemvorming plaats. De daling van de valleibodem door middel van winderosie in combinatie met de stijging van de zoetwaterbel zorgt uiteindelijk voor het ontstaan van de vochtige duinvallei.
- 3) Kolonisatie door plantengemeenschappen; het ontstaan van pionierbegroeiing.
- 4) Het fine tunen door middel van specifieke maatregelen door de mens in het geval dat de spontane ontwikkeling afwijkt van het beoogde doel.

Spanjaards Duin bevindt zich momenteel nog in fase 2-3; de natuurlijke vorming van het duinreliëf onder invloed van eolische processen en de opbouw van de grondwaterbel. Pionierbegroeiing vindt nog in beperkte mate plaats (Zeeraket en Helmgras). Deze begroeiing behoort niet tot de gewenste doelvegetatie behorende bij een vochtige en voedselarme duinvallei (Van der Meulen et al, 2014).

Omdat de ontwikkeling van het duingebied langzamer gaat dan verwacht komt er meer druk vanuit de politiek. Deze wacht met smart op de ontwikkeling van het duingebied omdat deze compensatie een vereiste is voor de natuur vergunning tot aanleg van Maasvlakte 2. Het is erg lang geleden dat een vochtige duinvallei aan de Zuid-Hollandse kust is gevormd. De precieze vormingscondities zijn niet goed bekend en de ervaring is weggezakt. Het is daarom van belang dat er meer onderzoek wordt gedaan naar de natuurlijke ontwikkeling van vergelijkbare gebieden met jonge kustaanwas zodat er een beter toekomstperspectief geschapen kan worden voor Spanjaards Duin.

Voor dit rapport ligt daarom de focus op het vergelijkend onderzoek naar gebieden met jonge kustaanwas en de processen die daar bij horen, niet specifiek voor Spanjaards Duin. Als er na dit onderzoek meer bekend is over de vorming van vochtige duinvalleien kan deze kennis toegepast worden op Spanjaards Duin.

1.3 Doel van het onderzoek

Het projectresultaat is een analyse per gebied van de samenhang tussen ouderdom, sedimentkarakteristiek, geomorfologie, hydrologie en begroeiing van gebieden met jonge kustaanwas. Als er bepaalde ontwikkelingsreeksen worden gevonden wordt de stap gemaakt naar Spanjaards Duin.

Dit onderzoek tracht een beeld te scheppen van de snelheid van de fysisch-morfologische processen voor vochtige duinvalleien en de daarop volgende vegetatieprocessen en in welke vorm in de studiegebieden deze plaats vinden. De volgende gebieden worden geanalyseerd:

- Grevelingen (Hompelvoet en Veermansplaat)
- Voornes Duin (De Pan en Vogelpoel)
- Slikken van Voorne
- Kennemerstrand

Deze gebieden zijn gekozen omdat zij allen de ontwikkeling naar vochtige duinvalleivegetatie hebben meegemaakt. Van het verloop van deze processen kan veel geleerd worden.

Naar aanleiding van de resultaten kan er, indien nodig, geïnformeerd gekozen worden voor menselijk ingrijpen om processen te versnellen of te optimaliseren in Spanjaards Duin.

1.4 Doelgroep

Dit rapport is geschreven in opdracht van Deltares. Verder is dit rapport onderdeel van het afstudeertraject van de auteurs, dus het is ook geschreven voor Hogeschool Van Hall Larenstein. Omdat dit een innovatief onderzoek is kan dit rapport gelezen worden door een breed publiek, iedereen die interesse heeft kan het lezen.

1.5 Hoofd en deelvragen

Om het projectresultaat te behalen dient er antwoord gegeven te worden op de centrale- en deelvragen. Dit onderzoek bevat twee centrale vragen:

- 1) Wat is de samenhang tussen ouderdom, sedimentkarakteristiek, geomorfologie, hydrologie en begroeiing van vochtige duinvalleien met jonge kustaanwas?
- 2) Hoe kan deze kennis gekoppeld worden aan de in Spanjaards Duin waargenomen en gedocumenteerde ontwikkeling?

De deelvragen die zijn opgesteld ten behoeve van de hoofdvraag zijn:

- Wat is de fysisch-morfologische ontwikkeling van vergelijkbare duingebieden over de jaren?
- Zijn er opeenvolgende fysisch-morfologische fasen te onderscheiden in hun ontwikkeling?
- Welke vegetatie ontwikkelingsfase hoort bij welke fysisch-morfologische fase?
- Hoe lang duren de onderlinge fysische en vegetatiekundige fasen en welke verbanden bestaan daartussen in de ruimte en in de tijd?
- Heeft er al dan niet, aanvullend beheer plaatsgevonden en welke effecten hebben die gehad op hun ontwikkeling?
- Zijn de ontwikkelingen te schematiseren tot een algemeen beeld of is er te veel differentiatie tussen de gebieden?

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksmethode toegelicht. Er wordt ingegaan op de verschillende trajecten waaruit het onderzoek bestaat en welke modellen ten grondslag staan voor de keuze van deze trajecten.

In hoofdstuk 3 wordt er ingegaan op (het ontstaan van) een vochtige, kalkrijke duinvallei. Er wordt duidelijk gemaakt onder welke abiotische omstandigheden een vochtige duinvallei tot stand kan komen en met welke processen dit gepaard gaat. Later in het hoofdstuk wordt er op de externe factoren ingegaan die de ontwikkeling van een vochtige duinvallei (negatief) kunnen beïnvloeden.

In hoofdstuk 4 worden de gevonden resultaten per deelgebied nauwkeurig toegelicht, op basis van gevoerde interviews en literatuurstudie. De morfologische ontwikkeling komt als eerste aan bod, daarna de grondwaterontwikkeling en vervolgens de bodemvorming. Wanneer deze abiotische omstandigheden zich gevormd hebben wordt er, in combinatie met externe invloeden, ingegaan op de ecologische ontwikkelingen binnen het gebied. Vervolgens wordt er kort het beheer ter plaatste toegelicht en ten slotte worden de ontwikkelingen kort samengevat in de conclusie.

Hoofdstuk 5 bestaat uit de discussie. Hierin wordt beschreven welke geconstateerde tekortkomingen het onderzoek heeft en hoe deze in de toekomst opgelost kunnen worden.

Hoofdstuk 6 bestaat uit de koppeling tussen Spanjaards Duin en de conclusie van het rapport. In hoofdstuk 7 worden een aantal aanbevelingen gemaakt, hoe het onderzoek uitgebreid zou kunnen worden en welke andere oplossingen mogelijk zijn. Hoofdstuk 8 bestaat uit een discussie waarin kritisch gekeken wordt naar tekortkomingen van het onderzoek. Hierop volgend is de verklarende woordenlijst. In dit rapport staan een aantal woorden die niet voor iedereen vanzelfsprekend zijn.

Deze woorden zijn onderstreept en worden uitgelegd in deze verklarende woordenlijst.

Ten slotte is de gebruikte literatuurlijst terug te vinden gevolgd door de appendices.

2 Onderzoeksmethode

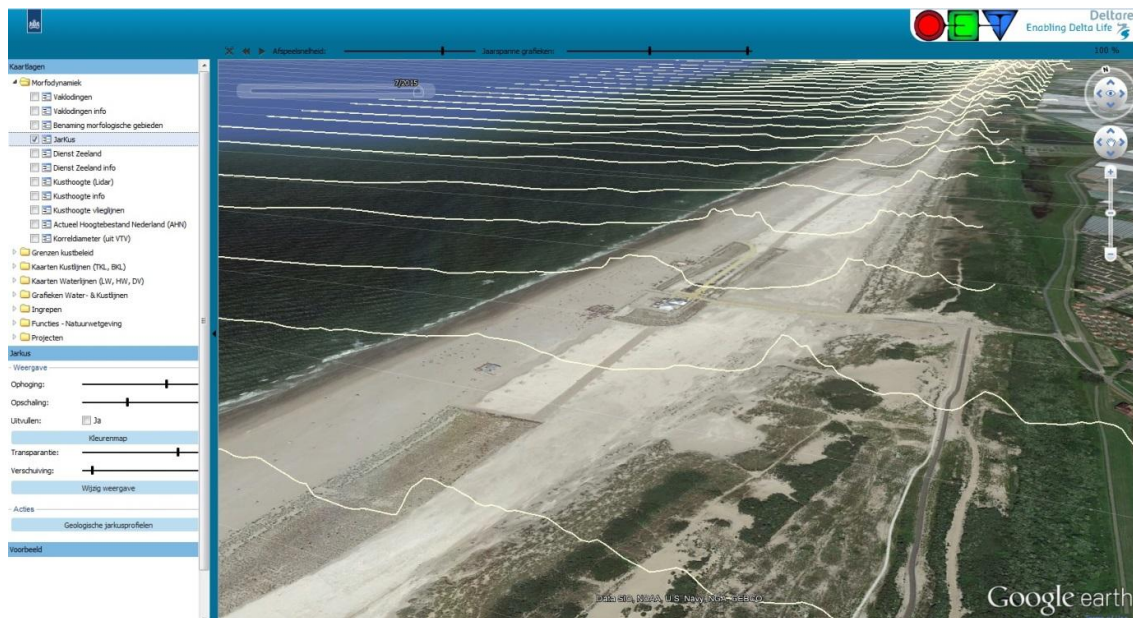
In dit hoofdstuk wordt toegelicht volgens welke methodiek gehandeld is om antwoorden op de deel- en hoofdvragen te kunnen geven. Het proces bestaat uit een voortraject, het (veld)onderzoek en het verwerken van de resultaten in de rapportage.

2.1 Voortraject

Het onderzoek bestaat voornamelijk uit het verzamelen van informatie die op dit moment niet overzichtelijk beschikbaar is. Deze informatie is (deels) aanwezig bij beheerders van de referentiegebieden, bij particuliere onderzoekers en vrijwilligersorganisaties.

Het voortraject van het onderzoek bestaat daarom grotendeels uit het maken van afspraken met beheerders. Tijdens deze afspraken, die deels in het veld plaats vinden, wordt er uitgebreid aandacht besteed aan de ontwikkeling van het desbetreffende gebied, in het bijzonder de plantensoorten en plantengemeenschappen. Tijdens deze afspraken wordt er, buiten besproken informatie, ook documentatie verzameld die de ontwikkeling van het gebied verder kunnen toelichten.

Buiten deze informatie over de gebieden wordt er met behulp van Jarkus beelden (zie figuur 1) gekeken naar de morfologische ontwikkelingen van het gebied. Jarkus is een acroniem van de woorden JAarlijkse KUSTmeting. Dit zijn metingen die in opdracht van Rijkswaterstaat worden uitgevoerd en vanaf 1965 een duidelijk beeld geven van de veranderingen van de Nederlandse kust. Omdat de metingen enkel bij de huidige zeereep worden uitgevoerd is de Jarkus data niet te gebruiken voor de fysisch-morfologische ontwikkeling van de Hompelvoet en Veermansplaat, de herstelwerkzaamheden in Voornes Duin liggen te ver landinwaarts om meegenomen te kunnen worden bij de Jarkus analyse. De metingen zijn wel bruikbaar voor het Kennemerstrand en de Slikken van Voorne.



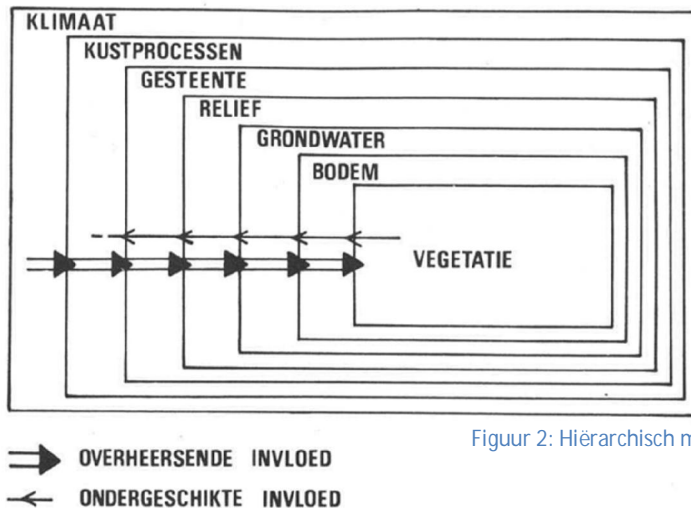
Figuur 1: Jarkus model van Spanjaards Duin met typerende duinvallei vorm.

Verder wordt er aan de hand van uitgevoerde monitoring door beheerders onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van het grondwater in hun gebied. De ontwikkeling van de zoetwaterbel en/of kalkrijk kwelwater is ten slotte cruciaal voor de vorming van een vochtige, kalkrijke duinvallei.

2.2 Onderzoek

Wanneer de gegevens van de gebieden verzameld zijn is het zaak om de juiste data van de overige informatie uit de literatuur te filteren. Ook worden er bodemmonsters genomen op de locaties waar het, in verband met praktische zaken, mogelijk is. Deze boringen zijn verricht in de Slikken van Voorne, het Groene strand van Oostvoorne en bij het duinherstelproject de Pan op Voornes Duin. Deze bodemmonsters zijn op een snelle wijze geanalyseerd in het veld; de korrelgrootte is bepaald met behulp van een zandliniaal, de dikte van de humuslaag is opgemeten en de aanwezigheid van kalk is bepaald met behulp van zoutzuuroplossing (HCl 10%). De bodemmonsters zijn vervolgens uitgebreid geanalyseerd in het laboratorium van Van Hall Larenstein. Hierbij zijn de volgende parameters op de dieptes van 5, 15 en 25 centimeter; korrelgrootte, vochtgehalte, organisch stof gehalte en kalkgehalte. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in hoofdstuk 4. Een gedetailleerde beschrijving van het laboratoriumwerk is terug te vinden in appendix 2.

Aan de hand van de verzamelde informatie wordt er per gebied gekeken naar de landschapontwikkeling volgens het hiërarchisch model, zie figuur 2.



Figuur 2: Hiërarchisch model (Bakker, 1979)

Elke stap in dit model kan een natuurlijk proces zijn, of door de mens veroorzaakt, versneld of vertraagd. Het component 'klimaat' is het meest dominant, vervolgens wordt elke component die 'een stap naar rechts' ligt minder dominant, en dus afhankelijk en beïnvloed door de componenten die overkoepelend en dus dominanter zijn. Voor een toelichting van hiërarchisch model, zie appendix 3.

3 Achtergrondinformatie

3.1 Wat is een vochtige voedselarme duinvalei?

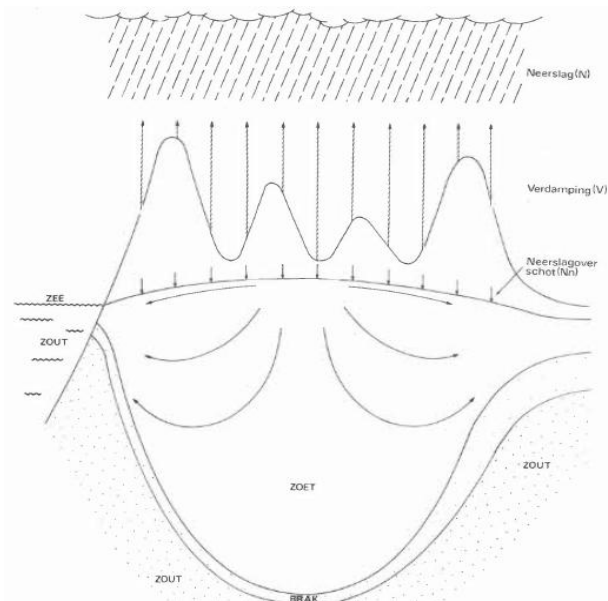
Vochtige duinvalleien (habitattype H2190 B) zijn laaggelegen jonge duinen langs de kust. Een vochtige duinvalei is dynamisch waardoor veel variatie in begroeiing kan ontstaan. Zo groeien er veel pionierplanten, maar ook soorten die voorkomen in open water en gesloten begroeiing. Verder leven er veel paddenstoelen, vogels, vlinders, amfibieën en zoogdieren in een vochtige voedselarme duinvalei. De hoge biodiversiteit en de zeldzaamheid van dit landschapstype maken dat het landschapstype een hoge waarde heeft en is opgenomen in de Europese Natura2000. Om dit type landschap te behouden is het belangrijk dat er voortdurend verjonging van de duinen plaatsvindt om de pionierplanten te behouden. Processen als erosie en sedimentatie dragen hier aan bij. Verstuiving zorgt voor verjonging van de bodem en daarmee voor verjonging van vegetatie (Natuurkennis.nl, 2014).

Primaire vochtige duinvalleien kunnen worden gevormd doordat jonge duinruggen een strandvlakte afsluiten. Deze gebieden zijn, door het vastleggen van het kustgebied door de mens, zeer zeldzaam geworden. Een andere ontstaanswijze is door uitstuiving van oudere duinen achter de zeereep. Hierdoor ontstaat een vallei die verstuift tot het grondwaterniveau is bereikt. De grond is dan vochtig waardoor het niet zo eenvoudig meer verstuift. Dit is een secundaire duinvalei. Vochtige duinvalleien kunnen verloren gaan door zee-inbraken, verdroging of ontginning (Natuurkennis.nl, 2014).

3.1.1 Waterhuishouding

Belangrijk voor vochtige duinvalleien is de waterhuishouding. Zoet water is lichter dan zout water, door het neerslagoverschot dat Nederland kent drijft er een zogenaamde zoetwaterbel op het zoute grondwater. Deze bel kan zich op enkele meters hoogte boven zeeniveau bevinden en kan het zoute grondwater tientallen meters naar beneden drukken. Dit is afhankelijk van de breedte van het duinmassief en de aanwezigheid van niet- of slecht doorlatende (klei)lagen (Aggenbach, 2002). Voor een schematische weergave, zie figuur 3 (Bakker, 1979).

Waterstanden van een grondwaterbel kunnen jaren achtereen ver van het gemiddelde niveau liggen. Dit zorgt voor de nodige dynamiek om open vegetaties met pioniersoorten te behouden. Soorten die in een kleine populatie voorkomen lopen hierdoor echter meer risico, daarom is het nodig dat er genoeg ruimte is voor soorten om zich, indien nodig, te kunnen verplaatsen naar een andere locatie waar de bodem en waterhuishouding wel geschikt is voor deze plant (Grootjans, 2010). De ontwikkeling van een zoetwaterlichaam is van cruciaal belang voor vochtige duinvalleivegetatie, zoals de Groenknolorchis (Grootjans, 2014).



Figuur 3: Zoetwaterbel

3.1.2 Abiotische randvoorwaarden

Hieronder staan de abiotische randvoorwaarden van een vochtige kalkrijke duinvallei (Synbiosis, 2009). Groen betekent dat de eigenschap in kwestie voldoet aan de randvoorwaarden van een vochtige duinvallei, oranje staat voor een grensgebied.

Vanaf een pH van 6 of hoger komen matig ontwikkelde vochtige duinvalleien voor, ze ontwikkelen zich optimaal bij een pH hoger dan 6.5. Vochtige duinvalleien ontstaan in neutrale, basische en in mindere mate in zeer zwak zure bodems (Synbiosis, 2009). Voor nadere toelichting van de tabel, zie Appendix 4.

H2190_B Vochtige duinvalleien (<i>kalkrijk</i>)										
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inonderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	(matig) zoet	zwak brak	licht brak		matig brak		sterk brak tot zout		
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b		zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk		
Overstromingstolerantie	dagelijks lang		dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet				

Figuur 4: Abiotische omstandigheden vochtige duinvegetatie

De grondwaterstand van vochtige kalkrijke duinvalleien bevindt zich maximaal 40 cm onder maaiveld in de zomer en zit op de inundatiegrens in de winter. De meest kenmerkende vegetaties groeien in een bodem met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand tussen de 25 cm onder en 10 cm boven maaiveld. De bodem in deze gebieden is vochtig tot zeer nat (de Kraker, 2015).

Zout water is, vooral in het groeiseizoen, zeer schadelijk voor de jonge duinvalleien omdat zout en sulfaatrijk zeewater anaerobe mineralisatieprocessen op gang kan brengen. Dit zorgt voor interne eutrofiëring. Daarom bestaan deze duingebieden hoofdzakelijk in gebieden die hooguit incidenteel overstromen door zeewater (Janssen, 2015).

In hoofdstuk 4 is figuur 4 steeds gebruikt om te bepalen of het gebied voldoet aan de voorwaarden. De abiotische eigenschappen zijn per gebied dik gedrukt. Als een gebied een abiotische eigenschap heeft die niet overeenkomt met de eisen van de vochtige duinvallei, bijvoorbeeld als de bodem zuur is, is deze tekst rood gedrukt.

3.1.3 Ecologie

Het grootste deel van de planten die de vochtige duinvallei indiceren behoort bij het Knopbies-verbond. Het Knopbies-verbond is de meest typerende vegetatiegroep van vochtige duinvalleien, soorten uit deze groep stellen ieder bijzondere eisen aan hun standplaats. Aan deze eisen kan alleen worden voldaan als de ruimtelijke ordening en onderlinge rangschikking van de milieucomponenten precies juist is. Hierdoor kan het Knopbies-verbond slechts heel lokaal voorkomen, wat het een kwetsbare en zeldzame plantengemeenschap maakt. Soorten als de Knopbies kunnen bijvoorbeeld perioden van lange inundatie overleven, terwijl bijvoorbeeld orchideeën en Parnassia verdwijnen doordat hun wortelstelsel afsterft bij lange zuurstofloosheid. Dynamiek in het landschap zorgt er voor dat er altijd lokale milieus te vinden zijn waar kieskeurige soorten naar kunnen 'verhuizen' als de milieuomstandigheden van de standplaats veranderen door bijvoorbeeld natte of droge periodes (de Boer, 2008). De standplaatsen van de optimaal ontwikkelde associatie zijn basisch tot zwak zuur,

voedselarm tot licht voedselrijk, zoet of licht brak en vochtig. Om zich te vestigen heeft dit vegetatietype een vrij kalkrijke standplaats nodig. In vochtige duinvalleien is het dus belangrijk dat de bodem kalkrijk of kalkhoudend is. Daarom is sporadische inundatie van kalk/basenrijk water belangrijk voor dit vegetatietype (Aggenbach, 2002). De meest karakteristieke plantensoorten van vochtige duinvalleien staan hieronder vermeld: (Synbiosis, 2009).

- | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------------|
| - Armbloemige waterbies | - Draadgentiaan | - Moeraswespenorchis |
| - Dwergbloem | - Dwergvlas | - Parnassia |
| - Groenknolorchis | - Honingorchis | - Slanke gentiaan |
| - Kleine knotszegge | - Knopbies | - Vleeskleurige orchis |
| - Noordse rus | - Rechte rus | - Teer guichelheil |

Deze plantensoorten horen bij een vroeg successiestadium. De pionierplanten zijn vaak soorten als Vetmuur, Strandduizendguilkenkruid of Herfstbitterling. Als soorten zoals deze gevestigd zijn is de kans groot dat de meest karakteristieke plantensoorten van de vochtige duinvallei zich zullen vestigen. Vervolgens worden deze soorten er weer relatief snel uitgedisplaat ($\pm 10-15$ jaar) ten gevolge van natuurlijke successie, vandaar dat beheer noodzakelijk is als men dit vegetatietype wil behouden (van Steenis, 2006).

De bijzondere soortenrijkdom van duinvalleien en verwante habitats heeft te maken met het vochtige, voedselarme karakter van deze standplaatsen. De aanwezigheid van een chemisch gebufferde toplaag in de bodem speelt daarbij een belangrijke rol. Er ontwikkelen zich vegetaties die vooral in de eerste successiestadia vaak zeer soortenrijk zijn en veel zeer zeldzame soorten bevatten. Naarmate de vegetatieontwikkeling vordert, hoopt zich meer organische stof op en wordt de toplaag voedselrijker en zuurder. Hierdoor gaat de successie verder waardoor zeldzame, concurrentiegevoelige soorten verloren gaan. De snelheid van successie hangt af van plaatselijke milieuomstandigheden en beheer. Maaien en beweiding haalt niet alleen de concurrerende begroeiing weg, het kan ook de ophoping van organische stof en verzuring van de toplaag vertragen. Hierdoor kunnen duinvalleien hun soortenrijkdom langer behouden (Van Haperen, 2009).

Een zeer typerende soort voor een natte duinvallei is de Groenknolorchis, die de Europese status van 'habitatrictlijnsoort' heeft bereikt (van Haperen, 2014). Deze habitatrictlijnsoort verschijnt in een vroeg stadium van vegetatieontwikkeling en is dus een goede indicator voor het ontstaan van vochtige duinvallei vegetatie. De Groenknolorchis kan op verschillende standplaatsen voorkomen. De belangrijkste factoren (behalve de waterhuishouding) die het voorkomen van de Groenknolorchis verklaren zijn de pH-waarde en de hoeveelheid organische stof in de bodem. De bodem dient voedselarm en basisch te zijn. Toename van beschikbaarheid van voedingsstoffen door natuurlijke successie of door verhoogde stikstof depositie uit de lucht zorgt voor een toename van andere vegetatie waardoor de Groenknolorchis en andere zeldzame duinsoorten worden weggeconcurrerd (Grootjans, 2014). Toch zijn er gevallen bekend waar goed ontwikkelde Groenknolorchis aangetroffen is in voedselrijke bodem. Voedselrijkdom is dus niet altijd een doorslaggevende belemmering, wat betekent dat behalve concurrentie en veranderingen in het grondwater alleen de pH (onder de 6) een doorslaggevende rol speelt bij het verdwijnen van Groenknolorchis populaties. De pH-waarde speelt dan weer een grote rol bij verzuring, mobilisatie van nutriënten, snelle groei van concurrerende soorten et cetera (Grootjans, 2014).

3.1.4 Externe factoren

Buiten de interne factoren zijn er ook externe factoren die de natuurlijke successie in een gebied beïnvloeden. Hieronder worden een aantal externe factoren kort uitgelegd. Er wordt in het hoofdstuk 'resultaten' enkel ingegaan op saltspray, omdat de situatie van de overige externe factoren voor elk gebied vrijwel identiek is.

3.1.4.1 Saltspray

Saltspray is de inwaai en depositie van fijne zoute (water)deeltjes door wind van zee naar en in het duingebied. Deze zout inwaai beïnvloedt de vegetatieontwikkeling: depositie van (veel) zout op jonge planten, knoppen of bladen remt de ontwikkeling van struwelen en bomen. In combinatie met andere factoren als verstuiving en beweiding draagt saltspray daarom bij aan de instandhouding van pioniervegetatie.

Saltspray ontstaat vooral in de branding: bij het breken van (krachtige) golven op ondiepten spatten zoutwaterdeeltjes de lucht in en worden deze bij aanlandige wind als aërosolen naar de kust getransporteerd. De zwaarste deeltjes vallen op korte afstand van de branding weer terug in zee, de kleine deeltjes komen veel verder. De hoeveelheid saltspray wordt onder meer bepaald door de afstand van de zee en de kracht van de branding. Hoge golven die op een steil kustprofiel op korte afstand van de duinvoet breken leveren meer saltspray dan lagere golven die op een flauw kustprofiel en/of op grotere afstand van de duinvoet breken. Ook de overheersende windrichting, windsterkte en het zoutgehalte van het water voor de kust zijn belangrijke factoren (Vertegaal, Duinen van Goeree Basisrapport 2009, 2009).

3.1.4.2 Atmosferische depositie

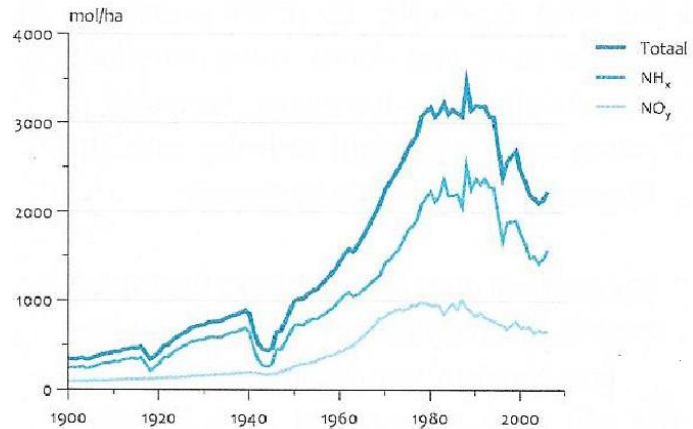
Als gevolg van atmosferische depositie kunnen bodems verzuren en geëutrofeerd raken. Door neerslag van stoffen zoals SO_x, NO_x en NH_x neemt de buffercapaciteit van de bodem geleidelijk af en zal de bodem op langere termijn zuurder worden; stikstofdepositie betekent ook extra toevoer van nutriënten.

Ondanks het feit dat er geen langdurige N-depositie studies zijn uitgevoerd voor vochtige duinvalleien kan worden aangenomen dat deze gebieden gevoelig tot zeer gevoelig zijn voor N-depositie. De kritische depositiewaarde is vastgesteld op 1000 mol N/ha/jaar. Zelfs een kleine overschrijding heeft al duidelijk merkbare negatieve effecten (Bobbink, 2014).

Stikstofdepositie heeft slechts een beperkt eutrofiërend effect op kalkrijke bodems. Fosfor is onder basische (kalkrijke) omstandigheden gebonden als calciumfosfaat waardoor de vegetatie P-gelimiteerd blijft en enkel lokaal verruigt op plekken waar door andere factoren oppervlakkige verzuring optreedt. NO_x depositie versnelt de successie (verruiging), hierdoor gaat de soortenrijkdom snel achteruit (Vertegaal, 2009).

Om een evenwicht te vinden tussen veerkrachtige natuur en een gezonde economie heeft het Rijk het initiatief genomen om stikstofproblemen aan te pakken. In de Programmatie Aanpak Stikstof (PAS) werken overheden en maatschappelijke partners samen om stikstofuitstoot te verminderen en de gevolgen in de natuur tegen te gaan. Het gevolg hiervan voor beheerders van natuurgebieden is het vrijkomen van subsidies om de stikstofproblematiek en dus versnelde natuurlijke successie aan te pakken (Ministerie van Economische Zaken, 2015).

De landelijke ontwikkeling van N-depositie is te zien in figuur 5 (van der Hagen, 2013). Een verdere daling wordt verwacht, dit is cruciaal voor de instandhouding van vochtige duinvalleien (Vertegaal, 2009).



Figuur 5: Landelijke ontwikkeling N-depositie

De Grevelingen, de omgeving van Oostvoorne en Spanjaards Duin worden alle sterk beïnvloed door de industrieën rondom de haven van

Rotterdam (Het Kennemerstrand minder, hier veroorzaakt hoofdzakelijk IJmuiden N-depositie (Janssen, 2015)). In het kader van de te verwachten emissie van Maasvlakte 2 is men begonnen met het meten van N-depositie in omliggende kustgebieden. Het blijkt dat deze waarden aan de kust aanzienlijk (tot 2x) hoger zijn dan de eerder gemoduleerde waarden (Bobbink, 2014). Hoe langer de verhoogde N-depositie voortduurt, des te groter zijn de negatieve effecten. Het is te verwachten dat er nog vele jaren te hoge N-deposities in gevoelige duinhabitats neerslaan. Dit zal, ondanks extra beheer, leiden tot meer verlies van kenmerkende plant- en diersoorten of zelfs van een compleet habitat (Bobbink, 2014). Exacte gegevens van N-depositie in de vergelijkingsgebieden zijn niet bekend.

3.1.4.3 Invloed van het konijn

Het konijn speelt een grote rol in de ontwikkelingen van de duinen door zijn graas- en graaactiviteiten. Ingevoerd als jachtdier in de Middeleeuwen veroverde het konijn al snel heel Nederland. Plaatselijk konden extreem grote dichtheden worden bereikt. Het land 'golfde' soms van de wegrennende konijnen. Het gras werd kort gehouden en kiemend struweel werd afgeknagd waardoor het duingebied open bleef. Het graven van het konijn zorgde daarnaast continu voor nieuwe open plekken en kleine verstuiwingen. Op die plekken kon de successie weer van voren af aan beginnen.

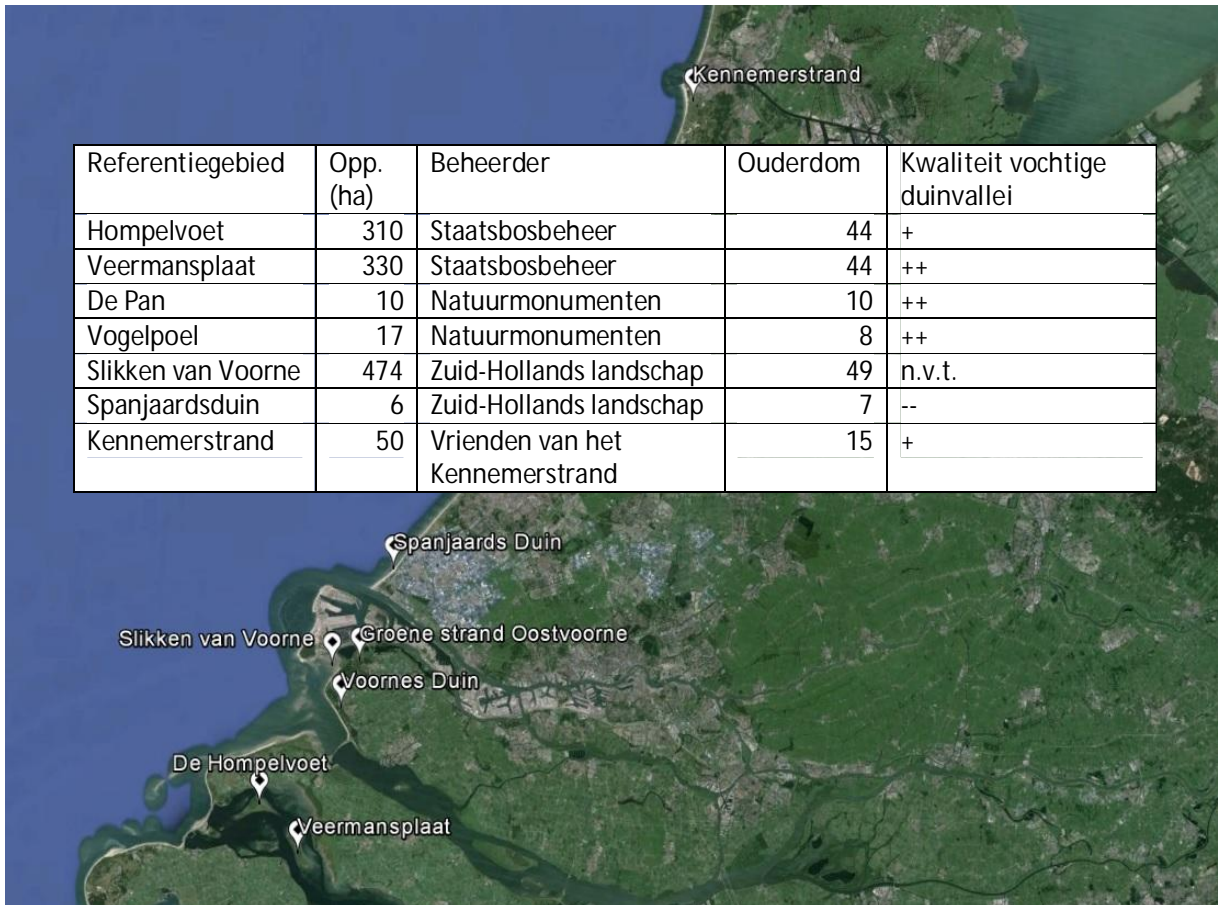
Sinds de konijnenziektes vanaf ongeveer 1950 vertoont de konijnenpopulatie grote schommelingen. De eerste grote konijnenziekte, myxomatose, zorgde na 1954 voor een sterke achteruitgang van de konijnenpopulatie. Daarop volgde een langzaam herstel maar sinds 1990 nam het aantal konijnen weer af door het Viraal Hemorragisch Syndroom (VHS). Een herstel is sindsdien nog niet landelijk te zien (Natuurmonumenten, 2006), lokaal zijn er weer herstelde populaties aanwezig (Janssen, 2015).

3.1.4.4 Omgevingsfactor

Een zeer belangrijke factor die het op gang komen van een habitattype bepaalt is een zekere geluksfactor. Die geluksfactor wordt bepaald door de nabijheid van de gewenste vegetatiezaadbronnen, de zaadverspreiding door wind, dier en mens en de grootte van het geschikte gebied. Al met al, factoren die bepalen hoe groot de kans is dat zaden van (een deel van) de gewenste vegetatie in het geschikt gebied terecht komen. Een groot gebied met optimale abiotische omstandigheden voor een bepaalde vegetatie dat op geen enkele manier uitwisseling heeft met een ander gebied met het gewenste habitattype zal zich moeilijk op een natuurlijke manier kunnen ontwikkelen. Een veel kleiner gebied dat in (veel) mindere mate geschikt is voor bijvoorbeeld een vochtige, kalkrijke duinvallei maar wel (direct) naast een gebied met het habitattype H2190 B ligt kan zich door die uitwisseling veel gemakkelijker ontwikkelen (de Kraker, 2015).

3.2 Gebiedsbeschrijving

In deze paragraaf worden de te analyseren gebieden geïntroduceerd. Voor de locaties en algemene informatie van de gebieden, zie figuur 6.



Figuur 6: Locatie referentiegebieden

3.2.1 De Grevelingen

De Grevelingen is een deels drooggevalen gebied tussen Schouwen Duiveland en Goeree Overflakkee. Na het afsluiten van het Brouwershavense Gat in 1971 viel een aantal zandplaten, waaronder de Hompelvoet (310 ha) en de Veermansplaat (330 ha), permanent droog. Door getijdenwerking waren deze eilanden altijd kaal, na de afsluiting kon daar verandering in komen doordat de eilanden niet meer met de getijden overstroomden. Er trad in rap tempo ontzilting op en er ontstond een zoetwaterbel onder de eilanden waardoor een ander grondwater regime op de eilanden in de Grevelingen is gekomen (de Kraker, 2012). De Grevelingen is een interessant gebied voor het



Figuur 7: de Grevelingen

vergelijkend duinonderzoek omdat er vele indicerende soorten voor vochtige duinvalleien voorkomen en omdat de periode van het ontstaan hiervan vrij goed is gemonitord. De hoge

ecologische waarde heeft niet alleen met de aanwezige milieufactoren, maar ook met het beheer te maken. Om het open karakter van de eilanden te behouden is geëxperimenteerd met meerdere beweidingmethoden, dit bleek echter in geen geval voldoende. Daarom vindt er naast gerichte beweiding door Fjordenpaarden, Shetlanderspony's en meerdere soorten runderen ook aanvullend maaibeheer plaats. Hierdoor ontstaan er niet te veel dichtbegroeide gebieden waar het vee niet kan komen en wordt verruiging en verstruiking gericht tegengegaan (de Kraker, 2012).

De Veermansplaat is vlakker en lager gelegen dan de Hompelvoet, waardoor het oppervlakte vochtige duinvallei groter is en er ook meer soorten voorkomen. De Hompelvoet en de Veermansplaat worden apart bestudeerd vanwege verschillen in morfologie, grondwaterniveau en vegetatie. Zie figuur 7 voor de ligging van de Hompelvoet en Veermansplaat.

3.2.2 Duinen rond Oostvoorne

Vanaf de jaren '50 tot medio jaren '90 was Voorne beroemd om zijn grote oppervlak aan vochtige duinvalleien waarin veel zeldzame soorten voorkwamen. De ontwikkeling van de Maasvlakte, de afsluiting van het Brielse Gat in 1966 en de versterking van de zeewering heeft er echter voor gezorgd dat de duinvalleien sterk in kwaliteit zijn afgenomen. De uitstoot van NOx en afname van dynamiek in combinatie met natuurlijke successie heeft veroorzaakt dat veel bijzondere vegetatie plaats hebben gemaakt voor bos en ruige struweelsoorten als Duindoorn (van der Laan, 2015). Voor deze studie zijn twee interessante gebieden in deze omgeving; Slikken van Voorne en Voornes Duin, zie figuur 8. Deze gebieden worden afzonderlijk van elkaar toegelicht.



Figuur 8: Duinen rondom Voorne

3.2.2.1 Slikken van Voorne

De Slikken van Voorne is een Natura 2000 gebied van 474 Ha. in oppervlakte (Zuid-Hollands landschap, 2015). Bij de monding van de Maas die sinds 1966 is afgedamd hebben zich geulen, zandplaten en duinen gevormd. Door de afdamming en de Maasvlakte verdween een groot deel van de dynamiek bij de duinen van Oostvoorne. Echter, ten zuiden van de Maasvlakte ontstond een nieuw dynamisch landschap waar nieuwe geulen en zandplaten nog altijd aan het ontstaan zijn door getijdenwerking, wind en golven. Hierdoor zijn plantensoorten als Zeeaster, Melkkruid, Kweldergras, Schorrekruid en Zilte Schijnspurrie gaan groeien in dit gebied (Zuid-Hollands landschap, 2015). In de Slikken van Voorne is duinvorming een natuurlijk proces. Voor het ontstaan van een vochtige duinvallei is echter te veel invloed van de zee in dit gebied. Het feit dat hier natuurlijke duinen met bijzondere vegetatie ontstaan, maakt dit landschap toch een goed vergelijkingsgebied.

3.2.2.2 Voornes Duin

Voornes Duin is een veel ouder duingebied dan de andere vergelijkingsgebieden waardoor het gebied in eerste instantie niet optimaal is als vergelijkingsgebied. De eerste ontwikkelingen tot vochtige duinvallei hebben dusdanig lang geleden plaatsgevonden dat dit proces nog maar lastig te achterhalen is. Echter, door herstelwerkzaamheden is het gebied terug gebracht naar een open landschap om de successie opnieuw te laten



Figuur 9: Slikken van Voorne (Godijn, 2014)

beginnen. Deze werkzaamheden bestaan uit het verwijderen van struweel en bomen en het afvoeren van de voedselrijke toplaag. In 2005 en 2007 zijn enkele herstelwerkzaamheden uitgevoerd ten behoeve van vochtige duinvalleien. Dit was zeer succesvol. Het resultaat is dat herstelde gebieden weer open zijn waardoor de natuurlijke dynamiek in het gebied terugkeert en karakteristieke soorten van de vochtige duinvalleien weer in het gebied te vinden zijn (Broere, 2015). Het feit dat de successie opnieuw begint in deze vochtige duinvalleien maakt dat dit duingebied, ondanks de leeftijd, weer interessant is voor het onderzoek. Om te voorkomen dat het gebied weer snel veranderd in ruigte wordt er beweide en wordt jong struweel verwijderd (van der Heiden e.a., 2010).

3.2.3 Spanjaards Duin

Spanjaards Duin is van alle besproken gebieden het gebied met de meest recente kustaanwas (door zandsuppletie). Spanjaards Duin moet in circa twintig jaar uitgroeien tot grijsduin en een vochtige duinvallei. De eerste ontwikkelingen richting een dynamisch duingebied zijn nu zichtbaar. Vooral nog groeit er vooral Zeeraket, Biestarwegras, Zandzegge en Helm. Ook zijn in het gebied de strandplevier, de bontbekplevier en de bedreigde zandhagedis waargenomen. Om te voorkomen dat het gebied verstoord en vervuild raakt is de Spanjaards Duin opgenomen in het Europese netwerk van Natura 2000-gebieden (Zuid-Hollands Landschap, 2011).



Figuur 10: Zandhagedis (Natuur in Nederland, 2015)



Figuur 5: Duinvallei Spanjaards Duin (Koolloos, 2012)

Spanjaards Duin is omringd met rasters zodat menselijke invloed zoveel mogelijk wordt vermeden en het gebied zich op een zo natuurlijk mogelijke manier kan ontwikkelen. Verder wordt verruiging tegengegaan door onder andere de ontwikkeling van Duindoorn met vrijwilligers in de kiem te smoren. Deze beheersmaatregelen zijn noodzakelijk voor de vorming van een vochtige duinvallei en grijsduin. Op deze manier wordt er voor gezorgd het droge gebied niet dichtgroeit met Duindoorn (Zuid-Hollands Landschap, 2014).

De duinvallei zelf diept steeds verder uit door uitstuiving, de verwachting is dat dit voorlopig door zal gaan totdat de grondwaterstand dicht bij het oppervlak komt en de grond te nat is om te verstuiven. Er kan worden gesteld dat de grondwaterstand is gestegen en dat de grondwaterkwaliteit van het freatische grondwater gestabiliseerd is. Verder bedraagt de verzoeting in het grondwater ongeveer 1 meter per jaar. Wanneer er rekening wordt gehouden met een aanhoudende stijging van de grondwaterstand van 0.1 meter per jaar zal het geschikte oppervlak voor een vochtige duinvallei groeien van 4.5 naar 5.3 ha. Het gewenste oppervlak voor de vochtige duinvallei is 6.1 ha, om dit te realiseren moet de waterstand nog verder stijgen. De gewenste grondwaterstand in de duinvallei in Spanjaards Duin komt in zicht, wat betekent dat habitattypen H2190 steeds meer kans zal krijgen om te ontstaan (Zuid-Hollands Landschap, 2014).

Er wordt verder ingegaan op het Spanjaards Duin in hoofdstuk 6: Koppeling aan Spanjaards Duin.

3.2.4 Kennemerstrand

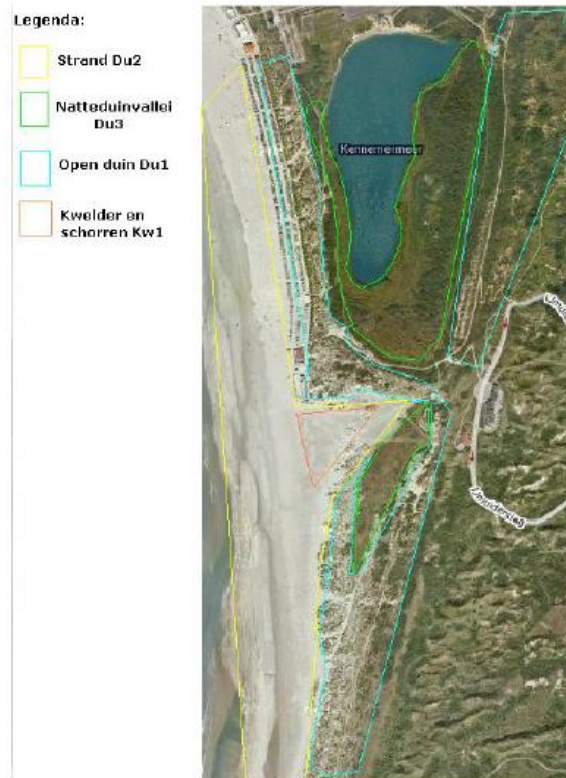
Het Kennemerstrand is een natuurgebied van ongeveer 50 ha. gelegen bij IJmuiden, zie figuur 12. De verlenging van de Zuidpier in 1966 zorgde er voor dat zeezand zich af zette in de oksel van de pier, voornamelijk aan de zuidkant waardoor er een strand van kilometers breed ontstond. Hierdoor is het gebied ontwikkeld tot een van de meest dynamische strandvlaktes met duin van ons land en groeit er bijzondere vegetatie. Meerdere zandsuppleties door zeespiegelstijging geven meer dynamiek aan het duingebied in de vorm van stuivend zand (Oud, 2014). Het Kennemerstrand is nog erg jong, uiteenlopend van 0 tot 20 jaar. Rond 1995 is er een lage duinenrij doorgebroken waardoor er een kleine slufter is ontstaan. Ook het pompen van water uit de duinen voor

drinkwatervoorziening is beëindigd waardoor de grondwaterstand aanzienlijk steeg. Dit zoete water komt als kwel omhoog in de primaire duinvallei van het Kennemerstrand (Arcadis, 2012). Dit, in combinatie met de dynamiek in het gebied, zorgt voor bijzondere strandvlaktes en vochtige duinvalleien. Bijzondere soorten die voorkomen zijn o.a. de Zeeaster, Stomp kweldergras, Dodemansvinger, de Fijnbloemige vlozegge, Stippelzegge, Teer guichelheil en de Groenknolorchis (Roos, 2009).

Om te voorkomen dat struiken en later bomen ontkiemen en het bijzondere duinlandschap in de toekomst vervangen is er in 2006 voor gekozen om plaatselijk te gaan maaien in het najaar. Op deze manier blijven de bedreigde planten die thuishoren in de jongste ontwikkelingsstadia in staat om voort te bestaan. Door haar bijzondere ecologie wordt het Kennemerstrand beschermd door de Europese Natura 2000 wetgeving (Roos, 2009).



Figuur 6: Kennemerstrand



Figuur 7: Natuurtypen Kennemerstrand (de Boer, 2008)

4 Resultaten

De resultaten betreffende de referentiegebieden met jonge kustaanwas worden in dit hoofdstuk besproken en toegelicht. In eerste instantie wordt de morfologische totstandkoming toegelicht, vervolgens de grondwaterontwikkelingen. Dan komt de bodemopbouw aan bod, gevolgd door het ontstaan van de pioniervegetatie en huidige vegetatie met het bijbehorende beheer dat op de locatie plaatsvindt. Er wordt hier ingegaan op de ontwikkelingen die de laatste jaren zijn waargenomen. Ten slotte worden de abiotische kenmerken per gebied vergeleken met de eisen die bekend zijn voor een vochtige duinvallei.

4.1 Hompelvoet en Veermansplaat (Staatsbosbeheer)

4.1.1 Morfologische ontwikkeling

De platen en slikken in het Grevelingenmeer lagen oorspronkelijk afwisselend onder en boven water. Het getijdenverschil was ongeveer 2.60m. waardoor de eilanden kaal waren. Er waren bepaalde vormen ontstaan van diepe stroomgeulen, zandplaten, slikken en schorren die afhankelijk van hun hoogteligging langer of korter onder of boven water lagen. De afsluiting van Brouwersdam in 1971 veranderde alles. De getijdendynamiek viel weg waardoor sommige delen niet meer boven water kwamen en andere delen permanent droog bleven. Hierdoor traden allerlei veranderingen op in de geomorfologie, sommige met natuurlijke oorzaak en sommige met menselijke oorzaak.

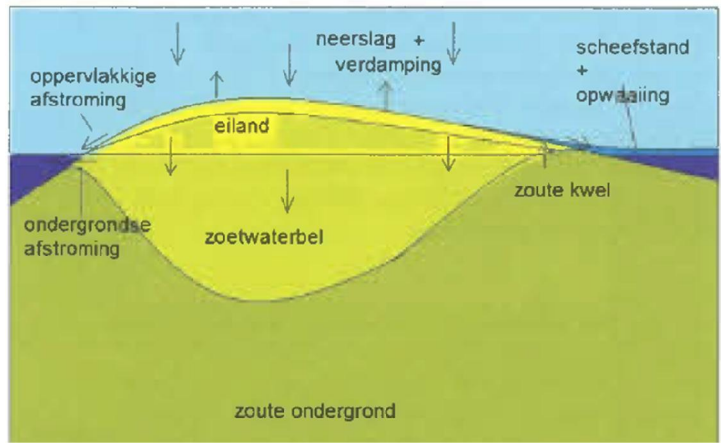
Direct na het afsluiten van de Grevelingen begonnen de eilanden te verstuiven. Doordat de eilanden niet meer overstromden werden ze bovenop droog en kreeg de wind vrij spel. Om de eilanden te behouden werden er stuifschermen geplaatst en werden gedeelten eenmalig ingezaaid in 1972-1973. De stuifschermen zorgden voor het ontstaan van lage stuifrichels en duinen met plaatselijk stuifketels daartussenin. Verder stooft zand in vegetatiepollen en aangespoelde vegetatieresten. Deze heuvels geven een sterke gradiënt aan de waterhuishouding. Hoge grond zorgt voor droogte, daarachter kunnen juist plassen ontstaan doordat de afstroming van oppervlaktewater stagneert. Het reliëf op de drooggevalle eilanden is sinds 1973 nauwelijks veranderd. Dit is te danken aan beheer en vegetatie. De Hompelvoet heeft meer reliëf (oude stuifschermen) dan de Veermansplaat en is ook iets hoger gelegen (de Kraker, 2012).

Aangezien het Grevelingenmeer zout is groeit er geen riet, waardoor de oevers langzaam eroderen. Om afslag te voorkomen is er voor gekozen om op veel kritieke plaatsen (voornamelijk het westen van de eilanden) lage grinddammen aan te leggen als oeverbescherming (Slager, 1990).

4.1.2 Grondwaterontwikkeling

Na de afsluiting van het Grevelingenmeer werd het streefpeil gesteld op 20 cm - N.A.P. Tijdens het broedseizoen wordt dit peil verlaagd naar 27 cm - N.A.P. De verandering van getijdewater naar een meer zorgde ervoor dat er in één klap een compleet nieuw evenwicht gevonden moest worden. Het peil kan gereguleerd worden via een in- en uitlaat. Ook kan het doorgespoeld worden met zeewater om verzoeting (neerslagoverschot) tegen te gaan. In 1986 is namelijk besloten dat de Grevelingen zout moet blijven. Wind zorgt voor opstuwing aan de ene kant van het meer en peilverlaging aan de andere kant, afhankelijk van de windrichting. Hierdoor kan het peil ondanks de afsluiting van de zee enkele tientallen centimeters schommelen (Slager, 1990).

Het grondwater van de eilanden in de Grevelingen is zoet. Dit komt door de vorming van zoetwaterbellen. Onder elk eiland zakt de neerslag via de goed doorlatende zandbodem naar het grondwater. Aangezien het meer zout blijft, is het grondwater diep onder het eiland ook zout. Aan de oevers stroomt het overschot aan zoet water weg. Dit kan als kwel of als ondergrondse afstroming. Het grondwater is aan de oevers zout, landinwaarts wordt de zoetwaterbel al snel dikker. Op zowel de Hompelvoet als de Veermansplaat is het grondwater al op zeer korte afstand van het meer zoet (0 tot enkele tientallen meters) en wordt de bel al snel ongeveer 6 meter dik (Slager, 1990). Deze gegevens zijn gebaseerd op kaarten uit 1990, de zoetwaterbel is inmiddels al ongeveer 15 meter dik in het midden. Er moet overigens vermeld worden dat de afbeelding een versimpeling is van de werkelijkheid, omdat er ook slecht doorlaatbare kleilagen in de bodem zitten. Deze kunnen zorgen voor een 'schijngrondwaterstand', omdat het neerslagoverschot hier niet verder naar beneden zakt waardoor de waterstand dicht bij het oppervlak komt te liggen. Doordat de Veermansplaat lager ligt en minder reliëf heeft dan de Hompelvoet heeft is het eiland vochtiger en komt het eiland het hele jaar door vrijwel nergens vocht tekort (Slager, 1990).



Figuur 8: Zoetwaterbel Grevelingen (de Kraker, 2012)

4.1.3 Bodemontwikkeling

De korrelgrootteverdeling van de bodem van het Grevelingenmeer is hoofdzakelijk bepaald door de oude stroomgeulen. Een hogere stroomsnelheid betekent dat lichtere deeltjes niet afgezet worden. De eilanden bestaan uit middelfijn zand, over het algemeen is het zand in het westen van het meer grover dan het zand in het oosten (Slager, 1990). Uit bodemonsters valt dit echter niet af te leiden, beide eilanden bestaan hoofdzakelijk uit matig fijn tot matig grof zand ($\pm 200 \mu\text{m}$, eigen meting). Dit betekent dat de bodem vrij snel kan verschralen en ontzilten omdat er weinig klei is waar mineralen sterk aan gebonden zijn (de Kraker, 2012). Dit is beide positief voor het ontstaan en de instandhouding van vochtige duinvallei vegetatie. Het lutumgehalte was in 1990 3% in de bovenste 22 cm van de bodem (Slager, 1990), wat inderdaad indiceert dat er zeer weinig klei is.

Processen als geleidelijke humusvorming en ontkalking beïnvloeden de samenstelling van de interessante schrale zoete vegetaties. De meters dikke schelpenbanken onder de eilanden zorgen echter dat de kalkrijkheid nog altijd zeer hoog is (capillaire opstijging door schelpenbanken). Humusvorming werd eerder tegengegaan door het oogsten van granen en grassen die op het eiland geplant waren, nu wordt dit door beweiden en maaien gedaan. De eilanden zijn sinds de vestiging van de eerste planten in '71/'72 iets voedselrijker geworden. Dit komt door humusvorming, een nog altijd actief proces. De Hompelvoet is voedselrijker dan de Veermansplaat (de Kraker, 2015). Zie appendices 5 & 6.

4.1.4 Saltspray

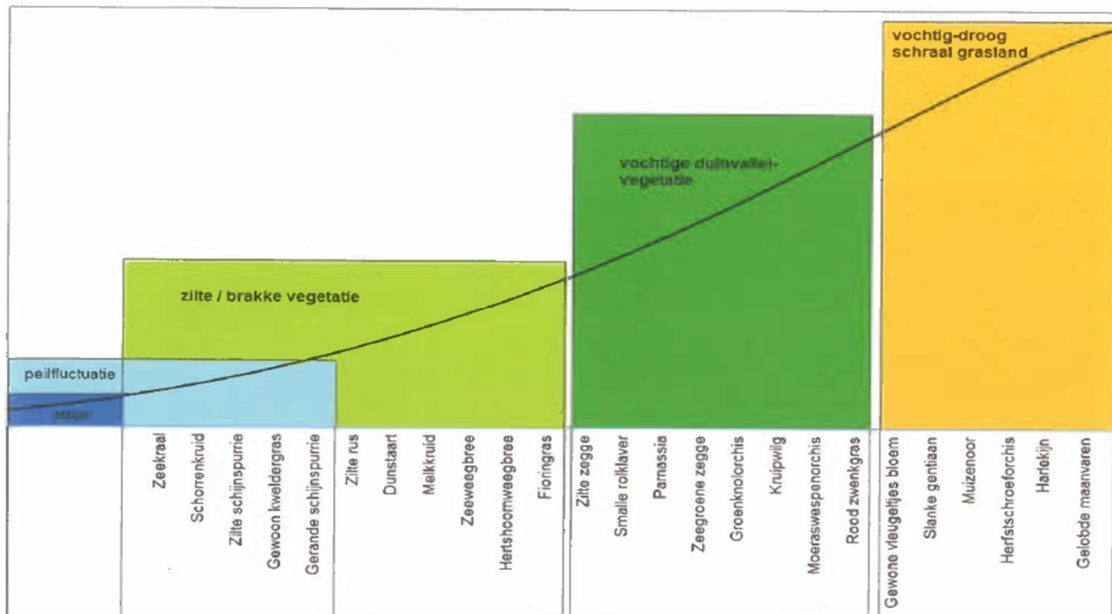
Het grootste deel van de vegetatie op de eilanden groeit in zoet of licht zilte milieus. Toch hebben deze planten baat bij saltspray zodat successie vertraagd. Voor de zilte vegetatie aan de oevers (Zeekraal) is saltspray ook van belang. De saltspray die er is komt lokaal uit het Grevelingenmeer en is zwak vanwege golfbrekers en omdat het water brak is.

4.1.5 Ecologische ontwikkeling

Diverse soorten mossen die de Hompelvoet koloniseerden kwamen in 1972, 1 jaar na de afsluiting van het Grevelingenmeer. Soorten als de Krulmos, Zilvermossen, de Zodeknikmos, maar ook het Gewone purpersteeltje vestigden zich als eersten. Op de schaal van weinig naar veel dynamiek die op het eiland zijn gerealiseerd door substraat, reliëf, grondwater en kalk werden in 1975 al aardig wat orchideeën en andere vochtige duinvallei-soorten aangetroffen. Soorten als de Orchidee kunnen niet/nauwelijks ontkiemen in een aaneengesloten mossendeck (Beijersbergen J. H., 1980). Mossen zijn belangrijke pioniers, maar te veel mos bevordert de situatie lokaal voor vochtige duinvegetatie zeker niet.

De inzaai van een grasmengsel van Rogge, Engels raaigras, Straatgras en Veldbeemdgras had als toevallige bijkomstigheid dat deze geoogst kon worden, waardoor er mineralen afgevoerd konden worden. Verder werden opgestoven zandruigen vastgelegd met Helmgras. Op voorheen onbegroeide gebieden vestigde zich zoute pioniersoorten zoals Zeekraal en Schorrekruid. Op de Hompelvoet werden de slikken beplant met grassen en gerst om het een geschikt foerageergebied te maken voor ganzen. Ook was er op meerdere delen beweiding om de vegetatie kort te houden (Beijersbergen, 1975). Pas in 1990 verscheen de eerste Groenknolorchis op de Veermansplaat. Ongeveer 15 jaar later vestigde deze plant zich ook op de Hompelvoet. Waar dit verschil vandaan komt is niet duidelijk (Beijersbergen, 2015).

Door beweiding wordt de vegetatie hier en daar opengetrapt. Hierdoor ontstaat microreliëf. Zo kunnen bijvoorbeeld dijkjes die met Helm zijn beplant worden opengetrapt, waardoor Gewoon krulmos op dit soort plaatsen soms veel voorkomt. Door het vormen van kapsels (hierin worden de sporen gevormd) kan de bodem bruin kleuren. Dit geeft aan dat beweiding dynamiek kan toevoegen aan het landschap. Het opentrappen van de bodem kan een geschikt kiemingsmilieu doen ontstaan voor mossen en eenjarige zaadplanten (Beijersbergen, 1975). Een schematisch verloop van zout naar zoet, wat op de eilanden van Grevelingen is gebeurd door de ontwikkeling van de zoetwaterbel, is weergegeven in figuur 15. Hier moet echter niet vergeten worden dat het een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid is omdat veel soorten een aanzienlijk deel van het traject beslaan. Dit figuur slaat op zandige milieus binnen de Grevelingen en is dus representatief voor de Hompelvoet en Veermansplaat.



Figuur 9: Successie Grevelingen (de Kraker, 2012)

De Hompelvoet en de Veermansplaat zijn beide zeer rijk aan typische soorten voor vochtige duinvalleivegetatie. De Veermansplaat is iets succesvoller wat deze vegetatie betreft, dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat er minder hoge delen in het eiland zitten en het eiland erg laag gelegen is, wat er voor zorgt dat het eiland iets vochtiger is dan de Hompelvoet. Hierdoor kan vochtige duinvallei vegetatie zich ook in droge jaren goed handhaven.

4.1.6 Beheersmaatregelen

Het oorspronkelijke karakter van de Grevelingen is geheel veranderd door toedoen van de mens. Eerst werd van de Grevelingen een meer gemaakt, waardoor de eilanden dreigden te verdwijnen door verstuing en golferosie. Daarom zijn de duinruggen aangelegd en werden granen en grassen ingezaaid. Het oogsten hiervan maakt de bodem schraler.

In het heden worden de eilanden bijgehouden door beweiding en maaibeheer. Op de Hompelvoet grazen het hele jaar door 25 Fjordenpaarden en is er seizoensbeweiding van runderen omdat de paarden niet alles bij kunnen houden. Waar nodig wordt ook struweel verwijderd.

Op de Veermansplaat grazen het hele jaar door 36 Shetlandpony's en is er seizoensbeweiding van runderen. Het regelen van runderen wordt echter steeds moeilijker omdat ze zeer schuw worden op de eilanden en ze zich niet eenvoudig laten vangen. Ook zijn er wettelijke veranderingen doorgevoerd waardoor het voor boeren minder gunstig is op financieel gebied om hun runderen naar de eilanden te sturen. Ook hier wordt struweel gemaaid.

De eilanden zijn buiten broedseizoenen toegankelijk. Hoofdzakelijk de Veermansplaat maar ook de Hompelvoet heeft weinig toeristen omdat de vochtigheid en de wind zorgt voor een oncomfortabel klimaat (de Kraker, 2012).

4.1.7 Conclusie

Nadat de getijdendynamiek verdween is op beide eilanden zandverstuiving tegengegaan door windschermen en het aanbrengen van grassen en granen. Dat de eilanden precies even oud en vrijwel even groot zijn maakt het interessante vergelijkingsgebieden. Beide eilanden bestaan hoofdzakelijk uit middelfijn zand met laag tot zeer laag lutumgehalte. Hier en daar zijn wel kleilagen te vinden.

Het reliëf is vlak na de afsluiting op de eilanden vastgelegd. De Veermansplaat is vlakker en lager gelegen dan de Hompelvoet, wat zorgt voor verschillende waterstanden in de twee eilanden. De Veermansplaat heeft een groter oppervlak aan vochtige duinvallei dan de Hompelvoet. De Hompelvoet is iets droger en heeft meer reliëf.

De kalkrijkheid op de eilanden wordt veroorzaakt door dikke schelpenbanken in de zandige plaatafzettingen. Verzuring wordt tegengegaan door middel van kalkrijke, basische kwel en de aanwezigheid van de schelpenbanken.

Binnen 4 jaar is op de kale platen al een duidelijk begin van vochtige duinvegetatie zichtbaar op dynamische, vochtige locaties. Dit begon met de vestiging van mossen en grassen. Ondanks het feit dat de Hompelvoet en de Veermansplaat zich in op hetzelfde moment zijn gaan ontwikkelen, min of meer hetzelfde moedermateriaal hebben en ongeveer even groot zijn is de vegetatie op de Veermansplaat toch van grotere natuurlijke waarde geworden dan die op de Hompelvoet. Dit komt doordat de Veermansplaat lager ligt en vlakker is dan de Hompelvoet waardoor vochtige duinvalleien uitgestrekter en soortenrijker konden worden en ruigesoorten als Duindoorn het lastiger hadden en hebben. Al komt bijvoorbeeld de Groenknolorchis in veel mindere mate voor op de Hompelvoet, het is een eiland met vochtige duinvegetatie van hoge waarde met onder andere veel soorten van het Knobbies-verbond.

De beweiding door runderen, paarden en pony's is noodzakelijk voor de instandhouding van de vochtige duinvalleien. Zonder dit beheer zou de vegetatie op beide eilanden hoofdzakelijk bestaan uit struiken en bomen.

De abiotische omstandigheden zijn te zien in figuur 16 en 17. Hierin is terug te zien dat de eilanden veel op elkaar lijken maar dat de Hompelvoet meer droge gebieden heeft en voedselrijker is (hoewel nog steeds voedselarm). De zoute oevers van de eilanden zijn niet meegenomen in deze analyse omdat deze geen kans hebben op vestiging van een vochtige duinvalleivegetatie.

Hompelvoet										
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	matig zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout				
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk			
Overstromingfrequentie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet					

Figuur 11: Abiotische omstandigheden Hompelvoet

Veermansplaat										
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	matig zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout				
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk			
Overstromingfrequentie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet					

Figuur 10: Abiotische omstandigheden Veermansplaat

4.2 Voornes Duin (Natuurmonumenten)

Voornes Duin staat internationaal bekend als een van de meest waardevolle duingebieden van Noordwest-Europa. Vooral de zeer soortenrijke natte duinvalleien zijn geprezen. Voornes Duin is aangewezen als Natura 2000 gebied en wordt beheerd door Natuurmonumenten (Vertegaal, 2011). Voor toponiemen op Voornes Duin, zie appendix 7.

In Voornes Duin zijn een aantal grote herstelprojecten uitgevoerd waarvan er een tweetal worden behandeld in dit verslag. Dit zijn 'de Pan' en 'de Vogelpoel'.

4.2.1 Morfologische ontwikkeling

De duinen van Voorne behoren tot de zogenaamde 'Jonge Duinen'. De bovengrond in het gehele plangebied bestaat uit jonge, kalkrijke duin- en strandafzettingen, zie appendix 8. In het grootste deel van het duingebied zijn onder de jonge duinen op een diepte van 3 tot 5 meter beneden maaiveld kleiige lagen aanwezig die in de Middeleeuwen door de zee zijn afgezet (Afzettingen van Duinkerke, appendix 9). De kalkrijkdom van de bodem neemt, gaande van zee naar binnenduinen, geleidelijk af. In de valleien heeft door vorming van humuszuren lokaal ontkalking plaatsgevonden (Rijkswaterstaat, 2014).

De morfologische ontwikkeling van Voornes Duin is in mindere mate van belang omdat de abiotische omstandigheden na de herstelwerkzaamheden al op orde waren waardoor de vegetatie zich snel kon ontwikkelen (Natuurmonumenten, 2006). Tussen 2010 en 2012 is zandsuppletie uitgevoerd op de kop van Voorne, de verwachting voor 2015 is dat de kustaanwas/afslag ongeveer 0 meter zal bedragen (Rijkswaterstaat, 2014).

4.2.2 Grondwater ontwikkeling

In de bodem van westelijk Voorne kunnen drie watervoerende pakketten onderscheiden worden. In het noordwestelijk gedeelte van het gebied zijn deze pakketten niet gescheiden. Daar staat het freatisch water in direct contact met het zoute water uit de diepere watervoerende pakketten. Voor de waterhuishouding is vooral de bovenste scheidende laag, welke in de landwaartse helft van het duingebied op een diepte van 3-5 meter beneden het maaiveld ligt, van groot belang (zie appendix 10). De aanwezigheid van deze scheidende laag zorgt voor een hoge grondwaterstand. Ook de aanwezigheid van een overstoven klei dijk belemmert de afstroming vanuit de duinen waardoor hoge grondwaterstanden bevorderd worden.

De waterhuishouding van Voornes Duin is relatief ongestoord. Er wordt sinds 50 jaar geen water meer gewonnen voor drinkwatervoorziening. Wel zijn er in de omgeving van de Schapenwei wijzigingen aangebracht om overtollig water weg te pompen om te voorkomen dat aanliggende valleien onder water komen (Natuurmonumenten, 2006).

Om de waterhuishouding na het Panproject bij te houden zijn er in 2006 vier peilbuizen geplaatst. De meetreeksen zijn echter nog te kort om conclusies hieraan te verbinden. Wel is door de verwijdering van bos en struweel de verdamping afgenomen waardoor de grondwaterstand is gestegen (Natuurmonumenten, 2006).

In het Vogelpoelproject zijn 3 peilbuizen geplaatst. In deze meetgegevens en op luchtfoto's is te zien dat in de geplagde valleien meer open water is ontstaan. Het is (nog) niet duidelijk of dit het gevolg is van verminderde verdamping of dat het uitsluitend het effect is van maaiveldverlaging door het plagen (Natuurmonumenten, 2006).

4.2.3 Bodemontwikkeling

De volgende maatregelen zijn bij de herstelprojecten uitgevoerd om onbegroeid duingebied terug te winnen: verwijderen van struweel en bos, verwijderen van strooisel, lokaal plaggen en maaien.

Bij 'de Pan' beslaat het herstelproject 10 hectare. De bodem in de geplagde valleien van de Pan is kalkrijk en constant vochtig door de aanvoer van kalkrijk kwelwater.

Bij 'de Vogelpoel' beslaat het herstelproject 17 hectare. Op veel plekken is na het plaggen kaal zand en open water ontstaan. Op veel van deze plaatsen is op de bodem een bruinrode afzetting van kalk en ijzer te zien, zichtbaar vanwege de capillaire opstijging en verdamping van het grondwater.

De verstuiwing binnen de gebieden is fors toegenomen door het verwijderen van struweel. Deze verstuiwing zorgt voor een vertraging van de natuurlijke successie.

Voor dit onderzoek zijn er metingen gedaan in de bodem van de Pan. Vanwege praktische beperkingen is de Vogelpoel achterwege gelaten. De metingen van de pan staan hieronder.

	pH	Kalkgehalte (g/kg)	organische stof (%)	Korrelgrote (um)	dikte humuslaag (cm)
de pan					4
5cm-mv	6,8	1,2	3,13	250	
15cm-mv	7,1	4,8	3,09	250	
25cm-mv	7,1	5,3	2,21	250	

4.2.4 Saltspray

Doordat de invloed van zoute zeewind en stormen op Voornes duin sterk is afgenomen door de vastlegging van de kust, is het natuurlijke en dynamische karakter veranderd. In het belang van de veiligheid werd Helm aangeplant en alle stuivende plekjes in het duin werden vastgelegd met takken. Met de aanleg van de Maasvlakte en de baggerberging in de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw werden onnatuurlijke windbrekers toegevoegd en kwam Voorne in de luwte te liggen. De zeereep versterking die in de jaren '80 is uitgevoerd met grof, slibrijk zand kan niet verstuiwen en groeit snel dicht met duindoornstruweel wat de zoute wind meer en meer tegenhoudt.

4.2.5 Ecologische ontwikkeling

In het najaar van 2005 is het herstelproject de Pan uitgevoerd. Binnen drie jaar hebben zich al doelvegetaties van vochtige, kalkrijke duinvalleien gevestigd ondanks dat de situatie hiervoor aan de droge kant lijkt, dit wordt mogelijk gecompenseerd door de hoge kalkrijkdom van de bodem (van der Heiden e.a., 2010).

De florakartering in de Pan is in 2008 uitgevoerd, 3 jaar na de herstelwerkzaamheden. In deze drie jaar hebben zich uitgebreid doelvegetaties van vochtige duinvalleien gevestigd in de voorheen met bos begroeide valleien. De soorten die er gevonden worden behoren voornamelijk tot de knopbiesgemeenschap: Knopbies, Parnassia, Duinrus, Dwergzegge, Teer guichelheil, Blauwe zegge, Borstelbies, Herfstbitterling en Moeraswespenorchis. Vrijwel alle soorten van de knopbiesgemeenschap hebben zich in drie jaar (uitgebreid) gevestigd met uitzondering van diverse orchideeën, deze hebben langer de tijd nodig om zich te vestigen.

De volgende vegetatiekartering van de pan is uitgevoerd in 2012. Tijdens deze kartering zijn verschillende orchideeën zoals de Vleeskleurige orchis, de Rietorchis en de Moeraswespenorchis honderden keren waargenomen. De knopbiesgemeenschap is, m.u.v. de Groenknolorchis, vrijwel geheel aanwezig in de Panvallei (van der Heiden e.a., 2010). Waarom de Groenknolorchis zich niet in de Pan heeft gevestigd en de andere kenmerkende orchideeën wel is onduidelijk. Dit zou slechts een kwestie van tijd kunnen zijn.

In het najaar van 2007 is het herstelproject de Vogelpoel uitgevoerd. De valleien waren destijds begroeid met bos en er was een dikke humeuze laag aanwezig. Open water ontbrak. De eerste vegetatiekartering in de Vogelpoel is in 2008 uitgevoerd, een klein jaar na de herstelwerkzaamheden. In dit jaar hebben zich kenmerkende pioniersoorten van vochtige duinvalleien gevestigd zoals; Dwergzegge, Strandduizendguldenkruid, Echt duizendguldenkruid, Armbloemige waterbies, Stijve moerasweegbree en Waterpunge (van der Heiden e.a., 2010). De volgende vegetatiekartering van de Vogelpoel is in 2012 uitgevoerd. De aanwezigheid van doelvegetaties van vochtige duinvalleien zijn hierbij in grote getale gekarteerd zoals de Parnassia, Herfstbitterling, Vleeskleurige orchis en Moeraswespenorchis (Damm & Spaargaren, 2013), (van der Goes, 2012).

4.2.6 Beheersmaatregelen

Vervolgbeheer De Pan

Voor de uitvoering van de herstelmaatregelen werden de valleien in het gebied de Pan jaarlijks gemaaid. Na uitvoering van de herstelwerkzaamheden in 2005 is gestart met seizoensbeweidning. Vanaf juli tot eind december worden Charolais koeien ingeschaard. Hoe lang de dieren daadwerkelijk op het terrein blijven wordt jaarlijks bepaald aan de hand van de weersomstandigheden en biomassa-productie. Waar nodig worden jaarlijks, in de winter, worteluitlopers en jonge opslag van bomen en struiken gesprageld. Op hellingen worden deze uitlopers verwijderd met de bosmaaier (van der Heiden e.a., 2010).

Vervolgbeheer De Vogelpoel

Voor de uitvoering van de herstelmaatregelen werd de vallei waarin de Vogelpoel is gelegen jaarlijks gemaaid. Na de uitvoering van de herstelwerkzaamheden in 2007 is gestart met jaarrondbegrazing met Schotse Hooglanders. De effecten van jaarrondbegrazing t.o.v. seizoensbegrazing in De Pan is duidelijk terug te zien. Het Vogelpoelproject is minder bloemrijk dan het Panproject.

Jaarlijks worden de vlakke delen in de wintergesprageld om worteluitlopers en jonge opslag te verwijderen. Op hellingen gebeurt dit met de bosmaaier.

Een tweede beheersmaatregel die verschilt t.o.v. de Pan is dat de struiken en bomen die na het kappen zijn overgebleven met een groei remmend middel zijn ingesmeerd, ook dit lijkt het gewenste effect te hebben (van der Heiden e.a., 2010).

4.2.7 Conclusie

Herstelwerkzaamheden zoals de Pan en Vogelpoel leveren waardevolle informatie over de ontwikkeling van een gebied naar een jonge vochtige en kalkrijke duinvallei. De toplaag en struweel is op veel plaatsen verwijderd waardoor de meest verrijkte bodemlaag verdwenen is. De overige abiotische omstandigheden zoals aanvoer van gebufferd en kalkrijk kwelwater zijn al op orde. De ontwikkelingsreeksen geven dus een mooi beeld van de vegetatieontwikkeling van relatief grote geschikte gebieden voor een vochtige kalkrijke duinvalleivegetatie (40 hectare) wanneer de abiotische omstandigheden geschikt zijn voor de doelvegetatie. Dat dit het geval is, is te zien in figuur 18.

Duinen van Voorne											
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur			
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inonderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog	
Zoutgehalte	zeer zoet	matig zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout					
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk				
Overstromingsfrequentie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet						

Figuur 12: Abiotische omstandigheden Duinen van Voorne

Aan de hand van de eerste vegetatiekarteringen kan geconcludeerd worden dat binnen een jaar al de eerste pioniersoorten zich opnieuw kunnen vestigen (Strandduizendguldenkruid, Dwergzegge). Binnen drie jaar hebben de doelvegetaties van vochtige duinvalleien zich gevestigd (Knopbies, Parnassia, Herfstbitterling) m.u.v. een aantal orchideeën die net een paar jaar meer nodig hebben om zich te vestigen.

Na een vijftal jaren hebben ook de meeste orchideeën zich uitgebreid gevestigd. Wat interessant is om te zien in deze gebieden is dat de groenknolorchis zich in ieder geval tot 2012 nog niet heeft gevestigd. Dit terwijl vrijwel alle andere soorten van het Knopbies-verbond zich al wel hebben gevestigd in grote getalen. Een reden hiervan kan zijn dat er simpelweg nog geen groenknolorchis zaadje op de gebieden terecht is gekomen en er dus meer tijd nodig is of dat de opkomst van de andere orchideeën en vegetaties een te grote concurrerende werking hebben.

De snelle ontwikkeling tot de doelvegetaties van de vochtige duinvallei zijn in de herstelgebieden voor een groot deel mogelijk gemaakt door de nabijheid van andere, niet herstelde valleien. Hierdoor kunnen zaadjes zich gemakkelijk verspreiden.

Een belangrijk verschil tussen de twee herstelprojecten is het beheer. In de Pan vindt er enkel seizoensbegrazing met 10 charolais koeien plaats terwijl in de Vogelpoel jaarrondbegrazing met 7 schotse hooglanders plaatsvindt. Dit en het feit dat de struiken in de Vogelpoel na het kappen zijn ingesmeerd met een groei remmend middel zorgen er voor dat de struiken veel minder snel terugkomen in de Vogelpoel dan in de Pan. De jaarrondbegrazing zorgt er in de Vogelpoel ook voor dat het minder bloemrijk is dan in de Pan. De diversiteit neemt niet af maar de mate van voorkomen wel.

4.3 Slikken van Voorne (Zuid-Hollands landschap)

Het gebied 'de Slikken van Voorne' bestaat niet alleen uit slikken, maar ook uit schorren. In de slikken leven zeer veel bodemorganismen die als voedsel dienen voor vissen en wadvogels. Dit soort gebieden is zeer zeldzaam voor Europa, daarom is het aangewezen als rustgebied binnen Natura-2000. Omdat dit gebied zouter is dan andere vergelijkingsgebieden kan niet worden verwacht dat de Knopbiesassociatie hier voorkomt. De schorren zijn hoger, iets droger en hebben meer potentie voor vochtige duinvallei vegetatie. De Slikken van Voorne is een erg jong gebied, volop in ontwikkeling en dus zijn met name de schorren een goed vergelijkingsgebied voor jonge kustaanwas.

4.3.1 Morfologische ontwikkeling

Oorspronkelijk kon het zeewater via de monding van de Maas het binnenland bereiken. Overstromingen zorgden voor sedimentatie van zeeklei waardoor het land werd opgehoogd. De aanleg van polders heeft deze gebieden afgesloten van de zee, waardoor de huidige vorm van de kust ontstond. Rond 1200 ontstonden duinen door de grote hoeveelheid zandaanvoer. In de twintigste eeuw is de situatie bij de monding van de Maas sterk veranderd door menselijke ingrepen. De Brielse Gatdam zorgde vanaf 1966 voor afsluiting van de Maas. In 1985 werd het zogenaamde slufferdepot aangelegd voor de opslag van verontreinigd havenslib. Hierdoor hebben de Slikken zich in een hoog tempo uitgebreid, maar sinds 1993 is dit tempo aanzienlijk afgenomen (Godijn, 2014).

Ondanks de afname in dynamiek die deze verandering meebracht staat het gebied nog altijd onder invloed van wind en water. Overstromingen zorgen voor zouttoevoer en aanvoer van slibdeeltjes terwijl wind de droge delen kan uithollen of juist aanvullen door aanvoer van sediment. Er is duidelijk meer sedimentatie dan erosie op de Slikken van Voorne waardoor de bodem langzaam ophoogt en de overstromingsduur- en frequentie afneemt. Dit zorgt voor een droger en minder zout klimaat waardoor pionierplanten zich kunnen vestigen en de bodem beter bestand is tegen erosie. Dit proces heeft er voor gezorgd dat de Slikken van Voorne voornamelijk bestaat uit slikken met aan de oostkant enkele schorren (Godijn, 2014). Karteringen van de transformatie van de Slikken van Voorne van 1850 tot 2015 zijn in figuur 19 en 20 weergegeven. Het gebied van de Slikken van Voorne is op de kaart van 1850 rood omlijnd, het maakte toen deel uit van een vloedgeul.



Figuur 14: Slikken van Voorne 1850 (Godijn, 2014)



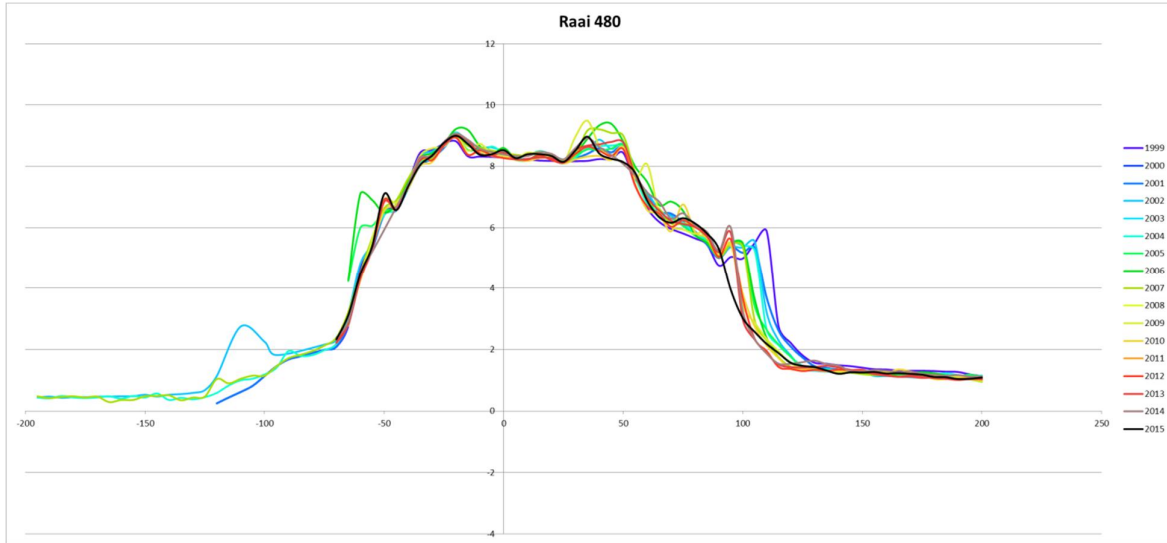
Figuur 13: Slikken van Voorne

In de huidige situatie wordt er vanwege de beschutte ligging en suppleties aan de kop van Voorne nog altijd meer zand aangevoerd dan dat er wordt weggespoeld. Deze positieve zandflux zorgt er voor dat schorren zich uitbreiden, landinwaarts hoger worden en dat de dynamiek afneemt, waardoor fijne slibdeeltjes sedimenteren (Godijn, 2014).

Bij de Jarkus analyse zijn er een tweetal raaien onderzocht, raai 480 in het midden van de Brielse Gatdam en raai 780 aan de zuidoostkant van de Slikken van Voorne, zie de rood gemarkeerde raaien in appendix 11.

Uit de analyse van raai 480 tegen de Brielse gatdam blijkt dat langs deze kant erosie plaatsvindt. Er is gekozen voor de tijdsperiode van 1999 tot en met 2015 omdat dit een duidelijk beeld geeft van de trend die er plaatsvindt.

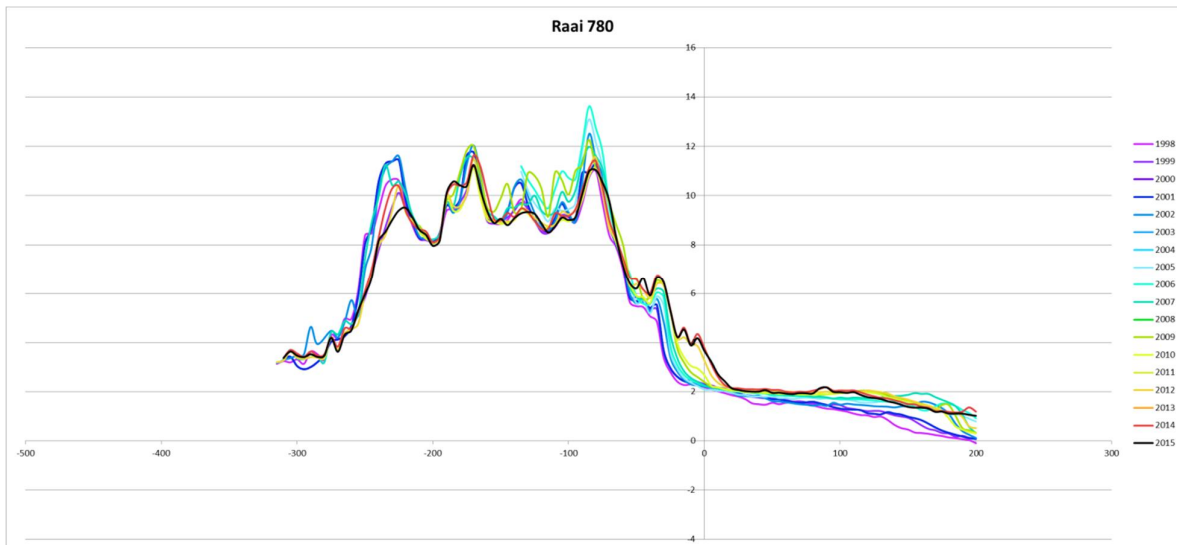
De NAP lijn komt elk jaar verder naar het noordoosten te liggen. De hoogte van de Brielse gatdam neemt zelf niet af, dit heeft te maken met het feit dat er dusdanig veel begroeiing is dat de wind geen eroderende werking kan uitoefenen. De kustlijn zelf is echter onbeschut en erodeert hierdoor. In figuur 21 is het dwarsprofiel van de Brielse gatdam in de jaren 1999 tot en met 2015 weergegeven. Er is hier duidelijk terug te zien dat de kust erodeert en steeds verder landinwaarts komt te liggen. Over de 17 jaar die weergegeven is, is er 1.5 meter kust weg geërodeerd. Voor een grotere weergave van de Jarkus analyse zie appendix 12.



Figuur 15: Jarkus raai 480

De zuidoostkant blijkt volgens de Jarkus analyse een aanwaskust te zijn. In Jarkusraai 780 is duidelijk te zien dat er sedimentatie voor de kust plaatsvindt en dat de kustlijn zich daardoor steeds verder zeewaarts verplaatst.

Het dwarsprofiel is weergegeven in figuur 22 over een tijdsperiode van 1998 tot en met 2015.



Figuur 16: Jarkus raai 780

Zoals te zien is varieert de hoogte van de duin aan de zuidoostelijke kant flink, de wind heeft hier meer invloed omdat de successie hier al relatief ver gevorderd is (struikgewas en bomen). Er zijn daardoor relatief veel open plekken waardoor er verstuiving kan plaatsvinden. Er is echter geen duidelijke trend te zien, de hoogte blijft over de jaren heen ongeveer gelijk. Wel is er duidelijk te zien dat de 'scherpe' toppen van de duinen er door de wind worden afgehaald waardoor het geheel een vlakker karakter krijgt. Voor een grotere weergave van de Jarkus analyse zie appendix 13.

4.3.2 Grondwaterontwikkeling

De getijden hebben vanzelfsprekend grote invloed op de waterstand. Met laag water ligt de waterspiegel op ongeveer 0.6 m onder NAP, met hoog water 1.1 m boven NAP. Golven worden enorm gedempt door de zandplaten die verder zeewaarts liggen, het ondiepe water en door de beschutte ligging. Getij, rivierafvoer en neerslag zogen voor sterke schommelingen in het zoutgehalte. Het zoutgehalte kan korte tijd aanzienlijk hoger of lager dan gemiddeld uitvallen na heftige regenval of door inundatie met zeewater (Godijn, 2014).

Het feit dat er geen drinkwater gewonnen wordt uit Voornes Duin zorgt ervoor dat het grondwaterniveau hoog ligt (Adriani & van der Marel, 1968). Er is vrij veel kwel op de schorren, waardoor het water daar over het algemeen brak is in de plaats van zout. Dit water is afkomstig van de zoetwaterbel onder het Voornes Duin.

Wat niet mag worden vergeten is dat het dalende Noordzeebekken en zeespiegelstijging door klimaatverandering zorgen voor een daling van het land ten opzichte van de zee. Hierdoor zullen lage, onbeschermden delen zoals de slikken en schorren bij Voorne kunnen verdwijnen. Aangezien de Slikken van Voorne een positief sedimentsaldo heeft is de kans toch groot dat dit gebied niet zomaar zal verdwijnen (Godijn, 2014).

4.3.3 Bodemontwikkeling

Doordat de Slikken van Voorne nog maar zo kort geleden gevormd zijn is dit zeer jonge duingebied nog volop in ontwikkeling. Daarom zal dit gebied er over 50 jaar compleet anders uitzien dan nu. Allerlei aspecten van het gebied, waaronder de bodemontwikkelingen, verlopen in een rap tempo (Vertegaal, 2005). Het kalkgehalte is relatief hoog (2-8%), het zand is vrij grof en het organische stofgehalte is over het algemeen laag. De zuurgraad is vrij laag met een pH van ongeveer 7. Door het sediment dat met elke vloed op de Slikken van Voorne wordt afgezet is de sedimentatie nog in volle gang. De slikken hebben slibgehalten die uiteenlopen van 1 tot 20%, de schorren 1 tot 5% (Vertegaal, 2005). Slib sedimenteert naarmate het water rustig wordt, dus buiten de invloed van golfwerking en stroming. Slib zorgt voor verhoging van de bodem en toename van de voedselrijkdom. Verder is een slibbodem beter in staat vocht vast te houden en is het gelijkmatiger in temperatuur en zoutgehalte (Godijn, 2014). Kortom: de dynamiek wordt minder en de voedselrijkdom wordt groter, waardoor meer plantensoorten de kans krijgen zich te vestigen en de successie versneld wordt. Er is geen sprake van noemenswaardige bodemverontreiniging in de Slikken van Voorne (Vertegaal, 2005). Bodemgegevens van de Slikken van Voorne (eigen metingen) staan hieronder weergegeven.

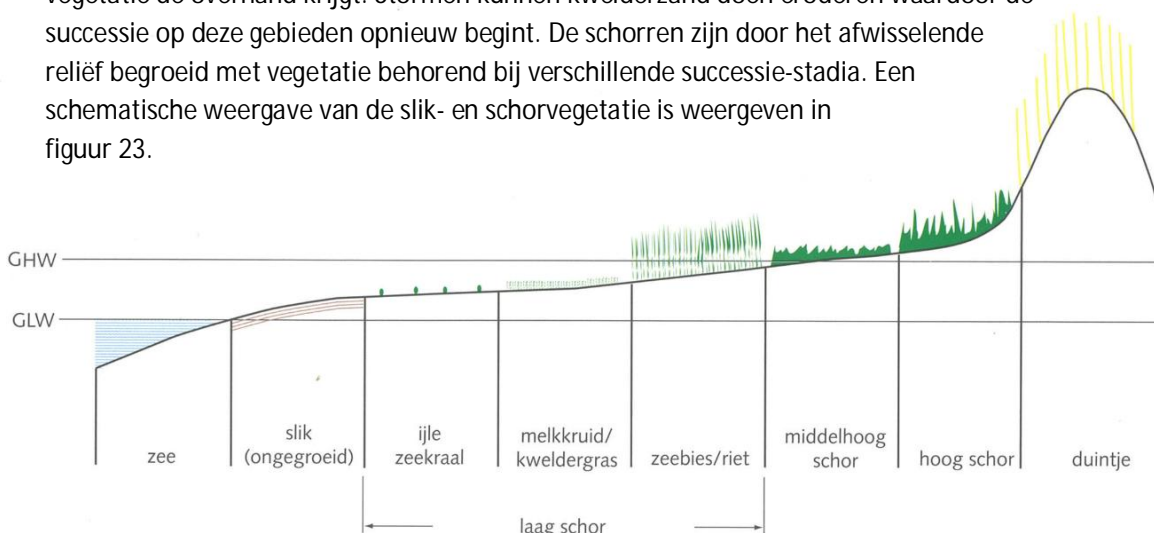
	pH	Kalkgehalte (g/kg)	organische stof (%)	Korrelgrote (um)	dikte humuslaag (cm)
Slikken van Voorne					5
5cm-mv	7,4	9,3	4,23	200	
15cm-mv	7,4	14,0	5,06	200	
25cm-mv	7,5	15,6	6,91	200	

4.3.4 Saltspray

Doordat de windrichting voornamelijk zuidwestelijk is, waait er regelmatig saltspray het land in. Dit zorgt voor een toevoer van zout. Dit is een van de redenen waarom het zoutgehalte ook in de delen die niet regelmatig overstromen schommelt maar over het algemeen vrij hoog is.

4.3.5 Ecologische ontwikkeling

Omdat de slikken bij vrijwel elke vloed onderlopen zijn dit kale zandplaten. De schorren overstomen alleen bij springtij, waardoor vegetatie de kans krijgt te groeien. Dit zijn over het algemeen vaatplanten. Op schorren groeien veel zoutminnende planten zoals schorrenkruid en zeekraal, en ook zouttolerante soorten die niet direct baat hebben bij het zoute water maar overleven doordat concurrenten moeilijker kunnen overleven op deze standplaatsen. Hoe verder landinwaarts, hoe hoger, droger en zoeter de schor en hoe sneller successie optreedt waardoor ruige, zoetwater vegetatie de overhand krijgt. Stormen kunnen kwelderzand doen eroderen waardoor de successie op deze gebieden opnieuw begint. De schorren zijn door het afwisselende reliëf begroeid met vegetatie behorend bij verschillende successie-stadia. Een schematische weergave van de slik- en schorvegetatie is weergegeven in figuur 23.



Figuur 17: Vegetatieontwikkeling slikken en schorren (Vertegaal, 1997)

Vanaf 1989 worden er in juli ieder jaar vegetatie opnamen genomen op de schorren. Deze opnamen geven helaas geen exact beeld van de volledige vegetatie op de Slikken van Voorne maar zijn wel een goede indicatie over het verloop van de successie en daarmee de ontwikkeling van het schor (Godijn, 2014).

Typische pioniersoorten in de schorren waren Zeekraal, Zulte, Schijnspurrie, Engels slijkgras, Kweldergras en Schorrenkruid, waarvan Zeekraal vaak de hoofdrol op zich neemt. Naarmate de standplaatsen hoger komen te liggen en de dynamiek en invloed van de zee afnemen vestigen zich soorten als Zilte rus, Melkkruid, Fioringras en Rood zwenkgras. Dit is om en nabij vijf jaar na het oprukken van die pioniersoorten. In deze fase zijn pioniersoorten vaak sterk in aantal afgenomen maar nog wel aanwezig op de laaggelegen natte en zoute delen waar het zeewater nog altijd invloed uitoefent. Op dat moment is de bedekkingsgraad vrijwel 100% en zijn per opname veel verschillende soorten aangetroffen (± 15 soorten per $12,25\text{m}^2$). Als 1 á 2 jaar later onder andere de Zilte rus, Rood zwenkgras en Kwelderzegge terrein winnen loopt dit terug naar ongeveer 10 soorten per $12,25\text{m}^2$. Vanaf dan krijgen drogere, zoetere en ruigere soorten steeds meer te zeggen en neemt het soortenaantal verder af. Wat opvalt, naarmate de bedekkingsgraad 80% nadert begint het soortenaantal af te nemen. Dit komt omdat de vegetatie vanaf dat moment steeds meer bestaat uit dominante grassen (Godijn, 2014).

Verruiging is al sinds het begin van vegetatiekarteringen (1986) duidelijk waarneembaar in de Slikken van Voorne. Soorten als Rood zwenkgras, Riet en Duindoorn zijn dominant waardoor typische soorten voor schorren het moeilijk hebben. Dit komt hoofdzakelijk door stikstofdepositie, aanvoer van organische stoffen en interne mineralisatie en assimilatie van planten. Een goed voorbeeld van

assimilatie is een proces dat wordt veroorzaakt door de Duindoorn. Deze struik heeft stikstofbindende knolletjes aan de wortels waardoor in de nabijheid van duindoornstruweel het stikstofniveau stijgt en de successie zichzelf versterkt (Godijn, 2014). Successie is een natuurlijk proces, maar deze extra aanvoer van stoffen versnelt het proces aanzienlijk. 12 van de 35 hectare is verruigd. Op de overige gebieden groeien nog genoeg interessante soorten zoals Dunstaart, Zeewolfsmelk en Parnassia en is het gebied nog altijd van hoge ecologische waarde (Godijn, 2014).

4.3.6 Beheersmaatregelen

‘Niets doen is de belangrijkste beheersmaatregel op de Slikken van Voorne’, aldus het basisrapport van 2005 over de Slikken van Voorne (Vertegaal, 2005). Er wordt niet beweide, slechts af en toe wordt struweel verwijderd om successie terug te dringen en om rust- en broedplaatsen voor vogels te creëren. Ondanks dat de beheerder wil vasthouden aan natuurlijke processen is besloten in 2014 beweiding toe te passen door een schaapskudde te laten grazen. Er is gekozen voor schapen omdat deze relatief simpel in toom te houden zijn door een herder en omdat ze weinig vertrappen. Hierdoor wordt de onnatuurlijk snelle verruiging teruggedrongen, kunnen karakteristieke zoutplanten zich uitbreiden en keert schorvegetatie in grotere getalen terug. Het is de bedoeling grotendeels korte, kruidenrijke vegetatie met in beperkte mate ruige vegetatie (voor fauna) te verkrijgen. De schapen zijn niet het hele jaar aanwezig en bevinden zich 's nachts elders (Godijn, 2014).

4.3.7 Conclusie

De Slikken van Voorne is een gebied dat nog duidelijk in ontwikkeling is. Verschillen in reliëf, grondwaterstanden, bodemtypen en vegetatie geven dit aan. De waterstand en zoutgraad fluctueren sterk. Deze dynamiek zorgt voor bijzondere, jonge, wadachtige vegetatie. Toch voldoen de slikken van de Slikken van Voorne duidelijk niet aan de kenmerken van een jonge vochtige duinvallei. Uit figuur 24 is af te leiden dat de invloed van de zee de enige factor is die er voor zorgt dat het gebied niet geschikt is als gebied voor vochtige duinvallei. De slikken zijn te nat (2 overstromingen per dag) en te zout door overstromingen in combinatie met de saltspray. Depositie van slib zorgt voor een hoge voedselrijkheid op de natte gebieden. De schorren, die slechts regelmatig tot incidenteel overstromen en waar de bodem een laag slibgehalte en dus lage voedselrijkheid heeft, zijn voor een groot deel wel geschikt voor vochtige duinvalleivegetatie. Hier zijn dan ook onder meer Parnassia, Dunstaart en Zeewolfsmelk te vinden.

Versnelde successie is een probleem in de Slikken van Voorne. Dit wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door stikstofoxiden, ammoniak en zwaveldioxide, allen voor een groot deel afkomstig van menselijke industrieën. Er is besloten deze onnatuurlijk snelle successie en verruiging tegen te gaan door schapen te laten grazen zodat het gebied haar hoge ecologische waarde behoudt.

Slikken van Voorne										
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inonderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	matig zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout				
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk			
Overstromingfrequentie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet					

Figuur 18: Abiotische factoren Slikken van Voorne

4.4 Kennemerstrand (Vrienden van het Kennemerstrand)

Sinds het convenant dat werd afgesloten in 2006 is het Kennemerstrand in beheer bij een destijds opgezette groep: Vrienden van het Kennemerstrand. In datzelfde jaar is het Kennemerstrand toegewezen als Natura-2000 gebied. Het is een jong duingebied met een vochtige duinvallei.

4.4.1 Morfologische ontwikkeling

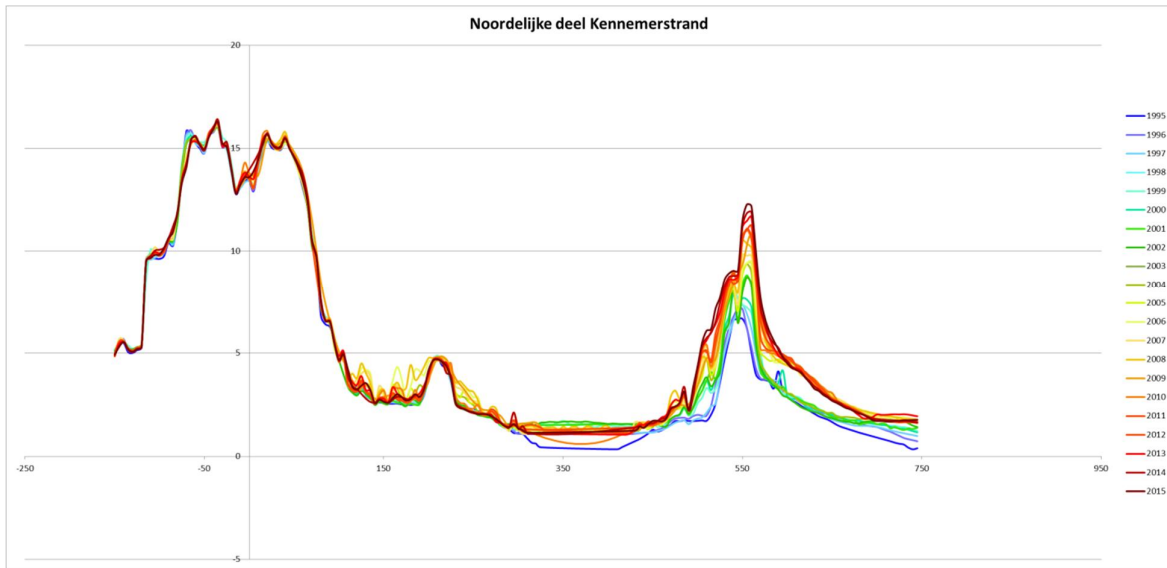
De morfologische ontwikkeling van het Kennemerstrand is grofweg in twee belangrijke fasen te onderscheiden. De vorming van de strandvlakte heeft in 20 tot 30 jaar plaatsgevonden, vanaf het moment van de verlenging van de pieren in de jaren '60 tot het vastleggen van het gebied in het jaar 1993.

In de eerste 20 tot 30 jaar is er op een natuurlijke manier in grote hoeveelheden zand afgezet tegen de zuidkant van de pieren van IJmuiden. Dit is het gevolg van de golfstroming die door de pieren wordt gehinderd. Daardoor neemt de stroomsnelheid af waardoor sedimentatie plaatsvindt, zie appendix 14. De verwachting is dat het Kennemerstrand een natuurlijk evenwicht zal vinden rond 2025.

Op de nieuw afgezette zandvlaktes raakten duintjes begroeit met Biesterwegras en Zeewolfsmelk. Deze jonge, begroeide duinen wekte de interesse van de gemeente Velsen om er een recreatief oord van te maken. Begin jaren '90 werd een jachthaven gegraven, het zand dat vrijkwam werd gebruikt om een duinenrij aan te leggen als kustbescherming. Het Kennemerstrand is in twee delen te verdelen, het zuidelijke en het noordelijke deel. Het zuiden wordt aan de natuurlijke dynamiek overgelaten, het noorden wordt beschermd door extra duinen. In het zuidelijke gedeelte zijn stuifduintjes ontstaan, zij het met menselijke hulp uit het verleden. Hier is sprake van natuurlijke duinvorming. In het noordelijke deel, aan de zuidoostkant van het gegraven Kennemermeer, is een vochtige duinvallei ontstaan (Rijkswaterstaat, 2014).

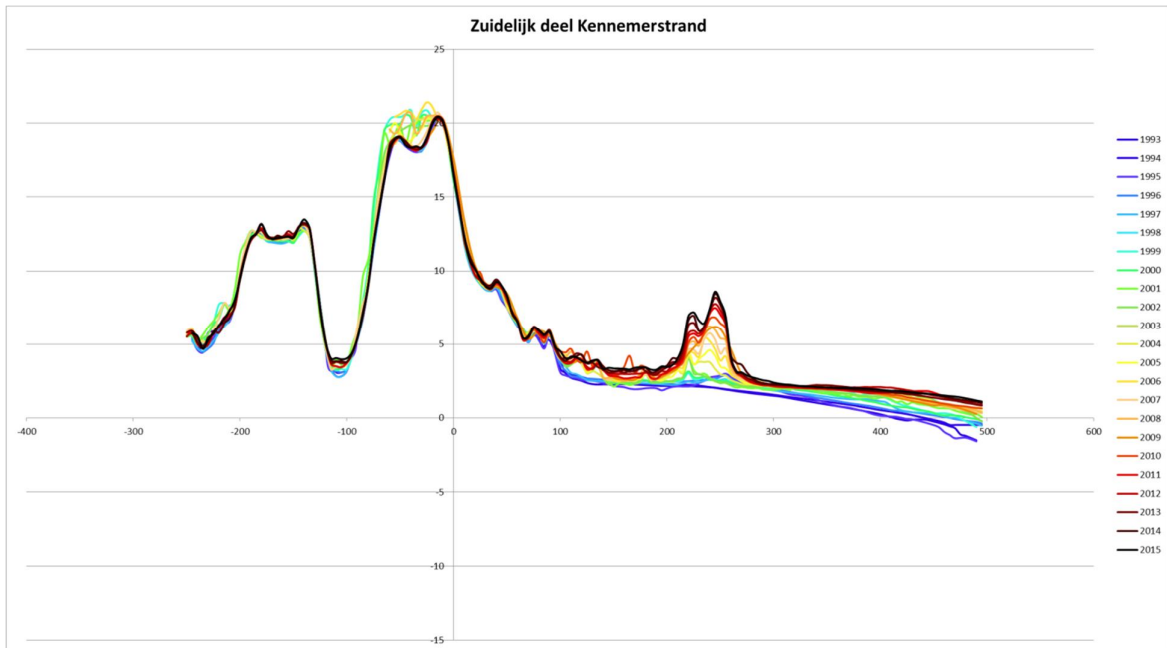
Bij de Jarkus analyse van het gebied zijn een tweetal raaien onderzocht, één in het noordelijke deel (raai 5700) over een tijdsperiode van 1995 tot en met 2015 en één in het zuidelijke deel (raai 5775) over een tijdsperiode van 1993 tot en met 2015, zie appendix 15. In de noordelijke raai is heel duidelijk te zien dat er achter het basisduin relatief weinig dynamiek meer is terug te vinden. Dit is het resultaat van het gebrek aan verstuivingsmogelijkheden omdat het gebied of te nat is of te begroeid. Er is wel duidelijk te zien dat het aangelegde basisduin in 1993 op een natuurlijke wijze wordt opgehoogd door het vasthouden van zand door de begroeiing op deze duinrichel.

Deze groei vindt plaats met een gemiddelde ophoging van 30 cm per jaar, de hoogte is daarbij toegenomen van 6.2 meter +NAP in 1995 tot 12.27 meter +NAP in 2015. Deze ophoging is mede een oorzaak voor het verliezen van dynamiek in het achtergelegen gebied. Zie figuur 25. Voor een grotere weergave zie appendix 16.



Figuur 19: Jarkus raai 5700

In het zuidelijke gedeelte waar de natuur de vrije hand heeft gehouden is tot 2000 weinig reliëf terug te vinden. Vanaf dat jaar is er een embryonale duin ontstaan dat in de laatste jaren is uitgegroeid tot een lage zeereep, er lijkt hier sprake van primaire duinvorming te zijn. Deze lage zeereep is vanaf een hoogte van 2.48 meter +NAP in 2001 tot een hoogte van 8.58 meter +NAP in 2015 op natuurlijke wijze opgehoogd. De ophoging vindt vanaf 2001 gelijkmatig plaats met gemiddeld 43 cm per jaar, zie figuur 26. Voor een grotere weergave van de Jarkus analyse zie appendix 17.



Figuur 20: Jarkus raai 5775

4.4.2 Grondwaterontwikkeling

De zoetwaterbel onder de duinen van het Kennemerstrand is goed ontwikkeld. Door het beëindigen van drinkwaterwinning in de duinen in 1990 en door verstuiving is het waterpeil gestegen tot vaak vlak onder en soms boven maaiveld. Ook de kustaangroei draagt hier aan bij, doordat de afstand van de duinvallei tot de zee groter wordt. Hierdoor wordt de drainerende werking kleiner en stijgt de grondwaterstand (de Boer, 2008).

In de winter staat een groot deel van de vochtige duinvallei onder (kalkrijk) water, in de zomer is het droger. Harde data van de grondwaterstanden zijn niet bekend, maar uit ervaringen van belanghebbenden en de aanwezige vegetatie kan worden opgemaakt dat de waterstand in ieder geval voldoet aan de eisen voor vochtige kalkrijke duinvalleien (± 40 cm onder maaiveld in zomer, minder dan 6 weken achtereenvolgende inundatie in de winter). Het water is zoet. In het noordelijke deel van het gebied voorkomen duinen dat het gebied overstroomd raakt tijdens stormvloed, het zuidelijke deel van het gebied overstroomt incidenteel door gebrek aan (kunstmatige)duinen. De vochtige duinvallei is vrij goed bestand tegen droge perioden doordat het aan de voet van een duin ligt (Janssen, 2015). In droge perioden blijft de vallei lang vochtig door kwel uit de hoger gelegen duin.

4.4.3 Bodemontwikkeling

Voor zover bekend zijn er geen gegevens over de bodem van het verleden beschikbaar (Janssen, 2015). Dit is jammer, omdat juist de bodemeigenschappen tijdens de fase van pionierbegroeiing interessant zijn. De bodemeigenschappen van nu zijn wel bekend. De bodem van het gebied bestaat uit kalkrijk, humusarm, leemarm fijn zand (de Boer, 2008). Over de voedselrijkheid is weinig bekend. Uit de vegetatie kan worden opgemaakt dat het matig voedselrijk is. Echter, verruiging vindt zonder beheer (zie paragraaf 4.4.6) snel plaats. De voedselrijkdom zou in een optimale situatie dus lager zijn, maar voldoet wel aan de voorwaarden voor het huisvesten van tijdelijke vochtige duinvalleivegetatie.

Omdat in de zomer de grondwaterstand vaak daalt tot ongeveer een halve meter onder maaiveld kan fosfaat worden gebonden aan ijzer. Deze situatie blijft dan geldig tot lange tijd na de droge periode. De droge situatie moet niet te lang duren omdat versterkte afbraak van organisch materiaal plaatsvindt, waardoor successie versneld wordt. Een voordeel van overstromingen door zoetwater is dat dit de ontwikkeling van bepaalde micro organismen gunstig beïnvloed. Deze organismen nemen CO₂ op uit kalkrijk grondwater waardoor kalk neerslaat, en verzuring wordt vertraagd (de Boer, 2008). Om praktische redenen zijn er voor dit verslag geen metingen verricht op het Kennemerstrand.

4.4.4 Saltspray

Ondanks het feit dat het Kennemerstrand zo dicht bij de kust ligt, is er nauwelijks zoute vegetatie aanwezig. Slechts enkele zout-indicerende soorten zijn aanwezig, met als meest opvallende Zulte. Zeer waarschijnlijk kan deze soort hier groeien door saltspray. In het zuiden, waar de zee veel meer invloed heeft door het ontbreken van een kunstmatig aangebrachte duinreep, zijn meer zoute soorten te vinden (Janssen, 2015). Er kan geconcludeerd worden dat in het Kennemerstrand wel sprake is van Saltspray, maar in beperkte mate.

4.4.5 Ecologische ontwikkeling

De volgende plantengemeenschappen worden aangetroffen in de vochtige duinvallei van het Kennemerstrand: het Knopbies-verbond, het Oeverkruidverbond, het Verbond van Stijve Moerasweegbree en Waternavel en het Dwergbiezenverbond. Aandachtssoorten zijn onder andere

de Knopbies, Moeraswespenorchis, Parnassia, Groenknolorchis, Vleeskleurige orchis, Vlozegge, Herfstbitterling en Slanke gentiaan (Mourik, 2013).

In 2005 is de Groenknolorchis voor het eerst aangetroffen in laaggelegen, natte delen van het gebied. In 2008 zijn er al 8 groeiplaatsen van de Groenknolorchis gevonden. Deze positieve trend geeft aan dat het gebied nog altijd geschikt is voor jonge duinvalleivegetatie. Dit is ook af te leiden aan de vestiging van Teer guichelheil, Armbloemige waterbies en Vlozegge (de Boer, 2008).

Er groeien soorten die verschillende successie stadia indiceren in het gebied. De vestiging van Parnassia, Duinrus en Vleeskleurige orchis heeft de ontwikkeling van de Knopbiesassociatie gestart. Als gevolg van successie zal het oppervlak van de vochtige duinvallei naar verwachting afnemen. Duindoorn, Wilgen, Berken en Elzen zullen hiervoor in de plaats komen (de Boer, 2008). Gericht beheer kan dit tegengaan.

Verder zou de Knopbiesassociatie kunnen verdwijnen door verdrinking wanneer de grondwaterspiegel op lange termijn stijgt of als het gebied beïnvloed wordt door overmatige aanvoer van zand. Hier is voorlopig geen sprake van, maar als dit gebeurt is aanvullend beheer nodig (de Boer, 2008).

4.4.6 Beheersmaatregelen

Het beheer van het Kennemerstrand wordt onder handen genomen door de vrijwilligersgroep 'Vrienden van het Kennemerstrand'. Aangezien zij beperkte middelen hebben en het Kennemerstrand ook een recreatieve functie heeft, is er voor gekozen om geen beweiding op het gebied toe te passen. Wel is er een grazende konijnenpopulatie. In het najaar worden vrijwilligers gezocht om struweel en bomen te verwijderen. Dit gebeurt alleen in het noordelijke deel van het gebied, waar de zee geen invloed meer heeft. In het zuidelijke deel, die nog wel onder invloed van de zee staat, wordt geen onderhoud gepleegd omdat het zoute water de successie sterk vertraagd (Janssen, 2015).

4.4.7 Conclusie

Uit het verleden zijn weinig gegevens beschikbaar waardoor het niet mogelijk is de ontstaansgeschiedenis van de vochtige duinvallei op het Kennemerstrand gedetailleerd te achterhalen. Wel kan worden gezegd dat de kustaanwas een grote rol heeft gespeeld, vanwege een toename van de breedte van de zandvlakte heeft de zoetwaterbel zich verder kunnen ontwikkelen. Ook verstuing en saltspray hebben een grote bijdrage gehad aan het ontstaan van de vochtige duinvallei. De dynamiek in het landschap is sinds het menselijk ingrijpen in 1993 flink afgenomen.

In feite voldoen alle abiotische kenmerken, op de stikstofdepositie na, aan de eisen van vochtige duinvegetatie. De verschillen in hoogte en de hoge waterstand zorgen voor een gebied met veel verschillende natte en droge plekken. De waardevolle pioniervegetatie, uit voornamelijk het Knopbies-verbond, kan erg goed omgaan met deze dynamiek in het landschap. Als eerste vochtige duinvalleivegetatie werd de Parnassia, Duinrus en Vleeskleurige orchis aangetroffen. Tegenwoordig zijn er veel soorten van het Knopbies-verbond. Deze vegetatie is in staat om elk jaar opnieuw een standplaats te vinden. Door al deze verschillende milieus is er altijd, in zowel droge als natte tijden, een geschikte standplaats te vinden voor deze soorten.

Toch is ook verzuiving hier een probleem, met name door invloed van stikstofdepositie. Dit probleem is zeer lastig bij de bron aan te pakken. Het enige wat hier aan gedaan kan worden is het verwijderen

van verruigende soorten zoals Duindoorn. Dit wordt ieder jaar gedaan door vrijwilligers, waardoor de vochtige duinvallei open en behouden blijft. Om praktische redenen is gekozen geen beweiding toe te passen. Wel dragen wilde konijnen bij aan het vertragen van successie.

In figuur 27 is te zien dat de zuurgraad, het zoutgehalte en de overstromingsfrequentie voldoen aan de eisen voor een vochtige duinvallei. De vochttoestand loopt nogal uit elkaar door de verschillen in reliëf, maar het grootste deel van het gebied heeft de juiste vochtigheidsgraad. Over de voedselrijkdom zijn helaas geen gegevens beschikbaar. Door naar de vegetatie te kijken kan echter worden opgemaakt dat de bodem licht voedselrijk of matig voedselarm zal zijn. De figuur is enkel voor het noordelijke deel van het Kennemerstrand gemaakt, niet voor het zuidelijke deel waar de zee veel invloed heeft.

Kennemerstrand										
Zuurgraad	basisch	neutraal-a	neutraal-b	zwak zuur-a	zwak zuur-b	matig zuur-a	matig zuur-b	zuur		
Vochttoestand	diep water	ondiep permanent water	ondiep droogvallend water	's winters inunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
Zoutgehalte	zeer zoet	matig zoet	zwak brak	licht brak	matig brak	sterk brak tot zout				
Voedselrijkdom	zeer voedselarm	matig voedselarm	licht voedselrijk	matig voedselrijk-a	matig voedselrijk-b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk		onbekend	
Overstromingsfrequentie	dagelijks lang	dagelijks kort	regelmatig	incidenteel	niet					

Figuur 21: Abiotische omstandigheden Kennemerstrand

5 Vergelijking gebiedsontwikkelingen

In dit hoofdstuk worden de hoofd- en deelvragen beantwoord. Om dit te doen zijn de onderzoeksresultaten compact weergegeven in figuur 28.

	Hompelvoet	Veermanspolder	Slikken van Voorne	Duinen van Oostvoorne (de Vogelzoo)	Duinen van Oostvoorne (de Pan)	Kennemerstrand
Klimaatverwarming	Geïdentificeerd verdween, zandverstuiving werd tegengaan door windschermen, zure regen gebufferd door kalk, NOx depositie.	Geïdentificeerd verdween, zure regen gebufferd door kalk, NOx depositie.	Monding Mias werd afgesloten en kwam in de lichte, hierdoor depositie van zeessediment. Hierdoor veel kustaanwas, snelheid lag tot 1993 erg hoog. Veel NOx depositie.	In 2007 zijn der herstelwerkzaamheden van de Vogelzoo uitgevoerd. Hierdoor nam de voedselrijkheid en concurrentie enorm af. De luchtverontreiniging is afgenomen, maar nog steeds ruim boven de normen.	In 2006 zijn der herstelwerkzaamheden van de Pan uitgevoerd. Hierdoor nam de voedselrijkheid en concurrentie enorm af. De luchtverontreiniging is afgenomen, maar nog steeds ruim boven de normen.	Duinvallei deels afgesnoerd door aanleg duinrij 1993, deels overgelaten aan natuurlijke dynamiek, niet te veel NOx depositie, zure regen wordt gebufferd door kalk.
Moedermateriale	Middelrijfzand, zeer laag lutumgehalte (0-3%).	Middelrijfzand, laag lutumgehalte (0-3%).	Vrij grof tot matig fijn zand, tot 20% silt op slikken.	Matig fijn tot matig grof zand, soms siltrijk.	Matig fijn tot matig grof zand, soms siltrijk.	Fijn zand, geen leem. Aanwas van zand.
Relief	Naauwlijks verstuiving meer, eerst door windschermen en nu door begroeiing. Matig heuvelig, morfologie nauwelijks veranderd sinds 1972, dus de oude windschermer zijn nog goed zichtbaar.	Zeer vlak, hoogverschillen zijn niet groter dan 40-50 cm. Ook oevers zijn zeer vlak, er loopt wel een stuifduin over het hele eiland. Niet veel winderosie door vochtigheid en vegetatie.	Overstromingen en wind zorgen voor aanvoer van sediment, waardoor bodem langzaam ophoogt. De slikken oversstromen nog dagelijks, schorren liggen vooral in het zuidwesten en overstromen zeer zelden.	Sinds herstelwerkzaamheden veel verstuiving, dus veel dynamiek in duinen. De vochtige duinvalleien zijn vlak.	Sinds herstelwerkzaamheden veel verstuiving, dus veel dynamiek in duinen. De vochtige duinvalleien zijn vlak.	Het maaiveld schommelt, er zijn dus veel gradienten. Er zijn duinkogels, die voor extra macro gradienten zorgen. Nauwelijks bestuiving meer. Het gebied licht aan de voet van een duin.
Grondwater	Zoetwaterbel van 15 m diep, ongeveer 50 cm onder maaiveld in droge perioden en 0 cm onder maaiveld of inundatie in natte perioden, vult de aan de vochtgeheidsgradiënt. Toch zijn er veel hooggelegen delen waar het snel te droog is.	Aan de oevers het het ondiep gelegen grondwater vrij zout, maar het zoute water wordt meer lindhwaarts al snel verdrongen door de zoetwaterbel. Er is nooit water tekort in het grootste deel van het eiland, het is er drassig, met in de winter kans op inundatie, op de stuifduinen is het droger met 3 zomers tijdelijk vochttekort.	Geen drinkwaterwinning, hoge grondwaterstand, op lage delen (slikken) veel inundatie van zee, zouthedigradiënt schommeld veel onder invloed van zee en verhoogde zoetwateraanvoer.	Geen grondwaterwinning, hoge grondwaterstand, hier en daar zelfs gevaar van wateroverlast. Dit wordt weg gepompt als valleien dreigen te hunderen.	Geen grondwaterwinning, hoge grondwaterstand, hier en daar zelfs gevaar van wateroverlast. Dit wordt weg gepompt als valleien dreigen te hunderen.	Het zoete grondwater hundeert vaak in de winter. Soms is de grondwaterstand onder maaiveld, hoe ver is niet precies bekend. Uit de vegetatie is echter wel af te leiden dat het zal voldoen aan de benodigde grondwaterstand voor vochtige duinvallei vegetatie. Droge perioden hebben niet veel invloed omdat de vallei aan de voet van een duin licht. Verder is er sprake van kalkrijke kwel.
Bodem	Eurofiorering door NOx neerslag, maar nog wel voedselarm. Kalkrijk, kleine afname van 15 cm per eeuw, pH neutraal tot basisch.	Mog iets voedselrijmer dan de Hompelvoet. Kalkrijk, kleine afname van 15 cm per eeuw. Matige eurofiorering door NOx neerslag, pH neutraal tot basisch.	Kalkrijk, laag organisch stof gehalte, neutraal tot basisch. In kleine mate sprake van verzuring en eurofiorering door natuurlijke (wel ivg snelle) processen.	Kalkrijk, vrij laag organisch stof gehalte, neutraal tot basisch. Het voedselrijke silt vergt aandacht.	Kalkrijk, vrij laag organisch stof gehalte, neutraal tot basisch. Het voedselrijke silt vergt aandacht.	Kalkrijk, humusarm, niet lemig.
Vegetatie	Knopbies associatie, met veel herfstschroeforgis, grote verspreiding, hoge ecologische waarden. Geen groenkolorchis. Ook verruigde localities (duindoorn).	Erg veel soorten van het Knopbiesverband, met o.a. Parnassia, Armoedige waterbies, Vlieskleurige orchis en ontzettend veel Groenkolorchis. Er is ook struweel en bosgebied, echter op een heel klein oppervlak.	Vooraf van belang voor aandachtsoorten van schorren, primaire duintjes en zeeoep, nauwelijks voor vochtige duinvallei. (wel: Stijve ogenroos), Sterflijke veilmuur, Parnassia en Geelharige) Op de schor zeer soortenrijke graslandstad die bijna alleen in dit gebied voorkomen.	Binnen een jaar na de herstelwerkzaamheden hadden pioniers uit het Knopbiesverband zich al gevestigd. Vrijwel alle leden van de Knopbies-associatie hadden zich in die tijd al gevestigd, de Groenkolorchis ontbreekt.	Binnen drie jaar na de start van het herstelproject hebben doelvegetaties van de vochtige duinvallei zich al gevestigd in het gebied. Vrijwel alle leden van de Knopbies-associatie hadden zich in die tijd al gevestigd, de Groenkolorchis ontbreekt.	Veel verschillende soorten: Knopbies, Beve-tjes, Zeegroene Zegge, Rode Ogenroos, Kleine Rasterlaar, Slanke Gentiaan en Groenkolorchis. Zijn typisch voor de vochtige duinvallei.
Beheer	Jaarrondbeweidning 26 Fjordenpaarden Seizoensbeweidning: runderen Waar nodig struweelverwijdering Meer wordt zout gehouden.	Jaarrondbeweidning 36 Sheldandpony's Seizoensbeweidning: runderen Waar nodig struweelverwijdering Meer wordt zout gehouden.	Jaarrondbeweidning Schotse hoogelenders Jaarlijks gespragd en gemaaid Overblijfselen na kappen worden ingesmeerd met een groei remmend middel.	Jaarrondbeweidning Charolais koeien Jaarlijks gespragd en gemaaid.	Jaarrondbeweidning Charolais koeien Jaarlijks gespragd en gemaaid.	Geen beweiding Jaarlijks verwijdering van struweel en bomen, wordt gedaan door vrijwilligers en alleen in het noordelijke deel van het Kennemerstrand.

Figuur 22: ontwikkelingsreeksen vergelijking gebieden

- *Wat is de fysisch-morfologische ontwikkeling van vergelijkbare duingebieden over de jaren en zijn hierin verschillende fasen te onderscheiden?*

Hompelvoet	Na vastlegging van eiland met stuifduinen + grassen/granen is het nauwelijks veranderd: Stuifduinen, vrij vlak en laag
Veermansplaat	Na vastlegging van eiland met stuifduinen + grassen/granen is het nauwelijks veranderd: ring van kleine stuifduinen, erg vlak en laag
Duinen van Voorne	Zandflux min of meer neutraal. Sinds 2005/2007 teruggebracht naar kaal landschap. Aan de voorzijde is in 2012 zandsuppletie uitgevoerd.
Slikken van Voorne	Kustaanwasgebied. De slikken en de schorren worden op natuurlijke wijze opgehoogd waardoor de invloed van de zee steeds kleiner wordt.
Kennemerstrand	Sprake van kustaanwas op het strand. Hierdoor wordt afstand zee groter, dus hogere grondwaterstand. In de vochtige duinvallei slechts marginale inwaai van sediment. Oude stuifduintjes zorgen voor reliëf.

Er kan geconcludeerd worden dat de vochtige duinvalleien er baat bij hebben wanneer er na het fysisch-morfologisch evenwicht niet constant veel sediment in het gebied geblazen wordt. Reeds bestaande vochtige duinvalleien verstuiven in mindere mate omdat het oppervlakte vochtig en begroeid is. Langdurige aanvoer van sediment zorgt voor ophoging van het maaiveld waardoor de waterstand te diep komt en vochtige duinvalleivegetatie verdwijnt. Andere soorten als Duindoorn en boomsoorten nemen dan de plaats in.

De fysisch morfologische ontwikkeling van vochtige duinvalleien is dus afhankelijk van de waterstand, de wind en de aanwezigheid van sediment om te verstuiven van andere gebieden naar het gebied in kwestie. Het gaat om het bereiken van een evenwicht tussen de vorming van een zoetwaterbel en uitstuiving van het maaiveld.

Er zijn wel degelijk fasen te onderscheiden in de fysisch-morfologische ontwikkeling van vochtige duinvalleien. Ten eerste moet een evenwicht worden gevonden. Deze is gevonden zodra het maaiveld een bepaalde natheidsgraad ($GWS = \pm -25\text{cm tot } +10\text{cm t.o.v. maaiveld}$) heeft bereikt. Zodra de toplaag vrijwel altijd vochtig blijft, zal het minder eroderen door de wind. De vallei vormt zich dus ten opzichte van de grondwaterstand en kan daarom niet te veel reliëf hebben voor een uitgestrekte vochtige duinvalleivegetatie. Hierna verandert er weinig aan de morfologie omdat zand in mindere mate verstuift. Wel kan er nog zand instuiven.

Kustaanwas is over het algemeen positief voor vochtige duinvalleien omdat het oppervlak van de zoetwaterbel hierdoor hoger komt te liggen waardoor ook hoger gelegen gebieden geschikt worden voor vochtige duinvalleivegetatie. Kustafslag zorgt uiteraard voor een tegenovergesteld effect.

- *Welke vegetatie ontwikkelingsfase hoort bij welke fysisch-morfologische fase?*

De vormingsfase: voordat een fysisch morfologisch evenwicht is gevonden, is er nauwelijks begroeiing in een gebied. Een gebied is nu nog vol aan het verstuiven en heeft nog geen humuslaag. De waterstand is nog te diep en de toplaag erodeert of wordt bedekt met nieuw sediment. Hierdoor is er geen/nauwelijks ontkieming van zaden mogelijk. Zeeraket en vooral Helmgras zijn experts om zich toch te vestigen onder deze omstandigheden.

De pioniersfase: afhankelijk van de waterstand vestigt de eerste vegetatie zich in een gebied. In droge gebieden zijn het vooral het Helmgras en de Zeeraket die zich vestigen. Deze gebieden zijn te zout of droog voor pioniers van vochtige duinvegetatie. In vochtigere delen zijn mossen vaak het eerst aanwezig. Deze mossen zorgen voor beschutting, houden de toplaag vast en creëren een humuslaagje. In het vochtige klimaat van de Grevelingen waren dit mossen. Hier bleek dat het Knopbies-verbond al binnen enkele jaren nadat het gebied droogviel aan te treffen was.

Uit de herstelprojecten van Voornes Duin is gebleken dat zich binnen een jaar na het open maken van het landschap al leden van het Knopbies-verbond hadden gevestigd. Dit gebied was morfologisch al helemaal ontwikkeld. Hieruit blijkt dat vochtige duinvalleivegetatie zich eenvoudig in een gebied vestigt, zolang de waterstand en dus ook de morfologie maar goed ontwikkeld is. Een kanttekening hierbij is wel dat er in de buurt al vochtige duinvalleien bestaan, waardoor er geen gebrek aan zaadjes is.

Van de Slikken van Voorne en het Kennemerstrand is geen nauwkeurige vegetatiekartering gemaakt van de periode waarin de pioniervegetatie zich vestigde, hier valt dus geen conclusie uit te trekken.

Successie: Wanneer de vochtige duinvallei is gevormd en de morfologie is vastgelegd. Er vindt nu relatief weinig erosie plaats. Naarmate de dynamiek afneemt vestigen zich soorten die lage vochtige duinvalleivegetatie vervangen. De bodem wordt voedselrijker, zuurder en struweel en bomen zullen de overhand krijgen. Het maaiveld zal langzaam stijgen door humusvorming, sedimentatie en gebrek aan erosie. Zonder beheer zal lage vochtige duinvalleivegetatie dus enorm in oppervlakte afnemen omdat het dichtgroeit met struiken en bomen.

- *Hoe lang duren de onderlinge fysische en vegetatiekundige fasen en welke verbanden bestaan daartussen in de ruimte en in de tijd?*

De fysische en vegetatiekunde fasen zijn érg afhankelijk van de omstandigheden. De fysische fasen worden beïnvloed door golfwerking, stormen, waterstand, getijde, wind en klimaat. De vegetatiekundige fasen worden beïnvloed door stikstofdepositie, beweiding, saltspray en dynamiek van het landschap.

In de Grevelingen heeft de fysische vorming van een vochtige duinvallei plaats kunnen vinden vanaf de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971. Echter vanwege het menselijk ingrijpen zoals het inzaaien en aanleggen van stuifschermen is het reliëf op de eilanden nauwelijks meer veranderd sinds 1973. De fysische fase heeft dus slechts 2 jaar geduurd en dit heeft niet op een natuurlijke wijze plaatsgevonden. Ook de vegetatiekundige fase in de Grevelingen is beïnvloed door het inzaaien van de eilanden. Hierdoor is er op kunstmatige wijze een humuslaag op de eilanden ontstaan waardoor de doelvegetatie van een vochtige duinvallei zich al in 1974 kon vestigen. In dit jaar is de Moeraswesporchis al waargenomen ondanks het feit dat orchideeën normaal relatief lang de tijd nodig hebben om zich te kunnen vestigen. Deze ontwikkeling is dus erg versneld door menselijk ingrijpen. De vochtige duinvalleivegetatie op de eilanden van de Grevelingen bestaat nog steeds, met wisselende betere en enkele slechtere jaren.

Naar de fysische ontwikkeling van de Pan en de Vogelpoel is geen onderzoek gedaan. Dit duingebied heeft zich al dusdanig lang geleden gevormd dat het niet meer realistisch is om dit mee te nemen in het onderzoek. Ook omdat de onderzochte gebieden herstelwerkzaamheden zijn en dus niet opeenvolgend zijn op een fysische ontwikkelingsfase.

De vegetatieontwikkeling heeft in de Pan een nieuwe kans gekregen in het najaar van 2005. In 2008 is er een vegetatiekartering uitgevoerd waarop blijkt dat doelvegetaties van de Knopbiesgemeenschap zich al uitgebreid hebben gevestigd met uitzondering van diverse orchideeën. Op de volgende kartering in 2012 zijn deze orchideeën wél uitgebreid waargenomen waardoor, op uitzondering van de Groenknolorchis, vrijwel alle kensoorten van habitatype H2190 B zich gevestigd hebben.

In het najaar van 2007 is het herstelproject de Vogelpoel uitgevoerd. Ook hier is gekarteerd in 2008. In één jaar hebben zich kenmerkende pioniersoorten van vochtige duinvalleien al gevestigd zoals Armbloemige waterbies, Moerasweegbree en Waterpunge. Bij de volgende kartering in 2012 hebben orchideeën zich ook al uitgebreid gevestigd.

De Slikken van Voorne is nog altijd een erg dynamisch gebied. Er vindt op grote schaal erosie en sedimentatie plaats. Omdat er nog zoveel dynamiek aanwezig is, waaronder het getij, is de vegetatie hier heel anders dan bij de andere referentiegebieden.

Vanaf 1989 worden er ieder jaar vegetatie opnamen genomen op de schorren. Typische pioniersoorten die zijn waargenomen zijn o.a.: Zeekraal, Zulte en Schijnspurrie. Verder van de zee vestigden zich soorten als Zilte rus, Melkkruid en Fioringras. Deze soorten vestigden zich ongeveer vijf jaar na de pioniersoorten.

Het Kennemerstrand is qua fysische ontwikkelingen een interessant gebied. Het gebied heeft zich alsmaar uitgebreid sinds de verlenging van de pieren in de jaren '60. Er zijn toen steeds nieuwe zandbanken tegen (voornamelijk) de zuidkant afgezet die zoals wordt verwacht pas in 2025 een evenwicht vinden. Echter, het gebied met de vochtige duinvallei is kunstmatig aangelegd in 1993. De natuurlijke ophoging van dit kunstmatige duin vindt nog altijd gestaag plaats, uitdieping van de vallei er achter heeft sinds de aanleg niet plaatsgevonden omdat het er simpelweg te nat was en nog altijd is. Over de vegetatiekundige fasen die het Kennemerstrand heeft meegemaakt valt weinig te vertellen. Sinds 1993 is deze ontwikkeling tot stand gekomen, deze is echter matig gekarteerd. De enige kartering die er gevonden is, is van 2008 op een moment waar er meerdere specifieke vegetatiesoorten voorkomen zoals de Groenknolorchis (voor het eerst in 2005), Parnassia en de Vleeskleurige orchis. Omdat dit soorten zijn die al verder in de successie thuis horen wordt er verwacht dat het oppervlak vochtige duinvallei af zal nemen en plaats zal gaan maken voor Duindoorn en boomsoorten zoals Wilg, Berk en Els indien er niet gemaaid wordt.

De verbanden tussen de lengte van de fasen in de ruimte en in de tijd zijn moeilijk te achterhalen omdat vrijwel alle gebieden door de mens zijn beïnvloed. Enkel de Slikken van Voorne heeft vrij spel maar omdat de dynamiek en invloed van de zee hier nog zo groot is groeit er vrijwel alleen zoutminnende vegetatie.

Wél valt er te concluderen dat, als de omstandigheden geschikt zijn, er al pioniersoorten van het habitatype 2190 B kunnen vestigen binnen één groeiseizoen. Binnen drie jaar zijn soorten als Parnassia, Kobbies en Herfstbitterling te vinden en binnen vijf jaar kunnen zich typerende orchideeën zich vestigen zoals de Vleeskleurige orchis, Rietorchis en Moeraswespenorchis.

Uit de kartering van de Grevelingen en Kennemerstrand blijkt dat de Groenknolorchis een vrij speciaal geval is dat zich vaak pas enkele decennia na het ontstaan van de typerende vochtige duinvalleivegetatie vestigt. Ook zijn er plaatsen waar deze simpelweg niet groeit zoals Voornes Duin, ondanks dat de omstandigheden wél geschikt zijn.

- *Heeft er al dan niet, aanvullend beheer plaatsgevonden en welke effecten hebben die gehad op hun ontwikkeling?*

In alle vergelijkingsgebieden behalve de Slikken van Voorne vindt er uitgebreid beheer plaats om de (onnatuurlijk) snelle successie af te remmen. Het gebeurt echter wel op verschillende manieren maar dat heeft vaak praktische redenen. Zo wordt er soms voor gekozen om beweiding niet toe te passen omdat er veel vertrapping plaatsvindt en ook bijzondere plantensoorten eronder lijden. Ook is er toezicht nodig om de dieren in toom te houden en brengt het houden van groot vee in publiek toegankelijk terrein risico's met zich mee. Buiten dit alles is enkel beweiding vaak niet voldoende en moet er alsnog gemaaid worden. Wanneer de mogelijkheden er wel zijn is beweiding een goede optie, het geeft een natuurlijk beeld en is aantrekkelijk voor recreanten. Het verschil tussen seizoensbegrazing en jaarrondbegrazing is simpelweg dat bij jaarrondbegrazing de opkomende vegetatie korter wordt gehouden waardoor de soortenrijkdom en het aantal afneemt.

Op de Hompelvoet grazen momenteel 25 Fjordenpaarden en is er extra seizoensbeweiding met runderen. Indien het nodig wordt gevonden door de beheerder, wordt er gemaaid.

Op de Veermansplaat grazen 36 Shetlandpony's en was er seizoensbegrazing met runderen. Ook hier wordt indien het nodig wordt gevonden extra gemaaid. Het verschil in beheer tussen de Hompelvoet en Veermansplaat is een samenkomstigheid van omstandigheden. Er is in het verleden veel geëxperimenteerd met beheer, mede vanwege praktische oorzaken en ook vanwege voorkeuren van de beheerder. Met schapenbeweiding is in 1993 gestopt omdat deze ook de bijzondere vegetatie weg graast. Shetlandpony's zijn robuuster dan Fjordenpaarden waardoor deze gemakkelijker de gure winters op de Veermansplaat overleven.

Bij het herstelproject de Pan wordt er seizoensbeweiding met Charolais koeien uitgevoerd en waar nodig eens per jaar gemaaid.

Bij het herstelproject de Vogelpoel vindt jaarrondbegrazing plaats met Schotse Hooglanders. Ook wordt er jaarlijks waar nodig gemaaid. Het verschil tussen deze twee beheersmaatregelen is duidelijk terug te zien: de Vogelpoel is minder bloemrijk. Echter door het grote oppervlak van doelvegetaties kan dit geen kwaad.

Ondanks dat bij de Slikken van Voorne het motto 'niets doen' voorop staat, is er in 2014 toch voor gekozen om met beweiding met schapen te beginnen. Er is hier voor schapen gekozen omdat deze makkelijk in toom zijn te houden en er weinig vertrapping plaatsvindt. Deze schapen vergen echter wel veel tijd, ze worden elke dag heen en weer gebracht en hebben voortdurend toezicht nodig.

Bij het Kennemerstrand is gekozen om geen beweiding toe te passen, hier zijn simpelweg niet de middelen voor vanuit de vrijwilligersgroep. In het najaar wordt met behulp van vrijwilligers opkomend struweel en bomen verwijderd.

Uit het onderzoek blijkt dat de keuze voor het beheer vaak wordt gekozen vanwege praktische zaken en de persoonlijke voorkeur van beheerders. Wel is het duidelijk dat intensief beheer noodzakelijk is wanneer de vochtige duinvalleivegetatie behouden moet worden. Er vindt vanaf de pioniersfase al verruiging plaats en deze neemt snel het hele gebied over.

- Zijn de ontwikkelingen te schematiseren tot een algemeen beeld of is er te veel differentiatie tussen de gebieden?

De volgende tabellen zijn samengesteld uit de onderzoeksresultaten van dit onderzoek. Hieruit valt af te lezen hoe lang het duurde voordat bepaalde ontwikkelingen duurden sinds het ontstaan van het gebied en of deze ontwikkelingen vergelijkbaar waren. Ook het beheer is opgenomen in deze tabel. Voor de Slikken van Voorne wordt alleen naar de Schorren gekeken omdat op de slikken geen vochtige duinvalleisoorten groeien.

Grevelingen (Hompelvoet en Veermansplaat)	1971	1975	1980	1985	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Ouderdom gebied														
Invloed saltspray aanwezig														
Voedselrijkheid	te arm	arm	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	matig rijk	
Grondwater op niveau passend bij vochtige duinvallei	te zout													
Eerste tekenen vorming vochtige duinvalleivegetatie														
Hier en daar vochtige duinvalleivegetatie														
Volwaardige vochtige duinvallei aanwezig														
Beheer tegen successie														
Slikken van Voorne (schorren)	1966	1970	1975	1980	1985	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ouderdom gebied														
Invloed saltspray aanwezig	ja	ja	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig	matig
Voedselrijkheid	te rijk													
Grondwater op niveau passend bij vochtige duinvallei	te zout													
Eerste tekenen vorming vochtige duinvalleivegetatie	?	?	?	?										
Hier en daar vochtige duinvalleivegetatie	?	?	?	?										
Volwaardige vochtige duinvallei aanwezig														
Beheer tegen successie														
Duinen van Voorne	<1950	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ouderdom gebied														
Invloed saltspray aanwezig														
Voedselrijkheid		te rijk	te rijk											
Grondwater op niveau passend bij vochtige duinvallei														
Eerste tekenen vorming vochtige duinvalleivegetatie														
Hier en daar vochtige duinvalleivegetatie	?													
Volwaardige vochtige duinvallei aanwezig														
Beheer tegen successie				Herstel	Beheer >									
Kennemerstrand	1960	1970	1975	1980	1985	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ouderdom gebied														
Invloed saltspray aanwezig	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Voedselrijkheid														
Grondwater op niveau passend bij vochtige duinvallei	te diep	te diep	te diep	te diep	te diep	te diep								
Eerste tekenen vorming vochtige duinvalleivegetatie														
Hier en daar vochtige duinvalleivegetatie														
Volwaardige vochtige duinvallei aanwezig														
Beheer tegen successie								2006						

Figuur 23: schematisering ontwikkelingsreeksen vergelijkingsgebieden

voldoet aan eisen vochtige duinvallei
voldoet redelijk eisen vochtige duinvallei
voldoet nauwelijks aan eisen vochtige duinvallei
voldoet niet aan eisen vochtige duinvallei
Beheer

Uit figuur 29 is figuur 30 ontstaan, die de tijdfasen van de ontwikkeling van de vergelijkingsgebieden beschrijft.

0-2 jaar	2-5 jaar	5-10 jaar	10-15 jaar	15-20 jaar	20-30 jaar	30+
Verstuiving wordt sterk verminderd door aanplant grassen en granen	Mossen en eerste leden Knobbiesverbond vestigen zich	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld
Langzaam hoogt het landschap zich op	Langzaam hoogt het landschap zich op	Er ontstaan meer slikken uit de zee en er ontstaan meer schorren uit oudere slikken	Er ontstaan meer slikken uit de zee en er ontstaan meer schorren uit oudere slikken	Eerste knobbiesvegetatie vestigt zich op schorren	Hier en daar vochtige duinvalleivegetatie aanwezig	Vochtige duinvalleivegetatie blijft schaars (te zout klimaat)
Knobbiesvegetatie vestigt zich	Vochtige duinvallei is goed ontwikkeld	n.n.b	n.n.b	n.n.b	n.n.b	n.n.b
Strand breidt uit, waterstand stijgt	Eerste Knobbiesvegetatie vestigt zich	Ruime, gevarieerde vochtige duinvallei vegetatie	Ruime, gevarieerde vochtige duinvallei vegetatie	Ruime, gevarieerde vochtige duinvallei vegetatie	n.n.b	n.n.b

Figuur 30: tijdfasen ontwikkelingen

Vestiging soorten uit knobbiesvegetatie

Figuur 30 laat zien dat soorten van het Knopbies-verbond vaak verschijnen binnen vijf jaar nadat een vochtige duinvallei zich begint te vormen. In de Grevelingen, de herstelprojecten van de Duinen van Voorne en op het Kennemerstrand vestigde soorten zich relatief kort nadat abiotische factoren voldeden aan de eisen voor vochtige duinvalleivegetatie. In de Slikken van Voorne duurde dit aanzienlijk langer, dit komt doordat het lang duurde voordat de schorren zo hoog waren dat de invloed van de zee dusdanig was afgenomen zodat het grondwater zoet genoeg werd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat duinvalleivegetatie zich binnen vijf jaar nadat de abiotische omstandigheden voldoen zal vestigen.

Verder valt op dat vochtige duinvalleivegetatie zich na het herstelproject van de Duinen van Voorne sneller vestigde dan bij nieuwe vochtige duinvalleien zoals in de Grevelingen en het Kennemerstrand. Hieruit blijkt dat de verwilderde Duinen van Voorne zeer geschikt zijn voor vochtige duinvalleien en was gevorderde successie de enige factor die vochtige duinvalleien uit het gebied hield. Het verdwijnen van hogere planten zorgde voor een reductie in verdamping waardoor de waterstand steeg.

De vergelijkingsgebieden hebben allen een eigen ontstaanswijze. De Grevelingen door het wegvallen van getijden en vastleggen met grassen en granen, de Slikken van Voorne natuurlijk, de Duinen van Voorne door herstelwerkzaamheden en het Kennemerstrand is ook natuurlijk ontstaan.

De twee vochtige duinvalleien die natuurlijk zijn ontstaan (Kennemerstrand en Slikken van Voorne) zijn beiden gebieden met kustaanwas. Dit is vrij zeldzaam aan de Noordzeekust in Nederland. Het is opvallend dat juist deze twee gebieden een hoge ecologische waarde hebben, al bestaat de Slikken van Voorne vooral uit zoute vegetatie.

Verder is te zien dat zodra de grondwaterstand die hoort bij een vochtige duinvalleivegetatie hoort bereikt is, het niet lang duurt voordat de eerste duinvalleivegetatie zich vestigt. Wel moet de voedselrijkdom hier matig voedselarm tot matig voedselrijk zijn. Een te voedselrijke bodem of een bodem zonder humus is ongeschikt voor vochtige duinvalleivegetatie.

Ondanks de verschillende ontstaanswijzen van de referentiegebieden is er dus toch een algemeen beeld te scheppen. De morfologie en het waterniveau moeten eerst een evenwicht bereiken. Zodra dit evenwicht is bereikt, en de voedselrijkdom en pH-waarde zijn geschikt, vestigen de eerste pioniers van de vochtige duinvalleivegetatie zich snel. De voedselrijkheid staat in eerste instantie vooral onder invloed van het sediment. Pas als er vegetatie is gevestigd wordt de voedselrijkdom verder verhoogd.

Als vochtige duinvalleivegetatie is verdwenen door successie en vermindering van dynamiek, kunnen herstelwerkzaamheden er voor zorgen dat vochtige duinvalleivegetatie in sommige gevallen binnen een jaar al terugkeert. Beweiding en in sommige gevallen verwijderen van de toplaag zijn goede methoden om het landschap open en dynamisch te houden.

Saltspray heeft zeker invloed omdat het de successie vertraagt, maar het is geen eis voor het ontstaan van goed ontwikkelde vochtige duinvalleien.

Nu de deelvragen zijn beantwoord, kan de hoofdvraag beantwoord worden:

- *Wat is de samenhang tussen ouderdom, sedimentdynamiek, geomorfologie, hydrologie en begroeiing van vochtige duinvalleien met jonge kustaanwas? Hoe kan deze kennis gekoppeld worden aan de in Spanjaards Duin waargenomen en gedocumenteerde ontwikkeling?*

De ouderdom van een duinvallei met jonge kustaanwas beïnvloedt de eigenschappen van de duinvallei sterk. In een oude duinvallei is de zoetwaterbel volledig ontwikkeld, er is een humuslaag aanwezig en er vindt verzuring plaats in de toplaag (afname kalk en toename voedselrijkdom). Successie verloopt hierdoor sneller. Een jonge duinvallei met kustaanwas zal daarom langer open en waardevol blijven dan een oude duinvallei waar herstelwerkzaamheden zijn uitgevoerd. Vegetaties als het Knopbies-verbond groeien in een beginstadium van een vochtige duinvallei omdat alle abiotische omstandigheden geschikt zijn. Oudere duinen zijn verder ontwikkeld. Vaak wordt bij herstelwerkzaamheden alleen de toplaag verwijderd, terwijl de andere eigenschappen van het duin passen bij verder ontwikkelde duinen. Daarom zal een jonge vochtige duinvallei ecologisch langer interessant blijven dan een hersteld ouder duingebied. De ouderdom van een gebied heeft invloed op bodemeigenschappen, geomorfologie, hydrologie en heeft dus veel invloed op de vegetatie.

De sedimentdynamiek staat onder invloed van wind, afstand tot de zee en reliëf. Als er sprake is van kustaanwas in het gebied waardoor de breedte van het duinmassief toe neemt kan de zoetwaterbel zich verder ontwikkelen. Hierdoor stijgt de waterstand van de vochtige duinvallei. Verder kan aanvoer van te veel sediment in de vochtige duinvallei zelf zorgen voor ophoging van het maaiveld waardoor de vallei te droog wordt. Te weinig aanvoer heeft als gevolg dat er weinig dynamiek is waardoor successie snel verloopt, of dat de vallei te nat wordt waardoor vochtige duinvalleivegetatie verdrinkt. De kwaliteit van het sediment is van groot belang. Het dient voedselarm en kalkrijk te zijn.

De geomorfologie van een gebied wordt bepaald door sedimentdynamiek, de ouderdom van het gebied, korrelgrootte en wind. Geomorfologie heeft een grote invloed op de kwaliteit van een vochtige duinvallei. Een reliëfrijk gebied is dynamisch en bestand tegen lange perioden van droogte of overvloed van water vanwege de vele gradiënten. Toch zijn vochtige duinvalleien meestal vrij vlak. Om een vochtige duinvallei van enkele aaneensluitende hectaren te creëren is dit een vereiste vanwege de beperkte vochtigheidsgradiënt waarin vochtige duinvallei vegetatie groeit, of er moet voldoende ruimte voor gradiënten in hoogteligging aanwezig zijn.

De grondwaterstand staat onder invloed van geomorfologie en sedimentdynamiek. Ook ouderdom speelt mee, omdat de zoetwaterbel bij een ouder duingebied is uitontwikkeld. Een grondwaterstand die niet voldoet aan de eisen van vochtige duinvalleivegetatie maakt het onmogelijk voor dit soort vegetatie om zich te vestigen. In jonge duinvalleien voldoen de overige abiotische kenmerken vaak wel aan de eisen waardoor het bereiken van de juiste grondwaterstand vaak de doorslaggevende factor is voor de vestiging van vochtige duinvalleivegetatie. De aanvoer van kalkrijke kwel gaat verzuring tegen doordat kalkrijke bodems verzuring in de toplaag tegen gaan.

De vegetatie die in een vochtige duinvallei groeit, hangt samen met alle eerder genoemde factoren. Ook saltspray, NO_x depositie en bodemvervuiling bepalen het type vegetatie. Beheer kan successie vertragen, tegengaan of een gebied terugbrengen naar een jonger stadium. Echter zal in een hersteld gebied sneller verruiging optreden omdat de overige factoren (buiten de toplaag) al in een verdere fase zitten dan een nieuw ontstaan vochtige duinvallei. Door het verwijderen van de toplaag is slechts een deel van het landschap verjongd.

De koppeling naar Spanjaards Duin wordt gemaakt in hoofdstuk 6.

6 Koppeling aan Spanjaards Duin

Dit hoofdstuk bevat aanbevelingen met betrekking tot Spanjaards Duin. In het ontwerpplan uit 2007 zijn de volgende stappen opgenomen (Rijkswaterstaat Zuid Holland, 2007):

Stap 1: Aanleg basisduin en deels verhogen van bestaande strand (circa 0,5-1jaar)

Stap 2: Ontwikkeling gewenste abiotische uitgangssituatie (circa 2-5 jaar)

Stap 3: Ontwikkeling van de gewenste vegetatie (circa 10 –20 jaar)

Volgens de planning zou Spanjaards Duin nu de gewenste vegetatie aan het ontwikkelen zijn. Hier is nog geen sprake van. Dat betekent dat stap 2 vertraging heeft opgelopen. De redenen hiervoor zijn hieronder gegeven.

Het meest opvallende probleem van Spanjaards Duin is de grondwaterstand. Bij de aanleg van Spanjaards Duin is te veel sediment opgespoten. Hierdoor ligt de grondwaterstand te ver onder maaiveld. Het gebied stuift uit en de zoetwaterbel is nog aan het groeien, in de loop van de tijd zal dit probleem zichzelf oplossen. Op dit moment is de waterstand nog ongeveer 50 cm te diep. Er is naar verwachting een paar jaar nodig om de gewenste waterstand te bereiken.

Het opgespoten sediment is afkomstig uit de zee. Dit sediment werd bewoond door allerlei soorten organismen. Hierdoor is het matig voedselrijk. Vochtige duinvalleivegetatie groeit het best in voedselarmere omstandigheden. De verwachting is echter dat dit langzaam wordt uitgespoeld. Daarom hoeft ook hier niets aan gedaan te worden. Het is wel goed om metingen te blijven doen om te controleren of de bodem daadwerkelijk voedselarmer wordt.

Er groeit helmgras in de omgeving van de vochtige duinvallei, hier en daar groeit het ook in de vochtige duinvallei zelf. Deze soort is moeilijk weg te krijgen uit een gebied als het er eenmaal is. Om te voorkomen dat de vallei in een helmgrasvallei verandert is het aan te raden om Helmgras vroegtijdig te ontwortelen. Het verwijderen van Helmgras uit de vochtige duinvallei heeft als bijkomend voordeel dat er minder zand in de vallei wordt vastgehouden. Ook Duindoorn kan het best zo snel mogelijk verwijderd worden als het zich in de vallei vestigt.

Spanjaards Duin is een relatief smal, langwerpige gebied. Het gebied is zo gelegen dat de meest voorkomende windrichting onder vrijwel dezelfde hoek ligt als Spanjaards Duin. Hierdoor is de kans dat er zaadjes het gebied inwaaien relatief klein (mede omdat de Randstad en Maasvlakte I en II tussen Spanjaards Duin en het eerstvolgende zuidelijke vochtige duinvallei ligt). Hierdoor is de vestigingskans voor zeldzame soorten als de Groenknolorchis klein. Als Spanjaards Duin in de toekomst geschikt is voor vochtige duinvalleivegetatie kan het zijn dat sommige soorten ontbreken omdat er simpelweg geen zaadjes in het gebied landen. Als er na meerdere jaren van wachten nog "wenssoorten" ontbreken, zou men kunnen overwegen om de natuur een handje te helpen door zaadjes in Spanjaards Duin te verspreiden.

Over het algemeen is het goed om de natuur haar werk te laten doen, dan zal de vallei vanzelf in een vochtige duinvallei veranderen op een zo natuurlijk mogelijke manier. Dit kan echter niet in alle gevallen omdat zaken als NO_x depositie en het menselijk aangebrachte sediment er voor zorgen dat niet alles natuurlijk is. Daarom zal de vallei goed gemonitord moeten blijven om mogelijke gevaren voor de vochtige duinvallei tijdig af te wenden.

Ten slotte is het raadzaam om goed bij te houden welke plantensoorten zich bij welke omstandigheden vestigen. Welke pionier is er als eerst? Welke soorten volgen? Welke soorten vestigen zich pas laat of helemaal niet? Omdat Spanjaards Duin zich zeer waarschijnlijk binnen enkele jaren gaat ontwikkelen tot een vochtige duinvallei is dit een ideale locatie voor verder onderzoek.

7 Aanbevelingen

Bij het opstellen van het werkplan van dit onderzoek waren er twee onderzoeksgebieden meer dan er uiteindelijk in het verslag zijn gekomen. Dit zijn 'de Kwade Hoek', een gebied met vochtige duinvalleien en natuurlijke kustaanwas, en het Groene strand van Oostvoorne, een vochtige duinvallei die al lange tijd niet meer verbonden is aan de zee. Van de Kwade Hoek, misschien wel het meest waardevolle vergelijkingsgebied voor dit onderzoek, was helaas te weinig data uit het verleden te vinden. Het Groene strand van Oostvoorne is uiteindelijk niet in het onderzoek meegenomen omdat het gebied al te lang niet meer onder invloed van de zee staat en te weinig dynamiek heeft. Vooral de Kwade Hoek is een gebied die het waard is om nog te onderzoeken. Voor dit onderzoek was er niet genoeg tijd om verder te zoeken naar oude data.

In dit vergelijkend onderzoek is het Waddengebied niet meegenomen. Hier is voor gekozen omdat het daar kalkarmer is en omdat de afstand tot de overige gebieden dusdanig groot is dat het verstandig was om te focussen op de vergelijkingsgebieden die uiteindelijk zijn gekozen. Toch zijn er op de Waddeneilanden veel vergelijkbare en zeer interessante vergelijkingsgebieden te vinden. Daarom is een vergelijkbaar onderzoek naar vochtige duinvalleien op de Waddeneilanden een perfecte toevoeging van dit rapport en kan het nieuwe inzichten geven.

Het is het overwegen waard om onderzoek te doen naar de gevolgen van een zandsuppletie voor de Slikken van Voorne bij de Hinderplaat. Dit zou als gevolg kunnen hebben dat er een enorme vochtige duinvallei ontstaat waar nu de Slikken van Voorne ligt. Als beheerders, zoals Rijkwaterstaat en waterschappen, niet aan de instandhoudingsdoelstellingen voor vochtige duinvalleien kunnen voldoen zou deze suppletie kunnen worden onderzocht als potentiële oplossing (Kers, 2015).

Voor sommige vergelijkingsgebieden zitten er gaten in de beschikbare data. Hierdoor is het soms moeilijk om de gebieden te vergelijken. Verder is het goed om meerdere gebieden toe te voegen aan dit onderzoek om meer vergelijkingsmateriaal te kunnen analyseren, zoals het Groene strand van Oostvoorne, de Kwade Hoek of duinvalleien in het Waddengebied.

8 Discussie

Regelmatig zitten er gaten in de data over ontwikkeling van vochtige duinvalleien. Hierdoor zijn ontwikkelingsreeksen hier en daar niet helemaal compleet waardoor ontwikkelingsreeksen niet altijd zo gedetailleerd als gewenst zijn vastgelegd.

De menselijke hand is in elk vergelijkingsgebied aanwezig. De Grevelingen is een brak meer met eilanden die door de mens zijn droog- en vastgelegd. De Slikken van Voorne is op een natuurlijke manier ontstaan, maar pas nadat de monding van de Maas werd afgesloten en de haven van Rotterdam zich zeewaarts uitbreidde. De vochtige duinvalleien van de Duinen van Voorne zijn herstelprojecten. Het Kennemerstrand is vrij natuurlijk, maar wel geholpen door een extra duinenrij en het gegraven meer. Deze verschillen in ontstaansgeschiedenis beïnvloedden de individuele ontwikkelingsprocessen zeer sterk, waardoor vergelijkingen moeilijker te maken zijn.

Het ontbreken van Jarkus-gegevens voor de Grevelingen en Voornes duin is een gemis omdat de ontwikkeling van de morfologie nu niet goed in beeld te brengen is. Voor de Grevelingen is dit probleem overigens niet heel groot, omdat uit literatuur valt op te maken dat de morfologie van de eilanden nauwelijks is veranderd sinds het vastleggen van de eilanden.

Voor een betere vergelijking met Spanjaards Duin is het wenselijk om ook op Spanjaards Duin bodem monsters te nemen. Wegens praktische omstandigheden is dit niet gebeurd.

Begrippenlijst

Aërosolen: Een mengsel van een druppeltje en een (stof)deeltje. Een mengsel waarbij een stof microscopisch gelijkmatig verdeeld is over een andere stof.

Assimilatie: Biochemisch proces waarbij een organische verbinding wordt opgebouwd uit eenvoudigere organische componenten en/of anorganische stoffen zoals kooldioxide en water.

Kreek: Een kleine watergeul ontstaan als gevolg van getijdewerking of door een dijkdoorbraak.

Mineralisatie: Proces waarbij organische verbindingen door micro organismen worden omgezet in anorganische (minerale) verbindingen, zoals bijvoorbeeld nitraat en koolstofdioxide

Natura2000: Een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie

Schor: Een begroeid buitendijks gebied dat bij een gemiddeld hoogwater niet meer onderloopt. Thuis voor zoutminnende flora. Ook wel gors, schol of kwelder genoemd.

Slik: Een natuurlijke aanslibbing die alleen droogvalt tijdens laag water (vergelijkbaar met laag wad in het waddengebied)

Spragelen: Machinaal klepelen en tegelijk afzuigen.

Zandflux: De totale hoeveelheid zand [m^3] dat een gebied verlaat door middel van erosie of in een gebied terecht komt door middel van sedimentatie. De letterlijke zandflux voor een gebied is de totale sedimentatie minus de totale erosie.

Figurenlijst

Figuur 1: Jarkus model van Spanjaards Duin met typerende duinvallei vorm.....	4
Figuur 2: Hiërarchisch model	5
Figuur 3: Zoetwaterbel	6
Figuur 4: Landelijke ontwikkeling N-depositie.....	7
Figuur 5: Abiotische omstandigheden vochtige duinvegetatie.....	10
Figuur 6: Locatie referentiegebieden	11
Figuur 7: De Grevelingen	11
Figuur 8: Duinen rondom Voorne	12
Figuur 9: Slikken van Voorne	13
Figuur 10: Zandhagedis.....	14
Figuur 11: Duinvallei Spanjaards Duin.....	14
Figuur 12: Kennemerstrand	15
Figuur 13: Natuurtypen Kennemerstrand	15
Figuur 14: Zoetwaterbel Grevelingen.....	17
Figuur 15: Successie Grevelingen.....	19
Figuur 16: Abiotische omstandigheden Veermansplaat	20
Figuur 17: Abiotische omstandigheden Hompelvoet.....	20
Figuur 18: Abiotische omstandigheden Duinen van Voorne	23
Figuur 19: Slikken van Voorne 1850	25
Figuur 20: Slikken van Voorne.....	25
Figuur 21: Jarkus raai 480	26
Figuur 22: Jarkus raai 780	26
Figuur 23: Vegetatieontwikkeling slikken en schorren.....	28
Figuur 24: Abiotische factoren Slikken van Voorne	29
Figuur 25: Jarkus raai 5700	31
Figuur 26: Jarkus raai 5775	31
Figuur 27: Abiotische omstandigheden Kennemerstrand	34
Figuur 28: ontwikkelingsreeksen vergelijkingsgebieden	35
Figuur 29: schematisering ontwikkelingsreeksen vergelijkingsgebieden	40
Figuur 30: tijdfasen ontwikkelingen	40

Literatuur

- Adriani, M.J. & Van der Maarel (1968). *Voorne in de branding: een beschouwing over de natuurwetenschappelijke betekenis van het kustgebied van Voorne in verband met mogelijke technische werken in dit gebied*. St. Wetenschappelijk Duinonderzoek, Oostvoorne.
- Aggenbach, C. J. (2002). *Duinvalleien (kalkrijke duinen)*. Driebergen: Staatsbosbeheer.
- Arcadis. (2012). *Kennemerstrand: Een duinvallei vol verassingen*. KNNV.
- Bakker, T. J. (1979). *Duinen en duinvalleien*. Wageningen: Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie.
- Barten, E. (1984). *Het verloop van de ontzilting midden op het eiland Hompelvoet*. Ministerie van verkeer en waterstaat.
- Beijersbergen, J. (1975). *De verspreiding van de mossen op de voormalige zandplaat de Hompelvoet in de Grevelingen in relatie tot het abiotische milieu, de fanerogamenvegetaties en enkele beheersmaatregelen*. Leersum: Rijksinstituut voor Natuurbeheer.
- Beijersbergen, J. (1975). *Waarnemingen aan broedvogels in de Grevelingen*. De Levende Natuur.
- Beijersbergen, J. (2015). Grevelingen. (J. v. Veen, & S. v. Wilk, Interviewers)
- Beijersbergen, J. (1980). *Mossen op de Hompelvoet in de Grevelingen, ZW-Nederland*. Copenhagen: Lindbergia.
- Bobbink, R. (2014). *Effecten van verhoogde stikstofdepositie door 2 nieuwe kolencentrales op duingebied juist beoordeeld?* Nijmegen: Onderzoekscentrum B-ware.
- Broere, M. (2015). vochtige duinvalleien Kwade Hoek en Voorne. (J. v. Veen, & S. van der Wilk, Interviewers)
- Damm, T. & J. Spaargaren (2013). *Vegetatie- en habitatkartering Voornes Duin 2012*. Kwintshul: Van der Goes en Groot.
- de Boer, L. (2008). *Flora onderzoek Kennemerstrand*. Utrecht: Hoogeschool utrecht.
- de Jager, S. (2015) *Bepaling kalkgehalte*. Velp: Hoogeschool Van Hall Larenstein.
- de Kraker, C. (2012). *Vegetatie van de Grevelingen: kartering meetsoorten 2009-2011*. Burgh-Haamstede: Ecologisch adviesbureau SANDVICENSIS.
- de Kraker, C. (2015). Vergelijkend duinonderzoek: de Grevelingen. (J. van Veen, & S. van der Wilk, Interviewers)
- de Kruijf, A.C. & A.M. Keijer. (2003) *Evenwichtsligging Kennemerstrand en aanzanding havenmond IJmuiden*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Godijn, N. (2014). *Verruiging op de Slikken van Voorne*. Delft: Zuid-Hollands Landschap.
- Grootjans, A. A. (2010). *Herstelstrategie H2190B: Vochtige duinvalleien (kalkrijk)*.

- Havenbedrijf Rotterdam. (2012). *factsheet*. Opgeroepen op 2015, van Natuurlijk, Oostvoornse Meer: <http://www.natuurlijkoostvoornsemeer.nl/>
- Havenbedrijf Rotterdam N.V. (2007). *Werk in uitvoering*. Opgeroepen op Februari 18, 2015, van Port of Rotterdam: <https://www.maasvlakte2.com/nl/index/show/id/109/aanleg>
- Janssen, M. (2015, 03). *Vochtige duinvallei Kennemerstrand*. (J. v. Veen, & S. van der Wilk, Interviewers)
- Kers, B. (2015). *Vergelijkend onderzoek vochtige duinvalleien*. (J. van Veen, & S. van der Wilk, Interviewers)
- Koolloos. *Foto van Dune 'Spanjaards Duin'*. Wiciloc.
- Ministerie van Economische Zaken. (2015). *Programmatische Aanpak Stikstof*. Opgehaald van <http://pas.natura2000.nl/>
- Mourik, J. M. (2013). Plantenonderzoek Kennemerstrand 2013. *Vegetatieopnamen van permanente kwadraten*.
- Natura 2000. (2014). *Leeswijzer Natura 2000 profielen, geheel herziene versie september 2014*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Natuur in Nederland. (2015). *Het Groesbeekse Bos*. Opgehaald van Natuur in Nederland: <http://www.natuurlandschap.nl/wouter2/gelderland/het-groesbeekse-bos/>
- Natuurkennis.nl. (2014). *Vochtige Duinvallei*. Opgeroepen op februari 26, 2015, van Natuurkennis: <http://www.natuurkennis.nl/index.php%3Fhoofdgroep%3D2%26niveau%3D2%26subgroep%3D107%26subsubgroep%3D1022>
- Natuurmonumenten. (2006). *Voornes Duin Natuurvisie 2007-2025*.
- Natuurmonumenten. (2015). *Voornes Duin*. Opgeroepen op 2015, van Natuurmonumenten: <https://www.natuurmonumenten.nl/voornes-duin>
- Natuurmonumenten. (2015). *Voornes Duin*. Opgeroepen op 2015, van Natuurmonumenten: <https://www.natuurmonumenten.nl/nieuws/stekelhoek-en-quackjeswater-in-bloei>
- Oud, M. (2014). *Zeer zeldzame Helharpoenzwam in duinen bij IJmuiden*. Opgeroepen op 2015, van Natuurbericht.nl: <http://www.natuurbericht.nl/?id=13011&rss=1>
- Rijkswaterstaat. (2007). *Duincompensatie Delflandse Kust (Eindconcept)*. Rijkswaterstaat
- Rijkswaterstaat. (2014). *Kustlijnkaarten 2015*. Rijkswaterstaat.
- Roos, R. (2009). *Duinen en Mensen Kennemerstrand*. Amsterdam: NatuurMedia.
- Slager, H. J. (1990). *Flevobericht 312: abiotische kenmerken van de drooggevallen gebieden in de Grevelingen*. Lelystad: Rijkswaterstaat.

- Slings, R. et. al. (2007). *Grijze duinen*. Opgeroepen op Februari 26, 2015, van natuurkennis:
<http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=2&niveau=3&subgroep=107&subsubgroep=1021&subsubsubgroep=520>
- Synbiosis. (2009). *Vochtige duinvalleien (H2190)*. Opgeroepen op 2015, van Synbiosis Alterra:
http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitattype_2190.pdf
- van der Goes, J. (2012). *Florakartering Voornes Duin*. Kwintshuil: Van der Goes en Groot.
- van der Hagen, H. (2013). *Dynamic coasts, opportunities for research and management*, pp 17-21, Deltares, minisymposium 23-5-2013.
- van der Heiden, S. e.a. (2010). *Onderzoekmonitoring Voornes Duin 2004-2008*. Ede: Natuurmonumenten.
- van der Laan, D. (2015). Vochtige duinvalleien nabij Slikken van Voorne. (J. v. Veen, & S. v. Wilk, Interviewers)
- van der Meulen, F. et al. (2014). *Development of new dunes in the Dutch Delta: nature compensation and 'building with nature'*. Dordrecht: Springer.
- van der Valk, B. (2015). Gesprekken Afstudeeronderzoek. (J. van Veen, & S. van der Wilk, Interviewers)
- van Haperen. (2009). *Een wereld van verschil, landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden*. (A.M.M., Red.) Zeist: KNNV Uitgeverij.
- van Haperen. (2014). *De natuur van de kust*. (E. A. Lammerts, Red.) Groningen: Uitgeverij Natuurmedia.
- van Steenis, W. (2006). *Voornes Duin: Natuurvisie 2007-2025*. 's-Graveland: Vereniging Natuurmonumenten.
- Vertegaal, C. (2005). *Basisrapport Duinen van Oostvoorne, Groene Strand, Slikken van Voorne*. Rotterdam: Zuid-Hollands Landschap.
- Vertegaal, C. (1997). *Evaluatie milieu effect rapportage 'slufter' over de periode 1986 tot en met 1996*. den Haag: Drukkerij Lakerveld.
- Vertegaal, C. (2009). *Duinen van Goeree Basisrapport 2009*. Natuurmonumenten.
- Vertegaal, C. ecologisch advies en onderzoek. (2011). *Voornes Duin Kwaliteitstoets*. Natuurmonumenten.
- Worldpress. (2012). *Adembenemend rood in de Kwade Hoek*. Opgeroepen op 2015, van worldpress.com: <https://basnatuurlijk.wordpress.com/page/4/>
- Zuid-Hollands landschap. (2011). *Zuid hollands landschap*. Opgehaald van Spanjaards Duin:
<http://www.zuidhollandslandschap.nl/natuur-bij-u-in-de-buurt/natuurgebieden/spanjaards-duin/>

Zuid-Hollands Landschap. (2011). *Groene Strand*. Opgeroepen op 2015, van zuidhollandslandschap.nl: <http://www.zuidhollandslandschap.nl/natuur-bij-u-in-de-buurt/natuurgebieden/groene-strand/>

Zuid-Hollands Landschap. (2011, August). *Groene Strandroute*. Opgeroepen op 2015, van zuidhollandslandschap.nl: http://www.zuidhollandslandschap.nl/wp-content/uploads/2011/08/5920_groene_strandroute.pdf

Zuid-Hollands Landschap. (2014). *Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2013*. Zuid-Hollands Landschap.

Zuid-Hollands landschap. (2015). *Slikken van Voorne*. Opgeroepen op 2015, van Zuid-Hollands Landschap: <http://www.zuidhollandslandschap.nl/natuur-bij-u-in-de-buurt/natuurgebieden/slikken-van-voorne/>

Appendices

Appendix 1: Lijst respondenten

Appendix 2: Bepaling kalkgehalte

Appendix 3: Hiërarchisch model

Appendix 4: Toelichting abiotische omstandigheden

Appendix 5: Voedselrijkdom Hompelvoet

Appendix 6: Voedselrijkdom Veermansplaat

Appendix 7: Toponiemen op Voornes Duin

Appendix 8: Geologische opbouw Voornes Duin

Appendix 9: Bodemkaart Voornes Duin

Appendix 10: Geologisch dwarsprofiel Voornes Duin

Appendix 11: Ligging raaien Slikken van Voorne

Appendix 12: Slikken van Voorne, Raai 480

Appendix 13: Slikken van Voorne, Raai 780

Appendix 14: Vorming Kennemerstrand

Appendix 15: Ligging raaien Kennemerstrand

Appendix 16: Kennemerstrand, Raai 5700

Appendix 17: Kennemerstrand, Raai 5775

Appendix 1: Lijst respondenten

Dick van der Laan	Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO)(gepensioneerd)
John Beijersbergen	Ecologisch adviesburo Duin & Delta
Kees de Kraker	Ecologisch adviesbureau Sandvicensis
Matthijs Broere	Natuurmonumenten
Marc Janssen	Vrienden van het Kennemerstrand
Niek Koppelaar	Zuid-Hollands landschap
Frank van der Meulen	Frank van der Meulen Consultancy
Bert van der Valk	Deltares

Appendix 2: Bepaling kalkgehalte

(de Jager, 2015)

Bepaling van het kalkgehalte m.b.v. een calcimeter

Voor de bepaling van het kalkgehalte moet je drie stappen uitvoeren:

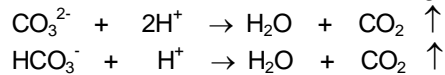
- A. Het bepalen van het vochtgehalte in het monster (=watergetal (w))
- B. Schatten van het kalkgehalte van het monster met zoutzuur
- C. De kalkbepaling met behulp van de calcimeter

Principe

Het is niet waarschijnlijk dat al het in de grond voorkomende carbonaat aan calcium is gebonden. Er kunnen ook andere carbonaten en bicarbonaten voorkomen (o.a. Mg en Fe). Het tijdens deze bepaling, door het toegevoegde zuur, ontwikkelde CO_2 van alle (bi)carbonaten wordt als CaCO_3 berekend. Het toe

te voegen zuur moet alle carbonaten en bicarbonaten ontleden zonder dat storende nevenreacties optreden. Azijnzuur is niet bruikbaar, omdat hierdoor magnesiumcarbonaat slechts ten dele wordt ontleed. Zwavelzuur bevordert het ontstaan van onoplosbare verbindingen, waarbij CaCO_3 kan worden ingesloten. Salpeterzuur werkt bij aanwezigheid van oxideerbare verbindingen als oxidatiemiddel onder afsplitsing van gasvormige stikstofverbindingen.

Daarom wordt voor deze bepaling zoutzuur (HCl) gebruikt. De grond wordt geschud met zoutzuur waardoor carbonaten en bicarbonaten als volgt ontleden:



Het vrijgekomen CO_2 , dat als gas ontwijkt, wordt volumetrisch bepaald. Het volume van een mol gas is voor alle gassen, gemeten bij dezelfde temperatuur en druk, even groot (Wet van Avogadro). Het volume van 1 mol gas is $22,4 \text{ dm}^3$, bij 0°C en 100 kPa . In een half gesloten U-buis meten we het volume van het vrijgekomen CO_2 bij een druk van 100 kPa .

We weten dat 1 mol CO_2 onder bovengenoemde omstandigheden een volume heeft van $22,4 \text{ dm}^3$ en een massa van 44 gram. We kunnen dus uit het gemeten volume de massa CO_2 berekenen en deze omrekenen tot een CaCO_3 -gehalte.

Achtergrondinformatie

Het al of niet aanwezig zijn van kalk (carbonaten, voornamelijk CaCO_3) heeft een sterke invloed op de zuurgraad van een grond. Kalkarme gronden hebben vaak een te lage pH en een slechte structuur. Dit kan door kalkbemesting worden verbeterd. Voor een goede structuur van kleigronden is, in het Nederlandse klimaat, een kalkgehalte van ongeveer 2% gewenst. Ook de opbrengst van een gewas kan dikwijls door een kalkbemesting worden verhoogd. Een gewas gedijt namelijk het best bij een bepaalde pH. Voor onze cultuurgewassen ligt deze meestal tussen pH-KCl 5 en 8.

De bepaling van de zuurgraad is meestal reeds een middel om vast te stellen of er kalk van betekenis in de grond aanwezig is. Is dit het geval (de pH moet dan $> \text{ca. } 6,5$ zijn) dan is een kalkbepaling nodig om het juiste gehalte vast te stellen. Onder Nederlandse omstandigheden daalt het kalkgehalte door uitspoelen (ongeveer 1% van de grond verdwijnt in 70 jaar als uitgespoelde kalk). Ook voor de uit zee gewonnen gronden, is kalk van groot belang. In ongerijpte toestand hebben deze gronden ongeveer 20 a 40% Na^+ -ionen aan het adsorptiecomplex zitten. Dit relatief hoge Na-gehalte heeft een structuur bedervende invloed op de grond (verslempen). Dit nu wordt tegengegaan door uitwisseling van Na-ionen tegen Ca-ionen, die geleverd kunnen worden door oplossen van kalk. Dergelijke jonge gronden bevatten meestal ook sulfiden en bij aeratie van de grond ontstaat hieruit H_2SO_4 . Dit zuur kan weer door kalk geneutraliseerd worden, waardoor verzuring van de grond bij de rijping wordt voorkomen en waardoor calcium-ionen worden vrijgemaakt, die de natrium-ionen uitwisselen.

A. Bepalen van het vochtgehalte van het bodemmonster

1. Weeg op een bovenweger een leeg aluminium droogbakje. Noteer het gewicht op twee decimalen.
2. Weeg in het droogbakje circa 20,00 gram veldvochtig bodemmonster af en noteer het gewicht op twee decimalen.
3. Zet het droogbakje met bodemmonster in een droogstoof bij 105°C gedurende 24 uur.
4. Haal het droogbakje uit de stoof en laat deze afkoelen in een exsiccator (glazen stolp met een droogmiddel) gedurende 30 minuten. (Wanneer je het monster zou laten afkoelen in de ruimte trekt het warme bodemmonster vocht aan en kan je weer opnieuw beginnen).
5. Weeg het aluminium bakje met het bodemmonster na afkoelen op de bovenweger en noteer het gewicht op twee decimalen.
6. Bereken het vochtgehalte (watergetal w) :

$$w = \frac{\text{massa vochtige grond} - \text{massa droge grond}}{\text{massa droge grond}} * 100\%$$

B. Schatten van het kalkgehalte in het grondmonster

1. Het carbonaatgehalte wordt geschat met behulp van zoutzuur 2M en aan de hand van de mate van en de tijdsduur van het bruisen. Aan de hand van deze schatting wordt de hoeveelheid monster, dat ingewogen moet worden, bepaald.
2. Weeg een deel van het gedroogde monster (ca 2,5 gram) op een plastic schaalje. Druppel op het monster 5 druppels zoutzuur 2M.

Intensiteit van het bruisen	Carbonaatgehalte g/kg	Massa inweeg
Niet of zeer beperkt	<20	10
Duidelijk, maar voor korte tijd	20 tot 80	5
Sterk, voor langere tijd	80 tot 160	2,5
Zeer sterk, voor langere tijd	>160	≤ 1

C. Bepalen van het vochtgehalte van het bodemmonster

7. Weeg op een bovenweger een leeg aluminium droogbakje. Noteer het gewicht op twee decimalen.
8. Weeg in het droogbakje circa 20,00 gram veldvochtig bodemmonster af en noteer het gewicht op twee decimalen.
9. Zet het droogbakje met bodemmonster in een droogstoof bij 105°C gedurende 24 uur.
10. Haal het droogbakje uit de stoof en laat deze afkoelen in een exsiccator (glazen stolp met een droogmiddel) gedurende 30 minuten. (Wanneer je het monster zou laten afkoelen in de ruimte trekt het warme bodemmonster vocht aan en kan je weer opnieuw beginnen).
11. Weeg het aluminium bakje met het bodemmonster na afkoelen op de bovenweger en noteer het gewicht op twee decimalen.
12. Bereken het vochtgehalte (watergetal w) :

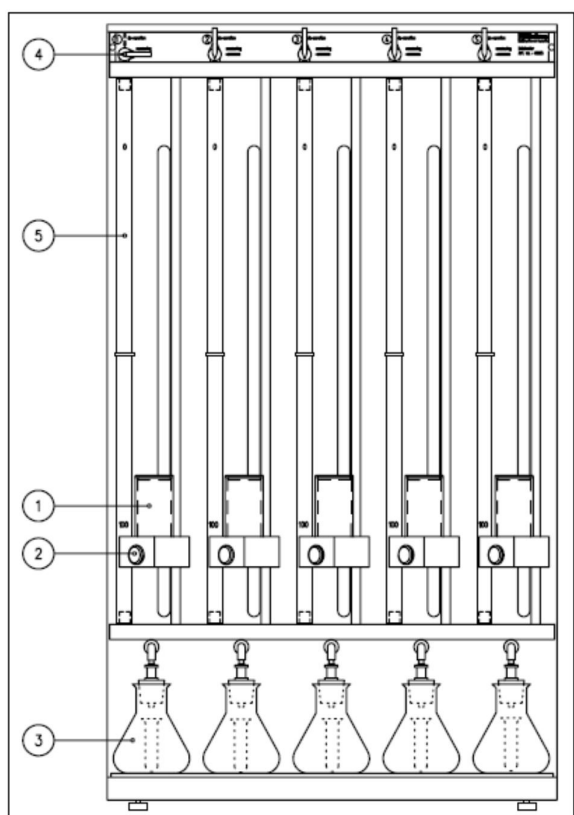
$$w = \frac{\text{massa vochtige grond} - \text{massa droge grond}}{\text{massa droge grond}} * 100\%$$

D. Schatten van het kalkgehalte in het grondmonster

3. Het carbonaatgehalte wordt geschat met behulp van zoutzuur 2M en aan de hand van de mate van en de tijdsduur van het bruisen. Aan de hand van deze schatting wordt de hoeveelheid monster, dat ingewogen moet worden, bepaald.
4. Weeg een deel van het gedroogde monster (ca 2,5 gram) op een plastic schaalje. Druppel op het monster 5 druppels zoutzuur 2M.

Intensiteit van het bruisen	Carbonaatgehalte g/kg	Massa inweeg
Niet of zeer beperkt	<20	10
Duidelijk, maar voor korte tijd	20 tot 80	5
Sterk, voor langere tijd	80 tot 160	2,5
Zeer sterk, voor langere tijd	>160	≤ 1

E. Bepaling van het kalkgehalte met behulp van de calcimeter.



1. Weeg een hoeveelheid bodemmonster af in een erlenmeyer (3) op 0.001 g nauwkeurig. (Zie de tabel bij onderdeel B).
2. Voeg 20 ml demiwater toe met behulp van een maatcilinder
3. Zet de tweewegkraan (4) in de ontluchtstand door de de kraan naar boven te draaien.
4. Met behulp van het buffervat (1) kan je de vloeistofstand in DE buis (5) regelen. Dit doe je door met je duim de zwarte knop (2) in te drukken en het buffervat omhoog of omlaag te bewegen.
5. Zet de vloeistofstand op 3 ml.
6. Vul met behulp van een dispenser een klein glazen buisje met 7 ml zoutzuur 4M.
7. Plaats met behulp van een pincet zonder te morsen het buisje bij het monster in de erlenmeyer.
8. Maak de witte stop een beetje vochtig met demiwater en zet deze stevig op de erlenmeyer.
9. Draai de kraan naar beneden naar de meetstand.
10. Houd de erlenmeyer schuin, zodat de zoutzuur uit het glazen buisje in contact komt met het monster .
11. Bij de reactie komt gas vrij, dat het vloeistofniveau in de buret laat zakken en in het buffervat laat stijgen. Laat dit niveauverschil niet groter worden dan 3 ml.
12. Schud de erlenmeyer gedurende 5 minuten af en toe om de reactie volledig te laten verlopen.
13. Wanneer het volume in de buis (5) dan niet meer verandert noteer je het volume. Als het volume nog wel verandert, moet je weer schudden totdat het volume stabiel is. Dit proces mag niet langer dan 1 uur duren.
14. Breng het niveau in buret en buffervat op gelijke hoogte en lees het niveau af.
15. Bereken het carbonaatgehalte in gram per kilogram grond:

$$W(\text{CaCO}_3) = 1000 \times \frac{m_2 (V_1 - V_3)}{m_1 (V_2 - V_3)} \times \frac{100 + w(\text{H}_2\text{O})}{100}$$

Waarin:

$W(\text{CaCO}_3)$	= carbonaatgehalte in gram per kilogram grond op basis van stoofdroge grond
M_1	= massa ingewogen analysemonster in gram
M_2	= gemiddelde massa van de voor de kalibratie gebruikte calciumcarbonaat in gram
V_1	= het volume koolstofdioxide vrijgekomen bij de analyse in ml
V_2	= het gemiddelde volume koolstofdioxide vrijgekomen bij de calibratie met calciumcarbonaat
V_3	= gemiddelde volumeverandering bij de blanco's
$W(\text{H}_2\text{O})$	= Vochtgehalte uitgedrukt in % van een massa van een stoofdroge grond bepaald volgens onderdeel A

Wanneer je m_2 , V_2 en V_3 niet zelf bepaalt, gebruik je de volgende getallen:

M_2	= 0,30025 gram
V_2	= 48,85 ml
V_3	= 0,60 ml

Wanneer je deze getallen zelf wil bepalen moet je de volgende stappen uitvoeren:

M_2 en V_2 - bepaling

1. Weeg op een analytische balans 0,2 g en 0,4 g gedroogd calciumcarbonaat af in twee erlenmeyers (3). Noteer het gewicht op 4 decimalen.
2. Voeg bij elke erlenmeyer 20 ml demiwater toe met behulp van een maatcilinder.
3. Zet de tweewegkraan (4) in de ontluchtstand door de kraan naar boven te draaien.
4. Met behulp van het buffervat (1) kan je de vloeistofstand in DE buis (5) regelen. Dit doe je door met je duim de zwarte knop (2) in te drukken en het buffervat omhoog of omlaag te bewegen.
5. Zet de vloeistofstand op 3 ml.
6. Vul met behulp van een dispenser een klein glazen buisje met 7 ml zoutzuur 4M.
7. Plaats met behulp van een pincet zonder te morsen het buisje bij het monster in de erlenmeyer.
8. Maak de witte stop een beetje vochtig met demiwater en zet deze stevig op de erlenmeyer.
9. Draai de kraan naar beneden naar de meetstand.
10. Houd de erlenmeyer schuin, zodat de zoutzuur uit het glazen buisje in contact komt met het monster.
11. Schud de erlenmeyer gedurende 5 minuten af en toe om de reactie volledig te laten verlopen.
12. Wanneer het volume in de buis (5) dan niet meer verandert noteer je het volume. Als het volume nog wel verandert, moet je weer schudden totdat het volume stabiel is. Dit proces mag niet langer dan 1 uur duren. (De gemeten waarden liggen rond de 40 en 80 ml CO_2)

V_3 - bepaling

1. Vul twee erlenmeyers (3) elk met 20 ml demiwater toe met behulp van een maatcilinder.
2. Zet de tweewegkraan (4) in de ontluchtstand door de kraan naar boven te draaien.
3. Met behulp van het buffervat (1) kan je de vloeistofstand in DE buis (5) regelen. Dit doe je door met je duim de zwarte knop (2) in te drukken en het buffervat omhoog of omlaag te bewegen.
4. Zet de vloeistofstand bij 1 erlenmeyer de volumestand op 20 ml en bij de andere erlenmeyer op 80 ml.
5. Vul met behulp van een dispenser een klein glazen buisje met 7 ml zoutzuur 4M.
6. Plaats met behulp van een pincet zonder te morsen het buisje bij het monster in de erlenmeyer.
7. Maak de witte stop een beetje vochtig met demiwater en zet deze stevig op de erlenmeyer.
8. Draai de kraan naar beneden naar de meetstand.
9. Houd de erlenmeyer schuin, zodat de zoutzuur uit het glazen buisje in contact komt met het monster.
10. Schud de erlenmeyer gedurende 5 minuten af en toe om de reactie volledig te laten verlopen. Wanneer het volume in de buis (5) dan niet meer verandert noteer je het volume. Als het volume nog wel verandert, moet je weer schudden totdat het volume stabiel is. Dit proces mag niet langer dan 1 uur duren.

Appendix 3: Hiërarchisch model

(Bakker, 1979)

	Natuurlijke veranderingprocessen in het landschap	Landschapscomponenten incl. dynamische evenwichten	Invloeden van de mens
		⇨	⇩
	Klimaatveranderingen (b.v. neerslag, temperatuur en wind)	KLIMAAT	Vervuiling van de atmosfeer (invloed op temperatuur en neerslagkwaliteit)
↓	Wijzigingen in aan- en afvoerbalans van moedermateriaal: Kustaanwas en -afslag	GESTEENTE (moedermateriaal)	Afvoer en toevoer van materiaal (afgravingen, ophogingen, opspuiten van zand, aanvoer van stenen, klei, asphalt) Kustverdediging
↓	Erosie- of accumulatie door wind- en waterwerking (b.v. duinafslag, uit- en overstuiving)	RELIËF	Vergravingen Egalisatie Vastlegging
↓	Grondwaterstandsveranderingen (daling en stijging) Frequentieverandering van zilte invloeden	GRONDWATER	(Grond)waterwinning Kunstmatige infiltratie Oppervlakte-ontwatering Polderpeilverandering Verstoring v.d.natuurlijke fluctuatie Eutrofiëring
↓	Verschuiving in het evenwicht tussen ophoping van organische stof en mineralisatie. Verwering Uitspoeling van voedingsstoffen (kalk e.d.)	BODEM	Bodenbewerking Afplaggen Benesting Betreding
↓	Successie- en degeneratieprocessen (veranderingen in voedingsstoffenkringloop, waterverbruik etc.)	PLANTEN	Kappen, maaien, branden, betreding. Aanplanten, uitzaaien. Indirekt: beweiding
↓	Toe- of afname van de omzetting van organische stof Toe- of afname van: begrazings-, bemestings-, en betredingsintensiteit	DIEREN	Jacht Visserij

Appendix 4: Toelichting abiotische omstandigheden

(Natura 2000, 2014)

Zuurgraad

Klasse	omschrijving	Onderverdeling	pH-H ₂ O	pH-KCl
1	Basisch	1a	> 8.0	> 8,1
		1b	7.5-8.0	7.5-8.1
2	Neutraal	2a	7.0-7.5	6.8-7.5
		2b	6.5-7.0	6.1-6.8
3	Zwak zuur	3a	6.0-6.5	5.5-6.1
		3b	5.5-6.0	4.8-5.5
4	Matig zuur	4a	5.0-5.5	4.1-4.8
		4b	4.5-5.0	3.5-4.1
5	Zuur	5a	4.0-4.5	2.8-3.5
		5b	< 4.0	<2.8

Vochttoestand

GVG	GLG	Droogtestress	Omschrijving kenmerkklasse
> 50 cm	-	-	diep water
20 - 50 cm + mv.	> 0	-	ondiep permanent water
20 - 50 cm + mv.	< 0	-	ondiep droogvallend water
5- 20 cm + mv.	-	-	's winters inunderend
-5 +mv tot 10 -mv	-	-	zeer nat
0- 25 cm - mv.	-	-	nat
25 - 40 cm - mv.	-	-	zeer vochtig
> 40 cm - mv.	-	< 14 dgn	vochtig
> 40 cm - mv.	-	14-32 dgn	matig droog
> 40 cm - mv.	-	> 32 dgn	droog

Zoutgehalte

Klasse	Cl-gehalte (mg/l)
Zeer zoet	<150
Zoet	150-300
Zwak brak	300-1.000
Licht brak	1.000-3.000
Matig brak	3.000-10.000
Sterk brak tot zout	>10.000

Voedselrijkdom (N-gehalte)

	zeer voedselarm - licht voedselrijk	matig voedselrijk a	matig voedselrijk b	zeer voedselrijk	uiterst voedselrijk
µmol N/l	<6,5	6,5-10	10-15	13-30	>30
µg N/l	<70	70-140	140-210	210-240	>240

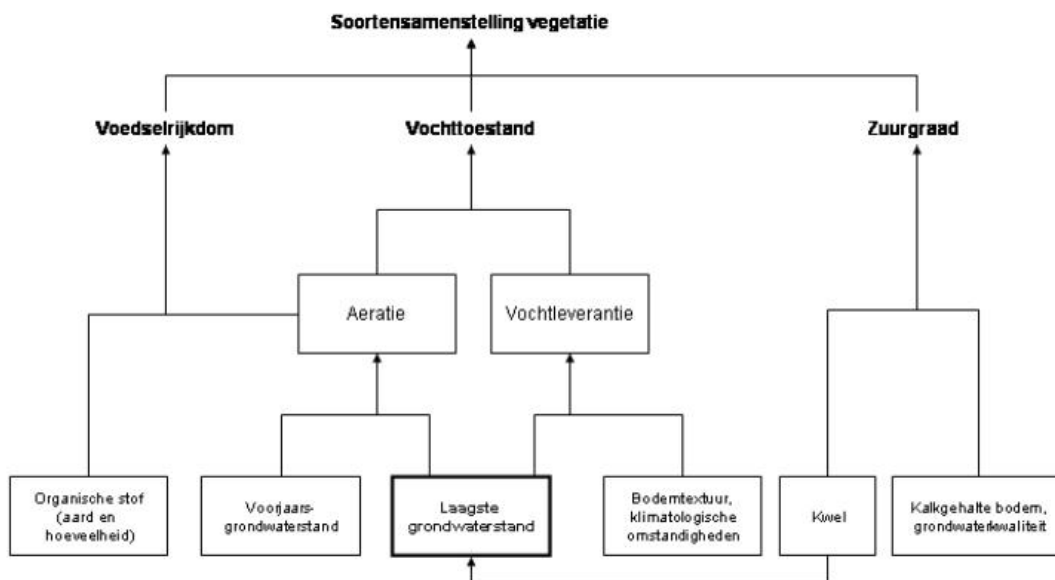
Overstromingstolerantie

Klasse	Binnenlands	Getijdengebied
Dagelijks langdurig	-	beneden gemiddelde hoogwaterlijn
Dagelijks kort	-	rond gemiddelde hoogwaterlijn
Regelmatig	jaarlijks of tweejaarlijks, gemiddelde overstromingsduur >10 dagen	boven gemiddelde hoogwaterlijn, jaarlijks enkele malen overstroomd
Incidenteel	bij extreme hoogwaters, gemiddelde overstromingsduur <10 dagen	alleen bij stormvloed
Niet	nooit	nooit

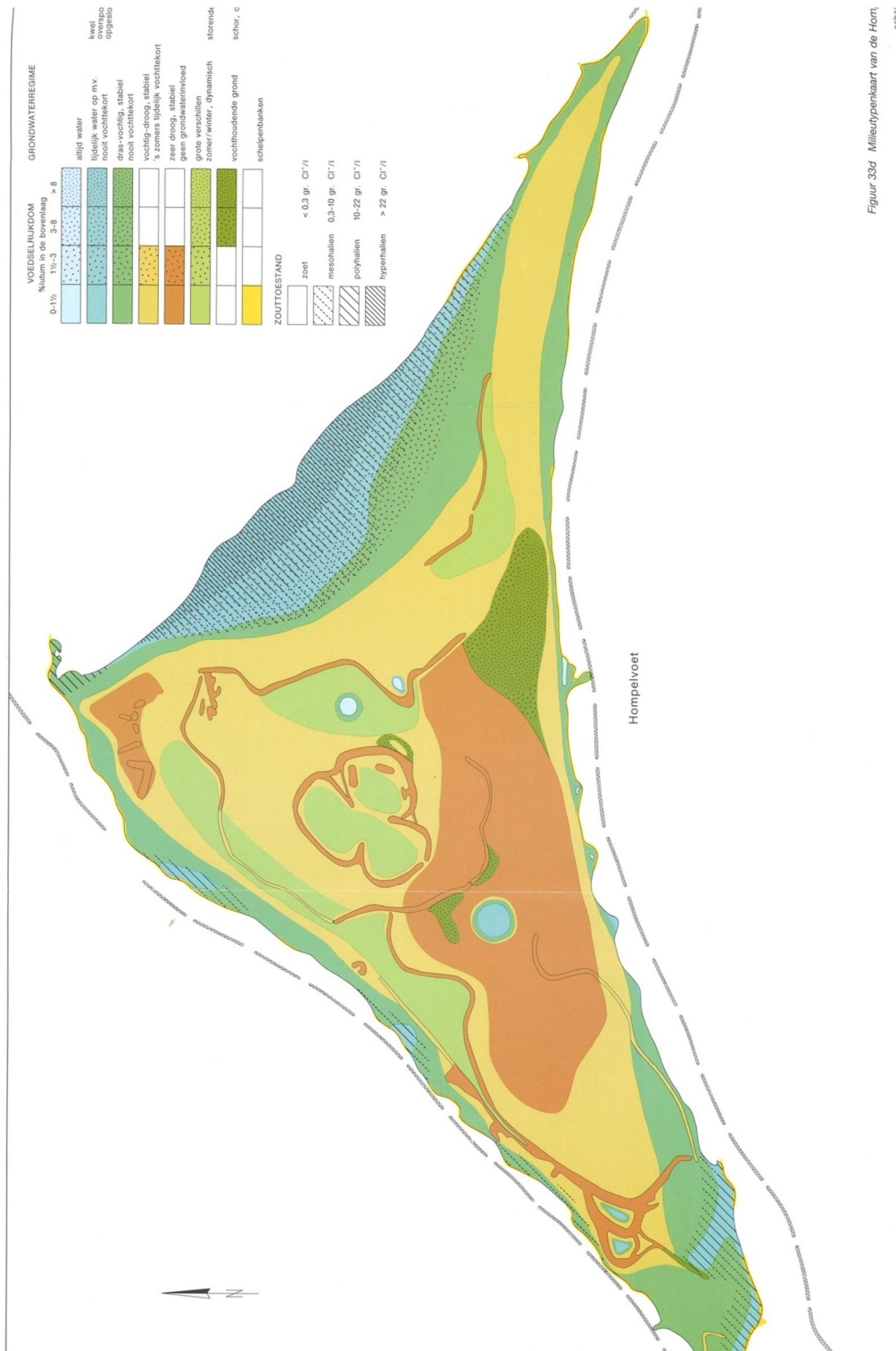
zout water
zoet water

overstroming met zeewater
overstroming met zoet, hard en matig tot zeer voedselrijk oppervlaktewater

Directe en indirecte relaties tussen voedselrijkdom, vochttoestand, zuurgraad en vegetatie

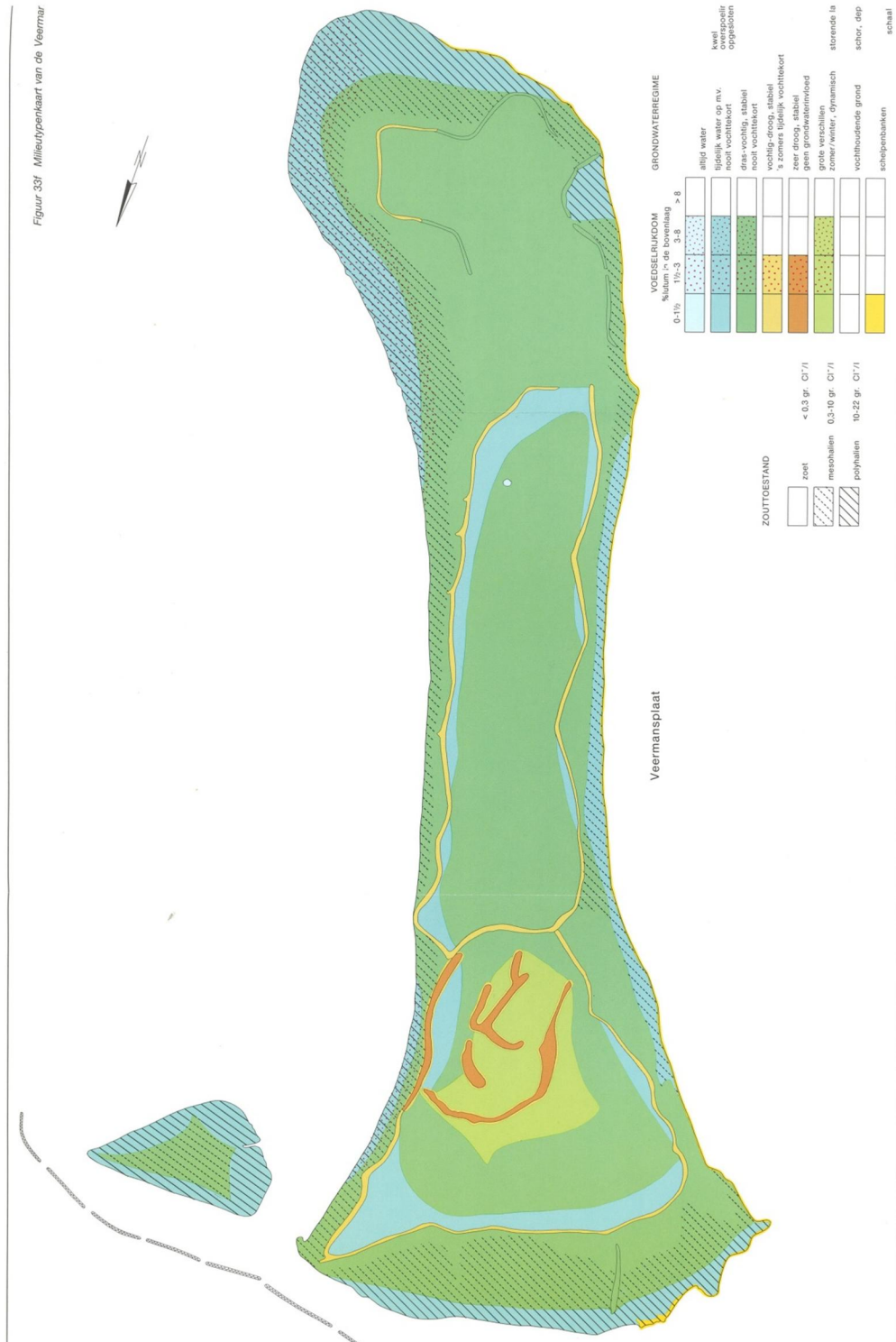


Appendix 5: Voedselrijkdom Hompelvoet (Slager, 1990)



Figuur 33d Milieutypenkaart van de Hom, schu

Appendix 6: Voedselrijkdom Veermansplaat (Slager, 1990)

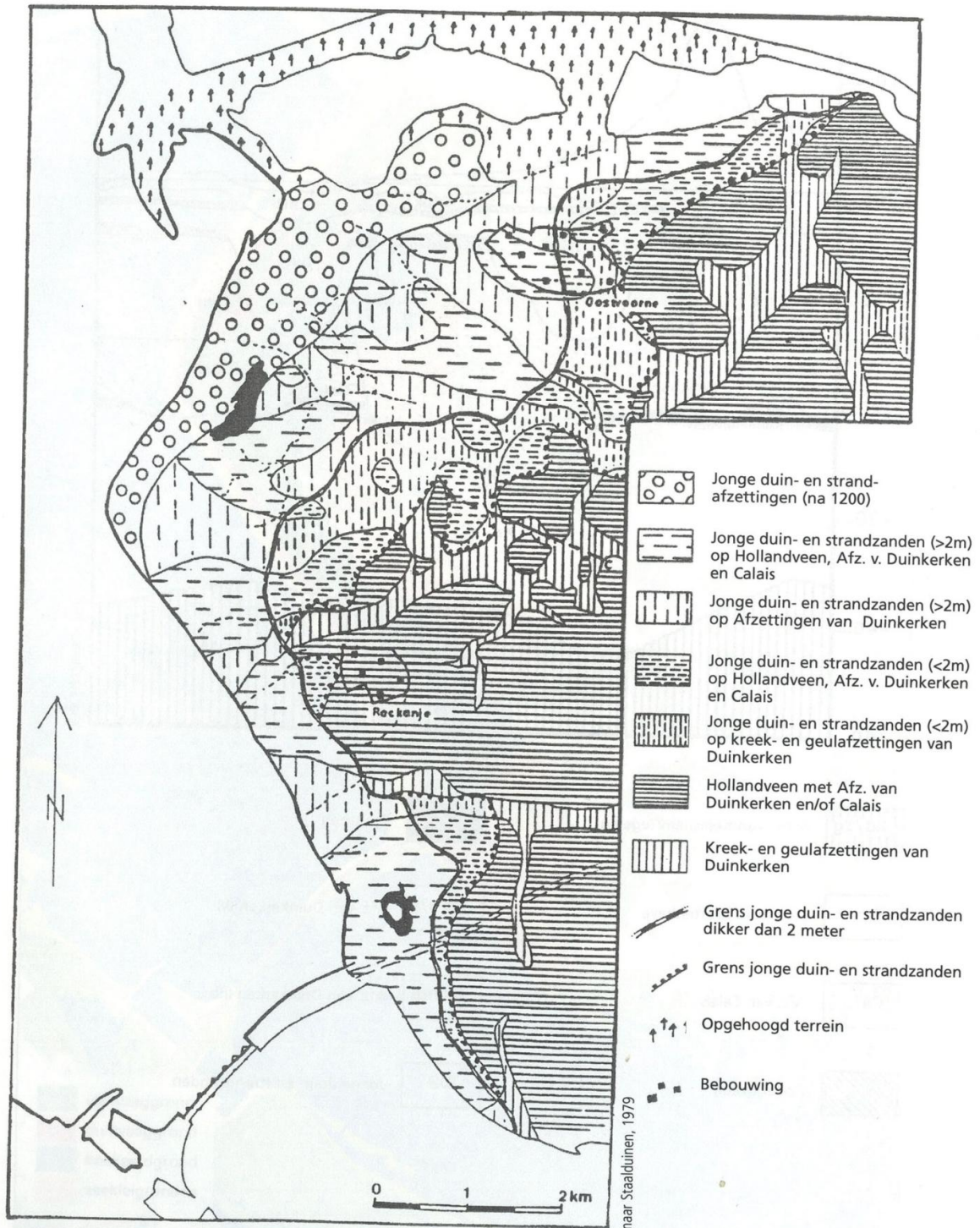


Appendix 7: Toponiemen op Voornes Duin (Natuurmonumenten, 2015)



Appendix 8: Geologische opbouw Voornes Duin

(Natuurmonumenten, 2015)

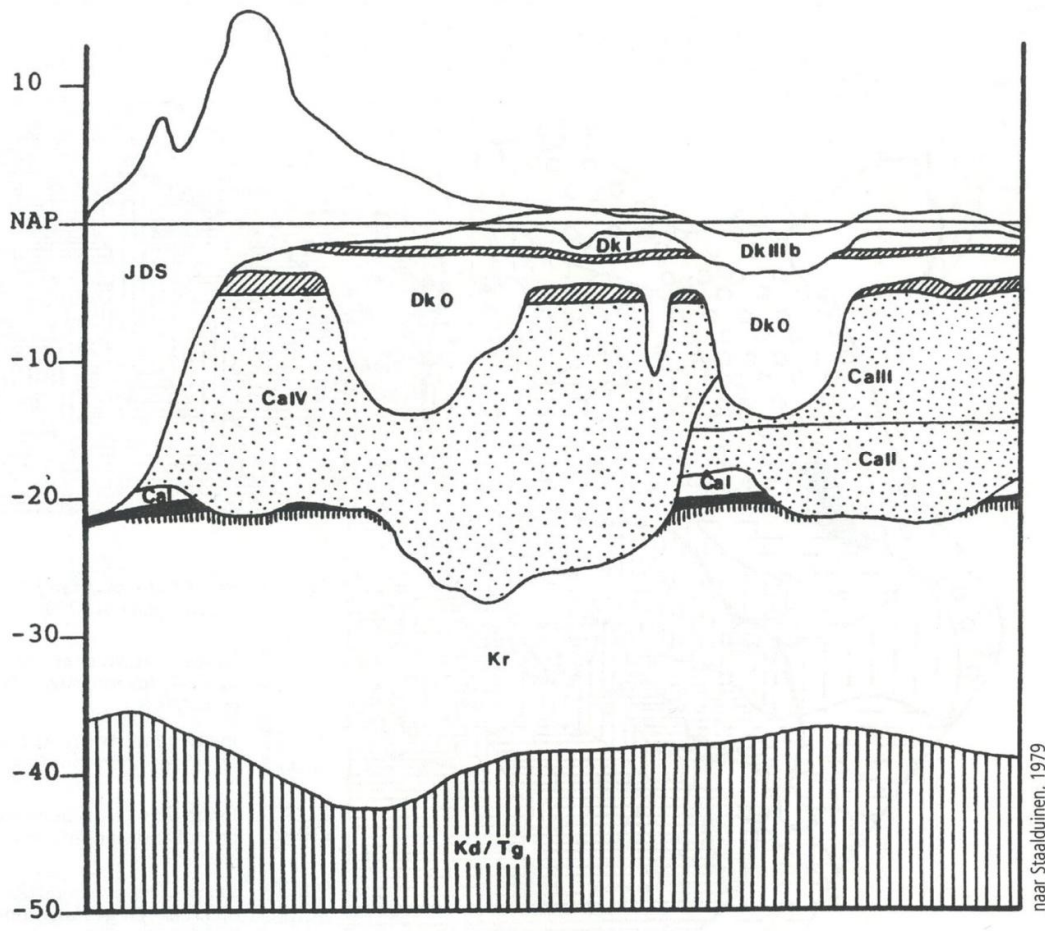


Appendix 9: Bodemkaart Voornes Duin (Natuurmonumenten, 2015)



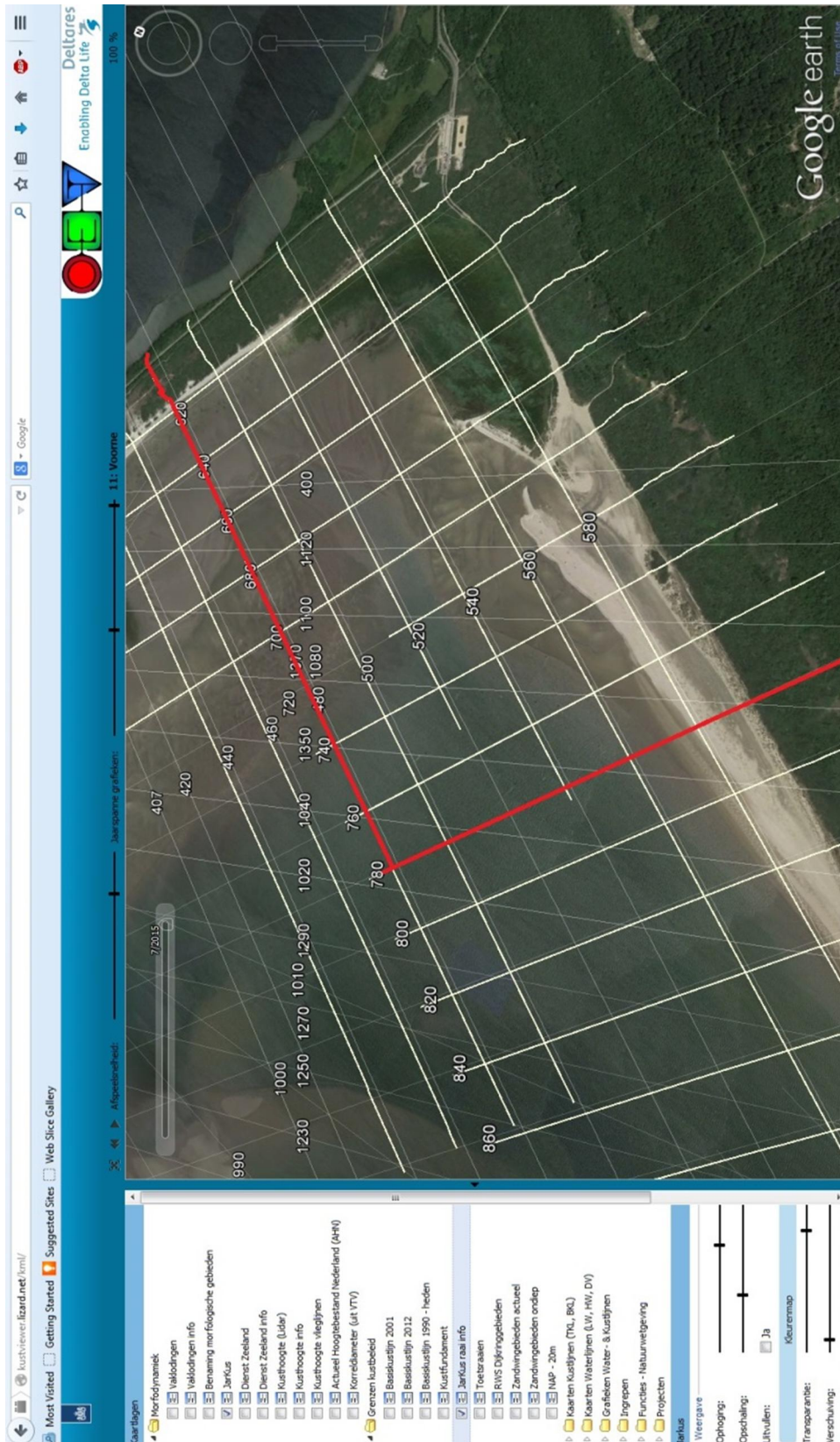
Appendix 10: Geologisch dwarsprofiel Voornes Duin

(Natuurmonumenten, 2015)

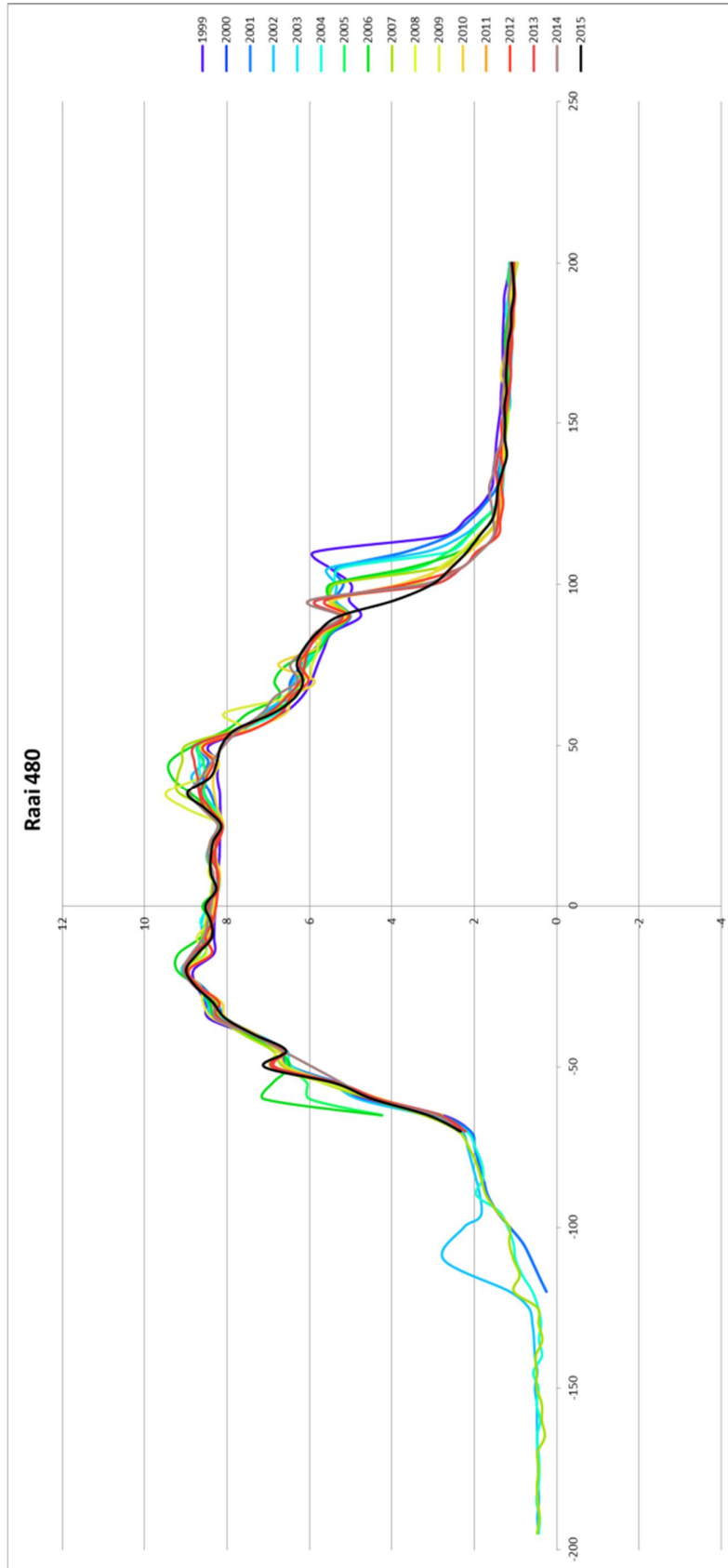


- | | | | |
|--|----------------------------|--|-----------------------------|
| | Form. van Kedichem/Tegelen | | Basisveen |
| | Form. van Kreftenheye | | Afz. van Duinkerken O/I |
| | Afz. van Calais | | Afz. van Duinkerken III b |
| | Hollandveen | | Jonge duin- en strandzanden |

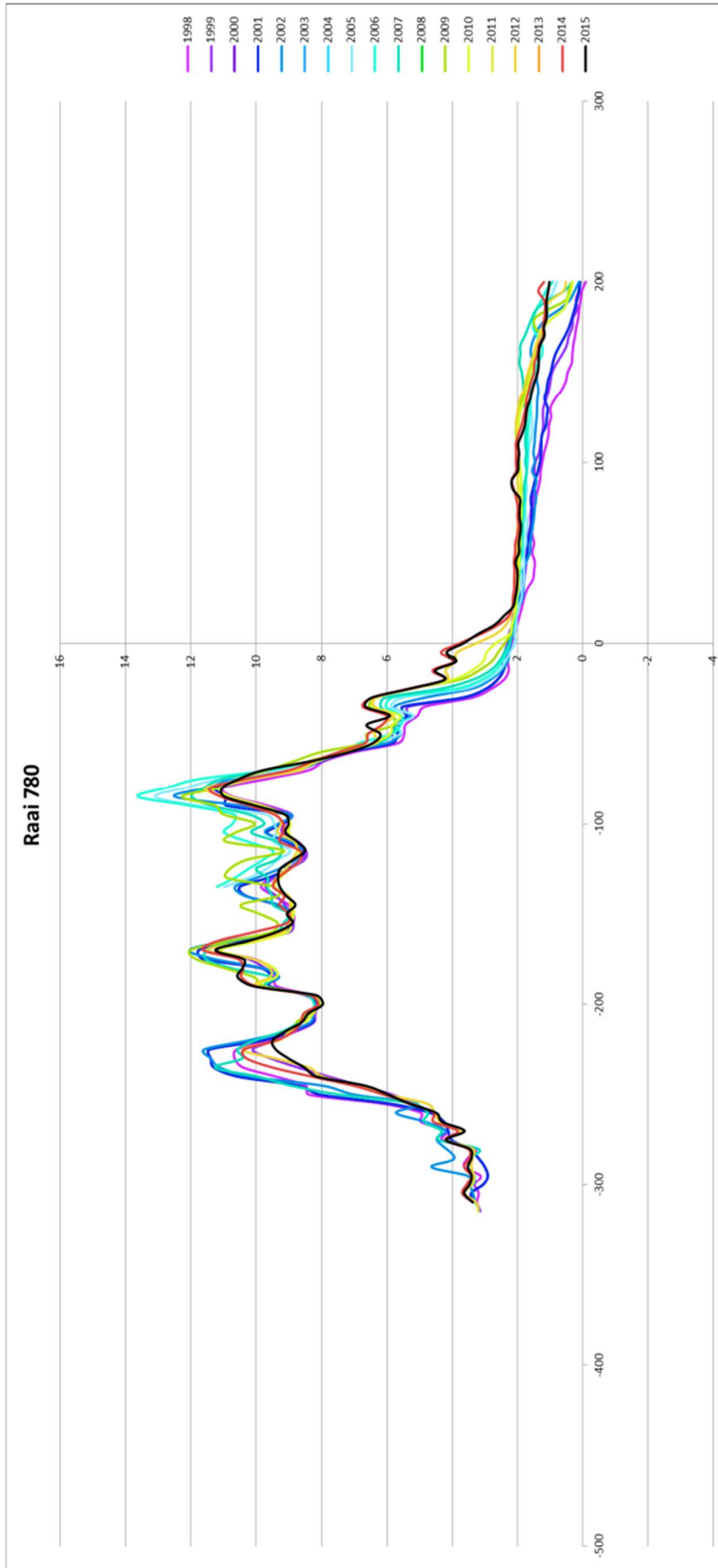
Appendix 11: Ligging raaien Slikken van Voorne (Kustviewer)



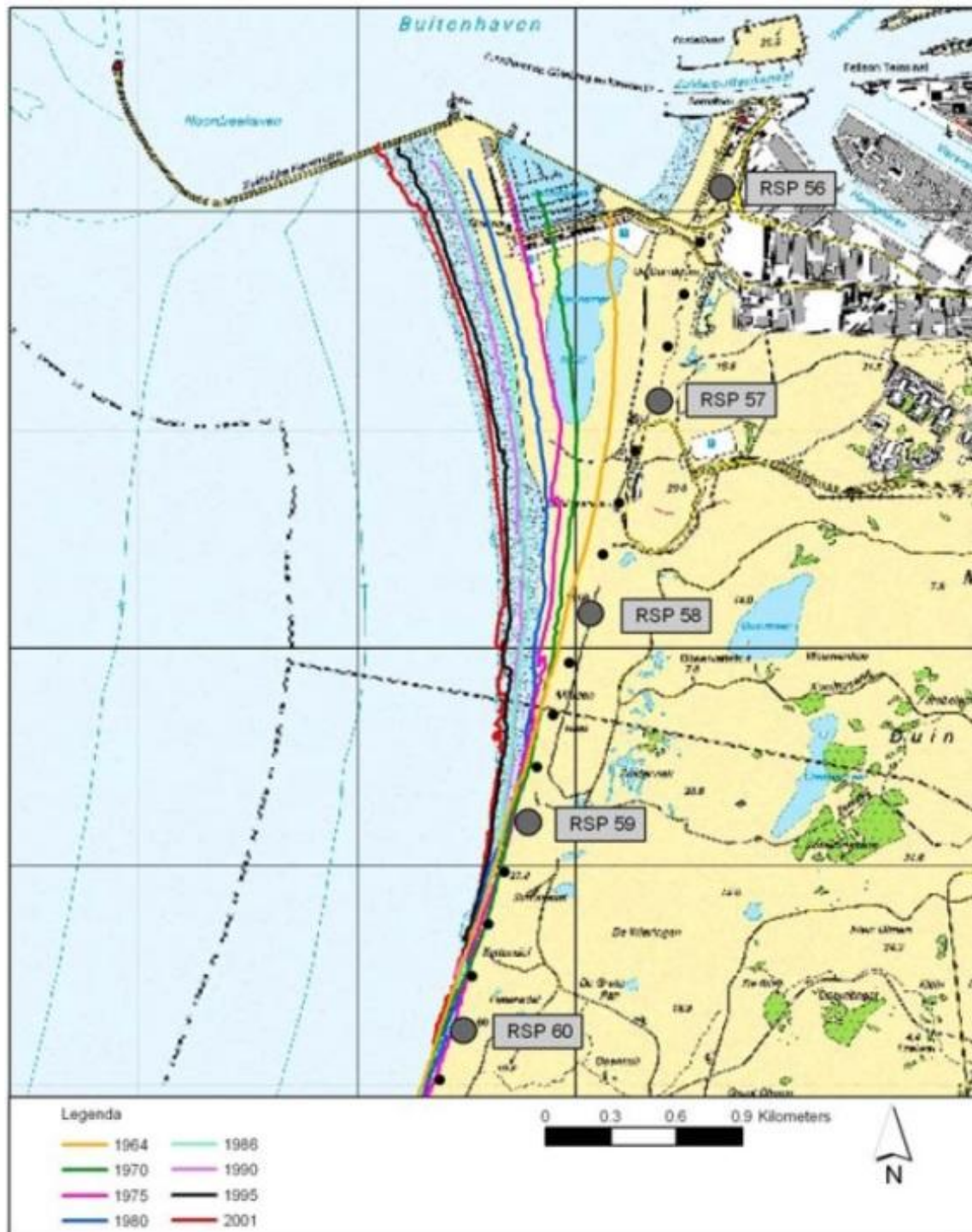
Appendix 12: Slikken van Voorne, Raai 480



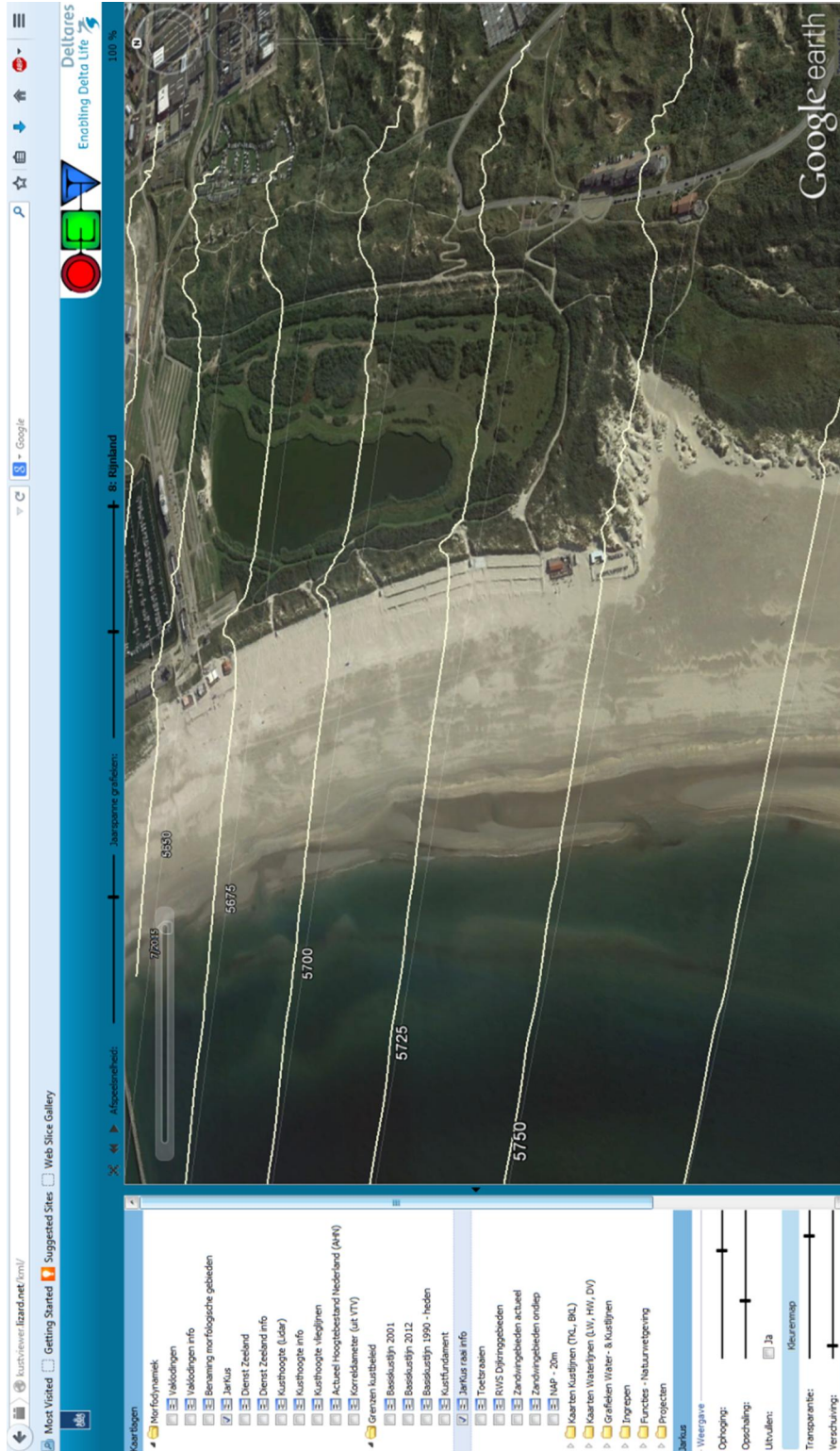
Appendix 13: Slikken van Voorne, Raai 780



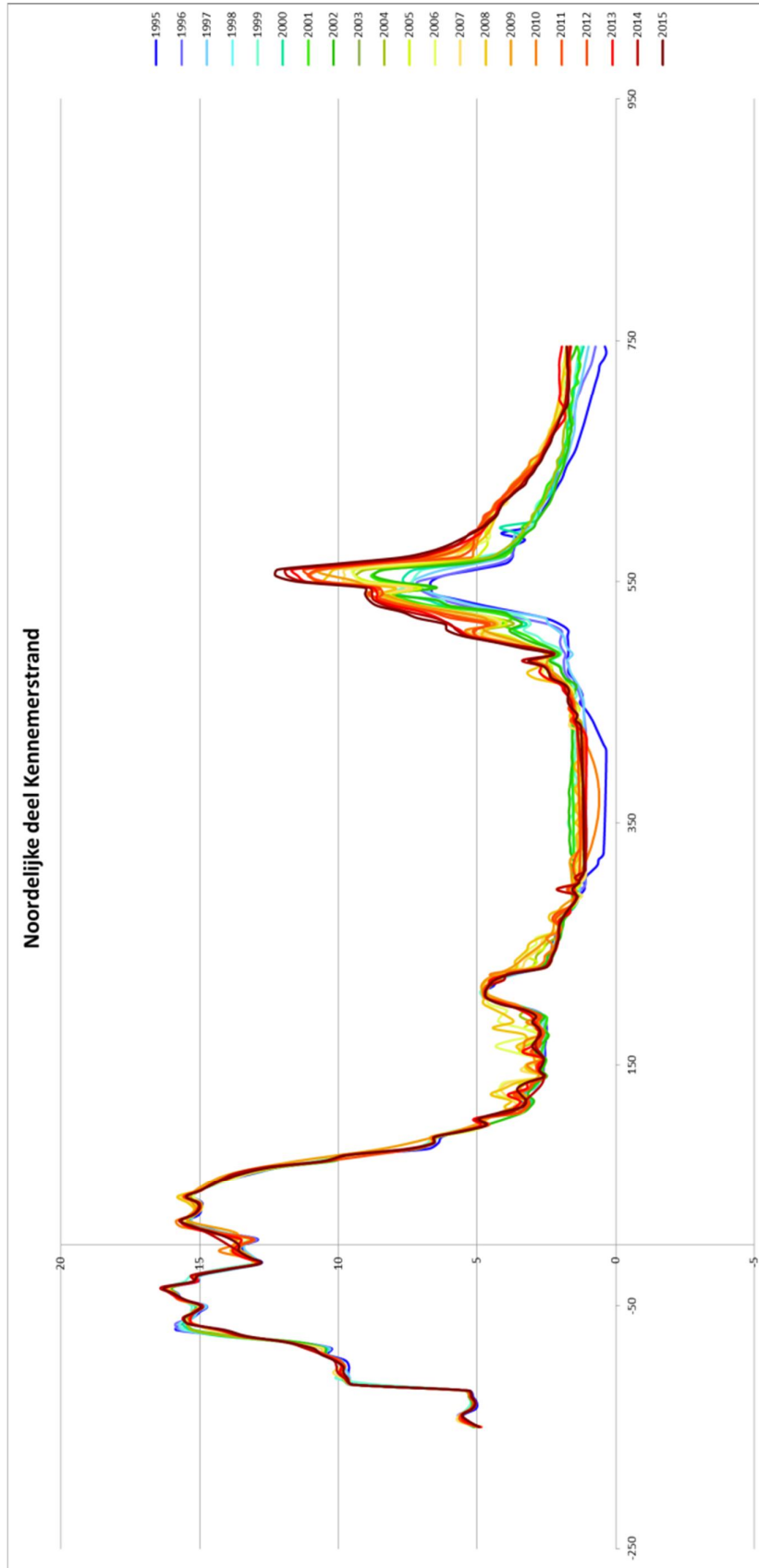
Appendix 14: Vorming Kennemerstrand (Rijkswaterstaat, 2014)



Appendix 15: Ligging raaien Kennemerstrand (Kustviewer)



Appendix 16: Kennemerstrand, Raai 5700



Appendix 17: Kennemerstrand, Raai 5775

