

Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin



# Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin

M.E. Sanders  
P.A. Slim  
H.F. van Dobben,  
R.M.A. Wegman  
E.P.A.G. Schouwenberg

Alterra-rapport 1092

Alterra, Wageningen, 2004

## REFERAAT

Sanders, M.E., P.A. Slim, H.F. van Dobben, R.M.A. Wegman, E.P.A.G. Schouwenberg 2004. *Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1092. 100 blz. 6 fig.; 12 tab.; 98 ref.

Door de toenemende groei in de internationale luchtvaartsector, ziet Schiphol zich genoodzaakt om uit te breiden. Gezien de ruimteclaims en de milieuwetgeving zal voor de lange termijn een verdere uitbreiding van Schiphol op de huidige locatie moeilijker worden. Een alternatief voor de locatie Schiphol is het aanleggen van een eiland in de Noordzee. Dit rapport beschrijft en waar mogelijk kwantificeert de effecten van de aanleg van een luchthaveneiland in de Noordzee op de ecologie van strand en duin. De belangrijkste effecten van een eiland in de Noordzee op strand en duin, zijn gelegen in veranderingen in kustmorfologie en saltspray. Veranderingen in de morfologie hebben het grootste effect op het strand (en zeereep) en veranderingen in saltspray op de vegetatie in de duinen. Voor strand en zeereep geeft een aanwaskust in de luwte van het eiland mogelijkheden voor natuurontwikkeling, maar voor de duinen betekent de afname van saltspray een achteruitgang in natuurbehoudswaarde van deze internationaal beschermde gebieden.

Trefwoorden: Saltspray, vegetatiesuccessie, kustmorfologie, regressie, GIS, effectstudie, ordinatie, vegetatiekaart, zout, natuurbehoudswaarde, plantengroei, duinen

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €22,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1092. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding voor het onderzoek	11
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Ecologie strand en zeereep	15
1.3.1 Flora en vegetatie	15
1.3.2 Fauna	16
1.3.3 Autonome ontwikkeling	17
1.3.4 Verwachte effecten van eilandvarianten op strand en zeereep	19
1.4 Ecologie duinen	20
1.4.1 Vegetatiesuccessie	20
1.4.2 Fauna-vegetatierelaties	21
1.4.3 Zandverstuiving	22
1.4.4 Hydrologie	23
1.4.5 Vegetatiebeheer	26
1.4.6 Atmosferische depositie	27
1.4.7 Effecten van saltspray op plantensoorten en vegetatie	28
2 Materiaal en methode	31
2.1 Vegetatiekartering en -typologie	31
2.2 Saltspray-modellering	33
2.3 GIS duinen	36
2.4 Statistische verwerking	39
2.5 Kwaliteitsborging	46
3 Resultaten verwachte effecten van eilandvarianten in de duinen	49
3.1 Een vegetatiekaart van het hele duingebied	49
3.2 Effect saltspray op natuurbehoudswaarde	52
3.3 Effect van saltspray op het voorkomen van associaties	54
4 Discussie	59
4.1 Vegetatiekaarten: verschillende legenda's en concepten	59
4.2 GIS: verschillende tijd en ruimte schalen	59
4.3 Natuurbehoudswaarden	60
4.4 Regressie natuurbehoudswaarden	60
4.5 Regressie plantengemeenschappen	61
5 Conclusies	63
5.1 Ecologie duinen: saltspray	63
5.2 Ecologie strand en zeereep: morfologie	63
5.3 Kennisleemten	64

Literatuur	67
<b><i>Bijlagen</i></b>	
1 Overzicht legenda-eenheden	73
2 Principe van de Rode Lijst	79
3 Numerieke details van de NBW-bepaling	81
4 Berekende NBW's per vegetatietype	85
5 Regressiecoëfficiënten van het volledig model met alle bodemtypen.	89
6 Significantie van de verschillen in effect op NBW tussen de (samengenomen) bodemtypen	91
7 Foto's en kaarten	93

## Woord vooraf

Het onderhavige rapport is het resultaat van een studie binnen het onderzoeksprogramma Luchthaven in zee, thema Mariene ecologie en morfologie. De opdrachtgevers van het onderzoeksprogramma zijn de ministeries van Verkeer & Waterstaat, Economische Zaken en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Luchtvaartsector. Programmabureau Flyland is verantwoordelijk voor de aansturing en de uitvoering van het onderzoeksprogramma. De werkzaamheden in het thema ‘Mariene Ecologie en Morfologie’ worden uitgevoerd door twee combinaties van samenwerkende partijen: MARE Combinatie en Bureau Waardenburg/Alkyon Combinatie. De MARE Combinatie bestaat uit:

- DHV Milieu en Infrastructuur BV (tevens penvoerder),
- Stichting Waterloopkundig Laboratorium (WL),
- Stichting Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ),
- Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO),
- Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
- Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO).

Deze studie is uitgevoerd door Alterra in samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium (WL). De saltspray-resultaten van het WL zijn het uitgangspunt voor de effectstudie door Alterra beschreven in dit rapport en het rapport ‘Plankton, Bodemdieren en ecologie van kust en duin’.

De auteurs bedanken hierbij Sharon Tatman, Arthur Baard, Hans Los en Dano Roelvink van het WL voor de prettige samenwerking, Rense Haveman, Eddy Weeda en Joop Schaminee (Alterra) voor hun vegetatiekundige inbreng, Jan Klijn en Mardik Leopold (Alterra) voor het waardevolle commentaar, John de Ronde, Mariska Harte en Jaap de Vlas (RIKZ) voor het meedenken en hun kritische opmerkingen. De bereidwillige medewerking van alle benaderde eigenaren en beheerders van de duinterreinen is zeer gewaardeerd en is voor het onderzoek van groot belang geweest. Wij bedanken: Hans Wondergem, Marion Bilius, Thor Smits & Freek Mayenburg (SBB), Cees de Vries & Hubert Kivit (PWN), Ed Cousin & Marc van Til (AWD) en Harrie van der Hagen (DZH).





## Samenvatting

### *Huidige situatie en autonome ontwikkeling*

De vastelandsduinen van Holland zijn grotendeels natuurgebieden met een hoge biodiversiteit. Zij zijn onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en vallen onder de Europese Habitatrichtlijn. Hierbij heeft het open duinlandschap met duingraslanden en lage valleivegetaties een hogere natuurbehoudswaarde dan de struwelen en de bossen. Verdroging en stikstofdepositie versnellen de natuurlijke successie naar struweel en bos, terwijl saltspray, zandverstuiving en vegetatiebeheer (bijvoorbeeld maaien) deze juist remmen of terugzetten.

Het strand heeft vooral een functie voor kustverdediging en recreatie. Daar is vooralsnog weinig ruimte voor natuur.

### *Effecten van eilandvarianten*

De belangrijkste effecten van een eiland in de Noordzee op strand en duin, zijn gelegen in veranderingen in kustmorfologie en saltspray. Veranderingen in de morfologie hebben het grootste effect op het strand (en zeereep) en veranderingen in saltspray op de vegetatie in de duinen. Voor strand en zeereep geeft een aanwaskust in de luwte van het eiland mogelijkheden voor natuurontwikkeling, maar voor de duinen betekent de afname van saltspray een achteruitgang in natuurbehoudswaarde.

### *Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid*

Het WL is verantwoordelijk voor de saltspray-berekeningen. Deze berekeningen van de saltspray-depositie houden geen rekening met veranderingen in de saliniteit van het zeewater, de aard van het reliëf en de vegetatiestructuur. Vervolgens is het effect van saltspray op de natuurbehoudswaarde berekend met van vegetatiekaarten afgeleide natuurbehoudswaarden. Deze waarde is gebaseerd op een gestandaardiseerde referentie en niet op de werkelijke soortensamenstelling. De resultaten zijn echter betrouwbaar genoeg om te kunnen concluderen dat de natuurbehoudswaarde significant achteruitgaat, maar de geïntroduceerde onzekerheden zijn te groot om in detail te kunnen vaststellen waaruit op het niveau van plantengemeenschappen deze achteruitgang bestaat. De mogelijke effecten op strand en zeereep zijn alleen kwalitatief beschrijvend van aard.

### *Evaluatie van effecten*

Gezien de mogelijkheden voor natuurontwikkeling, indien werkelijk een aanwaskust ontstaat door een eiland in zee, geeft dit eerste verkennende onderzoek “knelpunten” voor de ecologie van strand en zeereep. Gezien de negatieve invloed van een afname van saltspray veroorzaakt door een eiland in zee op de natuurbehoudswaarde, geeft dit eerste verkennende onderzoek “kansen” voor de ecologie van de duinen.

### *Aanbevelingen voor vervolgonderzoek*

Op de volgende onderdelen zijn verbeteringen mogelijk:

1. databestanden kunnen worden aangevuld en verbeterd;

2. het saltspray-model kan worden verbeterd door de aard van het reliëf en de vegetatiestructuur mee te nemen en het model met metingen te kalibreren en te valideren;
3. de natuurbehoudswaarde-berekening kan worden verbeterd;
4. het regressiemodel kan worden gevalideerd.

Maar uiteindelijk geldt: 'meten = weten' en wordt aanbevolen de veranderingen in de vegetatie in relatie tot saltspray en andere milieufactoren, nu reeds te monitoren.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Door de toenemende groei in de (internationale) luchtvaart sector, ziet Schiphol zich genoodzaakt om uit te breiden. Gezien de ruimteclaims en de miliewetgeving zal voor de lange termijn een verdere uitbreiding van Schiphol op de huidige locatie moeilijker worden. Een alternatief voor de locatie Schiphol is het aanleggen van een eiland in de Noordzee. Het kabinet nam echter in december 1999 de locatie Noordzee niet mee in de besluitvorming rondom de uitbreiding van Schiphol. Daarentegen, besloot zij de onzekerheden en potentiële no-go's van een eiland in de Noordzee in kaart te brengen met een meerjarig onderzoeksprogramma: 'Flyland, Onderzoeks-programma Luchthaven in Zee'. Het onderzoeksprogramma is opgedeeld in een achttal thema's: mariene ecologie en morfologie, bereikbaarheid, vogels en vliegveiligheid, operationele integriteit, ruimtelijke ordening, milieu-effecten, juridische en bestuurlijk-politieke aspecten, financieel-economische aspecten.

Dit rapport valt onder het onderzoeksthema 'mariene ecologie en morfologie'. Dit thema omvat twee hoofdvragen:

1. Wat zijn de effecten en gevolgen van de aanleg van een luchthaveneiland en de daaraan gerelateerde zandwinning voor het kust- en zeesysteem? Deze vraag betreft de langetermijneffecten op a) waterbeweging, morfologie en stofstromen; b) de ecologische gevolgen voor de Noordzee, de Waddenzee, de Voordelta en de kustzone; c) het gebruik van de Noordzee en de kustzone.
2. Hoe kunnen de situering en vormgeving van het eiland bijdragen aan het minimaliseren van de effecten en aan het verbeteren van de toestand van kust en zee? Deze vraag betreft de relatie met de vier waarden van kust en zee (kustveiligheid, natuur, ruimte en economie). Deze vier waarden worden in hun samenhang beschouwd.

Het onderzoeksthema is verder opgedeeld in een aantal deelonderzoeken: 'Waterbeweging en morfologie', 'Stof- en slibtransport, primaire productie en aanslibbing', 'Plankton, bodemdieren en ecologie van kust en duin', 'Vissen en visserij' en 'Vogels en zeezoogdieren'. Het onderhavige rapport is een het resultaat van een studie binnen het deelonderzoek Plankton, bodemdieren en ecologie van kust en duin en betreft de effecten van een eiland in de Noordzee op de ecologie van strand en duin.

## 1.2 Probleemstelling

De duinen zijn kerngebieden in de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Ze omvatten minder dan een procent van het oppervlak van Nederland maar wel tweederde van de inheemse flora waaronder veel Rode Lijst-soorten (BOX 'Rode Lijsten'). De hoge soortenrijkdom wordt veroorzaakt door een complex van gradiënten in kalkrijkdom,

zoutgehalte, humus, microklimaat en hydrologie. De bescherming van de duinen is onder andere geregeld in de Europese Habitatrichtlijn. De Habitatrichtlijn verplicht tot het reguleren van maatschappelijke activiteiten in de aangewezen beschermingszones en tot strikte bescherming van habitattypen en van een aantal soorten in hun natuurlijke verspreidingsgebied. De lidstaten zijn verplicht de beschermingsbepalingen van de richtlijn om te zetten in bindende nationale wetgeving. Indien in de praktijk de wettelijke bescherming in die gebieden op grond van nationale instrumenten tekort schiet, kan de rechter rechtstreeks aan de richtlijn toetsen. De beschermingsbepalingen van de richtlijn hoeven geen belemmering te vormen voor bestaande activiteiten, mits deze activiteiten geen 'evidente schade' toebrengen (RIVM 1999 en 2000).

De belangrijkste effecten van een eiland in de Noordzee op strand en duin, worden verwacht in veranderingen in kustmorfologie en saltspray. Veranderingen in de morfologie hebben het grootste effect op het strand en zeereep, en veranderingen in saltspray op de vegetatie in de duinen. Saltspray heeft uiteraard ook effect op de vegetatie van strand en zeereep, maar de veranderingen in saltspray laten zich vooral gelden op de vegetaties achter de zeereep. Daarom is ervoor gekozen strand (plus zeereep) en duinen afzonderlijk te behandelen. De vragen die aan de orde komen, zijn:

1. Wat zijn de belangrijkste effecten van veranderingen in saltspray veroorzaakt door vijf mogelijke eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van de flora en de fauna in de duinen?
2. Wat zijn de belangrijkste effecten van veranderingen in morfologie veroorzaakt door vijf mogelijke eilandvarianten op de ecologie van flora en fauna van strand en zeereep?

Er is niet gekeken naar de ecologie op de plaats van het eiland, niet naar de effecten van verschillende aanlandingen, niet naar veranderingen in bewolgingsgraad als effect van een eiland en ook visuele effecten of effecten van het vliegverkeer (uitstoot NO<sub>x</sub>, geluidshinder enzovoorts) zijn niet meegenomen.

Het studiegebied omvat de duingebieden tussen Scheveningen en het Zwanenwater (Figuur 1).

Het extreme milieu van strand en de zeereep (de eerste duinenrij) wordt besproken in hoofdstuk 1.3. Planten en dieren moeten aangepast zijn aan extreme omstandigheden om hier te kunnen overleven. Zij krijgen echter weinig ruimte voor ontwikkeling omdat het beheer van strand en zeereep vooral gericht is op kustverdediging en recreatie. Een meer natuurlijk dynamisch kustbeheer wint echter terrein. De verwachte effecten van de eilandvarianten op strand en zeereep komen aan de orde. Het betreft een kwalitatieve omschrijving van mogelijke effecten omdat ecologisch relevante gegevens over morfologie niet beschikbaar waren. Hoofdstuk 1.4 beschrijft de ecologie van de duinen. Saltspray is een van de milieufactoren die vegetatieveranderingen in ruimte en tijd bepalen. De vegetatiesuccessie wordt ook beïnvloed door (veranderingen in) atmosferische depositie, vegetatiebeheer, zandverstuiving en hydrologie (Bakker et al 1981). Veranderingen in de abiotiek

zullen via de vegetatieveranderingen in fauna veroorzaken. In deze studie zijn de effecten van de eilandvarianten op de vegetatie gekwantificeerd en zijn de mogelijke indirecte effecten op de fauna besproken.

De vegetatiepatronen en hun vertaling in ‘plantengemeenschappen’ zijn beschreven in hoofdstuk 2.1. Het Waterloopkundig Laboratorium (WL) is verantwoordelijk voor de saltspray-berekeningen (hoofdstuk 2.2). De saltspray-resultaten van het WL zijn het uitgangspunt van de effectstudie door Alterra. De berekende veranderingen in saltspray zijn maximaal na gereed komen van het eiland en niet tijdens de aanleg. De belangrijkste tijdsperiode voor de bepalingen van effecten is daarom T-huidig en T-eind. De saltspray op T-huidig is belangrijk voor het kwantificeren van de relatie tussen vegetatie, saltspray en andere milieufactoren aan de hand van de ruimtelijke patronen.

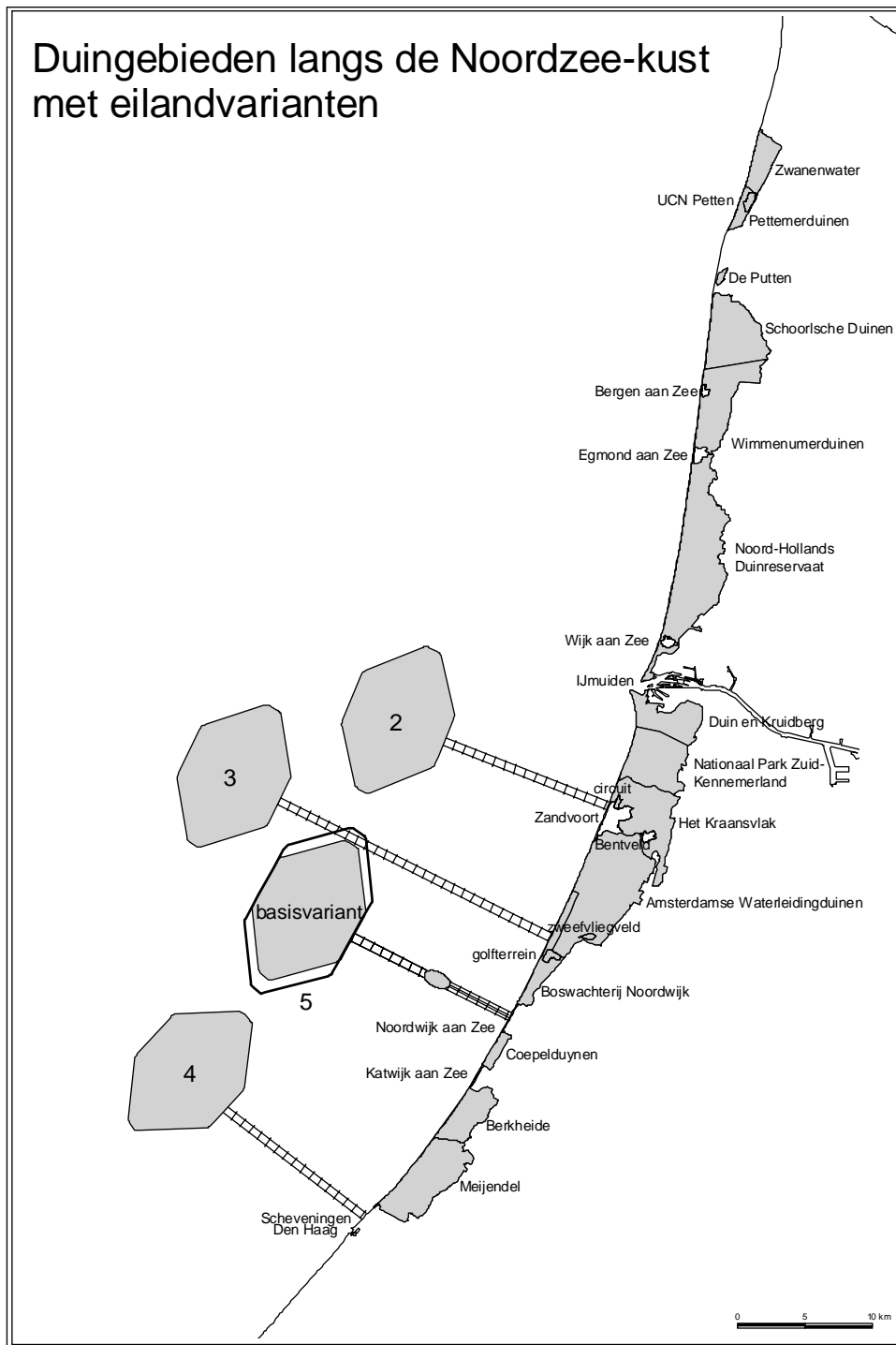
Alle gebruikte digitale GIS-bestanden van de milieufactoren zijn beschreven in hoofdstuk 2.3. De statistische methode waarbij de GIS-bestanden en de vegetatiepatronen zijn gebruikt voor het bepalen van het effect van saltspray-veranderingen op de vegetatie is beschreven in hoofdstuk 2.4. Op allerlei tijdstippen tijdens het proces is sprake geweest van wetenschappelijke en maatschappelijke kwaliteitsborging. Deze zijn kort beschreven in hoofdstuk 2.5.

De verwachte effecten van saltspray op de vegetatie van de duinen worden gekwantificeerd in hoofdstuk 3. Het effect van saltspray op de 170 voorkomende plantengemeenschappen is wisselend. Om een eenduidige conclusie over voor- of achteruitgang voor de natuur te kunnen trekken is van deze gemeenschappen de waarde voor het natuurbehoud (NBW) berekend. Deze natuurbehoudswaarde is een objectieve index gebaseerd op het voorkomen van zeldzame en achteruitgaande plantensoorten vermeld in de rode lijst (BOX ‘Rode Lijsten’). Afname in natuurbehoudswaarde door saltspray betekent dus een afname in het voorkomen van zeldzame soorten. Tenslotte beslaan de hoofdstukken 4, 5 en 6 de discussie, de conclusies en de kennisleemtes.

#### **BOX ‘Rode Lijsten’**

Rode Lijsten zijn bedoeld om overheden, beheerders en publiek te informeren over plant- en diersoorten die extra aandacht nodig hebben. De lijsten worden door de Rijksoverheid opgesteld volgens een standaardmethode. Uitgangspunt is dat de voorkomende soorten behoed dienen te worden voor uitsterven, en dat de kans hierop het grootst is voor soorten die ofwel zeldzaam zijn, ofwel achteruitgaan. De ‘Rode Lijsten’ zijn internationaal politiek geaccepteerd en hebben in veel landen (waaronder Nederland) een wettelijke status. De Rode Lijsten delen soorten in vijf categorieën in, afhankelijk van hun combinatie van zeldzaamheid en achteruitgang (Bijlage 2). In dit rapport worden de soorten die op deze lijst staan aangeduid met een ® achter hun naam.

Appendix 2 van de EU-Habitatrichtlijn omvat soorten waarvoor leefgebieden moeten worden beschermd. Appendix 4 van de EU-Habitatrichtlijn omvat streng beschermde soorten. In dit rapport worden de soorten die op deze lijst staan aangeduid met een © achter hun naam



Figuur 1. Studiegebied Onderzoeksprogramma Luchthaven in Zee, effecten op strand en duin

### 1.3 Ecologie strand en zeereep

De Nederlandse kustlijn tussen de Zeeuwse en de Waddeneilanden is een concave kustboog. Deze lijn wordt gevormd door het strand en de zeereep. Nergens in ons land is de werking van milieufactoren zo extreem als op het strand en in de zeereep. Natuurlijke processen, zoals de inwerking van water, wind, zand en zout, hebben hier een dominant effect op de morfologie, flora en fauna. Dit dynamische, kenmerkende Nederlandse landschap is onderhevig aan kusterosie. Sinds 1990 is het kustlijnbeheer omwille van kustveiligheid en recreatie gericht op bestrijding van kusterosie door middel van zandsuppleties.

#### 1.3.1 Flora en vegetatie

Op het strand en langs zandige of rotsige kusten komen door de extreme milieumomstandigheden over het algemeen spaarzaam hogere planten voor. Slechts weinig plantensoorten, alleen die met bijzondere aanpassingen, kunnen de extreme milieumomstandigheden overleven (BOX 'Aangepast aan zout'). De invloed van het klimaat is hierdoor van secundair belang (Schaminée et al. 1998). Volledige ontwikkeling van plantensoorten en gemeenschappen komt vooral tot haar recht bij een stationaire of aanwaskust met intacte vloedmerken (Doing 1988, Schaminée et al. 1998). Onze Hollandse kust is vooral een stationaire of afslagkust. Bij een dynamischer kustbeheer zou er meer ruimte kunnen ontstaan voor meer natuurlijke vloedmerk- en helmvegetaties.

Bij het strand en de zeereep is, gaande van zee naar land, sprake van een zonering van I) onbegroeid zomerstrand met hier en daar vloedmerk, II) winterstrand met wintervloedmerk (ook wel aanspoelsel of veek genoemd) en pionierduintjes, en III) zeereep (Van Til 2000). De vegetatie bestaat uit de klasse der vloedmerkgemeenschappen (*Cakiletea maritimae*) en meer naar de landzijde uit de helm-klasse (*Ammophiletea*). Het zijn plantengemeenschappen met een eenvoudige vegetatiestructuur en met een groot aandeel eenjarige plantensoorten (Schaminée et al. 1998).

Binnen de *Cakiletea* onderscheidt men de volgende associaties: de strandmelde-associatie (*Atriplicetum littoralis*) en de associatie van loogkruid en zeeraket (*Salsolo-Cakiletum maritimae*); en binnen het *Ammophiletea*: onderscheidt men de biestaruwegras-associatie (*Honckenyo-Agrophyretum juncei*) en de helm-associatie (*Elymo-Ammophiletum*).

1. De strandmelde-associatie is een kort levende pioniergemeenschap, die op het vloedmerk groeit. Dit aanspoelsel blijft op beschutte plekken liggen of vormt een lint van bijvoorbeeld wieren op het strand. Door de organische samenstelling van het vloedmerk vormt de vegetatie een hoogproductieve gesloten begroeiing. De soortensamenstelling kan variëren door het grote aandeel eenjarigen (Schaminée et al. 1998) met soorten als strandbiet (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*), reukeloze kamille (*Tripleurospermum maritimum*), strandmelde (*Atriplex littoralis*) en kustmelde (*A. glabriuscula*).

2. De associatie van loogkruid en zeeraket is een gemeenschap op vloedmerk dat strooksgewijs is afgezet op het strand, en gedijt in een dynamischer en minder beschut milieu dan de strandmelde-associatie. De associatie van loogkruid en zeeraket bestaat merendeels uit eenjarige, stikstofminnende soorten en vormt in tegenstelling tot de strandmelde-associatie open, eenlagige begroeiingen (Schaminée et al. 1998) met soorten als stekend loogkruid (*Salsola kali* subsp. *kali*), gelobde melde® (*Atriplex laciniata*), gele hoornpapaver® (*Glaucium flavum*) en zeeraket (*Cakile maritima*).
3. De biestarwegras-associatie ligt aan de basis van de zeekering van Holland. Het zijn de jonge, primaire ('embryonale') duintjes op het strand met biestarwegras (*Elytrigia juncea* subsp. *boreoatlantica*), deels op vloedmerk, bij een stationaire of aanwaskust. De gemeenschap ligt boven gemiddeld hoogwater en is zouttolerant. Door het invangen van zand worden de duintjes geleidelijk hoger en gaat de vegetatie over in de helm-associatie van de duinen van de zeereep (Schaminée et al. 1998).
4. De helm-associatie is de vegetatie van de zeekering. De gemeenschap heeft vers en dus stuivend zand nodig. Ze bestaat uit een aantal kenmerkende grassoorten zoals helm (*Ammophila arenaria*) en roodzwenkgras (*Festuca rubra*) en exclusieve, maar relatief onbekende paddestoelsoorten, zoals de duinfranjehoed en de zeeduinveldridder. Ze is minder bestand tegen zout water dan de biestarwegras-associatie. Het duinlichaam moeten hoog genoeg zijn om zoet water te kunnen bevatten en worden niet meer overspoeld door zeewater (Schaminée et al. 1998).

#### **BOX 'Aangepast aan zout'**

Een voorbeeld van de goede aanpassing aan het dynamische milieu van strand en zeereep is, ondanks haar beperkte zouttolerantie, een plantensoort als de zeeraket. Deze plant is eenjarig (aanpassing aan wisselende en veranderende omstandigheden), heeft vlezig bladeren (verdamping tegengaan), en heeft kurkachtige doosvruchten die daardoor een groot drijfvermogen hebben. Het bovenste deel van de houw met een zaad breekt af en het onderste deel van de houw met een zaad blijft aan de plant zitten. Als de plant in de herfst sterft en verdort, rolt deze als 'steppenruiter' met de wind over het strand: het loslatende deel van de houw met zaad is voor de verspreiding over de kortere afstand; het deel van de houw met zaad dat vast blijft zitten, kiemt waar de plant blijft liggen en is dus voor de verspreiding over de langere afstand; de zee tenslotte kan drijvende zaden over nog veel grotere afstanden verplaatsen. Zeeraket heeft dus vele strategieën om te overleven in het extreme en dynamische milieu van strand en zeereep (Schaminée et al. 1998, Bouman et al. 2000, Nelson 2000).

### **1.3.2 Fauna**

Strand en zeereep kennen een geheel eigen, gezonde fauna van geleedpotigen (*Arthropoda*) waarvan allerlei groepen er eigen strategieën op na houden en eigen niches bezetten. Op het strand gaat het vooral om pissebedden (*Isopoda*), vlokreeften (*Amphipoda*), springstaarten (*Collembola*) en diverse groepen kevers (*Coleoptera*). Vloedmerken met vooral organisch materiaal, spelen een belangrijke rol voor vlokreeften, en vliegen en muggen (*Diptera*), en in de zeereep (en nog meer landinwaarts) behoren de meeste soorten geleedpotigen tot de kevers, cicaden



(*Homoptera*), wantsen (*Heteroptera*) en spinnen (*Araneae*) (Den Hollander 1981, Remmert 1981, Den Hollander & Van Heerdt 1981).

In een natuurlijke situatie broeden plevieren als strandplevier® (*Charadrius alexandrinus*) en bontbekplevier® (*Ch. hiaticula*) of sterns als dwergstern® (*Sterna albifrons*), grote stern® (*S. sandvicensis*), visdief® (*S. hirundo*) en noordse stern® (*S. paradisaea*) op het strand of in de zeereep. De huidige recreatiedruk heeft zo'n groot verstorend effect (drukte, betreding) op foeragerende en broedende vogels dat nergens langs de Hollandse vastelandskust de genoemde vogels nog broeden. Door Meininger & Graveland (2001) wordt uitgebreid ingegaan op ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels.

### 1.3.3 Autonome ontwikkeling

De buitenste duinenrij langs de gehele Hollandse vastelandskust heeft een verdedigingsfunctie en is in belangrijke mate door menselijk ingrijpen gevormd en gehandhaafd. De landschapsvormende processen vinden meestal niet meer plaats en zijn vaak in strijd met de wens tot conserverende maatregelen van de waterstaatkundige organisaties. Deze conserverende maatregelen van vastleggen en handhaven van eenmaal ingenomen posities hebben geleid tot een gefixeerd ('bevroren') landschap van strand en zeereep. Soortenarme helm-vegetaties waarvan de natuurwaarde niet hoog is, komen over grote oppervlakten voor.

De autonome ontwikkeling van strand en zeereep bestaat hierin dat in 1990 het Rijk ervoor heeft gekozen de *status-quo* van 01-01-1990 te handhaven. Indien erosie van strand en duin optreedt, wordt deze hersteld door te suppleren met zand dat uit de diepere Noordzee wordt gewonnen.

Anonymus (2000) maakten een analyse van veranderingen in het kuststelsel onder invloed van klimaatsverandering en mogelijk zeespiegelrijzing. Volgens hen is handhaving op de lange termijn van de huidige kustlijn alleen mogelijk bij aanzienlijke verhoging van de huidige suppletie-inspanning: verdubbeling in 2020; verviervoudiging in 2100. In het zoekgebied van het Onderzoeksprogramma Luchthaven in Zee, is een verhoogde suppletie-inzet voldoende om erosieschade te herstellen (Anonymus 2000). Vanuit natuurbehoudsoogpunt is het gewenst gebiedseigen materiaal (korrelgrootte, kalk- en kleigehalte) te gebruiken (Janssen & Van Gelderen 1993).

In de toekomst zal mogelijk rekening moeten worden gehouden met een meer dynamisch kustbeheer. Extensivering van de beheersinspanning zou hand in hand kunnen gaan met de wens van de natuurbeherende instanties om in de kustzone de dynamiek te verhogen, zonder aan de veiligheid afbreuk te doen (Anonymus 1998). Wanneer de kust breed genoeg is zodat de waterkerende functie niet in gevaar komt, of bij een aanwaskust, is niet meer nodig zoveel mogelijk zand vast te houden door het plaatsen van schermen van rijshout of het inplanten van helm. De verstuuving toe te laten zou weliswaar de suppletiebehoefte verhogen, maar die zou ruimschoots

opwegen tegen de verminderde onderhoudskosten en de meerwaarde voor de natuur (Anonymus 1998).

Een dynamisch kustbeheer geeft meer kansen aan natuurontwikkeling. Er worden mogelijkheden aangegeven voor een paraboliserende zeereep, sluffers en een gekerfde zeereep (BOX De Kerf) (Anonymus 1998). Het vastleggen van de zeereep en het verhinderen van verstuiwing zijn twee belangrijke oorzaken die hebben geleid tot een sterke afname in de vorming van nieuwe (primaire) en secundaire duinvallen (Siebel et al. 2000). Minder onderhoud van de zeereep met minder aanplant van rijshout en helm is gewenst. Dit hoeft niet te betekenen dat dit extensievere beheer overal wordt toegepast. Harde materialen voor de kustverdediging van zwakke of bedreigde locaties kunnen (onder randvoorwaarden) ook natuurwaarden met zich meebrengen. Vestiging van soorten als strandbiet (*Beta maritima*), zeekool (*Crambe maritima*), zeevenkel® (*Crithmum maritimum*) en zeelathyrus® (*Lathyrus japonicus*) behoort tot de mogelijkheden. Waar het vooral om gaat is het vergroten van de noodzakelijke differentiatie in het beheer langs de Hollandse kust.

#### **BOX 'De Kerf'**

Een voorbeeld van een meer dynamisch kustbeheer, dat aandacht verdient, is de in 1997 door het Staatsbosbeheer aangebrachte kerf in de zeereep van de Schoorlsche Duinen. Met De Kerf is een aanzet gegeven voor veel oorspronkelijke, dynamische processen zoals verstuiwing en uitstuiwing tot op het grondwater en het ontstaan van *wash-overs* (inbraakdelta's), hetgeen natuurlijke gradiënten zoals die van kalkrijk/kalkarm, zout/zoet en nat/droog heeft versterkt. Dit leidde niet alleen tot het ontstaan en de ontwikkeling van typische duinvegetaties, maar vooral ook tot een opmerkelijke opbloei van vloedmerkvegetaties en embryonale duintjes behorende tot respectievelijk de klasse der vloedmerkgemeenschappen en de helm-klasse met stekend loogkruid, zeeraket en zeepostelein, maar ook met zeewinde (*Calystegia soldanella*), blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*) en Rode Lijst-soorten als gelobde melde® en zeewolfsmelk® (Ten Haaf 1999, 2000).



Foto blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*)

Voorbeelden van typische, merkwaardige, aangevoerde exoten (zgn. adventieven) in het vloedmerk die bij De Kerf tot wasdom kwamen, zijn zonnebloem (*Helianthus annuus*), late stekelnoot (*Xanthium strumarium*) en zandambrosia (*Ambrosia psilostachya*) (Ten Haaf 1999, 2000). Nelson (2000) maakt voor Atlantische kusten melding van kokosnoot (*Cocos nucifera*), wonderboom (*Ricinus communis*), okkernoot (*Juglans regia*) en grote engelwortel (*Angelica archangelica*).

#### 1.3.4 Verwachte effecten van eilandvarianten op strand en zeereep

Mulder (1999) geeft aan dat bij een eventueel eiland in zee (ter hoogte van Noordwijk) er in een luwtegebied tussen het eiland en de kust, sedimentatie optreedt van 0,5-1 miljoen m<sup>3</sup>/jr. In dieper water vindt erosie plaats door stroomcontractie waardoor er steilere oevers zullen ontstaan. Ten noorden en ten zuiden van het luwtegebied wordt sediment uit de kustgebieden opgenomen door onderverzadiging van de sedimentstroom als gevolg van verminderde sedimenttoevoer. Daarvoor is extra kustonderhoud nodig van 0,8-1,3 miljoen m<sup>3</sup>/jr (Mulder 1999).

Lokaal zal er dus sprake zijn van een stationaire of aangroeiende kust, maar ook van een afslaan de kust die door suppletie stationair wordt gehouden. Roelvink et al. (2001) geeft aan dat er sprake is van een 'kustlijnvoortgang' van 50 tot 100 meter en dat er mogelijk slibsedimentatie optreedt in meer rustige tijden. In een luwtegebied bestaat bij sedimentatie de kans op verslibbing van het strand zodat er sprake is van minder zandverstuiving. Minder zandverstuiving betekent een vermindering van initiële duinvorming. Enerzijds heeft dit een negatief effect op natuurwaarden van strand en zeereep, maar anderzijds kunnen meer slikachtige omstandigheden met bijbehorende flora en fauna de natuurwaarden verhogen (Sterk 2000)

Aanwas of afslag hebben ook effect op de grondwaterspiegel. Bij (lokale) afslag zal in het aangrenzende duingebied daling van de grondwaterspiegel en dus verdroging en afname van de natuurwaarde optreden. Daarentegen zal bij (lokale) aanwas het omgekeerde het geval zijn door de opbolling van de grondwaterstand. Omgekeerd betekent dit niet automatisch een positief effect op de natuurwaarden (van de vegetatie). Om bestaande (waardevolle) vegetaties te behouden is het van belang dat de stijging langzaam plaatsvindt om de begroeiing de kans te geven zich aan te passen. De voedselbeschikbaarheid kan door grondwaterstijging toenemen met als gevolg verruiging van de vegetatie en daardoor dalende natuurwaarden (Sterk 2000). Bij een afslagkust (stationair gehouden door suppletie en daardoor met een meer artificieel karakter) zal er sprake zijn van pover ontwikkelde levensgemeenschappen, waaronder vegetaties van de klasse der vloedmerkgemeenschappen en van de helmklasse. Bij een aanwaskust met brede stranden zullen deze vegetaties minder fragmentair aanwezig zijn, en zich waarschijnlijk kunnen ontwikkelen tot volwaardige levensgemeenschappen. Een aanwaskust biedt mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Vindt er in de windluwte van het eiland aanwas plaats van enige omvang, dan zijn niet alleen bovengenoemde ontwikkelingen mogelijk, maar zijn er op relatief kleine schaal ook kansen voor sluffers, groene stranden en primaire duinvallen die over het algemeen een hoge natuurwaarde hebben. Voorbeelden hiervan zijn gerealiseerd bij Hoek van Holland (Van Dixhoorndriehoek) en IJmuiden (Doing 1992, Hommel 1985).

## 1.4 Ecologie duinen

### 1.4.1 Vegetatiesuccessie

Vegetatie is de ruimtelijke massa van plantenindividuen zoals die zich concreet aan ons voordoet, en wel in samenhang met de plaats waar de planten groeien en in de rangschikking die zij uit zichzelf hebben aangenomen (Westhoff & Den Held 1969, Schaminée *et al.* 1995). Vegetatie is dus de begroeiing waar wij doorheen kunnen lopen.

Veranderingen van de vegetatie in de loop van de tijd (successie) zijn een normaal verschijnsel. Vegetatieveranderingen kunnen duidelijk en kort-cyclisch zijn, of zich uitstrekken over langere perioden, waarbij de interne vegetatiestructuur en de uiterlijke verschijningsvorm niet duidelijk veranderen. De grote variatie in de duinen wordt deels veroorzaakt door ruimtelijke patronen van successiestadia ('shifting mosaics') waarbij elke plek zich in een verschillend ontwikkelingsstadium bevindt (Olf & Boersma 1998). Tijdens de natuurlijke successie verandert de bodem (ontkalking, ontzilting, accumulatie van organische stof en daarmee vergroting van de beschikbaarheid van nutriënten), terwijl tevens de vegetatiestructuur verandert door vervanging van pioniersoorten door grassen en ruigtkruiden, en vervolgens door struiken en bomen. Deze toename van voedselrijkdom, productiviteit en hoogte van de vegetatie, leidt ertoe dat de aanvankelijke nutriëntenconcurrentie wordt vervangen door een strijd om licht (Olf & Boersma 1998). Anthropogeen veroorzaakte veranderingen in milieufactoren zoals stikstof- en zuurdepositie, afname van saltspray, maar ook beheer, waterwinning en recreatie leiden tot veranderingen in de vegetatie die afwijken van de ongestoorde successie. Het gaat te ver om hier ingewikkelde successieschema's te presenteren van de 170 gekarteerde plantengemeenschappen die in het gebied voorkomen, van hoe zij elkaar opvolgen en hoe de verschillende milieufactoren deze opvolging beïnvloeden. Van Til & Mourik (1999) geven voor de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) in hun boek 'Hieroglyfen van het zand' successieschema's van *ca.* daar 80 beschreven vegetatietypen, evenwel zonder tijdschema. De orde van grootte van het tijdsbestek waarbinnen veranderingen plaatsvinden is die van  $t=0$  (huidige situatie), *ca.*  $t=10$  ('verruiging'), *ca.*  $t=30$  ('verstruweling') en *ca.*  $t=100$  jaar ('verbossing'). De grote lijn van de autonome ontwikkeling van de vegetatie op landschapsschaal (Van Til & Mourik 1999) is:

- droge duinen: kaal zand > pioniervegetaties > mosvegetaties > kruidenmosvegetaties > droge ruigten > duindoornstruwelen > 'laagstruwelen' > 'hoogstruwelen' > loofbossen.
- natte duinen: watervegetaties > pioniervegetaties > vochtige tot natte grazige vegetaties > 'laagstruwelen' > 'hoogstruwelen' > loofbossen.

De milieuproblematiek als verdroging en vermessing (stikstofdepositie) versneld de successie zodat vergrassing, verruiging, verstruweling en verbossing eerder optreden (Boot & Van Dorp 1986, Siebel *et al.* 2000). **Saltspray vertraagt de vegetatiesuccessie (Veelenturf 1982, Vertegaal 1999), en zet bij storm de successie terug van struwelen naar open vegetaties (Sterk 2000). Er zal dus**

een snellere vegetatiesuccessie optreden bij minder saltspray, waardoor tussenstadia en een climaxvegetatie van struwelen en van loofbossen eerder zullen worden bereikt. De successie wordt tevens vertraagd of teruggezet door vegetatiebeheer, uitstuiving en overstuiving met zand waarmee tot op zekere hoogte het effect van verminderde saltspray kan worden gecompenseerd.

#### 1.4.2 Fauna-vegetatierelaties

Dieren (fauna) hebben een intensieve relatie met planten (vegetatie): de laatste dient hen direct of indirect tot voedsel, biedt foerageer- en nestgelegenheid, slaap- en schuilplaats, voortplantingsbiotoop, dient tot oriëntatie enz., vaak in zeer specifieke vorm. Soms is juist de lokale afwezigheid van vegetatie van belang zoals bij de zandhagedis (*Lacerta agilis* ssp. *agilis*) (Schaminée et al.1995). Bij vlinders speelt niet alleen de vegetatiestructuur een rol, maar vanzelfsprekend ook de vaak specialistische relatie die de vlinders en rupsen met planten onderhouden. Amfibieën leggen een verband tussen land- en waterbiotoop. Grazers, zoals konijnen (*Oryctolagus cuniculus*) en damherten (*Cervus dama*), geven mede vorm aan de vegetatiestructuur. Al deze fauna-vegetatierelaties zijn vanzelfsprekend, en functioneren ieder op hun eigen schaalniveau. De successie van de vegetatie in de vorm van vergrassing, verstruweling en verbossing is ook hier weer het sleutelproces dat in belangrijke mate veranderingen in de fauna stuurt. Veranderingen in flora en fauna (al dan niet beïnvloed door maatregelen ten behoeve van inrichting, beheer en terreingebruik) leiden zo tot een cascade van oorzaken en gevolgen in het duingebied. Bijvoorbeeld konijnen hebben een positief effect op de diversiteit van duinvegetaties (Zeevalking & Fresco 1977). Afname van konijnenbegrazing, door konijnenziekten en predatoren als vos (*Vulpes vulpes*), leidt tot verruiging van de vegetatie en daarmee tot een afname van scholekster (*Haematopus ostralegus*) en tapuit® (*Oenanthe oenanthe*), en toename van graspieper (*Anthus pratensis*) en veldleeuwerik® (*Alauda arvensis*). Minder konijnen betekenen ook minder hollen, hetgeen weer een negatief effect heeft op hollenbroeders als holenduif (*Columba oenas*), bergeend (*Tadorna tadorna*) en tapuit (Anonymus 1996). Bosontwikkeling leidt verder o.a. tot toename van goudvink (*Pyrrhula pyrrhula*), zwarte specht (*Dryocopus martius*), kleine bonte specht (*Dendrocopus minor*), kuifmees (*Parus cristatus*) en buizerd (*Buteo buteo*).

Mocht na de aanleg van een eiland in zee sprake zijn van een aanmerkelijke teruggang in depositie van saltspray, dan zou het huidige, remmende effect van deze factor op de successie minder groot worden: de ‘verstruweling’ en ‘verbossing’ zou sneller gaan. Door deze verandering in de vegetatie(structuur) zal ook de fauna wezenlijk veranderen. Dit zal ten koste gaan van diersoorten die leven in open terrein en in schrale graslanden. De BOX ‘ Fauna en vegetatie’ geeft een aantal voorbeelden van deze diersoorten.

#### **BOX ' Fauna en vegetatie'**

**De rugstreeppad**®© (*Bufo calamita*) is een soort van dynamische milieu's en open terrein, en heeft voor zijn gravende leefwijze een losse, zandige bodem nodig. Voor de voortplanting zijn daarentegen wateren vereist met ondiepe, onbegroeide oevers. Door wateronttrekking en verruiging lijkt de soort achteruit te gaan (Bergmans & Zuiderwijk 1986).

**De zandhagedis**®© (*Lacerta agilis ssp. agilis*) heeft voor de eileg warme, zonnige plekken met kaal zand nodig. "Het toestaan van natuurlijke verstuiving en het tegengaan van vergrassing en verstruiking zijn van belang" (Bergmans & Zuiderwijk 1986).

**Het paapje**® (*Saxicola rubetra*) komt voor in natte duinvalleien in de Hollandse duinen. Deze vogel is vrijwel compleet verdwenen in Meijndel en Berkheide, en fluctueert op een laag niveau in Zuid-Kennemerland en het Noord-Hollands Duinreservaat. Met een gunstig beheer van verhoging van de grondwaterstand, verwijdering van struik- en boomopslag, en extensieve begrazing is deels herstel te bereiken (Bijlsma *et al.* 2001).

**De roodborsttapuit**® (*Saxicola torquata ssp. rubicola*) kent een bolwerk in de Hollandse duinen. "Begrazing en het verwijderen van struik- en boomopslag hebben de soort in de kaart gespeeld, net als de toename van braamstruwelen in voorheen kale terreinen" (Bijlsma *et al.* 2001).

**De aardbeivlinder**® (*Pyrgus malvae ssp. malvae*) komt voor in schrale graslanden die licht worden beweid of laat gemaaid, in natuurlijke graslanden en moerassen met laagblijvende begroeiing, kapvlakten en bosranden. Waardplanten zijn onder anderen allerlei soorten ganzerik (*Potentilla spec.*) (Bink 1992).

**De duinparelmoervlinder**® (*Argynnis niobe*) komt voor in droge, schrale graslanden die licht worden beweid, en is gebaat bij een vegetatiebeheer "dat streeft naar grote oppervlakten met mozaïeken van zeer lage, open begroeiing waarin tevens wat ruigte met distels voorkomt". Waardplanten zijn viooltjes zoals onder andere het in de duinen voorkomende duinviooltje (*Viola curtisii*) (Bink 1992).

### **1.4.3 Zandverstuiving**

De oude duinafzettingen zijn ontstaan vanaf 3000 v. Chr. uit strandwallen. Uit afsnoering door de strandwallen ontstonden de primaire duinvalleien. Vanaf 1300 tot ca. 1600 AD krijgt het jonge duinlandschap met paraboolduinen en kamduinen zijn huidige vorm door grote verstuivingen veroorzaakt door overexploitatie door de mens (Vos 1992). Door uitstuiving tot grondwater ontstonden secundaire duinvalleien. Stuivend zand vormde een bedreiging voor landbouw en dorpen in de binnenduinstrand. Al vanaf 15e eeuw zijn er schriftelijke verplichtingen tot vastlegging van de duinen met helm en stro. Voor het vastleggen van het stuivende zand, maar ook voor de houtproductie, en ten behoeve van de recreatie werden vooral tussen 1920 en 1940 duinbebossingen uitgevoerd met naald- en loofhout. Ook werden kleinere stuifkuilen bedekt met hooi of takken. In de 19e eeuw is de oppervlakte stuivend duin sterk verminderd. Door verstuiving te bestrijden werd de geomorfologie van het landschap bevroren (Vos 1992).

Stuifkuilen ontstaan mogelijk afhankelijk van het weer en hun ontwikkeling wordt versterkt door watererosie met een deflatieplek bovenaan zuid/zuid-oost hellingen (Van Bohemen *et al.* 1989). Bij vochtig weer raakt de plek opnieuw begroeid met

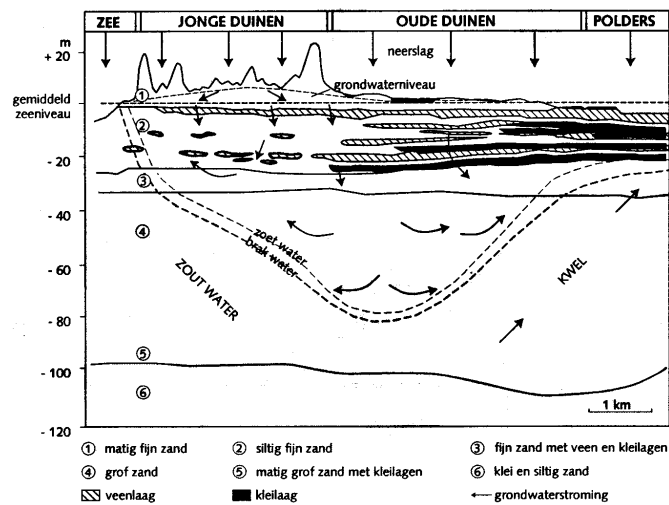
algen gevolgd door mossen en hogere planten. De deflatieplek kan echter ook uitgroeien tot een stuifkuil met een gemiddelde lengte van 20-25 meter. De stuifkuilen groeien uit tot stuifvlaktes als de lijkzijde een helling van 6-12 graden heeft (Van Bohemen et al. 1989). De accumulatiezone bevindt zich aan de lijkzijde waar helm het meeste zand direct weer vastlegt. Zandverplaatsing is afhankelijk van de vegetatiedichtheid, topografie en windrichting en -snelheid (Arens 1994). Zandtransport vanuit de zeereep landinwaards vindt vooral plaats bij kale hellingen en veel wind, en neemt exponentieel af met de afstand tot de zeereep. Volgens Arens (1994) is deze hoeveelheid zand van geen betekenis voor de geomorfologie maar heeft mogelijk wel ecologische invloed, bijvoorbeeld op de vegetatie in combinatie met saltspray.

Door opstuiving kan de vegetatie worden bedekt met zand waardoor de successie in zijn geheel wordt teruggezet naar het eerste stadium waarna de vegetatieontwikkeling weer van voren af aan kan beginnen. Door uitstuiving tot het grondwater ontstaan natte duinvalleivegetaties die op hun beurt ook weer overstoven kunnen raken (Vos 1992). Daarnaast zorgt vers stuivend zand voor aanvoer van kalk dat door uitspoeling met regenwater langzaam uit de bovenste laag van de bodem verdwijnt. Zandverstuivingen creëren dus vele verschillende milieugradiënten (nat tot droog, kalkrijk tot zuur, laag tot hoog) en daarmee een hoge biodiversiteit. Tegenwoordig worden ook beheersmaatregelen uitgevoerd om op lokale schaal weer verstuiving te laten plaatsvinden.

#### **1.4.4 Hydrologie**

In een dynamisch evenwicht tussen het inziigende neerslagoverschot en de onderliggende voorraad zout water, heeft zich een zoete grondwatervoorraad gevormd als een waterbel. Het grootste deel hiervan bevindt zich onder zeeniveau maar de spiegel ervan staat bol tot enkele meters boven zeeniveau (zie Figuur 2). Het grondwater verplaatst zich snel van inziigings- naar uittredingsgebied. Onderweg neemt het mineralen op, waarbij vooral de kalk belangrijk is vanwege de bufferende werking op de bodem. Het grondwater bevat meer of minder kalk afhankelijk van de kalkrijkdom van het zand en de verblijftijd in de bodem (Van der Linden et al. 1994). De kalkrijkdom van het zand kent een sterke regionale differentiatie die samenhangt met de oorsprong en aard van het bodemmateriaal. In het noorden zijn in het verleden voornamelijk glaciale, weinig schelpenrijke zanden afgezet, in het zuiden fluviale (Rijn- en Maas-)zanden met juist veel bijmenging van schelpengruis (Eisma 1968). Op grond van deze verschillen, worden het Waddendistrict en het Rhenodunaal district onderscheiden. De grens loopt ter hoogte van Bergen. Het Waddendistrict is kalkarm, met een kalkgehalte van maximaal 2%  $\text{CaCO}_3$ , maar vaak lager dan 0,5%. Het Rhenodunaal district is relatief kalkrijk, waarbij de duinen bij Haarlem de grootste kalkrijkdom kennen (10%). De grondwaterkwaliteit is ook afhankelijk van de verblijftijd in de bodem. Lang geleden geïnfiltreerd water is in tegenstelling tot lokaal water vrij arm aan zuurstof en organische stof, zwak zuur tot basisch en vrijwel altijd bicarbonaathoudend. Dit type water dat in natte en vochtige

duinvalleien wordt aangetroffen, houdt de buffercapaciteit van de bodem onafhankelijk van het kalkgehalte van de bodem, op peil (Van der Linden et al. 1994).



Figuur 2. De zoute grondwatervoorraad in de duinen (Van Dijk & Grootjans 1991)

De natte en vochtige duinvalleien zijn afhankelijk van het grondwater. De droge duinen zijn grondwateronafhankelijk; er vindt alleen infiltratie van regenwater plaats. Regenwater leidt tot verzuring van de bodem. Voor een blijvende bufferende werking moeten basen aangevoerd worden: in natte duinvalleien gebeurt dit met grondwater, in droge duinen door verstuiwing van de bodem. Ook draagt saltspray door aanvoer van basen (calcium, magnesium, natrium en kalium) bij aan de buffering van het systeem (Aggenbach & Jalink, 1999).

### ***Effecten van verdroging in duinvalleien***

De grondwaterstand ten tijde van de uitblazing (ontstaan duinvallei) bepaalt de diepte van een duinvallei. De ligging ten opzichte van de waterbel (rand of top) bepaalt de mate van grondwaterschommeling. Aan de top zijn de schommelingen het grootst. De natte en vochtige duinvalleien waren vroeger vrij algemeen. Zij besloegen oorspronkelijk ongeveer een derde van het totale duinoppervlak (Londo 1971). Tegenwoordig is hun omvang echter beperkt. Aan de vastelandkust komen valleien in enigszins natuurlijke toestand alleen nog voor in het Zwanenwater en de Voorne's duin (Van Dijk en Grootjans 1991).

Duinvalleien kunnen verdrogen als gevolg van overstuiving (maaiveldverhoging), waterwinning of kustafslag. Doordat de capillaire opstijging van grondwater in zandbodems gering is, kan al een kleine grondwaterstanddaling drastische gevolgen hebben. De voornaamste gevolgen van grondwaterstanddaling zijn een afname van de vochtvoorziening en toename van de aëratie. Het eerste leidt al snel tot het verdwijnen van planten die van grondwater afhankelijk zijn. Een betere aëratie van de bodem leidt in niet zure valleibodems met opgehoopt organisch materiaal tot een versnelde mineralisatie van het organisch materiaal met als gevolg dat een grote hoeveelheid nutriënten beschikbaar komt. Dit leidt tot verruiging van de vegetatie,



waarin kruipwilg (*Salix repens*), duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) en duinriet (*Calamagrostis epigejos*) steeds meer dominant worden. Een verminderende aanvoer van kalkrijk grondwater en een toename van de invloed van regenwater, leidt tot verzuring van de bodem. Door de verzuring wordt de mineralisatie afgeremd, waardoor slecht verteerde humus ophoopt (Doing 1988). De verruigde vegetatie ontwikkelt zich tot soortenarme struwelen van duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) of wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) met kruipwilg, en in de ondergroei duinriet, grote brandnetel (*Urtica dioica*) en zandzegge (*Carex arenaria*) (Louman & Slings 1990).

Het uiteindelijk resultaat is een minder gevarieerde vegetatie met struweel- en boomopslag en dominantie van enkele, vaak hoogopgaande soorten. Niet alleen de kenmerkende en waardevolle vegetaties verdwijnen, maar ook het open karakter van het duinlandschap (Van der Linden et al. 1994).

### ***Waterwinning***

Al eeuwen wordt duinwater gebruikt als drinkwater. Een deel van het neerslagoverschot treedt namelijk aan de binnenduinrand als kwelwater aan het oppervlak. In de 19e eeuw is men begonnen met de drinkwatervoorziening van Amsterdam vanuit de duinen bij Leiduin. Ook Haarlem en de kustplaatsen profiteerden van de aanwezige zoetwaterbel. Omstreeks 1910 was de onttrekking van duinwater dermate gestegen dat deze het neerslagoverschot werd overtroffen. Hierdoor nam de omvang van de zoetwaterbel geleidelijk af, en dit leidde tot een verdroging van de vochtige duinvalleien.

Om aan de drinkwaterbehoefte te kunnen blijven voldoen is men vanaf 1940 overgegaan op infiltratie van oppervlaktewater in het duin vanuit lage gebieden. Sinds 1957 ging men in toenemende mate over tot infiltratie met Rijnwater. Hiervoor werden diverse kunstmatige infiltratiebekkens, infiltratiekanalen en afvoerleidingen aangelegd. Voordeel van dit systeem was dat de bestaande zoetwatervoorraad gehandhaafd kan worden en dat de verdroging tot staan werd gebracht. Ook werd de verzilting van het diepe duinwater tegengegaan. Nadeel was echter dat de geomorfologie van het duinlandschap werd aangetast (door grootschalig grondverzet). Ook was er het gevaar van verontreiniging van het duinzand door verontreinigd Rijnwater (Vos 1992). Om verdere verstoring van de natuur tegen te gaan is men steeds meer overgegaan op diepte-infiltratie en het voorzuiveren van rivierwater. Hierbij wordt het water in 50 à 70 meter diepe putten gebracht en verderop in even diepe putten weer opgepompt. Verstoring aan de oppervlakte wordt hiermee geminimaliseerd. Hierdoor kan ook weer het bovenste grondwater geleidelijk stijgen, waardoor delen van het dungebied opnieuw vochtig worden. Dit gebeurt momenteel in het Noord-Hollands Duinreservaat, de Kennemerduinen en de Amsterdamse Waterleidingduinen en is al 10 jaar operationeel in Meijendel (o.a. Van Schaik 1985, Groen et al. 1985, Sprey et al. 1990, Van der Vegte 1990, Louman 1989, 1990, Geelen 1992, 1993, Ehrenburg 1996).

### ***Effect van een eiland in zee op de hydrologie in de duinen***

De mate en plaats van verdroging of vernatting van duinvalleien is mede afhankelijk van de kustdynamiek (aangroei/afslag). De hoogte van het freatisch vlak wordt

namelijk bepaald door de breedte van het duinmassief. Kustafslag kan daardoor leiden tot een verkleining van de zoetwaterbel.

Aangezien door de een eiland in zee de kustmorfologie verandert (deelonderzoek waterbeweging en morfologie), kan dit ook gevolgen hebben voor de hydrologie in het duingebied. In de luwte van het eiland zal de kust mogelijk verder aangroeien. Deze aangroei kan leiden tot een grotere zoetwaterbel en daarmee tot gunstiger omstandigheden voor vochtige en natte duinvalleien. Wanneer de grondwaterstand omhoog gaat, zal de buffercapaciteit van de bodem omhoog gaan als gevolg van een verbeterde kalkleverantie, maar dit kan in verdroogde duinvalleien ook negatieve gevolgen met zich meebrengen. De mineralisatie-omstandigheden worden namelijk ook beter. Het in verdroogde duinvalleien opgehoopt organisch materiaal wordt versneld afgebroken waardoor grote hoeveelheden nutriënten beschikbaar komen, wat leidt tot verruiging van de vegetatie. Deze situatie kan gedurende tientallen jaren voortduren (Londo 1985, Beijersbergen 1990). In dit soort gebieden is het vaak raadzaam om de slecht afgebroken humuslaag te verwijderen (afplaggen) om verruiging tegen te gaan.

#### 1.4.5 Vegetatiebeheer

Van oudsher zijn grote delen van het duingebied begraasd geweest met landbouwhuisdieren. Door veranderende eigendomsverhoudingen, verstuiwingbestrijdende maatregelen, kustverdediging en drinkwaterwinning is in het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw hiermee in veel terreinen gestopt. Aan het eind van de vorige eeuw is om vergaande vergrassing ('verruiging'), en 'verstruiking' en daaropvolgende 'verbossing' tegen te gaan in delen van het gebied opnieuw gestart met begrazing door grote grazers (pony's, paarden, runderen en schapen) (Olf & Boersma 1998). Ook bedreef men akkerbouw in de duinen. Na de 17<sup>e</sup> eeuw zijn voedselarme duinakkers bij Egmond aan Zee, Katwijk en Zandvoort gemaakt. Om het gewas te laten profiteren van het grondwater werden ze verder uitgegraven waarna de grond in wallen om de akker werd gedeponerd. De akkertjes werden bemest en er werden veelal aardappels geteeld (Vos 1992). Het gevolg van allerlei vormen van kleinschalig grondgebruik in het 'zeedorpenlandschap' is een bijzondere vegetatie met veel zeldzaamheden en een hoge natuurbehoudswaarde. Soorten die worden aangetroffen zijn: kegelsilene (*Silene conica*), oorsilene (*Silene otites*), nachtsilene (*Silene nutans*) wondklaver (*Anthyllis vulneraria*), bitterkruid (*Picris hieracioides*), driedistel (*Carlina vulgaris*) enz.

##### ***Begrazen, maaien en plaggen***

Voor natuur en landschap zijn allerlei maatregelen van vegetatiebeheer van belang. Vaak wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen procesbeheer en patroonbeheer. Bij procesbeheer gaat het om het instandhouden en bevorderen van de (natuurlijke) landschapsvormende processen van de duinen en de daarin thuishorende levensgemeenschappen. Doorgaande vegetatiesuccessie is dus mogelijk; in het open duin vindt verjonging plaats van bodem en vegetatie door verstuiwing, natuurlijke begrazing e.d. Bij patroonbeheer gaat het om instandhouding van waardevolle landschappen die mede onder menselijke invloed zijn ontstaan (Anonymus 1996).

Meestal kennen lage vegetaties van het open duinlandschap een hogere natuurwaarde dan struwelen, en in ieder geval bossen. Veelal kan men met maaien, begrazen of met plaggen (of een combinatie hiervan) de successie van de vegetatie naar struweel of bos vertragen. **Vegetatiebeheer geeft daarmee de mogelijkheid om de voortgaande successie mede veroorzaakt door vermindering van saltspray, te vertragen en kan dus worden aangemerkt als mitigerende maatregel.**

Begrazing veroorzaakt vele gradiënten van zeer intensief begraasd tot plaatsen waar de dieren niet of nauwelijks komen. De vegetatiestructuur varieert van kort afgegraasd, open getrapt, verrijkt door verrijking met mest, en struweel op plekken waar de dieren niet of nauwelijks komen. Naast seizoensbegrazing, jaarrondbegrazing of zwerfbeweiding met landbouwhuisdieren, moet bij begrazing ook worden gedacht aan natuurlijke herbivoren als konijn (*Oryctolagus cuniculus*), haas (*Lepus europaeus*), de in de jaren vijftig in de duinen uitgezette ree (*Capreolus capreolus*) en aan het ook hier vanuit gevangenschap geïntroduceerde damhert (*Cervus dama*). Voor de droge duinen is extensieve begrazing de meest geschikte maatregel (Beije et al. 1994).

Bij plaggen wordt de vegetatie en het bovenste laagje van de bodem (ontkalkt en met accumulatie van organische stof en daarmee eenvergroete beschikbaarheid aan nutriënten) verwijderd. De vegetatiesuccessie kan opnieuw beginnen met pioniersoorten. Afplaggen kan worden toegepast voor herstel van duinvalleivegetaties. Plaggen is een erg ingrijpende maatregel en wordt aanbevolen voor toepassing op relatief kleine schaal en gespreid in de tijd (Beije et al. 1994).

Maaien houdt de vegetatie kort, hetgeen plantensoorten van voedselarme omstandigheden een kans geeft, ook als de voedselrijkdom toeneemt door natuurlijke vegetatiesuccessie of door N-depositie (Olf & Boersma 1998). Met het maaisel worden ook nutriënten afgevoerd waardoor de voedselrijkdom afneemt en de verrijkende werking van stikstofdepositie (gedeeltelijk) teniet wordt gedaan. Om lage duinvalleivegetaties te behouden is een maal per jaar maaien het meest geschikt (Beije et al. 1994).

#### 1.4.6 Atmosferische depositie

Atmosferische (zure) depositie versterkt het natuurlijke proces van ontkalking en verzuring van de duinen. Bovendien vindt er door luchtverontreiniging verhoogde depositie van nutriënten plaats. Dit leidt tot eutrofiëring in de duinen. Als gevolg van luchtverontreiniging is er tegenwoordig een aanzienlijke depositie van H, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> en SO<sub>4</sub>. Vroeger was de natuurlijke N-depositie 1,4 kg N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>. (Provincie Noord-Holland 1992). Tegenwoordig worden deposities van 15 kg N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> (Ten Harkel, 1998) tot 40 kg N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> (Schneider & Bresser 1987; Van Tooren 1991) gemeten.

Uit onderzoek van de Provincie Noord-Holland (1992) blijkt dat als gevolg van neerslag van verzurende en eutrofiërende stoffen gedurende de periode 1979-1987 duidelijk veranderingen in de vegetatie zijn opgetreden. Soorten van zure

omstandigheden hebben zich uitgebreid en het aantal soorten van licht kalkhoudende tot licht zure milieus is afgenomen, waaronder typische duinsoorten. Deze achteruitgang heeft zich zowel in de droge duinen als in de vochtige duinvalleien voorgedaan.

Een van de milieuproblemen die in kustwateren kunnen ontstaan door menselijke activiteiten is eutrofiëring van het water. Als gevolg hiervan kunnen micro-organismen snel groeien. Dit kan onder andere leiden tot een sterkere algenbloei (deelonderzoek primaire productie). Een dergelijke toename kan leiden tot een toename van dimethylsulfaat (DMS), een natuurlijk gas dat een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van zure depositie en klimaatverandering. DMS wordt in de lucht geoxideerd tot  $H_2SO_4$  (Charlson et al. 1987). Hoe groot de bijdrage is van algen aan de totale zuurdepositie is vooralsnog onduidelijk. De vertaling van veranderingen in fytoplankton tot vegetatie is daarom niet gedaan. (Charlson et al. 1987)

#### 1.4.7 Effecten van saltspray op plantensoorten en vegetatie

Voor de Maasvlakte2 is een uitgebreide literatuurstudie verricht naar de effecten van saltspray(reductie) op natuurwaarden (Vertegaal 1999). Uit literatuuronderzoek is bekend dat saltspray via twee mechanismen van belang is voor natuurwaarden in de duinen.

1. Typische zeereepplanten zijn goed bestand tegen hoge zoutgehalten en gebruiken de ingewaaide mineralen voor hun voeding. Het zijn echte zoutplanten en ze komen waarschijnlijk alleen voor bij hoge zoutdepositie. Saltspray-reductie kan dus leiden tot achteruitgang van waardevolle zeereepplanten en van open duinecosystemen en de daarin thuis horende soorten (Vertegaal, 1999).
2. Zout belemmert de ontwikkeling van struiken en bomen; hierdoor blijft het specifieke, zeer waardevolle karakter van open duinen in stand. In de duinen hebben de planten een voorkeur voor zoete omstandigheden, maar vertonen wel onderlinge verschillen in zouttolerantie voor depositie via saltspray. Bomen en struiken hebben lagere toleranties dan grazige vegetaties. Bij verlaging van saltspray wordt de successie versneld, waardoor struwelen en bossen de plaats van open vegetaties overnemen en in die vegetaties voorkomende planten en diersoorten afnemen of verdwijnen (Mooren 1985).

Planten op het strand en de zeereep hebben allerlei aanpassingen om te overleven in een milieu met hoge zoutgehalten. Deze planten worden halofyten genoemd. Zij kunnen, bijvoorbeeld de hoge zoutconcentraties verdragen door deze te verlagen door wateropname waarbij de bladeren sterk zwellen (*Salicornia sp.*). Andere planten kunnen overtollig zout uitscheiden met klieren (*Glaux maritima*) of door zoutopslag in specifieke delen zoals haren (*Atriplex sp.*) of oude bladeren (*Plantago maritima*) die afvallen. Zoutmijdende planten zijn niet bestand tegen een lage osmotische waterpotentiaal of de toxische effecten van zout op enzymen. Vanwege de osmotische werking kunnen planten veel schade aan blad en wortels oplopen en delen afsterven (necrose, foto 1b, Bijlage 7). Bij minder hoge saltspray-niveau's kunnen bij bomen en struiken gedrongen asymmetrische groeivormen ontstaan

doordat de hogere zoutdeposities aan de wind/zeezijde daar tot afsterven van knoppen en bladeren leidt (foto 1a, c en d, bijlage 7). De effecten hangen af van het seizoen en van de leeftijd van de bladeren. Het effect is het grootst op jonge knoppen en vooral in het voorjaar zijn planten kwetsbaarder. In de windluwte van bijvoorbeeld andere bomen is het effect minder (Boyce 1954).

Door stormen komt er meer zout verder landinwaarts. Bij extreme omstandigheden zorgt het aangevoerde zout (op plaatsen waar zich onder minder extreme omstandigheden struweel heeft kunnen ontwikkelen) dat het struweel afsterft, waardoor de successie wordt teruggezet. Effecten van saltspray worden nog eens versterkt door zandverstuiving. Het zand heeft een schurende werking waardoor de gevoeligheid voor zout wordt vergroot (Sterk 2000).

Voor de Maasvlakte2-studie hebben Gremmen en Van Tongeren (1999) de effecten van saltspray kwantitatief modelmatig benaderd. De relatieve zoutdepositie voor elk kaartvlak werd geschat op grond van een saltspray-flux aan de kust en de snelheid waarmee de zoutdepositie landinwaarts afneemt. Deze snelheid neemt logaritmisch af met een toenemende afstand tot de kust. Zij gebruiken canonische correspondentieanalyse om invloed van de volgende factoren op samenstelling vegetatie te bepalen: saltspray, beheer, locatie, jaar van waarneming. De resultaten van deze analyse laten zien dat saltspray 2,7 tot 8,7 % van de variatie in de vegetatie verklaart. De orde van grootte van het effect van saltspray op de vegetatie is vergelijkbaar met die van de andere factoren. De onverklaarde variantie in de vegetatie is groot door gebrek aan gegevens maar ook omdat een hoge mate van ruis in ecologische gegevens normaal is. Gremmen en Van Tongeren (1999) gebruikten logistische regressie om de kans op voorkomen van vegetatiestructuurtypen en verschillende bij zoutdepositiehoeveelheden te voorspellen. Zij vonden voor helmduinen, droge duingraslanden, lage duinmoerassen, droge duindoornvlierstruwelen een monotoon stijgend verband tonen en dus een hoge kans op voorkomen hebben bij een hoge saltspray-depositie. Stuifduintjes en lage valleivegetaties hebben een optimum bij minder hoge zoutdeposities, terwijl droge duindoorn-liguster struwelen alleen een hoge kans op voorkomen hebben bij de laagst voorkomende zoutdepositie.



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Vegetatiekartering en -typologie

Bij het vegetatieonderzoek bestaat er de mogelijkheid gebruikt te maken van aanwezig vegetatiekaarten en landschapsecologische kaarten en van aanwezige vegetatieopnamen (BOX 'Plantensociologische terminologie'). De vegetatiekarterers hebben bij het karteren zeer veel vegetatieopnamen gemaakt. Veelal volgen terreineigenaren en provincies ook permanente kwadraten. Hoewel deze informatie deels wel aanwezig is in de plantensociologische database van Alterra, is zij veelal eigendom van duinwaterleidingbedrijven, Staatsbosbeheer of Natuurmonumenten. Het met toestemming tot onze beschikking krijgen van alle aanwezige vegetatieopnamen voor dit onderzoek, bleek binnen het tijdsbestek van deze studie niet goed mogelijk. Daarnaast zijn van vele vegetatieopnamen en permanente kwadraten geen exacte coördinaten bekend. Omdat de door het WL geleverde saltspray-kaarten en de vegetatiegegevens onafhankelijk van elkaar zijn is het leggen van een relatie gebaseerd op 'de locatie'. De vegetatiegegevens moeten daarom ook ruimtelijk expliciet zijn. Hierdoor komen de vegetatiekaarten wel en de niet-gelocaliseerde vegetatieopnamen en permanente kwadraten niet voor dit onderzoek in aanmerking. Er is dus gekozen om eventuele effecten te bestuderen via de beschikbare vegetatiekaarten van het gebied.

**BOX 'Plantensociologische terminologie'** (naar Schaminée *et al.* 1995)

In deze studie voor het Onderzoeksprogramma Luchthaven in Zee zijn zo min mogelijk vegetatiekundige (plantensociologische) termen gebruikt. Enkele waren echter niet te vermijden.

*Vegetatieopname* – Op gestandaardiseerde wijze gemaakte beschrijving van de ter plekke (concrete) in een proefvlak voorkomende vegetatie, waarbij minimaal alle plantensoorten en hun afzonderlijke bedekking als percentage van de ondergrond worden genoteerd.

*Permanent kwadraat* – Afgebakend proefvlak in de vegetatie zodat de lokatie teruggevonden kan worden, waarvan op gezette tijden vegetatieopnamen worden gemaakt;

*Plantengemeenschap* – Vegetatietype (syntaxon) waarvan de samenstelling aan plantensoorten en het relatieve aandeel van elke soort een eigen structuur vertoont, en op een bepaalde standplaats groeit;

*Syntaxon* (mv. syntaxa) – Vegetatietype in het hiërarchische classificatiesysteem van plantengemeenschappen, zoals aflopend: klasse, orde, verbond, associatie en subassociatie;

*Associatie* – Fundamentele vegetatie-eenheid gekenmerkt door een nauw omschreven floristische samenstelling, uiterlijke verschijningsvorm en een specifieke standplaats;

*Derivaatgemeenschap* – Plantengemeenschap waarbij een aantal kenmerkende soorten van syntaxa boven het niveau van associatie voorkomen waarbij de meestvoorkomende soorten niet tot de klasse behoren ('vreemde' soorten);

*Rompgemeenschap* – Plantengemeenschap waarbij een aantal kenmerkende soorten van syntaxa boven het niveau van associatie voorkomen waarbij de meestvoorkomende soorten tot de klasse behoren;

*Synoptische tabel* – Frequentietabel van een plantengemeenschap met de bedekkingswaarden van de soorten in de afzonderlijke opnamen.

Binnen het zoekgebied voor het Onderzoekprogramma Luchthaven in Zee zijn van de volgende duineigenaren of duinbeheerders digitale landschapsecologische en vegetatiekaarten gebruikt. Figuur 1 geeft de lokatie van de gebieden; in hoofdstuk 2.1 worden de vegetatiekaarten beschreven.

- Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH) – Meijendel (Van der Meulen & Van Huis 1985) en Berkheide (Leltz *et al.* 1993).
- Staatsbosbeheer (SBB) regio Holland/Utrecht – Coepelduynen (Rossenaar 1990).
- Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GWA) – Amsterdamse Waterleidingduinen (Van Til & Mourik 1999).
- N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) – Kraansvlak, Nationaal Park Zuid-Kennemerland (Vreeken *et al.* z.j.), Noord-Hollands Duinreservaat (Kruijssen *et al.* 1992).
- Staatsbosbeheer regio Hollands noorden – bossen Schoorlsche Duinen, duinen Schoorlsche Duinen en Pettemerduinen (Bakker & Van der Ent 1995, Bakker *et al.* 2001).

#### **Box ‘Gebruiksovereenkomsten’**

Alle duinbeheerders (de gezamenlijke duinwaterleidingbedrijven, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten) hebben hun vegetatiekaarten meestal als GIS-bestand, kosteloos aan Alterra verstrekt middels een gebruiksovereenkomst. In deze overeenkomsten is vastgelegd dat de verkregen originele bestanden niet anders worden gebruikt dan ten behoeve van de modellering van mogelijke effecten van verminderde kustdynamiek op de duinen in het kader van de huidige studie, tenzij hiervoor opnieuw toestemming wordt gevraagd aan en verkregen van de bronhouders. Er vindt geen doorlevering plaats van de originele bestanden en de daaruit afgeleide vegetatiekaart.

#### ***Koppeling kaartvlakken aan syntaxa van De Vegetatie van Nederland***

De afgelopen 10 jaar ontwikkelde Alterra (en haar voorlopers Rijksinstituut voor Natuurbeheer en het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek) een nationale standaard, gerelateerd aan internationale criteria, voor de beschrijving van de plantengemeenschappen (BOX ‘Plantensociologische terminologie’) en daarmee van De Vegetatie van Nederland: DVN. Deze vijfdelige monografie waarin ook uitvoerig het duingebied wordt behandeld, geeft uitgebreide overzichten, beschrijvingen, analyses, grafieken, andere illustraties, etc. van de vegetatie; alles ondergebracht in een overzichtelijk hiërarchisch systeem. DVN is snel door de wetenschappelijke wereld als nationale standaard aanvaard. Ook internationaal heeft dit overzicht erkenning gevonden. Nederland speelt hiermee op Europees niveau een toonaangevende rol (Mucina *et al.* 1993). Onderdeel van DVN zijn digitaal beschikbare synoptische tabellen (BOX ‘Plantensociologische terminologie’). Hierin zijn uit een groter geheel van *ca.* 300.000 vegetatieopnamen, *ca.* 30.000 opnamen samengevat. Voor elke plantengemeenschap (syntaxon) documenteert een synoptische tabel de samenstelling van de betreffende vegetatie.

Aan de kaartvlakken van de beschikbaar gestelde en gebruikte vegetatiekaarten is via de daarbij behorende legenda’s een vegetatietype gekoppeld. Deze vegetatietypen en hun inhoud kunnen per kaart verschillen, o.a. omdat veelal lokale, en onderling verschillende, typologieën zijn gebruikt. Door nu een koppeling te maken van de



kaartvlakken met hun meestal lokale inhoud, naar hun bijbehorende, in het duingebied voorkomende plantengemeenschappen van DVN, ontstaat gestandaardiseerde vlakdekkende informatie, onderbouwd met de bijbehorende synoptische tabellen. Per kaart en per legenda-eenheid (vegetatietype of een combinatie van meerdere typen) is nagegaan welk DVN-syntaxon overeenkwam met de oorspronkelijk beschreven vegetatie. Hiervoor deden de synoptische tabellen en de uitgebreide beschrijvingen in DVN, bijbehorende gepubliceerde vegetatieopnamen en literatuur (Tabel 1) goed diensten. De synoptische tabellen met alle voorkomende plantensoorten en hun frequentie in het betreffende gemeenschap, leveren per kaartvlak ecologische informatie zoals de milieu-indicatiewaarden van bijvoorbeeld Ellenberg (1979) en Londo (1988). Door de synoptische tabellen worden ook verdere analyses mogelijk zoals berekeningen van de natuurbehoudswaarde (NBW) volgens de ‘Gelderland’-methode (zie hoofdstuk 2.4).

Met behulp van de vertaalsleutel vond de daadwerkelijke omzetting plaats van de zeer omvangrijke databases van de oorspronkelijke vegetatiekaarten (bijna 50.000 kaartvlakken). Veelal waren tussenstappen nodig bij de omzetting van de oorspronkelijke code van de kaartlegenda naar de DVN-code omdat de oorspronkelijke code niet altijd uniek was: cijfers, letters, groot, klein etc. Er vond geen aggregatie van kaartvlakken plaats. De integriteit van de oorspronkelijke kartering is zo behouden gebleven.

*Tabel 1. Plantensociologische informatie per vegetatiekaart*

Vegetatiekaart (eigenaar/beheerder)	Plantensociologische informatie
Pettemerduinen (SBB)	Rapport + tabellen vegetatieopnamen
Schoorlsche Duinen (SBB)	Rapport + tabellen vegetatieopnamen (1993 en 2000)
Wimmenumerduinen (PWN)	Digitale PWN-typologie
Noord-Hollands Duinreservaat (PWN)	Rapport + synoptische tabellen (=PWN-typologie)
Nationaal Park Zuid-Kennemerland (PWN)	Rapport + tabel vegetatieopnamen
Kraansvlak (PWN)	Digitale PWN-typologie
Amsterdams Waterleidingduinen (GWA)	Boek + synoptische tabellen
Coepelduynen (SBB)	Rapport + beschrijving vegetatie
Berkheide (DZH + SBB)	Rapport + tabel vegetatieopnamen
Meijendel (DZH)	Alleen kaart + (planten)sociologische groepen

## 2.2 Saltspray-modellering

De hoeveelheid saltspray-depositie op een locatie in de duinen is afhankelijk van de windsnelheid en -richting, de golfwerking, de afstand tot de zee, het zoutgehalte van het zeewater, het reliëf van de duinen en de structuur van de vegetatie (Mooren 1985). Het aanleggen van een eiland dicht bij de kust zal kunnen leiden tot veranderingen in het golfklimaat en de mate van zoutopwekking in de branding langs de Nederlandse kust. Het is de verwachting dat in de luwte van het eiland, de zoutopwekking en het zouttransport zal afnemen, waardoor de saltspray-depositie op land ook zal afnemen.

De saltspray modellering is uitgevoerd door WL\ Delft Hydraulics. De hier opgenomen tekst is een samenvatting uit het rapport “veranderingen in saltspray ten gevolge van een eiland in zee” van Tatman (2002). Het betreft hier een korte beschrijving van de methode en de resultaten die Alterra in dit project als een van de basisgegevens heeft gebruikt.

Het Waterloopkundig Laboratorium (WL) heeft ten behoeve van de PKB+-MER Maasvlakte2 een model ontwikkeld om veranderingen in saltspray-productie en -transport ten gevolge van een gewijzigd golfklimaat voor de kust van Goeree en Voorne te schatten (Jansen 1998). Het model is gebaseerd op het golvenmodel (SWAN) en maakt gebruik van empirische verbanden tussen de golfdissipatie, energie en aërosol productie.

In het kort is de methodiek als volgt. Het opwekken van saltspray is verondersteld vooral te worden bepaald door de energiedissipatie van op diepte brekende golven. Met behulp van het dissipatie-energieveld berekend door het model SWAN, kan de saltspray-emissieflux worden berekend. Dit is de verticale flux van de saltspray aan het zeeoppervlak, oftewel de massa die per oppervlakte eenheid en per tijdseenheid aan het zeeoppervlak wordt geproduceerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een semi-empirische relatie tussen de dissipatie-energie en aërosolproductie in de brandingszone (Petelski & Chomka 1996). De concentratie van de saltspray-deeltjes in de atmosfeer wordt bepaald door de emissieflux per deeltjesgrootte en de menhoogte. De gekozen menhoogten zijn gecalibreerd op de metingen bij de kust nabij Duinrell (ten Harkel 1996). Het transport van de in de atmosfeer gebrachte zoutdeeltjes naar de kust toe werd gedaan voor drie verschillende windsnelheden (meteorologische windgegevens gemeten gedurende de periode 1979 – 1998) en voor vijf windrichtingen (gebaseerd op een verdeling van de aanlandige wind in vijf segmenten) per golfhoogte. Per tijdstap wordt de concentratie in de lucht bepaald voor elke aërosolklasse en met de bijbehorende valsnelheden en depositie. Uiteindelijk kreeg Alterra datafiles die bestaan uit saltspray-concentratiedepositiefluxen in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$  per windrichting, waarbij de fluxen van de drie verschillende windsnelheden zijn gesommeerd gewogen aan de hand van de frequentie van voorkomen van de betreffende windrichting. Dus per scenarioberekening (huidige situatie, autonome ontwikkeling en de 5 eilandvarianten) werden er vijf datafiles opgeleverd; één voor elke windrichting.

Vervolgens werden op Alterra de saltspray-data in GIS opgeteld om per situatie (per eilandvariant en per windrichting) de absolute waarden voor saltspray-depositie in de duingebieden te bepalen. Deze waarden geven een indruk van de orde grootte van totale jaarlijkse (gemiddelde) saltspray-depositie. Door locale omstandigheden (op een kleiner detailniveau dan gemodelleerd, zoals bijvoorbeeld een duinpan of een struik) zouden saltspray-depositiewaarden in de duinen kunnen afwijken van de berekende. Ook is er geen rekening gehouden met de verandering in de saliniteit in het kustgebied. Dit zou mogelijk een effect kunnen hebben op de saltspray-emissiewaarden. Validatie van de saltspray-depositie-flux door middel van veldmetingen heeft nog niet plaatsgevonden.

Storm wordt gezien als het meest extreme scenario in saltspray-opwekking en -transport. Bij storm wordt er veel meer zout verder landinwaarts gedeponneerd waardoor de successie mogelijk wordt teruggezet (hoofdstuk 1.4). Het WL geeft 12,5 – 25 m/s als hoogst mogelijke windsnelheid voor storm. Om voor alle gebieden de relatie tussen saltspray van storm en vegetatie (hoofdstuk 3) te kunnen vaststellen, heeft Alterra gekozen voor een windrichting van 255 °N.

### ***Resultaten saltspray-depositie***

Het jaargemiddelde saltspray-depositie in de Nederlandse duingebieden zal afnemen, door de toekomstige veranderingen in het golfklimaat onder invloed van klimaatveranderingen, en infrastructurele werken zoals de tweede maasvlakte (autonome ontwikkeling). Bij aanwezigheid van een eiland zullen, bij alle varianten, de saltspray-concentraties in een aantal duingebieden afnemen (Tabel 2). Dit wordt veroorzaakt door de afscherpende werking van het eiland waardoor de golfhoogtes in de luwte van de eilanden afnemen en waardoor de saltspray-opwekking vermindert. Vooral in het gebied tussen Duin & Kruidberg en Meijendel, die voornamelijk in de luwte van de eilandvarianten liggen, worden de grootste verschillen gevonden tussen de eilandvarianten en de autonome ontwikkeling (Tabel 2). De afname komt overeen met de verwachtingen. Het grootste eiland (v5), heeft de hoogste afname in saltspay. De saltspray-afname is vooral hoog in Boswachterij Noordwijk maar ook in de Amsterdamse Waterleidingduinen, de Coepelduinen en in Berkheide. Het eiland met de grootste afstand tot de kust (v3) heeft het minste effect op de saltspray. De saltspray in het Zwanenwater, de Pettemerduinen en de Schoorlse duinen is niet onderhevig aan veranderingen veroorzaakt door de gekozen eilandvarianten.

*Tabel 2. Gemiddelde afname van saltspray-depositie (in %) in de duingebieden van de eilandvarianten ten opzichte van de autonome ontwikkeling (Tatman, 2002)*

Gebied	v1	v2	v3	v4	v5
Zwanenwater	0	0	1	0	0
Pettemerduinen	0	0	1	0	0
Schoorlse Duinen	0	2	2	0	0
Noordhollands Duinreservaat	2	8	4	0	2
Duin en Kruidberg	9	21	10	4	11
Kennemerduinen	11	21	10	4	13
Het Kraansvlak	12	19	10	6	17
Amsterdamse Waterleidingduinen	16	16	10	7	25
Boswachterij Noordwijk	22	10	11	10	32
Coepelduinen	19	4	8	12	25
Berkheide	17	2	8	18	23
Meijendel	12	1	7	22	15

In de literatuur zijn enkele metingen gevonden waarbij is gebleken dat de waardes voor de saltspray concentratie in de Nederlandse kustzone goed overeenkomen met de waardes die zijn berekend in deze studie (Tabel 3). Bijvoorbeeld, in ten Harkel (1996) werden de volgende waardes voor de saltspray concentraties gevonden: 500 m landinwaarts : +/- 4500 mol/ha/jr en 2 km landinwaarts : +/- 2500 mol/ha/jr,

oftewel respectievelijk +/- 0,8 µg/m<sup>2</sup>/s en 0,5 µg/m<sup>2</sup>/s<sup>1</sup>. Deze waarden werden door ten Harkel gemeten in het Meijendel duingebied. In onze studie vinden wij de gemiddelde waarde 0,52 µg/m<sup>2</sup>/s voor ditzelfde gebied.

Tabel 3. Gemiddelde saltspray-depositie (standaarddeviatie) in de duingebieden in µg/m<sup>2</sup>/s  
Huidige situatie (Vh), de autonome ontwikkeling (V0) en, de eilandvarianten (v1 t/m v5) (Tatman, 2002)

Gebied	vh	v0	v1	v2	v3	v4	v5
Zwanenwater	0.88 (0,24)	0.88 (0.24)	0.88 (0.24)	0.88 (0.24)	0.87 (0.24)	0.88 (0.24)	0.88 (0.24)
Petteerderduinen	0.96 (0,17)	0.96 (0.17)	0.96 (0.17)	0.96 (0.17)	0.95 (0.17)	0.97 (0.17)	0.96 (0.17)
Schoorlse Duinen	0.65 (0,28)	0.65 (0.28)	0.65 (0.28)	0.64 (0.28)	0.64 (0.28)	0.65 (0.28)	0.65 (0.28)
NH Duinreservaat	0.72 (0,27)	0.72 (0.27)	0.71 (0.27)	0.66 (0.25)	0.69 (0.26)	0.71 (0.27)	0.70 (0.27)
Duin en Kruidberg	0.51 (0,24)	0.51 (0.24)	0.47 (0.22)	0.40 (0.17)	0.46 (0.21)	0.49 (0.23)	0.46 (0.22)
Kennemerduinen	0.57 (0,27)	0.57 (0.27)	0.51 (0.24)	0.45 (0.20)	0.51 (0.24)	0.55 (0.26)	0.50 (0.24)
Het Kraansvlak	0.45 (0,23)	0.45 (0.23)	0.39 (0.21)	0.36 (0.18)	0.40 (0.20)	0.42 (0.23)	0.37 (0.20)
A. Waterleidingduinen	0.56 (0,25)	0.56 (0.25)	0.46 (0.20)	0.47 (0.20)	0.50 (0.22)	0.51 (0.23)	0.41 (0.18)
B. Noordwijk	1.13 (0,25)	1.13 (0.24)	0.89 (0.19)	1.01 (0.22)	1.00 (0.22)	1.02 (0.22)	0.77 (0.17)
Coepelduinen	1.21 (0,23)	1.21 (0.23)	0.98 (0.19)	1.16 (0.23)	1.11 (0.21)	1.06 (0.20)	0.91 (0.17)
Berkheide	0.67 (0,29)	0.66 (0.29)	0.56 (0.25)	0.65 (0.28)	0.61 (0.27)	0.55 (0.24)	0.52 (0.24)
Meijendel	0.52 (0,28)	0.51 (0.27)	0.45 (0.25)	0.50 (0.27)	0.48 (0.26)	0.40 (0.22)	0.44 (0.24)

## 2.3 GIS duinen

Voor ruimtelijke kwantitatieve weergave van de invloed van saltspray op de natuurwaarden van de duinen ten opzichte van andere milieufactoren zijn zoveel mogelijk digitale geografische bestanden van de factoren instraling, verstuiwing, waterstanden, nutriëntengehalte, zuurgraad, zoutgehalte, beheer en successiestadium bijeengebracht (Tabel 4). De gebruikte bestanden worden in deze paragraaf beschreven. Het kwantificeren van de invloed van saltspray op natuurwaarden wordt beschreven in hoofdstuk 3. Afbeeldingen van het AHN, de bodemkaart, de depositiekaarten en de beheerkaart zijn te vinden in Bijlage 7.

Tabel 4. Gebruikte digitale bestanden

Factor	Bestand	Schaal / resolutie	Eigenaar
Instraling	AHN (hellingshoek en hellingsrichting)	5 * 5 m <sup>2</sup>	MD-RWS
Windvormen	AHN (hoogte)	5 * 5 m <sup>2</sup>	MD-RWS
Waterstanden	Bodemkaart (vochtvasthoudendvermogen),	1 : 50.000	Alterra
	AHN (waterstroombaccumilatie)	5 * 5 m <sup>2</sup>	MD-RWS
Nutriëntengehalte	Bodemkaart (humusgehalte),	1 : 50.000	Alterra
	NOx/NH3-depositiekaart	5 * 5 km <sup>2</sup>	RIVM
Zuurgraad	Bodemkaart (kalkgehalte),	1 : 50.000	Alterra
	SOx-depositiekaart,	5 * 5 km <sup>2</sup>	RIVM
Zoutgehalte	Saltspray-kaarten	25 * 25 m <sup>2</sup>	WL
Beheer	Beheerkaarten	1 : 5000 – 1:100.000	Duinbeheerders
Successiestadium	Vegetatiekaarten	1 : 2500 – 1 : 10.000	Duinbeheerders

<sup>1</sup> omrekeningsfactor voor µg/m<sup>2</sup>/s naar mol/ha/jr is \* 5391

### ***Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)***

Het AHN is een landsdekkend digitaal hoogtebestand, bestaande uit basispuntbestanden en afgeleide gridbestanden, welke worden vervaardigd en geleverd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. De basisbestanden bestaan uit de originele hoogtepunten zoals deze zijn ingewonnen met behulp van laseraltimetrie. De minimale punt dichtheid is 1 punt per 16 m<sup>2</sup>, bij bosgebieden is dit 1 punt per 36 m<sup>2</sup>. De hoogte van de punten wijkt gemiddeld 5 cm af van de werkelijke maaiveldhoogte met een standaardafwijking van 15 cm. Ongewenste informatie zoals huizen, auto's en vegetatie zijn uit het bestand gefilterd. Scherpe veranderingen in hoogte zijn vaak afgevlakt en de overgang tussen land en water kan diffuus zijn. De originele, gefilterde laserpunten zijn geïnterpoleerd tot een vlakdekkend gridbestand bestaande uit gridcellen van 5 x 5 m<sup>2</sup>. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de gridbestanden. De hoogte van het maaiveld is een belangrijke ecologische factor. Uit het AHN-bestand zijn factoren herleid die van invloed zijn op de vegetatie, namelijk hellingshoek en hellingsrichting. Een andere afgeleide factor is de 'waterstroomaccumulatie'. Aan de hand van de hellingshoek en hellingsrichting wordt berekend hoe het (regen)water zou afstromen en accumuleren in duinpannen, duinvalleien en duinrellen. Omdat de hoeveelheden regen, verdamping en wegzijging niet bekend zijn, maar wel overal van de zelfde orde worden verondersteld geven de resultaten van de berekeningen een indicatie van relatieve vochtigheidsverschillen in de droge duinen. De commando's voor hellingshoek ('slope'), hellingsrichting ('aspect') en stroomaccumulatie ('flowaccumulation') zitten in het commandopakket van ArcInfo (ESRI 1994), het gebruikte GIS-pakket.

### ***Bodemkaart***

De digitale bodemkaart van Nederland geeft ruimtelijke informatie over de bodemopbouw tot globaal een diepte van 1 meter. De gegevens zijn in het veld door Alterra (haar voorlopers Stichting voor Bodemkartering en het Staring Centrum) met behulp van grondboringen op schaal 1 : 25 000 gekarteerd. De kalkhoudendheid is daarbij vastgesteld door te kijken of er een reactie met zoutzuur optrad. De veldkaart is vervolgens gegeneraliseerd naar schaal 1 : 50 000. De nauwkeurigheid van de begrenzing van de kaartvlakken is afhankelijk van de situatie en is circa 25. Een kaartvlak is aangegeven met de meest voorkomende bodemeenheid en grondwatertrap. De kaartzuiverheid bedraagt 60 à 80%. Voor verdere verwerking is deze 1:50.000 kaart vergrid naar bodem-grid met gridcellen van 25 x 25 m (overeenkomstig met de kleinste karteerbare eenheid). De opnamejaren voor de gebruikte kaartbladen zijn 1972 (30 West), 1988 (14 West en 24/25 West) en 1990 (19 West).

De duinen zijn eolisch gevormd en bestaan, ten zuiden van Bergen, uit opgewaaid kalkrijk matig fijn zand (bodemtype Zd, duinvaaggronden, Vos 1992). Voordat met grondwateronttrekking werd begonnen, waren de meeste valleien vochtig of nat, hetgeen nog aan roest of gleyvlekken is te zien (bodemtype Zn, vlakvaaggronden). Kalkloze zandgronden met ijzerhuidjes rondom de zandkorrels heten vorstvaaggronden (Zb). De valleien die vroeger langdurig nat zijn geweest, zijn te herkennen aan een hoger organische stofgehalte van de bovengrond. Er komen zelfs

duinvalleien voor met een 15 cm dikke humeuze bovengrond (bodemtype pZg, beekerdgronden). Vele hiervan staan niet op de bodemkaart vanwege hun kleine oppervlak. Het zeedorpenlandschap en andere cultuurgronden hebben een dikke humeuze bovenlaag van wel meer dan 50 cm (bodemtype EZ, enkeerdgronden, Vos 1992). Voorkomende bodemtypen Kalk (toevoeging A) is van het bodemtype losgekoppeld en als aparte factor beschouwd. Het kenmerk 'GT' (grondwatertrap) is niet gebruikt omdat deze gegevens sterk verouderd zijn, en de combinatie van de AHN kenmerken 'hoogte' en 'flowaccumulatie' waarschijnlijk een betere schatting voor de vochtbeschikbaarheid oplevert.

### ***Depositie***

In de huidige studie wordt gebruik gemaakt van depositie-gegevens van het RIVM. De benodigde depositiebestanden en terugschaalfactoren zijn door het RIVM gegenereerd (Eerens & Van Dam 2000). De emissiemetingen van 1997 worden in OPS (Van Jaarsveld 1995) via concentraties omgezet in NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>y</sub> depositie met een resolutie van 5×5 km<sup>2</sup>. De aldus verkregen resultaten bevatten alleen het antropogene deel van de depositie. Om te komen tot de totale depositie is generiek (voor alle cellen gelijk) de natuurlijke achtergronddepositie bij het antropogene deel opgeteld. Voor NH<sub>3</sub> betreft dit 97 mol<sub>c</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, voor NO<sub>x</sub> 71 mol<sub>c</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> en voor SO<sub>y</sub> 130 mol<sub>c</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### ***Saltspray***

De bestanden voor de saltspray zijn aangeleverd als ArcView-shapefile door het Waterloopkundig Laboratorium (WL). De aangeleverde bestanden zijn van: t = 0, storm, autonome situatie, basisvariant, variant 2, variant 3, variant 4 en variant 5, per windrichtingen. De frequentie van voorkomen van de windsnelheid is verrekend in de saltspray-gegevens. De saltspray-bestanden bestaan uit puntenrijen die op onregelmatige afstanden van elkaar in een bepaalde windrichting liggen waarbij de onderlinge afstand per rij tussen de punten 50 m bedraagt. De punt-bestanden zijn geïnterpoleerd tot vlakdekkende gridbestanden, waarbij is gekozen voor een gridcelgrootte van 25 x 25 m. De saltspray-waarden van de vijf windrichtingen zijn opgeteld zodat er één gridbestand is verkregen voor elke variant. De windrichtingen kunnen zondermeer worden opgeteld omdat de frequentie van de windrichtingen en windsnelheden al in de door het WL geleverde saltspraygegevens is verwerkt.

### ***Beheer***

Gedetailleerde vlakdekkende gegevens over de verschillende vormen van beheer waren niet altijd (digitaal) beschikbaar. De grotere terreinbeherende instanties (NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, Gemeentewaterleidingen Amsterdam, NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland en Staatsbosbeheer) leverden gegevens over het volgende vegetatiebeheer: I) begrazing door landbouwhuisdieren, II) maaien (en afvoeren)/hooien, III) plaggen (soms oppervlakkig ontgraven; maar niet vergravingen t.b.v. de waterwinning). De schaal varieert van gedetailleerd (plaggen) tot globaal (begrazen).

### ***Vegetatiekaart***

Alle gebruikte vegetatiekaarten (Tabel 5) zijn ook digitaal aangeleverd, met uitzondering van de kartering van de Coepelduynen (SBB). Hoewel deze analoog was, is deze kartering toch bij het onderzoek betrokken en door Alterra gedigitaliseerd vanwege de veronderstelde bijzondere waarde van het gebied (veel bijzondere plantensoorten van het zeedorpenlandschap) en de ligging ten opzichte van de aanlanding van eilandvariant 5.

*Tabel 5. Gebruikte digitale vegetatiekaarten (gebieden van zuid naar noord)*

Gebied (eigenaar/beheerder)	Jaar	Schaal	Opp. in ha
Meijendel (DZH)	1985	1:5000	1902
Berkheide (DZH +SBB)	1989	1:5000	876
Coepelduynen (SBB)	1989	1:5000	151
Amsterdamse Waterleidingduinen (GWA)	1989-1998	1:5000	3390
Kraansvlak (PWN)	1996	1:2500	440
Nationaal Park Zuid-Kennemerland (PWN)	1992-1993	1:2500	2605
Noord-Hollands Duinreservaat (PWN)	1982-1989	1:5000	4982
incl. Wimmenummerduinen (PWN)	1993	1:2500	
Schoorlsche Duinen (SBB)	1993 & 2000	1:5000	1873
Pettemerduinen (SBB)	1993	1:5000	151
Totaal			16.370

### ***Kaartvergelijking***

Per kaartvlakje van de vegetatiekaart zijn gemiddelden en standaarddeviaties van saltspray, hellingshoek, hellingsrichting, hoogte, stroomaccumulatie, NO<sub>x</sub>-, SO<sub>x</sub>- en NH<sub>3</sub>-depositie berekend en is tevens de natuurbehoudswaarde van het voorkomende vegetatietype toegevoegd en naar een tabel geëxporteerd. Er is ook een tabel gemaakt met alle voorkomende bodemtypen, beheertypen en wel of niet aanwezig zijn van kalk in de bodem per vegetatievlakje van de vegetatiekaart. Met deze tabellen werd de relatie van natuurbehoudswaarden en vegetatietypen met de milieuv variabelen gekwantificeerd (hoofdstuk 3).

## **2.4 Statistische verwerking**

De statistische analyse heeft zich geconcentreerd op twee vragen:

- Wat is het effect van saltspray, bodemtype, beheer, expositie en inclinatie, hoogteligging en 'flowaccumulatie' op de 'natuurbehoudswaarde' (NBW)?
- Welke vegetatieveranderingen verklaren het effect van de verschillende verklarende milieuv variabelen op de NBW?

Getracht is deze vragen te beantwoorden door middel van regressie-analyse en ordinatie van de vegetatiegegevens. Details worden hieronder gegeven.

Alle statistische analyses werden uitgevoerd met het programma GENSTAT5 versie 4.1 (Payne et al. 1993). De ordinaties werden uitgevoerd met CANOCO4.5, de bijbehorende figuren werden gemaakt met CanoDraw 4.0 (Ter Braak en Smilauer 2002). Datamanipulatie werd uitgevoerd met MS-Excel97 en zelfgeschreven

FORTRAN-applicaties, de berekening van NBW eveneens met een zelfgeschreven FORTRAN-applicatie. Allereerst wordt de berekening van de natuurbehoudswaarde beschreven. Daarna wordt de regressie van de natuurbehoudswaarde op de verklarende milieuv variabelen uitgelegd. Als laatste wordt beschreven hoe de relatie tussen milieuv variabelen en de natuurbehoudswaarden wordt verklaard door de plantengemeenschappen (associaties).

### ***Natuurbehoudswaarde***

Bij plannen voor infrastructurele werken wordt vaak gevreesd voor 'verlies aan waarde voor het natuurbehoud'. Om vooraf te kunnen schatten of dit risico inderdaad bestaat, is het nodig deze 'natuurbehoudswaarde' (NBW) te expliciteren en te kwantificeren. In de huidige studie is hiervoor een methode gebruikt die oorspronkelijk is ontwikkeld voor het waarderen van vegetatie in door de provincies verzamelde gegevens (Clausman & Van Wijngaarden 1984, Hertog & Rijken 1996). Deze z.g. 'Gelderland'-methode is in een aantal studies gebruikt en gevalideerd aan de mening van deskundigen (Heijmans 1996, Van der Sluis 1996). Recentelijk is zij gebruikt voor de evaluatie van de effecten van gaswinning op Oost-Ameland (Eysink et al. 2000).

Uitgangspunt van de methode is dat de voorkomende soorten behoed dienen te worden voor uitsterven, en dat de kans hierop het grootst is voor soorten die ofwel zeldzaam zijn, ofwel achteruitgaan. Het principe van de 'Gelderland' methode is dat de klassenindeling van de Rode Lijst wordt vervangen door een glijdende schaal. Bovendien worden nog kleine correcties aangebracht voor kwetsbaarheid, en bedreiging buiten Nederland. Op deze wijze wordt aan elke soort een index toegekend die een afspiegeling is van zijn kans op uitsterven in Nederland.

Doorgaans wordt de 'Gelderland'-methode gebruikt voor het waarderen van vegetatieopnamen. De NBW van een opname wordt bepaald als een gewogen som van de NBW-indices van de voorkomende soorten, met een correctie voor het totaal aantal soorten. Hierbij worden de abundanties (hoeveelheden) van de soorten als weegfactoren gebruikt. De aantalscorrectie bewerkstelligt een afwaardering van opnamen met een boven-gemiddeld aantal soorten, en een opwaardering van opnamen met een beneden-gemiddeld aantal soorten. Op deze wijze wordt de invloed van het totaal aantal soorten enigszins beperkt.

Omdat de huidige toepassing niet uitgaat van vegetatieopnamen maar van een kaart waarop slechts vegetatietypen zijn weergegeven, waren enkele methodische aanpassingen noodzakelijk. Deze worden hieronder beschreven. Voor het bepalen van de NBW per kaartvlak zijn de synoptische tabellen van DVN in digitale vorm verkregen.

Een vertaaltabel van vegetatietype naar NBW is gebruikt om de vegetatiekaart in een NBW-kaart om te zetten. Hiertoe is per kaartvlak de NBW bepaald als het ongewogen gemiddelde over alle aan dit vlak toegekende vegetatietypen. Kaartvlakken die niet aan een vegetatietype konden worden toegekend (bij voorbeeld 'open water', 'bebouwing', etc.) zijn hierbij uitgesloten, en NBW = 0 komt dus niet voor, ontbrekende waarden komen wel voor.



De bepaling van de NBW is in twee stappen verlopen: (1) bepaling van de verwachtingswaarde van de soortensamenstelling per legenda-eenheid; en (2) bepaling van de bij deze soortensamenstelling behorende NBW. Deze stappen worden hieronder toegelicht.

### ***Soortensamenstelling per legenda-eenheid***

De synoptische tabellen uit DVN zijn kruistabellen met de frequentie per soort per (sub)associaties en de romp- en derivaatgemeenschappen. In de vegetatiekaart zijn vlakken aan plantengemeenschappen op alle niveaus (inclusief 'romp- en derivaatgemeenschappen') toegekend, afhankelijk van de mate van detail van de oorspronkelijke kaart. Daarom zijn voor de niveaus hoger dan (sub)associatie kruistabellen afgeleid op grond van de (sub)associatietabellen. Hierbij is ervan uitgegaan dat wanneer aan een kaartvlak een type op een hoger niveau was toegekend, dit is gebeurd ofwel omdat de vegetatie een verarmde vorm van een associatie is (met een kleiner aantal soorten), ofwel omdat onvoldoende gegevens beschikbaar waren om op associatieniveau in te delen. In het laatste geval is de NBW 'conservatief' geschat, namelijk eveneens als van een verarmde vorm van een associatie. Hierbij is de volgende procedure gevolgd:

- er is een totaalijst gemaakt van alle associaties die in het gebied voorkomen;
- kruistabellen (type \* soort) voor de hogere niveaus zijn verkregen door te middelen over de in het gebied voorkomende associaties die onder elk 'hoger' type vallen, onder weglaten van de niet-gemeenschappelijke soorten;
- wanneer van een hogere eenheid geen associaties in het gebied voorkomen, is het gemiddelde genomen van de romp- en derivaatgemeenschappen uit het gebied;
- wanneer ook deze niet voorkomen is het gemiddelde genomen van alle associaties onder dat type, onder weglaten van de niet-gemeenschappelijke soorten.

Tenslotte zijn alle tabellen samengevoegd tot één tabel, met (sub)associaties en romp- en derivaatgemeenschappen die rechtstreeks zijn overgenomen uit DVN, en hogere eenheden die afgeleid zijn op de boven beschreven wijze.

### ***Bepaling van de natuurbehoudswaarde***

Om de 'Gelderland'-methode te kunnen toepassen op frequentietabellen zijn de volgende aanpassingen uitgevoerd: (1) schatting van de abundantie op grond van de frequentie; (2) aanpassing van de abundantieweging; (3) schatting van het totaal aantal soorten op grond van de frequenties per soort, en (impliciete) aanpassing van de correctie voor het aantal soorten. Deze worden hieronder toegelicht, numerieke details staan in Bijlage 3.

Ad (1): getracht is door regressie de abundantie per soort te schatten uit de frequentie op associatieniveau. Hiertoe is gebruik gemaakt van de volledige tabellen uit DVN, en van enkele opnametabellen uit eigen bestanden (van duinen, kwelders en bossen). De gevonden verbanden bleken nogal zwak te zijn, en bovendien in sommige bestanden niet-lineair. Omdat de invloed van de abundantiecorrectie vrij klein is, is dit punt niet verder uitgewerkt en is volstaan met een grove schatting (Bijlage 3).

Ad (2): in de oorspronkelijke formulering was de abundantieweging gerelateerd aan een klassenindeling (de z.g. Braun-Blanquetschaal). Deze is hier vervangen door een log-transformatie die ongeveer hetzelfde resultaat oplevert.

Ad (3): het gemiddeld aantal soorten per type kan eenvoudig en exact worden gevonden door sommeren van de frequenties over de soorten. Dit aantal is hier gebruikt voor de aantalscorrectie, waarbij bedacht dient te worden dat de schatting voor de correctiefactor niet exact is omdat deze niet-lineair is gerelateerd aan het aantal soorten (cf. vergelijking (4) in Bijlage 3).

De hier gebruikte NBW's zijn wortel-getransformeerd ten opzichte van de oorspronkelijke formulering door Hertog & Rijken (1996) om een betere normaliteit te bereiken. Het resultaat (NBW per vegetatietype) wordt gegeven in Bijlage 4.

### ***Regressie van natuurbehoudswaarde op verklarende milieu-variabelen***

Het verband tussen NBW en milieuvariabelen is vastgesteld door middel van lineaire regressie. Hierbij is het kaartvlak als basiseenheid gebruikt, elke record van de regressieanalyse vertegenwoordigt dus een kaartvlak. Vlakken met ontbrekende waarden (zoals 'kaal zand', 'bebouwing' etc.) zijn buiten beschouwing gelaten. Alleen lineaire effecten zijn in beschouwing genomen, interacties en kwadratische termen zijn niet gebruikt. De gebruikte verklarende variabelen, hun codering en hun bronnen zijn samengevat in Tabel 6. Er zijn vijf bronnen van gegevens (zie hoofdstuk 2.3): de saltspray-variabelen, het AHN, de depositiekaart, de Digitale Bodemkaart van Nederland en de beheersgegevens. Per kaartvlak is voor de kwantitatieve variabelen een gemiddelde en een standaardafwijking bepaald, en voor de klassevariabelen het aantal m<sup>2</sup> dat tot elke klasse behoort.

Voor de verschillende bronnen hebben de volgende voorbewerkingen plaatsgevonden:

- saltspray-variabelen: de aangeleverde variabelen zijn een gemiddelde en een storm waarde (voor richting 255°N en snelheid 15 m/s), voor: huidige situatie. De saltspray-variabelen zijn gecontroleerd op hun normaliteit en dit gaf geen aanleiding tot verdere aanpassingen.
- AHN bestand: de gemiddelden van hoogte, 'flowaccumulation' en 'slope' bleken scheef verdeeld te zijn en werden daarom log-getransformeerd naar normaal verdeelde waarden:

$$\text{getransformeerde\_AHN} = \text{LN}(\text{AHN} - \text{MIN}(\text{AHN}) + 0,1 * \text{MEAN}(\text{AHN})) \quad (1)$$

Het kenmerk 'slope' (=hellingshoek) is gecombineerd met het kenmerk 'aspect' (=inclinatie) tot een nieuw kenmerk 'expositie' met een Noord-Zuid- en een Oost-Westcomponent:

$$\text{NZ\_exp} = \text{COS}(\text{aspect}) * \text{slope} \quad (2)$$

$$\text{OW\_exp} = \text{SIN}(\text{aspect}) * \text{slope} \quad (3)$$

- depositiekaart: de depositie van NH<sub>3</sub> had een sterk tweetoppige frequentieverdeling en die van SO<sub>x</sub> een zwak tweetoppige, maar dit was niet met een eenvoudige transformatie te normaliseren. Deze zijn daarom ongetransformeerd gelaten. NO<sub>x</sub> was wel ongeveer normaal verdeeld.

- bodemkaart: de waarden per bodemtype (aantal m<sup>2</sup>) zijn omgerekend tot fracties bedekking per kaartvlak. Hiertoe is het totale oppervlak per kaartvlak berekend door te sommeren over alle bodemtypen. Dit resulteert in even zovele variabelen als er bodemtypen zijn, en de waarde hiervan is de fractie van elk kaartvlak dat aan dit bodemtype is toegekend (meestal 0 of 1, maar tussenliggende waarden komen ook voor). De bodemkaart kent ook kaartvlakken die aan complexen van twee bodemtypen zijn toegekend (meer dan twee komt in het gebied niet voor). In die gevallen is de fractie gelijkelijk verdeeld over beide typen. Het kenmerk 'kalk' (code 'A' op de bodemkaart) is als een apart kenmerk opgevat en ook omgerekend tot fractie per kaartvlak.
- beheerkaart: er zijn drie beheerstypen onderscheiden: plaggen, maaien en begrazen. Ook deze zijn omgerekend tot fracties per kaartvlak, waarbij de som van alle bodemvariabelen is gebruikt om het oppervlak te berekenen. In enkele gevallen bleek het 'beheerde' oppervlak groter dan het 'bodem'-oppervlak (dit kan bij voorbeeld gebeuren wanneer een kaartvlak deels 'bebouwing' is en toch binnen een beheerseenheid valt). In die gevallen is de beheerde fractie op 1 gesteld. In tegenstelling tot de bodemvariabelen komt het vaak voor dat de beheersvariabelen alle =0 zijn; ofwel omdat er geen beheer plaatsvindt, ofwel omdat deze gegevens niet beschikbaar waren.

Er zijn in totaal 49574 kaartvlakken; aan 44014 hiervan zijn voor natuurbehoudswaarde alle verklarende variabelen waarden toegekend, en deze zijn gebruikt in de regressieanalyse. Tabel 6 geeft enkele basale kenmerken van het gegevensbestand voor de variabelen.

Tabel 6. Verklaring van de gebruikte verklarende variabelen, gemiddelde per variabele na transformatie, aantal kaartvlakken per bodemtype, beheerstype en met kalkhoudende bodem, voor de kaartvlakken die meedoen in de regressie-analyse

Code	Betekenis	gemiddelde	aantal	eenheid
NBW	Natuurbehoudswaarde	14,990		arbitrair
Hoogte	hoogteligging	6,900		m boven NAP
NZ-exp	helling in NZ richting	0,015		graden
OW-exp	helling in OW richting	0,002		graden
Flowacc	flowaccumulatie	1,539		m <sup>2</sup>
Saltgem-t0	gemiddelde zout depositie	0,853		ug/m <sup>2</sup> /s
Salt215-t0	Zoutdepositie bij storm	7,165		ug/m <sup>2</sup> /s
NH3	depositie van NH <sub>3</sub>	597		keq/ha/jaar
NOx	depositie van NO <sub>x</sub> (=NO+NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )	624		keq/ha/jaar
SOx	depositie van SO <sub>x</sub> (=SO <sub>2</sub> +SO <sub>4</sub> )	510		keq/ha/jaar
EZg21	lage enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		17	kaartvlakken
bEZ21	hoge bruine enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		29	kaartvlakken
bEZ30	hoge bruine enkeerdgronden; grof zand		1	kaartvlakken
zEZ21	hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		84	kaartvlakken
EZ50	enkeerdgronden; matig fijn zand		1686	kaartvlakken
PZg21	beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		331	kaartvlakken
Zn21	vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		420	kaartvlakken
Zn30	vlakvaaggronden; grof zand		1281	kaartvlakken
Zn50	vlakvaaggronden; matig fijn zand		7631	kaartvlakken
Zd20	duinvaaggronden; fijn zand		28438	kaartvlakken
Zd30	duinvaaggronden; grof zand		3960	kaartvlakken
Zd21	duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		34	kaartvlakken
Zb21	vorstvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		84	kaartvlakken
Zb30	vorstvaaggronden; grof zand		3	kaartvlakken
gMn83C	knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 3		14	kaartvlakken
Graas	beheerstypen begrazing		2473	kaartvlakken
Maai	beheerstype maaien		817	kaartvlakken
Plag	beheerstype plagen		18	kaartvlakken
Kalk	kalkhoudende bodem		38280	kaartvlakken

In een regressieanalyse kan de onderlinge correlatie van de verklarende variabelen de stabiliteit van het regressiemodel ongunstig beïnvloeden. Hierop is een toets uitgevoerd.

Omdat de kaartvlakken sterk verschillen in grootte, kunnen zij ook verschillen in interne homogeniteit. Hoewel zij voor de vegetatie als homogeen worden beschouwd, kunnen zij voor kenmerken als hoogte en expositie inhomogeen zijn. Omdat in principe homogene kaartvlakken een betere schatting geven van het effect van de verklarende variabelen dan inhomogene is deze homogeniteit als weegfactor in de regressie gebruikt. De standaarddeviatie van de kwantitatieve variabelen is als een maat voor de homogeniteit beschouwd. Deze is omgerekend tot relatieve standaarddeviatie (ten opzichte van het gemiddelde, de 'variatioëfficiënt'), en de reciproke van de grootste hiervan over alle kwantitatieve variabelen is als weegfactor in de regressie gebruikt:

$$\text{weegfactor}_i = 1 / (\text{MAX}(S_{ij} / X_{ij}) + 1) \quad (4)$$

met  $S_{ji}$ : standaarddeviatie van de j-de variabele in het i-de kaartvlak, en  $X_{ji}$ : gemiddelde van de j-de variabele in het i-de kaartvlak.

De bijtelling 1 is ingevoerd omdat anders de invloed van kleine kaartvlakken (die ook een kleine standaarddeviatie hebben, soms zelfs =0) sterk opgeblazen zou worden.

Het regressiemodel is afgeleid door middel van achterwaartse selectie. Hierbij is uitgegaan van een 'volledig' regressiemodel (dat wil zeggen met alle beschikbare verklarende variabelen), waaruit vervolgens stapsgewijs die variabelen zijn weggelaten die het minst bijdragen aan de verklaarde variantie. Dit proces is voortgezet tot een 'minimaal' model resulteert waarin alle termen een effect hebben dat significant is op het niveau van  $P < 0,05$ . Omdat een aantal bodemtypen slechts zeer weinig voorkomt zijn in het minimale model de bodemtypen die slechts verschillen in korrelgrootteverdeling samengenomen tot 'hoofdtypen'.

### ***Regressie van het voorkomen van plantengemeenschappen op verklarende variabelen***

Naast het voorspellen van veranderingen in NBW bestaat er ook de behoefte aan het voorspellen van de veranderingen in het voorkomen van vegetatietypen. Immers, wanneer er een verandering in NBW optreedt moet hieraan een verandering in vegetatie ten grondslag liggen. Hiertoe is een ordinatie uitgevoerd op de vegetatiegegevens (syntaxon per kaartvlak), en zijn de scores op de ordinatie-assen door middel van regressie gerelateerd aan de NBW en aan de verklarende milieuvariabelen.

Voor de ordinatie is een apart gegevensbestand gemaakt. Hierin zijn alleen die kaartvlakken betrokken waaraan een vegetatietype op het niveau van (sub)associatie is toegekend. Wanneer in het oorspronkelijke bestand een kaartvlak aan meer dan één associatie is toegekend, is voor elk van deze een record naar het nieuwe bestand geschreven. Kaartvlakken die aan meer dan één associatie zijn toegekend zijn dus feitelijk opgesplitst in deel-kaartvlakken per associatie. Omdat het aantal records in dit bestand de dimensies van ordinatieprogramma's ver te buiten gaat, is de ordinatie via een omweg uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van het feit dat de veronderstelde soortensamenstelling van die kaartvlakken die zijn toegewezen aan dezelfde associatie, identiek is. De 'sample scores' werden afgeleid uit een gewogen ordinatie van alle associaties uit het gebied, met het aantal kaartvlakken per syntaxon als weegfactor. Het resultaat is een tabel met per associatie (rijen) sample scores voor, in dit geval, de eerste vier ordinatie-assen (kolommen). De sample scores per associatie van de vier ordinatie-assen zijn tegen elkaar uitgezet in ordinatiediagrammen, waarin ook het verloop van de NBW is opgenomen.

Voor de regressie zijn de sample scores van de ordinatie-assen via de associatiesaan de kaartvlakken worden gekoppeld. In dit bestand is in GENSTAT een regressie uitgevoerd van de sample scores op de NBW en de verklarende milieuvariabelen. Het resultaat is de verklaarde variantie van de milieuvariabelen per ordinatie-as. Om deze verklaarde variantie van de milieuvariabelen goed te kunnen interpreteren, is de correlatie berekend tussen de ordinatie-assen en de gemiddelde Ellenbergwaarde

voor licht, vocht, zuur, voedselrijkdom en zout van de associatie. Deze mate van correlatie verklaart de assen van de ordinatiediagrammen met daarin de vegetatie-associaties en de NBW.

## 2.5 Kwaliteitsborging

Het wetenschappelijke en maatschappelijke draagvlak is bij deze studie van belang. Het is daarom relevant eigenaren en beheerders bij het onderzoek te betrekken. Dit geldt ook voor de collega-onderzoekers die soms namens duineigenaar of duinbeheerder optreden en zeer deskundig zijn. Verwerving en vergroting van draagvlak voor dit onderzoek is bevorderd met de inbreng en betrokkenheid van belanghebbenden. Eind 2000 en begin 2001 is met zoveel mogelijk eigenaren of beheerders van duinterreinen persoonlijk contact gelegd en hebben wij hen bezocht om hen over het project en de betrokkenheid daarbij van Alterra, te informeren. Bij onze bezoeken is van de kant van de eigenaren en beheerders twijfel ontmoet over nut en noodzaak van hun medewerking aan een dergelijk project. Het Onderzoeksprogramma Luchthaven in Zee, en Flyland riepen scepsis op, zeker waar men meende dat bestaande functies en belangen t.a.v. drinkwaterwinning en natuur, in strijd zouden kunnen komen met een aan te leggen vliegveld in de Noordzee. Ze waren echter uiteindelijk wel bereid mee te werken aan het onderzoek naar de effecten van een eiland in zee op de ecologie van strand en duin. De bereidwillige medewerking van alle benaderde eigenaren en beheerders van de duinterreinen is zeer gewaardeerd en is voor het onderzoek van groot belang geweest. Veel kaartmateriaal, publicaties, rapporten en andere informatie zou Alterra zonder deze medewerking niet of veel moeilijker hebben bereikt. Doordat de door Alterra gemaakte nieuwe vegetatiekaarten volgens een nationale standaard zijn samengesteld, is de gebruikswaarde en zeker de vergelijkbaarheid van hun karteringen, voor de duineigenaren en -beheerders toegenomen.

Conversie van de legenda's van de vegetatiekaarten geschiedde door P.A. Slim, R. Haveman en E.J. Weeda (allen Alterra). De onderzoekers zijn kenners van het Nederlandse duingebied en de laatste twee zijn tevens medeauteurs van De Vegetatie van Nederland (DVN). Haveman is erkend specialist op het gebied van struwelen. Weeda is een van Nederlands grootste kenners van de inheemse flora en vegetatie, en auteur van de Nederlandse Oecologische Flora (Weeda et al. 1999). De karteringsresultaten zijn gecheckt op hun realiteitsgehalte door ze voor te leggen aan J.H.J. Schaminée (Alterra). Hij is op dit moment een van Nederlands beste plantensociologen en hoofdauteur van DVN. De resultaten bevestigen de bestaande kennis van de vegetatie van de Hollandse vastelandsduinen.

De vertaalsleutel van de vegetatiekaarten naar DVN is voor commentaar aan de eigenaren of beheerders is voorgelegd. Zij kennen hun gebied het beste. Na deze terugkoppeling is een deel van de correcties voorgesteld door Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, doorgevoerd. Correcties voor Nationaal Park Zuid-Kennemerland (PWN) die vooral betrekking hadden op voordien minder volledige informatie over de bossen, was binnen het tijdsbestek van deze eerste studie te ingewikkeld en

tijdrovend, om nu door te voeren. Mogelijk is hiertoe in een vervolgfase van het onderzoek nog gelegenheid.

Tenslotte is het concept eindrapport ter commentaar voorgelegd aan een aantal collega-onderzoekers en aan de duinbeheerders. Zij kwamen met nog enkele niet-onderzochte effecten van een eiland in de Noordzee op strand en duin waarover weinig of niets bekend is. Zo geven meer vliegtuigen een extra uitstoot van NO<sub>x</sub> en verandert mogelijk boven een (ei)land de bewolgingsgraad en dus het klimaat. Verder komen er over enige tijd digitale luchtfoto's beschikbaar voor grote delen van de kust, die actuelere informatie over de vegetatie bevatten dan nu beschikbaar is. En als laatste werd er getwijfeld aan de realiteitswaarde van de door het WL berekende spray-gegevens.





### 3 Resultaten verwachte effecten van eilandvarianten in de duinen

#### 3.1 Een vegetatiekaart van het hele duingebied

De door Alterra afgeleide vegetatiekaart wordt gegeven in Bijlage 7. Met deze kaart is de vegetatie van het grootste deel van de Hollandse vastelandsduinen in een GIS tot op detailniveau (karteringsschaal 1:2500-1:5000) beschikbaar gemaakt volgens de nationale standaard. Het is het grootste 'aaneengesloten' gebied in Nederland dat op deze schaal is gekarteerd. Voor het eerst is een ruimtelijk overzicht verkregen van de vegetatie van het grootste deel van de Hollandse vastelandsduinen.

De 170 onderscheiden legenda-eenheden (DVN-syntaxa en categorieën zoals 'strand', 'kaal zand', 'open water' en 'onbekend') (Bijlage 1) zijn ten behoeve van de overzichtelijkheid ingedeeld in een beperkt aantal legenda-eenheden. Daartoe zijn verwante syntaxa samengevoegd, tenzij ze tot verschillende klassen behoorden. Op 'Open water' en 'Kaal zand' na, zijn dit 32 syntaxa, uiteenlopend van (sub)associatie tot klasse (Tabel 7). Omwille van het grote aandeel van de oppervlakte dat de Klasse der droge graslanden op zandgrond (*Koelerio-Corynephoretea*) (14), inneemt, is de legenda daar wat gedifferentieerder. Voor de statistische analyse (hoofdstuk 2.4) zijn alle 170 syntaxa gebruikt.

De vegetatiekaart geeft een overzicht van de vegetatie van een het grootste deel van de Hollandse duinen. Opvallende aspecten op de kaart zijn:

- Met de Struikhei-orde (*Calluno-Ulicetalia*) (20A) zien we de kalkgrens ter hoogte van Bergen aan Zee, tussen het Renodunaal district in het zuiden en het Waddendistrict in het noorden. Hierbij valt overigens de iets noordelijker gelegen eigendomsgrens tussen SBB en PWN op, met uit de 19e eeuw de oudste duinbebouwingen (naaldbos van SBB).
- Vanaf Egmond naar het noorden overheersen Helm-klasse (*Ammophiletea*) (23) en Buntgras-orde (*Corynephorotalia canescentis*) (14A), en naar het zuiden toe Struisgras- (*Trifolio-Festucetalia ovinae*) (14B) en Fakkelgrasorde (*Cladonio-Koelerietalia*) (14C).
- Doornstruwelen (*Rhamno-Prunetea*) (37) komen vooral naar het zuiden toe talrijk voor in de kalkrijke duinen.
- Naaldbossen (*Vaccinio-Piceetea*) (41) en Eiken- en beukenbossen van arme grond (*Quercetea robori-petraeae*) (42) komen vooral voor in het noorden van Hollands duin; Eiken- en beukenbossen van rijke grond (*Querceto-Fagetea*) (43) (binnenduinstrand) komen meer voor in het zuiden.
- Naar het zuiden toe, vanaf Castricum, komen dankzij de artificiële waterwerken (infiltratiekanalen) van de duinwaterleidingbedrijven veelvuldig watervegetaties (*Charetea fragilis*, *Potametea*) (04, 05) en open water voor, met belangrijke consequenties voor de fauna.

### ***Knelpunten gebruik vegetatiekaarten***

Het classificatiesysteem van plantengemeenschappen kent verschillende hiërarchische niveaus: van subassociatie (laagst) naar klasse (hoogst) (BOX 'Plantensociologische terminologie', Hoofdstuk 2.1). Indien het vegetatietype van de oorspronkelijke legenda's nu niet met een (sub)associatie van DVN kon worden benoemd door onduidelijkheid, gebrek aan informatie of anderszins, dan is dat vegetatietype toegedeeld aan een eenheid van hogere rang. Soms was dit zelfs een klasse. Vaak was sprake van rompgemeenschappen en derivaatgemeenschappen (BOX 'Plantensociologische terminologie', Hoofdstuk 2.1).

Samengestelde karteringseenheden (legenda-eenheden) en door PWN onderscheiden 'mengvormen', 'mozaïeken' en 'gradiënten', zijn bij omzetting naar de standaardlegenda van DVN als vegetatiecomplexen beschouwd. Indien door omzetting van de oorspronkelijke legenda-eenheid naar de systematiek van DVN een complex ontstond waarin een zelfde syntaxon meer dan een keer voorkwam, is het voorkomen van dat syntaxon beperkt tot eenmaal. Aangenomen is dus dat bij complexen de samenstellende syntaxa in het kaartvlak even veel ruimte innemen. Bij andere vegetatiecomplexen is de oorspronkelijke volgorde van de samenstellende vegetatietypen gehandhaafd omdat de samensteller van de complexen mogelijk toch het in zijn ogen het belangrijkste type voorop heeft gezet. Het komt voor dat een oorspronkelijke legenda-eenheid een complex van vegetatietypen was en in de systematiek van DVN een enkel syntaxon is geworden. Maar er was ook sprake van het omgekeerde: het oorspronkelijke vegetatietype werd vertaald in meerdere DVN-syntaxa en is dus een complex geworden.

Toekenning van syntaxa is soms problematisch bij aangeplante bossen. Enerzijds ontbreekt hierover soms verdere informatie; anderzijds hebben deze bossen zich soms nog niet zover ontwikkeld dat de ondergroei voldoende informatie oplevert voor een zinvolle toedeling. Deze kaartvlakken zijn ingedeeld bij hogere syntaxa of soms zelfs als 'wit gebied' aangegeven. Veelal betrof het aanplant van, deels exotische, dennen, populieren en wilgen. De derivaatgemeenschap (BOX 'Plantensociologische terminologie') van de uit Oost-Azië afkomstige rimpelroos (*Rosa rugosa*), komt in DVN niet voor. Dit struweel is dus ook als 'wit gebied' op de vegetatiekaart aangegeven. Behalve de hierboven al aangegeven situaties, komen er ook nog andere witte kaartvlakken voor. Oorspronkelijke kaartvlakken die waren benoemd als 'niet gekarteerd', als bebouwing, erf, parkeerplaats, weg, strand, 'open zand', 'open water', onbekend bos, gazon etc. zijn niet om te zetten, en staan als wit gebied op de kaart. Bij enkele wat oudere karteringen was de nationale standaard Plantengemeenschappen in Nederland (Westhoff & den Held 1969) gebruikt. Door voortschrijdend inzicht zijn sommige syntaxa bij de nieuwe standaard DVN samengevoegd, of juist gesplitst. De door beheerders of eigenaren geleverde data zijn intact gelaten, maar vergissingen en drukfouten zijn verbeterd.

Tabel 7. Alle 32 DVN-syntaxa van de legenda van de vegetatiekaart

DVN-code	wetenschappelijke naam	nederlandse naam	Vegetatie-structuurtype
01	<i>Lemmetea minoris</i>	eendekroos-klasse	watervegetaties
04	<i>Charetea fragilis</i>	kranswieren-klasse	watervegetaties
05	<i>Potametea</i>	fonteinkruiden-klasse	watervegetaties
06	<i>Littorelletea</i>	oeverkruid-klasse	watervegetaties
08	<i>Phragmitetea</i>	riet-klasse	vochtige vegetaties
09	<i>Parvocaricetea</i>	Klasse der kleine zeggen	vochtige vegetaties
11	<i>Oxycocco-Sphagnetea</i>	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	vochtige vegetaties
12BA	<i>Lolio-Potentillion anserinae</i>	zilver schoon-verbond	vochtige vegetaties
14+14A	<i>Koelerio-Corynephoretea</i>	Klasse der droge graslanden op zandgrond	schraalgraslanden
14B	<i>Trifolio-Festucetalia ovinae</i>	struisgras-orde	schraalgraslanden
14C	<i>Cladonio-Koelerietalia</i>	fakkelgras-orde	schraalgraslanden
14DG+	<i>DG &amp; RG-[Koelerio-</i>	derivaat- en rompgemeenschappen van	deschraalgraslanden
14RG	<i>Corynephoretea]</i>	klasse der droge graslanden op zandgrond	
16	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	Klasse der matig voedselrijke graslanden	graslanden
18RG01	<i>RG Pteridium aquilinum-</i> <i>[Melampyro-Holcetea mollis]</i>	rompgemeenschap van adelaarsvaren	ruigten
19	<i>Nardetea</i>	Klasse der heischrale graslanden	schraalgraslanden
20A	<i>Calluno-Ulicetalia</i>	struikhei-orde	heiden
22RG01	<i>RG Cakile maritima-[Cakiletea</i> <i>maritima]</i>	rompgemeenschap van zeeraket	pioniervegetaties
23	<i>Ammophiletea</i>	Helm-klasse	pioniervegetaties
27AA02	<i>Centaurio-Saginetum</i>	associatie van strandduizendguldenkruid en krielparnassia	pioniervegetaties
29AA02B	<i>Rumicetum maritimi</i> <i>chenopodietosum</i>	associatie van goudzuring en moeras- andijvie; subass. met rode ganzevoet	pioniervegetaties
30B	<i>Sperguletalia arvensis</i>	orde van gewone spurrie	pioniervegetaties
31	<i>Artemisietea vulgaris</i>	Klasse der ruderaal gemeenschappen	ruigten
32	<i>Convolvulo-Filipenduletea</i>	Klasse der natte strooiselruigten	ruigten
33	<i>Galio-Urticetea</i>	Klasse der nitrofiële zomen	zomen
35	<i>Lonicero-Rubetea plicati</i>	brummel-klasse	zomen
36AA02	<i>Salicetum cinereae</i>	associatie van grauwe wilg	loofbossen
37	<i>Rhamno-Prunetea</i>	Klasse der doornstruwelen	struwelen
39AA	<i>Alnion glutinosae</i>	verbond der elzenbroekbossen	loofbossen
40AA02	<i>Carici curtae-Betuletum pubescentis</i>	zompzegge-berkenbroek	loofbossen
41	<i>Vaccinio-Piceetea</i>	Klasse der naaldbossen	naaldbossen
42	<i>Quercetea robori-petraeae</i>	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond	loofbossen
43	<i>Quercu-Fagetea</i>	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond	loofbossen

### 3.2 Effect saltspray op natuurbehoudswaarde

Tabel 8 geeft de correlatiematrix van alle kwantitatieve verklarende variabelen. De meeste verklarende variabelen zijn onderling slechts zwak gecorreleerd. Dit geldt niet voor de beide saltspray-variabelen ( $r=0,66$ ) en NO<sub>x</sub> (gecorrleerd met SO<sub>x</sub>,  $r=0,58$ , en met salt215,  $r=-0,57$ ). Omdat het biologisch effect van NO<sub>x</sub> onduidelijk is (cf. Van Dobben & Ter Braak. 1999), en om het risico te vermijden dat NO<sub>x</sub> de stabiliteit van de regressiecoëfficiënt van salt storm nadelig beïnvloedt is de variabele NO<sub>x</sub> in het minimale model weggelaten. De beide salt-variabelen zijn wel gehandhaafd, omdat deze samen in principe de beste beschrijving van het effect van saltspray geven.

Tabel 8. Correlatiematrix van de verklarende variabelen ( $\text{vet} = |r| > 0,5$ )

	NBW	hoogte	NZ-exp	OW-exp	flowacc	salt gem	salt storm	NH3	NO <sub>x</sub>
<b>Hoogte</b>	0.07	1.00							
<b>NZ-exp</b>	0.00	0.00	1.00						
<b>OW-exp</b>	-0.01	-0.01	0.00	1.00					
<b>Flowacc</b>	-0.08	-0.08	0.00	0.01	1.00				
<b>Salt gem</b>	0.20	-0.06	0.00	-0.01	0.00	1.00			
<b>Salt storm</b>	0.19	0.01	0.00	-0.01	0.00	<b>0.63</b>	1.00		
<b>NH3</b>	0.05	0.33	0.00	0.00	0.01	-0.11	0.18	1.00	
<b>NO<sub>x</sub></b>	-0.09	0.00	0.00	0.01	-0.02	-0.40	<b>-0.57</b>	0.13	1.00
<b>SO<sub>x</sub></b>	-0.05	-0.07	0.00	0.00	-0.02	-0.05	-0.08	-0.08	<b>0.58</b>

Bijlage 5 geeft de regressiecoëfficiënt van het volledig model, en Tabel 9 geeft het volledige en het minimale model met de samengenomen bodemtermen. Omdat aan ieder (deel) kaartvlak één bodemtype is toegewezen, is een van de bodemtermen redundant, zodat hiervoor geen regressiecoëfficiënt wordt gegeven (de term die redundant is, kan willekeurig worden gekozen; deze is Zn50 in het model met alle bodemtermen, en Zn in het model met de samengenomen bodemtermen). De regressiecoëfficiënten van de andere bodemtypen geven daarom slechts het verschil met Zn50 resp. Zn. Omdat de factor bodem als geheel een significant effect heeft zijn de niet-significante bodemtermen niet uit het volledige model verwijderd. Bijlage 6 geeft een indruk van de (significantie van) de onderlinge verschillen tussen de bodemtypen. Het volledige model verklaart 11,0% van de variantie in NBW, het minimale model 10,2%. Om een indruk te krijgen van het relatieve belang van de verschillende variabelen is in het minimale model voor een aantal factoren de unieke bijdrage aan de verklaarde variantie bepaald (d.w.z. het verlies aan verklaard variantie bij weglaten van de termen die voor deze factoren staan); Tabel 10 geeft het resultaat. Het blijkt dat van alle verklaarde variantie bijna de helft is toe te schrijven aan de factor kalk. Ongeveer 15% komt op rekening van saltspray (gemiddeld + storm) en de andere variabelen hebben slechts kleine bijdragen. De unieke bijdrage van saltspray is 1,5 %. Dit is minder dan de 2,7 tot 8,7 % die Gremmen en Van Tongeren (1999) vinden. De onverklaarde variantie in de vegetatie is groot door gebrek aan gegevens maar ook omdat een hoge mate van ruis in ecologische gegevens normaal is.

Tabel 9. Volledig en minimaal model met bodemtypen samengevoegd over de verschillende korrelgrootten. Significante: \*\*\* =  $P < 0,001$ ; \*\* =  $0,001 \leq P < 0,01$ , \* =  $0,01 < P \leq 0,05$ , ns =  $p > 0,05$ . Aantal kaartvlakken: 44014

Term	Regressiecoëfficiënt	
	volledig model	minimaal model
Constant	10.474 ***	9.694 ***
M_hoogte	0.3332 ***	0.3521 ***
NZ_aspect	0.00766 ns	
OW_aspect	-0.00384 ns	
M_flowacc	-0.1328 ***	-0.1314 ***
M_saltt0	1.0187 ***	1.0226 ***
M_saltstorm	0.10475 ***	0.12908 ***
M_NH3	0.000531 ***	0.000333 ***
M_NOx	-0.00128 ***	
M_SOx	-0.00059 ***	-0.00082 ***
EZ	0.1588 *	0.1748 *
Mn	-0.29 ns	-0.083 ns
Zg	1.049 ***	0.984 ***
Zb	0.752 **	0.688 **
Zd	0.1158 **	0.1008 *
Graas	0.3667 ***	0.3775 ***
Maai	0.23 **	0.2437 **
Plag	0.66 ns	
Kalk	1.9123 ***	1.8187 ***

Tabel 10. Unieke bijdrage van een aantal factoren aan de verklaarde variantie in het minimale model

Term	unieke bijdrage (in %)	unieke bijdrage als % van totale verkl. var.
Alle termen	10.20	100.0
AHN (hoogte + flowacc)	0.48	4.7
Saltspray (gem + storm)	1.50	14.6
Luchtkwaliteit (NH3, SOx)	0.68	6.7
Kalk	4.40	43.2
Bodem (Ez, Mn, Zg, Zb, Zd)	0.10	1.0
Beheer (graas, maai)	0.12	1.2
Onbepaald	2.90	28.6

### 3.3 Effect van saltspray op het voorkomen van associaties

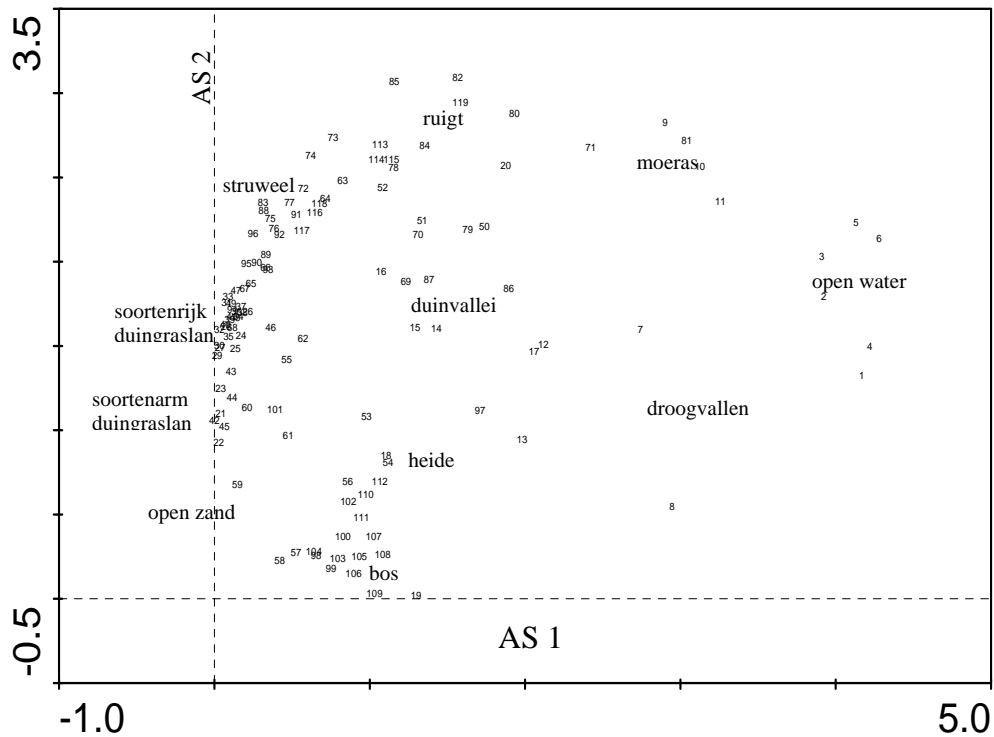
Hoewel de gegevens verschillen van de gegevens die gebruikt zijn voor de NBW, worden geen nieuwe samenvattende tabellen van gemiddelde etc. en geen correlatiematrix gegeven omdat de verschillen klein zijn. Het totaal aantal records bedraagt 40331, het aantal dat meedoet in de regressie 37167.

Figuur 5 en 6 geeft de 'sample scores' en de correlatiecoëfficiënten van de assen met de verklarende variabelen. De bijdragen van de verklarende variabelen aan de variantie van elke as is weergegeven in Tabel 11. Om de interpretatie van de assen te vergemakkelijken is de correlatie van elke as met de gemiddelde Ellenbergwaarden voor vocht, nutriënten, zuurgraad en zout bepaald (Tabel 12). Uit deze tabel, de posities van de (sub)associaties (Figuur 3 en 4) en de soorten (niet weergegeven) en de correlatie met de verklarende variabelen (Figuur 5 en 6) komt het volgende beeld naar voren:

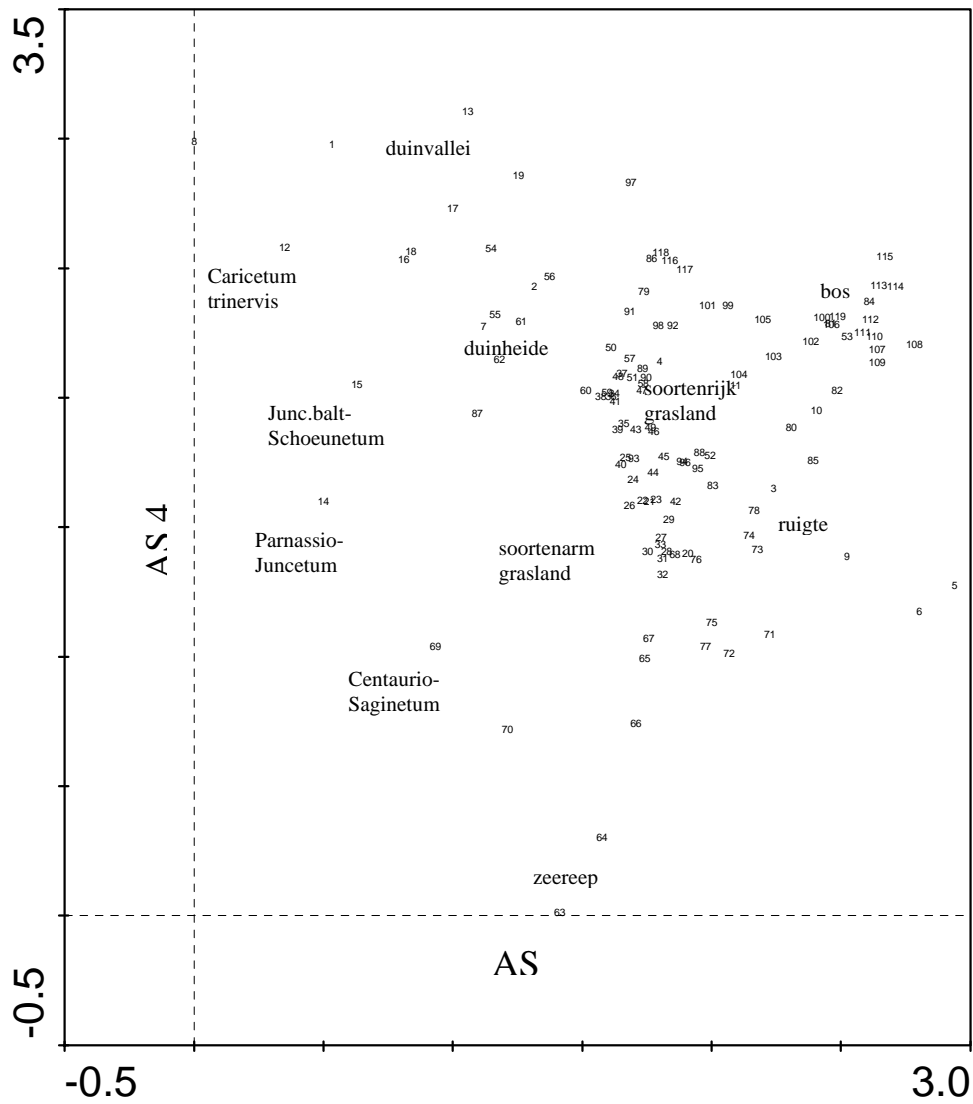
- de **eerste** as geeft vooral het contrast tussen droog en nat weer; dit blijkt uit de correlatie met het 'ahn' kenmerk (=hoogteligging en flowaccumulation) (Figuur 5) en met Ellenberg's indicator voor vocht (Tabel 12).
- de **tweede** as geeft vooral het contrast weer tussen kalkrijk (boven) en kalkarm (onder). Dit blijkt uit de correlatie met Ellenberg's indicator voor zuurgraad (Tabel 12) en met de indicator voor kalkrijke bodem (Figuur 5).
- de **derde** as geeft vooral het contrast weer tussen bos en ruigte enerzijds (rechts in Figuur 4) en open vegetatie anderzijds (links in Figuur 4). Dit blijkt uit de relatie met Ellenberg's indicatoren voor licht en nutriëntenrijkdom (Tabel 12).
- de **vierde** as geeft vooral het contrast weer tussen weinig en veel saltspray vanaf de zeereep naar de binnenduinen; dit blijkt uit de relaties met Ellenberg's indicatoren voor zuurgraad en zout (beide hoog onderin Figuur 4, hetgeen wijst op sterke invloed van zeewater).
- de **eerste, tweede en derde** as geven samen het contrast tussen nutriëntenarm (linksonder in Figuur 3, links in Figuur 4) en nutriëntenrijk (rechtsboven in Figuur 3, rechts in Figuur 4); dit blijkt uit de relatie met Ellenberg's indicator voor nutriënten (Tabel 12);

Saltspray is gerelateerd aan de eerste, de derde en de vierde as (Figuur 5 en 6). Hierbij is het waarschijnlijk zo dat de relatie met de eerste as een schijnrelatie is; die met de eerste as komt tot stand doordat deze as onder andere wordt bepaald door hoogteligging; de hoogste delen worden gevonden in de zeereep, en die ontvangen ook de meeste saltspray. De vierde as geeft het verschil weer tussen zeereep en binnenduinen, en door hun ligging ten opzichte van de zee verschillen deze vegetaties in saltspray. Hoe verder landinwaards hoe minder saltspray. Echter, de effecten tussen saltspray en kalkinwaai zijn zonder metingen niet van elkaar te scheiden. De correlatie van as 4 met de Ellenbergwaarden voor zout en voor zuur zijn beiden dan ook hoog terwijl de verklaarde variantie door de milieuvariabele kalk gering is. De hoge correlatie van de vierde as met de Ellenbergindicator voor zout geeft aan dat het effect van saltspray vooral via mechanisme 1 (par 1.4.7) de

plantensoortensamenstelling beïnvloed. De correlatie van de derde as met saltspray is hoog, terwijl de correlatie van de as met de Ellenbergindicatiewaarden voor zout juist laag is. Blijkbaar geldt hier mechanisme 2 (par 1.4.7) – het successievertragend effect. In de derde as komt het eerder veronderstelde successievertragende effect van saltspray tot uiting (rechts = weinig saltspray en bos; links = veel saltspray en open vegetatie; cf. Figuur 5 en 6). Geconcludeerd mag worden dat er een reëel effect van saltspray is, waarbij veel saltspray aanleiding geeft tot open vegetaties met een hoge natuurwaarde.

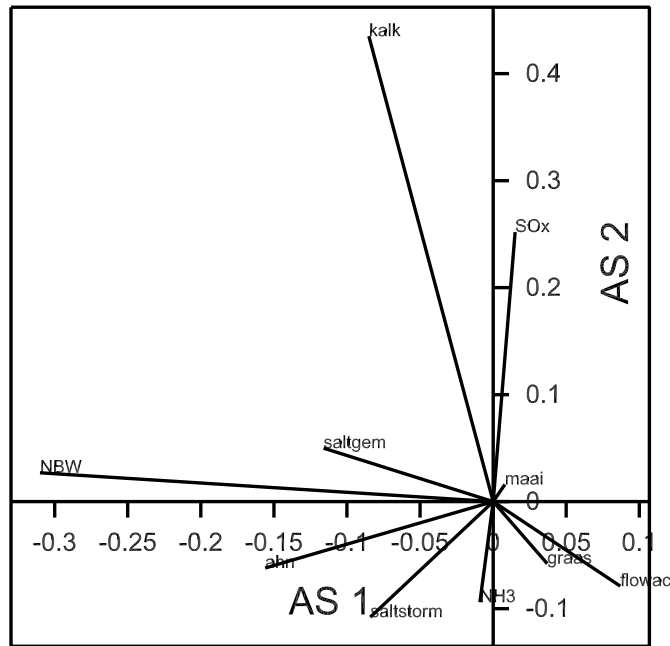


*Figuur 3. Ordinatie diagram van vegetatietypen. De nummers worden verklaard in Bijlage 1; de globale vegetatietypen en hun posities zijn in woorden weergegeven. As 1 geeft vooral het contrast tussen droog en nat weer; as 2 geeft vooral het contrast weer tussen kalkrijke (boven) en kalkarm (onder)*

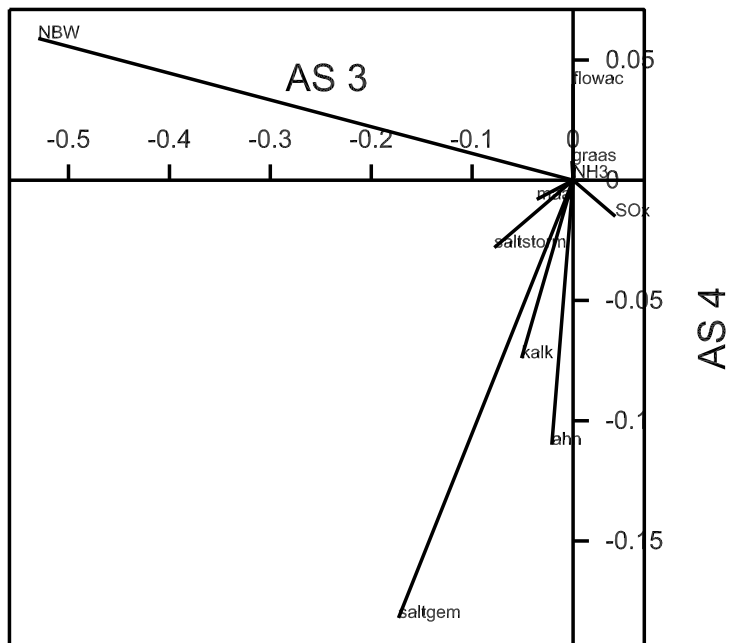


Figuur 4. Ordinatiediagram van vegetatietypen. De nummers worden verklaard in Bijlage 1; de globale vegetatietypen en hun posities zijn in woorden weergegeven. As 3 geeft vooral het contrast weer tussen bos / ruigte en open vegetatie; as 4 geeft vooral het contrast weer tussen weinig en veel saltspray en kalk





Figuur 5. Ordinatiediagram van verklarende variabelen. Correlatie van de assen met de verklarende variabelen en NBW



Figuur 6. Ordinatiediagram van verklarende variabelen. Correlatie van de assen met de verklarende variabelen en NBW

Tabel 11: samenvatting van de bijdrage van groepen verklarende variabelen aan de variantie per as (bovenste rij = percentage verklaarde variantie, percentages in de andere rijen zijn genormaliseerd zodanig dat zij sommeren tot 100%)

Variabele	As1	As2	As3	As4
alle termen	6.9%	21.8%	4.6%	8.1%
AHN (hoogte en flowacc)	<b>26.7%</b>	0.7%	0.3%	8.4%
Saltspray (gemiddeld en storm)	11.9%	3.0%	<b>44.4%</b>	<b>44.7%</b>
Luchtkwaliteit (NH3 en SOx)	18.1%	7.2%	22.1%	18.9%
Beheer (graas en maai)	0.4%	0.2%	4.0%	1.3%
Kalk en Bodem (Az, Mn, Zg, Zb, Zd)	14.4%	<b>44.3%</b>	4.2%	5.3%
Onbepaald	28.5%	44.6%	25.1%	21.4%

Tabel 12: correlatie van de gemiddelde Ellenbergwaarden voor licht, vocht, zuur, nutriënten, zout, en NBW en aantal soorten met de vier assen. Correlatiecoëfficiënten die groter zijn dan 0,5 zijn **vet** weergegeven

Ellenbergindicator	As1	As2	As3	As4
Licht	0.02	0.36	<b>-0.53</b>	-0.56
Vocht	<b>0.98</b>	0.18	-0.09	0.31
Zuur	0.25	<b>0.90</b>	0.07	<b>-0.48</b>
Nutriënten	<b>0.52</b>	<b>0.76</b>	<b>0.50</b>	-0.26
Zout	0.25	0.35	-0.27	<b>-0.61</b>
NBW	-0.34	-0.02	<b>-0.56</b>	0.08
Aantal soorten	-0.39	0.12	-0.03	-0.01

De NBW is vooral gerelateerd met de eerste en de derde as, en neemt op beide assen toe van rechts naar links (Tabel 12). De NBW-isolijnen in relatie tot de assen en de vegetatietypen staan in bijlage 3. Het effect van saltspray op de NBW gaat dus vooral om het successievertragend effect (mechanisme 2). De ecologische werking van mechanisme 1 heeft weinig invloed op de NBW.

## 4 Discussie

### 4.1 Vegetatiekaarten: verschillende legenda's en concepten

De legenda van een vegetatiekaart is afhankelijk van het doel van de kaart en de belangrijk geachte lokale differentiaties in de vegetatie. De legenda's van verschillende kaarten zijn erg verschillend waardoor gelijktijdig gebruik van meerdere kaarten de interpretatie bemoeilijkt. Het probleem van de verschillende lokale legenda's is opgelost hier door alles te herleiden tot een referentiesysteem (DVN) met een gestandaardiseerde legenda, onderbouwd met vegetatieopnamen.

Aan de vegetatiekartering van de diverse duingebieden liggen twee verschillende concepten ten grondslag. Bij de meeste karteringen is sprake van de 'Braun-Blanquet-benadering' (Werger 1979) ofwel de klassieke vegetatiekunde zoals die volgens de Frans-Zwitserse school door Schaminée *c.s.* in DVN wordt beoefend. Bij de karteringen van Meijndel (Van der Meulen & Van Huis 1985) en de Coepelduynen (Rossenaar 1990) is sprake van een landschapsecologische benadering, waarbij meer de onderdelen van het landschap in hun onderlinge samenhang vooropstaan, dan de vegetatie op zichzelf. Deze karteringen vonden plaats in navolging van Doing (1974) die in zijn *magnum opus* (Doing 1988) de gehele Nederlandse kust landschapsecologisch karteerde.

De meeste karteringen sluiten dus geheel aan bij het door ons gevolgde concept van DVN. Bij verwerking van de karteringen van Meijndel en Coepelduynen bleken de daarvoor gebezigde beschrijvingen toch voldoende informatie te bevatten om kaartvlakken aan syntaxa van DVN toe te kunnen schrijven. Beide concepten komen duidelijk naar voren op de afgeleide vegetatiekaart. De 'Braun-Blanquet-benadering' levert een gedetailleerder kaartbeeld op dan de landschapsecologische benadering volgens Doing *c.s.*

### 4.2 GIS: verschillende tijd en ruimte schalen

De gebruikte bestanden zijn verschillend van schaal, resolutie en jaar van opname. In een aantal gevallen is dit geen probleem. Enkele milieufactoren zijn weinig veranderlijk op het detailniveau waarop is gekarteerd. Het voorkomen van een plantensoort kan per seizoen en per jaar fluctueren door het weer. Een vegetatietype is minder veranderlijk omdat het een hoger abstractieniveau heeft. Lokaal kan de maaiveldhoogte veranderen door verstuiwing maar op het schaalniveau van het gehele duingebied verandert de hoogte nauwelijks. De bodemkaart van 1:50000 ten opzichte van de 1:5000 vegetatiekaarten introduceert echter wel onzekerheid. Sommige bodemtypen behorende bij duinvalleivegetaties besloegen een te kleine oppervlakte om in de bodemkaart te kunnen worden opgenomen. In een analyse van het hele duingebied met wel 170 plantengemeenschappen vallen deze onnauwkeurigheden in het niet. De 'ruis' van elke kaart stapelt zich, met de toename

van het aantal kaartvergelijkingen, evenwel op. De onzekerheid in de resultaten neemt daardoor toe waarmee bij het trekken van conclusies rekening moet worden gehouden. Deze onzekerheid is echter inherent aan het gebruik van GIS-bestanden van verschillende bronnen. Voor een overzicht van onzekerheden betreffende karteringen wordt verwezen naar Janssen (2001). Alleen geïntegreerde veldmetingen zullen betrouwbaarder en meer nauwkeurige resultaten geven.

### **4.3 Natuurbehoudswaarden**

De huidige toepassing van de 'Gelderland'-methode op frequentietabellen is nieuw. Validatie heeft slechts plaatsgevonden door een globale, subjectieve toetsing van de vertaaltabel van vegetatietype naar NBW, en van de natuurbehoudswaarde NBW-kaart. Deze liet geen duidelijke onregelmatigheden zien, maar een verdere toetsing aan de mening van onafhankelijke deskundigen verdient aanbeveling. Een belangrijk verschil met de oorspronkelijke toepassing op opnamen is dat floristische samenstelling hier niet ter plaatste is vastgesteld, maar indirect is afgeleid uit toekenningen van kaartvlakken aan lokale typen, die vervolgens vertaald zijn naar typen uit DVN. En van deze typen is alleen van de (sub)associaties en romp- en derivaatgemeenschappen de gemiddelde floristische samenstelling met zekerheid bekend, van de hogere typen is deze ook weer indirect afgeleid. Dit is in de gehele hier gepresenteerde analyse waarschijnlijk de belangrijkste bron van onzekerheid!

Een belangrijke beperking van de huidige benadering, waarmee ook bij de beoordeling van de resultaten rekening dient te worden gehouden, is dat alleen soorten meedoen waarvoor een NBW-index voorkomt in de tabellen van Hertog & Rijken (1996). Dit betekent dat onder andere mossen, korstmossen en kranswieren uitgesloten zijn. En juist in de duinen komen vegetatietypen voor die hun waarde voor een belangrijk deel aan deze cryptogamen ontleen. Van deze typen is de waarde waarschijnlijk systematisch onderschat. Het is moeilijk te schatten hoe dit doorwerkt in het eindresultaat. Overigens is het thans goed mogelijk ook aan mossen en korstmossen natuurbehoudswaarde NBW-indices toe te kennen, omdat voor deze beide groepen Rode Lijsten beschikbaar zijn. De fauna is binnen dit deelproject grotendeels buiten beschouwing gebleven. Ondanks de beschikbaarheid van zowel Rode Lijsten als verspreidingsgegevens, zou opnemen hiervan een geheel andere benadering vragen dan de thans gevolgde.

### **4.4 Regressie natuurbehoudswaarden**

De benadering door middel van regressie gaat er vanuit dat er een duidelijk verband bestaat tussen NBW en abiotisch milieu. Dit uitgangspunt wordt door vrijwel alle deskundigen op dit gebied onderschreven (voor vegetatieecologen bestaan er 'goede' en 'slechte' milieus). Het ligt ook ten grondslag aan het model NTM (Wamelink et al. 1998, Schouwenberg 2001), dat aan uitvoerige onzekerheidsanalyse is onderworpen (Schouwenberg et al. 2000). In de huidige studie is, in tegenstelling tot in NTM, het

effect van de abiotische variabelen op de NBW als lineair en onafhankelijk opgevat. Nadere studie naar de houdbaarheid van dit uitgangspunt is gewenst.

Het percentage variantie dat door het gebruikte regressiemodel wordt verklaard, is met ca. 10% vrij laag. Echter, regressiemodellen op observationele ecologische data hebben vaak slechts een laag percentage verklaarde variantie (cf. Jongman et al. 1995), vooral wanneer de afhankelijke variabele gerelateerd is aan aan- of afwezigheid van soorten. Anderzijds is het effect van de verklarende variabelen hoogsignificants. Van de variantie die wordt verklaard, komt 15% op rekening van de saltspray-termen, en bovendien blijken de regressiecoëfficiënten voor deze termen vrij stabiel te zijn (vergelijk de verschillende regressiemodellen in Bijlage 5 en Tabel 10. Daarom lijkt het regressiemodel vrij betrouwbaar, althans voor de saltspray-termen.

#### **4.5 Regressie plantengemeenschappen**

Bij deze analyse is slechts een deel van de gegevens gebruikt, namelijk alleen die kaartvlakken die op het niveau van associatie of subassociatie zijn toegekend. Men dient zich ook hier te realiseren dat de gegevens op indirecte wijze zijn afgeleid, namelijk via de vertaling van legenda eenheden in syntaxonomische eenheden. Dit kan de lage percentage verklaarde variantie deels verklaren. Overigens komt er wel een duidelijk beeld naar voren, dat ook inzicht geeft in de totstandkoming van het verband tussen saltspray en NBW.

Hoe verder landinwaards hoe minder saltspray. Echter, de effecten tussen saltspray en kalkinwaai zijn zonder veldmetingen niet van elkaar te scheiden. De verklaarde variantie door de milieuvariabele kalk is gering, terwijl bij de interpretatie via de Ellenbergmilieuindicatie zout en kalk beide tegelijkertijd van invloed zijn.

Het effect van saltspray op de NBW gaat dus vooral om het successievertragend effect (mechanisme 2). De ecologische werking van mechanisme 1 heeft weinig invloed op de NBW maar is wel een belangrijk ecologische factor voor de plantensoortensamenstelling. De effecten van een eiland in zee op de vegetatie is dus naar verwachting groter dan de bijdrage aan de NBW doet aangeven. De NBW is geen geschikte indicator om alle effecten van saltspray-afname te kwantificeren.



## 5 Conclusies

### 5.1 Ecologie duinen: saltspray

Het effect van de eilandvarianten op het golfklimaat en daarmee op de saltspray is, volgens het WL, het hoogst in het gebied dat in de luwte van het eiland ligt, dus waar de golfhoogte het meeste afneemt. De verschillen die worden gevonden door het WL zijn in bijna alle gevallen te verklaren door de locatie van het eiland voor de kust ten opzichte van de locatie van het duingebied zelf. Variant 5, het grootste eiland, veroorzaakt de hoogste saltspray-afname, dat oploopt tot 30 – 40 % in de Amsterdamse Waterleidingduinen, de duinen van Noordwijk, de Coepelduynen en in Berkheide.

Geconcludeerd mag worden dat er een reëel effect van saltspray is, waarbij veel saltspray aanleiding geeft tot open vegetaties met een hoge natuurwaarde. Het effect van saltspray is het tegenhouden of terugzetten van de successie van grasland naar bos. Hierbij blijkt dat bij een vermindering van saltspray door een eiland in zee een verlaging van de natuurwaarde is te verwachten, ook als alle andere factoren gelijk blijven.

De hoogste natuurwaarde wordt bereikt in het open duinlandschap, dat zijn openheid o.a. aan de inwerking van saltspray heeft te danken. Lagere natuurwaarden worden gevonden in de duinbossen in de richting van het achterland. Mocht na de aanleg van een eiland in de Noordzee sprake zijn van een aanmerkelijke teruggang in depositie van saltspray, dan zou het huidige, remmende effect van deze factoren op het proces van ‘verruiging’, ‘verstruiking’ en ‘verbossing’ in het gebied afnemen. Door deze veranderingen in de vegetatie(structuur) zal ook de fauna wezenlijk veranderen. Als mitigerende of compenserende maatregel is een behoorlijke vergroting van de beheersinspanning nodig voor het open houden van het duinlandschap.

### 5.2 Ecologie strand en zeereep: morfologie

Het effect van een eventueel eiland in zee op het strand en de zeereep heeft vooral betrekking op de kustmorfologie. Doordat de Rijksoverheid de kustlijn van 1990 met suppleties handhaaft, zal de autonome ontwikkeling hierin geen veranderingen te zien geven. De eilandvarianten veroorzaken lokale aanwas van de kust. Indien in de windluwe gebieden van het eiland aangroei van enige omvang zal plaatsvinden, levert dit mogelijkheden op voor natuurontwikkeling. Plaatsen met aanwas zullen kansen opleveren voor beter ontwikkelde plantengemeenschappen. Aanmerkelijke verbreding van de kust heeft dan wel weer invloed op het achterliggende duinlandschap doordat de zeeïnvloed daarop dan afneemt en doordat de grondwaterspiegel opbolt.

Een mitigerende of compenserende maatregel zou het instellen van een strandreservaat kunnen zijn. Een strandreservaat heeft enorme potenties voor verhoging van de natuurwaarden. De betreding en verstoring door recreanten zal verminderen, en de schoonmaak van strand en zeereep ten behoeve van de recreatie kunnen achterwege blijven. Er kunnen goed ontwikkelde vloedmerkvegetaties ontstaan. En de rust voor aantallen foeragerende en broedende vogels zal worden vergroot.

### 5.3 Kennisleemten

#### *Verbetering en aanvulling van gebruikte bestanden*

- De vegetatiegegevens van de duingebieden die in deze luwte liggen, moeten worden ingewonnen omdat de afname van saltspray juist in de luwte van het eiland plaatsvindt. Het ontbreken van vegetatiegegevens van bijvoorbeeld het duingebied boven Noordwijk weegt daarom extra zwaar. Het digitaliseren van deze vegetatiegegevens is noodzakelijk om de effecten van het eiland op de NBW te kwantificeren.
- De gegevens over het beheer kunnen worden verbeterd en meer worden gedetailleerd, vooral met betrekking tot waterwinning, bosbouw, verstuiwingsbestrijding (verleden), verstuiwingsbevordering (heden) en natuurlijke begrazing met konijnen en 'niets doen' versus 'beheer onbekend'.
- De gegevens van de hydrologie kunnen worden verbeterd door gebruik van hydrologische modellen en actuele grondwatergegevens.
- Modelleren van zandverstuiwing om het effect van zand- en kalkaanvoer aan te geven.
- Onbekend zijn voorts veranderingen in NO<sub>x</sub>-concentraties boven de duinen, bijvoorbeeld als gevolg van veranderingen in de banen van het vliegverkeer. In plaats van gegevens uit de Milieubalans kan de NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> in meer detail worden berekend met modellen. NO<sub>x</sub> beïnvloedt de vegetatie en vooral de ontwikkeling van korstmossen. De korstmossen en mossen moeten hiervoor bij de berekening van de NBW worden betrokken.
- Gegevens van gradiënten, die net als saltspray van zee naar het binnenland lopen, in analyse meenemen zoals leeftijd van het gebied, inwaaien van zand en kalk vanaf het strand

#### *Methode kwantificering effect saltspray op vegetatie*

- De natuurbehoudswaarde kan worden verbeterd door mossen, korstmossen en kranswieren in de berekening mee te nemen.
- De regressiemodellen zouden beter getoetst kunnen worden. Bijvoorbeeld de NBW in een gebied te voorspellen op grond van waarnemingen uit een ander gebied. Echter de indirecte wijze waarop de natuurbehoudswaarde is afgeleid en de betrouwbaarheden en nauwkeurigheden van de milieufactoren zijn een grotere bron van onzekerheid.



### ***Mitigerende en compenserende maatregelen***

De vastelandsduinen vallen onder de Habitatrichtlijn, en veranderingen als gevolg van menselijk handelen zijn ongewenst en dienen te worden gecompenseerd. Versnelde successie in de duinen kan (deels) worden gemitigeerd door een intensivering van het beheer, maar in welke mate is nog onduidelijk. De effecten van het huidige beheer zijn, door gebrek aan gegevens, nog niet goed in kaart te brengen. Nader onderzoek kan dit probleem oplossen.

### ***Veranderingen in kustmorfologie***

De vegetatie van strand en zeereep is bij de karteringen relatief onderbelicht. Veel karteringen vangen aan vanaf de eigendoms- of beheersgrens, waardoor de zeereep van de kustverdediging buiten beschouwing blijft. Het bleek niet mogelijk om aan (voor ecologische onderzoek) geschikte ruimtelijk expliciete gegevens van slib- en zandaanvoer te komen. Omdat bestaande kennis over veranderingen in de kustmorfologie en de ecologische effecten daarvan beperkt aanwezig bleek, moet in de vervolgstudie het effect op de ecologie van strand en duin verder worden uitgewerkt.

### ***Monitoring: invloed van saltspray op de plantensoortensamenstelling***

Om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over de invloed van saltspray in combinatie met andere milieufactoren op de vegetatiestructuur en soortensamenstelling, moeten metingen worden verricht ('meten = weten'). Reeds bestaande permanente kwadraten zouden een rol kunnen spelen bij het monitoren van effecten van een eiland in zee en een ruimtelijk meetnet vormen. Door gelijk te starten met monitoring wordt de uitgangssituatie nauwkeurig vastgelegd en kan later het effect van een eiland worden gescheiden van andere effecten.

### ***Bereikbaarheid: effecten van de aanlanding van het eiland in Strand en Duin***

De schade veroorzaakt door de aanlanding van het eiland bestaat uit verlies aan duinecotoop en uitstraling naar een groter aangrenzend gebied door (eventueel tijdelijke) grondwaterstandsverlaging, geluidshinder, zichthinder, vervuiling, versnippering van het duingebied e.d. De schade is daar waar bij de diverse eilandvarianten aanslag op het concrete duingebied plaatsvindt.

### ***Verbeteren van de saltspray modellering***

- depositie - metingen (laten) uitvoeren in de Nederlandse kustzone voor: verbetering van de modellering d.m.v. validatie berekeningen analyse van de gevoeligheid van het saltspray-depositie model
- toepassing van het "Pluimplus" model (luchtverspreidingsmodel) van TNO-MEP om beter de depositie over land te modelleren (de aard van het reliëf en de vegetatiestructuur (ruwheidsfactor)).
- berekening van het effect van representatieve extreme storm condities op de saltspray-depositie (eventueel in vergelijking met Pluimplus).
- aanpassing van het saltspray-model om het effect van een veranderende saliniteit van het zeewater (bijv. door de Maasvlakte 2) op de saltspray-depositie te berekenen



## Literatuur

- Aggenbach, C.J.S. & M.H. Jalink 1999. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in droge duinen. Deel 8 uit de serie "indicatorsoorten". Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Anonymus 1996. Beheernota 1996-2000; Noordhollands Duinreservaat, Provinciale landgoederen in Noord- en Zuid-Kennemerland en overige Provinciale natuurgebieden. N.V. PWN.
- Anonymus 1998. Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder. Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam.
- Anonymus 2000. Strategische visie Hollandse kust; stap 2: Probleemgebieden, Oplossingsrichtingen en Tijddimensies. Provincie Noord-Holland/Provincie Zuid-Holland, z.pl. Concept.
- Arens, S.M., 1994. Aeolian processes in the Dutch foredunes. Thesis Universiteit van Amsterdam.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. Zadelhoff, 1981. Nederlandse kustduinen – landschapsecologie. Pudoc Wageningen.
- Bakker, N.J. & L.J. van der Ent 1995. Vegetatiekartering van 20 natuurgebieden in de regio Hollands noorden 1993-1994; deel 6. Buro Bakker, Assen.
- Bakker, N.J., E. Dijk, J.A. Inberg & J.E. Plantinga 2001. Vegetatiekartering van de open duinen van Schoorl 2000. Buro Bakker, Assen. Concept.
- Beijersbergen, J., 1990. Grondwaterbeheer en regeneratie in de duinen van Schouwen. In: Koerselman, W., M.A. den Hoed, A.J.M. Jansen & W.H.O. Ernst (red.), Natuurwaarden en waterwinning in de duinen; mogelijkheden voor behoud, herstel en ontwikkeling van natuurwaarden. KIWA, Nieuwegein.
- Bergmans, W. & A. Zuiderwijk 1986. Atlas van de Nederlandse Amfibieën en Reptielen en hun Bedreiging; vijfde herpetogeografisch verslag. Stichting Uitgeverij KNNV, Hoogwoud.
- Beije, H.M., L.W.G. Higler, P.F.M. Opdam, T.A.W. van Rossum & H.J.P.A. Verkaar (red.) 1994. Bos- en Natuurbeheer in Nederland. Deel 1; levensgemeenschappen. Backhuys, Leiden.
- Bijlsma, R.G., F. Hustings & C.J. Camphuysen 2001. Avifauna van Nederland 2; algemene en schaarse vogels van Nederland met vermelding van alle soorten. GMB/Stichting Uitgeverij van de KNNV, Haarlem/Utrecht.
- Bink, F.A., 1992. Ecologische Atlas van de Dagvlinders van Noordwest-Europa. Schuyt, Haarlem.
- Boot, R.G.A. & D. van Dorp 1986. De plantengroei van de Duinen van Oostvoorne in 1980 en veranderingen sinds 1934. Stichting Het Zuidhollands Landschap, Rotterdam.
- Bouman, F., D. Boesewinkel, R. Bregman, N. Deventer & G. Oostermeijer 2000. Verspreiding van zaden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Boyce, S.G., 1954. The saltspray community. Ecological Monographs Vol. 24, nr 1, 29-67.

- Charlson, R.J., J.E. Lovelock, M.O. Andreae and S.G. Warren 1987. Oceanic phytoplankton, atmosphere Sulphur, cloud albedo and climate. In: *Nature*, 326. p. 655-661
- Clausman, P H M A & W. van Wijngaarden 1984. Verspreiding en ecologie van wilde planten in Zuid-Holland A: waarderingsparameters. Rapport provincie Zuid Holland.
- Den Hollander, J. & P.F. van Heerdt 1981. In: C.J. Smit, J. den Hollander, W.K.R.E. van Wingerden & W.J. Wolff (red.), 'Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area; final report of the section 'Terrestrial Fauna' of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden; 88-93.
- Den Hollander, J., 1981. Arthropod life in sandy shores. In: C.J. Smit, J. den Hollander, W.K.R.E. van Wingerden & W.J. Wolff (red.), 'Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area; final report of the section 'Terrestrial Fauna' of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden; 84-88.
- Doing, H., 1992. Westelijk havengebied van Amsterdam en de duinen bij de zuidpier van IJmuiden. In: P.W.F.M. Hommel (red.), *Excursieverslagen 1991*. Plantensociologische Kring Nederland Wageningen: 37-39.
- Doing, H., 1974. Landschapsoecologie van de duinstreek tussen Wassenaar en IJmuiden. Veenman, Wageningen.
- Doing, H., 1988. Landschapsoecologie van de Nederlandse kust; een landschapskartering op vegetatiekundige grondslag. Stichting Duinbehoud/Stichting Publikatiefonds Duinen, Leiden.
- Eerens, H.C. & J.D. van Dam (eds). 2000. Grootschalige luchtverontreiniging en depositie in de nationale milieuverkenning, RIVM, rapportnr 408129016.
- Ehrenburg, A., 1996. Grootschalig natuurherstel in de Amsterdamse Waterleidingduinen. *Duin* 19(1): 6-9.
- Eisma, D., 1968. Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland. *Netherlands Journal of Sea Research* 4 (2): 123-267.
- Eysink, W.D., K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, P.A. Slim, C.J. Smit, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, J. Wiertz & J. de Vlas 2000. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost: evaluatie na 13 jaar gaswinning. Rapport Alterra / WL|Delft Hydraulics.
- Ellenberg, H., 1979. *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. Goltze, Göttingen.
- Esri 1994. *Arc/Info, GRID commands*. Version 7. Redlands, California.
- Geelen, L.H.W.T., 1993. Vernatting in de Luchterduinen. *Duin* 16(4). 9-12.
- Geelen, L.H.W.T., 1992. Oecologische beoordeling van 13 optimalisatie-scenario's. Rapport Gemeentewaterleidingen Amsterdam, Vogelenzang.
- Gremmen, N.J.M. & O.F.R. van Tongeren 1999. De invloed van saltspray op veranderingen in de vegetatiestructuur in het duingebied van Voorne en Goeree tussen 1934 en 1989. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.

- Groen, C.L.G., A. Broersma & H.A. Udo de Haes 1985. Beëindiging van de grondwaterwinning in de Luchterduinen: kansen voor herstel van natuurwaarden? *Geografisch Tijdschrift-Nieuwe Reeks* XIX nr. 5: 374-384.
- Heijmans, M.M.P.D., 1996. NBP-deelprogramma natuurontwikkeling: Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Natuurontwikkelingsscenario's (GREINS): Floristische natuurwaardering, gerelateerd aan vegetatiestructuurtypen en fysiotootypen. NBP-onderzoeksrapport 9.
- Hertog, A.J. & M. Rijken 1996. Geautomatiseerde bepaling van natuurbehoudswaarde in vegetatie-opnamen. Rapport provincie Gelderland, 53-57.
- Hommel, P., 1985. Mogelijkheden voor vegetatie-ontwikkeling bij natuurbouw in de kustuitbreiding tussen Hoek van Holland en Scheveningen. CML, Leiden.
- Jansen, M., 1998. Productie, transport en depositie van zoutspray in de kustzone. *Civiele Techniek TU Delft / WL Delft: Projectorganisatie Maasvlakte 2*.
- Janssen, J.A.M., 2001. Monitoring of salt-marsh vegetation by sequential mapping. Thesis University of Amsterdam.
- Janssen, M. & N. van Gelderen 1993. Dynamisch kustbeheer; een verkennende studie naar de mogelijkheden voor herstel van natuurlijke processen in de zeereep. Stichting Duinbehoud/Bureau D+K, Leiden.
- Jongman, R. H. G., C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren 1995. Data analysis in community and landscape ecology.
- Kruijssen, B.W.J.M., Q.L. Slings & H. Snater 1992. Vegetatiekartering Noordhollands Duinreservaat 1982-1989; werkwijze en resultaat. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Bloemendaal.
- Leltz, G.M., J. van Genderen & E.M. Nijssen 1993. Vegetatiekartering Berkheide 1989. Energie- en Watervoorziening Rijnland, Leiden
- Londo, G., 1971. Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen. Dissertatie KUN, Nijmegen.
- Londo, G., 1985. Duinvalleivegetaties en hun milieu. In: J. Drenth, R. Telkamp en M. Jansen (red.), *Verslag van de studiedag 'terugkeer van vochtige duinvalleien'*. Stichting Duinbehoud, Leiden.
- Londo, G., 1988. Nederlandse freatofyten. Pudoc, Wageningen.
- Louman, E.G.M., 1989. Effecten van vernatting op de vegetatie van het natuurgebied van Zuid-Kennemerland. Een exploiterend onderzoek gericht op het aangeven van natuurbeheersmaatregelen bij reductie van de grondwaterwinning. KIWA, Nieuwegein.
- Louman, E.G.M., 1990. Effecten van vernatting op de vegetatie van het natuurgebied van Zuid-Kennemerland: vegetatie-ontwikkelingen en beheersvoorstellen. In: *Regeneratie van vochtige duinvalleien in het duingebied van Zuid-Kennemerland*. Waterleidingbedrijf Zuid-Kennemerland, Haarlem en stichting "Het Nationaal Park de Kennemerduinen". 21-36.
- Louman, E.G.M. & Q.L. Slings 1990. Regeneratie van vochtige duinvalleien. In: Koerselman, W., M.A. den Hoed, A.J.M. Jansen en W.H.O. Ernst (red.), *Natuurwaarden en waterwinning in de duinen; mogelijkheden voor behoud, herstel en ontwikkeling van natuurwaarden*. KIWA, Nieuwegein.

- Meininger, P.L. & J. Graveland 2001. Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels; balanceren tussen natuurlijke processen en ingrijpen. RIKZ, Middelburg. Concept.
- Mooren, R., 1985. Saltspray en de betekenis ervan voor duinvegetaties. *Duin* 8 (4) 24-26.
- Mucina, L., J.S. Rodwell, J.H.J. Schaminée & H. Dierschke 1993. European Vegetation Survey: current state of some national programs. *Current Research and Teaching. Journal of Vegetation Science* 4: 429-438.
- Mulder, S., 1999. Morfologische effecten; morfologische effecten van een kunstmatig eiland voor de kust van Egmond. RIKZ, [Den Haag].
- Nelson, E.C., 2000. Sea Beans and Nickar Nuts; a handbook of exotic seeds and fruits stranded on beaches in north-western Europe. BSBI, London.
- Oloff, H. & S.F. Boersma 1998. Langetermijn veranderingen in de konijnenstand van Nederlandse duingebieden; oorzaken, en gevolgen voor de vegetatie. Leerstoelgroep Natuurbeheer en Plantenecologie Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Petelski T. & M. Chomka 1996. Marine aerosol fluxes in the coastal zone - BAEX experimental data. *Oceanologia* 38 (4). 469-484.
- Payne, R.W, P.W. Lane, A.D. Todd, P.G.N. Digby, R. Thompson, S.A. Harding, G. Tuncliffe Wilson, P.K. Leech, S.J. Welham, G.W. Morgan & R.P. White 1993. GENSTAT 5 release 3 Reference Manual.
- Provincie Noord-Holland, 1992. Zure regen in de duinen; Invloed van de atmosferische depositie op de plantengroei in de duinen tussen Bergen en Den Helder. Provincie Noord-Holland, Dienst Ruimte en Groen.
- Remmert, H., 1981. The wrack-beds and their fauna. In: C.J. Smit, J. den Hollander, W.K.R.E. van Wingerden & W.J. Wolff (red.), 'Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area; final report of the section 'Terrestrial Fauna' of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden; 70-84.
- RIVM, 1999. Natuurbalans 99. Samson H.D. Tjeenk Willink b.v., Alphen aan de Rijn.
- RIVM, 2000. Natuurbalans 00. Samson H.D. Tjeenk Willink b.v., Alphen aan de Rijn.
- Roelvink, J.A., Th. van der Kaaij, K.J. Bos & B.G. Ruessink 2001. Large-scale hydrodynamic impacts of airport islands. MARE Parcel 2, Subproduct 4, draft. WL report, ref. no. Z3029.13.
- Rossenaar, A.J., 1990. Vegetatiekartering op landschapsecologische grondslag; de Coepelduinen tussen Noordwijk en Katwijk (Zuid Holland), augustus/september 1989. Stafbureau Staatsbosbeheer, [Nieuwegein].
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & V. Westhoff 1995. De Vegetatie van Nederland. Deel 1; inleiding tot de plantensociologie - grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press, Uppsala.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1998. De Vegetatie van Nederland. Deel 4; plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala.
- Schneider, T. & A.H.M. Bresser 1987. Dutch priority programme on acidification. Verzuringsonderzoek, eerste fase, tussentijdse evaluatie. RIVM, Bilthoven.

- Schouwenberg, E.P.A.G., H. Houweling, M.J.W. Jansen, J. Kros & J.P. Mol-Dijkstra 2000. Uncertainty propagation in model chains: a case study in nature conservancy. Rapport Alterra 001.
- Schouwenberg, E.P.A.G., 2001. Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor NatuurontwikkelingsScenario's - Beerze-Reusel. Alterra Wageningen in prep.
- Siebel, H.N., B.F. van Tooren, H.M.H. van Melick, A.C. Bouman, H.J. During & K.W. van Dort 2000. Bedreigde en kwetsbare mossen in Nederland; basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Buxbaumiella* 54: 1-86.
- Sprey, C., F.W. van der Vegte & E.G.H. Vreedenburg 1990. Het Noordhollands Duinreservaat: van grondwatergebruik naar grondwaterbeheer. *H<sub>2</sub>O* 23(22): 602-608.
- Sterk, W.H.H., 2000. Verslag werkconferentie 'effecten van saltspray op duinnatuur'. Expertisecentrum Project Mainportontwikkeling Rotterdam.
- Tatman, S. 2002. Veranderingen in saltspray ten gevolge van een eiland in zee. WL/Mare werkdocument.
- Ten Haaf, C., 1999. De Kerf bij Schoorl; monitoring van vegetatie en flora in 1998. Ten Haaf & Bakker, Alkmaar.
- Ten Haaf, C., 2000. De Kerf bij Schoorl; monitoring van vegetatie en flora in 1999. Ten Haaf & Bakker, Groet.
- Ten Harkel, M.J., 1996. The effect of the particle-size distribution and chloride depletion of sea-salt aerosols on estimating atmospheric deposition at a coastal site. *Atmospheric Environment* 31(3); 417-427.
- Ten Harkel, M.J., 1998. Nutrient pools and fluxes in dry coastal dune grasslands. Universiteit van Amsterdam.
- Ter Braak, C J F, Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca NY, USA, 500 p.
- Van Bohemen, H.D., 1991. Notitie "Beheer en ontwikkeling van de zeeverende duinen, nu en in de toekomst: zeeoepbeheer en sluftervorming. Dienst Weg- en Waterbouwkunde Delft.
- Van Bohemen, H.D., P.D. Jungerius & F. van der Meulen, 1989. Herstel, ontwikkeling en beheer van landschapsecologische processen op het strand en in de buitenduinen. *De Levende Natuur* 5, 135-142.
- Van der Linden, M., K.A. Blokland, L.M.L. Zonneveld, R. van Ek & J. Runhaar, 1994. Herstel van natte en vochtige ecosystemen. Basisrapport. NOV-rapport 9.1.
- Van der Meulen, F. & J.C. van Huis 1985. Duinlandschapskaart van Meijendel. Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.
- Van der Vegte, F.W., 1990. Ekohydrologisch herstel: keerpunt voor het natuurbeheer in de Kennermerduinen. In: Regeneratie van vochtige duinvalleien in het duingebied van Zuid-Kennemerland. Waterleidingbedrijf Zuid-Kennemerland, Haarlem en stichting "Het Nationaal Park de Kennemerduinen"; 39-45.
- Van der Sluis, T., 1996. Vegetatiekundige natuurwaardebepaling. NBP onderzoeksrapport 7.
- Van Dijk, H.W.J. & A.P. Grootjans 1991. Wet dune slacks: decline and opportunities. Proceeding symposium 'Holland-Wetland'. Arnhem.

- Van Dobben, H.F & C.J.F. Ter Braak 1999. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales. *Lichenologist* 31; 27-39.
- Van Jaarsveld, J.A., 1995. Modeling the long term atmospheric behavior of pollutants on various spatial scales. Dissertation University Utrecht.
- Van Schaik, Ch., 1985. Grondwaterpeil Zuid-Kennemerland: stijgende kansen? In: Terugkeer vochtige duinvalleien. Stichting Duinbehoud. 26-29.
- Van Tooren, B., 1991. Luchtverontreiniging in de duinen. *Duin* (11).
- Van Til, M. & J. Mourik 1999. Hieroglyfen van het zand; vegetatie en landschap van de Amsterdamse Waterleidingduinen. Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
- Van Til, M., 2000. Ontwikkeling van een strandreservaat AWD. Concept.
- Veelenturf, P.W.M., 1982. Saltspray; het mechanisme, de betekenis als ecologische factor in duingebieden, de veranderingen hierin na aanleg van het Slufterdepôt voor de kust van Voorne. Rijksuniversiteit Utrecht.
- Vertegaal, C.T.M., 1999. Effecten van saltspray(reductie) op natuurwaarden in de duinen: literatuuroverzicht en analyse van leemten in kennis. [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage].
- Vos, G.A., 1992. Bodemkaart van nederland 1:50 000. Toelichting bij kaartblad 24-25West Zandvoort-Amsterdam. DLO-Staringcentrum Wageningen.
- Vreeken, B., T. Damn & M. Kuipers z.j. Vegetatiekartering Nationaal Park Zuid-Kennemerland 1992-1993. Nationaal Park Zuid-Kennemerland, Castricum.
- Wamelink, W., C. Ter Braak, H. Van Dobben 1998. De potentiële natuurwaarde van de EHS: natuurwaardering op basis van abiotische omstandigheden; het Natuur Technisch Model. *Landschap* 15:145-156.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra 1999. Nederlandse Oecologische Flora; wilde planten en hun relaties; deel 1 t/ m 5. IVN, [Amsterdam].
- Werger, M.J.A. (red.), 1979. *The Study of Vegetation*. Junk, The Hague.
- Westhoff, V. & A.J. den Held 1969 (2e oplage 1975). *Plantengemeenschappen in Nederland*. Thieme, Zutphen.
- WL | Delft Hydraulics / MARE (2001). *Reference scenarios and design alternatives Phase 1*. MARE Parcel 2, Subproduct 3, draft. WL report, ref. no. Z3029.20.
- Zeevalking, H.J. & L.F.M. Fresco 1977. Rabbit grazing and species diversity in a dune area. *Vegetatio* 35: 193-196.



## Bijlage 1 Overzicht legenda-eenheden

Overzicht van de 170 oorspronkelijk onderscheiden legenda-eenheden voor de vegetatiekaart van de Hollandse vastelandsduinen (DVN-syntaxa en categorieën als ‘strand’, ‘kaal zand’, ‘open water’ en ‘onbekend’). De nummers in de eerste kolom corresponderen met de nummers in Figuur 5 en 6.

Num-mer	Code	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
	1	<i>Lemnetea minoris</i>	Eendekroos-klasse
	4	<i>Charetea fragilis</i>	Kranswieren-klasse
	5	<i>Potametea</i>	Fonteinkruiden-klasse
	6	<i>Littorelletea</i>	Oeverkruid-klasse
	9	<i>Parvocaricetea</i>	Klasse der kleine zeggen
	14	<i>Koelerio-Coryneporetea</i>	Klasse der droge graslanden op zandgrond
	16	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	Klasse der matig voedselrijke graslanden
	19	<i>Nardetea</i>	Klasse der heischrale graslanden
	23	<i>Ammophiletea</i>	Helm-klasse
	31	<i>Artemisietea vulgaris</i>	Klasse der ruderaal gemeenschappen
	32	<i>Convolvulo-Filipenduletea</i>	Klasse der natte strooiselruigten
	33	<i>Galio-Urticetea</i>	Klasse der nitrofiële zomen
	35	<i>Lonicero-Rubetea plicati</i>	Brummel-klasse
	37	<i>Rhamno-Prunetea</i>	Klasse der doornstruwelen
	41	<i>Vaccinio-Piceetea</i>	Klasse der naaldbossen
	42	<i>Quercetea robori-petraeae</i>	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond
	43	<i>Quercu-Fagetea</i>	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond
	04BA	<i>Charion fragilis</i>	Verbond van Stekelharig kransblad
1	04BA02	<i>Charetum hispidae</i>	Associatie van Stekelharig kransblad
2	04BA03	<i>Charetum asperae</i>	Associatie van Ruw kransblad
3	04BB01	<i>Charetum vulgaris</i>	Associatie van Gewoon kransblad
4	04RG01	<i>RG Chara globularis-[Charetea fragilis]</i>	Rompgemeenschap van Breekbaar kransblad
	05AA	<i>Zannichellion pedicellatae</i>	Verbond van Gesteelde zannichellia
	05BC	<i>Parvopotamion</i>	Verbond der kleine fonteinkruiden
5	05BC03	<i>Ranunculetum circinati</i>	Associatie van Stijve watteranonkel
6	05RG03	<i>RG Potamogeton pect. en Zannich. pal. ssp. ped. - [Zannichellietalia pedic.]</i>	Rompgemeenschap van Schedefonteinkruid en Gesteelde zannichellia
	06AB	<i>Potamion graminei</i>	Verbond van Ongelijkbladig fonteinkruid
7	06RG01	<i>RG Littorella uniflora-[Littorelletea]</i>	Rompgemeenschap van Oeverkruid
8	06RG04	<i>RG Juncus bulbosus-Sphagnum-[Littorelletea/Scheuchzerietea]</i>	Rompgemeenschap van Knolrus en Veenmos
	08AA	<i>Sparganio-Glycerion</i>	Vlotgras-verbond
9	08AA02	<i>Polygono-Veronicetum anagallidis-aquaticae</i>	Associatie van Blauwe waterereprijs en Waterpeper
	08B	<i>Phragmitetalia</i>	Riet-orde
	08BB	<i>Phragmition australis</i>	Riet-verbond
10	08RG01	<i>RG Glyceria maxima-[Phragmitetea]</i>	Rompgemeenschap van Liesgras
11	08RG03	<i>RG Typha latifolia-[Phragmitetea]</i>	Rompgemeenschap van Grote lisdodde
	09AA	<i>Caricion nigrae</i>	Verbond van Zwarte zegge
12	09AA01	<i>Caricetum trinervi-nigrae</i>	Associatie van Driernervige en Zwarte zegge
13	09AA02	<i>Pallavicinio-Sphagnetum</i>	Veenmosrietland

14	09BA03	<i>Parnassio-Juncetum atricapilli</i>	Associatie van Duinrus en Parnassia
15	09BA04	<i>Junco baltici-Schoenetum nigricantis</i>	Knopies-associatie
16	09RG01	<i>RG Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos-[Parvocaricetea]</i>	Rompgemeenschap van Duinriet en Addertong
17	09RG02	<i>RG Carex nigra-Agrostis canina-[Caricion nigrae]</i>	Rompgemeenschap van Zwarte zegge en Moerasstruisgras
18	11AA03	<i>Empetro-Ericetum</i>	Associatie van Kraaihei en Gewone dophei
19	11RG02	<i>RG Molinia caerulea-[Oxycocco-Sphagnetea]</i>	Rompgemeenschap van Pijpestrootje
	12BA	<i>Lolio-Potentillion anserinae</i>	Zilverschoon-verbond
20	12BA01	<i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i>	Associatie van Geknikte vossestaart
	14AA	<i>Corynephorion canescentis</i>	Buntgras-verbond
21	14AA02	<i>Violo-Corynephorium</i>	Duin-Buntgras-associatie
22	14AA02A	<i>Violo-Corynephorium typicum</i>	Duin-Buntgras-ass.; typische subass.
23	14AA02B	<i>Violo-Corynephorium koelerietosum</i>	Duin-Buntgras-ass.; subass. met Fakkелgras
	14B	<i>Trifolio-Festucetalia ovinae</i>	Struisgras-orde
24	14BB02	<i>Festuco-Galietum veri</i>	Duin-Struisgras-associatie
25	14BB02A	<i>Festuco-Galietum typicum</i>	Duin-Struisgras-ass.; typische subass.
26	14BB02B	<i>Festuco-Galietum trifolietosum</i>	Duin-Struisgras-ass.; subass. met Klavertjes
	14C	<i>Cladonio-Koelerietalia</i>	Fakkелgras-orde
	14CA	<i>Tortulo-Koelerion</i>	Duinsterretjes-verbond
27	14CA01	<i>Phleo-Tortuletum ruraliformis</i>	Duinsterretjes-associatie
28	14CA01A	<i>Phleo-Tortuletum typicum</i>	Duinsterretjes-ass.; typische subass.
29	14CA01B	<i>Phleo-Tortuletum cladonietosum</i>	Duinsterretjes-ass.; subass. met korstmossen
30	14CA01C	<i>Phleo-Tortuletum brachythecietosum</i>	Duinsterretjes-ass.; subass. met Bleek dikkopmos
31	14CA02	<i>Sileno-Tortuletum ruraliformis</i>	Kegelsilene-associatie
32	14CA02A	<i>Sileno-Tortuletum corynephoretosum</i>	Kegelsilene-ass.; subass. met Buntgras
33	14CA02B	<i>Sileno-Tortuletum picridetosum</i>	Kegelsilene-ass.; subass. met Echt bitterkruid
	14CB	<i>Polygalo-Koelerion</i>	Verbond der droge, kalkrijke duingraslanden
34	14CB01	<i>Taraxaco-Galietum veri</i>	Duin-Paardebloem-associatie
35	14CB01A	<i>Taraxaco-Galietum cladonietosum</i>	Duin-Paardebloem-ass.; subass. met korstmossen
36	14CB01B	<i>Taraxaco-Galietum typicum</i>	Duin-Paardebloem-ass.; typische subass.
37	14CB01C	<i>Taraxaco-Galietum fragarietosum</i>	Duin-Paardebloem-ass.; subass. met Bosaardbei
38	14CB01D	<i>Taraxaco-Galietum plantaginetosum</i>	Duin-Paardebloem-ass.; subass. met Smalle weegbree
39	14CB02	<i>Anthyllido-Silenetum</i>	Associatie van Wondklaver en Nachtsilene
40	14CB02A	<i>Anthyllido-Silenetum sedetosum</i>	Ass. van Wondklaver en Nachtsilene; subass. met Muurpeper
41	14CB02B	<i>Anthyllido-Silenetum rhytidadelphetosum</i>	Ass. van Wondklaver en Nachtsilene; subass. met Pluimstaartmos
42	14DG01	<i>DG Campylopus introflexus-[Koelerio-Corynephoretea]</i>	Derivaatgemeenschap van Grijs kronkelsteeltje
43	14RG01	<i>RG Carex arenaria-[Koelerio-Corynephoretea]</i>	Rompgemeenschap van Zandzegge
44	14RG02	<i>RG Aira praecox-[Koelerio-Corynephoretea]</i>	Rompgemeenschap van Vroege haver
45	14RG03	<i>RG Dicranum scoparium-[Koelerio-Corynephoretea]</i>	Rompgemeenschap van Gewoon gaffeltandmos
46	14RG06	<i>RG Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata-</i>	Rompgemeenschap van Gewoon

		<i>[Trifolio-Festucetalia ovinae]</i>	struisgras en Gewoon biggekruid
47	14RG09	<i>RG Calamagrostis epigejos-[Cladonio-Koelerietalia]</i>	Rompgemeenschap van Duinriet
48	14RG10	<i>RG Salix repens-[Polygalo-Koelerion]</i>	Rompgemeenschap van Kruiwilg
49	14RG11	<i>RG Rosa pimpinellifolia-[Polygalo-Koelerion]</i>	Rompgemeenschap van Duinroosje
50	16AB04	<i>Ranunculo-Senecionetum aquatici</i>	Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid
	16B	<i>Arrhenatheretalia</i>	Glanshaver-orde
	16BB	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	Glanshaver-verbond
51	16BC01B	<i>Lolio-Cynosuretum lotetosum uliginosi</i>	Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver
52	16RG01	<i>RG Holcus lanatus-Lolium perenne-[Molinio-Arrhenatheretea]</i>	Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raaigras
53	18RG01	<i>RG Pteridium aquilinum-[Melampyro-Holcetea mollis]</i>	Rompgemeenschap van Adelaarsvaren
54	19AA02	<i>Gentiano pneumonanthes-Nardetum</i>	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras
55	19AA03	<i>Botrychio-Polygaletum</i>	Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem
56	19RG01	<i>RG Nardus stricta-[Nardetea]</i>	Rompgemeenschap van Borstelgras
57	20AA01	<i>Genisto anglicae-Callunetum</i>	Associatie van Struikhei en Stekelbrem
58	20AA01A	<i>Genisto anglicae-Callunetum cladonietosum</i>	Ass. van Struikhei en Stekelbrem; subass. met korstmossen
	20AB	<i>Empetrium nigri</i>	Kraaihei-verbond
59	20AB01	<i>Carici arenariae-Empetretum</i>	Associatie van Zandzegge en Kraaihei
60	20AB02	<i>Polypodio-Empetretum</i>	Associatie van Eikvaren en Kraaihei
61	20AB03	<i>Salici repentis-Empetretum</i>	Associatie van Kruiwilg en Kraaihei
62	20AB04	<i>Pyrolo-Salictetum</i>	Associatie van Wintergroen en Kruiwilg
63	22RG01	<i>RG Cakile maritima-[Cakiletea maritimae]</i>	Rompgemeenschap van Zeeraket
64	23AA01	<i>Honckenyo-Agropyretum juncei</i>	Associatie van Zandhaver en Biestarwegras
65	23AB01	<i>Elymo-Ammophiletum</i>	Associatie van Zandhaver en Helm
66	23AB01A	<i>Elymo-Ammophiletum typicum</i>	Ass. van Zandhaver en Helm; typische subass.
67	23AB01B	<i>Elymo-Ammophiletum festucetosum</i>	Ass. van Zandhaver en Helm; subass. met Duinzwenkgras
68	23RG01	<i>RG Ammophila arenaria-Carex arenaria-[Ammophiletea/Koelerio-Corynephoretea]</i>	Rompgemeenschap van Helm en Zandzegge
69	27AA02	<i>Centaurio-Saginetum</i>	Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia
70	27AA02C	<i>Centaurio-Saginetum epilobietosum</i>	Ass. van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia; subass. met Viltige bastardwederik
71	29AA02B	<i>Rumicetum maritimi chenopodietosum</i>	Ass. van Goudzuring en Moerasandijvie; subass. met Rode ganzevoet
	30B	<i>Sperguletalia arvensis</i>	Orde van Gewone spurrie
72	31AB01C	<i>Urtico-Malvetum lycopsidetosum</i>	Ass. van Kleine brandnetel; subass. met Kromhals
73	31AB03	<i>Balloto-Arcietum</i>	Associatie van Ballote en andere Netels
74	31AB03B	<i>Balloto-Arcietum diplotaxietosum</i>	Ass. van Ballote en andere Netels; subass. met Grote zandkool
75	31BA01A	<i>Echio-Verbascetum lycopsidetosum</i>	Slangekruid-ass.; subass. met Kromhals
76	31BA01B	<i>Echio-Verbascetum typicum</i>	Slangekruid-ass.; typische subass.

77	31RG02	<i>RG Diplotaxis tenuifolia-[Artemisietea vulgaris]</i>	Rompgemeenschap van Grote zandkool
78	31RG04	<i>RG Elymus repens-[Artemisietea vulgaris]</i>	Rompgemeenschap van Kweek
79	32RG01	<i>RG Eupatorium cannabinum-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>	Rompgemeenschap van Koninginnekruid
80	32RG02	<i>RG Epilobium hirsutum-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>	Rompgemeenschap van Harig wilgeroosje
81	32RG04	<i>RG Solanum dulcamara-Phragmites australis-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>	Rompgemeenschap van Bitterzoet en Riet
82	32RG06	<i>RG Urtica doicia-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>	Rompgemeenschap van Grote brandnetel
	33AA	<i>Galio-Alliarion</i>	Verbond van Look-zonder-look
83	33AA01	<i>Claytonio-Anthriscetum caucalidis</i>	Associatie van Fijne kervel en Winterpostelein
84	33DG02	<i>DG Populus x canadensis-[Galio-Urticetea]</i>	Derivaatgemeenschap van Canadapopulier
85	33RG02	<i>RG Anthriscus sylvestris-[Galio-Urticetea]</i>	Rompgemeenschap van Fluitekruid
86	36AA02	<i>Salicetum cinereae</i>	Associatie van Grauwe wilg
87	36AA02C	<i>Salicetum salicetosum repentis</i>	Ass. van Grauwe wilg; subass. met Kruiwilg
	37AA	<i>Pruno-Rubion radulae</i>	Verbond van Bramen en Sleedoorn
	37AC	<i>Berberidion vulgaris</i>	Liguster-verbond
88	37AC01	<i>Hippophao-Sambucetum</i>	Associatie van Duindoorn en Vlier
89	37AC02	<i>Hippophao-Ligustretum</i>	Associatie van Duindoorn en Liguster
90	37AC02A	<i>Hippophao-Ligustretum typicum</i>	Ass. van Duindoorn en Liguster; typische subass.
91	37AC02B	<i>Hippophao-Ligustretum eupatorietosum</i>	Ass. van Duindoorn en Liguster; subass. met Koninginnekruid
92	37AC03	<i>Rhamno-Crataegetum</i>	Associatie van Wegedoorn en Eenstijlige meidoorn
93	37RG01	<i>RG Hippophae rhamnoides-Sonchus arvensis-[Berberidion vulgaris/Ammophilion arenariae]</i>	Rompgemeenschap van Duindoorn en Akkermelkdistel
94	37RG02	<i>RG Hippophae rhamnoides-Cladonia-[Berberidion vulgaris/Tortulo-Koelerion]</i>	Rompgemeenschap van Duindoorn en Cladonia
95	37RG03	<i>RG Hippophae rhamnoides-Calamagrostis epigejos-[Berberidion vulgaris/Polygalo-Koelerion]</i>	Rompgemeenschap van Duindoorn en Hennegras
96	37RG04	<i>RG Ligustrum vulgare-[Berberidion vulgaris]</i>	Rompgemeenschap van Liguster
	39AA	<i>Alnion glutinosae</i>	Verbond der elzenbroekbossen
97	40AA02	<i>Carici curtae-Betuletum pubescentis</i>	Zompzegge-Berkenbroek
	41AA	<i>Dicrano-Pinion</i>	Verbond der naaldbossen
98	41AA02	<i>Cladonio-Pinetum sylvestris</i>	Korstmossen-Dennenbos
99	41AA03C	<i>Leucobryo-Pinetum emporetosum</i>	Kussentjesmos-Dennenbos; subass. met Kraaiheide
100	41DG01	<i>DG Prunus serotina-[Dicrano-Pinion]</i>	Derivaatgemeenschap van Amerikaanse vogelkers
101	41DG03	<i>DG Carex arenaria-Calamagrostis epigejos-[Dicrano-Pinion]</i>	Derivaatgemeenschap van Zandzegge
102	41RG02	<i>RG Eurhynchium praelongum-Pseudoscleropodium purum-[Vaccinio-Piceetea]</i>	Rompgemeenschap van Snavelmos en Groot laddermos
	42AA	<i>Quercion roboris</i>	Zomereikverbond
103	42AA01	<i>Betulo-Quercetum roboris</i>	Berken-Eikenbos
104	42AA01A	<i>Betulo-Quercetum cladonietosum</i>	Berken-Eikenbos; subass. met Cladonia-soorten
105	42AA01D	<i>Betulo-Quercetum molinietosum</i>	Berken-Eikenbos; subass. met Pijpestrootje
106	42AA01E	<i>Betulo-Quercetum dryopteridetosum</i>	Berken-Eikenbos; subass. met Brede stekelvaren
107	42AA02	<i>Fago-Quercetum</i>	Beuken-Zomereikenbos
108	42AA02C	<i>Fago-Quercetum convallarietosum</i>	Beuken-Zomereikenbos; subass. met

			Lelietje-van-dalen
109	42AA03	<i>Deschampsio-Fagetum</i>	Bochtige smele-Beukenbos
	42DG01	<i>DG Prunus serotina-[Quercion roboris]</i>	Derivaatgemeenschap van Amerikaanse vogelkers
110			
	42RG01	<i>RG Holcus-Dryopteris-[Quercion roboris]</i>	Rompgemeenschap Gladde Witbol en Brede stekelvaren
111			
	42RG02	<i>RG Rubus fruticosus-[Quercion roboris]</i>	Rompgemeenschap van Gewone braam
112			
	43AA	<i>Alno-Padion</i>	Verbond van Els en Vogelkers
113	43AA01	<i>Violo odoratae-Ulmetum</i>	Abelen-Iepenbos
	43AA01C	<i>Violo odoratae-Ulmetum scilletosum</i>	Abelen-Iepenbos; subass. met Wilde hyacint
114			
	43AA02	<i>Fraxino-Ulmetum</i>	Essen- Iepenbos
115	43AA03	<i>Crataego-Betuletum pubescentis</i>	Meidoorn-Berkenbos
116			
	43AA03A	<i>Crataego-Betuletum typicum</i>	Meidoorn-Berkenbos; typische subass.
117			
	43AA03B	<i>Crataego-Betuletum menthetosum</i>	Meidoorn-Berkenbos; subass. met Watermunt
118			
	43RG02	<i>RG Urtica dioica -[Ulmenion carpinifoliae]</i>	Rompgemeenschap van Grote brandnetel
119			
	ERF		
	Kaal zand		
	Kaal zand droog		
	Kaal zand nat		
	Kale grond		
	Nietgekarteerd		
	Onbekend		
	Open water		
	Strand		



## Bijlage 2 Principe van de Rode Lijst

De cijfers en de lettercodes in de hokken geven de categorieën: 0 = uitgestorven, 1 = ernstig bedreigd, 2 = bedreigd, 3 = kwetsbaar, 4 = gevoelig, TNB = thans niet bedreigd. De algemeenheid per soort wordt bepaald als het aantal 'uurhokken' van 5\*5 km<sup>2</sup> waar zij voorkomt, en is hier uitgedrukt als percentage van het totaal aantal uurhokken in Nederland. De achteruitgang wordt bepaald door vergelijking van de periode 1900 - 1950 met een recente periode (doorgaans 1980 - 1990).

zeldzaamheid → achteruitgang ↓	< 1%	1-5%	5-12%	>12%
< 25%	GE 4	TNB	TNB	TNB
25 - 50%	KW 3	KW 3	KW 3	TNB
50 - 75%	BE 2	BE 2	KW 3	GE 4
> 75%	EB 1	BE 2	KW 3	GE 4
100%	EXT 0			





### Bijlage 3 Numerieke details van de NBW-bepaling

Vergelijking (1) schat de abundantie uit de frequentie; vergelijking (2) bepaalt de abundantie-weegfactor (=1 bij een abundantie <1%, =2 bij een abundantie >50%, en logaritmisches toenemend bij tussenliggende waarden), vergelijking (3) maakt een schatting van de abundantie-weegfactor per soort per vegetatietype, vergelijking (4) maakt een schatting van de aantalscorrectie (analoog aan de oorspronkelijke vergelijking uit Hertog & Rijken 1996), vergelijking (5) berekent de natuurbehoudswaarde per type (rechtstreeks overgenomen uit Hertog & Rijken 1996), en vergelijking (6) voert een wortel-transformatie op deze natuurbehoudswaarde uit (om een betere normaliteit te verkrijgen).

Er zijn zes parameters die ingesteld moeten worden:

P1 de geëxtrapoleerde abundantie bij een frequentie 0;

P2 de steilheid = toename van de geschatte abundantie wanneer de frequentie 1% toeneemt;

P3 de abundantie waaronder de abundantieweging 1 is;

P4 de abundantie waarboven de abundantieweging 2 is;

P5 het aantal soorten waaronder geen aantalscorrectie plaatsvindt;

P6 het gemiddeld aantal soorten per opname.

De waarden zijn als volgt verkregen: P1 en P2 door vergelijking met de oorspronkelijke abundantieweging volgens Hertog & Rijken (1996), P3 en P4 door regressie van abundantie op frequentie in een aantal uiteenlopende gegevensbestanden, P5 is overgenomen uit Hertog & Rijken (1996), en P6 is bepaald uit de tabellen in 'De Vegetatie van Nederland'.

De natuurbehoudswaarde-index per soort (NBW<sub>i</sub>) is onveranderd overgenomen uit de tabellen van Hertog & Rijken (1996).

berekening van NBW:

$$\text{abundantie}_{ij} = P1 + P2 * \text{frequentie}_{ij} \quad (1)$$

$$\text{abundantie\_weegfactor}_{ij} = \text{LOG10}(10 - 90 * (P3 - \text{MAX}(P3, (\text{MIN}(P4, \text{abundantie}_{ij}))) / (P4 - P3))) \quad (2)$$

$$\text{totale\_weegfactor}_{ij} = \text{abundantie\_weegfactor}_{ij} * \text{frequentie}_{ij} \quad (3)$$

$$\text{aantalscorr}_j = \text{LOG10}(\text{MAX}(P5, \sum_i \text{frequentie}_{ij})) / \text{LOG10}(P6) \quad (4)$$

$$\text{NBW}_i = \text{aantcorr}_j * \sum_j (\text{totale\_weegfactor}_{ij} * \text{NBW}_i) \quad (5)$$

$$\text{'genormaliseerde' NBW}_i = \sqrt{(\text{NBW}_i + 50)} \quad (6)$$

(met i voor soort, j voor opname)

Parameter instellingen:

P1 = 1%

P2 = 50%

P3 = 0

P4 = 0.4

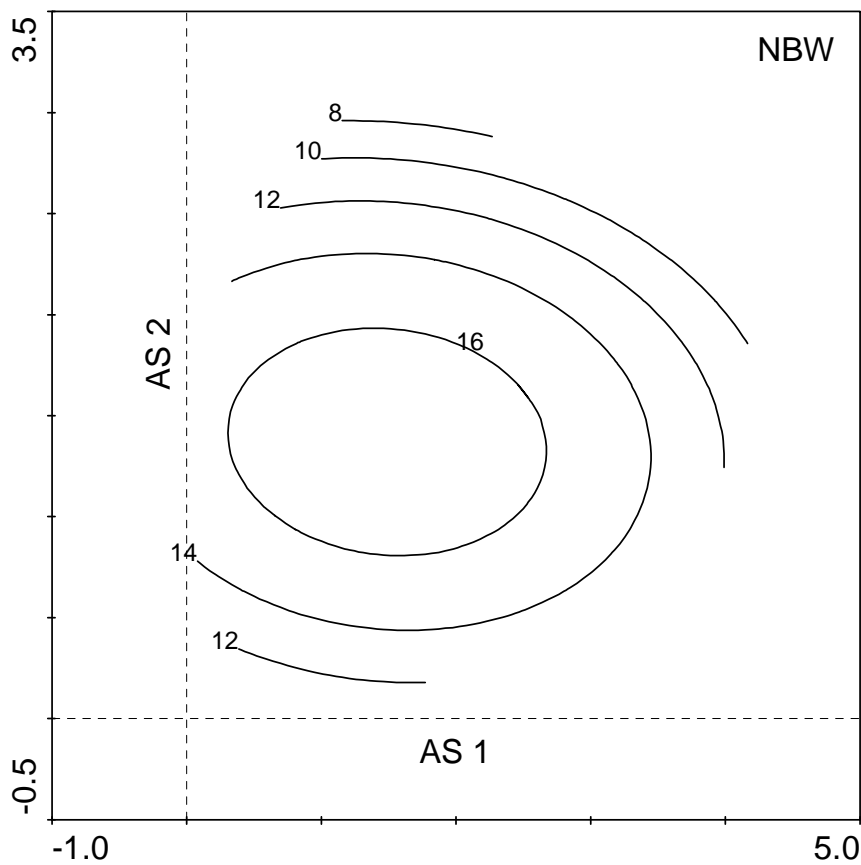
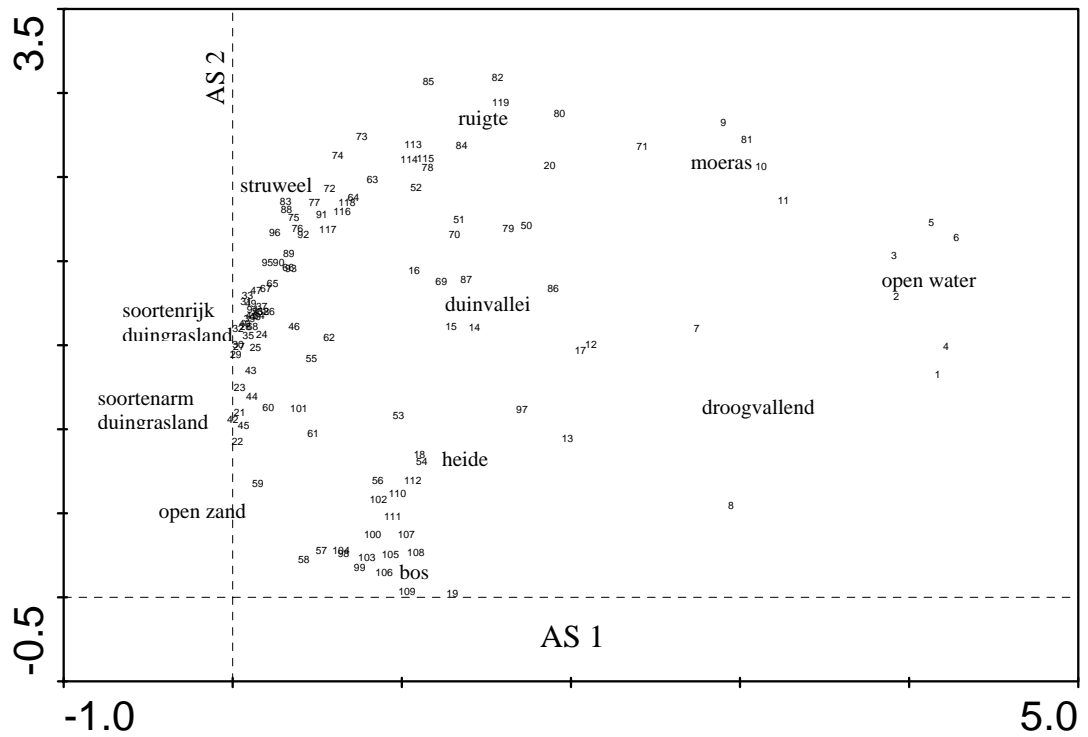
P5 = 5

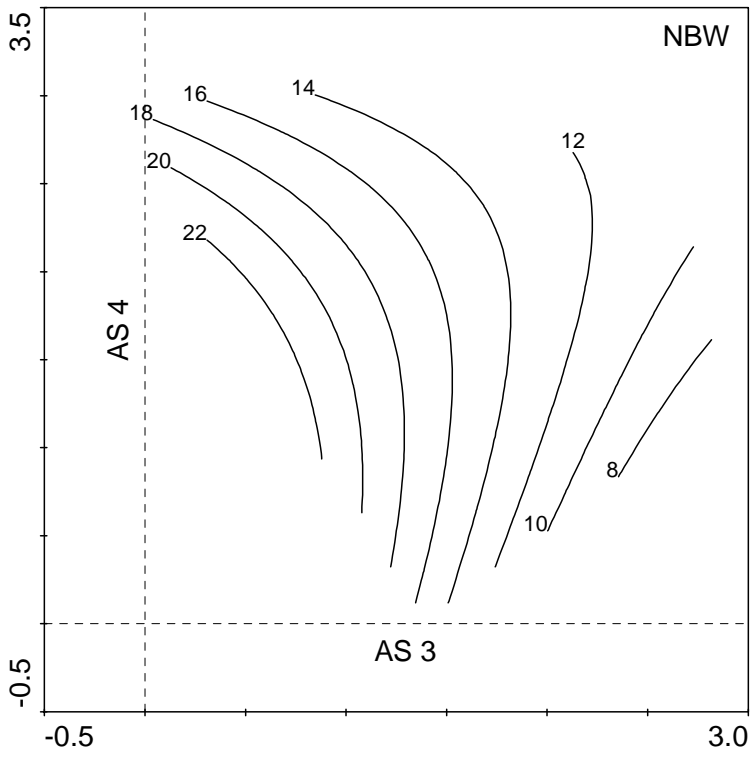
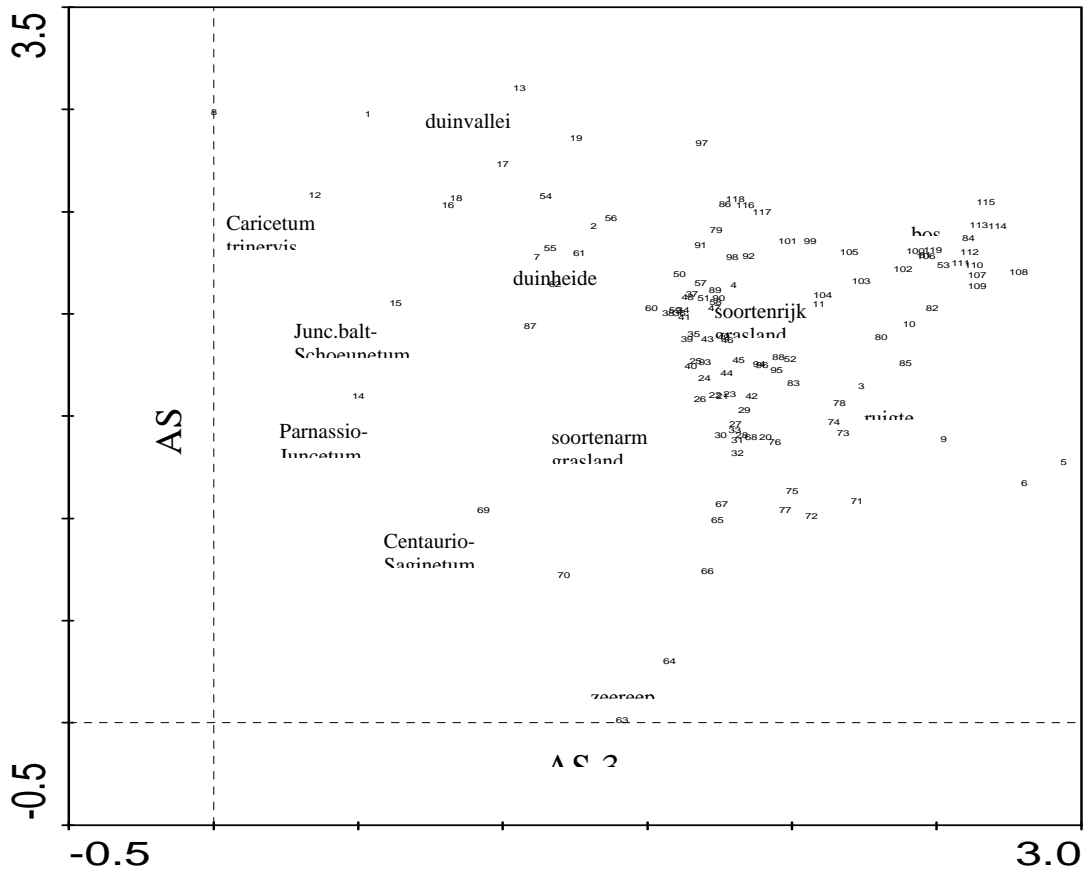
P6 = 15

De figuren op de volgende bladzijden zijn de ordinatiediagrammen van vegetatietypen (figuur 3 en 4) met de isolijnen van de NBW. De nummers worden verklaard in Bijlage 1; de globale vegetatietypen en hun posities zijn in woorden weergegeven.

as 1 geeft vooral het contrast tussen droog en nat weer

as 2 geeft vooral het contrast weer tussen kalkrijk (boven) en kalkarm (onder)  
 as 3 geeft vooral het contrast weer tussen bos / ruigte en open vegetatie  
 as 4 geeft vooral het contrast weer tussen weinig en veel saltspray en kalk







## Bijlage 4 Berekende NBW's per vegetatietype

Berekende NBW's per vegetatietype, gesorteerd op NBW. Code = code uit 'De Vegetatie Van Nederland' (RG = rompgemeenschap, DG = derivaatgemeenschap).

NBW	code	naam
7,8643	32RG06	<i>RG Urtica dioica-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>
7,8792	04	<i>Charetea fragilis</i>
8,0228	05AA	<i>Zannichellion pedicellatae</i>
8,2332	16RG01	<i>RG Holcus lanatus-Lolium perenne-[Molinio-Arrhenatheretea]</i>
8,3097	32RG02	<i>RG Epilobium hirsutum-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>
8,3717	33RG02	<i>RG Anthriscus sylvestris-[Galio-Urticetea]</i>
8,8350	42AA03	<i>Deschampsio-Fagetum</i>
8,8375	32	<i>Convolvulo-Filipenduletea</i>
8,9045	04BA	<i>Charion fragilis</i>
9,0247	41DG01	<i>DG Prunus serotina-[Dicrano-Pinion]</i>
9,0751	42DG01	<i>DG Prunus serotina-[Quercion roboris]</i>
9,0966	08B	<i>Phragmitetalia</i>
9,0966	08BB	<i>Phragmition australis</i>
9,1001	05RG03	<i>RG Potamogeton pect. en Zannich. pal. ssp. ped. -[Zannichellietalia pedic.]</i>
9,1112	32RG04	<i>RG Solanum dulcamara-Phragmites australis-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>
9,1354	12BA	<i>Lolio-Potentillion anserinae</i>
9,1354	12BA01	<i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i>
9,1813	31RG04	<i>RG Elymus repens-[Artemisietea vulgaris]</i>
9,3001	08RG03	<i>RG Typha latifolia-[Phragmitetea]</i>
9,4886	04BA02	<i>Charetum hispidae</i>
9,6451	35	<i>Lonicero-Rubetea plicati</i>
9,7891	14RG06	<i>RG Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata-[Trifolio-Festucetalia ovinae]</i>
9,8058	31RG02	<i>RG Diplotaxis tenuifolia-[Artemisietea vulgaris]</i>
9,8370	30B	<i>Sperguletalia arvensis</i>
9,9006	08RG01	<i>RG Glyceria maxima-[Phragmitetea]</i>
9,9125	31	<i>Artemisietea vulgaris</i>
9,9125	31AB03	<i>Balloto-Arctietum</i>
10,0244	42	<i>Quercetea robori-petraeae</i>
10,0244	42AA	<i>Quercion roboris</i>
10,0632	29AA02B	<i>Rumicetum maritimi chenopodietosum</i>
10,1232	43RG02	<i>RG Urtica dioica -[Ulmenion carpinifoliae]</i>
10,2208	33DG02	<i>DG Populus x canadensis-[Galio-Urticetea]</i>
10,2281	32RG01	<i>RG Eupatorium cannabinum-[Convolvulo-Filipenduletea]</i>
10,2848	01	<i>Lemnetea minoris</i>
10,3126	04BB01	<i>Charetum vulgaris</i>
10,3989	31AB03B	<i>Balloto-Arctietum diplotaxietosum</i>
10,4305	43	<i>Querco-Fagetea</i>
10,4305	43AA	<i>Alno-Padion</i>
10,4341	04RG01	<i>RG Chara globularis-[Charetea fragilis]</i>
10,4528	37AA	<i>Pruno-Rubion radulae</i>
10,5008	41DG03	<i>DG Carex arenaria-Calamagrostis epigejos-[Dicrano-Pinion]</i>
10,5360	42AA01A	<i>Betulo-Quercetum cladonietosum</i>
10,6167	42RG01	<i>RG Holcus-Dryopteris-[Quercion roboris]</i>
10,6513	31AB01C	<i>Urtico-Malvetum lycopsidetosum</i>
10,7023	42AA01E	<i>Betulo-Quercetum dryopteridetosum</i>
10,8448	41RG02	<i>RG Eurhynchium praelongum-Pseudoscleropodium purum-[Vaccinio-Piceetea]</i>

10,8743	04BA03	<i>Charetum asperae</i>
10,9498	42AA01	<i>Betulo-Quercetum roboris</i>
10,9547	14RG02	<i>RG Aira praecox-[Koelerio-Corynepherea]</i>
11,0627	42RG02	<i>RG Rubus fruticosus-[Quercion roboris]</i>
11,1290	05	<i>Potametea</i>
11,1290	05BC	<i>Parvopotamion</i>
11,1290	05BC03	<i>Ranunculetum circinati</i>
11,1534	43AA02	<i>Fraxino-Ulmetum</i>
11,3806	08AA	<i>Sparganio-Glycerion</i>
11,3806	08AA02	<i>Polygono-Veronicetum anagallidis-aquaticae</i>
11,5385	14RG01	<i>RG Carex arenaria-[Koelerio-Corynepherea]</i>
11,5660	14RG03	<i>RG Dicranum scoparium-[Koelerio-Corynepherea]</i>
11,6192	42AA01D	<i>Betulo-Quercetum molinietosum</i>
11,6284	20AA01A	<i>Genisto anglicae-Callunetum cladonietosum</i>
11,9115	36AA02	<i>Salicetum cinereae</i>
11,9169	37RG04	<i>RG Ligustrum vulgare-[Berberidion vulgaris]</i>
11,9343	16BC01B	<i>Lolio-Cynosuretum lotetosum uliginosi</i>
12,0578	18RG01	<i>RG Pteridium aquilinum-[Melampyro-Holcetea mollis]</i>
12,2255	41	<i>Vaccinio-Piceetea</i>
12,2255	41AA	<i>Dicrano-Pinion</i>
12,2255	41AA02	<i>Cladonio-Pinetum sylvestris</i>
12,2285	43AA01C	<i>Violo odoratae-Ulmetum scilletosum</i>
12,4192	14DG01	<i>DG Campylopus introflexus-[Koelerio-Corynepherea]</i>
12,4286	40AA02	<i>Carici curtae-Betuletum pubescentis</i>
12,5172	43AA01	<i>Violo odoratae-Ulmetum</i>
12,5433	14RG09	<i>RG Calamagrostis epigejos-[Cladonio-Koelerietalia]</i>
12,6260	39AA	<i>Alnion glutinosae</i>
12,6523	31BA01B	<i>Echio-Verbascetum typicum</i>
12,6741	42AA02	<i>Fago-Quercetum</i>
12,9312	36AA02C	<i>Salicetum salicetosum repentis</i>
12,9986	14BB02A	<i>Festuco-Galietum typicum</i>
13,0444	16B	<i>Arrhenatheretalia</i>
13,0444	16BB	<i>Arrhenatherion elatioris</i>
13,1321	19RG01	<i>RG Nardus stricta-[Nardetea]</i>
13,1780	09AA	<i>Caricion nigrae</i>
13,1851	06RG04	<i>RG Juncus bulbosus-Sphagnum-[Littorelletea/Scheuchzerietea]</i>
13,2069	41AA03C	<i>Leucobryo-Pinetum empetretosum</i>
13,2939	14B	<i>Trifolio-Festucetalia ovinae</i>
13,2939	14BB02	<i>Festuco-Galietum veri</i>
13,5255	23AB01A	<i>Elymo-Ammophiletum typicum</i>
13,5394	23	<i>Ammophiletea</i>
13,6437	14AA02A	<i>Violo-Corynephereum typicum</i>
13,6549	31BA01A	<i>Echio-Verbascetum lycopsidetosum</i>
13,6788	23AB01	<i>Elymo-Ammophiletum</i>
13,7172	37AC01	<i>Hippophao-Sambucetum</i>
13,7475	09	<i>Parvocaricetea</i>
13,7512	20AA01	<i>Genisto anglicae-Callunetum</i>
13,7641	42AA02C	<i>Fago-Quercetum convallarietosum</i>
13,9868	11RG02	<i>RG Molinia caerulea-[Oxycocco-Sphagnetea]</i>
14,0062	14AA	<i>Corynephorion canescentis</i>
14,0062	14AA02	<i>Violo-Corynephereum</i>
14,0478	23AB01B	<i>Elymo-Ammophiletum festucetosum</i>

14,1675	33	<i>Galio-Urticetea</i>
14,1675	33AA	<i>Galio-Alliarion</i>
14,1675	33AA01	<i>Claytonio-Anthriscetum caucalidis</i>
14,1759	37	<i>Rhamno-Prunetea</i>
14,1759	37AC	<i>Berberidion vulgaris</i>
14,1762	23AA01	<i>Honckenyo-Agropyretum juncei</i>
14,2353	20AB01	<i>Carici arenariae-Empetretum</i>
14,2741	14BB02B	<i>Festuco-Galietum trifolietosum</i>
14,3463	14	<i>Koelerio-Coryneporetea</i>
14,4560	14RG11	<i>RG Rosa pimpinellifolia-[Polygalo-Koelerion]</i>
14,6730	20AB	<i>Empetrium nigri</i>
14,7136	37RG01	<i>RG Hippophae rhamnoides-Sonchus arvensis-[Berberidion vulgaris/Ammophilon arenariae]</i>
14,8878	14RG10	<i>RG Salix repens-[Polygalo-Koelerion]</i>
14,8985	14CA01C	<i>Phleo-Tortuletum brachythecietosum</i>
15,1471	14CA	<i>Tortulo-Koelerion</i>
15,2163	14CA01A	<i>Phleo-Tortuletum typicum</i>
15,2316	37RG03	<i>RG Hippophae rhamnoides-Calamagrostis epigejos-[Berberidion vulgaris/Polygalo-Koelerion]</i>
15,2396	14AA02B	<i>Violo-Coryneporetum koelerietosum</i>
15,2791	14CA01	<i>Phleo-Tortuletum ruraliformis</i>
15,3066	09RG02	<i>RG Carex nigra-Agrostis canina-[Caricion nigrae]</i>
15,4080	16	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>
15,4080	16AB04	<i>Ranunculo-Senecionetum aquatici</i>
15,4215	20AB02	<i>Polypodio-Empetretum</i>
15,4422	37AC02B	<i>Hippophao-Ligustretum eupatorietosum</i>
15,6284	37AC02	<i>Hippophao-Ligustretum</i>
15,6444	43AA03B	<i>Crataego-Betuletum menthetosum</i>
15,7633	37AC03	<i>Rhamno-Crataegetum</i>
15,7744	14CA02	<i>Sileno-Tortuletum ruraliformis</i>
15,7800	14CA01B	<i>Phleo-Tortuletum cladonietosum</i>
15,7981	37AC02A	<i>Hippophao-Ligustretum typicum</i>
15,8548	37RG02	<i>RG Hippophae rhamnoides-Cladonia-[Berberidion vulgaris/Tortulo-Koelerion]</i>
15,9299	14C	<i>Cladonio-Koelerietalia</i>
15,9417	43AA03	<i>Crataego-Betuletum pubescentis</i>
16,1503	22RG01	<i>RG Cakile maritima-[Cakiletea maritimae]</i>
16,2251	09AA02	<i>Pallavicinio-Sphagnetum</i>
16,4046	14CA02A	<i>Sileno-Tortuletum coryneporetosum</i>
16,4596	43AA03A	<i>Crataego-Betuletum typicum</i>
16,4660	14CA02B	<i>Sileno-Tortuletum picridetosum</i>
16,4710	06	<i>Littorelletea</i>
16,7640	23RG01	<i>RG Ammophila arenaria-Carex arenaria-[Ammophiletea/Koelerio-Coryneporetea]</i>
17,0139	27AA02C	<i>Centaurio-Saginetum epilobietosum</i>
17,5236	14CB01D	<i>Taraxaco-Galietum plantaginetosum</i>
17,7880	09RG01	<i>RG Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos-[Parvocaricetea]</i>
17,8260	19	<i>Nardetea</i>
17,8764	06AB	<i>Potamion graminei</i>
17,9307	14CB01A	<i>Taraxaco-Galietum cladonietosum</i>
18,0041	14CB01B	<i>Taraxaco-Galietum typicum</i>
18,2035	14CB01	<i>Taraxaco-Galietum veri</i>
18,6654	20AB03	<i>Salici repentis-Empetretum</i>
18,8192	14CB	<i>Polygalo-Koelerion</i>

18,8299	19AA03	<i>Botrychio-Polygaletum</i>
18,8766	06RG01	<i>RG Littorella uniflora-[Littorelletea]</i>
19,1514	14CB02A	<i>Anthyllido-Silenetum sedetosum</i>
20,0900	09AA01	<i>Caricetum trinervi-nigrae</i>
20,1527	14CB02	<i>Anthyllido-Silenetum</i>
20,2193	14CB01C	<i>Taraxaco-Galietum fragarietosum</i>
20,4586	27AA02	<i>Centaurio-Saginetum</i>
20,4626	11AA03	<i>Empetro-Ericetum</i>
20,5910	20AB04	<i>Pyrolo-Salicetum</i>
21,0306	14CB02B	<i>Anthyllido-Silenetum rhytidiadelphetosum</i>
21,6290	19AA02	<i>Gentiano pneumonanthes-Nardetum</i>
24,0556	09BA03	<i>Parnassio-Juncetum atricapilli</i>
25,0471	09BA04	<i>Junco baltici-Schoenetum nigricantis</i>



## Bijlage 5 Regressiecoëfficiënten van het volledig model met alle bodemtypen.

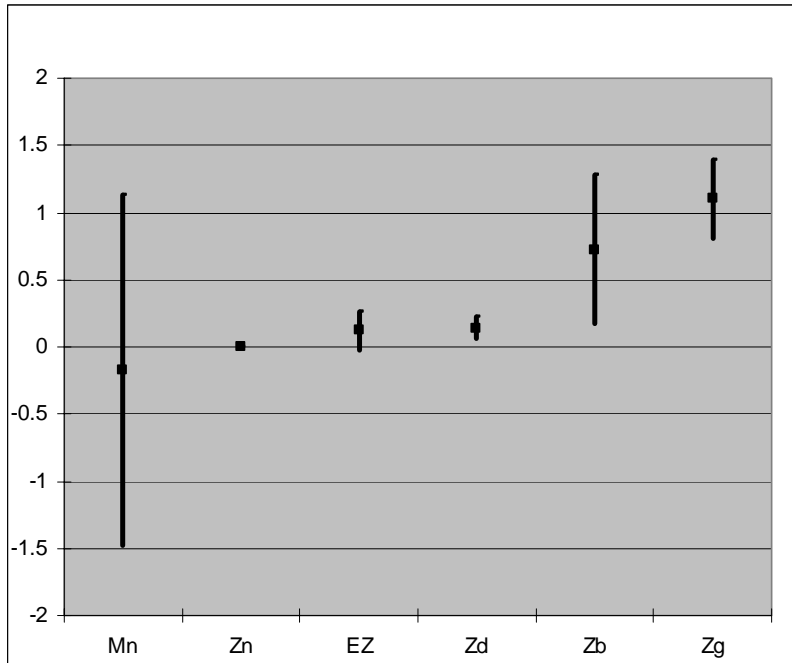
Bodemtype Zn50 is collineair met de andere bodemtypen en daarom weggelaten; de regressiecoëfficiënten van de bodemtypen geven het verschil tussen het aangegeven bodemtype en type Zn50. Significante: \*\*\* =  $P < 0,001$ ; \*\* =  $0,001 \leq P < 0,01$ , \* =  $0,01 < P \leq 0,05$ , ns =  $p > 0,05$ . Aantal kaartvlakken: 44014.

term	regressiecoëfficiënt	
Constant	9.579	***
M_ahn	0.3483	***
NZ_aspect	0.00746	ns
OW_aspect	-0.00346	ns
M_flowac	-0.1279	***
M_saltt0	0.8599	***
M_saltstorm	0.09709	***
M_NH3	0.000438	***
M_NOx	-0.00216	***
M_SOx	-0.00038	***
bEZ21	1.922	***
bEZ30	-4.52	ns
EZ50	0.3654	***
EZg21	2.378	**
gMn83	1.058	ns
pZg21	2.492	***
Zb21	2.246	***
Zb30	2.41	ns
Zd20	0.3526	***
Zd21	6.852	***
Zd30	1.238	***
zEZ21	2.427	***
Zn21	2.645	***
Zn30	1.677	***
graas	0.3327	***
maai	0.3134	***
plag	0.852	ns
kalk	3.155	***



## Bijlage 6 Significantie van de verschillen in effect op NBW tussen de (samengenomen) bodemtypen

De balken geven het gemiddelde  $\pm 2$  \* standaarddeviatie; geen overlap betekent een significant verschil.





## Bijlage 7 Foto's en kaarten

Foto 1. Invloed van saltspray op a) duindoorn, b) grote brandnetel , c) en d) gewone vlier.



a



b

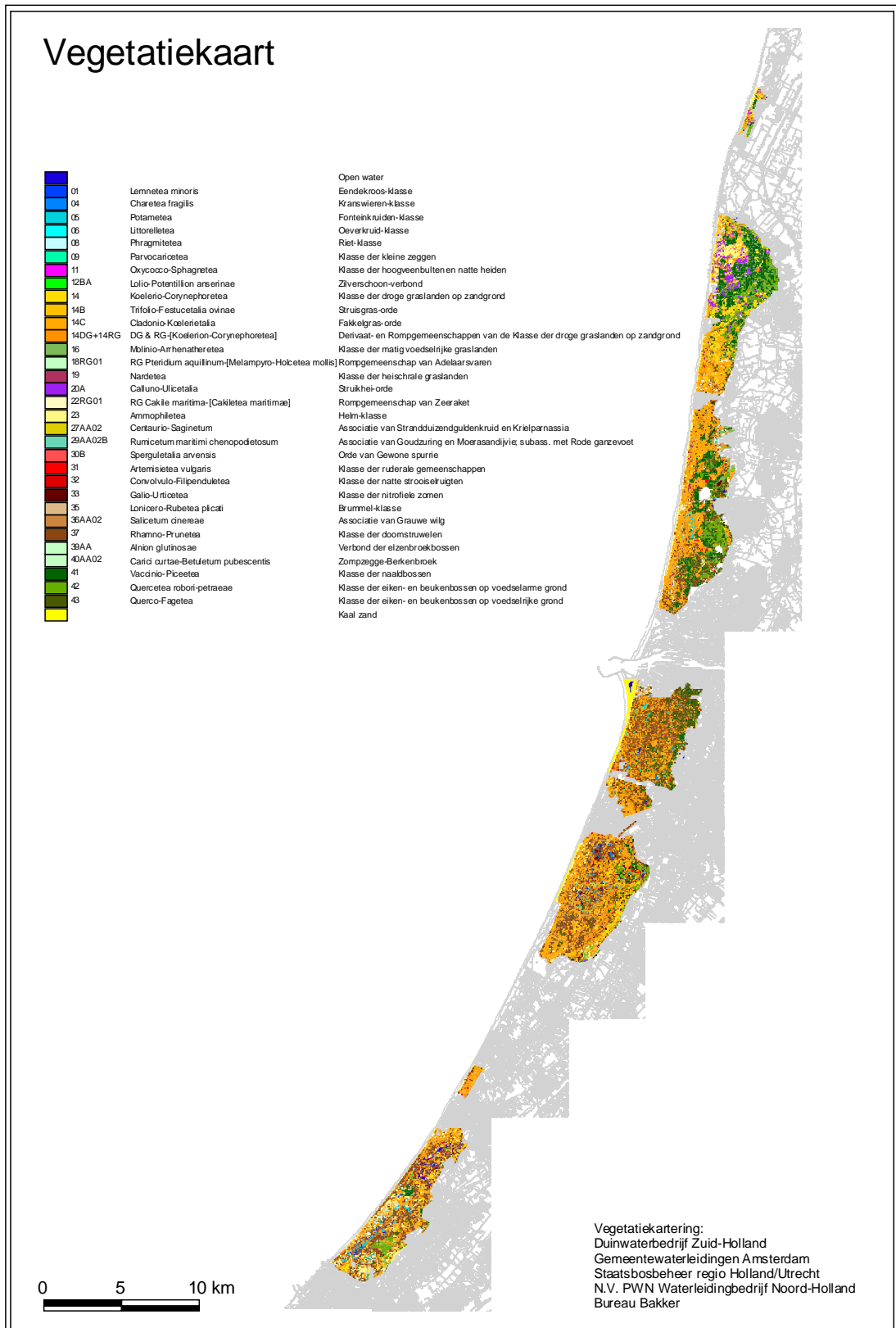


c

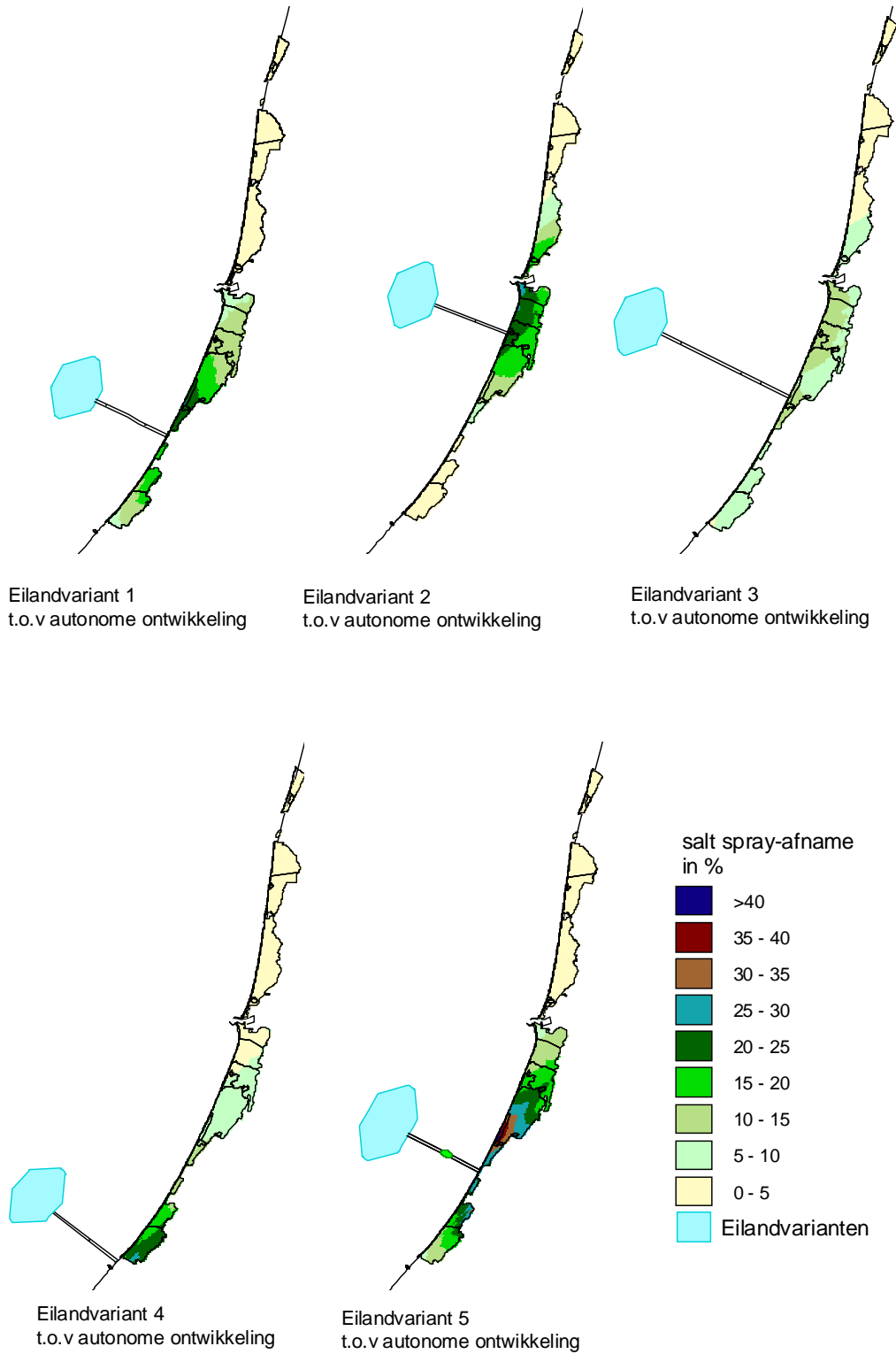


d

Vegetatiekaart met DVN typen (ter presentatie vereenvoudigd)



Plaats en de omvang van saltspray afname aan de hand van de verschillende eilandvarianten. Door het gevonden verband tussen de NBW en saltspray is dit tevens de ruimtelijke spreiding waar NBW negatief worden beïnvloedt door saltspray afname als gevolg van een eiland in zee (Tatman 2002).



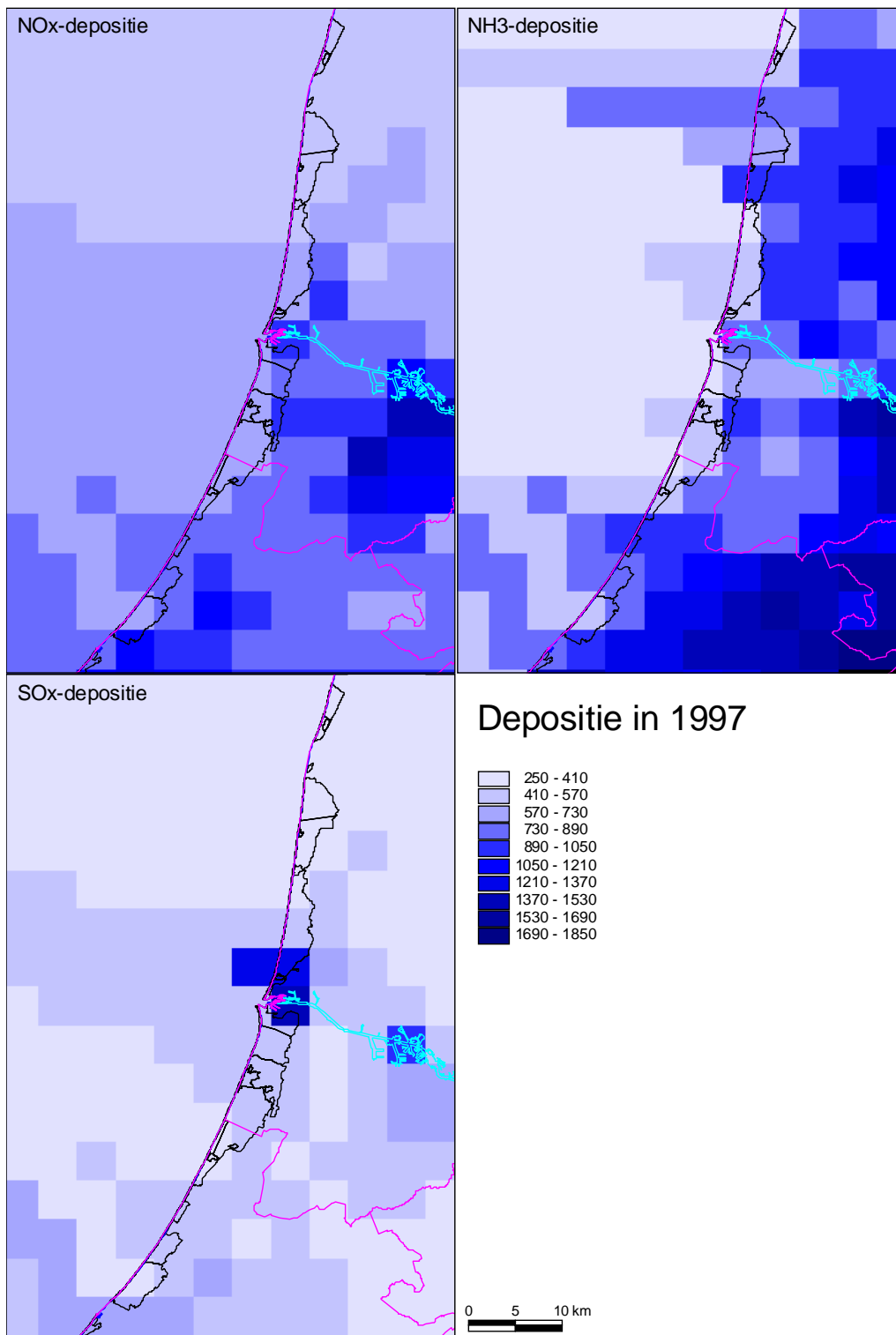


# Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

- 3333 - -374
- 373 - -217
- 216 - -97
- 96 - -54
- 53 - -12
- 11 - 34
- 35 - 89
- 90 - 152
- 153 - 221
- 222 - 291
- 292 - 357
- 358 - 418
- 419 - 477
- 478 - 536
- 537 - 596
- 597 - 657
- 658 - 717
- 718 - 776
- 777 - 832
- 833 - 888
- 889 - 947
- 948 - 1007
- 1008 - 1069
- 1070 - 1131
- 1132 - 1193
- 1194 - 1256
- 1257 - 1320
- 1321 - 1384
- 1385 - 1449
- 1450 - 1515
- 1516 - 1581
- 1582 - 1648
- 1649 - 1715
- 1716 - 1782
- 1783 - 1849
- 1850 - 1916
- 1917 - 1984
- 1985 - 2055
- 2056 - 2129
- 2130 - 2205
- 2206 - 2283
- 2284 - 2364
- 2365 - 2447
- 2448 - 2532
- 2533 - 2621
- 2622 - 2714
- 2715 - 2812
- 2813 - 2915
- 2916 - 3024
- 3025 - 3138
- 3139 - 3256
- 3257 - 3380
- 3381 - 3511
- 3512 - 3648
- 3649 - 3786
- 3787 - 3925
- 3926 - 4065
- 4066 - 4209
- 4210 - 4359
- 4360 - 4520
- 4521 - 4695
- 4696 - 4893
- 4894 - 5146
- 5147 - 5668

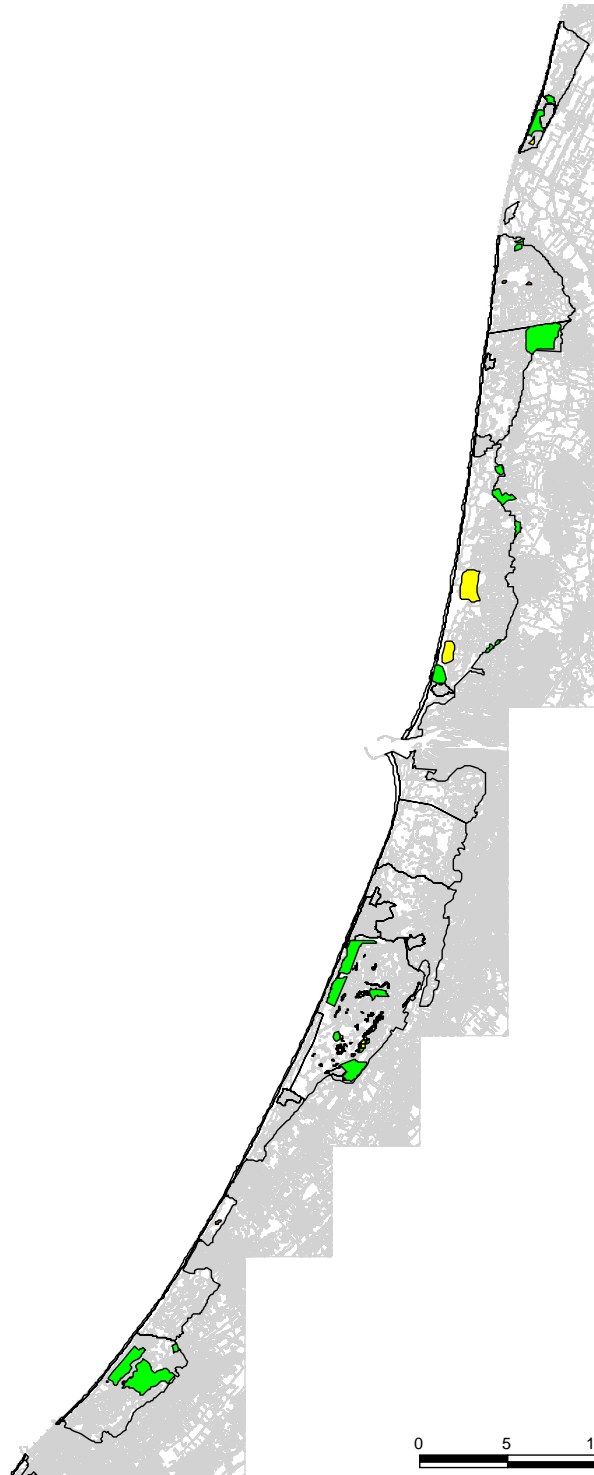


0 5 10 km



# Beheer

- begrazen
- begrazen & maaien
- maaien
- plaggen (maaien)



## Bodemkaart

- Lage enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Hoge bruine enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Hoge bruine enkeerdgronden; grof zand
- Hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Kalkhoudende enkeerdgronden; matig fijn zand
- Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Kalkhoudende duinvaaggronden; fijn zand
- Kalkhoudende duinvaaggronden; grof zand
- Duinvaaggronden; grof zand
- Kalkhoudende vlakvaaggronden; matig fijn zand
- Kalkhoudende vlakvaaggronden; grof zand
- Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Vlakvaaggronden; grof zand
- Vorstvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Vorstvaaggronden; grof zand
- Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 3

