

# Toelichting op de ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001.

**F. Twisk** december 2002

Werkdocument RIKZ/OS/2002.843x

**Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg**



Aan  
Projectgroep MOVE

Van  
F. Twisk  
Datum  
December 2002  
Bijlage(n)

Doorkiesnummer  
224  
Nummer  
RIKZ/OS/2002.843x  
Project  
ZEEMOVE

Onderwerp  
**Toelichting op de ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001**

## **Voorwoord**

Dit werkdocument beschrijft de totstandkoming van de ecotopenkaarten, die gebruikt worden bij de evaluatie van de ecologische ontwikkelingen in de Westerschelde als gevolg van de vaargeulverruiming (project MOVE): 'ecotopenkaart de Haan 1996/HABIMAP' en 'ecotopenkaart de Haan 2001/HABIMAP'. Daarnaast komt de oorspronkelijke ecotopenkaart uit 1996 ter sprake: 'ecotopenkaart de Haan 1996/origineel'.

Ecotopenkaarten kunnen volgens verschillende indelingsprincipes gemaakt worden. De hier besproken kaarten volgen de indeling 'de Haan'. Voor die indeling is gekozen bij de aanvang van het MOVE-project [28]. De originele ecotopenkaart 'de Haan, situatie 1996' is zo goed mogelijk gereconstrueerd. Die actie heeft duidelijk gemaakt, dat een goede registratie van de complexe GIS-bewerkingen die plaatsvinden bij het maken van een ecotopenkaart onontbeerlijk is, wanneer kaarten onderling vergelijkbaar moeten zijn.

De nieuwe kaarten die, volgens de indeling 'de Haan' zijn gemaakt, dragen de toevoeging /HABIMAP omdat ze met de GIS-applicatie van die naam zijn vervaardigd. Die aanpak komt de reproduceerbaarheid van de kaarten zeer ten goede. Helaas waren de benodigde basiskaarten, op het moment dat de MOVE-rapportages hun eindfase ingingen, nog niet helemaal gereed. Daarom is hier sprake van de 'voorlopige' versies van de kaarten. In een volgend werkdocument zullen de definitieve ecotopenkaarten, hun totstandkoming en de verschillen met de hier gepresenteerde kaarten beschreven worden [33]. De namen van de door HABIMAP geproduceerde GIS-bestanden (electronische versies van de ecotopenkaarten), alsmede de inhoud van invoerbesteden en de gegenereerde meta-gegevens zijn in een bijlage opgenomen. Daarmee is alle essentiële informatie van de nieuwe ecotopenkaarten vastgelegd.



## INHOUDSOPGAVE

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING.....</b>                                                   | <b>2</b>  |
| 1.1      | OPZET EN DOELSTELLINGEN PROJECT MOVE .....                              | 2         |
| 1.2      | VAN FYSISCH DENKMODEL TOT HET VOORKOMEN VAN ORGANISMEN.....             | 2         |
| 1.2.1    | <i>Het fysisch denkmodel</i> .....                                      | 2         |
| 1.2.2    | <i>De ecotoopbenadering</i> .....                                       | 3         |
| 1.2.3    | <i>Ecotopen en het voorkomen van organismen</i> .....                   | 4         |
| 1.3      | OPZET EN DOELSTELLINGEN VAN DEZE RAPPORTAGE .....                       | 5         |
| <b>2</b> | <b>WERKWIJZE.....</b>                                                   | <b>7</b>  |
| 2.1      | DE ECOTOPENINDELING 'DE HAAN' .....                                     | 8         |
| 2.2      | DEELGEBIEDEN WEST, MIDDEN EN OOST .....                                 | 9         |
| 2.3      | RECONSTRUCTIE ECOTOPENKAART 'DE HAAN' 1996 / ORIGINEEL .....            | 9         |
| 2.4      | VERVAARDIGING BASISKAARTEN VOOR DE VERWERKING IN HABIMAP .....          | 10        |
| 2.5      | HET DRAAIEN VAN ECOTOPENKAARTEN IN HABIMAP .....                        | 11        |
| <b>3</b> | <b>RESULTATEN .....</b>                                                 | <b>12</b> |
| 3.1      | ECOTOPENKAART 'DE HAAN' 1996 / ORIGINEEL .....                          | 12        |
| 3.2      | BASISKAARTEN (OMGEVINGSFACTOREN) .....                                  | 12        |
| 3.3      | ECOTOPENKAARTEN 1996 EN 2001 'DE HAAN' / HABIMAP .....                  | 13        |
| 3.3.1    | <i>Arealen per ecotooptype in 1996 en 2001</i> .....                    | 13        |
| 3.3.2    | <i>Areaalveranderingen per ecotooptype (netto)</i> .....                | 14        |
| 3.3.3    | <i>Areaalveranderingen per ecotooptype (bruto)</i> .....                | 15        |
| 3.3.4    | <i>De veranderingen geografisch weergegeven</i> .....                   | 16        |
| <b>4</b> | <b>DE RELATIES TUSSEN ECOTOPEN EN ORGANISMEN .....</b>                  | <b>18</b> |
| 4.1      | SCHOR .....                                                             | 18        |
| 4.2      | GEUL .....                                                              | 20        |
| 4.3      | ONDIEP WATER .....                                                      | 20        |
| 4.4      | SLIK EN PLAAT .....                                                     | 22        |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSIE EN CONCLUSIES.....</b>                                     | <b>25</b> |
| 5.1      | DE GRONDSLAG VAN DE ECOTOPENINDELING 'DE HAAN' .....                    | 25        |
| 5.2      | DE WIJZE WAAROP ECOTOPENKAARTEN WORDEN VERVAARDIGD .....                | 27        |
| 5.3      | BIOMASSA-DICHTHEID ALS MAATSTAF VOOR HET VOORKOMEN VAN ORGANISMEN ..... | 28        |
| 5.4      | CONCLUSIES .....                                                        | 29        |



# **1 Inleiding**

## **1.1 Opzet en doelstellingen project MOVE**

Het project Monitoring Verruiming 48'/43' (MOVE) is opgestart om de omvang van de effecten die de verruimingswerkzaamheden hebben voor het fysische, chemische en biologische systeem van de Westerschelde vast te leggen. Deze doelstelling is in de volgende drie sub-doelen nader uitgewerkt:

1. Het signaleren van ontwikkelingen in het fysisch, biologisch en chemisch systeem om bagger-, stort- en zandwinstrategie te kunnen bijsturen.
2. Het verzamelen van gegevens voor en het evalueren van het nieuwe bagger-, stort- en zandwinbeleid en de verdieping van de Westerschelde.
3. Het verzamelen van gegevens voor en het onderzoeken van de gevolgen van de ingrepen op het systeem, om daarmee de kennis van het systeem te verbeteren en de gevolgen en effectiviteit van toekomstige ingrepen beter te kunnen voorspellen.

De verkregen kennis over de reactie van het systeem zou, indien nodig, gebruikt kunnen worden om het beleid aan te passen. Door Mol et al. [28] is een beschrijving gemaakt van de toestand van de Westerschelde aan het begin van de verruiming. Om de korte termijn effecten in kaart te brengen vindt medio 2003 een evaluatie van de ontwikkelingen plaats.

## **1.2 Van fysisch denkmodel tot het voorkomen van organismen**

In het kader van het MOVE-project zijn verwachtingen geuit over de doorwerking van de verruiming, via de reacties van het fysische systeem, op het voorkomen van organismen. Monitoring van verschillende parameters wordt gebruikt om het realiteitsgehalte van die voorspellingen te toetsen en waar mogelijk te verhogen. In de volgende drie paragrafen wordt deze aanpak uiteengezet. Daarbij zal duidelijk worden dat areaalveranderingen van ecotopen een belangrijke schakel vormen in deze keten van reacties.

### **1.2.1 Het fysisch denkmodel**

De verwachte morfologische ontwikkelingen van de Westerschelde, na de verruiming, zijn verwoord in het zogeheten 'fysisch denkmodel Westerschelde' [30, 31]. Aan dit denkmodel ligt een opdeling van de morfologische hoofdstructuur in een aantal morfologische c.q. ruimtelijke elementen ten grondslag. Die elementen zijn:

- het systeem van hoofd- en grote nevengeulen
- de vrijliggende plaatgebieden met eventueel aanwezige kortsluitgeulen
- de slik- en schorgebieden langs de randen van het systeem

Het denkmodel schetst een keten van reacties van het fysisch systeem op het wegbaggeren van een deel van de drempels in de hoofdgeulen:

*“Als gevolg van de baggerinspanning worden de drempels verlaagd, waardoor de getijgolf minder weerstand ondervindt en er meer water door de geul kan stromen. Als reactie hierop verdiepen en verbreden de geuldelen aan weerszijden van de drempel. Het sediment dat hierbij vrijkomt en het sediment dat wordt gebaggerd om de drempels op diepte te houden, wordt voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen, kortsluitgeulen en plaatcomplexen. De platen nemen hierdoor zowel in oppervlak als gemiddelde hoogte toe. Dit draagt bij aan een sterke achteruitgang van het areaal ondiep water en leidt tot een kleinere komberging in de Westerschelde. Ook versmallen en verlagen de slikken in de buitenbochten. De diepere geulen versterken het binnendringen van het getij, zodat de getijslag met name in het oostelijk deel zal toenemen, hetgeen de afname in komberging compenseert.”*

Huijs [3] definieerde eerder al, op basis van morfologische criteria, een aantal morfologische c.q. ruimtelijke eenheden die het mogelijk maken de ontwikkelingen in de Westerschelde systematisch te volgen. De begrenzingen van de eenheden zijn weergegeven in het schema van figuur 1. Zij analyseerde de morfologische ontwikkelingen voor vier verschillende regio's omdat “wordt verondersteld dat er op het niveau van de afzonderlijke morfologische eenheden meer samenhang tussen de diverse ontwikkelingen bestaat.” In het kader van het project MOVE zijn de twee westelijke regio's samengevoegd, zodat sprake is van drie deelgebieden: west, midden en oost.

### **1.2.2 De ecotoopbenadering**

Om de doorvertaling van de verwachte veranderingen in het fysische systeem van de Westerschelde naar veranderingen in het voorkomen van planten en dieren mogelijk te maken, is het noodzakelijk het verband tussen het voorkomen van die organismen en de fysische omstandigheden te beschrijven.

Deze ecologische relaties zijn in het MOVE-project gebaseerd op het onderscheiden van ruimtelijke eenheden (ecotopen), die verschillende verzamelingen van planten en dieren herbergen. De opdeling van het Westerschelde-systeem wordt dus één stap verder doorgevoerd dan geschetst in paragraaf 1.2.1: morfologische eenheden worden, voor zover relevant, verder opgesplitst in ecologische eenheden. Waar grenzen tussen morfologische eenheden in ecologische zin niet relevant zijn, komen die te vervallen. De eerste aanzet tot zo'n ecologische indeling werd gegeven door Vroon et al. [5], die over de opdeling in morfologische eenheden opmerken, dat “deze arealenbenadering zijn beperkingen heeft. Behalve verandering in gebiedsoppervlak bepalen ook andere veranderingen of een gebied minder geschikt wordt als leefgebied voor planten en dieren. Zoals bijvoorbeeld veranderingen in bodemsamenstelling, stroomsnelheid en overspoelingsduur.” Met die extra factoren is al enigszins rekening gehouden bij het in kaart brengen van 'ecologische leefgebieden' (periode 1988/1993), zoals ze te zien zijn op de kaartbijlage van 'Ontwikkelingen in de Westerschelde; prognose voor de komende 25 jaar' [6]. Verder vermelden Vroon et al. [5], dat het onderscheiden van platen (door water omringd intergetijdengebied) en slikken (intergetijdengebied dat grenst aan land) morfologisch gezien wél, maar ecologisch gezien niet relevant is.

De ecotopenindeling voor het project MOVE bouwt voort op deze gedachte en is vastgelegd door Huijs & Krijger [4]. Die indeling wordt hieronder aangeduid met 'indeling de Haan', naar de maker van de eerste ecotopenkaart volgens dit principe [28].

De gangbare omschrijving van het begrip ecotoop, zoals die voor de rijkswateren wordt gehanteerd luidt:

*“Een ecotoop is een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse. Een ecotoop is een herkenbare, min of meer homogene landschappelijke eenheid; het voorvoegsel ‘eco’ duidt in dit verband op het integrale karakter ervan.” [2]*

Eenvoudiger gezegd zijn ecotopen deelgebieden waar bepaalde planten en dieren samenleven. Die deelgebieden kunnen op een kaart weergegeven worden. Ecotopen met dezelfde gebiedskenmerken behoren tot hetzelfde ecotooptype en herbergen min of meer dezelfde levensgemeenschap. Een ecotopenindeling of ecotopenstelsel beschrijft de te onderscheiden ecotooptypen.

Op de achtergrond van de ecotopenindeling 'de Haan' zal in paragraaf 5.1 nader worden ingegaan. Hier kan al wel opgemerkt worden dat de biotische en antropogene condities, die in de ecotopen-definitie genoemd worden, in kustwatersystemen over het algemeen een minder grote rol spelen dan de abiotische condities [23]. Bij de indeling 'de Haan' wordt uitsluitend gewerkt met abiotische gebiedskenmerken.

Voor de ecotopenindeling 'de Haan' zijn met name de aan de bodem gebonden organismen uitgangspunt geweest: zowel de microscopisch kleine bodemalgen (microfytobenthos) als de macrofauna (bodemdieren zoals wormen, kreeftachtigen en schelpdieren). Van deze organismen mag verwacht worden, dat ze gevoelig zijn voor veranderingen in de fysische factoren waar het MOVE-project zich op richt. Zelf zijn ze belangrijke voedselbronnen voor bodemvissen en vogels, zodat effecten op die groepen indirect ook meegenomen worden.

Het plan van aanpak van het MOVE-project [1] vermeldt prognoses van de veranderingen die zich zullen voordoen in de arealen van de onderscheiden morfologische eenheden. Die prognoses zijn te herleiden tot het werkdocument van Vroon et al. [5] en de nota van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland/RIKZ [6].

Door Huijs & Krijger [4] is een prognose opgesteld van de veranderingen die zich zullen voordoen in de arealen van de verschillende ecotooptypen. Zij baseren die prognose op de hierboven genoemde voorspellingen betreffende de morfologische eenheden. De voorspellingen hebben betrekking op de periode 1996 (het jaar vóór de verruiming) tot 2021 (25 jaar later).

### **1.2.3 Ecotopen en het voorkomen van organismen**

Over het verband tussen veranderingen in de arealen van ecotopen en veranderingen in het voorkomen van organismen, wordt in het plan van aanpak van het MOVE-project [1] het volgende opgemerkt:

"Uitgaande van de veronderstelling dat er een eenduidige relatie bestaat tussen het ecotooptype en de daarin voorkomende soorten en aantal c.q. biomassa van de organismen, kunnen op basis van veranderingen in ecotooparealen uitspraken gedaan worden over veranderingen in soorten en aantal c.q. biomassa van organismen."

Door Huijs & Krijger [4] worden eenduidige relaties tussen de ecotooptypen en het voorkomen van organismen gegeven. Zij hebben daartoe gekozen voor de volgende opzet: aan elk ecotooptype is een vaste waardering toegekend, in de vorm van een waarde-per-oppervlakte-eenheid. Die waardering staat voor de relatieve betekenis van het betreffende ecotooptype, in vergelijking met de andere ecotooptypen. In plaats van een absolute maat, kiezen Huijs & Krijger dus voor een relatieve: als ecotooptype A, per oppervlakte-eenheid, tweemaal zoveel organismen herbergt als ecotooptype B, krijgt A ook een tweemaal hogere waardering. Een waardering met 100% betekent dat in het betreffende ecotooptype de gemiddelde hoeveelheid organismen per oppervlakte-eenheid het grootst is van alle in de Westerschelde voorkomende ecotooptypen.

De totale waardering van een watersysteem op een bepaald moment in de tijd, kan berekend worden door per ecotooptype het areaal ervan te vermenigvuldigen met de bijbehorende waardering (= waarde-per-oppervlakte-eenheid) en de resultaten te sommeren voor alle voorkomende ecotooptypen. Omdat gekozen is voor een (ook in de tijd) vaste waardering per ecotooptype, wordt uitbreiding van de arealen van hoog gewaardeerde ecotopen (en dus automatisch inkrimping van de arealen van lager gewaardeerde) vertaald in een hogere waardering van het gehele watersysteem. Omgekeerd levert een inkrimping van de arealen van hoog gewaardeerde ecotooptypen een lagere waardering van het gehele watersysteem op.

In het plan van aanpak van het MOVE-project [1] wordt in dit verband nog het volgende opgemerkt: "Deze ecotoopbenadering is pas hanteerbaar indien zowel de relaties tussen ecotopen en organismen, als ook de ecotooparealen bekend zijn. Teneinde de relaties tussen organismen en ecotopen te verhelderen is nader onderzoek gewenst. Ten dele zal de monitoring zelf hier een bijdrage aan leveren." Als onderdeel van de evaluatie die op dit moment wordt uitgevoerd, worden gegevens afkomstig van veldmetingen in de ecotopen gebruikt om het waarderingssysteem van Huijs & Krijger [4] nog eens tegen het licht te houden.

### **1.3 Opzet en doelstellingen van deze rapportage**

Doelstelling van deze rapportage is in de eerste plaats de presentatie van de ecotopenkaarten die ten behoeve van de MOVE-evaluatie zijn vervaardigd. Ten behoeve van de toetsing van de in het plan van aanpak [1] geformuleerde ecologische hypothesen worden de arealen per ecotooptype voor 1996 en 2001 en de veranderingen daarin gerapporteerd.

In samenhang met de gevolgde aanpak (bewerking van informatie in de GIS-omgeving<sup>1</sup>), zijn drie nevendoelen geformuleerd.

1 - Vastleggen van de gevolgde werkwijze

---

<sup>1</sup> GIS = Geografisch Informatie Systeem

Verwerking van gegevens in een geografisch informatie systeem biedt de mogelijkheid die informatie eenvoudig te kwantificeren. Op die manier bestaat het resultaat uit meer dan alleen een (afdruk van een) kaart. In het MOVE-project behoort de berekening van ecotooparealen tot die extra resultaten. Verschillen die bij een visuele vergelijking van kaarten niet op hoeven te vallen, kunnen zichtbaar worden wanneer ze gekwantificeerd worden. Om zo'n kwantitatieve vergelijking tussen kaarten betrouwbaar te laten zijn, moet duidelijk vastgelegd worden hoe de kaarten tot stand zijn gekomen.

## 2 - Presentatie van 'bruto' veranderingen van ecotopen

De toe- of afname van het areaal van een bepaald ecotooptype in de periode tussen twee opnames, is het netto resultaat van de veranderingen die op ecotoopniveau hebben plaatsgevonden. Op de ene locatie kan een ecotoop van het type 'hooggelegen' veranderd zijn in het type 'laaggelegen', terwijl op een andere locatie het omgekeerde gebeurde. Als de veranderingen in beide gevallen een even grote oppervlakte betreffen, is de netto-verandering nihil. 'Bruto' is echter wel degelijk sprake van dynamiek in het voorkomen van de ecotopen en de omvang van die dynamiek kan inzicht verschaffen in de processen die plaatsvinden. Doordat de informatie over de veranderingen gekoppeld is aan geografische informatie, is een analyse van die 'bruto' veranderingen mogelijk.

## 3 - Geografische presentatie van de veranderingen

Presentatie van de beschikbare informatie, zoals hierboven beschreven, kan aangevuld worden met zogeheten 'verschilkaarten'. Die kaarten laten zien waar, in de geografische betekenis, zich veranderingen hebben voorgedaan. Daarbij kunnen verschijnselen aan het licht komen, die anders over het hoofd gezien worden, maar wel inzicht verschaffen in de processen die plaatsvinden. Bepaalde veranderingen kunnen zich bijvoorbeeld vooral 'nabij de koppen van platen' voordoen, of 'op de platen in aan é ngesloten zones, maar op de slikken meer versnipperd'.

Verder is getracht, voor zover mogelijk binnen de beschikbare tijd, een overzicht samen te stellen van wat bekend is (of verondersteld wordt) over de betekenis van de onderscheiden ecotopen voor het voorkomen van planten en dieren.

### *Leeswijzer*

In hoofdstuk 2 wordt de werkwijze uiteengezet. In hoofdstuk 3 worden de resulterende ecotopenkaarten gepresenteerd. Paragraaf 3.3.1 behandelt de berekende arealen per ecotooptype. In paragraaf 3.3.2 tot en met 3.3.4 worden de verschillen tussen de kaarten van 1996 en 2001 besproken. De relaties tussen de ecotooptypen en het voorkomen van organismen vormen het onderwerp van hoofdstuk 4. Ten slotte worden in hoofdstuk 5 de onzekerheden in de resultaten besproken en de belangrijkste bevindingen samengevat.

## 2 Werkwijze

In grote lijnen worden voor de vervaardiging van een ecotopenkaart de volgende fasen doorlopen:

### 1 - Het ontwerpen van een ecotopenindeling

Er wordt een keuze gemaakt uit de vele omgevingsfactoren die bepalen welke organismen waar kunnen voorkomen. Voor elke gekozen factor worden grenswaarden (klassengrenzen) bepaald. Combinaties van klassengrenzen voor de verschillende omgevingsfactoren definiëren de te onderscheiden ecotooptypen.

### 2 - Het verzamelen van basiskaarten

Van elke omgevingsfactor is een kaart (GIS-bestand) nodig die gebruikt kan worden als basis voor het bepalen van de ligging van ecotopen.

### 3 - Het samenstellen van de ecotopenkaart

Met behulp van de basiskaarten en aan de hand van de ecotopenindeling wordt bepaald tot welk ecotooptype elke locatie binnen de Westerschelde behoort. Het resultaat laat zien waar de ecotopen liggen en de legenda geeft aan welke ecotooptypen op de kaart voorkomen. De GIS-applicatie HABIMAP laat tegelijkertijd zien welke arealen door de verschillende ecotooptypen in beslag worden genomen.

In dit werkdocument worden drie verschillende ecotopenkaarten gepresenteerd:

- 1 - Ecotopenkaart 1996 'de Haan' / origineel
- 2 - Ecotopenkaart 1996 'de Haan' / HABIMAP
- 3 - Ecotopenkaart 2001 'de Haan' / HABIMAP

Eerstgenoemde kaart betreft een reconstructie van de kaart zoals die te vinden is in Mol et al. (1997, [28]). De beide andere kaarten zijn nieuwe bewerkingen, uitgevoerd volgens het zelfde indelingsprincipe als de eerste kaart, maar vervaardigd met de GIS-applicatie HABIMAP. Omdat het gebruik van HABIMAP borg staat voor een efficiënte en reproduceerbare laatste fase van de productie van ecotopenkaarten, is dat instrument ingezet. Om eventuele verschillen tussen de originele kaart van 1996 en de met HABIMAP vervaardigde kaart van hetzelfde jaar te kunnen achterhalen, heeft genoemde reconstructie plaatsgevonden.

In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens behandeld:

- De ecotopenindeling 'de Haan'
- Deelgebieden west, midden en oost
- De reconstructie van de originele kaart van 1996
- Het vervaardigen van de basiskaarten voor verwerking in HABIMAP
- Het draaien van de ecotopenkaarten in HABIMAP

## 2.1 De ecotopenindeling 'de Haan'

Deze beschrijving betreft de werkwijze die gevolgd is voor de vervaardiging van kaarten met behulp van de GIS-applicatie HABIMAP, volgens de indeling 'de Haan'. De werkwijze volgt zoveel mogelijk de beschrijving die gegeven wordt in Mol et al. (1997, [28, paragraaf 1.2 en 1.3]). Waar die beschrijving ruimte laat voor verschillende interpretaties, is gebruik gemaakt van informatie afkomstig uit andere bronnen (o.a. bewaard gebleven GIS-bestanden en informatie van collega's die destijds bij het onderwerp betrokken waren) om de werkwijze zoveel mogelijk in te vullen in overeenstemming met de toenmalige aanpak.

De ecotopenindeling 'de Haan' maakt gebruik van drie omgevingskenmerken voor het onderscheiden van ecotooptypen: hoogte- c.q. diepteligging, stroomsnelheid en bodemtype. De basiskaarten die gebruikt worden om deze kenmerken weer te geven zijn: een hoogte/dieptekaart (veldmetingen), een kaart van de maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid in de vloedfase, bij een gemiddeld getijverschil (modelberekeningen) en een geomorfologische kaart van het intergetijdengebied (luchtfoto-interpretatie).

In totaal worden negen verschillende ecotooptypen onderscheiden (figuur 2). Op het hoogste splitsingsniveau worden de geul, het ondiepwater, platen en slikken, en schor onderscheiden. Deze onderverdeling komt dus vrijwel overeen met die in morfologische eenheden, zoals beschreven in paragraaf 1.2.1. Het enige verschil is, dat het onderscheid tussen platen en slikken dat bij de morfologische indeling wordt gemaakt, bij de ecotopenindeling achterwege blijft (zie ook paragraaf 1.2.2).

Geul en schor worden niet verder opgesplitst. Het ondiepwatergebied wordt onderverdeeld in een laag- en hoogdynamisch ecotooptype (lees: typen met relatief lage c.q. hoge stroomsnelheden). Het litoraal, gelegen tussen ondiepwater en schor, wordt in drie stappen opgedeeld in vijf verschillende ecotooptypen: bij de eerste stap worden laag- en hoogdynamische delen onderscheiden (lees: gebieden waar aan de bodem te zien is, dat daar een geringe of sterke invloed door stroming en/of golven wordt uitgeoefend). Bij de tweede stap worden de laagdynamische delen verder gesplitst in laag- en hooggelegen delen en bij de derde stap worden deze nogmaals onderverdeeld in slibarme en slibrijke ecotooptypen.

De ecotopenkaart komt tot stand, door de drie basiskaarten als volgt in klassen onder te verdelen en daarna te combineren tot één geheel:

De hoogte/dieptekaart wordt onderverdeeld in de klassen 'delen beneden -5 m NAP', 'delen tussen -5 en -2 m NAP' en 'delen tussen -2 en 0 m NAP' en 'delen boven 0 m NAP'. De stroomsnelheidskaart wordt onderverdeeld in de klassen ' $\leq 0.5$  m/s' en ' $> 0.5$  m/s'. In de geomorfologie-kaart worden onderscheiden: schor, hoogdynamische bodems, laagdynamische slibarme bodems en laagdynamische slibrijke bodems. Zowel de hoogte/dieptekaart, als de stroomsnelheidskaart hebben een continue schaal. De geomorfologie-kaart echter heeft een discrete schaal: bij de luchtfoto-interpretatie wordt een gedetailleerd classificatie-systeem gevolgd [24]. Voor de vervaardiging van de ecotopenkaarten worden die detailklassen samengevoegd tot de vier hiervoor genoemde globale klassen.

Het ecotooptype geul omvat uitsluitend de klasse 'delen beneden -5 m NAP' van de hoogte/dieptekaart. Het ecotooptype ondiepwater, laagdynamisch combineert de klasse 'delen tussen -5 en -2 m NAP' uit de hoogte/dieptekaart met de klasse ' $\leq 0.5$  m/s' uit de stroomsnelheidskaart. Voor het ecotooptype ondiepwater, hoogdynamisch worden uit diezelfde kaarten de klassen 'delen tussen -5 en -2 m NAP' en '> 0.5 m/s' met elkaar gecombineerd. Het ecotooptype litoraal, hoogdynamisch omvat uitsluitend de klasse 'hoogdynamische bodems' uit de geomorfologie-kaart. De laagdynamische, laaggelegen litorale ecotooptypen bestaan uit de volgende combinaties: de klasse 'delen tussen -2 en 0 m NAP' uit de hoogte/diepte-kaart wordt gecombineerd met de klasse 'laagdynamische slibarme bodems' uit de geomorfologie-kaart tot het ecotooptype litoraal, laagdynamisch, laaggelegen, slibarm. De combinatie van 'delen tussen -2 en 0 m NAP' en 'laagdynamische slibrijke bodems' resulteert in het ecotooptype litoraal, laagdynamisch, laaggelegen, slibrijk. Op dezelfde manier bestaat het ecotooptype litoraal, laagdynamisch, hooggelegen, slibarm uit een combinatie van 'delen boven 0 m NAP' en 'laagdynamische slibarme bodems'. Het ecotooptype litoraal, laagdynamisch, hooggelegen, slibrijk combineert de klassen 'delen boven 0 m NAP' en 'laagdynamische slibrijke bodems'. Het ecotooptype schor tenslotte, omvat uitsluitend de klasse 'schor' uit de geomorfologiekaart.

## 2.2 Deelgebieden west, midden en oost

In tegenstelling tot bijvoorbeeld het Zoute wateren EcotopenStelsel [23], maakt de ecologisch belangrijke factor zoutgehalte geen onderdeel uit van de ecotopenindeling 'de Haan'. Wel worden de ecotoop-arealen, in overeenstemming met de afspraken binnen MOVE, gerapporteerd voor drie afzonderlijke deelgebieden binnen de Westerschelde: west, midden en oost [28].

De grenzen tussen de deelgebieden worden door Vroon et al. [5] als volgt beschreven: "De lijn Baarland-Eendrachtspolder vormt de oostgrens van de mariene zone (lodingsvakken 6, 5 & 4), de lijn Kruiningen-Walsoorden de westgrens van de brakke zone (lodingsvakken 2, 1 & 7) en de zogeheten overgangszone ligt daar tussenin (lodingsvak 3)." Deze grenzen, alsmede de westelijke en oostelijke grens van het MOVE-studiegebied zijn in het werkdocument van Willemse [7] vastgelegd.

## 2.3 Reconstructie ecotopenkaart 'de Haan' 1996 / origineel

In de beginfase van het MOVE-project is een ecotopenkaart van de Westerschelde 'situatie 1996' vervaardigd door Herman de Haan. De kaart is opgenomen in Mol et al. [28]. De ecotopenindeling die daarbij is gehanteerd, is gelijk aan de indeling beschreven door Huijs & Krijger [4]. De ecotopenkaart werd geproduceerd door bestanden met geografische informatie over omgevingsfactoren met behulp van standaard GIS-software met elkaar te combineren. Om de kaart te kunnen onderscheiden van nieuw vervaardigde ecotopenkaarten, heeft hij de volgende naam gekregen: 'Ecotopenkaart 1996 de Haan/origineel'.

Technische details over de gebruikte basiskaarten, de totstandkoming ervan, de wijze van classificeren e.d. zijn vastgelegd in het werkdocument van Willemse [7].

De reconstructie biedt de mogelijkheid, de oorzaak van eventuele verschillen tussen die gereconstrueerde kaart en de nieuw vervaardigde kaart voor 1996, te onderzoeken.

## 2.4 Vervaardiging basiskaarten voor de verwerking in HABIMAP

Voor de realisatie van ecotopenkaarten volgens de indeling 'de Haan', zijn bestanden nodig die geografische informatie bevatten over de factoren hoogte/diepte-ligging, stroomsnelheid en bodemtype (geomorfologie). De totstandkoming van deze basiskaarten voor de situatie in 1996 en 2001 wordt hieronder toegelicht.

### Hoogte/diepte-kaart

De hoogte/diepte-ligging van de bodem is bepaald door het samenvoegen van gegevens verkregen met verschillende meetmethoden. De gegevens van 1996 betreffen een combinatie van lodingen (m.b.v. peilschepen) en waterpassingen (terrestrische methode). Die van 2001 zijn afkomstig van lodingen, aangevuld met laseraltimetrie (vanuit vliegtuigen) voor de bij laagwater droogliggende delen. Om voor 1996 een gebiedsdekkende kaart te verkrijgen moest voor enkele delen van de Westerschelde gebruik gemaakt worden van oudere gegevens. Een uitgebreidere beschrijving is te vinden in v.d. Male & Schouwenaar [8].

Voor 1996 is gewerkt met (een kopie van) het bestand **supergrid** uit de directory /users/autexploalg/arcbest/grid/ws/. Voor 2001 met (een kopie van) het bestand **gr2001\_20** uit diezelfde directory.

### Stroomsnelheidskaart

Dieptegemiddelde stroomsnelheden voor de situatie in 1996 zijn berekend met het model SCALWEST-fijn, die voor 2001 met het model SCALWEST-2000. Een beschrijving van de instellingen die gebruikt zijn bij het draaien van de modellen wordt gegeven door v.d. Male & Schouwenaar [8]. Voor de ecotopenkaarten 'de Haan' gaat het om stroomsnelheden behorend bij een gemiddeld getijverschil en wel de maximale snelheden die zich in de vloedfase voordoen.

Voor 1996 is gebruik gemaakt van (een kopie van) het bestand **maxvl\_gemty** uit de directory /zeekennis/vdmale/snelheden/ws\_1996/. Voor 2001 is gewerkt met (een kopie van) het bestand **gemty\_maxvl** uit de directory /zeekennis/vdmale/snelheden/ws\_2001/.

Een verschil tussen de modellen SCALWEST-fijn en SCALWEST-2000 (afgezien van de gebruikelijke verschillen zoals de bodemligging) is, dat in het laatste model verschillende bodemruwheden zijn gebruikt voor het litoraal en sublitoraal binnen dezelfde ruimtelijke eenheden waarmee het model werkt. In SCALWEST-fijn is de bodemruwheid, binnen dezelfde ruimtelijke eenheid, boven en onder de laagwaterlijn gelijk. Op de mogelijke consequenties van dit verschil voor de ecotopenkaarten wordt in paragraaf 3.2 nader ingegaan.

### Geomorfologische kaart

Door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat zijn, aan de hand van false-colour luchtfoto's, zogeheten geomorfologische kaarten samengesteld voor de situatie in 1996 en 2001. De foto's tonen de aan de oppervlakte zichtbare kenmerken van de bodem, boven de laagwaterlijn. De complete lijst met eenheden die kunnen worden onderscheiden omvat 39 typen, van schorren met meer of minder gesloten vegetatie tot infrastructurele werken zoals havens en wegen. De gevolgde werkwijze is vastgelegd in rapporten van de Meetkundige Dienst [9,10] en het werkdocument van de Jong [24]. Er heeft een aanpassing van de oorspronkelijke geomorfologie-kaarten plaatsgevonden om te bewerkstelligen, dat de begrenzing ervan overal overeenstemt met de lijn van gemiddeld laagwater. Daarnaast zijn de door de Meetkundige Dienst geleverde kaarten door Dick de Jong (RIKZ), na een laatste controle, op onderdelen gecorrigeerd. Tot welke aanpassingen dit heeft geleid, wordt beschreven in Willemse [7].

Voor 1996 is gewerkt met het bestand **gm1996corr3** en voor 2001 met het bestand **gm2000corr2**, beide uit de directory /users/wons\_ecotopen/willemse/gm/. Anders dan de naam doet vermoeden heeft gm2000corr2 wel degelijk betrekking op de kartering uit 2001.

## 2.5 Het draaien van ecotopenkaarten in HABIMAP

De ecotopenkaarten zijn vervaardigd met het GIS-instrument HABIMAP [11]. Achtereenvolgens wordt opgegeven welke basiskaarten moeten worden gebruikt en in welke parameterklassen deze moeten worden opgedeeld, dan wordt opgegeven uit welke combinaties van parameterklassen de te tonen ecotooptypen moeten bestaan en tenslotte wordt bepaald hoe de kaart, die de ligging van de ecotopen toont, moet worden opgemaakt door het invoeren van namen en kleuren voor de legenda-eenheden e.d..

De parameterklassen voor de basiskaarten met een continue schaal (hoogte/diepte kaart en stroomsnelheidskaart) worden eenvoudig gedefinieerd door het opgeven van boven- en ondergrens per klasse.

De gedetailleerde klassenindeling van de geomorfologische basiskaarten wordt, bij verwerking door HABIMAP, volgens door de gebruiker opgegeven 'spelregels' teruggebracht tot enkele globalere klassen: schor, hoogdynamische bodems, laagdynamische slibarme - en laagdynamische slibrijke bodems.

HABIMAP produceert tekstbetanden waarin de gemaakte keuzes worden vastgelegd. Een overzicht van de parameterklassen-indeling wordt vastgelegd in een zogeheten meta-informatie-bestand. De inhoud van deze bestanden is, voor zowel de kaart van 1996 als die van 2001, opgenomen in de bijlage.

De ecotopenkaart wordt weggeschreven in de vorm van een Arc/Info-coverage. Dit GIS-bestand vormt, samen met het bestand dat de legenda-opmaak bevat, de kern van de ecotopenkaart. Een bepaalde kaartafdruk (dus inclusief titels, productiedatum e.d.) kan in de vorm van een printfile worden vastgelegd, zodat deze steeds opnieuw kan worden uitgedraaid.

Door HABIMAP kunnen automatisch de arealen per ecotooptype bij de legenda van de kaart worden weergegeven. Voor de MOVE-kaarten is van deze optie gebruik gemaakt.

### 3 Resultaten

De verkregen resultaten betreffen zowel de ecotopenkaarten zelf, als uitkomsten van de berekeningen van arealen voor de verschillende ecotooptypen. De basiskaarten waarop de ecotopenkaarten worden gebaseerd spelen een belangrijke rol in dit geheel en worden daarom apart gepresenteerd.

#### 3.1 Ecotopenkaart 'de Haan' 1996 / origineel

De gereconstrueerde originele ecotopenkaart 'de Haan' voor de situatie in 1996 is weergegeven in figuur 3. Dat de reconstructie geslaagd is, blijkt uit de vergelijking van arealen: voor zes van de negen ecotooptypen is het areaal (afgerond op hele hectares) in de gereconstrueerde kaart identiek aan de in Mol et al. [28] en Huijs & Krijger [4] gerapporteerde arealen. Voor de overige ecotooptypen zijn de arealen in de gereconstrueerde kaart iets kleiner dan die van de oorspronkelijke kaart (tot maximaal 6 ha ofwel 2,2 % per ecotooptype). De klasse 'overig', die in de oorspronkelijke kaart als rest-categorie is aangegeven, is 18 ha kleiner in de gereconstrueerde kaart. Dat scheelt 8,1 % met het origineel. De totale omvang van de gereconstrueerde kaart is 30 ha minder dan het origineel (0,1 %).

#### 3.2 Basiskaarten (omgevingsfactoren)

De hoogte/diepte-ligging, stroomsnelheden en geomorfologie van 1996 en 2001 zijn weergegeven in figuren 4 a+b, 5a+b en 6 a+ b. De legenda van deze kaarten is beperkt tot die klassen die voor de ecotopenkaarten de Haan van belang zijn. Voor de bodemligging zijn dat de geul (< -5m NAP), het ondiepwatergebied (-5 tot -2 m NAP), het lage ( $\leq$ NAP) en hoge (> NAP) intergetijdengebied (beide > -2m NAP). Voor de geomorfologie zijn dat de bodems die gekarakteriseerd zijn als hoogdynamisch, laagdynamisch slibrijk, laagdynamisch slibarm of als schor. In de stroomsnelheidskaarten wordt alleen onderscheid gemaakt tussen laagdynamische ( $\leq 0.5$  m/s) en hoogdynamische (> 0.5 m/s) omstandigheden.

Zoals opgemerkt in paragraaf 2.4, is in het stroomsnelheidsmodel voor de kaart van 2001 wel, en in het model voor de kaart van 1996 geen rekening gehouden met verschillen in bodemruwheid van de delen boven en onder de laagwaterlijn. Dit verschil kan alleen gevolgen hebben voor de ligging en omvang van de ondiepwater-ecotopen, omdat alleen voor die ecotopen de stroomsnelheid een onderscheidend kenmerk is. Om een inschatting te kunnen maken van de mogelijke consequenties van de gewijzigde model-opzet, zijn door Kees v.d. Male (RIKZ) berekeningen uitgevoerd met twee verschillende model-instellingen: de berekening genaamd 'frictie 0' betreft de normale instellingen van SCALWEST-2000. De berekening genaamd 'frictie 1' is uitgevoerd met een aangepaste model-instelling. Die aanpassing betreft het opheffen van het verschil in bodemruwheden voor het litoraal en sublitoraal in een beperkt deel van de Westerschelde (platencolplex Rug van Baarland - Molenplaat). De werking van het model, in dat gedeelte van de Westerschelde, is dus vergelijkbaar met de werking van het SCALWEST-fijn model dat gebruikt is voor het doorrekenen van de situatie in 1996.

Omdat de aanpassing plaatsvond in een klein gedeelte van het model, mag aangenomen worden dat het totale modelgedrag niet wezenlijk is verstoord. Voor 22 punten, gelegen tussen -1 en -6.8 m NAP, zijn de modeluitkomsten weggeschreven en geanalyseerd. Van deze 22 punten waren er 17 gelegen tussen -2 en -5 m NAP, dus in de (laag- en hoogdynamische) ondiepwater ecotopen. In alle gevallen was het verschil in de maximale snelheden tijdens vloed ten hoogste 3 tot 5 cm/s. Zeven laagdynamische en elf hoogdynamische locaties bleven in het aangepaste model behoren tot het zelfde ecotooptype. Ook de overige vier locaties bleven tot het zelfde ecotooptype behoren, maar omdat de snelheden dicht bij de grens tussen de laag- en hoogdynamische stroomsnelheidsklasse lagen speelde toeval daarbij een grote rol.

### **3.3 Ecotopenkaarten 1996 en 2001 'de Haan'/ HABIMAP**

De ecotopenkaarten 'de Haan' voor 1996 en 2001, opgesplitst naar deelgebied, zijn opgenomen als figuur 7 a t/m f.

Door HABIMAP is berekend wat de omvang is van de arealen die de verschillende ecotooptypen innemen. Daarnaast zijn, ter illustratie van de mogelijkheden die geografische informatie systemen bieden, op twee manieren de verschillen tussen de kaarten geanalyseerd. De resultaten van die analyses worden als volgt gepresenteerd: in de vorm van 'bruto' verschil-diagrammen (hoeveel areaal van ecotooptype A is veranderd in ecotooptype B en omgekeerd?) en in de vorm van verschil-kaarten (waar is een ecotoop van het type A veranderd in één van het type B en omgekeerd?).

#### **3.3.1 Arealen per ecotooptype in 1996 en 2001**

In tabel 2 en 3 zijn de door HABIMAP berekende arealen per ecotooptype voor zowel de ecotopenkaart 'de Haan' 1996 als 2001 gegeven. In tabel 2 gaat het om de relatieve oppervlaktes in procenten, in tabel 3 om de absolute oppervlaktes in hectares.

Uit tabel 2 komt het volgende beeld naar voren over de verhouding waarmee de onderscheiden ecotooptypen in de Wersterschelde voorkomen:

De drie ecotooptypen die, voor bodemgebonden organismen, relatief van geringe betekenis zijn (zie hoofdstuk 4) beslaan samen ongeveer 75% van de totale oppervlakte. Dat zijn: de geul, het hoogdynamische ondiepwater en hoogdynamische intergetijdengebied. De overige 25% is voor bodemgebonden organismen van grote betekenis.

Bijna één derde hiervan bestaat uit schorren (8% van de totale oppervlakte) en de rest uit (slibarm en slibrijk) laagdynamisch intergetijdengebied. In deze verhoudingen is tussen 1996 en 2001 weinig veranderd.

Over de berekende absolute oppervlaktes (tabel 3) kan het volgende opgemerkt worden:

Het totale areaal van de negen onderscheiden ecotooptypen wijkt, voor de deelgebieden west en midden, weinig af van de in Mol et al. [28] en Huijs & Krijger [4] gerapporteerde arealen voor de originele ecotopenkaart 'de Haan' 1996. Het verschil bedraagt 0.7 en 0.3 % voor resp. deelgebied west en midden. Voor deelgebied oost is dat verschil groter:

2.8 %. Het extra areaal dat in de kaart 'de Haan'/HABIMAP is meegeteld, bestaat vrijwel volledig uit de ecotooptypen ondiepwater en geul. De belangrijkste oorzaak van dit verschil is de gehanteerde oostgrens van dit deelgebied. Bij de berekeningen door HABIMAP bleek een aangeleverd 'begrenzingenbestand' (uitsnedebestand), dat aangeeft waar de voor MOVE gekozen oostelijke grens van de Westerschelde ligt, niet te functioneren.

Op het niveau van afzonderlijke ecotooptypen zijn er soms aanzienlijke verschillen tussen de in Mol et al. [28] en Huijs & Krijger [4] gerapporteerde arealen voor de originele ecotopenkaart 'de Haan' 1996 en de door HABIMAP berekende arealen voor de nieuwe ecotopenkaart 'de Haan' 1996. Die verschillen zijn o.a. te herleiden tot het al of niet meerekenen van (delen van) de havengebieden langs de rand van de Westerschelde. Een zorgvuldig onderzoek van de basiskaarten die voor de originele ecotopenkaart zijn gebruikt, de aanvullingen erop, uitsluiting van delen ervan etc., heeft niet kunnen plaatsvinden. Binnen de beschikbare tijd kon daarom het uitgangsmateriaal voor de kaartproductie door HABIMAP niet volledig gelijk gemaakt worden aan dat van de oorspronkelijke ecotopenkaart 'de Haan' 1996.

Er zijn kleine verschillen (max. 0.4%) tussen de gesommeerde arealen van de negen onderscheiden ecotooptypen van de door HABIMAP geproduceerde kaarten van 1996 en 2001. Dat zal het gevolg zijn van verschillen in gebiedsdekking van de basiskaarten voor 1996 en 2001. Lokaal kunnen witte vlekken voorkomen, zoals in de geomorfologische kaart van 2001, die nog een laatste correctie moest ondergaan op het moment dat de hier gepresenteerde kaarten werden gemaakt.

De veranderingen in de omvang en ligging van ecotopen tussen 1996 en 2001 worden hieronder op drie verschillende manieren gepresenteerd, waarbij de mate van detail bij elke stap toeneemt. Allereerst worden de veranderingen in de totale omvang van de ecotopen beschreven. Dit betreft het netto resultaat van de veranderingen die hebben plaatsgevonden. Vervolgens wordt aangegeven in welke mate gebieden bijv. van type A in type B en andere gebieden van type B in type A zijn veranderd. Zijn de oppervlaktes van die gebieden gelijk, dan is de netto verandering weliswaar nihil, maar kan toch sprake zijn van (aanzienlijke) ruimtelijke dynamiek. Tenslotte worden de belangrijkste veranderingen op kaarten weergegeven, zodat duidelijk wordt waar die zich hebben voorgedaan.

### **3.3.2 Areaalveranderingen per ecotooptype (netto)**

De netto veranderingen in de arealen per ecotooptype tussen 1996 en 2001 zijn vermeld in tabel 4. De opvallendste veranderingen zijn:

In het intergetijdengebied heeft de grootste toename (242 ha) zich voorgedaan in de omvang van het hoogdynamische ecotooptype. Bijna 90% van die verandering voltrok zich in het oostelijk deelgebied.

Van de laagdynamische ecotooptypen in het intergetijdengebied, zijn de hooggelegen typen (slibarm en slibrijk) bijna evenveel in omvang afgenomen, als de laaggelegen typen in omvang zijn toegenomen (ongeveer 300 ha).

Voor alledrie deelgebieden samen is zowel het areaal van het slibarme als het areaal van het slibrijke ecotooptype boven NAP afgenomen. Er zijn echter grote verschillen tussen de deelgebieden wat betreft deze veranderingen.

Het laaggelegen laagdynamische slibrijke ecotooptype is toegenomen met 220 ha, waarvan bijna 80% betrekking heeft op het westelijk deelgebied.

Relatief geringe veranderingen hebben zich voorgedaan bij de ecotooptypen schor en laaggelegen, laagdynamisch slibarm intergetijdengebied.

Het areaal geul is vrijwel gelijk gebleven.

Binnen het ondiepwatergebied is het hoogdynamische ecotooptype sterk afgenomen en het laagdynamische type sterk uitgebreid. Ongeveer 50% van deze verandering deed zich voor in deelgebied midden.

### **3.3.3 Areaalveranderingen per ecotooptype (bruto)**

Achter de bovenbeschreven netto veranderingen gaan 'bruto' veranderingen schuil. Enerzijds is er het areaal 'onveranderde locaties' (de locaties die in 1996 en 2001 tot hetzelfde ecotooptype behoorden) en anderzijds de arealen 'veranderde locaties'.

Die laatste categorie omvat alle locaties die in 1996 in een ander ecotooptype vielen dan in 2001, dus zowel de arealen die erbij kwamen als verdwenen. Dit zijn de 'bruto' areaalveranderingen. Ze geven een indruk van de mate waarin ecotopen ruimtelijke dynamiek vertonen. In feite is sprake van een maat voor de minimale dynamiek. Het is immers niet bekend of zich tussentijds nog meer veranderingen hebben voorgedaan, bijvoorbeeld op de locaties die in 1996 en 2001 tot hetzelfde ecotooptype behoorden en hier dus 'onveranderd' genoemd worden.

De 'bruto' areaalveranderingen zijn weergegeven in de figuren 8a t/m c. Voor de overzichtelijkheid zijn alleen de ecotooptypen van het onbegroeide intergetijdengebied getoond: het hoogdynamisch type (4), het laagdynamisch laaggelegen slibarm (5) en slibrijk type (6), het laagdynamisch hooggelegen slibarm (7) en slibrijk type (8). De lengtes van de pijlen geven de absolute groottes van de veranderde arealen aan (voor alledrie de figuren is de zelfde schaal gebruikt).

In alledrie de deelgebieden zijn de (rechtstreekse) verschuivingen tussen de laag- en hooggelegen laagdynamische ecotooptypen relatief gering. Dat geldt zowel voor de slibarme als slibrijke typen. In de hooggelegen laagdynamische ecotooptypen zijn de verschuivingen tussen slibarme en slibrijke typen groot, maar het netto resultaat daarvan verschilt sterk per deelgebied.

Grote verschuivingen doen zich ook voor tussen de vier laagdynamische en het hoogdynamische ecotooptype. Vooral de hooggelegen laagdynamische typen verliezen terrein aan het hoogdynamische type, terwijl de laaggelegen laagdynamische typen over het algemeen terrein winnen.

Omdat binnen het hoogdynamische type geen onderscheid gemaakt wordt naar hoogteligging, Kunnen de verschuivingen niet gedetailleerder beschreven worden.

Helaas ontbreekt een goede beschrijving van de manier waarop de in Huijs & Krijger [4] vermelde schattingen van de areaalveranderingen per ecotooptype tot stand zijn gekomen (voor de periode 1996-2021). Met name het inzicht in fysische processen, dat gebruikt is om de verwachte veranderingen op het niveau van morfologische eenheden door te vertalen naar veranderingen op ecotoopniveau, zou aan de hand van bovengeschetste informatie tegen het licht gehouden en mogelijk vergroot kunnen worden.

### 3.3.4 De veranderingen geografisch weergegeven

Het is niet zinvol, alle veranderingen die zich hebben voorgedaan tussen 1996 en 2001 in de ligging van de ecotopen, in één kaart weer te geven. De hoeveelheid informatie die zo'n kaart toont is te groot om nog goed leesbaar te zijn. Ook het naast elkaar bekijken van de kaarten van 1996 en 2001, om op die manier de verschillen te analyseren, heeft z'n beperkingen. Een andere mogelijkheid echter, is het maken van verschilkaarten voor uitsluitend de belangrijkste veranderingen die zich hebben voorgedaan. De hier besproken verschilkaarten illustreren die mogelijkheid. Van de informatie uit paragraaf 3.3.3 is gebruik gemaakt om te bepalen welke de belangrijkste veranderingen zijn.

In termen van arealen zijn de belangrijkste ruimtelijke verschuivingen, die hebben plaatsgevonden tussen de ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied, de volgende:

- verschuivingen tussen slibarme en slibrijke ecotooptypen binnen dezelfde hoogteklasse, met name bij de hooggelegen typen
- verschuivingen tussen hoogdynamische en laagdynamische (al of niet slibrijke) ecotopen

In de figuren 9a t/m c zijn de veranderingen geografisch weergegeven, zoals ze zich hebben voorgedaan tussen 1996 en 2001. Daarbij zijn verschuivingen, die afname van de dynamiek c.q. toename van het slibgehalte inhouden, in groen aangegeven en verschuivingen die een toename van de dynamiek c.q. afname van het slibgehalte betekenen, in rood.

Deze ordening van de veranderingen is gebaseerd op de overheersende patronen die door Annika Hesselink (RIKZ) werden waargenomen in meer gedetailleerde kaarten. De kaarten laten zien dat:

In deelgebied west

- het centrale deel van de omvangrijke Hooge Platen en beschutte delen van de slikken laagdynamisch en slibrijk zijn gebleven
- de toename van de dynamiek en afname van het slibgehalte zich met name hebben voorgedaan in de stroomopwaartse delen (oostelijke koppen en randen) van platen en slikken
- de afname van de dynamiek en toename van het slibgehalte zich met name heeft voorgedaan in de stroomafwaartse delen (westelijke koppen en randen) van platen en slikken

#### In deelgebied midden

- de slikken, voor zover ze nog niet laagdynamisch en slibrijk waren, veelal ó f veranderden van hoogdynamisch in laagdynamisch of van slibarm in slibrijk
- een aantal veranderingen op de platen wijzen op het slibrijk blijven of slibrijk worden van de meer beschutte delen (noordrand Rug van Baarland, centrale deel Molenplaat, centrale deel Platen van Ossensisse)
- verandering van laagdynamische typen naar het hoogdynamische type zich vooral langs de randen van platen voordoen, maar niet altijd (Molenplaat)

#### In deelgebied oost

- toename van de dynamiek en afname van het slibgehalte heeft plaatsgevonden in de grote kreken en langs de noordrand van het Verdrongen Land van Saeftinghe, evenals langs de randen van de Platen van Valkenisse
- het slibgehalte is toegenomen op de centrale, meer beschutte, delen van de Platen van Valkenisse

Ook deze wijze van analyseren kan, net zoals die uit de vorige paragraaf, gebruikt worden bij het zoeken naar verklaringen voor de veranderingen die zich hebben voorgedaan. Daarbij kunnen de achterliggende fysische processen in beschouwing genomen worden. De informatie draagt mogelijk bij aan een beter inzicht in de ontwikkelingen die zich op ecotoopniveau afgespeeld hebben, en zo aan het vergroten van de kennis die nodig is om betere voorspellingen te kunnen doen over de nog te verwachten veranderingen.

## 4 De relaties tussen ecotopen en organismen

In het plan van aanpak van het MOVE-project [1] wordt een aantal expliciete uitspraken gedaan over de verwachte veranderingen in het voorkomen van planten en dieren in de Westerschelde in een periode van 25 jaar volgend op de verdieping (dit zijn de zogeheten 'ecologische MOVE-hypothesen'). Een aantal van deze uitspraken is gebaseerd op veronderstelde relaties tussen de onderscheiden ecotooptypen en het voorkomen van organismen.

Basis voor de ecologische MOVE-hypothesen zijn de door Huijs & Krijger [4] beschreven kwantitatieve waarderingen van de ecotooptypen. Zij hebben hun waardering met name gebaseerd op verschillen in biomassa-dichtheid (de biomassa per oppervlakte-eenheid) tussen ecotooptypen. De systematiek is toegelicht in paragraaf 1.2.3 en de waarderingen zijn vermeld in tabel 1.

Behalve naar ecotooptype, is de tabel ook ingedeeld naar de in MOVE gehanteerde deelgebieden west, midden en oost. Aan deze onderverdeling in drie deelgebieden liggen in de eerste plaats morfologische argumenten ten grondslag. Verschillende bronnen wijzen op de ecologische variatie die zich voordoet langs de lengte-as van de Westerschelde [6, 12, 13, 14]. Huijs & Krijger hebben die verschillen tot uitdrukking gebracht door in bepaalde gevallen aan hetzelfde ecotooptype verschillende waarderingen te geven, afhankelijk van het deelgebied waarop de waardering betrekking heeft.

De waarderingen zijn opgesteld voor drie verschillende groepen organismen: het microfytobenthos (microscopisch kleine bodemalgen), het macrozoö benthos (de bodemdieren die achterblijven op een zeef met maaswijdtes van 1 mm) en vissen.

De navolgende beschrijving is opgesteld om een beeld te geven van de betekenis van de verschillende ecotooptypen voor organismen, zoals dat naar voren komt uit de waarderingstabel van Huijs & Krijger [4] en uit andere documenten die in het kader van het MOVE-project zijn verschenen. In enkele gevallen is gebruik gemaakt van aanvullende bronnen die deze beeldvorming al of niet ondersteunen. Los van dit overzicht zijn in het kader van de MOVE evaluatie-2003 analyses verricht aan de hand van gegevens afkomstig van veldmonsters die verzameld zijn op locaties vallend in de voor 1996 en 2001 vastgestelde ecotopen 'de Haan'/HABIMAP. Aan de uitkomsten van deze analyses wordt kort gerefereerd.

### 4.1 Schor

Ofschoon binnen een schor verschillende vegetatiezones zijn te onderscheiden [23], is in de ecotopenindeling de Haan en in het document van Huijs & Krijger [4] sprake van slechts één ecotooptype 'schor'.

*Macrozoöbenthos*

Huijs & Krijger

Huijs & Krijger [4] kennen aan het ecotooptype 'schor' een waardering '0' toe, waarmee ze aangeven dat het schor geen belangrijk leefgebied voor het macrobenthos is.

#### Overige bronnen

In de prognose van de ontwikkelingen in de Westerschelde [6] wordt aan schorren een 'kinderkamerfunctie voor jonge vis en bodemdieren' toegekend. Die verwijzing naar bodemdieren heeft waarschijnlijk betrekking op het zogeheten epi- en hyperbenthos: bodemdieren die niet zozeer in als wel op of boven de bodem leven. Deze groep, bestaande uit o.a. garnalen en aasgarnalen, is zeer mobiel en wordt o.a. gevangen tijdens bemonsteringen van de waterkolom gedurende hoogwater in schorkreken [19]. Ze behoren tot een andere categorie dan het hier bedoelde macrozoö benthos, dat geïventariseerd wordt door het nemen van bodemmonsters.

#### Gegevens-analyse MOVE

Wijsman [21] doet geen uitspraken over dit ecotooptype bij gebrek aan gegevens.

#### *Microfytobenthos*

#### Huijs & Krijger

Huijs & Krijger [4] kennen aan het ecotooptype 'schor' de laagst mogelijke waardering toe (0).

#### *Vissen en garnalen*

#### Huijs & Krijger

Huijs & Krijger [4] kennen aan het ecotooptype 'schor' een waardering '0' toe.

#### Overige bronnen

In de prognose van de ontwikkelingen in de Westerschelde [6] wordt aan schorren een 'kinderkamerfunctie voor jonge vis en bodemdieren' toegekend en worden schorren een verblijfplaats genoemd voor jonge vis en garnalen. Mol et al. [28, zie ook bijv. 19] noemen die laatste functie eveneens, en spreken verder van een foerageerfunctie voor jonge vis en hyperbenthos (kinderkamer).

Er lijkt sprake van een tegenstelling tussen de waardering door Huijs en Krijger en de uitspraken door andere bronnen. De keuze van Huijs en Krijger is evenwel in overeenstemming met het gegeven dat in de geomorfologische karteringen de grotere kreken die een schor doorsnijden niet tot het schor zelf, maar tot het onbegroeide intergetijdengebied (slikken & platen) worden gerekend. Dit type kreek komt in de Westerschelde alleen voor in het Verdrongen Land van Saeftinghe en heeft, afgezien van de grotere mate van beschutting, veel kenmerken gemeen met de slikken en platen in de omgeving (pers. meded. Dick de Jong (RIKZ)). De kleinere kreken worden wel tot het schor gerekend, maar daarvan is de oppervlakte zeer gering, zodat die in areaalberekeningen geen rol van betekenis spelen.

In de prognose van de ontwikkelingen in de Westerschelde [6] worden kreken die de schorren doorsnijden ook genoemd als onderdeel van de ondiepwatergebieden. In de gehanteerde ecotopenindeling is die titel echter voorbehouden aan de eerste meters onder de laagwaterlijn. Overigens trekken veel vissen en garnalen tijdens hoogwater de schorkreken in om zich bij laagwater beneden de waterlijn, dus in het ecotooptype ondiep water, terug te trekken [19].

## 4.2 Geul

Net als het schor, wordt ook het ecotooptype geul niet nader onderverdeeld in de indeling de Haan.

### *Macrozoöbenthos*

#### Huijs & Krijger

Huijs & Krijger [4] vermelden geen waardering. Zij stellen dat met name de intergetijden- en ondiepwatergebieden belangrijk zijn als leefgebied voor de organismen waarover de MOVE-hypothesen een uitspraak doen.

#### Overige bronnen

In de prognose van de ontwikkelingen in de Westerschelde [6] worden aan de geulen vooral ecologische transportfuncties toegekend: opgeloste voedingsstoffen en zwevend sediment worden door het water verplaatst, terwijl allerlei organismen (van bacteriën tot zeehonden) worden getransporteerd of zich actief door het estuarium bewegen.

#### Gegevens-analyse MOVE

Wijsman [21] vermeldt voor dit ecotooptype gemiddelde biomassa-dichtheden voor de jaren 1995-1997 en 1999-2001 die de waardes in sommige andere ecotooptypen, zoals bijv. de ondiepwater-ecotooptypen evenaren.

### *Microfytobenthos*

#### Huijs & Krijger

Zie onder macrozoö benthos.

#### Overige bronnen

Microfytobenthos komt, vanwege een gebrek aan licht, niet voor in de geulen [20].

### *Vissen en garnalen*

#### Huijs & Krijger

Zie onder macrozoö benthos.

#### Overige bronnen

Door Hostens et al. [13] werd een serie bemonsteringen uitgevoerd rond de -10 m NAP dieptelijn van Vlissingen tot Bath. Alleen op en rond de Platen van Valkenisse werd ook op minder diepe plaatsen gevist. Bespreking van de resultaten vindt in de volgende paragraaf plaats.

## 4.3 Ondiep water

### *Macrozoöbenthos*

#### Huijs & Krijger

Huijs en Krijger [4] kennen aan het ecotooptype 'ondiep water' waarderingen toe variërend van 2 tot 60%, afhankelijk van de waterdynamiek en het deelgebied. Zij gaan uit van een verminderde biomassa-dichtheid bij hogere stroomsnelheden en bij een meer oostelijke ligging in het estuarium.

#### Overige bronnen

Mol et al. [28] spreken bij dit ecotooptype van een verblijfplaats (settlement, groei, voortplanting) van bodemdieren.

#### Gegevens-analyse MOVE

De berekeningen van Wijsman [21], voor de jaren 1995-1997 en 1999-2001, leveren relatieve biomassa-dichtheden op die redelijk met de waarderingen van Huijs & Krijger overeenkomen, met uitzondering van het ondiep water in deelgebied west. Het laagdynamische ondiep water in dat deelgebied wordt door Huijs & Krijger relatief hoog gewaardeerd, wat niet gesteund wordt door de resultaten van Wijsman.

Bij deze vergelijking moet wel rekening gehouden worden met de vragen die gerezen zijn rond de werking van de stroomsnelheidsmodellen (zie paragraaf 3.2).

#### *Microfytobenthos*

#### Huijs & Krijger

De waardering van beide ondiep water ecotopen (zowel de laagdynamische als hoogdynamische versie) voor het microfytobenthos is door Huijs en Krijger [4] gelijkgesteld aan nul.

#### Overige bronnen

De waardering door Huijs & Krijger wordt gesteund door de berekeningen van Stapel en de Jong [20], die bepaald hebben dat de troebelheid van het Westerscheldewater, via de lichtbeschikbaarheid, de groei van bodemalgen beneden de laagwaterlijn praktisch onmogelijk maakt.

#### *Vissen en garnalen*

#### Huijs & Krijger

De ondiepwatergebieden scoren in het overzicht van Huijs en Krijger [4] het hoogst van alle ecotooptypen, althans wanneer de stroomsnelheid niet te hoog is. Van de drie deelgebieden scoort het oosten het hoogst en het westen het laagst.

#### Overige bronnen

Mol et al. [28] noemen het ondiepwatergebied een foerageerplaats voor jonge vis en hyperbenthos (kinderkamer). Refererend aan de studies van Hostens, Mees, Cattrijse e.a. [bijv. 13, 19] wijzen zij op de verschillende voedselgroepen die van belang zijn voor de kinderkamerfunctie van respectievelijk het sublitoraal en litoraal. Als belangrijkste voedselbron in het litoraal wordt het macrobenthos genoemd, terwijl in het sublitoraal die rol wordt toegedicht aan het hyperbenthos en zoö plankton. Laatstgenoemde organismegroepen hebben geen of slechts een beperkte binding met de condities aan de bodem. Het onderscheiden van beide categorieën benthos (macrobenthos en hyperbenthos) is van belang in relatie tot de waarderingen die Huijs en Krijger aan ondiep water toekennen. Terwijl de waardering voor vissen en garnalen van west naar oost oploopt, neemt die voor macrobenthos in dezelfde richting af. Omdat het macrobenthos vaak genoemd wordt als de belangrijkste voedselbron voor bodemvissen, zou dat verschil verbazing kunnen wekken. Het hyperbenthos, dat in de oostelijke Westerschelde talrijk voorkomt, is echter eveneens een belangrijke potentiële voedselbron voor (bodem)vissen.

Er zijn vrijwel geen studies bekend die uitspraken doen over de directe invloed van stroomsnelheden op de verblijfsmogelijkheden van vissen (Cattrijse en Hampel [15] noemen er slechts één).

Een toenemende relatieve biomassa-dichtheid gaande van west naar oost, is in overeenstemming met het overheersende beeld van de ruimtelijke verspreiding zoals dat naar voren komt uit de studie van Hostens et al. [17, zie ook Twisk & v.d. Pluijm 18]. Mol et al. [28, gebaseerd op 29] spreken van 'hogere dichtheden en biomassa's garnalen, grondels en platvissen' in de mesohaliene zone (min of meer overeenkomend met deelgebied oost), in vergelijking met de polyhaliene zone (deelgebieden midden en west). Daarbij moet wel bedacht worden, dat in de studie waaraan gerefereerd wordt, informatie over de verschillen langs de lengte-as van het estuarium uitsluitend verzameld is door bevissing van de geulranden (dieptelijn –10 m NAP), dus op een grotere diepte dan het ondiepe water. Met betrekking tot de versteiling van de plaat-geul overgang en het verlies van ondiepwatergebied noemen Hostens et al. [17] met name de functie hiervan als foerageergebied voor Tong, die op de Platen van Valkenisse vooral in de bemonsteringen rond de –3 m NAP dieptelijn werd aangetroffen (zie ook bij slik en plaat, hieronder).

## 4.4 Slik en plaat

### *Macrozoöbenthos*

#### Huijs & Krijger

Het onbegroeide intergetijdengebied, dat bestaat uit een combinatie van slikken en platen, krijgt van Huijs en Krijger [4] de hoogste waarderungen. Laagdynamische ecotooptypen worden veel hoger gewaardeerd dan het hoogdynamische type. Hoog- en laaggelegen typen worden gelijkelijk gewaardeerd. De slibrijke typen worden in deelgebieden west en oost hoger gewaardeerd dan slibarme typen, terwijl dat in deelgebied midden juist andersom gebeurt. Tenslotte nemen de waarderungen voor de laagdynamische typen af gaande van deelgebied west, via midden, naar oost (het hoogdynamische type blijft onveranderlijk laag gewaardeerd).

#### Overige bronnen

In 'Ontwikkelingen in de Westerschelde; prognose voor de komende 25 jaar [6] wordt het volgende opgemerkt: "Voor bodemdieren spelen hoogteligging, met name boven de laagwaterlijn, sedimenttype en bodemdynamiek een belangrijke rol. Zo komen hogere biomassa-dichtheden voor in sediment dat fijner van samenstelling is. De hoogste biomassa-dichtheden en grootste aantallen worden aangetroffen in het intergetijdengebied en aangrenzende ondiepe water." Mol et al. [28] bespreken de ecologische functies van slikken en platen zonder daarbinnen een nader onderscheid te maken: voor bodemdieren wordt de functie 'verblijfplaats (settelement, groei, voortplanting)' genoemd.

#### Gegevens-analyse MOVE

Door Wijsman [21] is berekend dat, gemiddeld over de jaren 1995-1997 en 1999-2000, de biomassa-dichtheid in het intergetijdengebied meer dan het dubbele was van die beneden de laagwaterlijn. In het intergetijdengebied varieert de gemiddelde biomassa-dichtheid per ecotooptype maximaal met een factor 16, afhankelijk van het deelgebied, de hoogteligging, bodemdynamiek en het slibgehalte. In grote lijnen ondersteunen zijn resultaten de verschillen in waardering die Huijs en Krijger [4] hanteren. Uitzonderingen hierop zijn de laagdynamische, slibarme ecotooptypen van de slikken en platen in de deelgebieden midden en west (zowel de laag- als de hooggelegen typen). De biomassa-dichtheden in deze ecotopen komen in zijn berekeningen aanmerkelijk lager uit, dan de inschattingen van Huijs en Krijger [4].

### *Microfytobenthos*

#### Huijs & Krijger

Het onbegroeide intergetijdengebied, dat bestaat uit een combinatie van slikken en platen, krijgt van Huijs en Krijger [4] de hoogste waarderingen. Het hoogdynamische ecotooptype wordt daarbinnen laag gewaardeerd. Bij de laagdynamische typen worden de hooggelegen versies hoger gewaardeerd dan de laaggelegen versies, terwijl de slibarme en slibrijke ecotooptypen gelijkelijk worden gewaardeerd. Van de deelgebieden krijgt het midden de hoogste waarderingen, dan volgt het westen en tenslotte het oostelijk deelgebied.

#### Overige bronnen/gegevens-analyse MOVE

Marjo Lievaart (RIKZ, pers. meded.) noemt een droogvalduur tussen 15 en 70% als meest geschikt voor het microfytobenthos. Bij stroomsnelheden boven 0.5 m/s neemt de geschiktheid af. Haar analyses van veldgegevens ondersteunen de waarderingen van Huijs & Krijger niet.

### *Vissen en garnalen*

#### Huijs & Krijger

Deze ecotooptypen scoren bij Huijs en Krijger [4] laag: zesmaal lager, dan het laagdynamische ondiepwatergebied. De laaggelegen laagdynamische ecotooptypen in het intergetijdengebied krijgen een waardering van 10%, ongeacht de ligging in het westelijk, midden of oostelijk deelgebied en ongeacht of sprake is van een slibarm of slibrijk ecotooptype. De hooggelegen ecotooptypen en het ecotooptype hoogdynamisch intergetijdengebied krijgen een waardering 'nul'.

#### Overige bronnen

Mol et al. [28] noemen de functie als foerageerplaats voor vissen en hyperbenthos (kinderkamer), zonder verder onderscheid te maken binnen het geheel van slikken en platen.

De enige informatie uit de Westerschelde over verschillen in de vis- en garnaalstand tussen lager en hoger gelegen gebieden, is het rapport van Hostens et al. [17]. Zij bemonsterden rond het hoogwatertijdstip de Platen van Valkenisse, zowel onder als boven de laagwaterlijn. De studie levert slechts in globale zin informatie over het belang van de verschillende dieptezones. Voor diverse bodemvissoorten blijken in het intergetijdengebied (in dit onderzoek: de zone rond 1 m beneden NAP) flink lagere dichtheden voor te komen dan in het ondiep water gebied (in dit onderzoek: de zone rond 3 m beneden NAP) of de geul (in dit onderzoek: de geulrand rond 10 m beneden NAP). Daarentegen zijn voor de zeer talrijk voorkomende garnaal de dichtheden in alledrie de zones vrijwel gelijk. Wordt deze soort meegeteld bij het vergelijken van de dieptezones, dan verhouden de totale dichtheden (van vissen en garnalen), zich ongeveer als 0,8:1:0,8 voor de zones 1 m, 3 m en 10 m beneden NAP. De dichtheid van de eveneens talrijke brakwatergrondel neemt nadrukkelijk toe van de diepst gelegen tot de hoogst gelegen zone. Een betrouwbare vergelijking van de dichtheden wordt bemoeilijkt, doordat twee verschillende bemonsteringsmethoden gebruikt werden en de efficiëntie waarmee de vissen gevangen werden daardoor waarschijnlijk varieerde tussen de dieptezones. Wel kan gezegd worden dat, door het bemonsteren rond het hoogwatertijdstip, de verhouding tussen de vangsten in de lager en hoger gelegen gebieden 'ten gunste van' die laatste zijn beïnvloed. Immers, tijdens laagwater verlaten de meeste vissen en garnalen de platen en slikken, om er pas tijdens het volgende hoogwater weer terug te keren.

Ofschoon diverse bodemvissoorten in hogere dichtheden voorkomen in laagdynamische slibrijkere gebieden [15], vermoedelijk vooral omdat daar de biomassa-dichtheid aan (geschikte) prooisoorten groter is, ontbreekt het aan informatie om de verschillende waarderings die Huijs & Krijger toekennen aan hoog- of laagdynamische, slibrijke of slibarme ecotooptypen, te onderbouwen.

## 5 Discussie en conclusies

De ecotopenbenadering die in het kader van het MOVE-project wordt toegepast, heeft tot doel de gevolgen van veranderingen in de fysische kenmerken van de Westerschelde voor het voorkomen van organismen te beschrijven. In deze paragraaf zal die benadering geëvalueerd worden aan de hand van de volgende aspecten:

- de grondslag van de ecotopenindeling
- de wijze waarop ecotopenkaarten worden vervaardigd
- de biomassa-dichtheid als maatstaf voor het voorkomen van organismen

Ecotopenkaarten volgens de indeling van het Zoute wateren EcotopenStelsel (het ZES, Bouma et al. [23]) zijn nog niet voor beide jaren, 1996 en 2001, gereed. Het document waarin het stelsel wordt toegelicht is slechts in concept-vorm beschikbaar en er heeft nog geen onderzoek plaatsgevonden naar de mate waarin die indeling in staat is de variatie in de ruimtelijke verspreiding van organismen goed weer te geven. Om die reden wordt hier geen vergelijking gemaakt tussen kaarten gemaakt aan de hand van het ZES en de ecotopenkaarten volgens de indeling 'de Haan'. Belangstellenden kunnen voor het concept-rapport van Bouma et al. terecht bij de auteur van dit werkdokument.

### 5.1 De grondslag van de ecotopenindeling 'de Haan'

Een document waarin de totstandkoming van de indeling 'de Haan' wordt beschreven ontbreekt. Om de meest waarschijnlijke argumenten, die aan de indeling ten grondslag liggen, boven water te krijgen zijn daarom andere bronnen geraadpleegd. Om de betekenis van de gemaakte keuzes nader te beschouwen, is het interessant een vergelijking te maken met het zogeheten Zoute wateren Ecotopen Stelsel (het ZES).

Het Zoute wateren Ecotopen Stelsel (ZES) [23] is gebaseerd op een andere manier van indelen, dan de indeling 'de Haan'. Er worden andere omgevingsfactoren en een andere wijze van classificeren gehanteerd. De doelstellingen van de ZES-aanpak sluiten evenwel goed aan bij de doelen van het MOVE-project. De navolgende beschouwing is voornamelijk gebaseerd op een vergelijking tussen deze twee benaderingen.

#### Diepte/hoogteligging

In plaats van de ruimtelijk variërende laagwaterlijn, wordt het intergetijdengebied in de indeling 'de Haan' aan de onderzijde door een vaste lijn begrensd: de -2 m NAP lijn. Ecologisch gezien ligt een keuze voor een ruimtelijk variërende grens meer voor de hand. Zo wordt in het ZES gekozen voor het niveau van gemiddeld laagwater bij springtij.

De keuze voor de -2 m NAP lijn sluit wel aan op de gangbare praktijk bij het vergelijken van de gemeten en de gemodelleerde omvang van het intergetijdengebied. In hun bespreking van ESTMORF (een morfologisch model voor de Westerschelde) verklaren Wang en Jeuken [25, p. 2-1] deze praktijk uit de noodzaak bij zo'n vergelijking uit te gaan van een eenduidige definitie van het intergetijdengebied.

Ook de NAP-grens van de indeling 'de Haan' lijkt in de eerste plaats samen te hangen met de manier waarop morfologische ontwikkelingen in de Westerschelde worden gemeten en gemodelleerd. De NAP-lijn deelt het intergetijdengebied op in een hoog- en een laaggelegen deel. Huijs & Krijger [4] geven aan de onder en boven NAP gelegen laagdynamische ecotootypen, wat de bodemdieren betreft, een gelijke waardering. Bij overigens gelijkblijvende omstandigheden, heeft een verandering in de verhouding hoog- en laaggelegen intergetijdengebied (wat de bodemdieren betreft) bij hen dus geen gevolgen voor de totale waardering van de gezamenlijke ecotopen. Deze 'ongevoeligheid' voor hoogteveranderingen lijkt in tegenspraak met de doelstellingen van het MOVE-project.

In het ZES worden twee grenzen getrokken: bij de droogvalduur-niveau's van 25 en 75% . Tussen die grenzen wordt een aanzienlijk hogere bodemdier-biomassa aangetroffen, dan in het lager en hoger gelegen intergetijdengebied. Deze verticale driedeling is dus , in zekere mate, beter geschikt om hoogteveranderingen tot uitdrukking te laten komen.

Echter: voorspellingen over het gedrag van de intergetijdengebieden zijn o.m. gebaseerd op berekeningen met het morfologisch model ESTMORF. In dit model wordt gewerkt met een geschematiseerde dwarsdoorsnede van een geulen/platen/slikken stelsel. Het gemiddeld laagwater-, gemiddeld hoogwater- en het gemiddelde zeeniveau (MSL, ongeveer gelijk aan NAP) zijn belangrijke 'knooppunten' in die schematisatie. Het model is zo opgezet, dat de uitkomsten zich bewegen in de richting van zogeheten 'evenwichtsrelaties'. Dat zijn relaties die in het veld zijn waargenomen in situaties zonder belangrijke ingrepen in het watersysteem. É é n van die relaties beschrijft het verband tussen de gemiddelde hoogte van plaatdelen onder NAP en genoemde 'knooppunten' of niveaus. Een andere relatie beschrijft het verband tussen de gemiddelde hoogte van plaatdelen boven NAP en diezelfde niveaus [26, 27]. De indeling 'de Haan' sluit goed aan bij deze werkwijze.

Beneden de laagwaterlijn wordt de grens tussen geul en ondiepwater, in de indeling 'de Haan', getrokken op -5 m NAP. In het ZES wordt die grens getrokken op -5 m onder de gemiddelde laagwaterlijn bij springtij. Een duidelijke onderbouwing van de keuze in de indeling 'de Haan' is niet gevonden. Van Damme en v.d. Veer [34] wijzen echter op Waddenzee-studies die aangeven dat bodemvissen tot een diepte van 5 m onder gemiddeld laagwater nog talrijk voorkomen. De studie van Hostens et al. [17] in de Westerschelde bevestigt dat beeld.

#### Stroomsnelheid

Voor het kenmerk stroomsnelheid wordt in de indeling 'de Haan' gebruik gemaakt van de berekende maximale snelheden in de vloedfase, bij een gemiddeld getijverschil. Er wordt een grens getrokken bij 0.5 m/s. In het ZES is gekozen voor de maximale snelheid, ongeacht of die zich tijdens vloed of eb voordoet, bij een gemiddeld springtij. In die indeling ligt de grens bij 0.8 m/s.

Waarop de keuzes in de indeling 'de Haan' zijn gebaseerd is niet geheel duidelijk. Een mogelijke verklaring voor selectie van de vloedfase is, dat de maximale stroomsnelheden zich veelal in die fase van het getij manifesteren. Een pragmatische keuze dus, omdat niet eerst bepaald hoeft te worden waar de vloed- en waar de ebsnelheden domineren. Door Ysebaert en Herman [16, figuur 6-26] is vastgesteld, dat de dichtheid en biomassa-dichtheid van veel bodemdiersoorten sterk afnemen wanneer de stroomsnelheid (bij een gemiddeld getijverschil) groter wordt dan ongeveer 0.4 m/s . Die bevinding ondersteunt de keuze in de indeling 'de Haan'.

Voor vissoorten die voor hun voedsel van de genoemde bodemdieren (het macrobenthos) afhankelijk zijn geldt, dat die waarschijnlijk minder talrijk zijn of minder groeimogelijkheden hebben in ondiepwatergebieden met hogere stroomsnelheden. Zoals opgemerkt in paragraaf 4.3, vormt het zogeheten hyperbenthos echter ook een belangrijke potentiële voedselbron voor vissen.

#### Bodemtype

De indeling 'de Haan' maakt gebruik van de kenmerken hoog- of laagdynamisch en slibrijk of slibarm, zoals die gehanteerd worden bij het interpreteren van luchtfoto's voor de vervaardiging van geomorfologische kaarten van het intergetijdengebied. In het ZES wordt ook gewerkt met het slibgehalte, maar het onderscheid tussen hoog- en laagdynamische situaties wordt in dat stelsel (bij voorkeur) afgeleid uit informatie over de stroomsnelheid, net zoals dat in het ondiep water gebeurt.

Dat die bodemtypen van betekenis zijn voor de hoeveelheid bodemdieren die kan worden aangetroffen, blijkt bijvoorbeeld uit de Oostwest-studie die in de Westerschelde is verricht [35].

Zowel aan het gebruik van geomorfologische kaarten als aan de inzet van stromingsmodellen om de bodemdynamiek in kaart te brengen, kleven bezwaren. Geomorfologische kaarten komen tot stand door de interpretatie van luchtfotobeelden. Die interpretatie is tot op zekere hoogte subjectief. Alleen situaties waarvan fotobeelden bestaan kunnen worden beschreven.

De inzet van stromingsmodellen heeft het voordeel, dat niet alleen, zoals bij geomorfologische kaarten, bestaande situaties kunnen worden beschouwd, maar tevens ruimtelijke voorspellingen voor toekomstige situaties kunnen worden gedaan. Daarnaast kunnen ook historische situaties worden beschreven. Echter: de inzet van een stromingsmodel is pas gerechtvaardigd, wanneer de berekende snelheden ook werkelijk iets zeggen over de bodemdynamiek. Tot voor kort werd bij het ontwikkelen van die modellen echter niet of nauwelijks rekening gehouden met de inzet voor ecologische doeleinden. Het ecologisch belangrijke intergetijdengebied bleef daarom in zekere zin onderbelicht [36].

## **5.2 De wijze waarop ecotopenkaarten worden vervaardigd**

De uitkomsten van areaal-berekeningen voor de diverse ecotooptypen, voor verschillende momenten in de tijd, vormt een belangrijk onderdeel van de hier gepresenteerde resultaten.

Het reconstrueren van de oorspronkelijke ecotopenkaart 'de Haan' 1996, is een tijdrovende klus gebleken. Het maken van een nieuwe kaart, met behulp van HABIMAP, vond gelijktijdig met die reconstructie plaats. Of voor beide kaarten sprake was van precies dezelfde basiskaarten was op dat moment onzeker, met name omdat bij veel GIS-bestanden de zogeheten meta-informatie (inhoud en totstandkoming van het bestand) ontbrak. Tussen de in dit document beschreven arealen voor de ecotopenkaart 'de Haan' 1996/HABIMAP en de eerder gerapporteerde arealen voor de originele kaart [28] bestaan nog een aantal verschillen waarvan de oorzaak niet vaststaat.

De beide HABIMAP-kaarten zijn, ondanks enkele verschillen in de totale arealen, goed vergelijkbaar. Dat geldt met name voor de 'bruto' vergelijkingen: de resultaten van die vergelijkingen zijn afkomstig van de delen die in beide kaarten voorkomen. Vertoont

één van beide kaarten ergens een witte vlek, omdat één van de basiskaarten gegevens ontbreken, dan wordt dat deel niet meegeteld.

Voor beide HABIMAP-kaarten is sprake van 'voorlopige' versies. Dat geldt met name voor de kaart van 2001. Toen de productie van die kaart plaatsvond, moest de laatste controle van de gebruikte geomorfologische kaart nog plaatsvinden. Die controle (door Dick de Jong (RIKZ)) resulteerde o.a. in de toedeling van een deel van het slik behorend tot het Verdrunken Land van Saeftinghe, aan een ander bodemtype. Die wijziging bleek noodzakelijk na zorgvuldige analyse van de betreffende luchtfoto. De Jong heeft aangegeven dat met name aan het onderscheid dat gebaseerd wordt op minder duidelijke bodemeigenschappen (zoals het slibgehalte) onzekerheden kleven.

### 5.3 Biomassa-dichtheid als maatstaf voor het voorkomen van organismen

Voor de ecotopenbenadering, zoals die in het MOVE-project wordt gevolgd, is een uitgangspunt dat de verschillen in het voorkomen van organismen in de onderscheiden ecotooptypen kwantitatief kunnen worden beschreven. Door Huis en Krijger [4] zijn waarderungen (aan de hand van *biomassa-dichtheden*) aan de verschillende ecotooptypen toegekend, welke die verschillen tot uitdrukking moeten brengen.

Veranderingen in arealen van ecotopen werken, in de benadering van Huis en Krijger, direct door op veranderingen in de totale waardering van de gezamenlijke ecotopen, doordat zij uitgaan van een vaste waardering per ecotooptype. De biomassa-dichtheid, die door Huijs en Krijger gebruikt is als basis voor die waardering, zal in werkelijkheid (bij gelijkblijvende abiotische gebiedskenmerken) van jaar tot jaar variëren onder invloed van een meer of minder succesvolle voortplanting, hogere of lagere sterfte a.g.v. predatie en dergelijke.

Door te kiezen voor een relatieve waardering (het ecotooptype met de hoogste biomassa-dichtheid krijgt een waarde van 100%), lijken Huijs en Krijger deze temporele variatie te willen omzeilen. Onduidelijk is, op welke meetreeksen hun waarderungen zijn gebaseerd. Het is echter weinig waarschijnlijk, dat ze beschikten over gegevens die zich leenden voor berekening van een langjarig gemiddelde per ecotooptype. Mogelijkerwijs zijn hun veronderstellingen in de eerste plaats gebaseerd op de idee dat 'goede of slechte' omstandigheden met name in 'rijke' jaren zichtbaar worden: in jaren met weinig bodemdieren komen de verschillen in de kwaliteit van verschillende ecotooptypen minder sterk naar voren, dan in jaren met veel bodemdieren. Dat zou tevens verklaren waarom zij, in de paragraaf 'functie voor biota/aanpak' spreken van een 'toe- of afname van de *potenties* als leefgebied'. Van belang blijft echter dat informatie uit een voldoende lange periode noodzakelijk is om het verschil tussen ecotooptypen zinvol te kwantificeren. Het gebruik van de *maximale* biomassa-dichtheid levert daarbij wellicht eerder een vaste waarde op, dan het gebruik van de *gemiddelde* biomassa-dichtheid.

Overigens wijzen Huijs en Krijger [4] ook op de verschillen in *soortensamenstelling* tussen bodemlevensgemeenschappen in verschillende ecotooptypen, echter zonder daar een verdere uitwerking aan te geven.

## 5.4 Conclusies

In het intergetijdengebied is de omvang van hooggelegen laagdynamische ecotooptypen tussen 1996 en 2001 afgenomen, terwijl zowel de laaggelegen laagdynamische ecotooptypen als het hoogdynamische ecotooptype in omvang zijn toegenomen. In het ondiep water is de omvang van het laagdynamische type toegenomen en die van het hoogdynamische type afgenomen. Er kleven echter wel onzekerheden aan laatstgenoemde veranderingen, omdat voor beide jaren van een andere opzet voor het stromingsmodel werd uitgegaan.

Berekening van areaalveranderingen gebeurt het beste door van één en dezelfde GIS-methodiek uit te gaan. HABIMAP leent zich goed voor dat doel, maar daarnaast is een goede registratie van de gebruikte basiskaarten noodzakelijk.

Uitspraken over veranderingen in ecotoop-arealen zijn het meest betrouwbaar, wanneer die gebaseerd zijn op geografische vergelijkingen, dus voor de overlappende delen van twee of meer kaarten. Bepaling van de 'bruto' veranderingen verschaft daarbij inzicht in de onderliggende dynamiek.

De kennis over de relaties tussen de ecotooptypen uit de indeling 'de Haan' en het voorkomen van organismen is nog te beperkt, om degelijke uitspraken over de gevolgen van de areaalveranderingen voor organismen te kunnen doen.

## **Nawoord**

De productie van basiskaarten was in handen van Dick de Jong, Kees van der Male, Bram Schouwenaar en Bart Willemse. Bart heeft ook de reconstructie van de originele ecotopenkaart 'de Haan' 1996 verzorgd. Annika Hesselink gaf commentaar op de 'verschilkaarten'. Marjo Lievaart en Jeroen Wijsman verschaften informatie over de ecologische betekenis van de onderscheiden ecotooptypen voor resp. het microfytobenthos en het macrozoöbenthos. Marjo, Jeroen en Bianca Peters becommentariëerden een eerdere versie van dit document. Naast Bianca gaven Birgit Dauwe en Gert-Jan Liek leiding aan het project. Bij deze wil ik iedereen bedanken voor zijn/haar inbreng.

## Referenties

- [1] Anonymus (z.j.) Beoordeling van de effecten van de verdieping 48'-43'. Plan van aanpak – rapport 2. Project MOVE. RWS Directie Zeeland, Middelburg.
- [2] Wolfert, H.P. (1996) Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels, uitgangspunten en plan van aanpak. RIZA Nota nr. 96.050, Lelystad.
- [3] Huijs, S.W.E. (1996) De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen. Rapport R96-17, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek, Utrecht.
- [4] Huijs, S. & G. Krijger (1998) Prognose ecotooparealen over 25 jaar. Memo AXW 98.007 & NWL 97.71, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg.
- [5] Vroon, Storm, Uit den Boogaard & Coosen (1996) Habitat arealen in de Westerschelde: veranderingen tussen 1960 en 1990 en een prognose voor de toestand na de komende verdieping. Werkdocument RIKZ/AB-96.815x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [6] Rijkswaterstaat, Directie Zeeland/RIKZ (1996) Ontwikkelingen in de Westerschelde; prognose voor de komende 25 jaar. Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ96.006.
- [7] Willemse, B. (2003) Toelichting ecotopenkaart Westerschelde 1996 volgens "de Haan". Werkdocument RIKZ/AB/2003.800x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [8] v.d. Male, C. & B. Schouwenaar (2003) Stroomsnelheden en andere fysische parameters in de Oosterschelde en in de Westerschelde. Werkdocument RIKZ/AB/2003.813x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [9] Loomans, P.M. (1997) Toelichting bij de Geomorfologische kartering van de Westerschelde 1996. Op basis van false-colour luchtfoto's 1:10.000. Rapport MDGAT-97.52. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.
- [10] Loomans, P.M. (2002) Toelichting bij de Geomorfologische kartering van de Westerschelde 2001. Op basis van false-colour luchtfoto's 1:10.000. Rapport MD-GAE-2002-20. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.
- [11] Ruiter, J.F. (2001) Habimap 2.0. Een GIS-applicatie ten behoeve van de aanmaak en presentatie van habitat- en ecotopenkaarten in kustwateren. Gebruikershandleiding. Rapport Geo Plus BV, Scheemda / Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg. [concept maart 2001]
- [12] Ysebaert, T. & P. Meire (1991) Het macrozoö benthos van de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde. Rapport WWE 12 RU Gent, Gent / IN A92.085 Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt.
- [13] Hostens, K., J. Mees, B. Beyst & A. Cattrijsse (1996) Het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde: soortensamenstelling, ruimtelijke verspreiding en seizoensaliteit (periode 1988-1992). Rapport Universiteit Gent, Gent.
- [14] Ysebaert, T., P. Meire, J. Coosen & K. Essink (1998) Zonation of intertidal macrobenthos in estuaries of Schelde and Ems. Aquat. Ecol. 32: 53-71.
- [15] Cattrijsse, A. & H. Hampel (2000) Life history and habitat use tables. Subproject 1 – "Nursery function Westerschelde". Report University Gent, Belgium.
- [16] Ysebaert, T. & P.M.J. Herman (in voorbereiding) The BIOMON-MOVE data set 1992-2001: general spatial and temporal patterns of estuarine macrobenthic species and relationships with derived environmental variables.
- [17] Hostens, K., J. Mees, B. Beyst & A. Cattrijsse (1996) Het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde: soortensamenstelling, ruimtelijke verspreiding en seizoensaliteit (periode 1988-1992). Rapport Rijksuniversiteit Gent, België.
- [18] Twisk, F. & A. van der Pluijm (2003) Kaarten van de habitatgeschiktheid voor vissen, strandkrab en garnaal in de Westerschelde, een ruimtelijke weergave van de

- resultaten uit veldonderzoek in de periode 1988-1992. Werkdocument RIKZ/OS-2002.842x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [19] Cattrijsse, A., E.S. Makwaia, H.R. Dankwa, O. Hamerlynck & M.A. Hemminga (1994) Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 100: 195-208.
- [20] Stapel, J. & D.J. de Jong (1998) Ontwikkelingen in de biomassa van het microfytobenthos in de Oosterschelde en Westerschelde in de periode 1981-1996. Rapport RIKZ-98.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [21] Wijsman, J. (2003) MOVE bodemdieren. Effecten van verruiming op de biomassa bodemdieren in de Westerschelde 1990-2001. Werkdocument RIKZ/AB-2003.806x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [22] Welleman, H.C., F. Brocken & I. de Boois (2000) Vergelijking dichtheden, groei en mortaliteit Westerschelde-Noordzee. Deelproject 2 uit studie "Kinderkamerfunctie Westerschelde", Eindrapportage. Rapport C008/00, RIVO Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden.
- [23] Bouma, H., D.J. de Jong & F. Twisk (2003) Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES). Rapport Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg –concept-
- [24] de Jong, D.J. (2003) Interpretatie van luchtfoto's ten behoeve van geomorfologische kaarten. Werkdocument RIKZ/OS/2003.804x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [25] Wang, Z.B. & C. Jeuken (2000) Morfologische ontwikkeling van intergetijde-gebieden en modellering met ESTMORF. Deel I: Evaluatie modelresultaten. Verslag Z 2776-I, WL/Delft Hydraulics, Delft.
- [26] Wang, Z.B. & M.A.G. van Helvert (2001) ESTMORF, A model for long-term morphological development of estuaries and tidal lagoons. Report Z3105, WL/Delft Hydraulics, Delft.
- [27] Fokkink, R.J. & A. van der Weck (1998) Final version of the ESTMORF model. Report Z2262, WL/Delft Hydraulics, Delft.
- [28] Mol, G., A.M. van Berchum & G.M. Krijger (1997) De toestand van de Westerschelde aan het begin van de verdieping 48'/43'. Beschrijving van trends in de fysische, biologische en chemische toestand. Rapport RIKZ-97.049, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [29] Hostens, K. & J. Mees (1997) De T0-situatie van het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde (periode 1988-1992): een samenvatting. Universiteit Gent.
- [30] Arends, A.A., P. Kamermans, E.C. Stikvoort & B. de Winder (1999) Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; een eerste evaluatie van de bagger- en stortstrategie, rapport 4. Rapport RIKZ-99.019, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [31] Liek, G.A. (2001) Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; beschrijving van de fysische toestand van de Westerschelde t/m 2000, rapport 5. Rapport RIKZ/AB/2001.023. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [32] Bouma, H., M. Lievaart & D.J. de Jong (2002) Stand van zaken ontwikkeling pelagisch ecotopenstelsel december 2002. Werkdocument RIKZ/OS/2002.840x, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [33] Twisk, F. (2003b) Ecotopenkaarten Westerschelde 1996 en 2001 'de Haan'. Toelichting op de definitieve kaarten. Werkdocument RIKZ/OS/2003.827x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [34] van Damme, C.J.G. & H.W. van de Veer (2001) The nursery function of the Westernscheldt for fish and crustaceans. Report Netherlands Institute for Sea Research, Den Burg, Texel.

- [35] Vroon, J., C. Storm & J. Coosen (1997) Westerschelde, stram of struis? Rapport RIKZ-97.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- [36] Dam, G. & M. de Vries (2002) Stromingsinformatie voor de ecologie. Rapport 1207/R02019/GD/Rott2b, Svasek/Royal Haskoning, Rotterdam.

## Bijlagen

Tabel 1. Waarderingscijfers per ecotooptype volgens Huijs en Krijger [4].

Tabel 2. Relatief aandeel van de ecotooptypen in de ecotopenkaarten 'de Haan'/HABIMAP, 1996 en 2001.

Tabel 3. Arealen (ha) per ecotooptype voor de ecotopenkaarten 'de Haan'/HABIMAP, 1996 en 2001.

Tabel 4. Netto veranderingen in arealen (ha) per ecotooptype.

### Bijlage 'Meta-informatie ectopenkaarten /HABIMAP'

Figuur 1. Morfologische eenheden zoals onderscheiden in het fysisch denkmodel.

Figuur 2. Ecotooptypen zoals onderscheiden in de indeling 'de Haan'.

Figuur 3. Reconstructie van de originele ecotopenkaart 'de Haan'/1996.

Figuur 4 (a,b). Hoogte/diepteligging van de bodem in 1996 en 2001.

Figuur 5 (a,b). Stroomsnelheden in 1996 en 2001.

Figuur 6 (a,b). Geomorfologische kaarten 1996 en 2001.

Figuur 7 (a t/m f). Ecotopenkaarten 'de Haan'/HABIMAP 1996 en 2001 per deelgebied.

Figuur 8 (a,b,c) 'Bruto' verschuivingen in ecotooparealen.

Figuur 9 (a,b,c) Geografische dynamiek ecotooptypen in het intergetijdengebied

|                       | DEELGEBIED | Ondiep water<br>hoogdynamisch (2) | Ondiep water<br>laagdynamisch (3) | Intergetijdengebied<br>hoogdynamisch (4) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (5) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (6) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (7) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (8) | Schor (9) |
|-----------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Microfyto-<br>benthos | West       | 0                                 | 0                                 | 15                                       | 60                                                              | 60                                                               | 80                                                              | 80                                                               | 0         |
| "                     | Midden     | 0                                 | 0                                 | 15                                       | 75                                                              | 75                                                               | 100                                                             | 100                                                              | 0         |
| "                     | Oost       | 0                                 | 0                                 | 15                                       | 45                                                              | 45                                                               | 70                                                              | 70                                                               | 0         |
| Macrozoö-<br>benthos  | West       | 5                                 | 60                                | 1                                        | 90                                                              | 100                                                              | 90                                                              | 100                                                              | 0         |
| "                     | Midden     | 5                                 | 20                                | 1                                        | 70                                                              | 60                                                               | 70                                                              | 60                                                               | 0         |
| "                     | Oost       | 2                                 | 20                                | 1                                        | 20                                                              | 30                                                               | 20                                                              | 30                                                               | 0         |
| Vissen                | West       | 10                                | 60                                | 0                                        | 10                                                              | 10                                                               | 0                                                               | 0                                                                | 0         |
| "                     | Midden     | 10                                | 80                                | 0                                        | 10                                                              | 10                                                               | 0                                                               | 0                                                                | 0         |
| "                     | Oost       | 10                                | 100                               | 0                                        | 10                                                              | 10                                                               | 0                                                               | 0                                                                | 0         |

Tabel 1. Waarderingen (%) per ecotooptype voor drie organisme-groepen (bron: Huis & Krijger [4]).

|      | DEELGEBIED | Geul (1) | Ondiep water<br>hoogdynamisch (2) | Ondiep water<br>laagdynamisch (3) | Intergetijdengebied<br>hoogdynamisch (4) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (5) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (6) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (7) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (8) | Schor (9) |
|------|------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1996 | West       | 68,5     | 9,2                               | 1,0                               | 7,7                                      | 1,0                                                             | 3,0                                                              | 1,9                                                             | 7,1                                                              | 0,7       |
| "    | Midden     | 57,7     | 8,8                               | 0,9                               | 15,4                                     | 3,2                                                             | 4,4                                                              | 6,0                                                             | 3,3                                                              | 0,3       |
| "    | Oost       | 35,6     | 8,8                               | 0,4                               | 11,5                                     | 1,6                                                             | 2,5                                                              | 6,6                                                             | 8,0                                                              | 25,1      |
| "    | Totaal     | 56,5     | 9,0                               | 0,8                               | 10,2                                     | 1,6                                                             | 3,1                                                              | 4,1                                                             | 6,7                                                              | 8,1       |
| 2001 | West       | 68,0     | 8,6                               | 1,4                               | 7,7                                      | 1,4                                                             | 4,0                                                              | 3,0                                                             | 5,1                                                              | 0,8       |
| "    | Midden     | 57,9     | 5,6                               | 3,6                               | 15,9                                     | 2,8                                                             | 6,0                                                              | 2,3                                                             | 5,4                                                              | 0,6       |
| "    | Oost       | 36,4     | 7,8                               | 0,9                               | 13,8                                     | 1,9                                                             | 2,1                                                              | 4,0                                                             | 8,4                                                              | 24,7      |
| "    | Totaal     | 56,6     | 7,8                               | 1,6                               | 11,0                                     | 1,8                                                             | 3,8                                                              | 3,2                                                             | 6,2                                                              | 8,0       |

Tabel 2. Relatief aandeel (% van totale oppervlakte) per ecotooptype in ecotopenkaarten/HABIMAP.

|      | DEELGEBIED | Geul (1) | Ondiep water<br>hoogdynamisch (2) | Ondiep water<br>laagdynamisch (3) | Intergetijdengebied<br>hoogdynamisch (4) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (5) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (6) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (7) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (8) | Schor (9) |
|------|------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1996 | West       | 10895    | 1470                              | 152                               | 1232                                     | 153                                                             | 474                                                              | 298                                                             | 1128                                                             | 105       |
| „    | Midden     | 3189     | 485                               | 47                                | 849                                      | 178                                                             | 245                                                              | 330                                                             | 181                                                              | 19        |
| „    | Oost       | 3347     | 825                               | 34                                | 1079                                     | 153                                                             | 231                                                              | 621                                                             | 748                                                              | 2364      |
| „    | Totaal     | 17431    | 2780                              | 233                               | 3160                                     | 484                                                             | 950                                                              | 1249                                                            | 2057                                                             | 2488      |
| 2001 | West       | 10855    | 1372                              | 216                               | 1233                                     | 227                                                             | 645                                                              | 476                                                             | 819                                                              | 120       |
| „    | Midden     | 3210     | 312                               | 197                               | 880                                      | 155                                                             | 330                                                              | 130                                                             | 297                                                              | 33        |
| „    | Oost       | 3410     | 731                               | 88                                | 1289                                     | 182                                                             | 195                                                              | 372                                                             | 783                                                              | 2313      |
| „    | Totaal     | 17475    | 2415                              | 501                               | 3402                                     | 564                                                             | 1170                                                             | 978                                                             | 1899                                                             | 2466      |

Tabel 3. Absoluut aandeel (ha) per ecotooptype in ecotopenkaarten/HABIMAP.

| DEELGEBIED | Geul (1) | Ondiep water<br>hoogdynamisch (2) | Ondiep water<br>laagdynamisch (3) | Intergetijdengebied<br>hoogdynamisch (4) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (5) | Laaggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (6) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibarm (7) | Hooggelegen<br>intergetijdengebied<br>laagdynamisch slibrijk (8) | Schor (9) |
|------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| West       | -40      | -98                               | +64                               | +1                                       | +74                                                             | +171                                                             | +178                                                            | -309                                                             | +15       |
| Midden     | +21      | -173                              | +150                              | +31                                      | -23                                                             | +85                                                              | -200                                                            | +116                                                             | +14       |
| Oost       | +63      | -94                               | +54                               | +210                                     | +29                                                             | -36                                                              | -249                                                            | +35                                                              | -51       |
| Totaal     | +44      | -365                              | +268                              | +242                                     | +80                                                             | +220                                                             | -271                                                            | -158                                                             | -22       |

## Bijlage: Meta-informatie ecotopenkaarten 'de Haan' /HABIMAP

Bestanden, gegenereerd door HABIMAP, waarin vastgelegd is hoe de ecotopenkaart is samengesteld uit basiskaarten.

### Ecotopenkaart de Haan 1996 / HABIMAP

Er zijn vier ecotopenkaarten aangemaakt: één kaart van de gehele Westerschelde en kaarten voor de deelgebieden west, midden en oost. De GIS-bestanden hebben de volgende namen gekregen:

Gehele Westerschelde: **f09t\_eco\_tot**  
Deelgebied west: **f09w\_eco\_tot**  
Deelgebied midden: **f09m\_eco\_tot**  
Deelgebied oost: **f09o\_eco\_tot**

De vier kaarten zijn op identieke manier tot stand gekomen. Ze verschillen slechts wat betreft het weergegeven geografische bereik.

Voor elke kaart zijn door HABIMAP bestanden met meta-informatie aangemaakt. Alleen van de kaart voor het westelijk deelgebied wordt hieronder de inhoud van dat bestand getoond.

Bestandsnaam: **f09w\_eco\_totinhoud**

Inhoud van het bestand:

METAGEGEVENS HABIMAP

\*\*\*\*\*  
Ecotopenkaart: F09W\_ECO\_TOT  
\*\*\*\*\*

---

Parameter: V1996  
\* Eenheid: cm/s

| Ondergrens, | bovengrens, | ecotoop |
|-------------|-------------|---------|
| . 500       | 50          | hoogdyn |
| . 50        | 0           | laagdyn |

---

Parameter: gm1996corr3  
\* Eenheid: morfeenh

| Parameterwaarde, | ecotoop |
|------------------|---------|
| . H1             | hoogdyn |
| . H1             | hoogdyn |
| . H1*            | hoogdyn |
| . H1a            | hoogdyn |
| . H1a*           | hoogdyn |
| . H1b            | hoogdyn |

|   |      |            |
|---|------|------------|
| . | H1b* | hoogdyn    |
| . | K2b1 | hoogdyn    |
| . | K2b2 | hoogdyn    |
| . | K2c  | hoogdyn    |
| . | P2   | hoogdyn    |
| . | P2a  | hoogdyn    |
| . | P2a1 | hoogdyn    |
| . | P2b1 | hoogdyn    |
| . | P2b2 | hoogdyn    |
| . | P2c  | hoogdyn    |
| . | P3a  | hoogdyn    |
| . | P3b  | hoogdyn    |
| . | K1a2 | laagdynryk |
| . | P1a2 | laagdynryk |
| . | P1a3 | laagdynryk |
| . | K1a1 | laagdynarm |
| . | P1a1 | laagdynarm |
| . | S2b  | laagdynarm |
| . | S1a  | schor      |
| . | S1c  | schor      |
| . | S2a  | schor      |
| . | S3   | schor      |
| . | D1   | overig     |
| . | D2   | overig     |
| . | H2   | overig     |
| . | O2   | overig     |
| . | O3   | overig     |
| . | O4   | overig     |
| . | O5   | overig     |

---

Parameter:      Diepte/hoogte 96  
 \* Eenheid:      centimeters t.o.v. NAP

| Ondergrens, | bovengrens, | ecotoop |
|-------------|-------------|---------|
| . -7500     | -500        | diepg   |
| . -500      | -200        | ondiepg |
| . -200      | 0           | laagigg |
| . 0         | 500         | hoogigg |

---

Elk 'parameter-blok' begint met de alias van de basiskaart die door HABIMAP wordt aangeroepen. Na vermelding van de eenheid van de betreffende kaart, volgen drie kolommen die aangeven op welke wijze de kaart in parameterklassen is verdeeld: ondergrens, bovengrens en benaming van de parameterklasse worden vermeld.

Voor de stroomsnelheidskaart en de geomorfologische kaart, is de relatie tussen de alias en het betreffende GIS-bestand vastgelegd in het bestand '**basis\_best**' in de directory /users/wons\_ecotopen/twisk/.. /habimap2\_instellingen/instellingen\_wesche. De hoogte/diepte-kaart die wordt aangeroepen betreft de kaart uit de standaardlijst die HABIMAP aanbiedt. De relatie tussen deze alias en het betreffende GIS-bestand is

vastgelegd in het standaard-bestand '**basis\_best**' De volgende verwijzingen zijn overgenomen uit deze bestanden:

```
Alias1 Alias2 Pad + bestandsnaam
V1996 vm1996 /users/wons_ecotopen/twisk/av_ect/vm1996
gm1996corr3 gm96c3 users/wons_ecotopen/willemse/gm/gm1996corr3
```

(Het 'standaard hoogte/diepte-bestand' komt overeen met het bestand 'supergrid' in de directory /users/autexploalg/arcbest/grids/ws)

De totstandkoming van de stroomsnelheidskaart (vm1996) is beschreven door Kees v.d. Male [8]. Het betreft de kaart voor de vloedfase en een gemiddeld getijverschil. De totstandkoming van de geomorfologie-kaart (gm1996corr3) is beschreven door Willemse [7]. Basis van deze beschrijving vormt het rapport van Loomans (1997).

### Ecotopenkaart de Haan 2001 / HABIMAP

Er zijn vier ecotopenkaarten aangemaakt: één kaart van de gehele Westerschelde en kaarten voor de deelgebieden west, midden en oost. De GIS-bestanden hebben de volgende namen gekregen:

Gehele Westerschelde: **f01t\_eco\_tot**  
Deelgebied west: **f01w\_eco\_tot**  
Deelgebied midden: **f01m\_eco\_tot**  
Deelgebied oost: **f01o\_eco\_tot**

De vier kaarten zijn op identieke manier tot stand gekomen. Ze verschillen slechts wat betreft het weergegeven geografische bereik.

Voor elke kaart zijn door HABIMAP bestanden met meta-informatie aangemaakt. Alleen van de kaart voor het westelijk deelgebied wordt hieronder de inhoud van dat bestand getoond.

Bestandsnaam: **f01w\_eco\_totinhoud**

Inhoud van het bestand:

METAGEGEVENS HABIMAP

\*\*\*\*\*  
Ecotopenkaart: F01W\_ECO\_TOT  
\*\*\*\*\*

---

Parameter: D2001  
\* Eenheid: cm NAP

| Ondergrens, | bovengrens, | ecotoop |
|-------------|-------------|---------|
| . -7500     | -500        | diepg   |
| . -500      | -200        | ondiepg |
| . -200      | 0           | laagigg |
| . 0         | 500         | hoogigg |

---

Parameter: V2001  
\* Eenheid: cm/s

| Ondergrens, | bovengrens, | ecotoop |
|-------------|-------------|---------|
| . 500       | 50          | hoogdyn |
| . 50        | 0           | laagdyn |

---

Parameter: gm2000corr2  
\* Eenheid: morfeenh

| Parameterwaarde, | ecotoop |
|------------------|---------|
| . H1             | hoogdyn |
| . H1             | hoogdyn |

|   |      |            |
|---|------|------------|
| . | H1*  | hoogdyn    |
| . | H1a  | hoogdyn    |
| . | H1a* | hoogdyn    |
| . | H1b  | hoogdyn    |
| . | H1b* | hoogdyn    |
| . | K2b1 | hoogdyn    |
| . | K2b2 | hoogdyn    |
| . | K2c  | hoogdyn    |
| . | P2   | hoogdyn    |
| . | P2a  | hoogdyn    |
| . | P2a1 | hoogdyn    |
| . | P2b1 | hoogdyn    |
| . | P2b2 | hoogdyn    |
| . | P2c  | hoogdyn    |
| . | P3a  | hoogdyn    |
| . | P3b  | hoogdyn    |
| . | K1a2 | laagdynryk |
| . | P1a2 | laagdynryk |
| . | P1a3 | laagdynryk |
| . | K1a1 | laagdynarm |
| . | P1a1 | laagdynarm |
| . | S2b  | laagdynarm |
| . | S1a  | schor      |
| . | S1c  | schor      |
| . | S2a  | schor      |
| . | S3   | schor      |
| . | D1   | overig     |
| . | D2   | overig     |
| . | H2   | overig     |
| . | O2   | overig     |
| . | O3   | overig     |
| . | O4   | overig     |
| . | O5   | overig     |

Elk 'parameter-blok' begint met de alias van de basiskaart die door HABIMAP wordt aangeroepen. Na vermelding van de eenheid van de betreffende kaart, volgen drie kolommen die aangeven op welke wijze de kaart in parameterklassen is verdeeld: ondergrens, bovengrens en benaming van de parameterklasse worden vermeld.

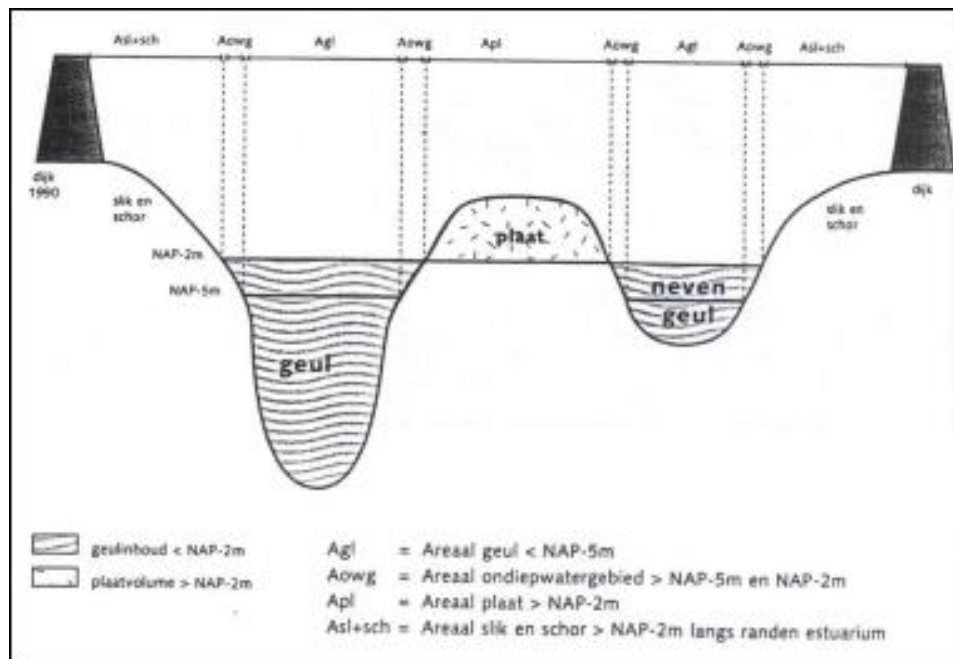
Voor de alledrie de kaarten is de relatie tussen de alias en het betreffende GIS-bestand vastgelegd in het bestand **basis\_best** in de directory `users/wons_ecotopen/twisk/habimap2_instellingen/.. /instellingen_wesche`. De volgende verwijzingen zijn overgenomen uit dit bestand:

| <u>Alias1</u> | <u>Alias2</u> | <u>Pad + bestandsnaam</u>                     |
|---------------|---------------|-----------------------------------------------|
| D2001         | dp2001        | /users/wons_ecotopen/twisk/av_ect/gr2001_20   |
| V2001         | vm2001        | /users/wons_ecotopen/twisk/av_ect/gemty_maxv1 |
| gm2000corr2   | gm00c2        | /users/wons_ecotopen/willemse/gm/gm2000corr2  |

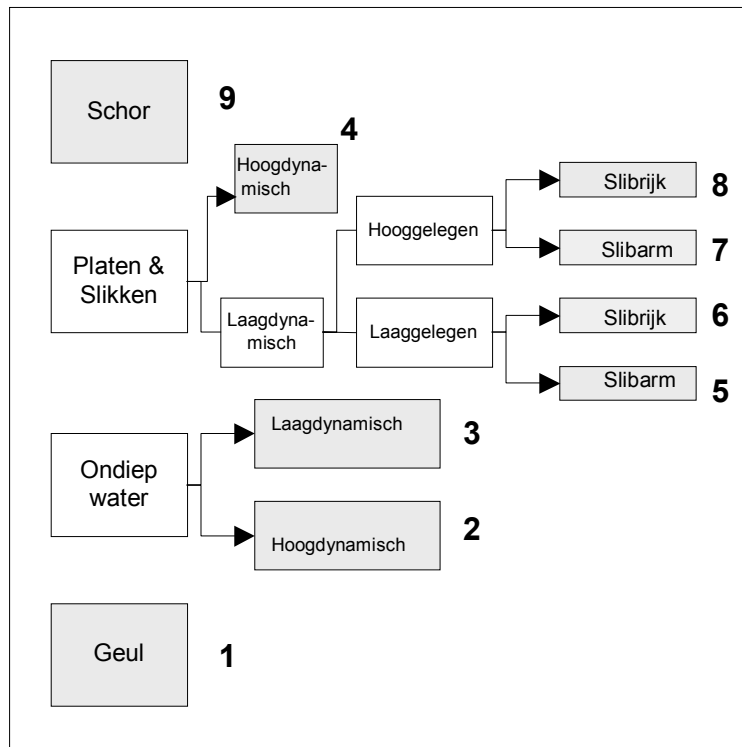
De totstandkoming van de stroomsnelheidskaart (gemty\_maxvl) is beschreven door Kees v.d. Male en Bram Schouwenaar [8]. Het betreft de kaart voor de vloedfase en een gemiddeld getijverschil.

De totstandkoming van de geomorfologie-kaart (gm2000corr2) is beschreven door Willemse [7]. Basis van deze beschrijving vormt het rapport van Loomans (2002).

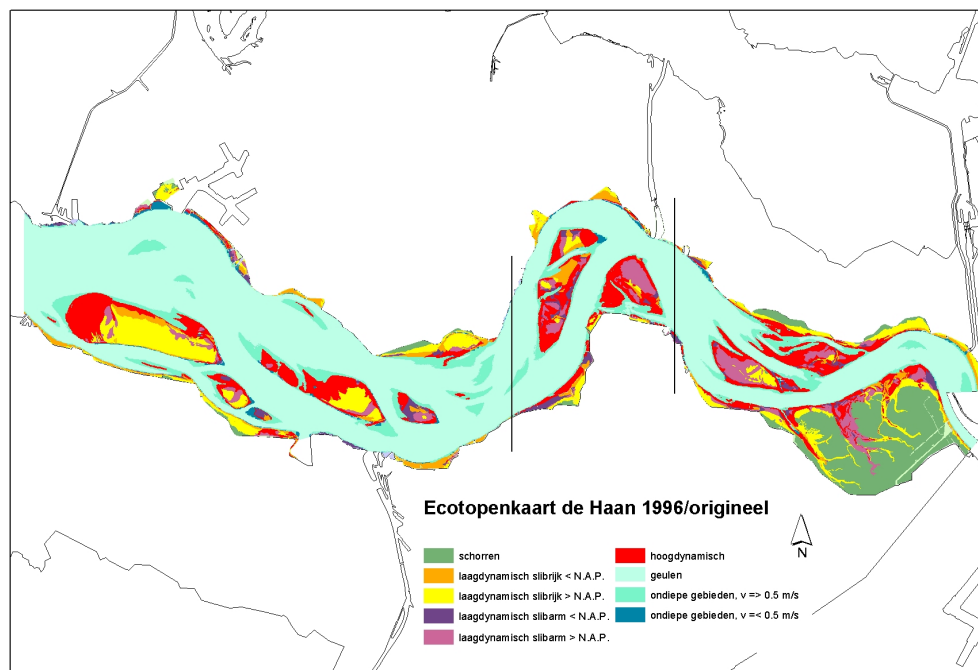
De totstandkoming van de hoogte/dieptekaart (gr2001\_20) is beschreven door Kees v.d. Male en Bram Schouwenaar [8].



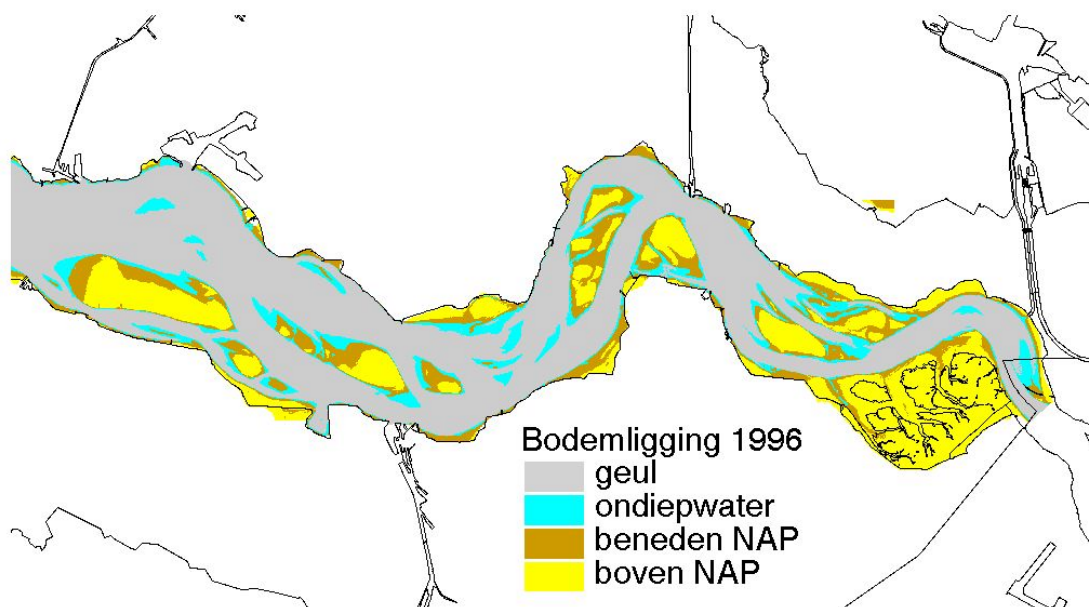
Figuur 1. Morfologische eenheden zoals onderscheiden t.b.v. het fysisch denkmodel.



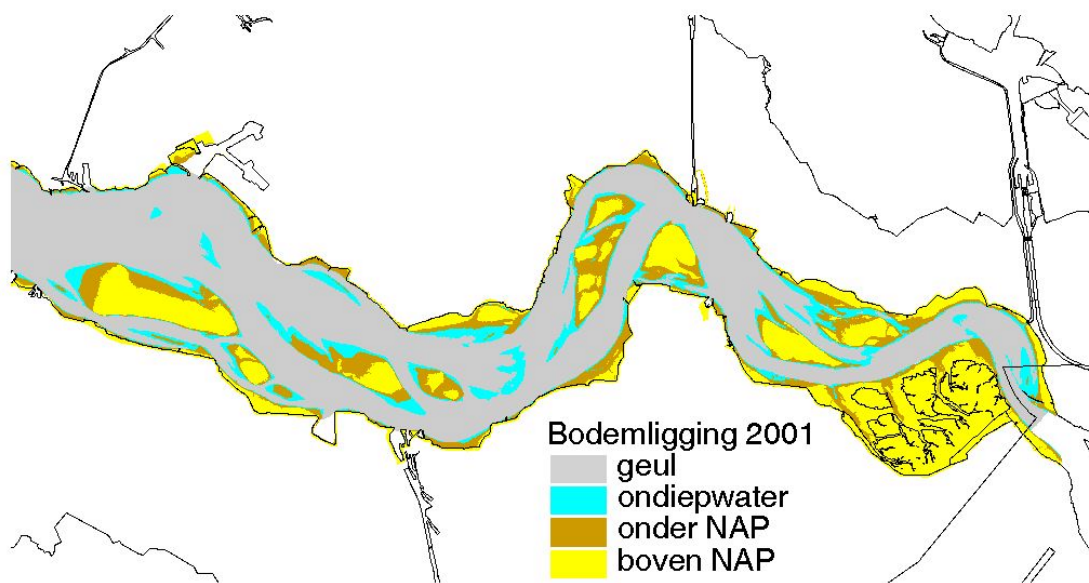
**Figuur 2. De negen ecotooptypen die worden onderscheiden in de ecotopenindeling 'de Haan'.**



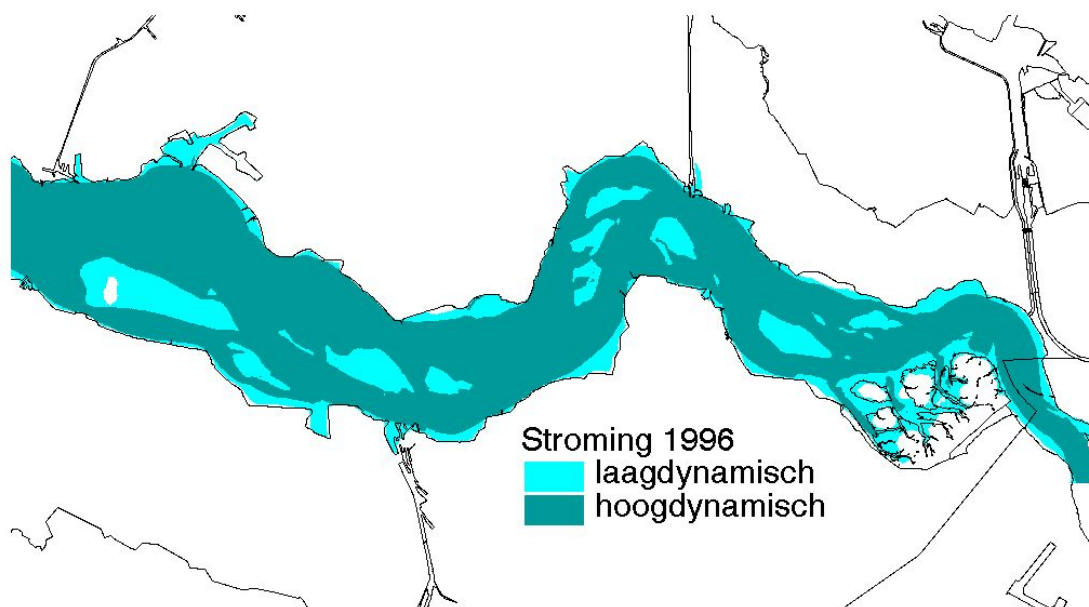
**Figuur 3. De gereconstrueerde ecotopenkaart 'de Haan'/origineel.**



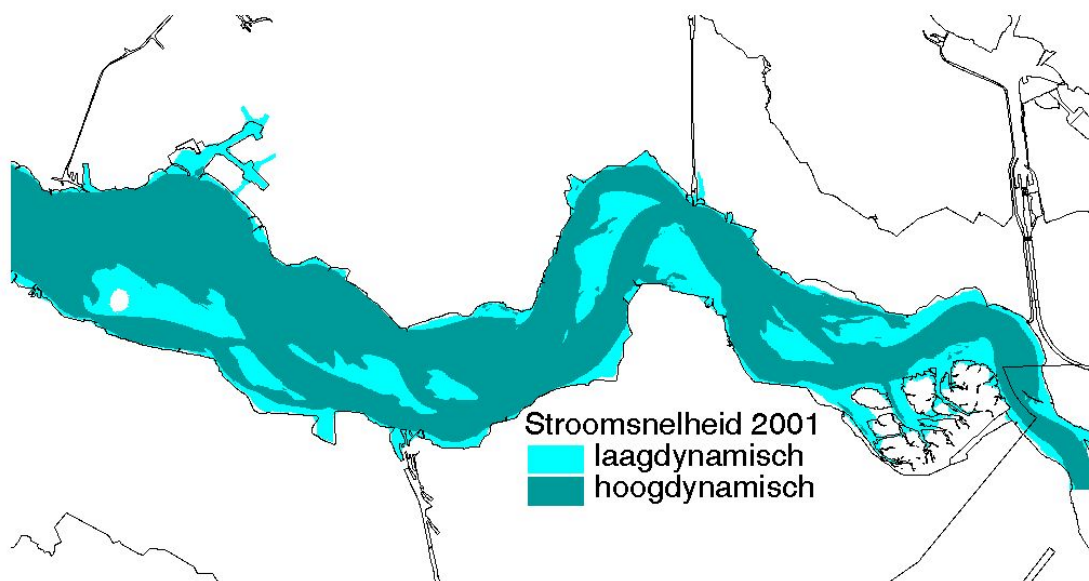
Figuur 4 a. Hoogte/diepteligging 1996.



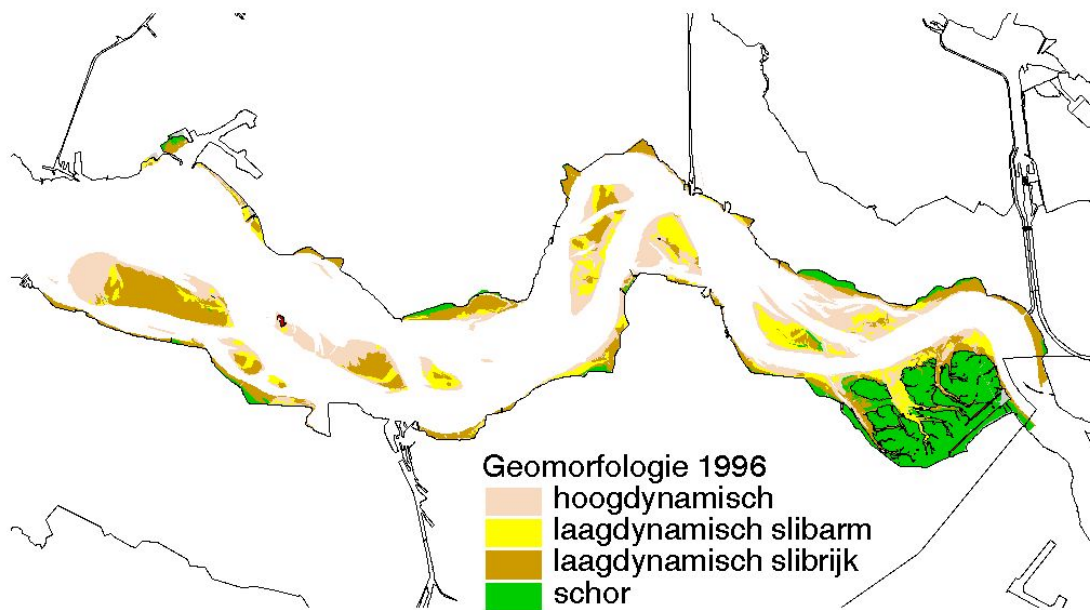
Figuur 4 b. Hoogte/diepteligging 2001.



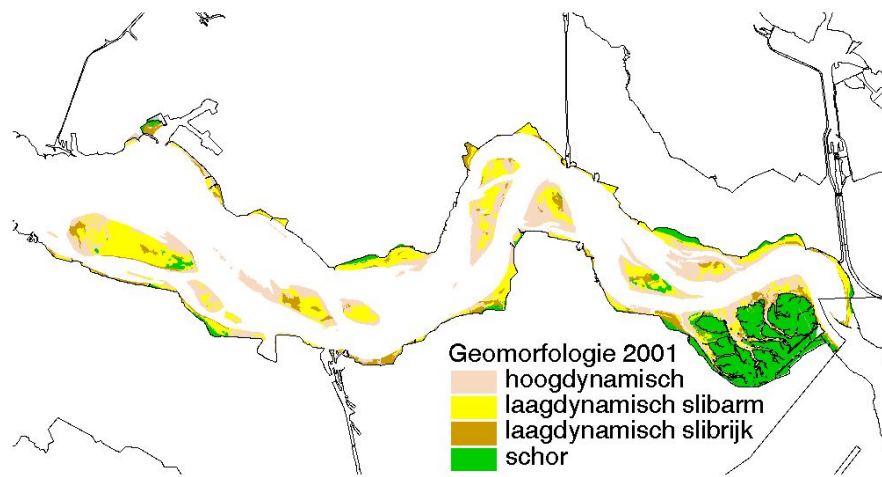
Figuur 5 a. Stroomsnelheid 1996.



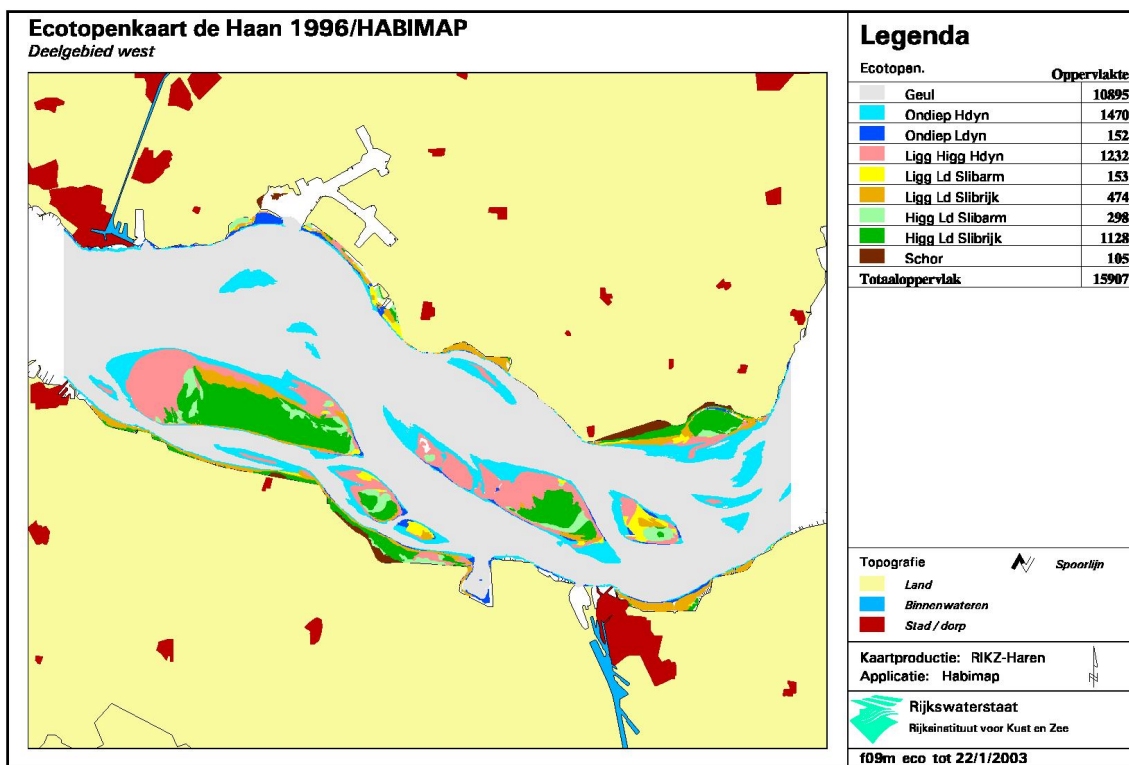
Figuur 5 b. Stroomsnelheid 2001.



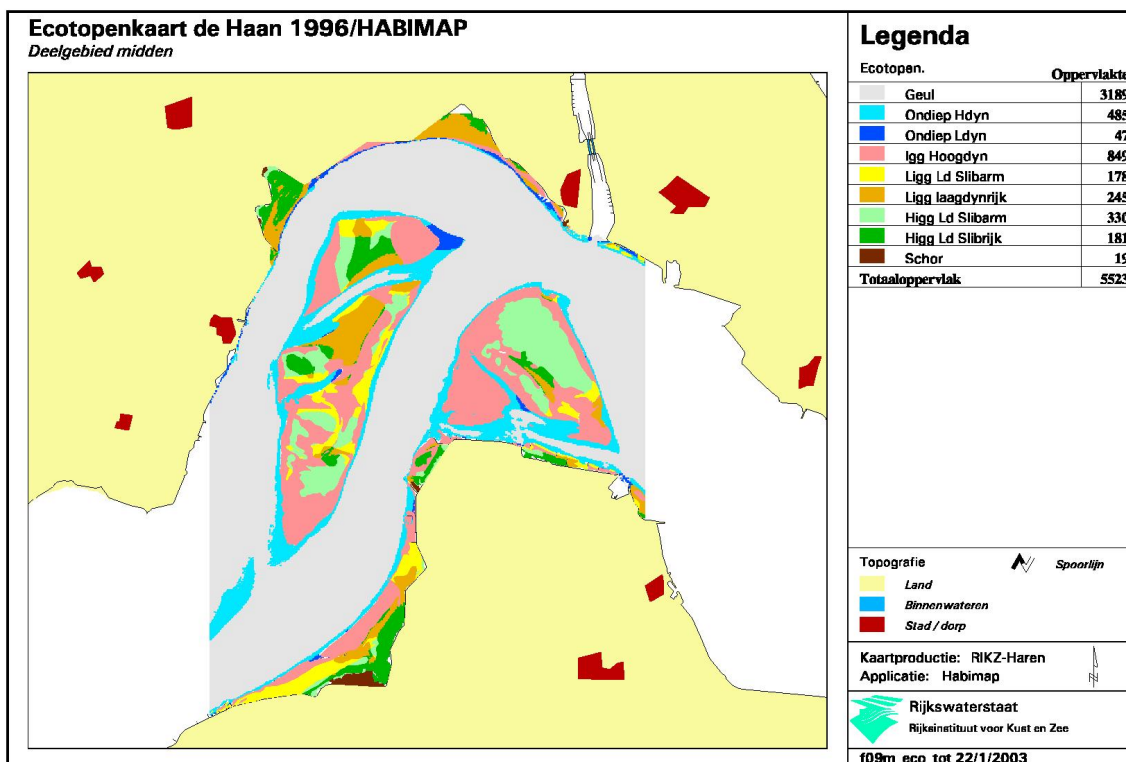
Figuur 6 a. Geomofologie 1996.



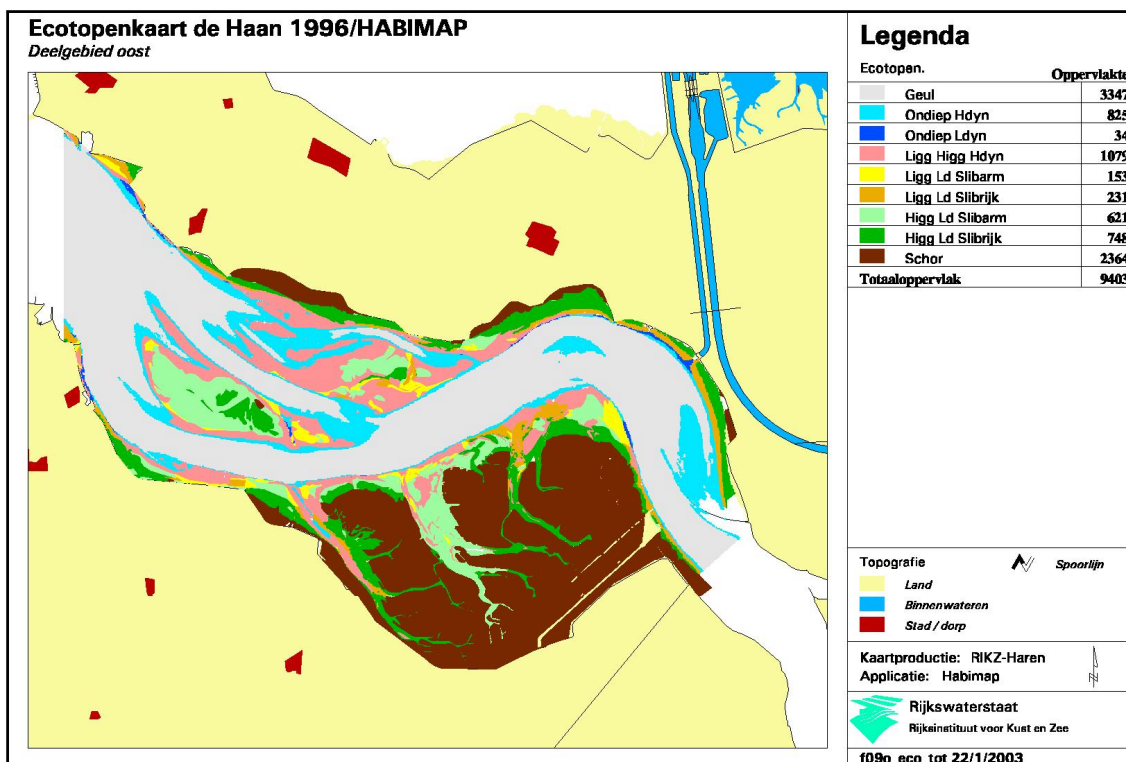
Figuur 6 b. Geomorfologie 2001



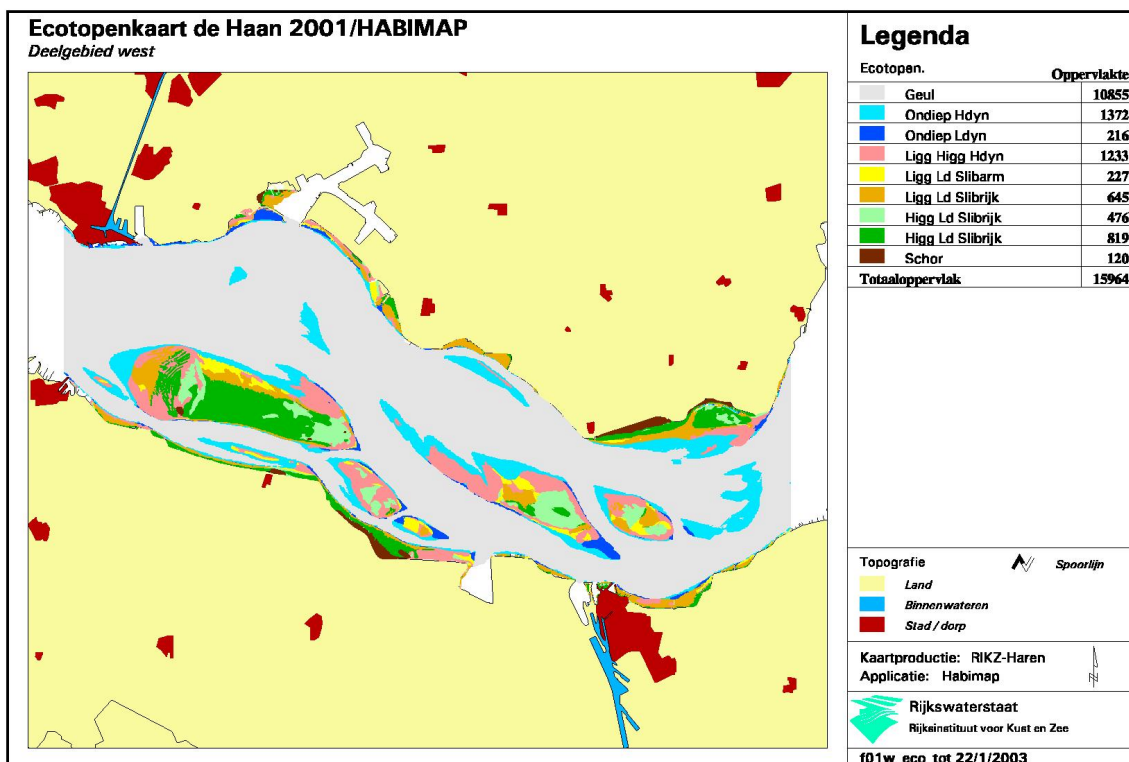
Figuur 7 a. Ecotopenkaart 'de Haan'/HABIMAP 1996, deelgebied west.



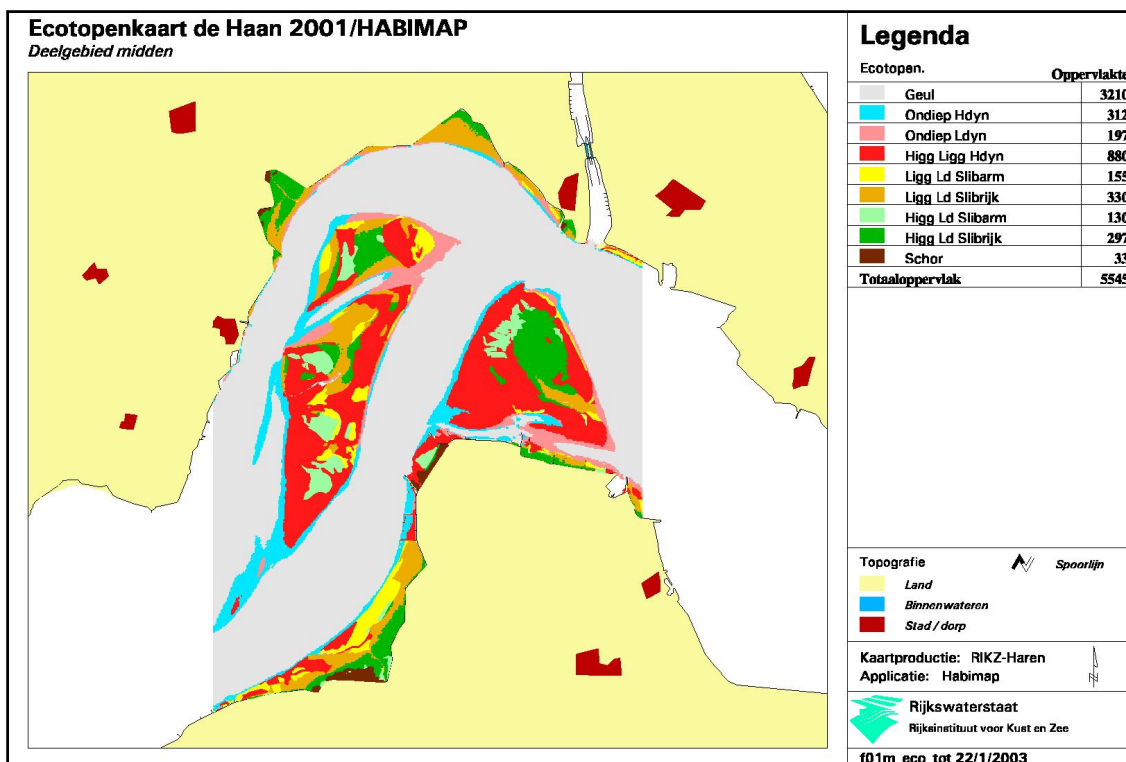
figuur 7 b. Ecotopenkaart 'de Haan'/HABIMAP 1996, deelgebied midden.



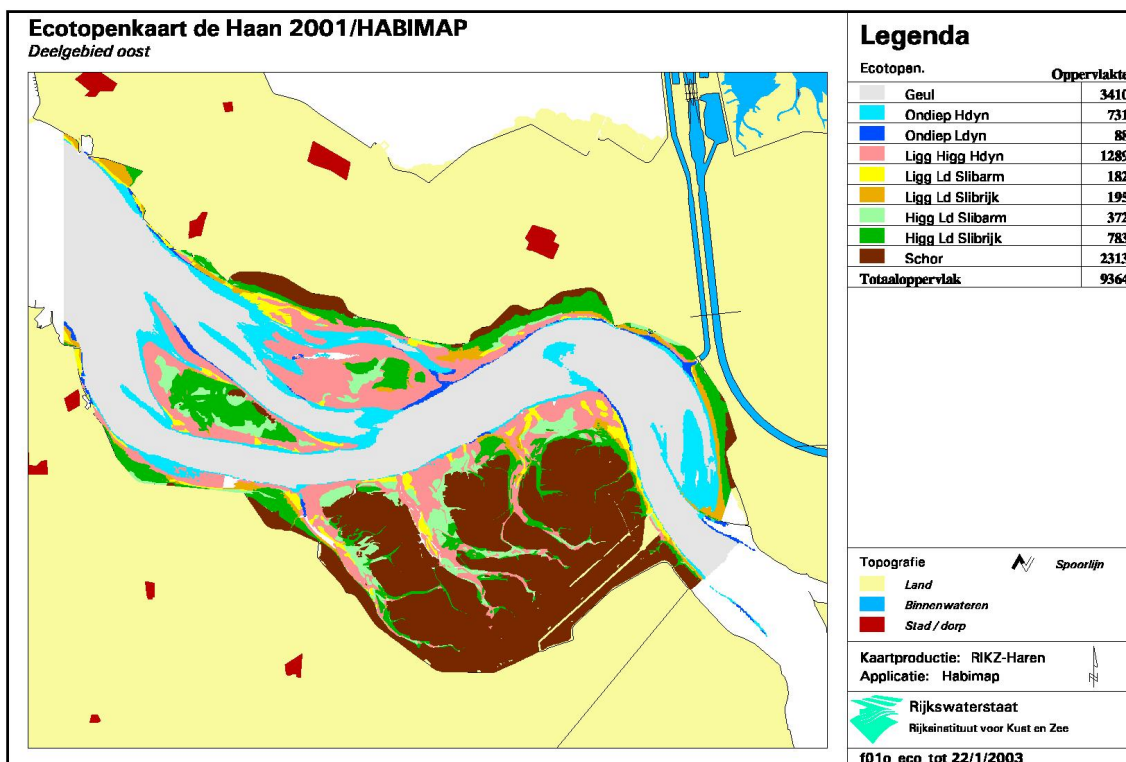
Figuur 7 c. Ecotopenkaart 'de Haan' 1996, deelgebied oost.



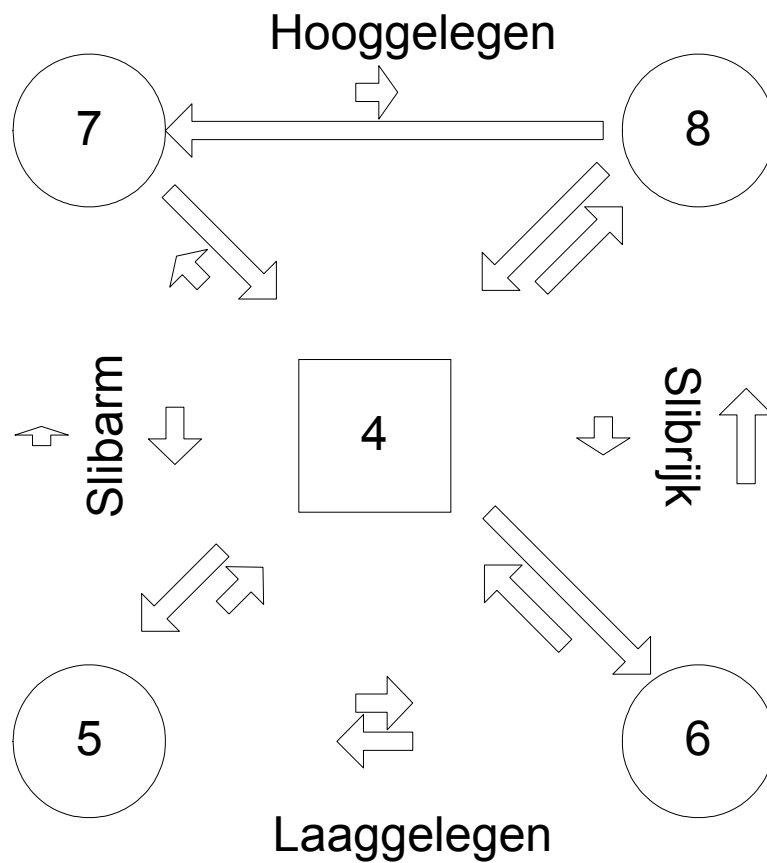
Figuur 7 d. Ecotopenkaart 'de Haan'/HABIMAP 2001, deelgebied west.



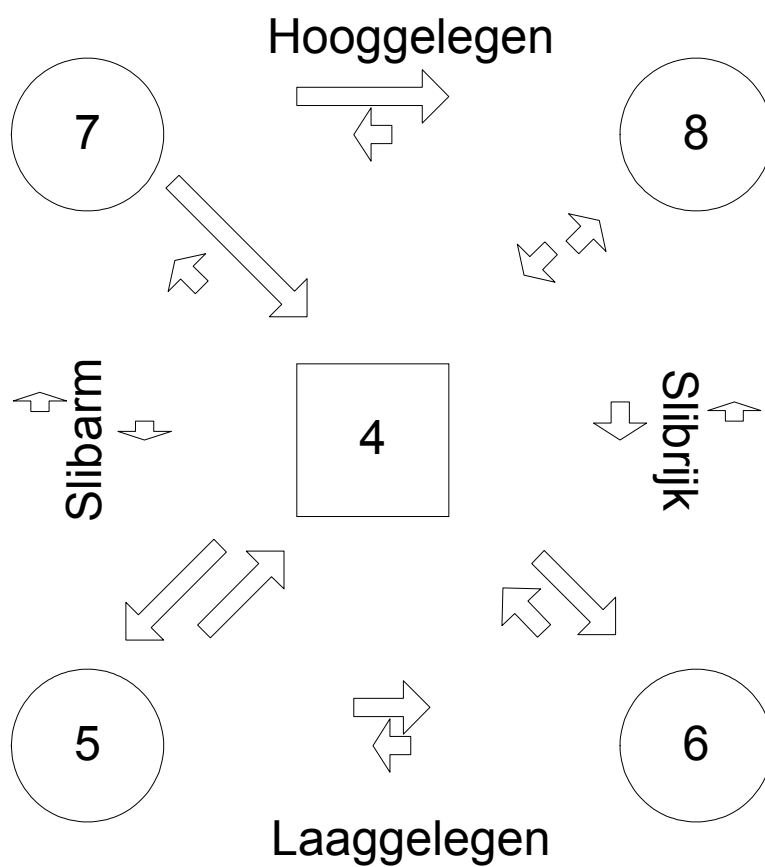
Figuur 7 e. Ecotopenkaart 'de Haan'/HABIMAP 2001, deelgebied midden.



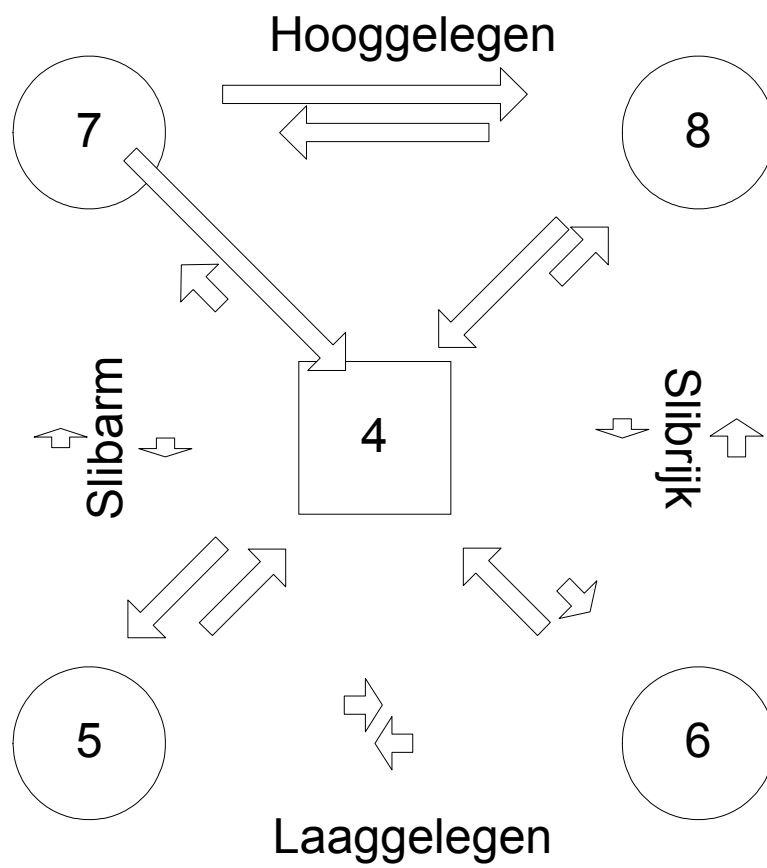
Figuur 7 f. Ecotopenkaart 'de Haan'/HABIMAP 2001, deelgebied oost.



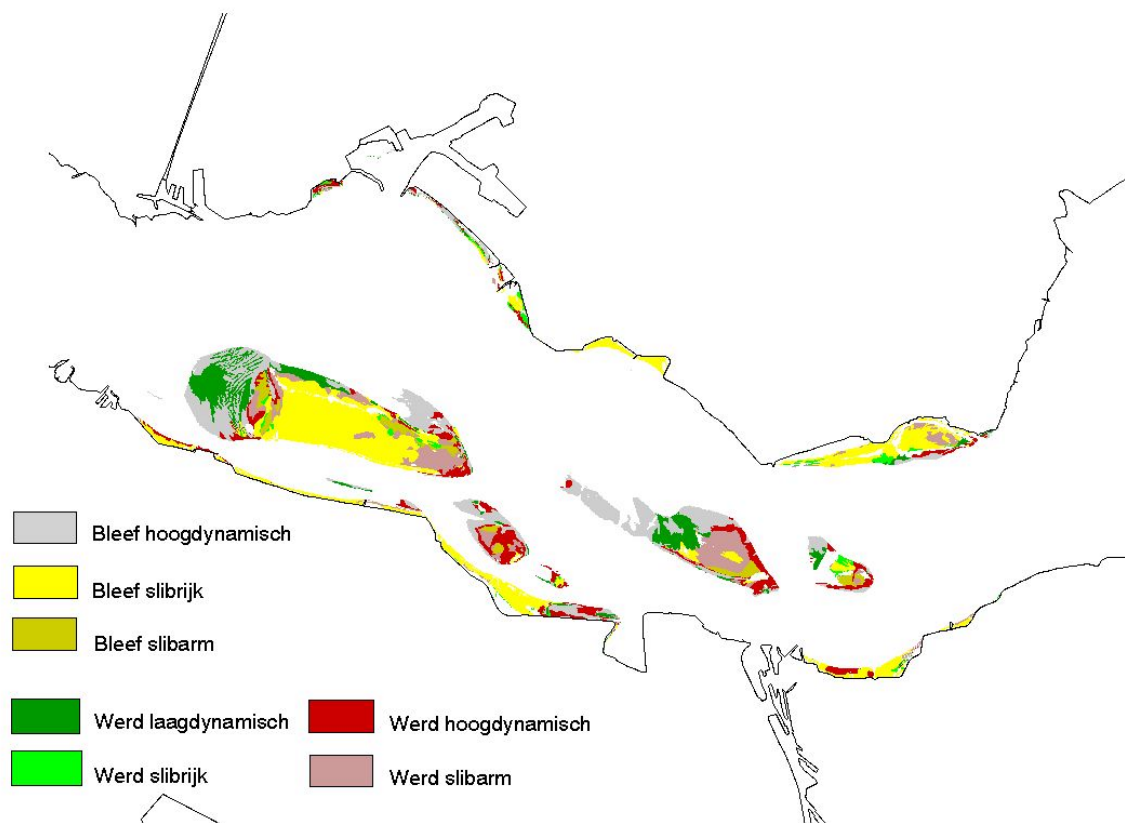
Figuur 8 a. Deelgebied west. 'Bruto' areaalveranderingen van ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied. Type 4 = hoogdynamisch; 5 = laagdynamisch laaggelegen slibarm; 6 = laagdynamisch laaggelegen slibrijk; 7 = laagdynamisch hooggelegen slibarm; 8 = laagdynamisch hooggelegen slibrijk. Lengte van de pijlen geeft de omvang van de areaalverandering aan.



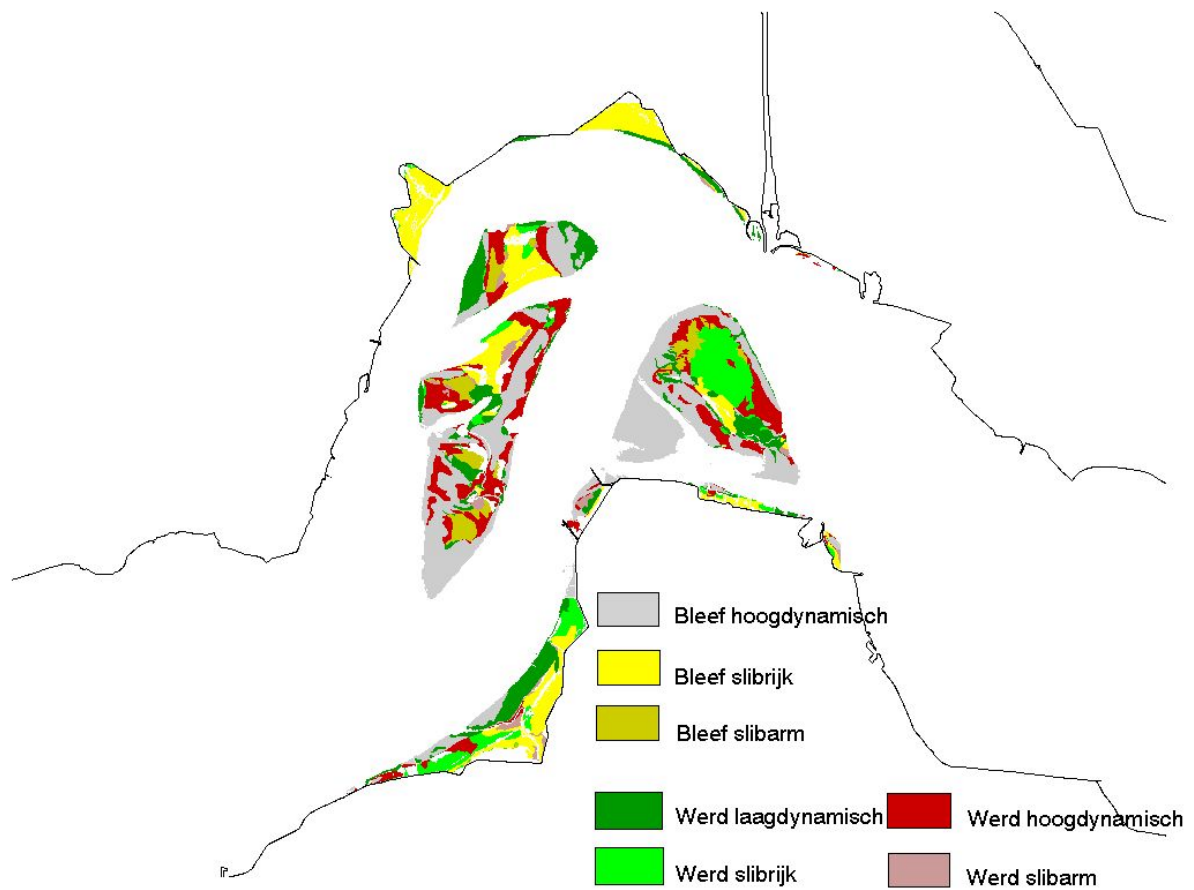
Figuur 8 b. Deelgebied midden. 'Bruto' areaalveranderingen ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied. Zie verder toelichting figuur 8 a.



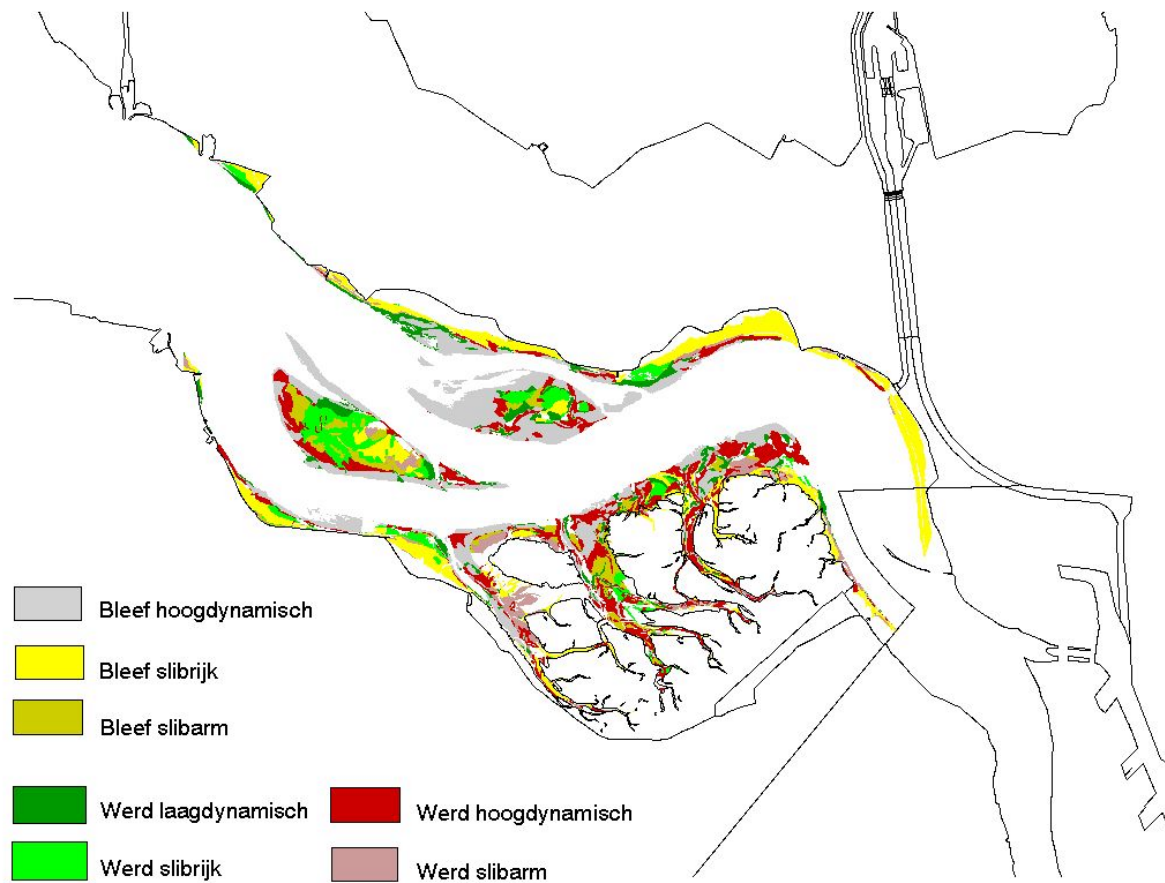
**Figuur 8 c. Deelgebied oost. 'Bruto' areaalveranderingen ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied. Zie verder toelichting figuur 8 a.**



**Figuur 9 a. Deelgebied west. Geografische weergave veranderingen ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied.**



Figuur 9 b. Deelgebied midden. Geografische weergave veranderingen ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied.



Figuur 9 c. Deelgebied oost. Geografische weergave veranderingen ecotooptypen in het onbegroeide intergetijdengebied.