



Opdrachtgever:

**RIKZ**

## **Veerkracht in het Nederlandse kustbeleid**

Operationalisering en toepassing van de morfologische  
veerkrachtmeter

februari 2000

# Veerkracht in het Nederlandse kustbeleid

Operationalisering en toepassing van de morfologische  
veerkrachtmeter

M. Marchand, P.J.A. Baan, G. Boot & M.J. Baptist

februari 2000



**wL | delft hydraulics**



OPDRACHTGEVER: RIKZ

TITEL: Veerkracht in het Nederlandse Kustbeleid

## SAMENVATTING:

Met dit onderzoek is een uitwerking gegeven aan het begrip *veerkracht* dat in verschillende beleidsnota's thans figureert. Deze uitwerking is specifiek voor kusten en richt zich daarbinnen uitsluitend op het morfologische gedrag. Voor de in eerdere onderzoeken ontwikkelde veerkrachtmeter is een rekenprocedure in GIS ontwikkeld waarmee op een snelle en eenduidige wijze de veerkracht van een willekeurig kustvak kan worden bepaald.

Uit de berekeningen van de veerkracht langs de kust van Egmond tot Camperduin blijkt dat het effect van bebouwing zeer groot kan zijn. Wordt er sterk rekening gehouden met de ruimtelijke 'uitstraling' van bebouwingkernen dan neemt de veerkracht zelfs dramatisch af. Hierbij vallen andere effecten, zoals verschillen in de keuze van parameters (hellingshoek en diepte sluitingsprofiel) en die van andere functies (in dit geval) in het niet.

Bij de berekening van de veerkracht voor de gehele Nederlandse kust valt met name het grote verschil op tussen een meting met en zonder bebouwing. De veerkracht langs de gehele kust ligt met bebouwing nagenoeg onder de 10 en bereikt op diverse kustvakken zeer lage waarden, in tegenstelling tot de veerkracht zonder bebouwing, die dan voor 5 kustvakken groter dan 10 is.

In deze studie is bewust gekozen voor een dynamiek over een betrekkelijk korte tijdspanne (gemiddelde veranderingen in de duinvoetpositie over een voortschrijdende periode van 5 jaar, gemeten over de afgelopen 150 jaar). Wanneer men grotere tijdsperiodes wilt gebruiken vereist dat een nadere analyse van de historische data van de JARKUS-raaien. Ook vereist dit een betere omschrijving hoe het beleid wenst om te gaan met deze langjariger dynamiek in de kustzone. Naast deze discussie omtrent de te hanteren tijdschaal verdient ook het omgaan met veerkracht in langsricting nadere studie.

Met de huidige veerkrachtmeter is gebleken dat het goed mogelijk is op een geformaliseerde wijze een uitspraak te doen omtrent de verhouding buffer en dynamiek. Het herstelvermogen van de kust is daarmee echter nog niet geheel bevredigend in beeld te brengen. Verwacht mag worden dat hiervoor ook andere toestands-indicatoren van de kust een rol zullen spelen.

REFERENTIES: Opdracht RKZ-711  
opdrachtbrief RIKZ/AB 996211

REV.	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
1.0	Marchand	01-11-1999			
2.0	Marchand	13-01-2000			
3.0	Marchand <i>hiz</i>	08-02-2000		Villars <i>hla RIKZ</i>	Schilperoort <i>A.</i>
TREFWOORDEN			INHOUD		STATUS
veerkracht, kustbeheer, Egmond, Bergen, GIS			TEKST: TABELLEN: FIGUREN: APPENDICES	iii+59 pp  3	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG <input type="checkbox"/> CONCEPT <input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF
PROJECTNUMMER: Z2684					

# Inhoud

<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 Doelstelling.....	1-1
1.2 Opzet en uitvoering van het onderzoek.....	1-1
1.3 Verantwoording.....	1-1
<b>2 Theoretische onderbouwing van de veerkrachtmeter</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 Veerkracht als morfologische surplusfactor.....	2-1
2.2 Veerkrachtformule.....	2-1
2.2.1 Hoeveelheid dynamisch zand.....	2-1
2.2.2 Hoeveelheid potentieel mobiel zand.....	2-2
2.2.3 Landwaartse begrenzing van het kustprofiel.....	2-3
2.3 Morfologische betekenis.....	2-4
2.3.1 Beweeglijkheid kust.....	2-4
2.3.2 Berekende veerkracht is momentopname.....	2-5
2.4 Ruimtelijke betekenis.....	2-5
<b>3 Opzet en uitwerking van de GIS applicatie</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 Inleiding.....	3-1
3.1.1 Doel van de applicatie.....	3-1
3.1.2 Omschrijving van de applicatie.....	3-1
3.2 Overzicht van de functionaliteit.....	3-2
3.2.1 Voorbereidende operaties.....	3-2
3.2.2 Veerkracht berekening per kustvak.....	3-4
3.2.3 Veerkracht berekening per raai vak.....	3-6
3.3 Overzicht van de gebruikte bestanden.....	3-8
3.3.1 Data.....	3-8
3.3.2 ArcView specificaties en gebruikte extensies.....	3-9
<b>4 Uitwerking voor het kustgebied Egmond-Camperduin</b> .....	<b>4-1</b>
4.1 Beschrijving van het studiegebied.....	4-1
4.1.1 Natuur.....	4-1
4.1.2 Recreatie en toerisme.....	4-3

4.1.3 Waterwinning.....	4-4
4.1.4 Overzicht van betrokkenen bij het kustbeheer.....	4-5
4.2 Het kustbeheer in heden en verleden.....	4-6
4.3 Analyse van de veerkracht van het kustgebied .....	4-9
4.3.1 Veerkracht van het duingebied.....	4-9
4.3.2 het effect van buitendijkse bebouwing op de veerkracht .....	4-11
4.3.3 het effect van waterwinning op de veerkracht.....	4-15
4.3.4 het effect van te behouden natuur op de veerkracht .....	4-15
4.3.5 Keuze hellingshoek en diepte sluitingsprofiel.....	4-16
4.4 De mening van betrokkenen over veerkracht.....	4-17
4.4.1 Gemeente Egmond .....	4-18
4.4.2 Rijkswaterstaat, Directie Noord Holland.....	4-19
4.4.3 Staatsbosbeheer .....	4-19
4.5 Conclusies naar aanleiding van de case-study .....	4-20
<b>5 Verloop van veerkracht langs de kust .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Verloop van tweedimensionale veerkracht langs de kust .....	5-1
5.2 Morfologisch gedrag van de kust in relatie tot veerkracht.....	5-1
5.3 Rekenkundige integratie van veerkracht over een zekere kustlengte .....	5-2
5.4 Ruimtelijke integratie van veerkracht over een zekere kustlengte .....	5-3
5.5 Implicaties voor een op veerkracht gebaseerd kustbeleid.....	5-3
<b>6 Verloop van veerkracht in de tijd (de vierde dimensie).....</b>	<b>6-1</b>
6.1 Een momentopname .....	6-1
6.2 Trend en fluctuatie .....	6-1
6.3 De factor tijd in de veerkrachtberekening.....	6-1
6.4 Beleidsmatige interpretatie van veerkracht in de tijd.....	6-3
<b>7 Evaluatie van maatregelen ter vergroting van de veerkracht.....</b>	<b>7-1</b>
7.1 Inleiding .....	7-1
7.2 Maatregelen.....	7-1
7.3 Kosten en baten analyse.....	7-2
7.4 Natuurwaarden.....	7-4

7.5 Multicriteria analyse .....	7-4
<b>8 Meting van de veerkrachtindex voor de Nederlandse kust.....</b>	<b>8-1</b>
<b>9 Veerkracht en beleid.....</b>	<b>9-1</b>
9.1 Het huidige beleid.....	9-1
9.2 Veerkracht gekoppeld aan natuurlijke dynamiek .....	9-2
9.3 Als veerkracht geen uitkomst biedt .....	9-2
9.4 Ontwikkelen van een strategie: prioriteit van maatregelen.....	9-3
9.5 Veerkracht met kustuitbreidingen.....	9-3
9.6 Ontwikkeling van nieuw beleid.....	9-4
<b>10 Conclusies.....</b>	<b>10-1</b>
<b>11 Referenties.....</b>	<b>11-1</b>
<b>12 Gebruikte afkortingen .....</b>	<b>12-1</b>

**Bijlage A. Quick Reference**

**Bijlage B. Toelichting op de berekening van kosten en baten ter  
vergroting van veerkracht**

**Bijlage C. Methoden voor natuurwaardering**

# I Inleiding

## I.1 Doelstelling

In een aantal eerdere studies is de definitie en reikwijdte van het begrip veerkracht, alsmede de theoretische onderbouwing voor een op veerkracht gericht kustbeheer onderzocht (Baan *et al.*, 1999. Baan *et al.* 1997). Dit heeft onder meer geleid tot een eerste opzet van een morfologische veerkrachtmeter, waarmee de morfologische veerkracht van een kustgebied kan worden gekwantificeerd. Hoewel de discussie omtrent de mogelijkheden en wetenschappelijke onderbouwing nog niet is afgerond, bieden de resultaten goede perspectieven voor toepassing in het beleid.

De algemene doelstelling van het onderzoek waarvan dit rapport de verslaglegging vormt, is te komen tot een betere onderbouwing met kennis en instrumenten van een op veerkracht gericht duurzaam kustbeheer. Hierbij gaat het in eerste instantie om het kwantificeren van de *morfologische veerkracht* en de consequenties die het toestaan van een meer natuurlijke variabiliteit van de kustlijn op de gebruiksfuncties heeft.

## I.2 Opzet en uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek bouwt voort op eerdere studies, met name van Baan *et al.* (1999), waarin een morfologische veerkrachtmeter is ontwikkeld. Die veerkrachtmeter is in dit onderzoek als uitgangspunt genomen voor de ontwikkeling van een GIS applicatie, waarmee voor de gehele Nederlandse kust de veerkracht kan worden berekend. De applicatie is getest voor het kustvak Egmond aan Zee tot Camperduin. De resultaten hiervan zijn vervolgens geanalyseerd en geïnterpreteerd. Dit heeft geleid tot een beter inzicht in de mogelijkheden, keuzen en beperkingen van de veerkrachtmeter.

Het onderzoek is uitgevoerd door:

drs. M. Marchand (projectleider)

ir. G. Boot

drs. H. van Veldhuizen

drs. F. Hoozemans

P. Baan

M. Baptist

R. Methorst (stagiaire)

M. Dechesne (stagiaire)

N. Villars (kwaliteitscontrole)

## I.3 Verantwoording

Dit rapport is tot stand gekomen dank zij de medewerking van een groot aantal personen. In de eerste plaats geldt dit voor de niet aflatende inzet en interesse van de zijde van de opdrachtgever, RIKZ: Arie Kraak en Gerard Poot. Daarnaast hebben ook anderen van Rijkswaterstaat nuttige adviezen verstrekt: Joost de Ruig (Hoofddirectie), Dick Rakhorst (Dir. Noord Holland), Ies de Vries (RIKZ) en Piet Roelse (RIKZ Middelburg). Ook zijn interviews gehouden met de heer Brommet (Burgemeester van Egmond) en André Smit (Staatsbosbeheer). De schrijvers zijn al deze personen veel dank verschuldigd. Uiteraard berust de eindverantwoordelijkheid van de wijze waarop de diverse bijdragen zijn verwerkt geheel bij de auteurs.

## 2 Theoretische onderbouwing van de veerkrachtmeter

### 2.1 Veerkracht als morfologische surplusfactor

In LWI-kader (Baan et al., 1999) is een methodiek ontwikkeld om de veerkracht van de kust te bepalen en is deze methodiek toegepast op kustuitbreidingsplannen van 'De nieuwe Delta'. Het gaat hier om een *morfologische* surplusfactor. De veerkracht van een kustvak op een bepaald tijdstip wordt gedefinieerd als het volume zand (in een richting loodrecht op de kust), die niet nodig is voor een functie (bijvoorbeeld veiligheid of bebouwing) en die in principe beschikbaar is voor dynamiek, gedeeld door de hoeveelheid zand die (historisch gezien) daadwerkelijk in beweging is. Dit quotiënt van potentieel mobiel en daadwerkelijk dynamisch zand kan worden beschouwd als een soort morfologische surplusfactor, een maat voor de ruimte aan morfologische dynamiek.

### 2.2 Veerkrachtformule

In formule ziet de veerkrachtberekening er als volgt uit:

$$VK(t) = V(pm) / V(d) \quad (1)$$

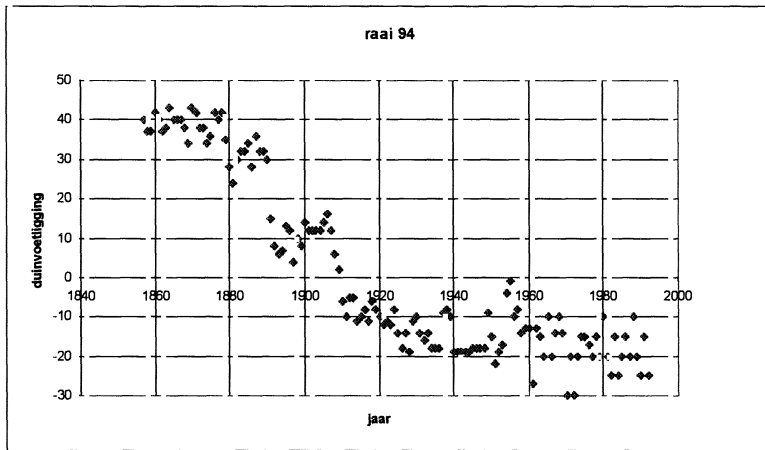
waarin:

- $VK(t)$  = veerkracht op tijdstip  $t$  (dimensie tijd)
- $V(pm)$  = volume potentieel mobiel zand in een kustvak ofwel de hoeveelheid zand die zou kunnen verdwijnen zonder functieverlies ( $m^3$  per meter kustlijn, ofwel  $m^2$ )
- $V(d)$  = volume dynamisch zand ofwel de hoeveelheid zand die aan dynamiek onderhevig is (aangroei en afslag) binnen een zekere periode ( $m^3$  per meter kustlijn per tijdsperiode, ofwel  $m^2 \cdot \text{tijd}^{-1}$ )

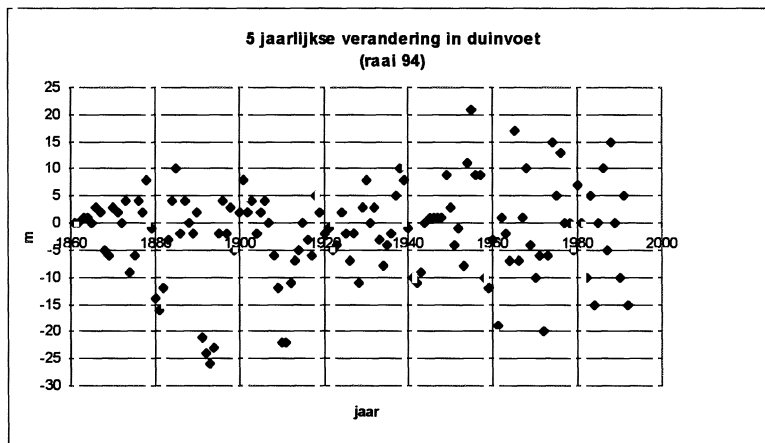
#### 2.2.1 Hoeveelheid dynamisch zand

De hoeveelheid dynamisch zand wordt berekend als het produkt van de verandering van de duinvoet in de tijd ( $\Delta x$ ) en het hoogteverschil tussen de duinvoet en de top van het eerste duin ( $h$ ) (zie figuur 2.2). Als duinvoetverandering geldt daarbij het 95% betrouwbaarheidsinterval ( $2 \times$  standaardafwijking) van de voortschrijdende vijfjaarlijkse verandering van de ligging van de duinvoet (zie figuur 2.1). Voor een bepaalde kustlokatie is de hoeveelheid dynamisch zand in de veerkrachtformule constant.

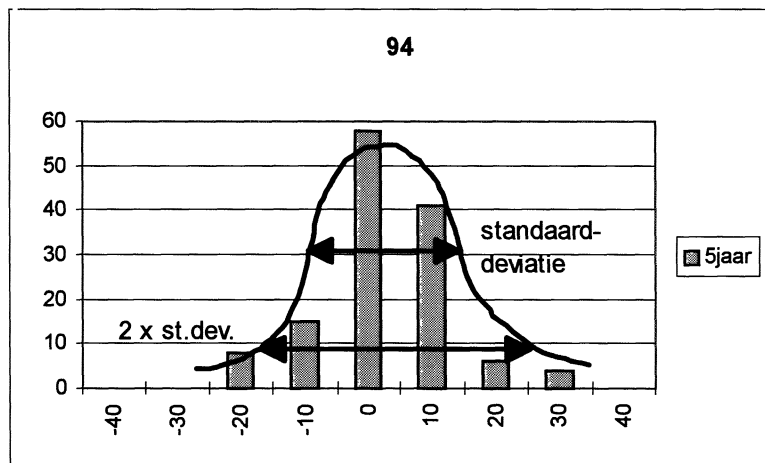




Figuur 2.1a: Oorspronkelijke grafiek duinvoetverandering (raai 94)



Figuur 2.1b: 5-jaarlijkse verandering duinvoet.



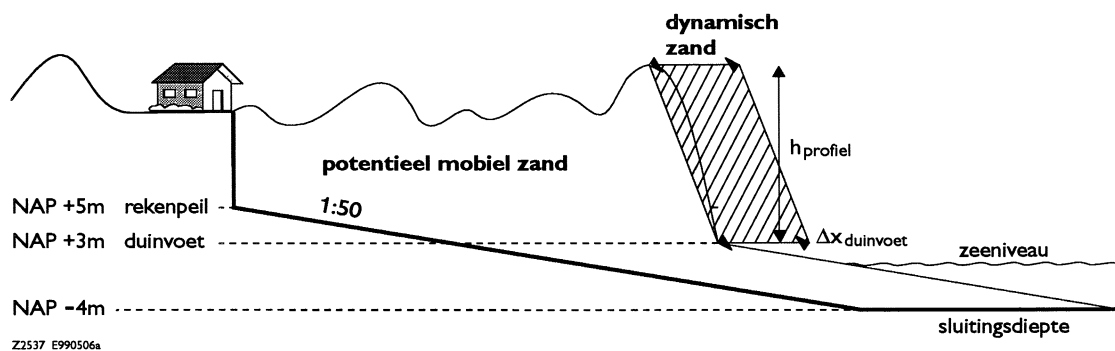
Figuur 2.1c: frequentieverdeling 5-jaarlijkse verandering en standaarddeviaties

## 2.2.2 Hoeveelheid potentieel mobiel zand

Het volume potentieel mobiel zand wordt in eerste instantie berekend als de zandinhoud in het aanwezige kustprofiel per strekkende meter kust boven een zeker sluitingsprofiel (de

onderste begrenzing van het profiel). Vervolgens wordt daar de hoeveelheid zand vanaf getrokken die voor functievervulling nodig is en die dus niet als potentieel mobiel is aan te merken. Zo is voor de functie veiligheid een zekere minimale hoeveelheid zand nodig om het achterland tegen overstroming te beschermen. Hiertoe wordt aan de landzijde van de kust een standaard grensprofiel (TAW, 1995) aangehouden. Dit grensprofiel is omgerekend naar een kritisch zandvolume boven het rekenpeil van NAP + 5 meter. De aanwezigheid van andere functies kan er ook toe leiden dat de hoeveelheid zand, die potentieel mobiel is, wordt beperkt. Bijvoorbeeld als sprake is van bebouwing of waterwinning in de duinen is het zand ter plaatse nodig voor deze functies en niet meer beschikbaar voor dynamiek.

Het kustprofiel loopt normaal gesproken vanaf de landzijde in de richting van zee naar beneden af. Dat impliceert dat het zand onder deze aflopende lijn niet als potentieel mobiel zand mag worden aangemerkt. De hellingshoek verschilt enigszins van lokatie tot lokatie, maar de verschillen zijn niet al te groot. Voor de veerkrachtberekeningen is een gemiddelde waarde voor de hellingshoek aangehouden van 1:50. De hoeveelheid zand boven de sluitingsdiepte waarop geen beslag wordt gelegd door functies wordt aangemerkt als potentieel mobiel zand. In figuur 2.2 zijn de elementen/parameters schematisch weergegeven die in de veerkrachtberekening een rol spelen.



Figuur 2.2 Parameters in de bepaling van veerkracht

### 2.2.3 Landwaartse begrenzing van het kustprofiel

De functie veiligheid vormt de landwaartse begrenzing van het kustprofiel. Andere gebruiksfuncties kunnen beslag leggen op het deel van het kustprofiel dat niet nodig is voor de veiligheid, waardoor dit deel ook niet meer beschikbaar is voor kustdynamiek. Voor de functie veiligheid wordt aan de landzijde van de kust (binnenduintrand) een standaard grensprofiel (Basisrapport Zandige Kust, 1995) aangehouden. Dit grensprofiel is omgerekend naar een kritisch zandvolume boven het rekenpeil van NAP + 5 meter.

## 2.3 Morfologische betekenis

### 2.3.1 Beweeglijkheid kust

Een zandige kust is beweeglijk. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende soorten beweeglijkheid, die vaak gezamenlijk optreden (zie ook grafieken van figuur 4.5):

1. Kortdurende (cyclische) veranderingen (op een termijn van ongeveer een jaar). Het gaat hierbij om veranderingen van de vorm van het kustprofiel door stormafslag. De hoeveelheid zand in het profiel verandert niet, maar als gevolg van de storm wordt zand van de duinrand verplaatst naar de vooroever. Daarna herstelt het profiel zich geleidelijk weer onder invloed van golven, stroming en wind.
2. Veranderingen op een termijn van enkele jaren. Het gaat hierbij om een al dan niet cyclisch patroon van kustverandering. Binnen deze periode verandert de hoeveelheid zand in het kustprofiel. Oorzaken zijn storm- en golfwerking, wind en stroming, en kustlangs zandtransport.
3. Langer durende (cyclische) veranderingen (op een termijn van tientallen jaren). Stormen (met windkracht 7 en meer) brengen het zand van de zeebodem in beweging en creëren zandgolven. Deze zandgolven verplaatsen zich langs de kust met als gevolg een cyclisch patroon van aangroei en afslag.
4. Een geleidelijke (trendmatige) verandering van de kust (kusterosie of -aangroei) over de jaren. Daardoor neemt de hoeveelheid zand in het kustprofiel toe of af. Het huidige beleid (sinds 1990) is erop gericht de afnemende trend om te buigen in een neutrale of positieve waarde.

Bij de bepaling van de hoeveelheid dynamisch zand (de voortschrijdende vijfjaarlijkse verandering van de ligging van de duinvoet) gaat het vooral om de tweede vorm van kustverandering. In de praktijk kan deze verandering evenwel niet helemaal los van de andere veranderingen worden bepaald. Er is sprake van een zekere wisselwerking en ook is de methode van bepaling van het volume dynamisch zand niet zodanig zuiver, dat andere invloeden niet meetellen. Een correctie voor een trendmatige verandering kan bijvoorbeeld alleen worden uitgevoerd als de trend eenduidig is vast te stellen. Dit heeft gevolgen voor de interpretatie van de uitkomsten van de op bovenstaande wijze uitgevoerde veerkrachtmeting. Om voldoende ruimte te bieden aan de boven beschreven heeft de kust voldoende buffer (potentieel mobiel zand) nodig. De kust zou een zekere minimale veerkracht-waarde moeten hebben om al deze vormen van dynamiek aan te kunnen. Als de veerkracht bijvoorbeeld 5 of 10 is betekent dit dat de hoeveelheid potentieel mobiel zand 5 tot 10 keer zo groot is als de hoeveelheid dynamisch zand *bezien over een periode van vijf jaar* (met 95% betrouwbaarheid). We zouden ook kunnen zeggen dat het morfologische surplus van een factor 5 tot 10 een vorm van 'zekerheid' geeft voor een periode van 25 tot 50 jaar.

In de huidige veerkrachtmeter wordt de 5-jaarlijkse dynamiek dus goed berekend. De dynamiek op groter tijdschaal en de trends over vele jaren worden echter niet meegenomen. Afhankelijk van waar het beleid zich op richt kan de keuze worden gemaakt om in het veerkrachtgetal ook de langere termijn aan te geven (dynamiek over bijvoorbeeld 25 of 50 jaar).

### 2.3.2 Berekende veerkracht is momentopname

Bij de berekening van de veerkracht op de boven beschreven wijze gaat het om een momentopname. Als gevolg van trendmatige erosie of aangroei van de kust neemt de waarde van het potentiële mobiele zand in de loop der jaren af c.q. toe. Dit betekent dat de veerkracht dus een functie is van de tijd. Bij het vaststellen van bijvoorbeeld de gewenste waarde voor de veerkracht moet hiermee rekening worden gehouden. Men zou kunnen overwegen de veerkracht zodanig te definiëren dat deze constant is zolang het kuststelsel niet wezenlijk verandert (bijv. door bebouwing, landgebruik e.d.) (zie ook hoofdstuk 6).

### 2.4 Ruimtelijke betekenis

In ruimtelijke zin is bij de veerkrachtmeter vooral het volume potentieel mobiel zand van belang. Het volume dynamisch zand is voor een kustvak een gegeven en verandert waarschijnlijk maar weinig in de loop van de tijd, tenzij er door de mens wordt ingegrepen. Naarmate de functies in het kustgebied verder landinwaarts worden geplaatst, neemt het volume potentieel mobiel zand toe en de veerkracht dus ook (zie ook figuur 2.2). Een zekere gewenste veerkracht laat zich dan vertalen in een landinwaarts gelegde lijn, waarvan zee- waarts geen functies meer kunnen worden toegestaan. Naarmate de gewenste waarde van de veerkracht groter is komt deze 'gewenste veerkrachtlijn' verder landinwaarts te liggen en moet een bredere kustzone ongemoeid worden gelaten. Uiteindelijk resulteert dit in een ruimtelijke beperking van functies, die bijvoorbeeld in hectares kan worden uitgedrukt.

## 3 Opzet en uitwerking van de GIS applicatie

### 3.1 Inleiding

De GIS applicatie die in het kader van het veerkracht project ontwikkeld is, maakt gebruik van ArcView 3.1. ArcView is aangevuld met Avenue scripts (programmeertaal van ArcView). De User Interface van ArcView is uitgebreid met een aantal extra menu's en menu-items. Het activeren van deze nieuwe menu(-item)s zorgt ervoor dat Veerkracht specifieke operaties worden uitgevoerd. Voor een uitgebreide beschrijving van de applicatie wordt verwezen naar Bijlage A (Quick Reference).

#### 3.1.1 Doel van de applicatie

Het doel van de applicatie is om de veerkrachtmeter (Baan *et al*, 1997) te vertalen naar een driedimensionale omgeving. Daar waar de genoemde veerkrachtmeter voor slechts 1 JARKUS-raai het veerkrachtgetal kon berekenen (2-dimensionaal), wordt in een GIS de mogelijkheid geboden om voor meerdere JARKUS-raaien en zelfs hele kustvakken het veerkrachtgetal te berekenen. Er vindt een interpolatieslag plaats van puntdata (JARKUS meetpunt) naar gebiedsdekkende (vlakdekkende) data. Door middel van 3D GIS kunnen volumina worden berekend. Door bewerking en interpolatie van gegevens worden in deze applicatie de volumina voor Potentieel Mobiel Zand, Dynamisch Zand en Sluitingsprofiel ('Driehoek') berekend. Met deze volumina kan dan de formule voor de veerkracht ingevuld worden.

#### 3.1.2 Omschrijving van de applicatie

De applicatie bestaat uit een groot aantal extra menu-items die in staat zijn voor de veerkracht specifieke operaties uit te voeren. Deze operaties hebben betrekking op o.a. het inlezen, interpoleren, samenvoegen, bevragen en omzetten van data. Belangrijke uitgangspunten zijn de jaarlijkse kustmetingen (JARKUS) die hoogtegegevens bevat van de eerste duinenrij tot zo'n kilometer in zee. Dit aangevuld met gegevens van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) levert een gebiedsdekkend hoogtebestand op, waaruit het Potentieel Mobiel Zand en het Sluitingsprofiel (Driehoek) berekend wordt.

Het Dynamische Zand vindt zijn oorsprong uit de zogenaamde strandlijnenbestanden van JARKUS. Hiertoe wordt per zogenaamde 'statistiek-raai' de standaardafwijking van het vijfjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de afstand RijksStrandPaal (RSP) - Duinvoet bepaald. Deze standaardafwijking is een maat voor de dynamiek (in de tijd) van de desbetreffende raai. Er vindt vervolgens een vertaalslag plaats van deze standaardafwijking naar de overige raaien in de directe omgeving van de statistiek-raai. Het Dynamisch Zand is een vermenigvuldiging van de standaardafwijking ( $\Delta x$  duinvoet) en de hoogte van de eerste duintop ( $h$ )(zie figuur 2.2). Aangezien deze voor iedere raai bekend is kan deze berekening voor iedere raai worden uitgevoerd.

Zowel het Potentieel Mobiel Zand als het Dynamisch Zand zijn voor elke raai bekend. Het gebied tussen de raaien (langs de kust) vormt de derde dimensie. Het gebruik van ArcView met de extensies Spatial Analyst en 3D Analyst biedt uitkomst voor dit probleem. De kracht van het GIS is om de 2 dimensionale gegevens te vertalen naar een 3 dimensionale omgeving. Door de gebruiker gedefinieerde grenzen (kustvakken, raai vakken) vormen het kader waarin de veerkracht berekend wordt.

In paragraaf 3.2 wordt een overzicht van de functionaliteit gegeven. Daarna volgt een overzicht van de gebruikte bestanden.

## 3.2 Overzicht van de functionaliteit

### 3.2.1 Voorbereidende operaties

De veerkracht berekeningen gaan uit van een bepaald meetjaar. Voor dit jaar moeten JARKUS gegevens bekend zijn. Om te komen tot een gebiedsdekkend hoogtebestand moet een aantal operaties eenmalig worden uitgevoerd. Dit zijn de menu-items die vallen onder het menu *VK Preprocessing* (zie bijlage Quick Reference).

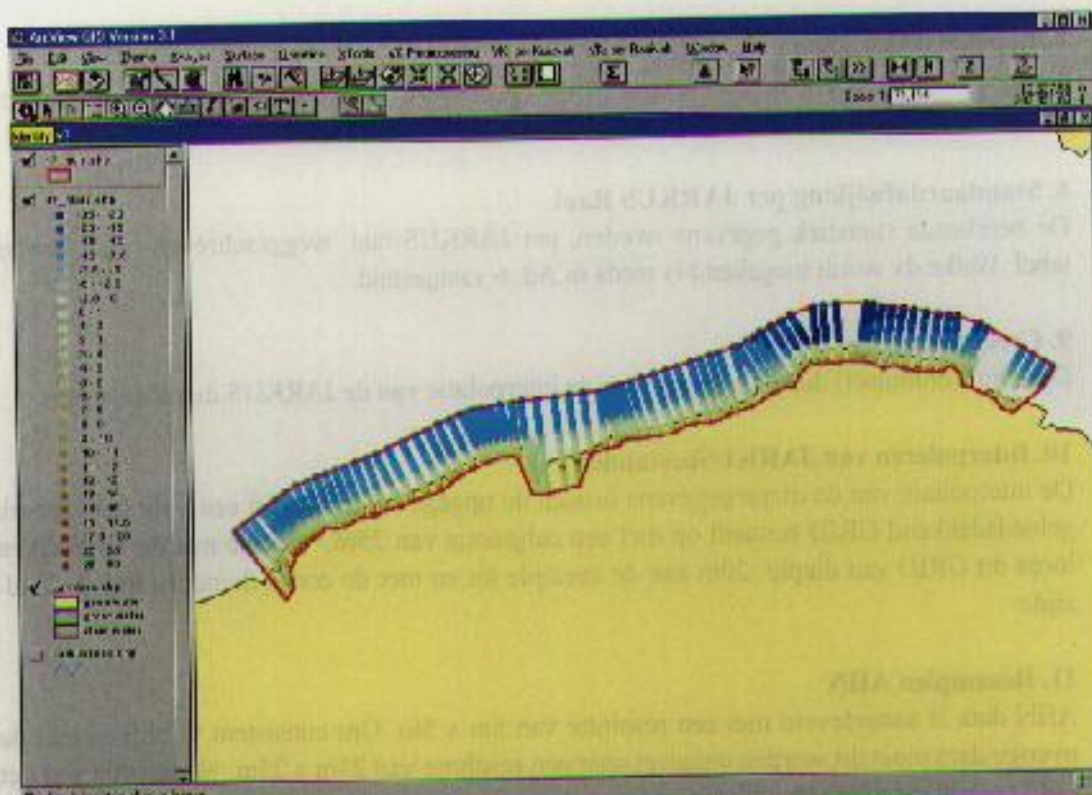
Het gaat dan om de volgende menu-items:

1. Importeren JARKUS gegevens (CD)
2. Importeren RSP (CD)
3. Importeren Statistiek Raaien
4. Creëren Look-up table
5. Beïnvloedingsgebieden statistiek raaien
6. Statistiek raai gegevens-> JARKUS Raai
7. Bepalen duinhoogte per JARKUS Raai
8. Standaardafwijking per JARKUS Raai
9. Creëren hul
10. Interpoleren van JARKUS bestanden
11. Resamplen AHN
12. Samenvoegen AHN & JARKUS
13. Contourlijnen

#### 1. Importeren JARKUS gegevens (CD)

Van de JARKUS CD wordt een meetjaar en een kustvak geselecteerd en er wordt een punten shape file met attribootgegevens aangemaakt. Raainummer, diepte (of hoogte) en hoek (van de JARKUSraai met het noorden) van elk meetpunt wordt opgeslagen.

Figuur 3.1 geeft een indruk van een dergelijke punten *shape* file. Hier is voor kustvak 17 (Zeeuws Vlaanderen) de JARKUS data voor 1997 ingelezen en omgezet. De kleuren geven een indruk van de diepte (of hoogte) van het punt. De rode lijn is de 'hul' voor het kustvak (zie ad 9).



Figuur 3.1: Punten shape file van JARKUS data uit 1997 voor kustvak Zeeuws-Vlaanderen (geclassificeerd op diepte in meters)

## 2. Importeren RSP (CD)

Aanmaak van een punten shape file met daarin opgenomen de RSP's (RijksStrandPalen).

## 3. Importeren Statistiek Raaien

Van de JARKUS CD wordt een meetjaar geselecteerd en er wordt een punten shape file aangemaakt zoals in ad 1. Verder wordt er van elke (statistiek) raai de standaardafwijking van het vijfjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de afstand [duinvoet-RSP] bepaald en weggeschreven in een tekstbestand.

## 4. Creëren Look-up table

De lookup tabel bevat achtergrond informatie die voor de veerkrachtberekening van belang is. In deze stap wordt de tabel gemaakt, in vervolgstappen wordt de tabel gevuld.

## 5. Beïnvloedingsgebieden statistiek raaien

Er wordt met behulp van zogenaamde Thiessen polygoenen de 'beïnvloedingssfeer' van elke statistiek raai bepaald. Resultaat is een polygoenenbestand met de invloedssfeer van elke statistiek raai

## 6. Statistiek raai gegevens -> JARKUS Raai

De beïnvloedingssfeer van elke statistiek raai volgt uit Ad. 5. Het wegschrijven van het statistiek-raai-nummer naar de raaien die in de beïnvloedingssfeer van de desbetreffende statistiek-raai vallen, vindt hier plaats.

## 7. Bepalen duinhoogte per JARKUS Raai

Van elke raai moet ook de duinhoogte berekend worden. Van elke raai wordt de duinhoogte van de eerste duintop bepaald en weggeschreven in de *lookup* tabel.

## 8. Standaardafwijking per JARKUS Raai

De berekende statistiek gegevens worden, per JARKUS-raai, weggeschreven in de *lookup* tabel. Welke dx wordt toegekend is reeds in Ad. 6 vastgesteld.

## 9. Creëren hul

Deze hul (omhulsel) dient als grens voor de interpolatie van de JARKUS dieptegegevens.

## 10. Interpoleren van JARKUSbestanden

De interpolatie van de dieptegegevens binnen de opgegeven hul levert een voor het kustvak gebiedsdekkend GRID bestand op met een celgrootte van 25m. Voor de meeste kustvakken loopt dit GRID van diepte -20m aan de zeezijde tot en met de eerste duinenrij aan de landzijde.

## 11. Resamplen AHN

AHN data is aangeleverd met een resolutie van 5m x 5m. Om consistent te blijven met de overige data moet dit worden omgezet naar een resolutie van 25m x 25m. Na selectie van het GRID wordt de celgrootte aangepast.

## 12. Samenvoegen AHN & JARKUS

AHN data en JARKUS data moeten aan elkaar worden geplakt om een gebiedsdekkend geheel te verkrijgen. Het resultaat van deze operatie levert het DTM (digitale terrein model) van het gebied op.

## 13. Contourlijnen

Isolijnen (punten met gelijke hoogte verbonden tot een lijn) worden hier gegenereerd.

### *Nieuwe grens aan de landzijde*

De grens aan de landzijde wordt bepaald door gebruiksfuncties (zoals bebouwing) waarvan besloten kan worden dat deze beschermd moeten worden. Het uitgangspunt is de binnenduintrand (die samen kan vallen met de dijkkring) die als grens aan de landzijde dient bij de veerkracht berekening zonder bebouwing. Bebouwing in de duinen zorgt ervoor dat de grens aan de landzijde meer zeewaarts komt te liggen en het met name het volume potentieel mobiel zand wordt verkleind. Het bepalen van deze nieuw lijn gebeurt met een knop (button) in de *toolbar*.

### 3.2.2 Veerkracht berekening per kustvak

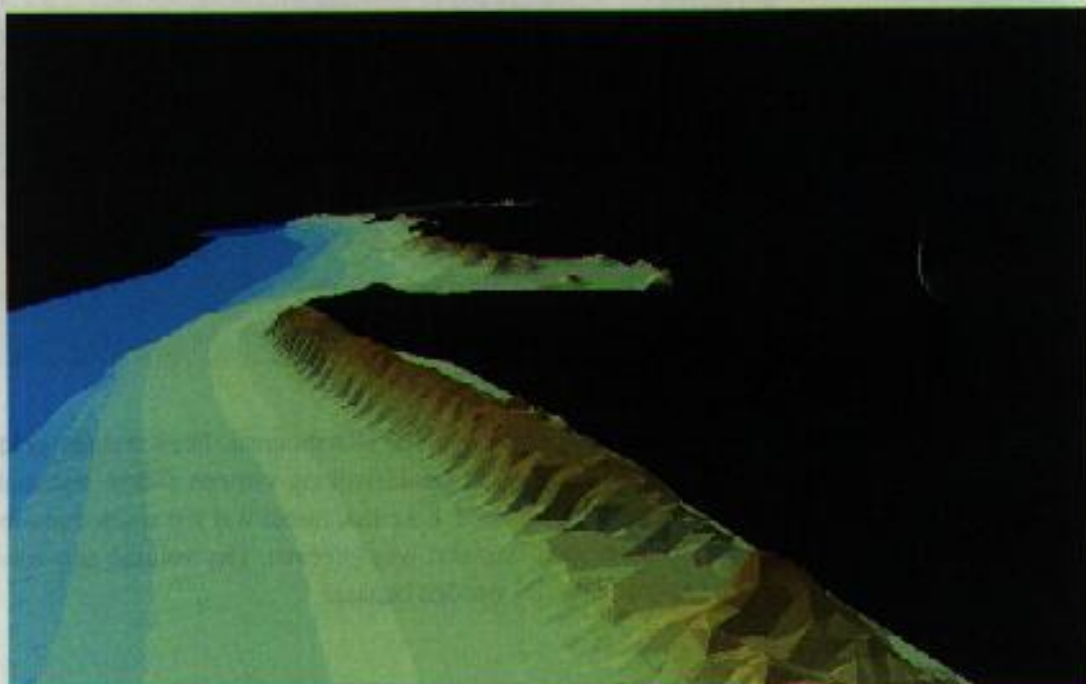
Voor de berekening van de veerkracht in een kustvak moeten de volgende bestanden aanwezig zijn (zie ook figuur 2.2):

1. GRID bestand van het DTM
2. Omhullende polygoon van het kustvak
3. Grens aan de landzijde: dit kan de binnenduintrand zijn (veerkracht zonder bebouwing) of een lijn die rekening houdt met de bebouwing
4. RSP punten shape file



### Potentieel Mobiel Zand

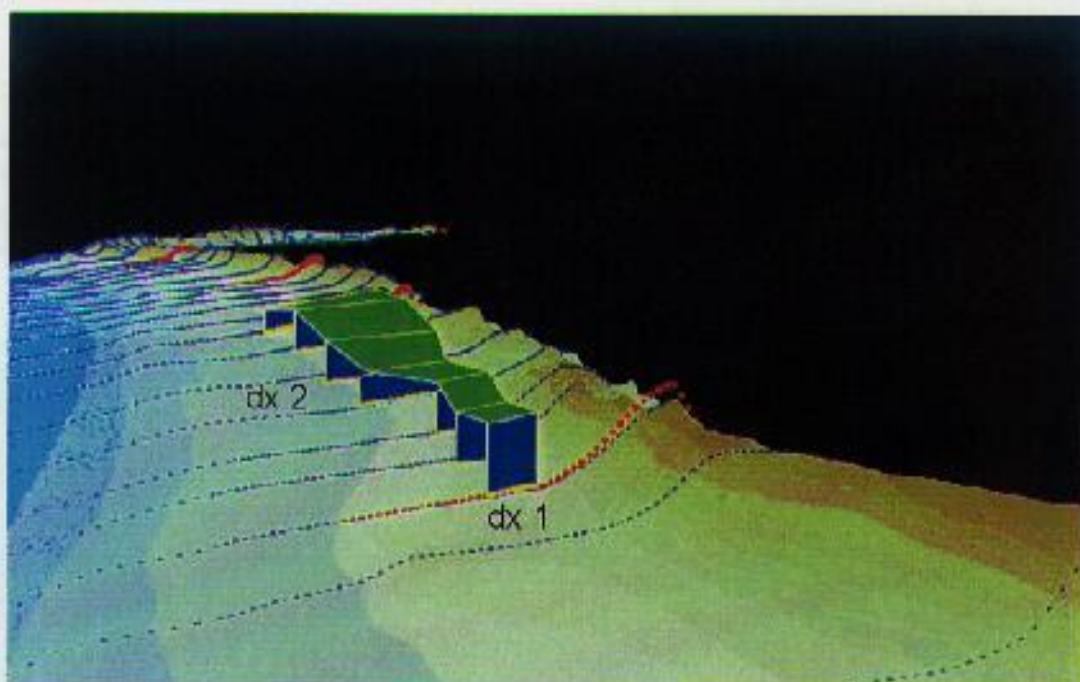
Per kustvak worden de drie onderdelen van de veerkrachtformule apart uitgerekend. De eerste 3 menu-items van het menu *VK: per kustvak* behandelen het Potentieel Mobiel Zand (pmz). Stap 1 is het creëren van contourlijnen op basis van het DTM (GRID bestand) van het kustvak. Vervolgens wordt op basis van deze contourlijnen en met als 'grens' de omhullende polygoon een TIN gemaakt. Stap 3 is de berekening van het volume boven de -4m NAP.



Figuur 3.2: Een 3-dimensionale impressie van kustvak 17 (Zeeuws Vlaanderen) als TIN

### Dynamisch Zand

De berekening van het Dynamisch Zand (dz) gebeurt in 5 stappen. Allereerst wordt voor elke raai de standaarddeviatie (dx) geprojecteerd vanaf de positie van de RSP. Vervolgens wordt dit puntenbestand omgezet naar een 3-dimensionaal puntenbestand (stap 2). Het definiëren van een 'omhullende' polygoon voor deze punten geschiedt in stap 3. Deze 'hul' vormt weer de grens voor het te creëren TIN van het Dynamisch Zand in stap 4. Stap 5 tenslotte berekent het volume voor het Dynamisch Zand. Dit volume aan zand 'ligt er feitelijk niet' dus wordt het volume vanaf het 0 niveau berekend. In figuur 3.3 wordt gevisualiseerd hoe het Dynamisch Zand wordt berekend.



Figuur 3.3: Bepaling van het Dynamisch Zand

$dx 1$  is de standaardafwijking gebaseerd op een bepaalde statistiekraai. Deze waarde geldt voor aangrenzende 'gewone raaien'.  $dx 2$  is de standaardafwijking van een andere statistiek raai. Deze wordt ook aan 'gewone raaien' toegekend. Elke raai houdt wel z'n eigen duintop-hoogte. Het vlak wat door deze toppen gaat is groen weergegeven. Het volume aan zand hieronder (wat er dus niet ligt) kan met een TIN worden bepaald

#### *Driehoek*

De driehoek moet van het pmz worden afgetrokken. De driehoek start aan de grens aan de landzijde op een hoogte van +5m NAP en loopt met een helling van 1:50 naar de (theoretische) -4m NAP. De afstand over het horizontale vlak is 450m.

Het volume van deze driehoek wordt in een viertal stappen berekend. Stap 1 is een het creëren van een 'buffer' van 450m om de grens aan de landzijde. De zeewaartse lijn van deze buffer is dus de (theoretische) -4 lijn. Deze wordt in stap 2 vastgelegd. De grens aan de landzijde (dijkkring of binnenduinrand), de -4 lijn en het zeewaartse deel van de eerder genoemde buffer zijn input voor het te creëren TIN. Tot slot wordt in stap 4 van dit TIN het volume boven het -4 vlak berekend.

Als de drie volumina bekend zijn kan de veerkracht formule ingevuld worden en is het getal voor de veerkracht voor dit kustvak bekend.

### **3.2.3 Veerkracht berekening per raai vak**

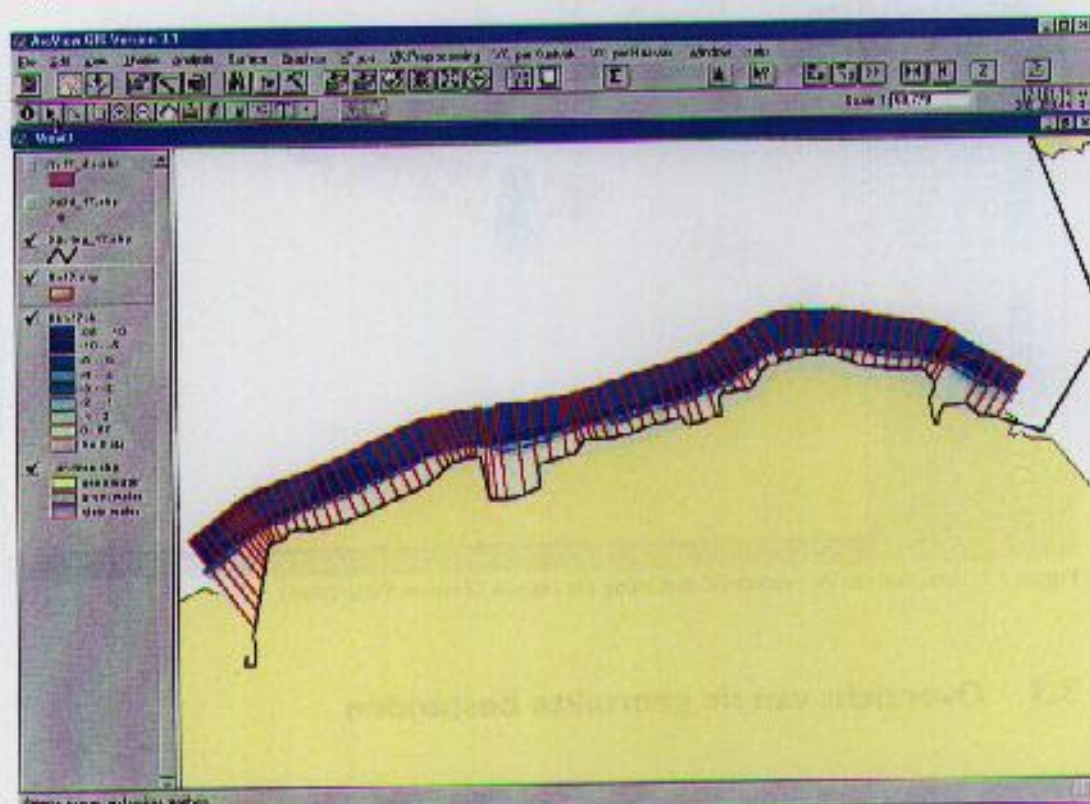
Per raai vak worden ook de drie benodigde volumina (pmz, driehoek en dz) berekend. Op deze manier wordt het getal voor de veerkracht voor een deel van het kustvak berekend. De volumina per raai vak wordt overigens op een ietwat andere manier berekend dan bij het gehele kustvak. De eerder genoemde GRID bestanden spelen een belangrijkere rol.

De volgende bestanden zijn nodig om een berekening van de veerkracht per raai vak te kunnen starten:

1. bestand met de raai vakken
2. bestand de omhullende polygoon van de raai vakken
3. het digitale terrein model van het kustvak
4. het TIN bestand van de driehoek (uit 3.2.2)
5. het TIN bestand van het dynamisch zand (3.2.2)

#### Potentieel Mobiel Zand

In de berekening van het volume aan pmz wordt, uitgaande van het TIN bestand van de driehoek en het digitale terrein model van het kustvak een aantal nieuwe bestanden aangemaakt en specifieke operaties uitgevoerd zodat er uiteindelijk één bestand ontstaat waarin per gridcel het volume aan Potentieel Mobiel Zand staat weergegeven. Figuur 3.4 bevat het digitale terrein model van het kustvak Zeeuws Vlaanderen met de raai vakken



Figuur 3.4: DTM van Zeeuws Vlaanderen met bijbehorende raai vakken.

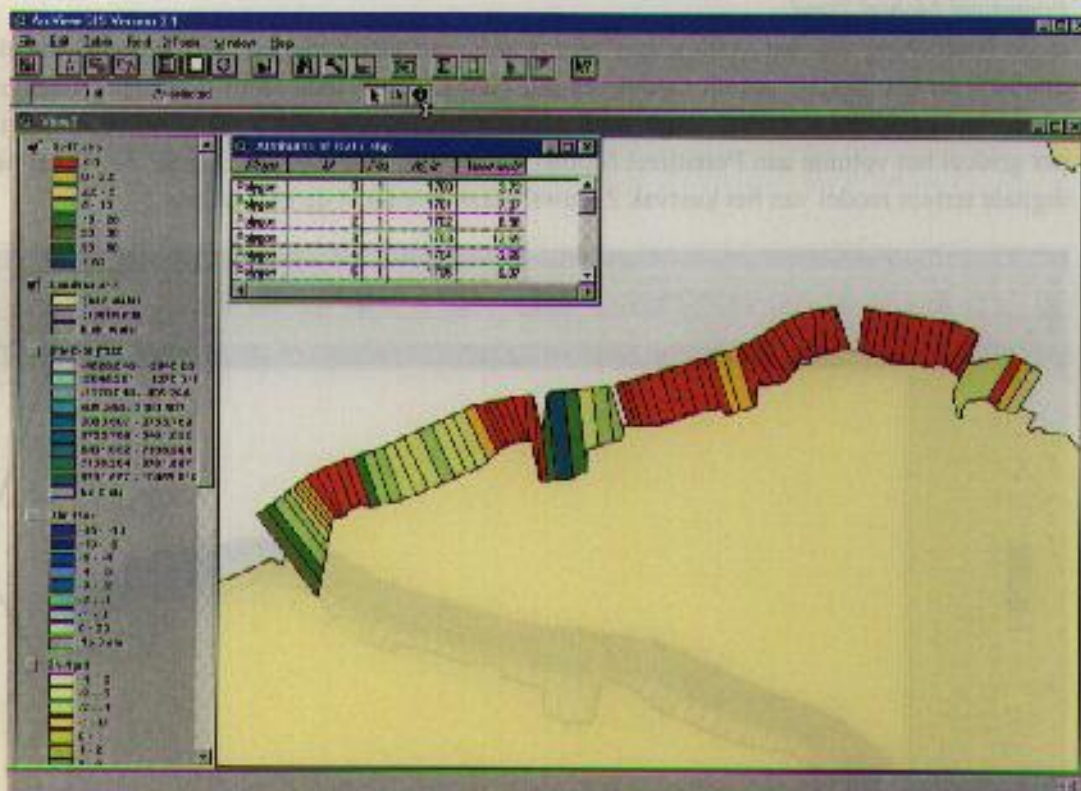
Via een specifieke operatie wordt per raai vak het volume Potentieel Mobiel Zand berekend en in een tabel weggeschreven.

#### Dynamisch Zand

In de berekening van het volume aan dz wordt, uitgaande van het TIN bestand van het Dynamisch Zand een aantal operaties uitgevoerd om te komen tot een nieuw bestand waarin per gridcel het volume Dynamisch Zand berekend is. Via de dezelfde operatie als bij het pmz wordt per raai vak het volume Dynamisch Zand berekend en in een tabel weggeschreven.

#### Veerkrachtberekening

De veerkrachtberekening geschiedt als volgt. Voor het bestand met de raaiavakken wordt in de GIS tabel een extra kolom aangemaakt met de naam 'veerkracht'. Voor elk individueel raaiavak wordt deze kolom gevuld met de waarde pmz/dz. Zo ontstaat een gevulde kolom met veerkrachtwaarden. Voor bepaalde raaiavakken kan geen veerkracht berekend worden omdat dz gelijk aan nul kan zijn. Deze cellen blijven dan leeg. Heel lage waarden (negatief) kunnen voorkomen maar leveren een veerkracht op die gelijk is aan nul. Oorzaak is meestal dat het potentieel mobiele zand kleiner is dan de driehoek die er van moet worden afgetrokken.



Figuur 3.5: Resultaat van de veerkrachtberekening per raaiavak (Zeeuws Vlaanderen)

### 3.3 Overzicht van de gebruikte bestanden

#### 3.3.1 Data

Voor het ontwikkelen en het testen van de applicatie en voor het berekenen van de getallen voor de veerkracht is van bepaalde data gebruik gemaakt. Hieronder volgt een opsomming van de gebruikte bestanden:

1. JARKUS data set. CDROM uitgebracht en gedistribueerd voor de NCK-dagen, bestandsversie 1.0, nr 990221, februari 1999.
2. Top 50 Vector huizen. Bebouwingsgegevens in \*.e00 bestanden opgedeeld naar kaartbladomschrijving (1:25000) van de topografische dienst;
3. AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) 5x5m GRID bestanden langs de gehele Nederlandse kust, opgedeeld naar kaartbladomschrijving (1:25000) met richting (Noord, Zuid etc.) en nummer (1,2 etc.) specificatie.

### 3.3.2 ArcView specificaties en gebruikte extensies

Deze applicatie maakt gebruik van ArcView 3.1 en de specifieke veerkrachtroutines zijn geschreven in Avenue. Verder wordt er aantal extensies gebruikt die de gebruiker op de PC aanwezig moeten zijn:

1. De ESRI Extensies: Spatial Analyst en 3D Analyst
2. Overige extensies: Xtools, Geoprocessing Wizard, en Thiessen polygonen V2.1

## 4 Uitwerking voor het kustgebied Egmond-Camperduin

### 4.1 Beschrijving van het studiegebied

Het studiegebied strekt zich uit van Egmond aan zee tot Camperduin, waar de duinen overgaan in de Hondsbosse Zeewering (zie figuur 4.1). Het kustgebied kenmerkt zich door een overwegend breed duinmassief, dat bovendien tot de hoogste van Nederland gerekend kan worden (tot wel 54 m boven NAP). De breedte varieert van ruim twee tot maximaal 4.5 km (ter hoogte van Schoorl). Ter hoogte van Egmond aan zee en Bergen aan Zee is het grootste deel van de duinen bebouwd.

#### 4.1.1 Natuur

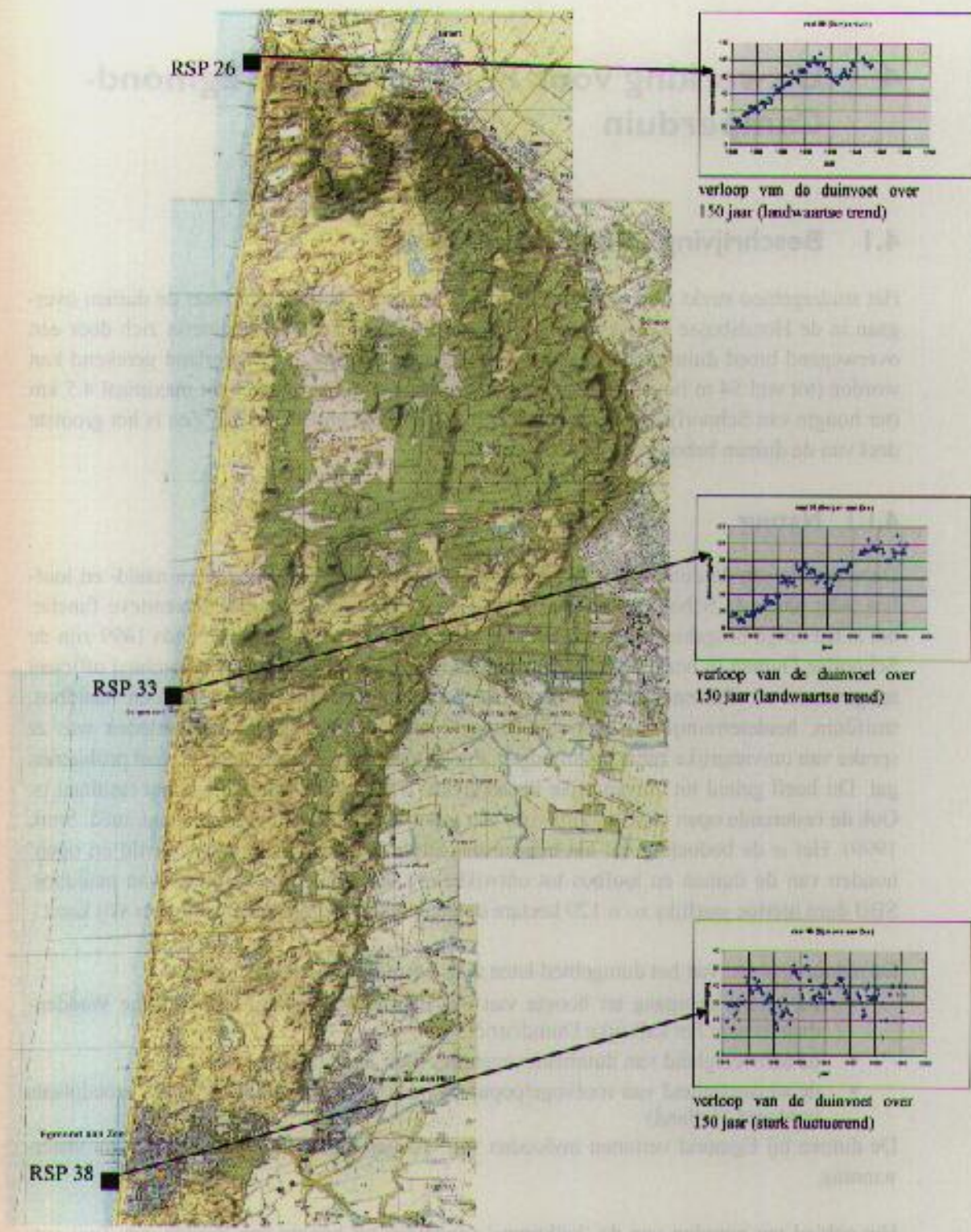
De vegetatie van de duinen bestaat uit overwegend droge duingraslanden en naald- en loofbos. Met name de Schoorlse Duinen hebben een belangrijke regionale recreatieve functie: het is het enige bosgebied van een redelijke omvang in de wijde omtrek. Sinds 1899 zijn de Schoorlse Duinen in bezit van Staatsbosbeheer (SBB) en in juli 1992 is het gebied officieel aangewezen tot Staatsnatuurmonument. Het betreft bijna 1900 hectare loof- en naaldbos, stuifduin, heideterreintjes en een rijk begroeide binnenduinstrand. In het verleden was er sprake van omvangrijke zandverstuivingen, die de toenmalige duinbeheerder veel problemen gaf. Dit heeft geleid tot omvangrijke bosaanplant, waarvan het huidige bos het resultaat is. Ook de resterende open plekken zijn voor een groot deel met helm beplant (mon. med. Smit, 1999). Het is de bedoeling dat het beheer zich in de toekomst richt op het 'wild en open' houden van de duinen en loofbos tot ontwikkeling laat komen in de plaats van naaldbos. SBB dunt hiertoe jaarlijks zo'n 120 hectare dennen, zodat de bosbodem wat meer vrij komt.

De natuurwaarden van het duingebied laten zich kenmerken door drie facetten:

- de unieke overgang ter hoogte van Bergen van het kalkarme floristische Waddendistrict naar het kalkrijke Duindistrict;
- de aanwezigheid van duinheidevegetaties (o.m. kraaiheide)
- de aanwezigheid van roofvogelpopulaties en de nachtzwaluw (de enige broedplaats in Noord-Holland).

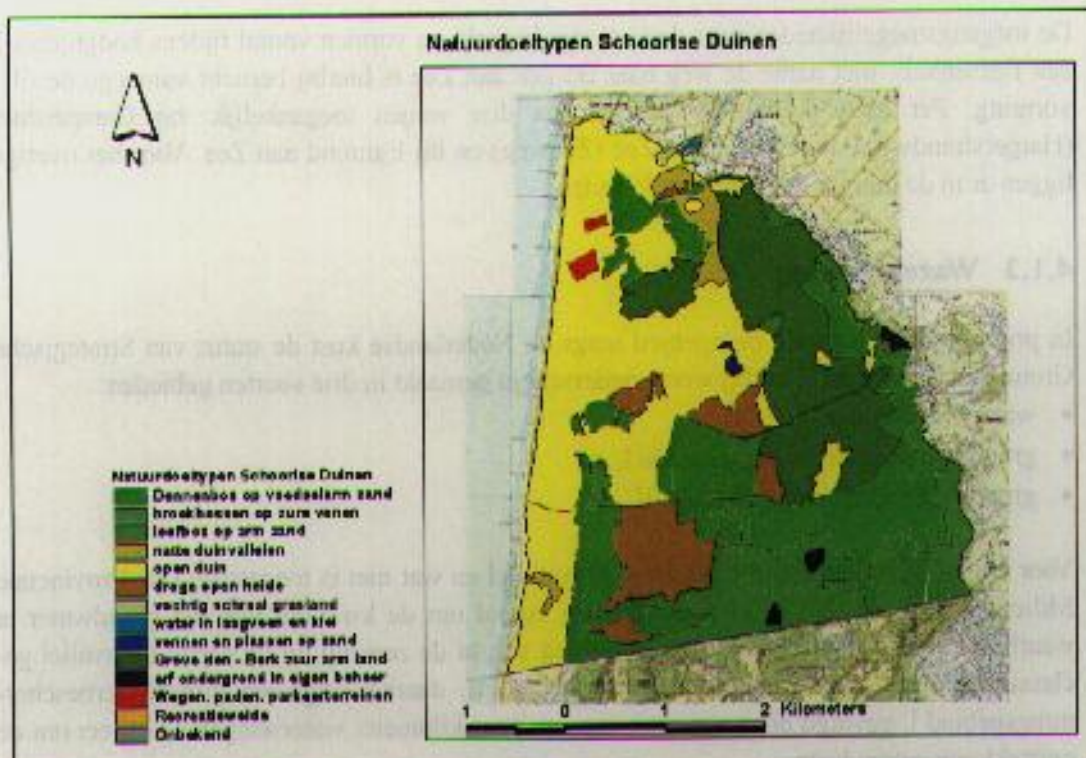
De duinen bij Egmond vertonen invloeden van vroeger agrarisch gebruik en van de waterwinning.

Het gebied ten noorden van de 'kalkgrens' (ongeveer ter hoogte van Bergen aan Zee) vertoont kenmerken van een zeer sterk en langdurig verstoven duinterrein. De mineraalarmoede en het geringe vastleggend vermogen van de planten wordt weerspiegeld in de duinvormen. Een groot oppervlak bestaat uit loopduinen en loopduinvlaktes (Bakker, Klijn & Van Zadelhoff, 1979).



Figuur 4.1: Kaart van het studiegebied. Tevens is voor drie rassen de duinvoetligging in 150 jaar aangegeven

Als illustratie van de karakteristiek van het dungebied is voor de Schoorlse duinen de natuurdoeltypenkaart van Staatsbosbeheer weergegeven (zie figuur 4.2). Zoals ook in tabel 4.1 is af te lezen bestaat het grootste deel van de vegetatie uit loof- en naaldbos met daarnaast een aanzienlijk gedeelte open duin. Natte duinvalleien bestaan zo'n 17 hectare (onder meer de 'Kerf').



Figuur 4.2: Natuurtypen van de Schoorlse Duinen (Bron: SBB)

Tabel 4.1: Oppervlakte natuurtypen van de Schoorlse Duinen (bron: SBB).

Subdoeltypen Schoorlse Duinen	Oppervlakte (afgerond op hele ha)
dennebos op voedselarm zand	436
broekbossen op zure venen	3
loofbos op arm zand	254
natte duinvalleien	17
open duin	595
droge open heide	136
veenmosrietland en trilveen	1
vochtig schraal grasland	3
water in laagveen en klei	1
vennen en plassen op zand	3
grove den - berk zuur, arm zand	281
overig terrein	122

#### 4.1.2 Recreatie en toerisme

Egmond is de op drie na (Zandvoort, Noordwijk en Scheveningen) grootste badplaats van Nederland. Per jaar worden er in de zomer, in de overige vakanties en weekends zo'n 2 miljoen recreatiebezoeken gebracht aan Egmond aan Zee, met een kleine miljoen overnachtingen. De trend is dat met name in het voor- en najaar het aantal bezoeken toeneemt. Bergen en Schoorl samen trekken ongeveer evenveel recreanten als Egmond.



De toegangsmogelijkheden naar de kust zijn beperkt en vormen vooral tijdens hoogtijdagen een flessenhals: met name de weg naar Bergen aan Zee is hierbij berucht vanwege de filevorming. Per auto is de kust slechts via drie wegen toegankelijk: bij Camperduin (Hargerstrandweg), bij Bergen aan Zee (Zeeweg) en bij Egmond aan Zee. Voor het overige liggen er in de duinen fiets- en wandelpaden.

#### 4.1.3 Waterwinning

In principe heeft het hele duingebied langs de Nederlandse kust de status van Strategische Grondwater Voorraad. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in drie soorten gebieden:

- waterwingebieden,
- grondwaterbeschermingsgebieden I, en
- grondwaterbescheringsgebieden II.

Voor elk van deze gebieden is vastgelegd wat wel en wat niet is toegestaan (zie Provinciale Milieuverordening, 1996). Het gaat hierbij vooral om de kwaliteit van het grondwater te waarborgen. Over het algemeen is het gebied van af de zeereep tot de eerste duinvallei geclassificeerd als grondwaterbeschermingsgebied II, daarna volgt een grondwaterbeschermingsgebied I, gevolgd door een zone van een paar kilometer waterwingebied, direct om de onttrekkingsputten heen.

Vanuit de waterwinfunctie van de duinen is het niet acceptabel dat vanaf het maaiveld zout water infiltreert. Dat wil zeggen dat in principe een landwaartse verplaatsing van de kustlijn onacceptabel is gezien vanuit de waterwinning. In een enkel geval wordt daar een uitzondering op gemaakt. Een voorbeeld is de Kerf bij Egmond. Daarvoor is vrij uitgebreid onderzoek gedaan om na te gaan of deze zou leiden tot een verder landinwaarts dringen van de zouttong. Algemene richtlijnen kunnen voor dit soort situaties niet gehanteerd worden, de lokale geologie is alles bepalend.

De waterwingebieden in het studiegebied zijn gesitueerd tussen Bergen aan Zee en Schoorl (zie kaart figuur 4.3). In het gebied vindt winning plaats met behulp van ondergrondse pompen. Oppervlakteinfiltratie is beperkt. Alleen bij het pompstation vindt infiltratie van spoelwater plaats. Dit is beperkt tot ca. 100.000 m<sup>3</sup>/jaar.



Figuur 4.3: Waterwinning in de duinen

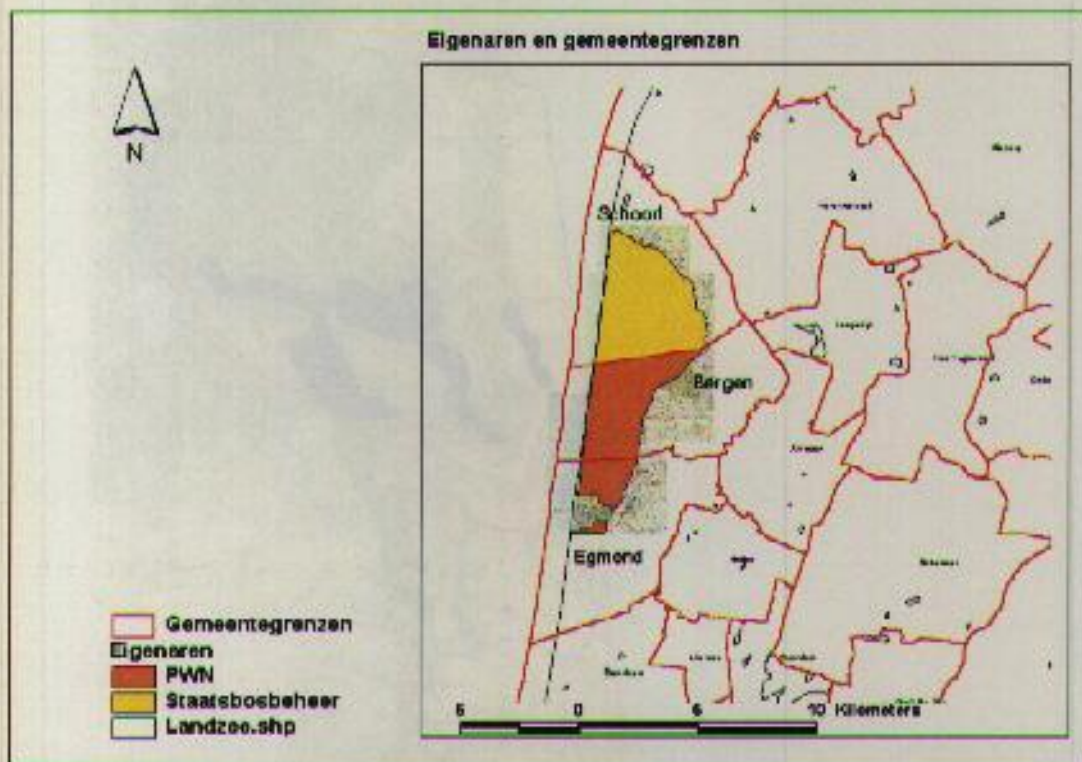
#### 4.1.4 Overzicht van betrokkenen bij het kustbeheer

Bij het beheer van het kustgebied zijn de volgende actoren betrokken:

- Staatsbosbeheer (als terreinbeheerder van de Schoorlse Duinen)
- PWN (als terreinbeheerder van de duinen ten zuiden van Bergen)

- het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen (sinds begin 90-er jaren beheerder van de zeereep)
- de gemeenten Egmond en Bergen
- Rijkswaterstaat Directie Noord Holland (als verantwoordelijke voor het kustlijn-handhavingsbeleid en toezicht op de kustveiligheid)
- Stichting Duinbehoud (naast bovenstaande partijen ook deelnemer van het POK)
- de Provincie Noord Holland (voorzitter van het POK).

Voor een overzicht van gemeentegrenzen en eigendomsgrenzen, zie kaart figuur 4.4.

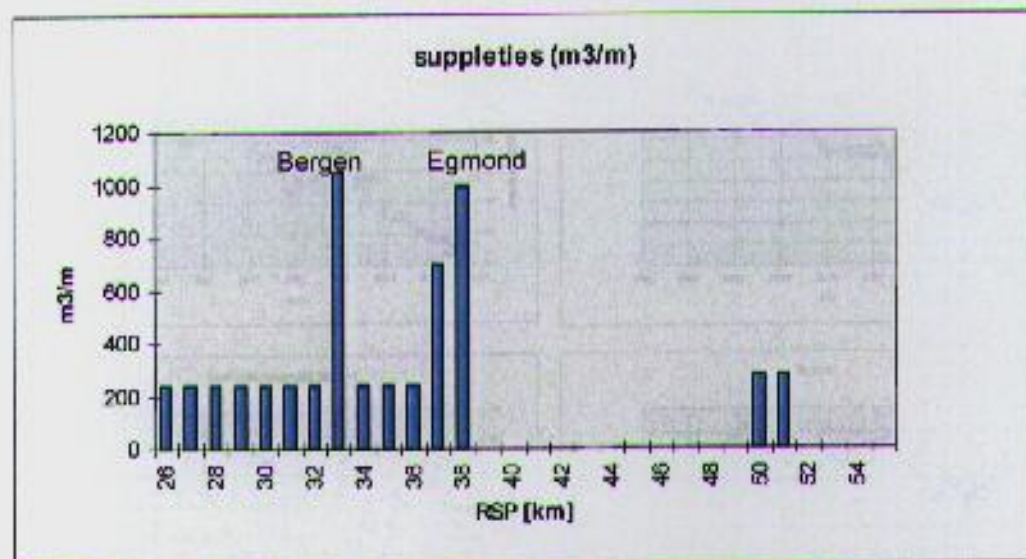


Figuur 4.4: gemeentegrenzen en eigendom.

## 4.2 Het kustbeheer in heden en verleden

Al eeuwenlang is er in het kustgebied van de Noordhollandse kust door mensenhanden ingegrepen. Te denken valt aan de aanleg van de Hondsbosse Zeewering (begonnen in 1792), de havenhoofden bij IJmuiden (aangelegd in 1878, verlengd in 1969), de uitdieping van de IJgeul en de aanleg van strandhoofden (Boers, 1999). Daarnaast is er sinds enige jaren sprake van zandsuppleties ter handhaving van de kustlijn. De Noordhollandse kustlijn is gedurende de afgelopen duizend jaar aan grote veranderingen onderhevig geweest. Zo is bijvoorbeeld ter plaatse van Egmond de kustlijn tussen 1665 en 1940 250 meter achteruit gegaan. Ten noorden hiervan vindt nog steeds kustachteruitgang plaats, terwijl ten zuiden van Egmond sprake is van kustvooruitgang. Het hele kustvak draait als het ware om een middelpunt dat ongeveer bij RSP 40.5 km ligt. Dit is mooi te zien in de grafieken van de duinvoetpositie over de afgelopen 150 jaar van het kustvak (zie figuur 4.6). Over het grootste deel van de kust is in de afgelopen 150 jaar de verandering niet groter dan ca. 1 m per jaar. Een waarschijnlijke verklaring voor dit gedrag is het netto golfgedreven zandtransport vanuit het noordelijke kustgebied naar het zuiden (Boers, 1999).

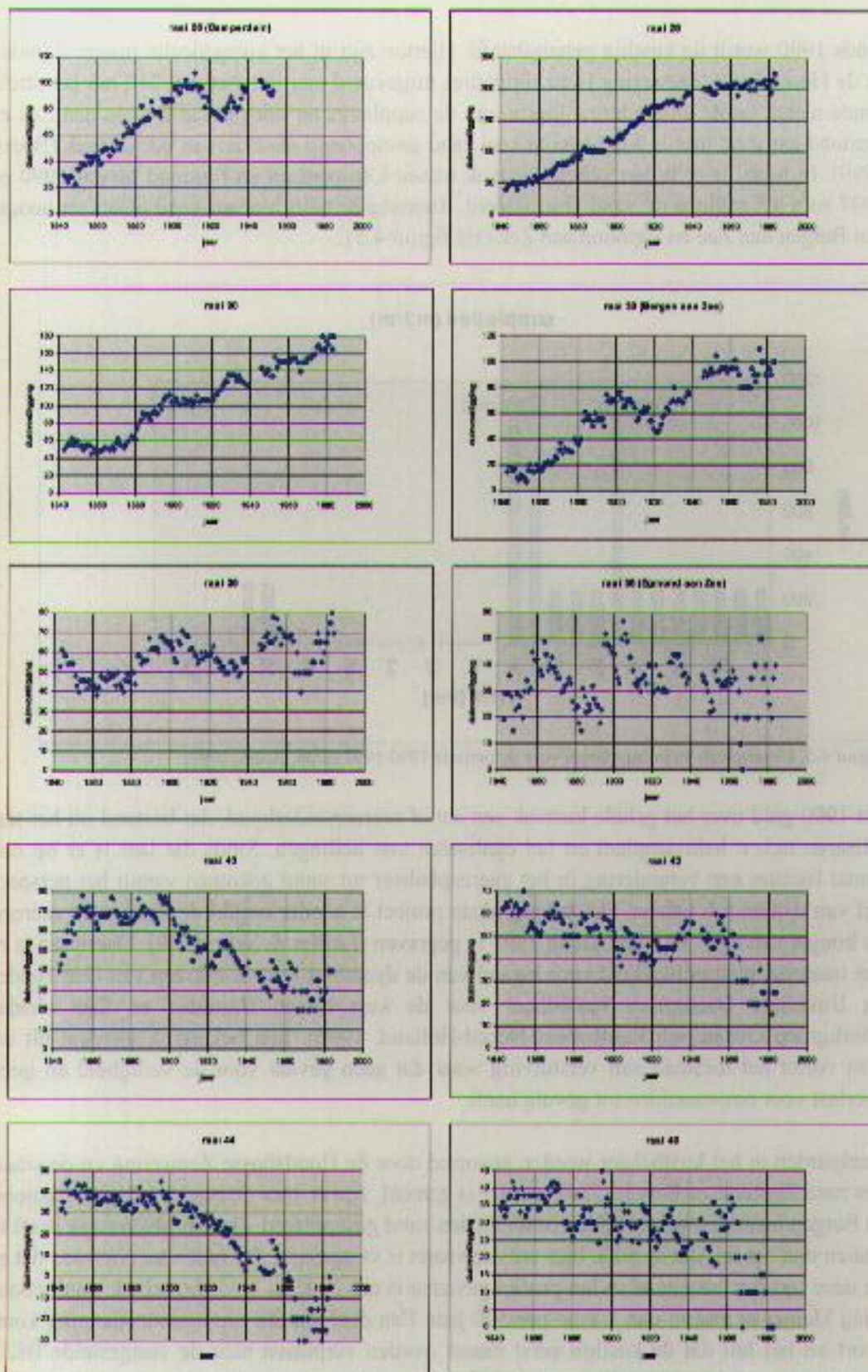
Sinds 1990 wordt de kustlijn gehandhaafd. Hiertoe zijn in het kustgedeelte tussen Egmond en de Hondsbosse Zeewering twee suppleties uitgevoerd van in totaal ca. 240 m<sup>3</sup> per strekkende meter. Grote uitzondering hierin zijn de suppleties ter hoogte van Bergen aan Zee en Egmond aan Zee: hier is 4 à 5 keer zoveel zand gesuppleerd als elders in het kustvak (Boers, 1999). In totaal is er in het gehele kustvak tussen Camperduin en Egmond tussen 1990 en 1997 zo'n 4,5 miljoen m<sup>3</sup> zand gesuppleerd. Ruwweg de helft hiervan vond plaats ter hoogte van Bergen aan Zee en Egmond aan Zee (zie figuur 4.5).



Figuur 4.5. Uitgevoerde strandsuppleties voor de periode 1990-1997 (bron: Boers, 1999)

Tot 1990 gold over het gehele kustvak een actief zeeoeveronderhoud, dat bestond uit het stabiliseren m.b.v. helmaanplant en het egaliseren van hellingen. Sinds dat jaar is er op een aantal locaties een verandering in het zeeoeverbeheer tot stand gekomen vanuit het perspectief van dynamisch beheer. Het belangrijkste project is zonder twijfel de Kerf in de zeeoep ter hoogte van RSP 30,5 km, die in 1997 is gegraven (Löffler & Veer, 1999). Daarnaast is er een integraal plan ontwikkeld voor herstel van de dynamiek van de zeeoep van Den Helder tot IJmuiden: Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder (Werkgroep Dynamisch Kustbeheer Noord-Holland, 1998). Een belangrijk element uit dit plan vormt het toestaan van verstuiwing waar dat geen gevaar voor de veiligheid en geen overlast voor omwonenden tot gevolg heeft.

Knelpunten in het kustbeheer worden gevormd door de Hondsbosse Zeewering en de situaties rond Egmond en Bergen. Zoals eerder is gemeld, zijn er voor de boulevards van Egmond en Bergen meer dan gemiddelde hoeveelheden zand gesuppleerd. Deze problematiek heeft te maken met het feit dat de BKL hier ver zeewaarts is vastgesteld. De reden hiervan was dat er op deze locaties veel zand in het profiel gewenst is om de kans op afslagschade aan bebouwing kleiner te maken dan 1 keer per 500 jaar. Een deel van de suppletie-inspanning komt voort uit het feit dat de kustlijn eerst moest worden verplaatst naar de vastgestelde BKL. Daarnaast werd deze plaatselijke uitbouw bij Egmond en Bergen door de zee als een verstoring op de gladde kust ervaren. Hierdoor treden er grote zandverliezen op vanuit het gesuppleerde gebied naar aangrenzende kustvakken (Boers, 1999).



Figuur 4.6: Duinvoetposities over de afgelopen 150 jaar tussen Camperduin en Castricum.

De situatie bij Egmond aan Zee kan worden geïllustreerd met de volgende feiten. Veel bebouwing ligt in de zeereep. Het gaat daarbij om ongeveer dertig woningen, vijftien grotere woningen of appartementencomplexen, vier flats, een hotel, een parkeerterrein en een school. Vlakbij de hoofdstrandopgang ligt restaurant 't Lido in de afslagzone. Dit restaurant heeft al enkele malen het nieuws gehaald door net niet in zee te verdwijnen. Als er vanaf 1990 geen suppleties voor de boulevard van Egmond waren geweest, dan had deze nu al in zee gelegen (mon. meded. Brommet, 1999). Daarnaast wordt ook het strand te smal gevonden. In de 50-er jaren was het strand 2 tot 3 keer breder dan die nu is. Overigens blijkt uit de historische data dat de strandbreedte sterk fluctueert. Ook aan het einde van de vorige eeuw en het begin van deze eeuw was het strand vergelijkbaar smal.

Bergen aan Zee verkeert in een soortgelijke situatie als Egmond aan Zee: ongeveer 20 huizen staan in de zeereep en een deel van de boulevard loopt over de eerste duinenrij. Tijdens de stormen van 1989/1990 is het duin tot aan de rand van de boulevard afgeslagen.

### 4.3 Analyse van de veerkracht van het kustgebied

Het doel van de case-study is om na te gaan wat de praktische betekenis is van de veerkrachtmeter, zoals die in hoofdstuk 2 is beschreven. Het gaat daarbij onder meer om te laten zien wat de invloed is van zowel de parameterkeuzen als van de verschillende functies in het duingebied op de waarde van de veerkracht. Achtereenvolgens zullen de volgende aspecten aan bod komen:

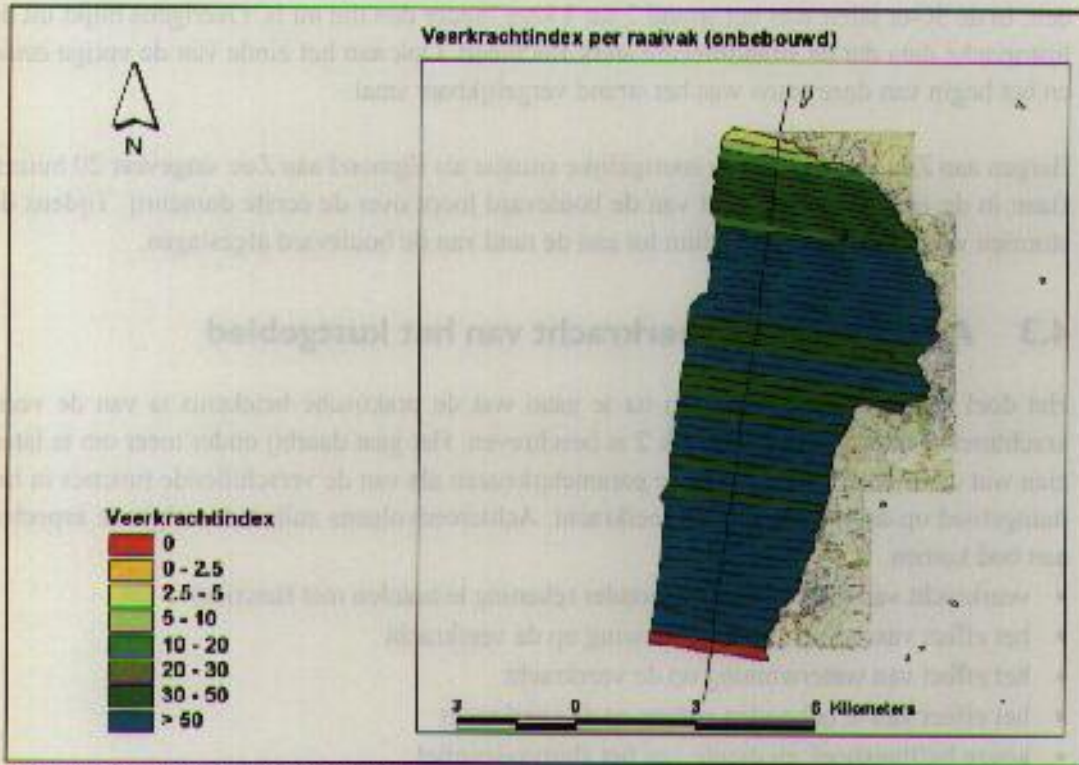
- veerkracht van het duingebied (zonder rekening te houden met functies)
- het effect van buitendijkse bebouwing op de veerkracht
- het effect van waterwinning op de veerkracht
- het effect van te behouden natuur op de veerkracht
- keuze hellingshoek en diepte van het sluitingsprofiel

#### 4.3.1 Veerkracht van het duingebied

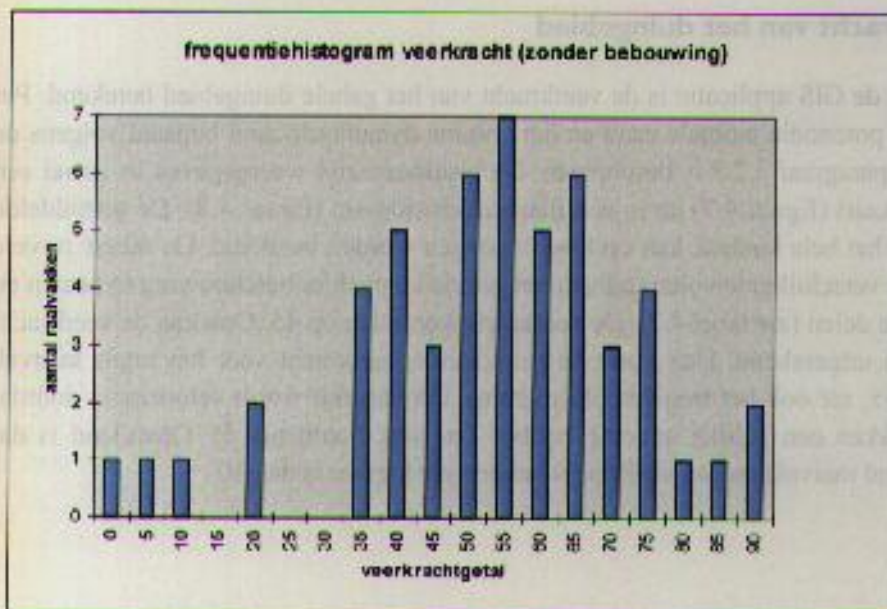
Met behulp van de GIS applicatie is de veerkracht van het gehele duingebied berekend. Per raai vak zijn het potentiële mobiele zand en het volume dynamisch zand bepaald volgens de methode die in paragraaf 3.2.3 is beschreven. De resultaten zijn weergegeven in zowel een tabel als op de kaart (figuur 4.7) en in een frequentiehistogram (figuur 4.8). De gemiddelde veerkracht voor het hele kustvak kan op twee manieren worden berekend. De meest zuivere manier is om de verschillende volumina van het gehele kustvak in beschouwing te nemen en deze op elkaar te delen (zie tabel 4.2). De veerkracht komt dan op 45. Ook kan de veerkracht per raai worden uitgerekend. Dan komt de gemiddelde veerkracht voor het totale kustvak iets hoger uit (55, zie ook het frequentiehistogram). Dit verschil wordt veroorzaakt doordat niet alle raai vakken een gelijke omvang hebben (zie ook hoofdstuk 5). Opvallend is dat slechts een drietal raai vakken een veerkracht hebben die kleiner is dan 10.

Tabel 4.2: veerkracht van het duingebied Egmond - Camperduin

Veerkracht zonder bebouwing	volumen potentieel mobiel zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	volumen driehoek (in 1000 m <sup>3</sup> )	volumen dynamisch zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	veerkracht (95% betrouwbaarheidsinterval)
op basis van volumina	612.139	37.218	6.261	45.9

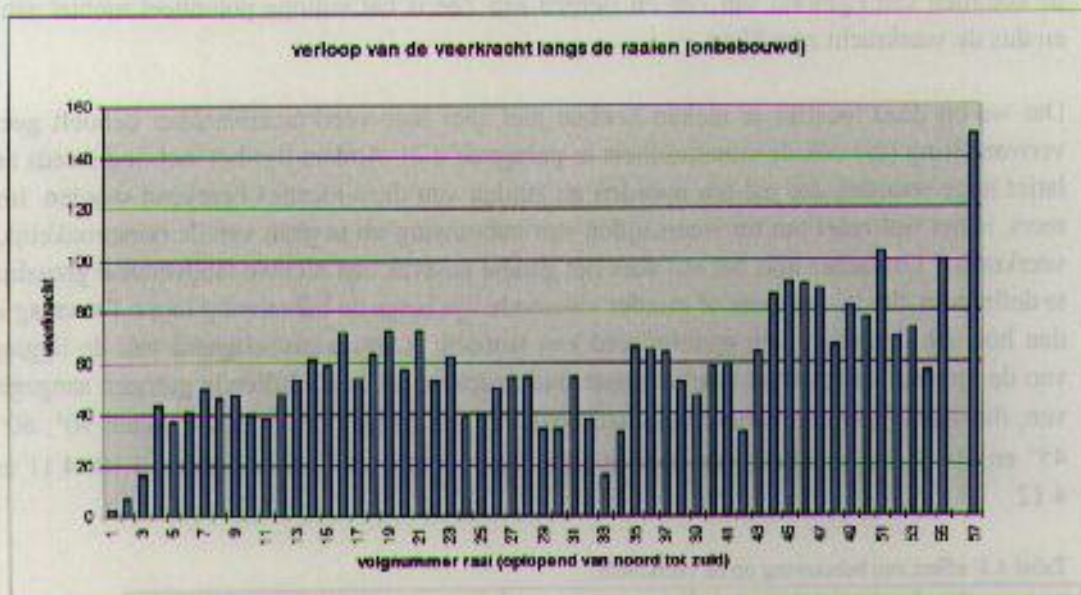


Figuur 4.7: Veerkracht zonder bebouwing

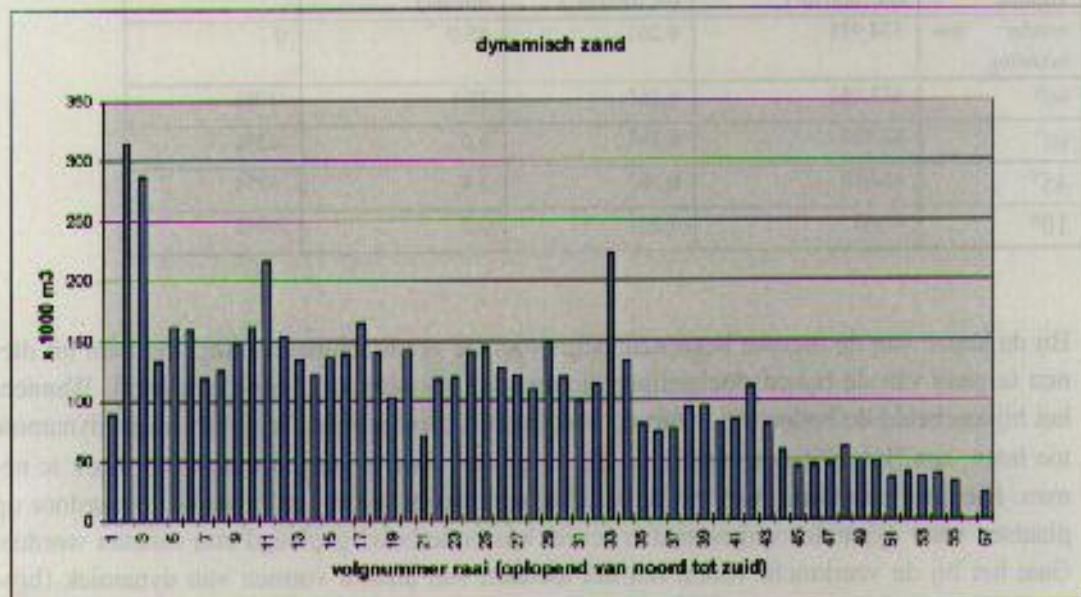


Figuur 4.8: frequentiehistogram veerkracht per raai vak

Uit figuur 4.7 en 4.9a is tevens mooi te zien dat de veerkracht bij een breed duingebied niet altijd groter hoeft te zijn dan bij een smaller duingebied. Grote delen van het brede Schoorlse duingebied hebben een veerkrachtwaarde tussen de 40 en 60, terwijl het smallere duingebied zuidelijk daarvan een grotere veerkracht heeft (meer dan 80). De belangrijkste reden hiervoor is het verschil in hoeveelheid dynamisch zand, dat blijkbaar groter is in het brede duingebied dan in het smalle (zie ook figuur 4.9b).



Figuur 4.9a: Veerkracht per raai



Figuur 4.9b: Hoeveelheden dynamisch zand per raai

### 4.3.2 het effect van buitendijkse bebouwing op de veerkracht

Zoals uit de figuren 4.7 en 4.9a is af te lezen ligt de veerkrachtindex van het kustgebied, gemeten per raai, voor een groot deel boven de 30. Slechts op enkele locaties bedraagt deze 5 tot 10 en alleen vlak bij de Hondsbosse Zeewering is de index lager dan 5. Gezien de grote



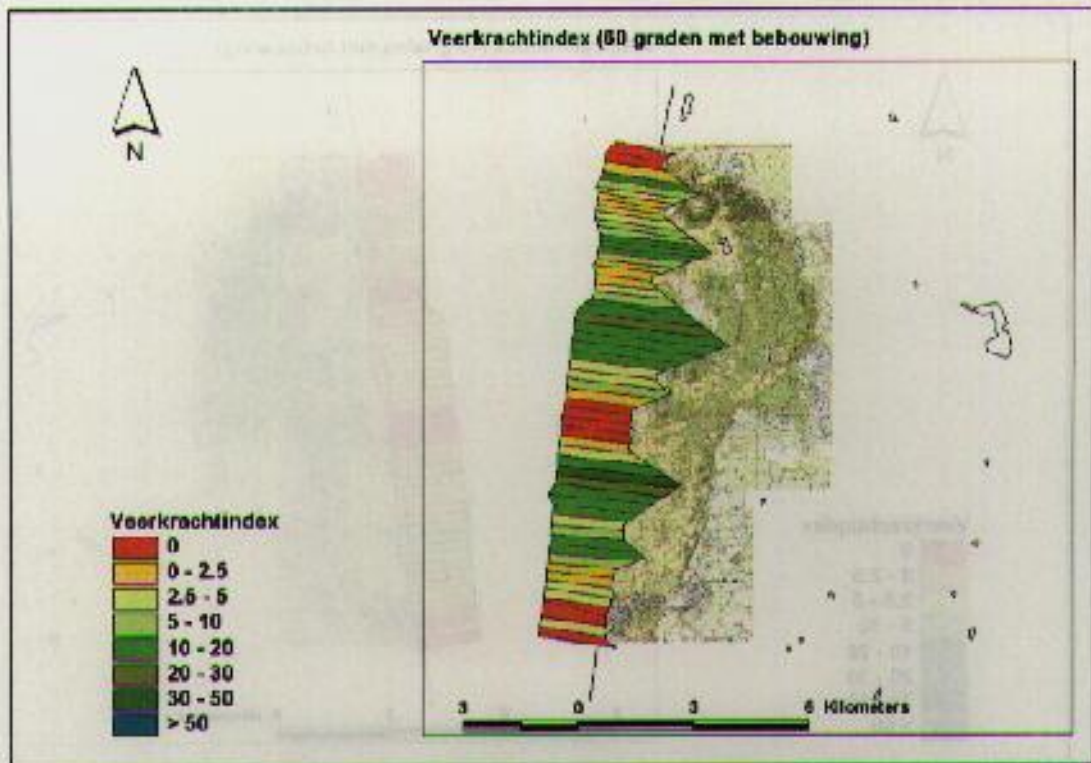
breedte van het duinmassief is dit niet verwonderlijk. Een geheel ander beeld ontstaat echter wanneer de bebouwing buiten de waterkering bij de indexberekening wordt betrokken. Dan blijken verschillende delen van de kust een veerkracht te hebben die nagenoeg 0 is (zie ook figuur 4.10). Het effect op de veerkracht ter hoogte van de bebouwing is evident: de landwaartse grens voor de berekening van het potentieel mobiele zand schuift immers op naar de kust, waardoor het volume van dit zand kleiner wordt. Met name ter hoogte van de bebouwde kommen van Egmond aan Zee en Bergen aan Zee is het volume potentieel mobiel zand en dus de veerkracht zeer klein.

Dat we bij deze locaties te maken hebben met zeer lage veerkrachtwaarden behoeft geen verwondering (zie ook de situatieschets in paragraaf 4.2). Anders ligt het met nog steeds relatief hoge waarden die pal ten noorden en zuiden van deze locaties berekend worden. Immers, is het wel reëel om ter weerszijden van bebouwing uit te gaan van de oorspronkelijke veerkracht? Logischer lijkt het om voor het gehele kustvak een nieuwe landwaartse grenslijn te definiëren, die in een meer of minder vloeiende lijn langs de bebouwing loopt. De vraag is dan hoe een dergelijke lijn gedefinieerd kan worden. Om de gevoeligheid van de ligging van de nieuwe landwaartse begrenzing te onderzoeken, zijn verschillende grenzen aangegeven, die steeds met een andere hoek ten opzichte van de kustlijn lopen (te weten 90°, 60°, 45° en 10°). Het resultaat van deze analyse staat in tabel 4.3 en in figuren 4.10, 4.11 en 4.12.

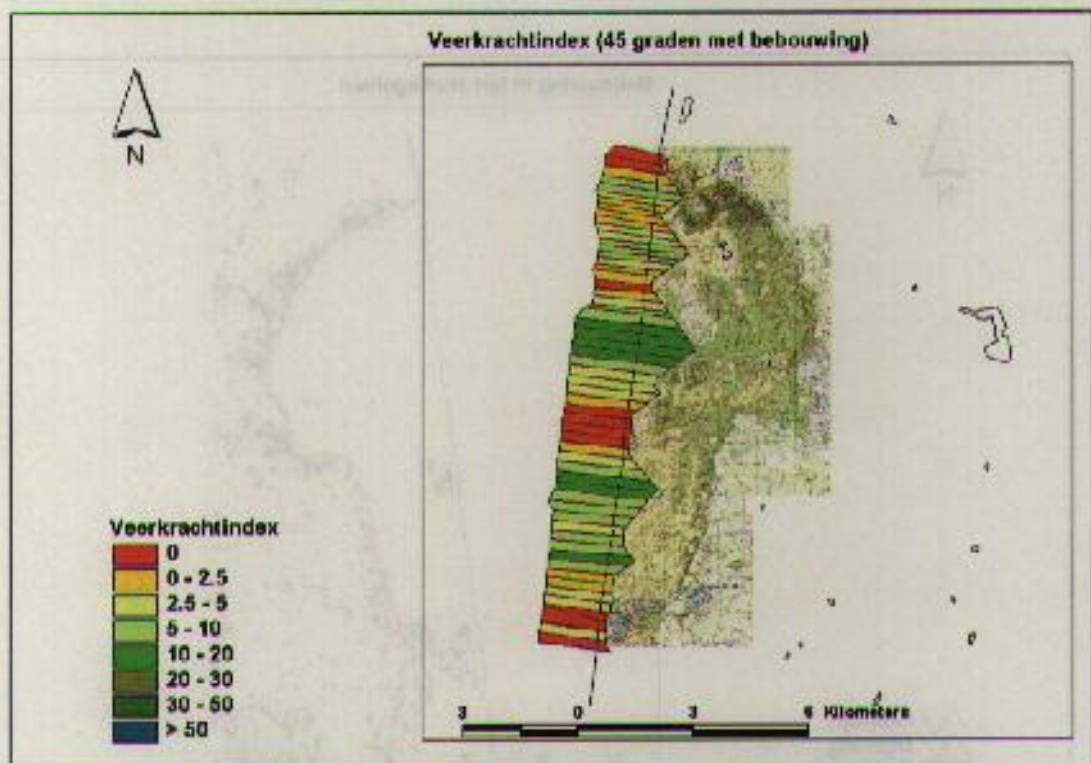
Tabel 4.3: effect van bebouwing op de veerkracht.

hoek grenslijn bebouwing en kustlijn	volume potentieel mobiel zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	volume dynamisch zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	veerkracht (95% betrouwbaarheidsinterval)	verschil
zonder bebouwing	574.921	6.261	45.9	0
90°	477.081	6.261	38.1	-17%
60°	83.177	6.261	6.6	-85%
45°	48.019	6.261	3.8	-92%
10°	8.632	6.261	0.7	-99%

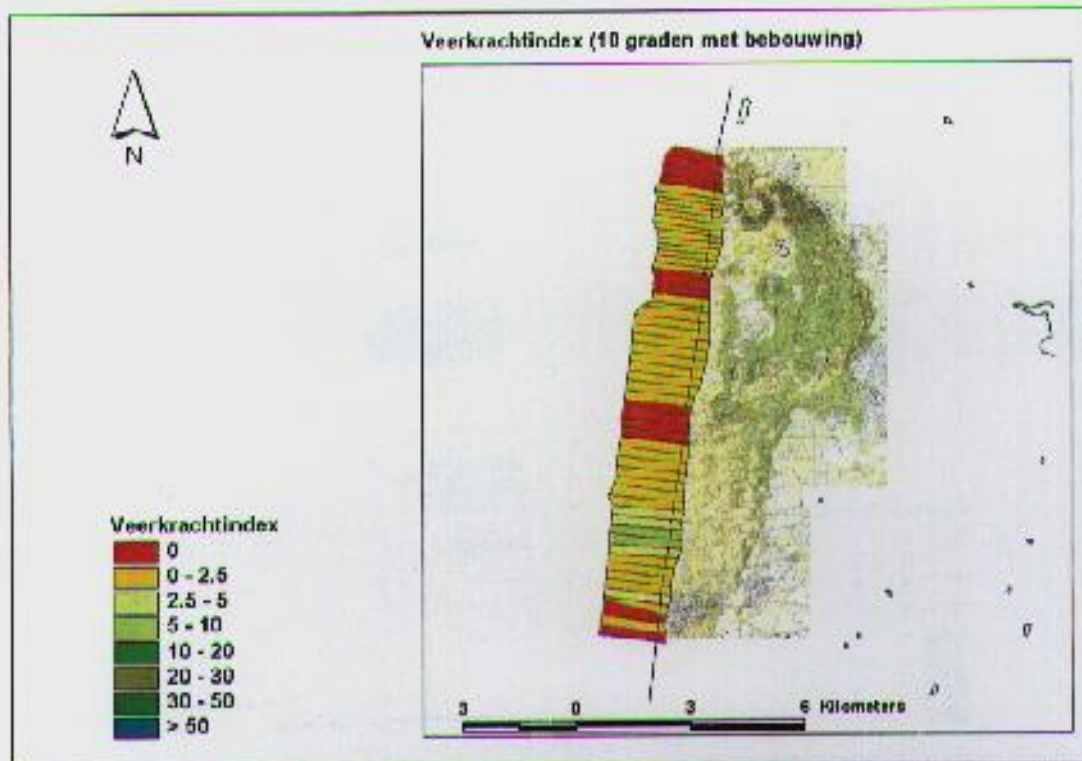
Bij de keuze van de nieuwe begrenzingslijn voor de veerkrachtberekening zou men uit dienen te gaan van de beleidsdoelstelling die men ten aanzien van veerkracht heeft. Wanneer het bijvoorbeeld de bedoeling is om de kustlijn zelf meer armslag te geven (meer dynamiek toe laten, een 'kwispelende' kustlijn), dan is er veel voor te zeggen om de 10° hoek te nemen. Hierdoor voorkomt men dat de kustlijn op termijn teveel gaat afwijken, waardoor op plaatsen waar dynamiek ongewenst is teveel kustonderhoud gepleegd zou moeten worden. Gaat het bij de veerkracht vooral om het toelaten van andere vormen van dynamiek (bijv. verstuiving) en blijft de BKL gehandhaafd, dan is er wat voor te zeggen om een andere hoek te kiezen (bijv. 45 of 60°).



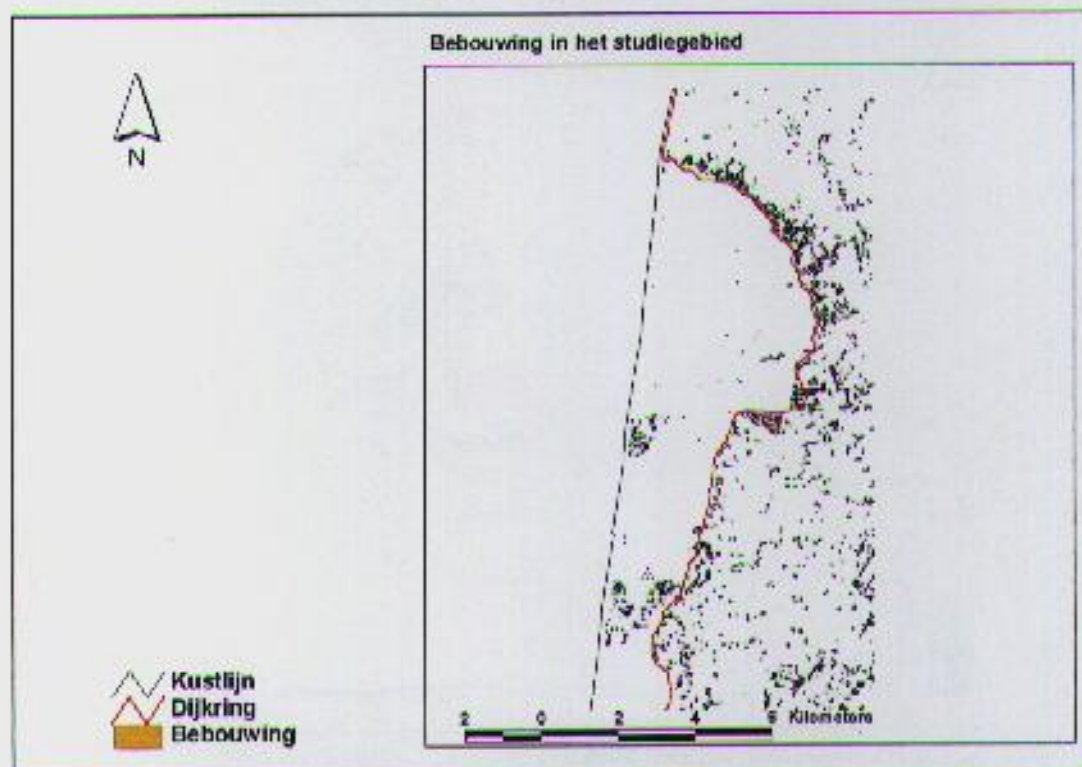
Figuur 4.10: Veerkracht met bebouwing (60° hoek).



Figuur 4.11: Veerkracht met bebouwing (45° hoek).



Figuur 4.12. Veerkracht met bebouwing ( $10^{\circ}$  hoek)



Figuur 4.13: buitendijkse bebouwing

In figuur 4.13 is de buitendijkse bebouwing aangegeven in het studiegebied op basis van het TOP 50 Vectorbestand Huizen (Topografische Dienst). Hierop zijn de bebouwde kernen van

Bergen aan Zee en Egmond aan Zee goed te herkennen. Daarnaast is ook een aantal vrijstaande bebouwingen in de duinen aangegeven (bijv. ten noorden van Bergen). Uit de topografische kaarten en informatie van de terreinbeheerders (o.a. Staatsbosbeheer) blijkt evenwel dat de status van deze bebouwing zeer sterk kan variëren. Sommige van deze objecten zijn zelfs niet op de kaart te vinden, terwijl het bij andere gaat om niet meer dan een fietsenberging of patatkraam. De vraag kan gesteld worden of het terecht is dat de veerkrachtindex voor bebouwing hiervoor moet worden aangepast. Een goede definitie van wat wel en wat niet in beschouwing moet worden genomen is hier op zijn plaats. Ook blijkt uit dit voorbeeld dat de veerkrachtindex met bebouwing zoals die voor de gehele Nederlandse kust is berekend met hetzelfde bebouwingsbestand (zie hoofdstuk 8) met voorzichtigheid moet worden behandeld!

**4.3.3 het effect van waterwinning op de veerkracht**

De omvang en stabiliteit van de zoetwaterbel wordt beïnvloed door de ligging van de duinvoet. Wanneer de duinvoet het waterwingebied te dicht nadert komt de waterwinning in gevaar: de grondwaterstand daalt en er dreigt verzilting van de winputten. De minimaal benodigde bufferafstand tussen de duinvoet en het dichtstbijzijnde infiltratiekanaal of winput is afhankelijk van de lokale omstandigheden, zoals de geohydrologische opbouw van de bodem, de hoeveelheden water die worden geïnfilterd en onttrokken en de breedte van het duingebied.

In het verleden is sprake geweest van zoutindringing bij de duinwaterwinning in Zuid-Holland als gevolg van te grote onttrekkingen. Door toepassen van kunstmatige infiltratie zijn deze problemen weer opgelost. De afstand van de hoofdader tot de kust bij deze waterwinning zou als veilige bufferafstand kunnen worden aangehouden. De minimale afstand van deze hoofdader tot de kust bedraagt ongeveer 500 meter. Vooral nog wordt op grond van het bovenstaande voorbeeld gerekend met een benodigde bufferafstand van 500 m. Het effect van de grondwaterwinning op de veerkracht van het gehele kustvak is in de orde van 21% afname (zie tabel 4.4).

Tabel 4.4: effect van waterwinning op de veerkracht

situatie	volume potentieel mobiel zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	volume dynamisch zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	veerkracht (95% betrouwbaarheidsinterval)	verschil
zonder winning	574.921	6.261	45.9	0
met winning	452.249	6.261	36.1	-21.3%

**4.3.4 het effect van te behouden natuur op de veerkracht**

Bij natuur die we willen behouden (bijv. natuur met een lange ontstaansgeschiedenis of kwetsbare natuur), kan de berekening van de veerkracht op dezelfde wijze plaatsvinden als bij waterwinning. Vooral nog wordt voor deze natuur eenzelfde bufferafstand (500m) aangehouden als voor de waterwinning. Deze keuze ligt voor de hand omdat de beschikbaarheid van zoet water voor deze natuurwaarden vaak van vitaal belang is. Praktijkonderzoek is nodig om na te gaan of mogelijk grotere bufferafstanden in acht genomen moeten worden. In het geval van het studiegebied is alleen de natte duinvallei aan de noordkant (ter hoogte van

het plaatsje Groet) aan te merken als kwetsbaar. Het effect van deze te behouden natte duinvallei op de veerkracht van het gehele kustvak is in de orde van 9.7 % afname (zie tabel 4.5).

Tabel 4.5: effect natuur op de veerkracht

situatie	volume potentieel mobiel zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	volume dynamisch zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	veerkracht (95% betrouwbaarheidsinterval)	verschil
zonder bescherming natuur	574.921	6.261	45.9	0
met bescherming natuur	519.206	6.261	41.4	-9,7 %

### 4.3.5 Keuze hellingshoek en diepte sluitingsprofiel

Een belangrijke parameter in de berekening van het volume potentieel mobiel zand is het aan te houden sluitingsprofiel. Het kustprofiel loopt normaal gesproken vanaf de landzijde in de richting van de zee naar beneden af. Dat impliceert dat het zand onder deze aflopende lijn niet als potentieel mobiel zand mag worden aangemerkt. De hellingshoek verschilt enigszins van lokatie en lokatie, maar de verschillen zijn niet al te groot. Bij de ontwikkeling van de veerkrachtmeter (LWI 1999) is gekozen voor een hellingshoek van 1:50. De gevoeligheid van de uitkomsten voor de keuze van de hellingshoek is indertijd niet nagegaan. Daarom is voor het kustvak Egmond - Camperduin een berekening uitgevoerd met nog twee andere waarden: 1:25 en 1:75. De resultaten staan in tabel 4.6. De verschillen in uitkomsten ten gevolge van deze behoorlijk afwijkende hellingshoeken zijn klein te noemen. Hierbij dient uiteraard aangetekend te worden dat de verschillen wel beduidend groter kunnen zijn in situaties waarbij het potentiële mobiele zand in dezelfde orde van grootte komt te liggen als het volume van de driehoek die er af getrokken moet worden.

Tabel 4.6 Gevoeligheidsanalyse hellingshoek.

Hellingshoek	volume potentieel mobiel zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	volume driehoek (in 1000 m <sup>3</sup> )	volume dynamisch zand (in 1000 m <sup>3</sup> )	veerkracht (95% betrouwbaarheidsinterval)	verschil
1:25	612.139	18.564	6.261	47.4	3,3%
1:50	612.139	37.218	6.261	45.9	0
1:75	612.139	78.527	6.261	42.6	-7,2%

Voor de diepte van het sluitingsprofiel is in de LWI studie wel een gevoeligheidsanalyse gedaan. De resultaten voor Egmond zijn weergegeven in figuur 4.14 en tabel 4.7. Een verlaging van NAP -4 tot -10 meter leidt tot een toename van de berekende veerkracht van 40%. Uit de resultaten van deze en andere locaties langs de Nederlandse kust blijkt dat een viertal factoren van invloed is op de gevoeligheid van de veerkracht op de sluitingsdiepte.

- De gemiddelde hoogte van de duinen;
- De helling van de onderwateroever;
- De verhouding van het onderwaterprofiel ten opzichte van het duinprofiel;
- De afstand van de beschouwde functie tot de kust.

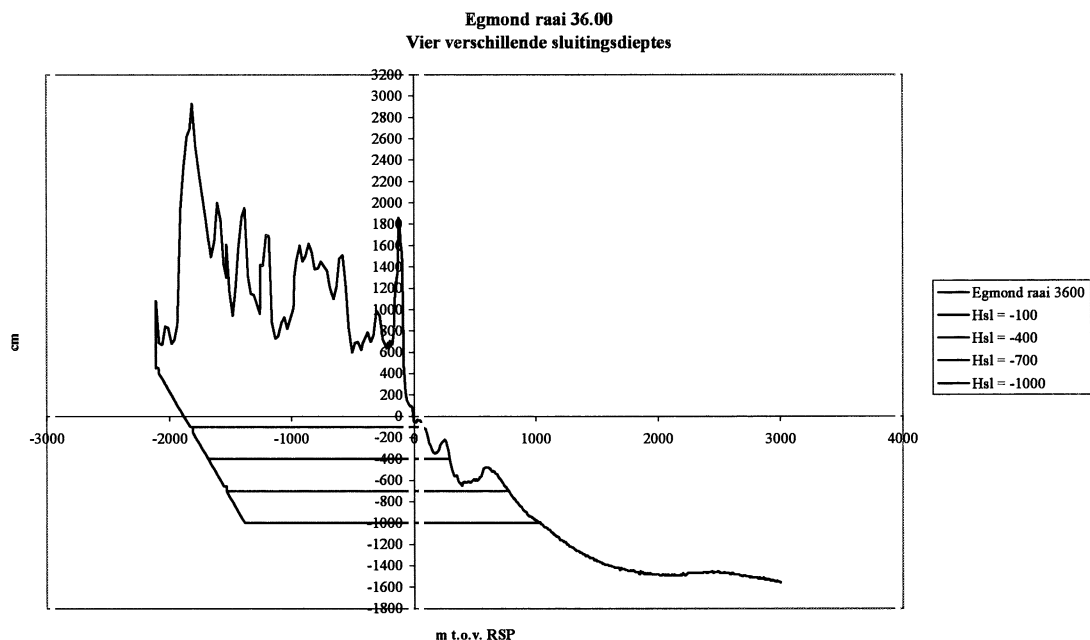
Ad. 1. Hoe groter de gemiddelde hoogte van de duinen is, hoe kleiner de relatieve toename van een grotere sluitingsdiepte uitpakt. Immers, 3 meter diepte extra op een duingebied dat

gemiddeld 12 meter boven NAP uitsteekt, levert een relatief kleinere toename op van de berekende veerkracht dan op een duingebied dat gemiddeld 8 meter boven NAP uitsteekt.

Ad. 2. Aan de zeewaartse zijde van het profiel wordt bij een verlaagde sluitingsdiepte een stuk profiel toegevoegd aan het volume. Hoe steiler de onderwateroever, hoe kleiner de toename van dit volume zand is.

Ad. 3. Wanneer het onderwaterprofiel een relatief groot deel uitmaakt van het totale profiel is de toename in het volume zand aan de zeewaartse zijde relatief groot.

Ad. 4. Naarmate de afstand van de beschouwde functie tot de kust kleiner is (en het volume potentieel mobiel zand landwaarts van de kustlijn kleiner) werkt een verandering in de keuze van de sluitingsdiepte sterker door in de uitkomsten van de veerkrachtberekeningen. Dat hangt mede af van de hellingshoek van de onderwateroever.



Figuur 4.14. Profiel Egmond Raai 36 met vier verschillende sluitingsdieptes.

Tabel 4.7 Gevoeligheidsanalyse voor de sluitingsdiepte (raai 36 (Egmond))

$H_{sl}$ (m NAP)	VK <sub>veilig</sub> (t)	%verandering
-1	177	-17.3
-4	214	0
-7	254	18.7
-10	299	39.7

#### 4.4 De mening van betrokkenen over veerkracht

Met betrekking tot het ideale kustbeheer van het gebied tussen Egmond en Camperduin bestaat er bij de verschillende betrokkenen een zekere mate van overeenstemming, zoals kan

worden afgeleid uit een aantal gezamenlijke initiatieven voor dynamisch kustbeheer, maar er zijn ook verschillen van mening. In deze paragraaf zijn op basis van gesprekken met betrokkenen en documenten deze interpretaties weergegeven, waarbij vooral het accent op de invulling van veerkracht in het kustbeheer wordt benadrukt.

#### 4.4.1 Gemeente Egmond

Bij monde van de heer *Brommet*, Burgemeester van Egmond, wordt er al jaren door de Noordhollandse kustgemeenten gepleit voor onderzoek naar een meer zeewaarts gericht 'aanvallend' kustbeleid, met de bedoeling kustafslag te stoppen en de kust terug te winnen. Dit aanvallend beleid kan verschillende vormen aannemen, zoals:

- een grote mammoetsuppletie;
- een lange dam in zee ter hoogte van Den Helder;
- de aanleg van kunstmatige riffen of een strekdam parallel aan de kust;
- een aantal kunstmatige eilanden in zee
- harde zeewering.

Volgens Brommet moet er serieus onderzoek gedaan worden naar al deze oplossingen. Welke is het meest kansrijk? Past het in een integrale aanpak voor de gehele kust of treedt er alleen verplaatsing van de problemen op? Op dit moment wordt er zijns inziens te weinig aandacht besteedt aan de kustlijn in zijn geheel. Er wordt altijd maar gewerkt met bepaalde delen van de kust. Zo ontstaan onevenwichtige situaties. Veerkracht mag niet leiden tot eenzijdige (landwaartse) kustachteruitgang, aldus de heer Brommet.

De gemeente is geen tegenstander van dynamisch kustbeheer, maar stelt zich wel kritisch op. Heeft de *Kerf* bijvoorbeeld eigenlijk wel iets opgeleverd? Het is wel een toeristische trekpleister geworden, maar het heeft waarschijnlijk niet méér mensen naar Egmond aangetrokken. De vraag is ook of de natuurdoelstelling wel bereikt is. Het landschappelijk beeld wordt ontsiert door het vele zwerfvuil dat in de laagte achterblijft.

Een stuivende zeereep is een goede zaak, zolang de bebouwing er geen last van heeft. Het loslaten van de BKL (op plaatsen waar voldoende veerkracht is), is onverstandig. Het geeft een gekartelde kustlijn en zorgt ervoor dat de boulevards (nog meer) als een bastion in zee komen te liggen.

Er zijn op dit moment bij Egmond geen bouwplannen in de kustzone. Het bouwen buiten de bebouwde kom zit 'op slot'. Aan de noordkant van Egmond aan Zee is een plan geweest voor een nieuwbouwwijk in de duinen (achter het gemeentehuis), maar dit plan is vernietigd. De gemeente is een voorstander van het contourenbeleid. De vraag is alleen wel waar de grens precies komt te lopen. De contouren kunnen netjes langs de bestaande bebouwing lopen, maar kunnen ook ruwweg er omheen worden getrokken. Het zou te ver gaan als er binnen de bebouwde kom niets meer gebouwd mag worden. Het hoogheemraadschap kijkt hier anders tegenaan.

#### 4.4.2 Rijkswaterstaat, Directie Noord Holland

Onder meer aan de hand van een gesprek met *ir. D. Rakhorst* van Dir. Noord Holland is een beeld verkregen van de standpunten van Rijkswaterstaat. De huidige kustlijn­zorg is goed geregeld, er zijn voldoende instrumenten hiervoor aanwezig en maken ook een toepassing van veerkracht (beperkt) mogelijk. Reeds nu wordt er rekening gehouden met fluctuaties in de kustlijn. In Noord-Holland wordt een correctie op de BKL gemaakt met de juiste jaren voor trendbepaling 1980-1990 in plaats van 1978-1988 en met een betere bepaling van de fluctuaties en dynamiek (>10 jaar periodes); dit geeft iets andere getallen. Bij Bergen en Egmond is de BKL zeewaarts gelegd. Indien hiervoor andere methoden gekozen worden (bijvoorbeeld duinvoetverdediging of het om zeep helpen van de bankendynamiek) kan de BKL weer landwaarts worden gelegd (Löffler & Veer, 1999).

Veerkracht moet gekoppeld worden aan het kustbeleid. Bij de bouw van nieuwe gebouwen dienen eisen opgesteld te worden en dient duidelijk te zijn welke risico's de eigenaars lopen. In het recente verleden is er sprake geweest van een sluipende ontwikkeling van bebouwing in de kustzone. Als voorbeeld noemt Rakhorst het Kennemerstrandplan: in het oorspronkelijke plan was een parkeerterrein gepland. Daar had Rijkswaterstaat geen moeite mee. Uiteindelijk is er op het parkeerterrein wel een hotel geplaatst, hetgeen niet op consequenties voor het kustbeleid is getoetst. Het contourenbeleid kan in dergelijke gevallen meer duidelijkheid bieden.

RWS heeft over het algemeen geen moeite met verstui­ving in de zeereep. In veel gevallen is het gehele duinmassief dermate groot van omvang dat, zonder dat de veiligheid in het gedrang komt verstui­vingen kunnen worden toegelaten. In andere situaties is het evident dat verstui­vingen moeten worden tegengegaan om de veiligheid te kunnen garanderen. Een duidelijk voorbeeld hiervan vormen de plaatsen waar de bebouwing tot aan de eerste duinregel is doorgedrongen (Werkgroep Dynamisch Kustbeheer Noord-Holland, 1998). Het zandverlies door verstui­ving is in de orde van 10 tot 20 m<sup>3</sup> per strekkende meter per jaar. Dit komt overeen met 5 tot 10 % van het suppletiezand over een periode van 5 jaar. Dat betekent dus dat je wat eerder opnieuw moet suppleren (citaat Rakhorst, in Löffler & Veer, 1999).

#### 4.4.3 Staatsbosbeheer

Als terreinbeheerder van de Schoorlse Duinen is SBB een belangrijke speler in het kustbe­heer tussen Bergen en Camperduin. Volgens de heer A. Smit van SBB Noord Holland richt het beheer zich op een tweetal (nevengeschikte) functies: natuur en recreatie. Daarnaast is er nog een bescheiden rol weggelegd voor de bosproductie (het gaat hier om minder dan 10 % van het totale oppervlak dat jaarlijks ten behoeve van hout wordt uitgedund). Het op grote schaal vastleggen van de stuifduinen behoort inmiddels tot het verleden. Zeker nu de meeuwenkolonie ter hoogte van RSP 28 door toedoen van de vos is verdwenen, is er geen enkele reden om de duinen vast te leggen met helm. Het terreinbeheer wordt uitgevoerd conform het nationale Natuurbeleidsplan, waarin voor duingebieden natuurontwikkelingsvormen zoals verstui­ving, herstel duinbeken en sluftervorming belangrijke elementen zijn. Het concrete beheer wordt opgesteld aan de hand van de natuurdoeltypologie van het IKC, waarbij op een kaart is aangegeven welke gedeeltes van het terrein onder welk type vallen. Afhanke­lijk van het hoofdtype 'Begeleid natuurlijk' dan wel 'Halfnatuurlijk' is het beheer gericht op handhaving van de bestaande natuur c.q. gericht op bevordering van natuurlijke processen.



Voor de Schoorlse Duinen gelden nauwelijks beperkingen of randvoorwaarden aan de dynamiek langs de kust. Er is nagenoeg geen bebouwing en de enige objecten die op korte termijn nog obstakels zouden kunnen vormen zijn de Boorlocatie en het Parkeerterrein bij paal 27. De Boorlocatie schijnt overigens over enige jaren te worden opgeheven. Vanuit natuur-oogpunt zijn er in het gebied geen echte beperkingen voor veerkracht. Er zijn nagenoeg geen natte duinvalleien die aangetast zouden kunnen worden door verstuiving of verdroging. In het verleden zijn deze door waterwinning, de aanplant van naaldbos, kustafslag en het lage polderpeil reeds verdwenen.

## 4.5 Conclusies naar aanleiding van de case-study

Uit de verschillende berekeningen van de veerkracht langs de kust van Egmond tot Camperduin blijkt duidelijk dat het effect van bebouwing zeer groot kan zijn. Zelfs als met een begrenzingslijn onder een hoek van  $60^\circ$  wordt gewerkt zien we de veerkracht met 85% afnemen. Wordt er meer rekening gehouden met de ruimtelijke 'uitstraling' van bebouwingskernen (via een kleinere hoek van  $45$  of  $10^\circ$ ), dan neemt de veerkracht nog sterker af (tot 1 % van de waarde zonder bebouwing). Hierbij vallen andere effecten, zoals verschillen in de keuze van parameters (hellingshoek en diepte sluitingsprofiel) en die van andere functies (in dit geval) in het niet. In het volgende hoofdstuk wordt hier nader op ingegaan.

De actoren die betrokken zijn bij het kustbeheer in het studiegebied verschillen van mening over de behoefte aan en interpretatie van het begrip veerkracht. Deze zijn terug te voeren op de belangen die deze betrokkenen vertegenwoordigen. Verheugend is dat er veel belangstelling is voor het kustbeheer en dat nieuwe initiatieven positief worden benaderd en ook daadwerkelijk een kans krijgen (denk aan de Kerf en aan verstuiving in de zeeoep). Een gezamenlijk langjarige visie omtrent de wijze waarop omgegaan moet worden met de dynamiek van de kustlijn ontbreekt echter.

De case-study heeft duidelijk gemaakt dat, om veerkracht een geschikt instrument voor kustbeheer te laten zijn, nog een aantal keuzen gemaakt moeten worden. In de eerste plaats geldt dit de berekeningsmethodiek, zoals de wijze waarop met bebouwing rekening gehouden moet worden. Daarnaast zal duidelijk moeten worden hoe met de resultaten van de veerkrachtmeting beleidsmatig omgegaan zal gaan worden. Als veerkracht als een maatlat gebruikt wordt, kan er dan ook een norm worden vastgesteld? En wat zijn dan de ruimtelijke consequenties hiervan?

## 5 Verloop van veerkracht langs de kust

### 5.1 Verloop van tweedimensionale veerkracht langs de kust

In de lengterichting langs de kust kan de waarde van de berekende veerkracht sterk verschillen. Met bebouwing of andere functies dicht bij zee krijgt de veerkracht een lage waarde, want het volume potentieel mobiel zand is daar gering. Op tussenliggend breed duingebied zonder functies krijgt de berekende veerkracht juist een hoge waarde. De vraag is hoe we dit verloop van de veerkracht langs de kust moeten interpreteren. Wat is bijvoorbeeld de betekenis van een hoge veerkracht in een kustvak als dit kustvak grenst aan een kustvak met een lage veerkracht?

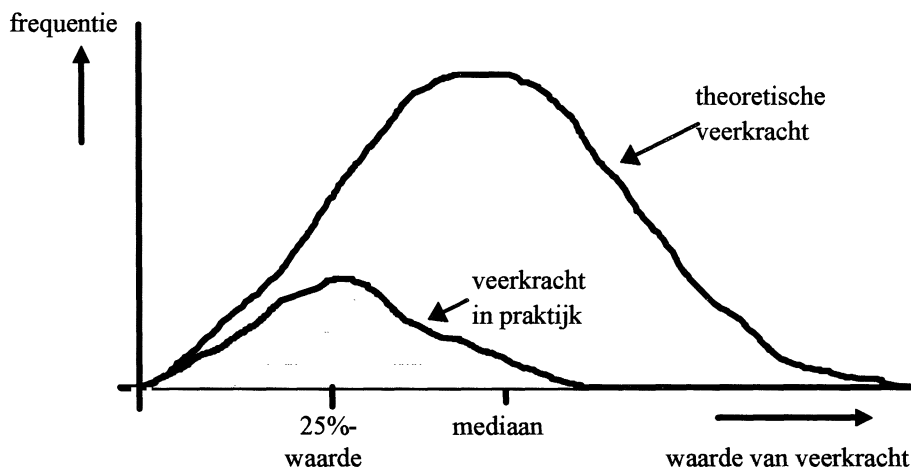
### 5.2 Morfologisch gedrag van de kust in relatie tot veerkracht

Om de betekenis van de veerkracht in de horizontale dimensie (ruimtelijk) beter te begrijpen, moeten we ons realiseren dat de veerkracht niet alleen bepaald wordt door de processen die dwars op de kust georiënteerd zijn (zoals kustdwars zandtransport), maar ook door processen die in langsricting verlopen. Zoals we weten vindt er in het kustvak een langstransport plaats zowel in noordelijke als zuidelijke richting, afhankelijk van de golfrichting. Vanwege het jaargemiddelde golftransport is er een (zij het klein) netto zuidwaarts langstransport ter hoogte van het studiegebied. Dit maakt dat er wel degelijk een beïnvloeding van kustlocaties is in langsricting en dat de veerkrachtberekening hiermee rekening moet houden. Stel bijvoorbeeld dat er vanwege een hoge veerkrachtindex ten noorden van Egmond meer vrijheid aan natuurlijke processen wordt gegeven (de zandbuffer is immers ter plaatse zeer groot). Dan zou dit op termijn tot een wijziging van de (momentane) kustlijnligging kunnen leiden. Dit kan vervolgens leiden tot significante veranderingen in het langstransport. Uit historisch onderzoek en modellen is gebleken dat het netto golfgedreven zandtransport een functie is van maatgevende golfhoogte en golfrichting. Bij gelijkblijvende golfhoogte is dit netto transport ongeveer recht evenredig met  $\sin^2\phi$ , waarbij  $\phi$  staat voor de maatgevende morfologische golfrichting. Wanneer de huidige richting in de orde van  $20^\circ$  is, geeft een verandering van  $2^\circ$  al een verandering in zandtransport van orde 10%. Met andere woorden, het gedrag van de kustlijn kan bij een ingreep in de kustlijn in langsricting behoorlijk gaan veranderen. Er is dus samenhang in het kuststelsel, waardoor lokale invloeden over grote gebieden merkbaar zijn.

Bovenstaande redenering leidt ertoe, dat een dicht bij zee gelegen functie (een voorpost in de duinen) resulteert in een behoefte aan een zekere fixatie van de kustlijn in het aangrenzende duingebied. Want om de voorpost te beschermen mag de kustlijn in het aangrenzende gebied niet teveel achteruit bewegen. De implicatie van deze gedachtengang is dat een lage waarde van de veerkracht in de praktijk een uitstralend effect heeft in de lengterichting langs de kust. Dit heeft consequenties voor de wijze waarop veerkrachtwaarden over een zekere kustlengte zinnig geïntegreerd kunnen worden tot een totaalwaarde.

### 5.3 Rekenkundige integratie van veerkracht over een zekere kustlengte

Figuur 5.1 geeft een voorbeeld van een frequentiecurve met een spreiding van de waarden van de veerkracht over een groter kustgebied (zie figuur 4.8 voor een dergelijke curve voor het studiegebied). Uitspraken over de totaalsituatie (de veerkracht van het gehele kustvak) hangen af van het gewicht dat men toekent aan de verschillende waarden. Als lage waarden voor de interpretatie c.q. beoordeling belangrijker zijn dan hoge waarden verdient een percentielscore links van de mediaan ( $< 50\%$ ) de voorkeur voor het weergeven van het totaalbeeld met één getalswaarde.



Figuur 5.1 Voorbeeld van frequentiecurve van veerkracht voor een groter kustgebied

Welke percentielscore in dit geval het meest geëigend is hangt af van het gedrag van de kust en de betekenis die het totaalbeeld in beleid en beheer krijgt. Als een kustvak een ver naar zee opgeschoven voorpost heeft, die bescherming behoeft, heeft de kust ter plaatse een lage veerkracht. Een grote veerkracht in de aangrenzende gebieden is dan minder relevant. Het meer landinwaarts gelegen potentieel mobiele zand in de aangrenzende gebieden mag immers niet deelnemen aan de dynamiek, omdat de voorpost anders in gevaar komt. We mogen stellen, dat er sprake is van 'theoretische overwaarde' in de veerkracht in het aangrenzende kustgebied, een overwaarde zonder maatschappelijk nut. In figuur 5.1 is dat weergegeven. Naast de gewone frequentiecurve is een gecorrigeerde curve als voorbeeld weergegeven, waarbij de overwaarde buiten beschouwing is gelaten. Uitgaande van de gecorrigeerde curve (het gearceerde gebied in de figuur) zou het totaalbeeld voor het beschouwde kustgebied bijvoorbeeld kunnen worden beschreven met de 25-percentielscore.

Bij de gebruikte methodiek voor de veerkracht is dus op drie verschillende manieren de totaalwaarde te bepalen. In tabel 5.1 zijn de verschillende uitkomsten weergegeven.

Tabel 5.1. Verschillende methoden voor aggregatie in de ruimte.

Methode	uitkomst	toelichting
veerkracht per kustvak	45.9	volumina worden in één keer berekend
gemiddelde veerkracht per raaivak	55.7	volumina worden per raaivak berekend en vervolgens wordt daarvan het gemiddelde genomen
25 percentielwaarde van veerkracht per raaivak	40.0	volumina worden per raaivak berekend en vervolgens wordt daarvan de 25 percentielwaarde genomen

Het verschil tussen de veerkracht per kustvak en de gemiddelde veerkracht per raaivak is te verklaren door het feit dat er blijkbaar verschillen zijn in de raaivakgrootte. Wanneer we immers het gemiddelde van de raaivakken nemen dan is een vergelijking met de andere methode alleen juist als we veronderstellen dat de raaivakken alle even groot zijn, hetgeen niet het geval is.

#### 5.4 Ruimtelijke integratie van veerkracht over een zekere kustlengte

Bovenstaande rekenkundige benadering kan ook in ruimtelijke termen worden beschreven. Omdat de kust streeft naar een tamelijk vloeiende kustlijn zijn scherpe hoeken in de kust onstabiel en ongewenst. Om een stabiele situatie te krijgen met een voorpost dicht bij zee zijn bij de voorpost in de kust slechts flauwe hoeken landinwaarts toegestaan. Zo zou vanuit een voorpost een beschermingslijn getrokken kunnen worden onder bijvoorbeeld een hoek van  $10^0$  landinwaarts (zie figuur 4.12). In het gebied landinwaarts van deze beschermingslijn kan zich wel zand bevinden dat in principe beschikbaar is voor dynamiek, maar dat zand heeft in de praktijk geen betekenis voor de veerkracht. Want om de voorpost te beschermen mag het zand achter de lijn niet meedoen aan de dynamiek en dus mag dat zand ook niet worden beschouwd als potentieel mobiel zand. De vanuit de voorposten onder een flauwe hoek landinwaarts getrokken beschermingslijnen begrenzen het gebied waar het zand als potentieel mobiel mag worden aangemerkt. Alleen het zand zeewaarts van deze beschermingslijnen telt mee. Deze ruimtelijke benadering leidt eveneens tot aftoppen van hoge veerkrachtwaarden.

#### 5.5 Implicaties voor een op veerkracht gebaseerd kustbeleid

Als het zand landwaarts van de beschermingslijnen niet meetelt voor de veerkracht is er vanuit de optiek van veerkracht ook geen reden beperkingen op te leggen aan functies landinwaarts van deze lijnen. Pas wanneer de voorpost verdwijnt kunnen er vanuit de optiek van veerkracht weer beperkingen worden opgelegd aan functiegebruik in dat gebied. Zoals reeds eerder is aangegeven (paragraaf 4.3.2) is de keuze voor de hoek die de begrenzingslijn met de kust maakt van grote invloed op de uiteindelijke veerkrachtberekening. Afhankelijk van de wijze waarop het beleid om zal gaan met het veerkracht beginsel kan hiervoor een grotere of kleinere hoek genomen worden. Indien besloten wordt tot een vèrgaande interpretatie (i.e. meer dynamiek toelaten in de ligging van de kustlijn) is het verstandig deze hoek beperkt te houden.

## 6 Verloop van veerkracht in de tijd (de vierde dimensie)

### 6.1 Een momentopname

De veerkracht zoals die wordt berekend is een momentopname. Onder invloed van erosie of aangroei van de kust neemt de veerkracht in de tijd af of toe. Om een goed beeld te krijgen van hoe het er met (een deel van) de kust voorstaat moet ook de ontwikkeling van de veerkracht in de tijd worden beschreven. Vervolgens moet naar een vorm gezocht worden, waarmee de ontwikkeling van de veerkracht in de tijd kan worden weergegeven. Het is de vraag of het zinvol is om alles uit te drukken in één (integraal) getal.

Wanneer wij de toestand van de kust willen beschrijven is veerkracht één van de mogelijke parameters. Minstens zo belangrijk zijn ook andere grootheden die van invloed zijn op de toestand en het (toekomstige) gedrag van de kust. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld de omvang van de zandhoeveelheden op dieper water, de helling van de vooroever, de breedte van het strand en dergelijke.

### 6.2 Trend en fluctuatie

Het gemeten gedrag van de kustlijn is ons bekend over een tijdsperiode van ruwweg 150 jaar. De zogenoemde 'strandmetingen' van het JARKUS-bestand geven onder meer de duinvoetpositie ten opzichte van de Rijksstrandpalen jaarlijks weer (zie figuur 4.6). Wat opvalt bij de bestudering van deze raaien is de grote diversiteit in de vorm van de grafieken. In sommige gevallen is er sprake van een duidelijke trend, met daarop een aantal fluctuaties. In andere is geen duidelijke trend aanwezig en in weer andere lijkt sprake te zijn van een trendbreuk. Wat we niet weten is of een trend uiteindelijk toch een fluctuatie is, maar dan met een grote periode. Uitgangspunt bij de veerkrachtfilosofie is dat alleen fluctuaties een aanwijzing zijn van een dynamische en (dus) veerkrachtige kust. Immers, daar zien we een heen en weer gaan van de kustlijn en is er dus sprake van afslag en herstel. Trends duiden niet op veerkracht. Het is dus verstandig om de voor de trend gecorrigeerde dynamiek als een parameter voor de veerkracht te nemen (i.e. te vertalen in 'dynamisch zand') en de trend te gebruiken om de toekomstige verandering in de hoeveelheid potentieel mobiel zand (de 'buffer') te bepalen.

### 6.3 De factor tijd in de veerkrachtberekening

Uitgaande van de huidige wijze van berekening van de veerkracht en de elementen daarin wordt onderstaand bekeken welke rol de factor tijd daarin speelt:

- a. De hoeveelheid potentieel mobiel zand bij een kustrai of in een kustvak varieert met de tijd.

- b. De hoeveelheid dynamisch zand: de keuze van de 5-jaarsperiode (als tijdvenster) heeft effect op de uitkomsten.
- c. Langjarige cyclische zandbewegingen hebben effect op de hoeveelheid zand voor een kustrai of in een kustvak.

*Ad a: Potentieel mobiel zand*

Afhankelijk van de lokale condities en het effect daarvan op het -langs- en dwarstransport van zand kan een kust aangroeien, gemiddeld ongeveer gelijk blijven of afkalven. Uitgaande van een min of meer lineaire trend in de tijd kan de hoeveelheid potentieel mobiel zand worden beschreven met de formule:

$$V(\text{pm})_t = (1 + \gamma.t) \times V(\text{pm})_0$$

waarin  $V(\text{pm})_0$  en  $V(\text{pm})_t$  het volume aan potentieel mobiel zand weergeven in jaar 0 respectievelijk jaar  $t$ , en  $\gamma$  een maatstaf vormt voor de jaarlijkse verandering. Als  $\gamma$  positief is groeit de kust aan en met een negatieve waarde erodeert de kust.

In de veronderstelling dat het volume dynamisch zand niet verandert in de tijd werken veranderingen in  $V(\text{pm})_t$  lineair door in de berekende veerkracht. De veerkracht  $VK$  kan dus met dezelfde formule worden weergegeven:

$$VK_t = (1 + \gamma.t) \times VK_0$$

Op deze wijze kan de ontwikkeling van de veerkracht in de tijd worden voorspeld en kan bij een eroderende kust (met afnemende veerkracht) worden bepaald, wanneer maatregelen moeten worden genomen als de veerkracht beneden een streefwaarde komt.

In de praktijk is het niet altijd even gemakkelijk een (lineaire) trend te onderscheiden van een langjarige cyclische zandbeweging (aangroei en afslag) als de periode van de cyclus groter is dan van de periode waarover meetgegevens beschikbaar zijn. Het gevolg hiervan is dat de betrouwbaarheid van de voorspellingen afneemt, naarmate verder in de toekomst wordt gekeken. Voor de Nederlandse kust zijn gegevens beschikbaar over meer dan 100 jaar. Op grond daarvan bieden voorspellingen voor enkele tientallen jaren vooruit een redelijke betrouwbaarheid, vooropgesteld dat er geen sprake is van trendbreuken bijvoorbeeld door menselijke ingrepen.

*Ad b: Dynamisch zand*

Bij de bepaling van de duinvoetverandering dient rekening te worden gehouden met trendbreuken in de ontwikkeling van de duinvoet en met plotselinge sprongen door het ontstaan van nieuwe stuifduinen. In het geval van trendbreuken moet de tijdserie worden gesplitst in delen zonder trendbreuk. Als bij het bepalen van de dynamiek in de duinvoet niet wordt gecorrigeerd voor een mogelijke lange termijn trend beïnvloedt dat de gevonden dynamiek voor die kustvakken waar sprake is van een grote trendmatige kustontwikkeling.

Het tijdsvenster van 5 jaar (en het 95%-betrouwbaarheidsinterval) dat wordt gehanteerd voor het bepalen van de hoeveelheid dynamisch zand is mede bepalend voor de uitkomst. Baan et al. (1999) hebben daar een gevoeligheidsanalyse naar uitgevoerd voor een periode die varieert tussen 1 jaar en 10 jaar. Het blijkt dat het volume toeneemt met de grootte van het tijd-

venster. Maar als wordt gecorrigeerd voor de trend en voor langjarige cyclische processen blijkt de gevoeligheid relatief beperkt. Na deze correcties blijven alleen de korte (niet-cyclische en niet-voorspelbare) fluctuaties over, die samenhangen met veranderlijke abiotische condities (weersomstandigheden en dergelijke).

Nemen we een tijdvenster in beschouwing die veel groter is dan 5 jaar (bv. 25 of 50 jaar), dan blijkt dat de variatie in duinvoetpositie niet meer als een normale verdeling kan worden aangemerkt. Werken met de standaarddeviatie hiervan is dan statistische gezien niet meer mogelijk.

#### *Ad c: Langjarige cyclische zandbewegingen*

Rekening houdend met langjarige cyclische processen kan worden voorspeld hoe de kustlijn zich gaat ontwikkelen. Voorwaarde daarvoor is wel, dat er geen trendbreuken optreden. Tevens geldt dat naarmate verder vooruit wordt gekeken de resultaten minder betrouwbaar worden, omdat bijvoorbeeld cycli die wat betreft de lengte van de periode buiten de periode van de meetreeks vallen niet worden onderkend.

Als de meetreeksen voldoende lang zijn kunnen de verschillende cycli met statistische technieken worden vastgesteld (bijv. spectraal-analyses of Fourier-analyses). Zowel de amplitude van de cyclische beweging (het verschil in de ligging van de kustlijn) als de periodiciteit (de periode waarover een cyclus geheel voltooid wordt) kunnen worden bepaald. Ook kan worden vastgesteld in welke fase van de cyclus de kust zich op een zeker moment bevindt. Optellen van de amplitude van de verschillende cycli met daarbij gevoegd de fluctuaties op korte termijn levert de maximale variatie van de kustlijn op (afgezien van de trend). Met deze variatie kan in principe ook een 'veerkrachtberekening' worden gedaan. Daarvoor moet dan nog wel worden vastgesteld met welke hoeveelheid potentieel mobiel zand wordt gewerkt. Het meest geëigend lijkt hier de hoeveelheid te kiezen overeenkomend met het gemiddelde tussen alle cycli in. Dat wijkt af van de huidige situatie en moet worden afgeleid uit het faseverloop van de verschillende cycli.

Voor een goede interpretatie van de resultaten is het noodzakelijk iedere raai afzonderlijk in de ruimtelijke en historische context te bezien. Pas dan is een betrouwbare verwerking van de analyses mogelijk.

## **6.4 Beleidsmatige interpretatie van veerkracht in de tijd**

Een moeilijkheid bij de beschouwing over veerkracht in de tijd is dat bij het begrip veerkracht nog steeds niet echt duidelijk is welke tijd- en ruimteschalen moeten worden gehanteerd. Praten we bij het ruimte geven aan dynamiek over processen die op termijnen van enkele jaren spelen, zoals bij de huidige veerkrachtmethode is gedaan, of willen we ook veranderingen over vele tientallen jaren meenemen. Dat is natuurlijk ook een vorm van dynamiek, maar dan wel van een andere orde.

De keuze zal moeten aansluiten bij de behoefte vanuit beheer en beleid. Vanuit het beleidsbeginsel duurzaamheid is er veel voor te zeggen de veerkracht nadrukkelijk te plaatsen in het denken over de lange termijn (orde 10 tot 100 jaar). Het bevorderen van een veerkrachtige kust kan dan gezien worden als een concrete invulling van de duurzaamheids-doelstelling.

Tegelijkertijd zal daarbij ook aandacht besteedt moeten worden aan de consequenties die dit heeft voor het beheer. Er zullen, op basis van een uitgewerkte veerkrachtstrategie, duidelijke richtlijnen moeten komen over welke activiteiten en ontwikkelingen wel en welke niet in deze strategie passen. Ook zal de beheerder duidelijkheid moeten hebben over wel of niet ingrijpen in de natuurlijke processen. Hierr wordt in Hoofdstuk 9 nader op ingegaan.



## 7 Evaluatie van maatregelen ter vergroting van de veerkracht

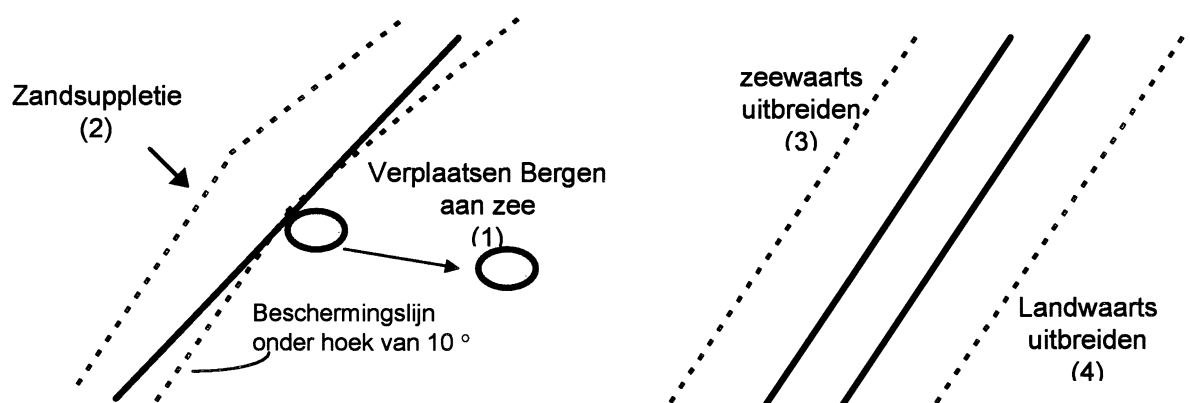
### 7.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken hebben we ons beperkt tot het beschrijven van de veerkracht van een bepaalde situatie. Ook is aangegeven wat de effecten zijn op de veerkracht als bepaalde functies wel of niet worden meegenomen. Wat hierin steeds weer tot uitdrukking kwam is het feit dat voor veerkracht ruimte nodig is. Deze ruimte voor veerkracht wordt vooral bepaald door de aanwezigheid van een duinmassief van een bepaalde omvang. Deze ruimte kan worden ingeperkt wanneer bepaalde functies een claim op dat duinmassief leggen: zo wordt de ruimte voor dynamiek ingeperkt door buitendijkse bebouwing onder de veronderstelling dat deze bebouwing niet in zee mag verdwijnen. Wanneer we de functie opheffen, ontstaat er meer ruimte voor veerkracht. Ook kan de ruimte worden vergroot door zeewaarts dan wel landwaarts het duinmassief te vergroten. De maatschappelijke betekenis van dergelijke beslissingen kan worden uitgedrukt in een winst- en verliesrekening in termen van economische en ecologische waarden. In dit hoofdstuk zal aan de hand van een aantal voorbeelden van maatregelen ter vergroting van de veerkracht geïllustreerd worden wat dit betekent voor economie en natuur.

### 7.2 Maatregelen

Vanwege het effect van de buitendijkse bebouwing op de veerkracht in het aangrenzende gebied (zie paragraaf 4.3.2) moet het vergroten van de veerkracht in eerste instantie gericht zijn op deze bebouwing. Laten we als voorbeeld Bergen aan Zee beschouwen. Verplaatsen van deze 'voorpost' (1) als daarachter een grote hoeveelheid zand ligt, maakt zand vrij voor dynamiek en resulteert in een toename van de veerkracht. Zeewaarts zijn er ook mogelijkheden om de veerkracht te vergroten, bijvoorbeeld door een grote zandsuppletie in zee voor de voorpost (2). Daardoor komt de betreffende voorpost verder van zee te liggen. In smalle duingebieden zonder functies anders dan veiligheid is het mogelijk om naast zeewaarts (3) ook landwaarts (4) uit te breiden door aan de landzijde zand te suppleren en zo de veerkracht te vergroten (zie figuur 7.1).

Figuur 7.1 Maatregelen gericht op vergroten veerkracht



In het beschouwde gebied is de hoeveelheid dynamisch zand (95%-betrouwbaarheidsinterval) circa  $160 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$  per strekkende meter (Baan et al., 1999). Om een waarde van 10 of hoger voor de veerkracht te bereiken is dan een hoeveelheid potentieel mobiel zand nodig van tenminste  $1.600 \text{ m}^3$  per strekkende meter. Bij landwaartse uitbreiding (suppletie achter de duinenrij) kan hiermee worden volstaan. Het kustprofiel aan de zeezijde verandert namelijk niet. Bij zeewaartse uitbreiding ligt het wat anders. Een deel van het gesuppleerde zand komt terecht op de vooroever beneden de sluitingsdiepte van NAP -4 meter en telt dan niet mee als mobiel zand. Geschat wordt dat 50% extra zand nodig is om dit verlies te compenseren, waardoor de benodigde hoeveelheid zand uitkomt op  $2.400 \text{ m}^3$  per strekkende meter.

### 7.3 Kosten en baten analyse

#### Breedte en diepgang van kostenbaten analyse

Een kostenbaten analyse (KBA) kan met verschillende breedte en diepgang worden uitgevoerd. Bij een 'smalle' (gericht op financieel-economische aspecten ofwel de economisch 'harde' effecten) KBA gaat het om het vaststellen van de kosten, de opbrengsten en de besparingen als gevolg van de maatregelen. In meer brede zin (een brede maatschappelijke verkenning) omvat het ook welzijnseconomische ('zachte') aspecten als welbevinden, gevoelens van veiligheid, beleving en waardering van landschap en natuur, etc. Bij de maatschappelijk KBA wordt gepoogd dit brede scala aan aspecten zoveel mogelijk in geld uit te drukken.

#### Kosten en baten van beschouwde maatregelen

Hier beperken wij ons tot een zeer globale financieel-economische KBA. Tabel 7.1 geeft een overzicht van de ruw geschatte kosten en baten van de maatregelen.

Tabel 7.1 Kosten en baten van maatregelen gericht op vergroten van veerkracht<sup>1</sup>

Maatregel	kostenposten	Mf	batenposten	Mf
1. Bergen aan Zee verplaatsen	Onteigenen woningen, hotels, e.d.	600	besparing kustonderhoud, 100 jaar á Mf 1 per jaar, NCW = 25 x 1	25
2. Grote zandsuppletie voor Bergen aan Zee	circa $4 \text{ Mm}^3$ zand á f 10, = per $\text{m}^3$	40	besparing kustonderhoud toerisme en recreatie pm	40
3. Zeewaarts uitbreiden bij Callantsoog	circa $8 \text{ Mm}^3$ zand á f 10, = per $\text{m}^3$	80	nieuwe functies	?
4. Zandsuppletie landwaarts noordelijk van Callantsoog	circa $4 \text{ Mm}^3$ zand á f 15, = per $\text{m}^3$ + onteigening	75	besparing kustonderhoud toerisme en recreatie pm	60

<sup>1</sup> Voor toelichting op tabel zie bijlage A

Uit tabel 7.1 mogen geen conclusies worden getrokken over de kust in het algemeen. Het hier beschouwde kustgebied van Egmond aan Zee tot Callantsoog erodeert sterk en moet met zandsuppleties worden onderhouden. Een grote zandsuppletie ineens resulteert in besparingen op jaarlijks kustonderhoud. Ervan uitgaande dat al het gesuppleerde zand uiteindelijk (met dezelfde snelheid als voorheen) verdwijnt, zijn de kosten van eenmalig een grote hoeveelheid zand suppleren in principe gelijk aan die van jaarlijks kleinere hoeveelheden (de besparingen in tabel 7.1). Die aanname is ook gemaakt bij het samenstellen van de tabel (zie toelichting in bijlage A). In de praktijk ontstaat meestal wel enig verschil in kosten tussen beide wijzen van suppleren. Enerzijds kan een eenmalige grote suppletie invloed hebben op de erosiesnelheid en anderzijds worden in de tijd gespreide kosten (en baten) in de economie gediscoonteerd (vertaald in Contante Waarden). Voor het eerste is gedetailleerde kennis nodig van het kustgedrag en bij het tweede gaat het om optimaliseren in economisch zin. Voor ons onderzoek gaat dat te ver: wij zijn slechts geïnteresseerd in een globaal begrip van de kosten en baten.

Uit tabel 7.1 blijkt voorts, dat als een grote economische waarde in het geding is (zie bij maatregel 1), de baten in de vorm van besparingen op kosten van kustonderhoud niet opwegen tegen de kosten verbonden aan het opofferen van deze economische waarde om de veerkracht van de kust te vergroten. Als het om een kleine economische waarde gaat (bijvoorbeeld met kosten kleiner dan Mf 25 bij maatregel 1) kan het economisch wel aantrekkelijk worden.

Het verplaatsen van een voorpost als Bergen aan Zee vergroot de veerkracht in het betreffende gebied. Aan de zuidzijde wordt het effect echter begrensd door het op 4,5 km afstand gelegen Egmond aan Zee, eveneens een voorpost van waaruit een 10<sup>0</sup>-beschermingslijn loopt. Verplaatsen van beide voorposten tezamen zou pas tot een echt significante vergroting van de veerkracht leiden. Egmond aan Zee is echter veel groter dan Bergen aan Zee. De economische waarde, die daar in het geding is, is uiteraard ook veel groter.

### Conclusies

- De baten-kostenverhouding van grootschalige zandsuppleties gericht op het vergroten van de veerkracht is bij een sterk eroderende kust niet zodanig dat dat een argument vormt voor het uitvoeren van dit soort maatregelen.
- Zeewaartse uitbreiding kan een manier zijn om de veerkracht te vergroten. Doordat niet te verwachten is dat de onderhoudskosten veel kleiner zijn dan in de oorspronkelijke situatie, zal de baten-kostenverhouding met name bepaald worden door de financieel-economische perspectieven van de gebruiksfuncties op het nieuwe land.
- Het effect van het verplaatsen van een 'voorpost' op de veerkracht van de kust is aanzienlijk. Verplaatsen van een voorpost met een grote economische waarde om de veerkracht te vergroten levert echter groot economisch nadeel op. De kosten zijn veel groter dan de besparingen op kustonderhoud.

## 7.4 Natuurwaarden

Voor het opmaken van de winst- en verliesrekening voor de natuur van maatregelen gericht op vergroten van de veerkracht bestaan verschillende methoden. Recent zijn deze methoden besproken en uitgewerkt voor de Nederlandse kustduinen in het proefschrift van Ruijgrok (Ruijgrok, 1999). Een samenvatting van deze uitwerking is gegeven in Bijlage C. In het algemeen zullen maatregelen gericht op veerkrachtverhoging positief uitwerken op natuurwaarden. Met name het ruimte bieden aan veerkracht door het uitplaatsen van maatschappelijke functies zal de natuur ten goede komen. Aan de andere kant is het natuurlijk ook mogelijk dat er een netto verlies kan optreden, bijvoorbeeld wanneer waardevolle natte duinvalleien ondergestoven raken of verdrogen door het landwaarts verschuiven van de kustlijn. In het geval van het studiegebied Egmond - Camperduin is dit niet het geval: een groot deel van het duingebied bestaat uit open droge duinen die waarschijnlijk aan natuurwaarde zullen winnen wanneer er meer dynamiek wordt toegelaten. Door het uitstuiven kunnen natte duinvalleien juist ontstaan en door dynamiek in de kustlijn kunnen nieuwe wash-overs (zoals de Kerf) en sluffers een kans krijgen.

## 7.5 Multicriteria analyse

### Criteria

Bij een brede maatschappelijke afweging wordt niet alleen gekeken naar financieel-economische kosten en baten, maar wordt ook rekening gehouden met andere aspecten die voor de beoordeling van maatregelen van belang kunnen zijn. Dat kan onder meer betrekking hebben op realisatietermijnen, maatschappelijk en politiek draagvlak, benodigde bestuurlijke inspanningen en inpasbaarheid in wettelijk kader. Daarnaast of in combinatie daarmee moet bij een brede evaluatie rekening worden gehouden met aspecten die gevat kunnen worden onder de noemer 'bijdragen aan duurzame ontwikkeling'.

Het WL-speurwerkproject 'Ruimte voor water' was met name gericht op de duurzaamheidsaspecten. In dat onderzoek zijn enkele 'duurzaamheids'criteria gekozen om de effecten van ruimtelijke maatregelen in beeld te brengen in vergelijking tot meer traditionele maatregelen (dijkverhogen, kustlijn handhaven):

- *kosten*: netto contante waarde van financiële kosten en baten als maatstaf voor de financiële opofferingen van de maatschappij;
- *robuustheid*: als maatstaf voor de betrouwbaarheid, de zekerheid dat maatregelen onder alle omstandigheden werken;
- *flexibiliteit*: als maatstaf voor het kunnen inspelen op veranderende omstandigheden (minimale toekomstige spijt);
- *kansen voor functies*: als maatstaf voor de bijdrage aan economische ontwikkeling;
- *natuurwaarde*: als maatstaf voor de beleving en waardering van veranderingen in het landschapsbeeld;
- *ruimtelijke kwaliteit*: maatstaf voor beleving en waardering van veranderingen in het landschapsbeeld.

## Scores van maatregelen op criteria

Tabel 7.2 geeft de effectenmatrix met de globaal geschatte scores op de criteria voor de vier beschouwde maatregelen. De NCW van de kosten is ontleend aan tabel 7.1. De laatste kolom 'duurzaamheid' geeft een soort eindoordeel aan de hand van de scores op de andere criteria.

Tabel 7.2 Effectenmatrix met scores van maatregelen op criteria

Maatregel	NCW kosten (Mf)	robuustheid	flexibiliteit	economische functies	natuurwaarde	ruimtelijke kwaliteit	duurzaamheid
1. Bergen aan Zee verplaatsen	575	++	+	+	++	+/-	++/--
2. Grote zandsuppletie voor Bergen aan Zee	0	++	+	0	+	+	+
3. Zeewaarts uitbreiden ter hoogte van Callantsoog	80	++	+	+	+	+	+
4. Zandsuppletie landwaarts noordelijk van Callantsoog	15	++	+	+	++	++	++

Verplaatsen van de voorpost Bergen aan Zee, grootschalige zandsuppleties en zeewaarts uitbreiden resulteren in een toename van de *robuustheid*. De grotere hoeveelheid (potentieel mobiel) zand biedt zekerheid tegen aanvallen op de kust vanuit zee en schept ruimte voor dynamiek.

De beschouwde maatregelen laten de mogelijkheid open om in te spelen op veranderende omstandigheden (klimaatverandering, en bijvoorbeeld andere zienswijzen wat betreft inrichting en kustbeheer). De *flexibiliteit* is dus redelijk gunstig. Toekomstige spijt is waarschijnlijk niet of nauwelijks aan de orde. Alleen bij maatregel 1, verplaatsen van Bergen aan Zee, is het minder duidelijk hoe men daar in de toekomst tegenaan kijkt. Daarbij moet wel worden bedacht dat de economische opofferingen al zijn opgenomen onder het criterium kosten. Opvoeren van mogelijke toekomstige spijt als gevolg van de grote investering zou een dubbeltelling impliceren.

Creëren van nieuwe grote duingebieden biedt *kansen voor de economische functie* toerisme en recreatie. Dat geldt voor de landwaartse duinverbreding en zeewaartse kustuitbreiding.

Als gevolg van de maatregelen is een groter gebied beschikbaar voor dynamiek en natuurontwikkeling. De *natuurwaarden* zullen daardoor toenemen. Dat geldt vooral voor de zeewaartse en landwaartse uitbreidingen.

Ook de *ruimtelijke kwaliteit* kan verbeteren. Alleen bij maatregel 1, verplaatsen van Bergen aan Zee, gaan cultuurhistorische landschapswaarden verloren.

Het totaalbeeld van de maatregelen (onder de noemer *duurzaamheid*) is overwegend gunstig. Voor maatregel 1 is vanwege de verliezen aan economische en cultuurhistorische waarden het totaalbeeld minder duidelijk.

Bij tabel 7.2 gelden weer dezelfde kanttekeningen als bij tabel 7.1. Er is naar een specifiek kustgebied gekeken en uit de resultaten mogen geen conclusies worden getrokken over de kust in het algemeen.

### **Conclusies**

- Grootschalige zandsuppleties en zeewaartse uitbreidingen om de veerkracht van de kust bij een eroderende kust te vergroten scoren overwegend gunstig vanuit duurzaamheidsperspectief.
- Bij verplaatsen van een voorpost in de duinen om de veerkracht te vergroten ligt het beeld genuanceerder. Grote economische en cultuurhistorische waarden maken het opofferen van een dergelijke voorpost onaantrekkelijk.

## 8 Meting van de veerkrachtindex voor de Nederlandse kust

Met behulp van het in hoofdstuk 3 beschreven GIS is voor de gehele Nederlandse kust de veerkracht berekend. Deze berekening is uitgevoerd met de veerkrachtformule zoals die in hoofdstuk 2 is beschreven (met 95% betrouwbaarheidsinterval). Als basis zijn de volgende bestanden gebruikt:

- de meest recente JARKUS bestanden (kustprofielen) (1997 of enkele jaren eerder indien 1997 niet beschikbaar was)
- Algemeen Hoogtebestand Nederland (voor de duinhoogtes) (data van 1998)
- TOP 50 vector bestand van huizen in Nederland

De berekening geeft twee situaties weer: met en zonder bebouwing. De veerkracht zonder bebouwing buitendijks kan gezien worden als een referentiemeting. De veerkracht met bebouwing is uitgevoerd met een bebouwingslijn die een hoek maakt van 45° met de kustlijn (zie paragraaf 4.3.2). Figuur 8.1 en tabel 8.1 geven de resultaten weer.

Tabel 8.1 Veerkracht langs de Nederlandse kust

nr	kustvak	veerkracht zonder bebouwing			veerkracht met bebouwing		
		gemidd.	min.	max.	gemidd.	min.	max.
2	Schiermonnikoog	13	2.5	203	9.5	1.5	123.5
3	Ameland	6	0	12	4	0	12
4	Terschelling	3	1	23.5	2	1	10.5
5	Vlieland	2	1	9.5	0.5	0	1
6	Texel	2.5	0.5	22	1.5	0	14
7	Noord-Holland	23	0	111.5	10.5	0	75.5
8	Rijnland	48.5	4	272.5	9	0	64.5
9	Delfland	12	0	37.5	1.5	0	14.5
11	Voorne	3	0	30	1.5	0	28.5
12	Goeree	2.5	0	36.5	2	0	36
13	Schouwen	11	0	48.5	5.5	0	22
16	Walcheren	2	0	37.5	1	0	34.5
17	Zeeuws-Vlaanderen	0	0	36	0	0	36

Over de resultaten kan het volgende worden opgemerkt. Allereerst is er een opvallend verschil tussen de Waddeneilanden, de Hollandse kust en de Deltakust, waarbij met name Noord-Holland en Rijnland fors hoger scores dan de andere twee regio's. Delfland, Schouwen en Schiermonnikoog zijn vergelijkbaar, terwijl de overige Waddeneilanden en de koppen van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden laag scores. Zeeuws-Vlaanderen is hekkelsluis met een veerkracht gelijk nul.

Het effect van bebouwing op de veerkracht is fors te noemen. De veerkracht langs de gehele kust ligt nagenoeg onder de 10 en bereikt op diverse kustvakken zeer lage waarden.

Omdat de meeste kustvakken vrij groot zijn is het goed verklaarbaar dat de verschillen tussen het gemiddelde en de minimale en maximale waarden zo groot zijn. Deze uitersten heb-





## 9 Veerkracht en beleid

### 9.1 Het huidige beleid

Hoe past veerkracht nu in het beleid ‘Dynamisch Handhaven’ van de overheid? In 1990 heeft de Tweede Kamer ingestemd met het voorstel van de Minister van V&W om de ligging van de kustlijn van 1 januari 1990 in principe te handhaven. De term ‘dynamisch handhaven’ is in dit verband genoemd om het voorgenomen beleid van de Minister te karakteriseren: ‘dynamisch’ omdat zo mogelijk enige natuurlijke dynamiek zal worden toegelaten. In het beleid spelen drie soorten kustlijnen een rol:

- 1 de momentane kustlijn (MKL)
- 2 de basiskustlijn (BKL)
- 3 de te toetsen kustlijn (TKL)

De MKL is de ligging van de kustlijn in een willekeurig jaar. De BKL is de ligging van de kustlijn op 1 januari 1990. De TKL is afgeleid van de MKL. De essentie van het beleid is dat er overgegaan wordt tot maatregelen (m.n. zandsuppletie) wanneer de TKL de BKL dreigt te overschrijden.

Overigens moet bedacht worden dat het huidige beleid van Dynamisch Handhaven reeds (beperkt) rekening houdt met variaties in de ligging van de momentane kustlijn (MKL). Bij de procedure die gebruikt wordt bij de beslissing of er al dan niet ingegrepen moet worden, is namelijk niet de MKL van belang, maar de te toetsen kustlijn (TKL). De TKL wordt bepaald door lineaire extrapolatie van de ligging van de MKL punten over de afgelopen 10 jaar. Kortstondige fluctuaties worden op deze manier enigszins uitgemiddeld. Tevens is het zo dat een eenmalige duinafslag door storm niet zonder meer leidt tot ingrijpen. De berekeningsmethode kijkt namelijk niet alleen naar de ligging van de duinvoet, maar ook naar het volume zand in een gedeelte van de vooroever. Hierdoor zal na een stormvloed met veel duinafslag de MKL in zeewaartse richting opschuiven en dus niet de BKL overschrijden! Hiertegenover staat dat zand dat naar de duinen wordt getransporteerd en niet meer onderdeel uitmaakt van het te berekenen volume dus niet meer meetelt. Als bijvoorbeeld de duinen behoorlijk zijn aangestoven met zand van het strand en de vooroever, resulteert dit in een landwaartse verplaatsing van de MKL (zie ook bijlage). (Basisrapport Zandige Kust, TAW, 1995).

In hoeverre is behoud/verhoging van de veerkracht als beleidsbeginsel te combineren met het huidige beleid van Dynamisch Handhaven (d.w.z. vasthouden van de BKL)? Een veerkrachtige kust geeft meer zekerheid voor de toekomst dan een kust met veerkracht nul. De veerkrachtberekening is gebaseerd op informatie over de historische dynamiek (van de afgelopen 150 jaar). Het is derhalve niet mogelijk om uitspraken te doen over situaties die in de toekomst zouden kunnen optreden bij significant gewijzigde (ten opzichte van het verleden) hydrodynamische condities. Zelfs het toekomstige dynamische gedrag bij ongewijzigde condities is moeilijk te extrapoleren vanuit de bestaande data. Hoe langer het tijdvenster is waarop we de dynamiek willen karakteriseren, hoe onzekerder worden de uitspraken.

Bij een veerkrachtige kust kunnen we besluiten de BKL vast te houden of soepeler te hantieren, om zo meer dynamiek toe te laten. Andere vormen van dynamiek bevordering (verstuiving, kerven en sluffers) kunnen ongeacht de ligging van de BKL worden doorgevoerd. Overigens kan door de bevordering van dynamiek via verstuiving de veerkracht op lange termijn ook afnemen, wanneer er substantieel zand uit het duinsysteem zou verdwijnen.

Een belangrijke beleidsvraag is of er een norm gesteld moet en kan worden aan de veerkracht. Kan deze onderbouwd worden en zo ja hoe? Zodra deze vragen beantwoordt zijn ontstaat er meer duidelijkheid omtrent de mogelijkheden en beperkingen van functies in het buitendijkse duingebied.

## 9.2 Veerkracht gekoppeld aan natuurlijke dynamiek

In hoofdstuk 7 is aangegeven dat vergroten van de veerkracht kan worden bereikt met maatregelen, waarmee de hoeveelheid potentieel mobiel zand (de teller in de veerkrachtformule) wordt vergroot. De hoeveelheid dynamisch zand (de noemer in de veerkrachtformule) is min of meer een constante grootte, slechts afhankelijk van de plaats en de natuurlijke condities ter plaatse. Bij de berekening van de veerkracht geldt immers als uitgangspunt dat wordt uitgegaan van de natuurlijke dynamiek, zelfs als deze dynamiek wordt ingeperkt door maatregelen als dammen en kribben (zie Baan et al., 1999). De achtergrond van deze stelling is dat het bij veerkracht gaat om het geven van ruimte aan en het meeveren met natuurlijke processen. Inperken van de natuurlijke dynamiek doet daar afbreuk aan.

## 9.3 Als veerkracht geen uitkomst biedt

In de praktijk is er niet altijd voldoende ruimte beschikbaar voor natuurlijke dynamiek, bijvoorbeeld omdat de veiligheid en/of economische belangen in het kustgebied in het geding zijn. In dat geval kunnen maatregelen nodig zijn die bescherming bieden. Vergroten van de weerstand (aanleggen of verhogen van dijken) is een optie of anders beperken van de dynamische respons.

### *Vergroten van de weerstand*

Daar waar de veerkracht onvoldoende is, en om economische of andere redenen vergroten van de veerkracht geen reële optie is lijkt vergroten van de weerstand als eerste alternatief in aanmerking te komen. Vergroten van de weerstand langs de kust door het aanleggen of verzwaren van dijken heeft beperkt invloed op de natuurlijke morfologische processen in aangrenzende kustvakken (geen afwenteling naar andere gebieden).

### *Beperken van dynamische respons*

De natuurlijke respons van een kustgebied op extreme gebeurtenissen als stormen kan worden beperkt door bijvoorbeeld het aanleggen van dammen of golfbrekers. Hiermee wordt voorkomen, dat het betreffende kustgebied teveel zand kwijt raakt. Maar dit heeft meestal gevolgen voor aangrenzende kustvakken. Het transport van zand langs de kust wordt immers verstoord. Dat betekent dat dit soort oplossingen in groter verband moeten worden bekeken

en dat niet kan worden volstaan met het lokaal uitwerken van de oplossing. Ook al vanwege de interactie is een strategie gericht op het beperken van de respons in een kustvak niet direct te combineren een veerkrachtstrategie in het aangrenzende gebied. De interacties zullen eerst in kaart moeten worden gebracht en pas dan kan worden bepaald wat voor het gehele gebied de beste combinatie van strategieën is.

## 9.4 Ontwikkelen van een strategie: prioriteit van maatregelen

Als uitgangspunt voor het waterbeheer geldt het streven naar gezonde en veerkrachtige watersystemen (NW4, 1998). Vanuit dit streven naar veerkracht en daarmee samenhangend het streven naar herstel en benutten van natuurlijke processen in watersystemen volgt de volgende prioriteit in de keuze van maatregelen:

- 1 *Vergroten van de veerkracht* door de hoeveelheid potentieel mobiel zand te vergroten. Dit kan op verschillende manieren bereikt worden. Zo kunnen beperkingen worden opgelegd aan functies in het duingebied die de hoeveelheid potentieel mobiel zand teveel beperken. Ook kan er zand toegevoegd worden aan het systeem (bijv. door zandsuppleties, landaanwinningen of landwaartse uitbreidingen van het duinmassief). De keuze hierbij zal afhangen van de situatie ter plaatse en van een visie op het kuststelsel in zijn totaliteit. Bijvoorbeeld als functies in de duinen gemakkelijk en zonder veel economische schade verwijderd kunnen worden zou dat de voorkeur moeten krijgen. In andere gevallen, als de mogelijkheden landinwaarts beperkt zijn, zal een zeewaartse strategie de voorkeur verdienen.
- 2 *Vergroten van de weerstand*. In situaties waarin het niet anders kan zal er met civiele constructies gewerkt moeten worden, zoals dijken en strandhoofden. Mits goed ingepast kan deze optie zorgen voor een duurzame functieervulling van de kust.
- 3 *Inperken van de dynamiek*. Door manipulatie van stroming en golfklimaat kan de lokaal optredende dynamiek worden verkleind, waardoor de kust als geheel minder dynamisch zal worden.

In de praktijk is voor de kust in zijn totaliteit een strategie nodig die is samengesteld uit bovenstaande drie elementen. Voor het uitwerken van een strategie op lokale schaal kan steeds worden uitgegaan van bovenstaande prioriteitsvolgorde. Vervolgens zal op een hoger schaalniveau moeten worden bepaald hoe de verschillende lokale strategieën als een puzzelstukjes in elkaar kunnen worden gepast.

## 9.5 Veerkracht met kustuitbreidingen

Kustuitbreidingen en een eiland voor de kust hebben gevolgen voor de ontwikkeling van de kustlijn en het morfologische gedrag in een gebied dat zich als regel uitstrekt tot ver van de lokatie waar de kustuitbreiding plaatsvindt. Uiteraard hangt de invloed op de kust af van de omvang en de lokatie van de kustuitbreiding. Zo heeft een eiland ver van de kust minder effect op de kustmorfologie dan een dicht bij de kust gelegen eiland.

Bij kustuitbreidingen gaat het als regel om grootschalige veranderingen, die niet zo gemakkelijk weer ongedaan kunnen worden gemaakt. Er ontstaat een nieuwe situatie met een ge-

wijzigde kustmorfologie. Hoewel feitelijk niet als natuurlijk aan te merken, geldt vanaf het moment dat een dergelijke kustuitbreiding gereed is de aanwezigheid daarvan als een gegeven voor de kust en moeten we dit beschouwen als een nieuwe ‘natuurlijke’ situatie. Het betekent ook dat de strategie voor kustbeheer, zoals boven beschreven, moet worden aangepast aan de nieuwe situatie. Dat geldt met name voor nabij de kustuitbreidingen gelegen gebieden, want die ondervinden de meeste invloed van de kustuitbreidingen.

Als uitgangspunt voor kustuitbreidingen geldt dat effecten op de veerkracht van de bestaande kust moeten worden gecompenseerd. Dit dwingt de plannenmakers om daarop te anticiperen en de kustuitbreiding zodanig te ontwerpen dat grote ongewenste effecten op de bestaande kust worden voorkomen en geen lastige en kostbare aanpassingen in de kustbeheerstrategie nodig is.

## 9.6 Ontwikkeling van nieuw beleid

Er zijn verschillende mogelijkheden om het bestaande beleid aan te passen aan, c.q. te verrijken met een beleid gebaseerd op veerkracht. Uiteraard hangt de keuze van deze opties onder andere af van het toekomstscenario van de veranderingen die ons te wachten staan. Voor dit scenario zijn de volgende aspecten in ieder geval van belang:

- zeespiegelstijging
- verandering van windklimaat, stormfrequenties en stormcondities
- veranderingen in normen voor veiligheid
- veranderingen in het belang, de intensiteit en het karakter van de gebruiksfuncties aan de kust (onder meer ook in relatie tot de ruimtelijke ordening van Nederland)
- voortschrijdend inzicht in het kustgedrag

Het huidige beleid houdt reeds rekening met een zeespiegelstijging van maximaal 85 cm per eeuw, is gebaseerd op de huidige rekenmethoden en inzichten van het kustgedrag en gaat uit van de huidige normen voor veiligheid. Men kan zich een ander scenario voorstellen waarbij de veiligheidsnormen strenger worden, geanticipeerd wordt op nieuwe inzichten in het kustgedrag en waarbij de maatschappelijke acceptatie om beperkingen op te leggen aan functies vanuit het natuurlijke kustgedrag groter is. Dit scenario zou men ‘Ruimte voor Water’ kunnen noemen.

Welke vormen zou het nieuwe beleid kunnen aannemen? Men zou op basis van het beleid rond de BKL onderscheid kunnen maken in drie verschillende richtingen:

1. veerkracht toevoegen aan huidig beleid
2. BKL ruimer interpreteren: op basis van veerkracht en kennis meer dynamiek toelaten, maar wel de trend opheffen.
3. BKL niet meer hanteren

Ad 1. Het gebruik van een norm voor de veerkracht bij het huidige beleid maakt een ruimtelijke differentiatie mogelijk van het buitendijkse duingebied. Er kan op basis van het handhaven dan wel versterken van de veerkracht besloten worden tot het beperken van functies op die plekken waar het de veerkracht zodanig doet verminderen dat deze onder de norm

komt. Ook kan er binnen het huidige beleid gedacht worden aan andere veerkrachtverruimende maatregelen zoals besproken zijn in hoofdstuk 7.

Ad 2. Op die plaatsen waar dat vanuit veiligheidsoverwegingen mogelijk is kan daadwerkelijk meer ruimte geboden worden aan de dynamiek door het ingrijpen (zandsuppletie) uit te stellen. Indien met voldoende mate van betrouwbaarheid vastgesteld kan worden dat de dynamiek een cyclisch patroon heeft (en daar waar bijvoorbeeld een breed duin aanwezig is en de kust toch al een aangroei vertoont) kan een meer heen en weer kwispelende kustlijn worden toegelaten. De gemiddelde kustlijnpositie over een langere reeks van jaren mag daarbij niet landwaarts van de BKL komen te liggen. Van groot belang hierbij is de vraag hoe naastgelegen kustvakken, waarbij de veerkracht niet zo groot is, hierop zullen reageren.

Ad. 3 Geheel afstappen van de BKL is natuurlijk de meest extreme beleidswijziging die men zich kan voorstellen. De vraag in hoeverre dit wenselijk, realistisch en te verdedigen is hangt vooral af van de te verwachten c.q. gewenste ontwikkelingen op het gebied van ruimtelijke ordening op de lange termijn. Ook hier speelt de vraag hoe kustvakken waarvoor deze beleids optie niet gehanteerd zal gaan worden hierop reageren.

## 10 Conclusies

Met dit onderzoek is een uitwerking gegeven aan het begrip veerkracht dat in verschillende beleidsnota's thans figureert. Deze uitwerking is specifiek voor kusten en richt zich daarin uitsluitend op het morfologische gedrag. Voor de in eerdere onderzoeken ontwikkelde veerkrachtmeter is een rekenprocedure in GIS ontwikkeld waarmee op een snelle en eenduidige wijze de veerkracht van een willekeurig kustvak kan worden bepaald.

Uit de berekeningen van de veerkracht langs de kust van Egmond tot Camperduin blijkt dat het effect van bebouwing zeer groot kan zijn. Wordt er rekening gehouden met de ruimtelijke 'uitstraling' van bebouwingskernen dan neemt de veerkracht zelfs dramatisch af. Hierbij vallen andere effecten, zoals verschillen in de keuze van parameters (hellingshoek en diepte sluitingsprofiel) en die van andere functies (in dit geval) in het niet.

Het verloop van de veerkracht langs de kust is op verschillende manieren in de veerkrachtmeting op te nemen. De keuze hiervan hangt vooral af van de wijze waarop de veerkrachtmeting uiteindelijk in het beleid wordt gebruikt. Hetzelfde geldt ook voor het verloop van de veerkracht in de tijd. Praten we bij het ruimte geven aan dynamiek over processen die op termijnen van enkele jaren spelen, zoals bij de huidige veerkrachtmethode is gedaan, of willen we ook veranderingen over vele tientallen jaren meenemen.

Het berekenen van de veerkracht van de kust geeft inzicht in hoe het met de kust gesteld is, en dan met name of ruimte aanwezig is voor (natuurlijke) dynamiek. In het beleid en beheer krijgt het begrip veerkracht evenwel pas betekenis als streefwaarde(n) voor de veerkracht van de kust zijn vastgesteld. Streefwaarden laten zich vertalen in 'veerkrachtlijnen' in de kustzone, waarbij aan de zeezijde van deze lijnen beperkingen kunnen worden opgelegd aan het functiegebruik. Zo zou - gekoppeld aan een minimaal te realiseren veerkracht - een veerkrachtgrenslijn kunnen worden vastgesteld. Zeewaarts van deze grenslijn zouden dan geen functies meer mogelijk zijn. Andere streeflijnen zijn ook mogelijk met weer andere implicaties voor het functiegebruik. De ruimtelijke consequenties voor het functiegebruik kunnen op deze wijze ook in hectares worden uitgedrukt.

Vaststellen van streefwaarden voor de veerkracht door het beleid heeft ook als implicatie dat vanuit de optiek van veerkracht geen beperkingen meer worden opgelegd aan functies, die aan de landzijde van de meest ambitieuze veerkrachtstreeflijn ligt.

Vergroting van de veerkracht kan op verschillende manieren. Grootschalige zandsuppleties om de veerkracht van de kust bij een sterk eroderende kust te vergroten scoren daarbij overwegend gunstig vanuit duurzaamheid perspectief. Bij het verplaatsen van een voorpost in de duinen (bijv. een badplaats) om de veerkracht te vergroten ligt het beeld genuanceerder. Grote economische en cultuurhistorische waarden maken het opofferen van een dergelijke voorpost onaantrekkelijk. Landwaartse dan wel zeewaartse verbreding van het duingebied levert naast een hogere veerkracht ook natuurwaarden op, maar is economisch niet altijd gunstig.

Bij de berekening van de veerkracht voor de gehele Nederlandse kust valt met name het grote verschil op tussen een meting met en zonder bebouwing. De veerkracht langs de gehele kust ligt met huidige bebouwing nagenoeg onder de 10 en bereikt op diverse kustvakken zeer lage waarden.

De studie heeft aangetoond dat het goed mogelijk is de veerkracht van de Nederlandse kust te kwantificeren. Dat daarbij tegelijkertijd nog allerlei vragen en keuzen overblijven is eveneens duidelijk geworden. Met name rond de interpretatie van de uitkomsten van de veerkrachtmeter bestaat thans nog onduidelijkheid. Dit is vooral terug te voeren op de fundamentele vraag in hoeverre (dat wil zeggen onder welke condities en op welke tijd- en ruimteschaal) de kust nu werkelijk veerkrachtig is, een herstelvermogen bezit. Al eerder (Baan et al., 1997) is hierover opgemerkt: *'In de kustmorfologie wordt het begrip veerkracht niet gebruikt omdat in het algemeen het morfologisch kustsysteem niet als een evenwichtssysteem kan worden beschreven. Wel lijkt, onder bepaalde omstandigheden en als men kijkt op een betrekkelijk korte tijdschaal, de kustligging als het ware zich heen en weer te bewegen rondom een bepaald punt.'* In deze studie is bewust gekozen voor deze betrekkelijk korte tijdschaal (gemiddelde veranderingen in de duinvoetpositie over een voortschrijdende periode van 5 jaar). Wanneer men grotere tijdschalen wilt gebruiken vereist dat een nadere analyse van de historische data van de JARKUS-raaien. Ook vereist dit een betere omschrijving hoe het beleid wenst om te gaan met deze langjariger dynamiek in de kustzone.

## II Referenties

- Baan, P.J.A., Baptist, M.J. en Klomp, W.H.G. (1999). Meervoudig Ruimtegebruik in de Kustzone, Deelrapport 7: Ontwikkeling en toepassing van een veerkrachtmeter, LWI, oktober 1999
- Baan, P.J.A., C. H. Hulsbergen & M. Marchand (1997). Veerkracht van de kust. WL Rapport Z2136, Delft.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff (1979) Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. PUDOC Wageningen.
- Boers, M. (1999). Zandsuppleties bij Egmond en Bergen, juni 1999
- Löffler, M.A.M. & M.A.C. Veer (1999). Grasduinen in de waterkering. Evaluatie van dynamisch kustbeheer. DWW Rapport W-DWW-99-041. Delft
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1998). Vierde Nota waterhuishouding, Waterkader, Regeringsbeslissing (NW4, 1998).
- Ruijgrok, E.C.M. (1999). Valuation of nature in coastal zones. Proefschrift. VU Amsterdam.
- TAW (Technische Adviescommissie Waterkeringen)(1995). Basisrapport Zandige Kust.
- Werkgroep Dynamisch Kustbeheer Noord-Holland (1998). Dynamisch Kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder. Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier.



## 12 Gebruikte afkortingen

AHN	Algemeen Hoogtebestand Nederland
BKL	Basis kustlijn (kustlijn anno 1990)
DTM	Digitaal Terrein Bestand
dz	dynamisch zand
GIS	Geografisch Informatie Systeem
H <sub>sl</sub>	Sluitingsdiepte
IKC	Informatie en Kennis Centrum (Natuurbeheer)
JARKUS	Jaarlijkse Kustmeting
KBA	Kosten Baten Analyse
LWI	Land Water Milieu Informatietechnologie Programma
MKL	Momentane kustlijn
NCW	Netto Contante Waarde
pmz	potentieel mobiel zand
POK	Provinciaal Overlegorgaan Kusten
PWN	Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland
SBB	Staatsbosbeheer
TIN	Triangular Irregular Network
TKL	te toetsen kustlijn
VK	Veerkracht

# **Bijlage A.**

## **Quick Reference**

## **Bijlage B.**

### **Toelichting op de berekening van kosten en baten ter vergroting van veerkracht**



**1. Bergen aan zee verplaatsen:***kosten van onteigenen:*

- circa 200 woningen á Mf 0,4 =	Mf	80
- 25 hotels á Mf 2 =	Mf	50
- 1164 bungalows á Mf 0,25 =	Mf	291
- 7 kampeertreinen á Mf 2 =	Mf	14
- 67 groepaccommodaties á Mf 2 Mf =	Mf	134
- 12 pensions á Mf 1 =	Mf	12
- 4 musea á Mf 2 =	Mf	8
	-----	
totaal en afgerond	Mf	600

*baten door besparing op kustonderhoud:*

- de helft van de jaarlijkse kosten van Mf 2 voor Bergen en Egmond samen (Boers, 1999)
- NCW met disconteringsvoet van 4% =  $25 \times Mf 1 = Mf 25$

**2. Grote zandsuppletie voor Bergen aan Zee:***kosten van zandsuppletie:*

onder een hoek van  $10^\circ$  met de kust en een suppletie van  $2.400 \text{ m}^3$  per strekkende meter recht voor Bergen en daarna over een afstand van 1.800 meter (aan twee zijden) afnemend tot nul:  $2.400 \times 3.600 / 2 = \text{circa } 4 \text{ Mm}^3$

*baten door besparing op kustonderhoud:*

- de kust bij Bergen is erosief (Boers, 1999). Aangenomen wordt dat de NCW van besparingen aan kustonderhoud ongeveer even groot zijn als de kosten van de eenmalige suppletie
- grootschalige zandsuppletie kan effect hebben op toerisme en recreatie. Huidige bestedingen worden ruwweg geschat op 0,5 tot 1 miljoen bezoekdagen per jaar á f 60 per dag, ofwel in totaal Mf 30 tot 60. Een eventueel effect kan dus in de miljoenen gulden per jaar lopen.

**3. Zeewaartse uitbreiding ter hoogte van Callantsoog***kosten van zandsuppletie:*

over een kusttraject van 3,5 km suppletie van  $2.400 \text{ m}^3$  per strekkende meter á f 10,= per  $\text{m}^3$  leidt tot kosten van  $3.500 \times 2.400 \times 10 = \text{circa } Mf 80$

*baten door besparing op kustonderhoud:*

de kust bij Callantsoog is erosief. Aangenomen wordt dat er geen besparing op kustonderhoud is.

**4. Zandsuppletie landwaarts in strook ten noorden van Callantsoog***kosten:*

- over een traject van 2,5 km suppletie van  $1.600 \text{ m}^3$  zand per strekkende meter á f 15,= per  $\text{m}^3$  (inclusief extra kosten voor transport vanaf zee over duinrand heen) leidt tot kosten van  $2.500 \times 1.600 \times 15 = Mf 60$
- bij gemiddelde ophoging van 5 meter en onteigeningskosten van f 12,= per  $\text{m}^2$  voor landbouwgrond leidt dat tot kosten van  $2.500 \times 1.600 \times 12 / 5 = Mf 10$
- onteigening van circa 10 woningen á Mf 0,5 leidt tot kosten van Mf 5
- totale kosten: Mf 75

*baten door besparing op kustonderhoud*

- naar evenredigheid van kustlengte van maatregel 3 komt dat uit op circa Mf 60
- kustgebied wordt aantrekkelijker voor recreatie, baten pm.



# **Bijlage C.**

## **Methoden voor natuurwaar- dering**

## Veerkracht en natuurwaardering

Natuur heeft een waarde vanuit ecologisch en vanuit sociaal-economisch perspectief. De *ecologische waarde* geeft de kwaliteit van de natuur in termen van diversiteit, zeldzaamheid en natuurlijkheid. De *economische waarde* geeft de welvaart die de natuur voortbrengt aan de maatschappij (Ruijgrok et al., 1999). In deze sectie zal de natuurwaardering beschreven worden voor verschillende typen natuur.

### Natuurdoeltypen

Voor een indeling van verschillende typen (duin)natuur wordt gebruik gemaakt van de indeling van natuurdoeltypen volgens het Handboek Natuurdoeltypen van Bal et al. (1995).

Tabel 1. Natuurdoeltypen van de fysisch-geografische regio duinen (Bal et al., 1995).

natuurdoeltype
du-1.1 dynamisch duinlandschap
du-2.1 gedempt-dynamisch duinlandschap
du-3.1 duinbeek
du-3.2 duinmeer
du-3.3 slufteer en groen strand
du-3.4 duinrietland en -ruigte
du-3.5 nat schraalgrasland
du-3.6 bloemrijk grasland
du-3.7 droog duingrasland en open duin
du-3.8 droge duinheide
du-3.9 natte tot vochtige voedselarme duinvallei
du-3.10 struweel, mantel- en zoombegroeiing
du-3.11 hakhout
du-3.12 bosgemeenschappen van kalkarm duin
du-3.13 bosgemeenschappen van kalkrijk duin
du-3.14 middenbos
du-3.15 park-stinzenbos

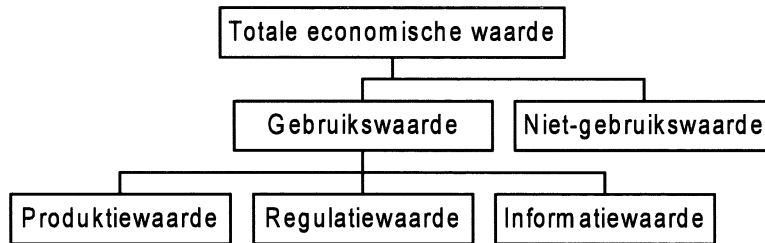
De indeling van natuurdoeltypen bevat een hiërarchie in natuurlijkheid, gaande van (1) nagenoeg-natuurlijke eenheden, via (2) begeleid-natuurlijke eenheden naar (3) half-natuurlijke eenheden. Het eerste type is het dynamisch duinlandschap (du-1.1) waarin de natuur vrij spel heeft. Hierdoor zal zich een overgang manifesteren van hoog-dynamisch naar laag-dynamisch (van strand, via zeereep, eventuele slufteers, buitenduin en middenduin naar duinzoom). Natte duinvalleien worden overstoven, maar nieuwe uitstuiplakten kunnen ontstaan. Het tweede type is het gedempt-dynamisch duinlandschap (du-2.1). Hierin worden de dynamiek van wind en zee gedempt door vastlegging van de duinen en door de aanwezigheid van waterwinning en oppervlakte-infiltratie. De begroeiingen in dit type zullen als gevolg van de minder grote dynamiek neigen naar climax-stadia als struweel, bos en heide. Het derde type zijn de half-natuurlijke eenheden (du-3.1 t/m du-3.15). Deze typen zijn niet uitgedrukt op de schaal van landschappen, zoals de vorige typen, maar meer op ecotoopniveau. Deze typen worden gekarakteriseerd door een hoge mate van beheer.

### Economische waarde

De totale economische waarde van natuur is opgesplitst in een gebruikswaarde en een niet-gebruikswaarde. De niet-gebruikswaarde heeft betrekking op de bestaanswaarde (de intrin-



sieke waarde) van de natuur. Deze waarde kan bepaald worden met de Contingent Valuation Method. Deze methode drukt de betalingsbereidheid uit voor het behoud van natuur. De gebruikswaarde wordt bepaald door de verschillende welvaartsfuncties van de natuur te waarderen. Deze welvaartsfuncties worden uitgedrukt in een produktiewaarde, regulatiewaarde en informatiewaarde.



Figuur 1 Opbouw van de economische waarde van natuur.

De *produktiewaarde* van natuur heeft betrekking op de waarde die de natuur biedt voor bijvoorbeeld recreatie, waterwinning, landbouw en visserij. De *regulatiewaarde* van natuur heeft betrekking op functies als waterzuivering, CO<sub>2</sub>-vastlegging of kraamkamers voor vis. De *informatiewaarde* van natuur is de belevingswaarde.

De produktiewaarde kan op verschillende manieren bepaald worden, afhankelijk van de functie die de natuur uitoefent. Een veel gebruikte waarderingsmethodiek is de ‘economic rent’, dit is de toegevoegde waarde voor de sector minus het ondernemersinkomen. Deze methodiek is toepasbaar voor de sectoren recreatie, landbouw en visserij. Voor de functie van waterwinning kan de produktiewaarde uitgedrukt worden als de betalingsbereidheid voor water minus de produktiekosten.

Bij de waardering van regulatiefuncties is een dubbeltelling met de produktiewaarden snel gemaakt. Zo zit de economische waarde van de regulatiefunctie voor waterzuivering van een infiltratieplas al opgenomen in de produktiewaarde van water. Maar bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub> opslag van de zee kan apart gewaardeerd worden. Een waarderingsmethodiek hiervoor is gebaseerd op schaduwprizen, de economische waarde is gelijk aan wat het anders zou kosten om de CO<sub>2</sub> emissie te reduceren (preventiekosten) of gelijk aan de waarde van de schadelijke uitstoot (schadekosten).

De belevingswaarde kan bepaald worden met behulp van de Contingent Valuation Method (CVM) of met de Hedonic Pricing methode. De CVM kan uitgevoerd worden met behulp van enquêtes. Respondenten wordt gevraagd een rangorde aan te brengen in hun waardering voor verschillende typen natuur. Via de Hedonic Pricing methode wordt de belevingswaarde van natuur bepaald aan de hand van bijvoorbeeld de prijs van woningen in een natuurgebied, vergeleken met vergelijkbare woningen elders (Ruijgrok et al., 1999).

**Ecologische waarde**

De ecologische waarde van natuur kan uitgedrukt worden met behulp van een groot aantal criteria. Niet ieder criterium is even bruikbaar en meetbaar. Zo is een criterium als natuurlijkheid moeilijk te operationaliseren, maar pogingen hiertoe zijn ondernomen (Jansen et al.,

1998). Ecologische criteria die nader zijn uitgewerkt voor natuurdoeltypen door Ruijgrok (1997) en Oppers (1996) zijn *biotische en abiotische zeldzaamheid*, *biotische en abiotische diversiteit* en de *vervangbaarheid*.

De *biotische zeldzaamheid* wordt bepaald aan de hand van de nationale en internationale betekenis van flora- en faunasoorten en de trend in het voorkomen ervan (de itz-criteria van LNV). De score voor een natuurdoeltype is bepaald uit de som van de individuele scores van de erin voorkomende doelsoorten.

De *abiotische zeldzaamheid* van natuurdoeltypen wordt bepaald aan de hand van de onderlinge verhoudingen in oppervlakten van de natuurdoeltypen. Het natuurdoeltype dat het minst voorkomt in Nederland krijgt de hoogste score, de rest krijgt een score naar rato van het oppervlakte.

De *biotische diversiteit* wordt bepaald door het aantal doelsoorten per oppervlaktemaat te berekenen. Als oppervlaktemaat wordt het minimaal benodigde areaal voor het bestaan van een natuurdoeltype gebruikt (Oppers, 1996).

De *abiotische diversiteit* wordt gekwantificeerd door voor elk natuurdoeltype drie verschillende abiotische grootheden te beoordelen. Het beoordelingscriterium hierbij is de afwisseling van de grootheden hydrologie, bodem en geomorfologie in een natuurdoeltype.

De *vervangbaarheid* van een natuurdoeltype wordt uitgedrukt met behulp van de tijdsduur voor ontstaan. Wanneer een natuurdoeltype een lange ontwikkelingsduur heeft is de waarde ervan hoger.

### Waarde van natuurtypen

Met behulp van de bovenstaande methodieken kan de economische en ecologische waarde van kustnatuurtypen worden uitgedrukt. Tabel 2 presenteert de ecologische waarden van natuurtypen. Deze natuurtypen zijn anders dan de natuurdoeltypen uit Tabel 1, maar zijn wel gebaseerd op de de half-natuurlijke reeks van Bal et al. (1995). De eenheden van de ecologische waarden zijn indexcijfers tussen 0 en 1.

Tabel 2. Ecologische waarden van natuurtypen (uit: LWI Natuurmodule)

<i>Natuurtype</i>	<i>Biotische zeldzaamheid</i>	<i>Abiotische zeldzaamheid</i>	<i>Biotische diversiteit</i>	<i>Abiotische diversiteit</i>	<i>Vervangbaarheid</i>
Zeereep	0.47	1.00	0.17	0.60	0.10
Pionierduin	0.47	1.00	0.29	0.60	0.30
Droge duinheide	0.43	0.13	0.25	0.60	1.00
Droog duingrasland	1.00	0.05	0.70	0.60	0.20
Droog duinstruweel	0.62	0.06	0.49	0.60	0.30
Droog duinbos	0.39	1.00	0.29	0.60	0.40
Duinbeek/rel	0.10	1.00	0.12	0.80	1.00
Duinmeer	0.60	0.71	0.78	0.40	0.65
Vochtige duinvallei	0.70	1.00	1.00	1.00	0.20
Vochtig duinstruweel	0.54	1.00	1.00	1.00	0.30
Vochtig duinbos	0.39	0.39	0.60	1.00	0.40
Vochtige duinheide	0.43	1.00	1.00	1.00	1.00
Duinrietland	0.50	1.00	0.77	0.60	0.25

Slufter	0.72	0.33	0.06	1.00	0.28
Strand	0.28	0.13	0.06	0.80	0.03

Tabel 3 presenteert de economische gebruikswaarden van deze natuurtypen. De eenheid van de belevingswaarde is een rapportcijfer tussen 0 en 10, de eenheid van de productie- en regulatiewaarde is gulden per hectare per jaar.

<i>Natuurtype</i>	<i>Beleving</i>	<i>Productie</i>	<i>Regulatie CO<sub>2</sub></i>
Zeereep	7.8	500	0.0
Pionierduin	7.8	500	0.0
Droge duinheide	8.1	500	0.0
Droog duingrasland	6.7	500	0.0
Droog duinstruweel	7.7	500	140.0
Droog duinbos	7.6	1000	140.0
Duinbeek/rel	7.6	500	0.0
Duinmeer	8.1	1000	0.0
Vochtige duinvallei	7.2	500	0.0
Vochtig duinstruweel	8.2	500	140.0
Vochtig duinbos	8.1	1000	140.0
Vochtige duinheide	8.1	500	0.0
Duinrietland	7.8	1000	440.0
Slufter	8.0	500	0.0
Strand	7.9	0	0.0

### Referenties

- Bakker, T.W.M., 1981. *Nederlandse kustduinen; Geohydrologie*. Wageningen, Centrum voor Landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie.
- Bal, D., H.M. Beijer, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen en P.J. van der Reest, 1995. *Handboek natuurdoeltypen in Nederland*. Wageningen, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer, LNV.
- Jansen, S. (red.), C. Vertegaal, F. Heinis & R. Goderie, 1998. *Methode-ontwikkeling ter operationalisering van het begrip natuurlijkheid*. Samenwerkingsverband Maasvlakte2-Varianten, Rotterdam.
- Oppers, M.B., 1996. *Natuurontwikkeling en -waardering; Een studie naar (randvoor)waarden van kustnatuurdoeltypen van Nederland*. LWI Deelproject A6.3 III. Universiteit van Amsterdam, vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde.
- Ruijgrok, E.C.M., 1997. *Natuurontwikkeling en -waardering, LWI deelproject A6.3 IV*. Amsterdam, Instituut voor milieuvraagstukken.
- Ruijgrok, E.C.M., H. Goosen & S. Vonk, 1999. *Meervoudig ruimtegebruik en Natuurwaarden, Deelrapport 3, Een studie naar de ecologische- en belevingswaarden van multifunctionele natuurtypen*. LWI Meervoudig Ruimtegebruik.



## **wL | delft hydraulics**

**Rotterdamseweg 185  
postbus 177  
2600 MH Delft  
telefoon 015 285 85 85  
telefax 015 285 85 82  
e-mail [info@wldelft.nl](mailto:info@wldelft.nl)  
internet [www.wldelft.nl](http://www.wldelft.nl)**

**Rotterdamseweg 185  
p.o. box 177  
2600 MH Delft  
The Netherlands  
telephone +31 15 285 85 85  
telefax +31 15 285 85 82  
e-mail [info@wldelft.nl](mailto:info@wldelft.nl)  
internet [www.wldelft.nl](http://www.wldelft.nl)**

