

ECOSYSTEEMBESCHRIJVING WADDENZEE

(EERSTE AANZET, VERDER IN TE VULLEN (VOORAL LAATSTE HOOFDSTUKKEN EN PRODUCTIE
KAARTEN EN DATABASE IN PROG 2005, IN OVERLEG MET LNV-NOORD

versie 30 juni 2005

Norbert Dankers
Cor Smit
Elze Dijkman
Jenny Cremer

Voortgangsrapportage DWK programma 418
Systeembeschrijving Waddenzee proj nr 418-3-1.2

Contactpersonen:
LNV Directie Regionale Zaken Vestiging Noord; Sytse Braaksma

INHOUD

0. Inleiding

Voor het ontwikkelen van beleid, en het uitvoeren van beheer is het noodzakelijk de werking van een ecosysteem tot op zekere hoogte te begrijpen. Ook is het belangrijk inzicht te hebben in de locatie van verschillende ecotopen, vooral die met een hoge natuurwaarde.

In de Waddenzee is het belangrijk te weten welke processen verantwoordelijk zijn geweest voor het ontstaan en de ontwikkeling van het systeem, en welke processen het systeem in stand houden. Voor de verschillende te onderscheiden deelsystemen kunnen dat verschillende processen zijn.

In het (niet meer operationele) beheersplan Natuur (L&V 1988) worden als ruimtelijk herkenbare biotopen of deelsystemen de volgende onderscheiden:

- Geulen (inclusief de permanent onder water staande diepere gebieden ten noorden van de afsluitdijk) (1400 km²)
- Droogvallende platen (eventueel onder te verdelen in laag, hoog, zandig en slikkig) (1200 km²)
- Hoge, zelden onderlopende zandplaten (46 km²)
- Stuifduinformaties op hoge zandplaten (8 km²)
- Vastelandkwelders (54 km²)
- Eilandkwelders (32 km²)
- Achterduinse strandvlaktes (1 km²)
- Stuidijken (3 km²)

Sinds 1988 is het ecotoopbegrip verder uitgewerkt, en is bovenstaande indeling, hoewel in grote lijnen nog herkenbaar, verder ingevuld. Voor een goed begrip van de hiërarchische benadering van het indeling van het ecosysteem is een uitgebreide toelichting gegeven in bijlage I. De ecotopenbenadering voor zoute wateren is o.a. beschreven door Wintermans *et al.* 1996, Leewis *et al.* 1998; van Horssen *et al.* 1999, Dankers *et al.* 2001, De Jong *et al.* 1999 en de Jong 1999): De definitie voor een ecotoop is:

Ecotoop: 'een ruimtelijk te begrenzen, min of meer homogene ecologische en landschappelijke eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse.'

Hierop zal in hfst. 2 nader worden ingegaan.

Indien processen die verantwoordelijk zijn voor het instandhouden van ecotopen bekend zijn, kan daarmee rekening gehouden worden met beleid en beheer. Hetzelfde geldt voor het in stand houden van de kwaliteit van ecotopen (dwz de habitats van soorten en de aantallen van de verschillende soorten).

De ecosysteembeschrijving van de Waddenzee gaat daarom in eerste instantie uit van fysische en biologische processen die de ecotopen vormen en in stand houden, aangevuld met processen die verantwoordelijk zijn voor het in stand houden van de populaties van verschillende organismen(groepen).

Voor beleid en beheer is het noodzakelijk om goede en actuele kaarten te hebben. Met de mogelijkheden die GIS (Geografische Informatie Systemen) biedt is het tegenwoordig mogelijk op korte termijn vraagspecifieke kaarten te leveren die gekoppeld zijn aan achterliggende databases, en dus zoveel mogelijk actueel. De huidige techniek en snelle computers leveren echter wel een additioneel probleem.

In het verleden werden kaarten vervaardigd op basis van enkele legenda-eenheden . Door middel van overlays was het mogelijk meerdere aspecten op één kaartblad weer te geven. Bij teveel klassen of teveel details werd het kaartbeeld echter onleesbaar. Bij gedrukte kaarten werd daarom naar een goede middenweg gezocht, die echter niet altijd voldeed aan de gestelde eis.

Voor een deel kan daarop worden tegemoet gekomen door alleen overlays te kiezen die voor een specifieke vraag relevant zijn. Deze overlays zijn gebaseerd op zg shape files waarmee polygonen op een kaartblad zijn weergegeven. De polygonen omlijnen een bepaalde legenda-eenheid, bv het gebied tussen twee dieptelijnen, het gebied met een bepaalde korrelgrootte, stroomsnelheid etc. Indien zeer veel polygoonkaarten beschikbaar zijn kunnen de gewenste kaartcomposities eenvoudig worden samengesteld. Toch blijft het niet eenvoudig om meerdere klassen van verschillende eigenschappen die voor specifieke ecotopen kenmerkend zijn in een kaart weer te geven. Als op een kaart drie diepte- en drie droogvalklassen, drie sedimenttypen en drie typen dynamiek (orbitaalsnelheid) de verschillende ecotopen bepalen moeten al 48 ecotooptypen met verschillende kleuren, arceringen etc worden aangegeven. Daaroverheen is het dikwijls nog gewenst specifieke ecoelementen zoals mosselbanken, kokkelbanken, zeegrasvelden, etc weer te geven, nog afgezien van informatie zoals gebruiksfuncties.

De polygonen worden geconstrueerd op basis van zg grid informatie. De gridcellen (in de Waddenzee op basis van 50 X 50 meter vakken geven de waarde voor een bepaalde variabele op die plaats. Die waarde kan zijn gemeten, geïnterpoleerd uit andere metingen, geschat of berekend met een fysisch of ecologisch model. Het is in de praktijk niet mogelijk verschillende grids over elkaar als overlay te printen. De onderliggende gridcellen zijn dan niet meer zichtbaar. Daarom wordt de gridinformatie vertaald naar polygonen met vastgestelde grenswaarden. Toch is het belangrijk de gridinformatie als primaire database aan te houden. Voor ruimtelijke statistiek en modellering (bv wanneer een aantal variabelen in een formule de waarde van een nieuwe variabele (dichtheid van een organisme, kans op voorkomen van een specifiek ecotoop) voorspellen) is het noodzakelijk van gridinformatie uit te gaan.

In deze rapportage wordt een aanzet gegeven tot het ontwikkelen van een systeem waarbij de Waddenzee kan worden onderverdeeld in een aantal herkenbare ecotopen. Daarbij wordt aansluiting gehouden bij de ontwikkelingen die nationaal (bij RIKZ) en internationaal (oa in het EU ecotopensysteem EUNIS) lopen. Hierboven is reeds aangegeven dat het onmogelijk is om alle gewenste informatie op een klein aantal kaartbladen weer te geven.

Daarom zullen alleen een paar voorbeelden van kaarten worden gepresenteerd. Deze zijn gebaseerd op polygonen. Wel wordt aangegeven welke eigenschappen en processen belangrijk zijn, en welke klassengrenzen van procesparameters (stroomsnelheid, droogvaltijd etc) aangehouden zullen worden bij het vervaardigen van polygonen. De achtergrondinformatie is beschikbaar als gridfile.

In een vervolgproject (planning 2005) zullen tevens ecoelementen worden ingebracht. Voor een deel gebeurt dat als werkelijk gemeten informatie (mosselbanken, oesterbanken, zeegrasvelden, zeehondenligplaatsen, hoogwatervluchtplaatsen etc, evenals belangrijk geachte geomorfologische of biogene elementen (megaribbels, klifranden, klei-, veen- en schelpranden etc.) en voor een deel als uit modellen voorspelde waarden (vogeldichtheden, potentiële mosselgebieden, potentiële zeehondenligplaatsen). Voor de modellering is het noodzakelijk alle achtergrondinformatie op gridniveau beschikbaar te hebben.

Deze informatie kan in veel gevallen ingebracht worden voor verschillende seizoenen, en kan als zodanig bijdragen aan gericht beleid tbv vergunningverlening, calamiteitenbestrijding en aanwijzing van specifiek te beschermen gebieden. Bij juist gekozen variabelen kunnen de kaarten ook gezien worden als Natuurwaardekaarten. Door alle informatie op gridbasis beschikbaar te hebben is de meetse flexibiliteit aanwezig voor het vervaardigen van kaarten met specifieke informatie. Nadeel is dat gespecialiseerde GIS-medewerkers beschikbaar moeten zijn en dat gridinformatie van verschillende “eigenaren” in één database aanwezig moet zijn.

Naast de gridinformatie is het ook mogelijk files met polygonen als achtergrondinformatie te hebben. Bijvoorbeeld voor ruimtelijk kenmerkende delen van een gebied. Dikwijls worden die op basis van expert judgement op een onderliggende topografische kaart ingetekend en in GIS opgeslagen. Soms worden dit soort elementen landschapstypen of ecotopcomplexen geboemd. Gedacht kan worden aan elementen zoals baai, wantij, binnendelta, buitendelta, strandvlakte, kombergingsgebied etc. Ook eerder genoemde eco-elementen zoals schelpdierbanken, veenranden, kliffen etc zullen over het algemeen alleen als polygoon beschikbaar zijn.

1. Beschrijving van het Waddenecosysteem (uitgaande van processen en geomorfologische kenmerken)

1.1 Inleiding

Het Waddengebied is ontstaan, en wordt in stand gehouden, door natuurlijke (in hoofdzaak fysische) processen.

De dynamiek van het gebied wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het al dan niet regelmatig droogvallen of overstromen, of een overheersende invloed van stroming en golven.

Het gebied wordt aan de landzijde begrenst door de plaats in de rivieren waar nog een verticaal getij merkbaar is en dijken met al dan niet voorliggende kwelders(of schorren) of hooggelegen land of duinen, en aan de zeezijde door de overgang naar de Noordzee. De al dan niet regelmatig optredende verschillende invloeden van temperatuur, zoutgehalte, wind en golven maken dat alleen organismen met grote tolerantie in deze gebieden kunnen overleven. De overlevingsstrategieën kunnen gebaseerd zijn op tolerantie tegen variërende zoutgehalten, temperaturen, droogligging of inundatie etc maar ook door een hoog migratievermogen bv door trek tussen platen en geulen. De bodemfauna in de minder dynamische delen kan hoge dichtheden en biomassa's bereiken, en wordt gevoed door zowel locale benthische en pelagische productie en door regelmatige aanvoer van algen uit de Noordzee.

Door de grote uitwisseling met de Noordzee is de samenstelling van pelagische algen en zooplankton vergelijkbaar met de Noordzeekustwateren. De hoge productiviteit van het gebied wordt ook voor een groot deel veroorzaakt door de aanvoer van organisch materiaal uit de Noordzee.

Door de hoge voedselrijkdom worden delen van het gebied gekenmerkt door hoge dichtheden jonge vis die het gebied als kinderkamer gebruiken, en trekvogels die bij laagwater foerageren. Zeegrasvelden en kwelders bieden voedsel aan ganzen. Daarnaast zijn de hoger gelegen delen (stranden en kwelders) belangrijk als ongestoorde broedgebieden voor een aantal vogelsoorten.

De zoogdierfauna bestaat uit Gewone- en Grijze Zeehonden die rust zoeken en jongen werpen op hoogliggende platen en stranden.

In het veld zijn ecotopen veelal herkenbaar op grond van fysische eigenschappen. (wadplaat, geul, priel, kwelder etc). Daarbinnen kunnen weer onderdelen onderscheiden worden. Verschillende ecotopen hebben elk op zich wellicht geen bijzondere natuurbeschermingswaarde omdat ze nauwelijks onder druk staan en in ruime mate voorkomen. Andere worden beschermd om hun eigen specifieke waarde of omdat ze in oppervlakte of kwaliteit achteruitgaan.

Hiermee wordt voorbijgegaan aan het mogelijke belang van de combinatie van ecotopen, de zg ecotoop-complexen, of op een nog hoger schaalniveau landschapscomplexen. Voor de bescherming van de Waddenzee als een integraal ecosysteem is het belangrijk met die verschillende schaalniveaus rekening te houden. In Trilateraal kader wordt dit o.a. vormgegeven door uit te gaan van z.g Ecotargets waar in eerste instantie uitgegaan wordt van een zeer hoog schaalniveau b.v Tidal area, Salt marsh, Estuary etc. en vervolgens invulling op het schaalniveau van mosselbanken, Sabellariariffen en zelfs specifieke soortgroepen (vogels) en soorten (zeehonden). Zodra uitgegaan wordt van soortgroepen of soorten kan gesproken worden over een habitatbenadering waarbij een habitat bestaat uit het leefgebied van een soort. Dit habitat kan zich over verschillende ecotopen uitstrekken, b.v voor broeden, foerageren, rusten, migreren etc..

In de Waddenzee worden door Nordheim et al (1996) de volgende Landschapscomplexen onderscheiden:

- Beschutte baaien (bijvoorbeeld Dollard, en in mindere mate Terschellinger bocht, Vlieland en Balgzand)
- Estuaria

Daarnaast zijn in dit kader de volgende ecotoopcomplexen van belang:

- Compleet platensysteem (met gradiënt van laag naar hoog en van zandig naar slikkig)
- Compleet geulsysteem (van geulen in de buitendelta's tot tweede en hogere orde prielen in de platen en kwelders)
- Buitendelta's
- Binnendelta's
- Wantijen
- Overgang van duin via strand naar zee, en overgang van duin via kwelder naar wad
- Overgang van hooggelegen land (Pleistoceen) naar wad

Deze eenheden kunnen op kaarten worden weergegeven. De exacte begrenzing is voor een deel arbitrair en gebaseerd op expert judgement. In enkele gevallen kunnen grenzen worden aangegeven op basis van gekwantificeerde legenda-eenheden gebaseerd op fysische of geomorfologische variabelen.

1.2 Fysische processen

Het belangrijkste fysische proces dat een getijdegebied zoals de Waddenzee vorm geeft en in stand houdt is het **getij**. Het getij heeft een verticale en horizontale component. De grootte van de **getijamplitude** is bepalend voor de grootschalige morfologie van een kustgebied. Langs zandige kusten met een geringe getijamplitude vormen zich barrière-eilanden met daarachter een Waddenzee. Bij grotere amplitudes vindt men een open kust met droogvallende zandbanken. De **horizontale getijdebeweging** is verantwoordelijk voor het in stand houden van geulen en platen. Bovendien zorgt de getijdebeweging voor het transport van zand, slib en organismen. Voor het in stand houden van een waddengebied zijn ook **wind** en **golven** belangrijk. Gezamenlijk zijn ze verantwoordelijk voor zandtransporten naar platen. Golven en **stroom** bepalen de sedimentsamenstelling en door de wind worden uiteindelijk duinen gevormd.

1.3 Biologische processen

De belangrijkste biologische processen zijn **primaire produktie, consumptie en afbraak van organisch materiaal**. Deze processen zijn onderling gekoppeld. Doordat consumptie zich op verschillende niveaus afspeelt, zal een zg. voedselweb ontstaan. Als organismen bewegelijk zijn is kartering veelal een probleem. Sessiele organismen kunnen wel in kaart gebracht worden. Ook kunnen aggregaten van organismen geheel eigen ecosysteemtypen vormen, b.v. zeegrasvelden, mosselbanken, etc. Dit zijn duidelijk herkenbare ruimtelijke structuren die in kaart te brengen zijn. Door een combinatie van plantengroei en sedimenttransporten door het verticale en horizontale getij ontwikkelen zich kwelders. Door plantengroei en zandtransport t.g.v. wind komen duinen tot ontwikkeling. Ook deze ecotopen zijn karteerbaar.

Doordat allerlei processen elkaar beïnvloeden ontstaat een gebied dat dynamisch van karakter is. Verschillende ecosysteemtypen komen voor, maar door soms zeer langdurige, cyclische processen zullen ze af en toe op een bepaalde plaats al dan niet tijdelijk verdwijnen.

1.4 Geomorfologische karakteristieken

In een getijdengebied kunnen op geomorfologische kenmerken een aantal specifieke onderdelen onderscheiden worden. Over het algemeen worden deze deelgebieden gevormd en in stand gehouden door de eerder genoemde fysische en biologische processen. Het voorkomen van deze onderdelen toont dus aan dat de soms moeilijk te meten processen actief zijn. De deelsystemen zijn over het algemeen goed karteerbaar. Een waddengebied wordt gekarakteriseerd door **complete geulsystemen**. Dat wil zeggen, een zeegat, eb- en vloedgeulen, hoofdgeulen en vertakkingen tot prielen die doodlopen in zandige slikkige geulen. Ook is er een **diversiteit aan platen** aanwezig. In de zeegaten bestaan deze platen uit grof zand en meer naar binnen langs de vastelandskust of op de wantijen zijn de platen veelal slikkig. Sommige platen vallen maar korte tijd droog, andere overstroomd alleen bij storm. Als de vloedstroom aan twee zijden langs een eiland naar binnen stroomt ontstaat op de ontmoetingsplaats van de vloedstromen een **wantij**. Bij de overgang naar open zee liggen de droogvallende banken van de **buitendelta**. In een natuurlijke situatie zijn ook bij overgangen naar het land karakteristieke onderdelen te onderscheiden. Allereerst de **kwelders**. Deze worden gevormd doordat vegetatie zich vestigt en slib uit het vloedwater vastlegt. Kwelders langs duinen of op **strandvlakten** hebben veelal een zandige ondergrond omdat door de wind veel duinzand ingeblazen wordt. In het verleden kwamen ook veel kwelders voor die overgingen in zoetwatermoerassen. Nadat de mens zich in eerste instantie op terpen vestigde en daarna dijken bouwde, ontwikkelden de kwelders zich, al dan niet geholpen door de mens, langs de dijken. In dit type kwelders komt geen zoetwaterkwel meer voor. Zoetwaterkwel is wel herkenbaar in kwelders langs duinen of langs delen van het pleistocene kustgebied. Zowel de **natuurlijke kwelders** met complexe geulsystemen en erosiekliffen als de half-natuurlijke **landaanwinningskwelders** moeten tot de karakteristieke waddendeelsystemen gerekend worden.

Soms komt geen kwelder voor op de overgang van **pleistoceen-wad** of **duin-wad**. Op landschapsschaal komen **beschutte baaien** en **riviermondingen** voor. In riviermondingen treedt een geleidelijke overgang op van zout naar zoet water. Zowel fysisch (optreden van transporten door dichtheidsstromingen), fysisch-chemisch (troebelheidsmaximum) en biologisch (trekroute vis, soortenminimum) heeft dit grote consequenties. Over het algemeen neemt het verticale getij in een trechtermond toe. Bij stormtijden worden daarom grote delen van het landschap langs de rivier door zeewater overstroomd.

Kenmerkend voor een waddengebied zijn niet-vastgelegde en daardoor veelal onbewoonde **wandelende eilanden**. Een aparte categorie vormen door organismen gevormde structuren zoals **oesterbanken, mosselbanken, riffen van borstelwormen** en **zeegrasvelden**.

Verschillende van deze deelsystemen staan onder druk, en bescherming is in veel gevallen noodzakelijk om het voortbestaan te waarborgen. Ze dienen daarom eenduidig beschreven en in kaart gebracht te worden. In het verleden (Dankers & Wolff 1995) is hiertoe een aanzet gegeven. Het verdient aanbeveling deze indeling aan te houden omdat hij past in een later ontwikkelde Rode lijst van soorten en habitats die in het internationale Waddenzeebeleid gebruikt wordt (Nordheim et al 1996). De onderscheidde typen zijn weergegeven in tabel 1 (inclusief informatie betreffende voorkomen, huidige kwaliteit en mogelijkheden voor regeneratie). Impliciet zijn deze typen opgenomen als natuurdoeltypen in de getijdewateren in het Nederlandse natuurbeleid (handboek Natuurdoeltypen; Bal et al. 2001) . Ze vallen daarbij onder de subtypen a, b en c van

hoofdtype 1.5 ***“nagenoeg natuurlijk getijdenlandschap”*** en 2.17 ***“Begeleid natuurlijk zout getijden landschap”***. In de EU Habitat richtlijn wordt naar deze typen verwezen onder nr 1110 (permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken), nr 1140 (bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten, 1170 (riffen) en verschillende typen kwelders (1310, 1320 en 1330) Meer expliciet zijn de ecotopen genoemd in Het natuurcompendium 2003 (RIVM, CBS, Alterra 2003) onder D8 ***“Wadden en Delta”***. De daarin genoemde typen zijn in de tabel als zodanig vermeld.

Tabel 1 Natuurtypen In zoute kustwateren.

	Nummer volgens Nordheim (1996)	Dynamisch getijdengebied	I	II	III	Opmerkingen
			Gebied	Kwaliteit	Herstel- Vermogen	
	3	Migrerende zandbanken				S-R
	5	Complete geul systemen		3		M
	6	Diversiteit aan platen		2	S	M
	7	Wantij		3	B	M
	10 10.1 10.2 10.3 10.4	Kwelder of Schor - natuurlijke kwelder - eilandkwelder - landaanwinningskwelder - groen strand	1 3 2	1 3 3 2	S B B B	
	11	Migrerendating eiland	1	1	B	M
	12 12.1 12.2 12.3	Overgangszone tussen - zoet/zoutwater moeras - pleistoceen/wadplaat - duin/wadplaat	0 0 1	 1	S S S	M
	13	Beschutte baai (met en zonder zoetwaterinstroom)	1	2	B	Herstel politiek gevoelig
	14	Estuaria	0	1	S	Herstel politiek gevoelig
	15	Estuarine overstromingsgebieden	0		B	
	17 17.1 17.2 17.3 17.4 17.5.1 17.5.2 17.6	Biogene structuren - mosselbanken - oesterbanken - Sabellaria riffen - velden schelpkokerwormen - droogvallende zeegrasvelden - sublitorale zeegrasvelden - hoge dichtheden schelpdieren (kokkel, Spisula, Mya, Ensis)	1 0 0 0 2 0 3	1 3 3	S S S K	M I M
	20	Hard substraat	2	2	B	M
ad I + II : 0 = verdwenen 1 = kritiek 2 = ernstig bedreigd 3 = bedreigd P = potentieel bedreigd Opmerkingen: S-R = veilig - weinig risico i = onvoldoende kennis NE = niet geëvalueerd M = type invloed bekend en beheersbaar ad III: N = onmogelijk K = zeer moeilijk (> 150 jaar) S = moeilijk (15 - 150 jaar) B = onder voorwaarden mogelijk X = klassifikatie niet zinnig						

2. Beschrijving van specifieke ecotopen

2.1 Inleiding

Voor en goed begrip van het belang van verschillende schaalniveaus in een hiërarchische klassificatie van ecotopen en habitats wordt verwezen naar bijlage 1.

In 1.2 is al aangegeven dat specifieke herkenbare ecotopen beschreven kunnen worden op basis van processen. Op een hoog schaalniveau zijn dat bijvoorbeeld delta.s, geulsystemen etc. Ook de eerder door LNV in het beheersplan natuur genoemde biotopen (zie blz 1) moeten tot dit schaalniveau gerekend worden. Deze elementen zullen veelal als polygoon (**shapefiles**) aanwezig zijn in de GIS database.

Er wordt van uitgegaan dat ecotopen in eerste instantie gekarakteriseerd kunnen worden binnen vastgestelde grenzen van fysische variabelen. Deze variabelen zijn beschikbaar als **gridfiles** en vormen het uitgangspunt voor de te vervaardigen ecotopenkaarten. Op basis van indelingen van de Jong et al (1998), Leewis et al 1998 die op basis van een hiërarchische benadering (hoogteligging, waterdynamiek, bodemsamenstelling) tot karteerbare eenheden kwamen, is door Dankers et al 2001 een ecotopenstelsel ontworpen dat aansluit op de ecotopenstelsels die door Rijkswaterstaat ontwikkeld zijn voor de rivieren (RWES-ecotopenstelsel). Later is dit weer verder uitgewerkt door Bouma en de Jong (2005 in press), en wordt momenteel als test toegepast in de Zeeuwse Delta en Waddenzee (Kater et al. 2005 in MS)

Het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren sluit goed aan bij andere classificatiesystemen. De meeste ecotopen kunnen ingedeeld worden bij de eenheden van de Europese EUNIS marine Habitat Classification, die qua opzet erg vergelijkbaar is, maar minder ver uitgewerkt. Voor de aansluiting met de brakke watersystemen is een goed ecotopenstelsel beschikbaar, het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel, zodat in het ontwerp-ecotopenstelsel de nadruk ligt op de zoute ecotopen. De indelingsfactoren en klassengrenzen van beide stelsels komen goed overeen, zodat ze naast elkaar gebruikt kunnen worden. Dit geldt niet alleen in verticale zin, maar ook in horizontale wanneer er door steile zoet-zout grediënten sprake is van een stratificatie in de waterkolom. Binnendijs gelegen kustbroedvogelecotopen zijn niet opgenomen in het ontwerp-ecotopenstelsel omdat deze terrestrische ecotopen ingedeeld worden op basis van geheel andere factoren.

Het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren wordt gegeven in Tabel 3. Deze tabel is qua systematiek vergelijkbaar met die van de RWES-ecotopenstelsels. De tabel is vooral bedoeld om te laten zien welke ecotopen onderscheiden worden en wat de ecotopen van elkaar onderscheidt in termen van de fysische factoren. De tabel heeft een systematische opzet die achtereenvolgens gaat van diep naar ondiep; van nat naar droog; van hoog naar laag dynamisch en van grof naar fijn substraat. Elk ecotoop heeft een unieke combinatie van parameterwaarden, zodat er bij een kartering of GIS-exercitie geen witte vlekken op de kaart overblijven of dat er ecotopen dubbelop gekarteerd worden.

Er is hier nog steeds sprake van een ontwerp-ecotopenstelsel omdat er pas sprake is van een definitief stelsel wanneer het concept gevalideerd en gecalibreerd is met data en statistische technieken. In vergelijking met het eerdere voorstel voor een ecotopenindeling door Leewis et al. (1998) en De Jong (1999) is met het hier gepresenteerde ontwerp wel een stap voorwaarts gemaakt naar een definitief stelsel. De verbetering omvat de volgende punten:

- In de eerdere voorstellen is vooral uitgegaan van een fysische benadering, waarin op basis van een aantal van te voren vastgestelde fysische parameters ecotopen onderscheiden worden (Dankers, 1996). Daarmee is eigenlijk afgestapt van de beschrijvende (of Duitse cf. Dankers; N.B. daar komt de term ecotoop vandaan: zie Leser, 1976) methode, waarin allereerst landschappelijke eenheden worden afgegrensd. Hier wordt de laatste methode weer toegepast, maar nu samen met de fysische benadering, zoals in de overige RWES-ecotopenstelsels (Rademakers en Wolfert, 1994; Wolfert, 1996). Daarmee blijven eenheden enerzijds goed herkenbaar en tegelijkertijd goed te voorspellen met fysische modellen. De ecotopen hebben in het verlengde hiervan een landschappelijke naam gekregen, wat bijdraagt aan de identificatie.
- In de eerdere voorstellen lag sterk de nadruk op de litorale ecotopen. In het ontwerp - ecotopenstelsel zijn de verschillende zones (sublitoraal, litoraal en supralitoraal) meer in evenwicht gebracht door enerzijds uitbreiding met ecotooptypen die typisch zijn voor de Noordzeekustzone en de kwelders, en anderzijds door litorale ecotopen die nauwelijks voorkomen samen te voegen met andere ecotooptypen. Met de uitbreiding is voorkomen dat er hiaten zouden blijven bestaan tussen de ecotooptypen van dit stelsel en die van de Noordzee en de benedenrivieren en de indeling die gebruikt is voor de duingebieden. Bij de samenvoeging van litorale ecotopen speelde ook de overweging dat de vele onderscheiden ecotopen niet gemakkelijk van een aparte beschrijving van soorten voorzien konden worden door de experts, wat de vraag rechtvaardigde of ze werkelijk wel als aparte ecotopen onderscheiden moesten worden.
- Er was tot op heden alleen aandacht besteed aan de beschrijving van fysische factoren en nauwelijks aan de ecologische inhoud van de onderscheiden ecotopen. Om een indruk te geven van de ecologische betekenis van ecotopen is een beschrijving van ligging en soortensamenstelling van de ecotopen toegevoegd aan het ontwerp. In afwachting van de validatie en calibratie zijn de beschrijvingen (in hoofdstuk 4) vooralsnog algemeen van aard, maar geven nu al wel de mogelijkheid een koppeling te maken met, bijvoorbeeld, natuurdoelen uit het soortenbeleid. Wellicht kunnen na de validatie en calibratie algemene en/of specifieke indicatorsoorten aangewezen worden (cf. Van Horssen et al., 1999: tabel 2).

Evenals in de voorgaande voorstellen voor een ecologische indeling is er in het hier gepresenteerde ecotopenstelsel de nadruk gelegd op het zoute deel van de kustwateren. De reden hiervoor is dat er voor de aansluitende brakke delen van de kustwateren al een goed ecotopenstelsel ligt, namelijk het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (BES; Maas, 1998). De daarin opgenomen ecotopen sluiten, samen met de achterliggende fysische factoren en klassengrenzen, ook goed aan op het hier gepresenteerde ontwerp, zodat die indeling in dit rapport niet herhaald is. In feite is hier dus sprake van een ontwerp-ecotopenstelsel voor de zoute kustwateren, dat samen met het BES de kustwateren dekt.

Uitgangspunt bij het ontwerp is geweest dat de fysische factoren bepalen welke soorten ergens in potentie kunnen voorkomen. Meer dan bij terrestrische indelingen ligt bij aquatische de nadruk op de abiotische parameters, vanwege de grote dynamiek van het

fysische systeem. Er is sprake van potenties omdat soorten niet altijd permanent aanwezig zijn op een bepaalde plaats, door de invloed van extreme fysische gebeurtenissen (bijvoorbeeld: zware storm) of de dynamiek van de gemeenschappen zelf. In die zin is er dus meer variatie in tijd dan in terrestrische ecosystemen.

Waar bij de kwelder- en duinecotopen nog ingedeeld kan worden op basis van relevantie van fysische factoren voor begroeiing, zijn bij de aquatische ecotopen de bodemdieren genomen als belangrijkste bepalende aspect bij het kiezen van parameters en klassengrenzen. Het voorkomen van deze groep wordt in eerste instantie bepaald door de lokale abiotische omstandigheden. Na vestiging kunnen de bodemdieren de eigenschappen van het gebied voor lange tijd bepalen. De aanwezigheid van (bodem)vis en vogels kan in belangrijke mate weer worden afgeleid van die van bodemdieren.

Aangezien de fysische factoren die van invloed zijn op de genoemde soorten sterk samenhangen met de geomorfologische processen in het kustgebied is bij een eerste selectie van ecotopen sterk de nadruk gelegd op het weergeven van de grote variatie in geomorfologische gesteldheid, voor zover die relevant werd geacht voor de soortensamenstelling in termen van bodemdieren, (bodem)vis en vogels. De geomorfologische gesteldheid wordt hier dus beschouwd als de resultante van de huidige en voortdurende modellerende werking van deze processen op de aardkorst, en niet als een statische situatie die in het verleden gevormd is. Het ontwerp-ecotopenstelsel geeft zodoende als het ware een beeld van het 'onderwater'landschap.

Tabel 3. Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren

Ecotoop	Diepte			Droogval			Overspoelingsduur				Dynamiek			Substraat				Soort		Zout
	zs	ds	os	ll	ml	hl	lk	mk	hk	zr	hd	d	ld	g	z	s	h	m	Z	m/p
Intacte ebdelta		ds									hd				z					
Onderzeese oever		ds										d		g	z					
Ebdelta bij dammen en keringen		ds										d			z					
Zeebodem met vaste banken		ds											ld		z					
Onderzees oeverterras en -plateau		ds											ld				h			
Zeer diepe getijdengeul	zs										hd				z					
Diepe getijdengeul		ds									hd				z					
Brandingszone			os								hd				z					
Ondiepe getijdengebieden			os									d	ld		z	s				
Hard kunstmatig kustgedeelte		ds	os								hd	d	ld				h			
Hoogdynamische zandplaat en strand				ll	ml	hl					hd				z					
Zandplaat				ll								d			z					
Zand- en slikplaat				ll								d	ld		z	s				
Slikplaat				ll									ld			s				
Priel in zand- en slikplaat				ll	ml							d			z					
Mosselbank					ml							d	ld		z	s		m		
Zeegrasveld					ml							d	ld		z	s			Z	
Hoog slik met pioniervegetatie						hl							ld			s				
Hoog brakwaterslik met rietmoeras						hl							ld			s				b
harde droogvallende zeewering				ll	ml	hl					hd	d	ld				h			
lage kwelder							lk						ld			s				
middelhoge kwelder								mk					ld			s				
beweide hoge kwelder									hk			d	ld			s				
onbeweide hoge kwelder									hk				ld			s				
beweide hoge kwelder (zomerpolder)									hk			d	ld			s				
onbeweide hoge kwelder (zomerpolder)									hk				ld			s				
droge strand met embryo-duinen									hk			d			z					
zeereep en duinen										zr		d			z					

Indien eenheden zich niet in ecologische betekenis onderscheiden, zijn ze niet apart weergegeven. Voor het onderscheiden van ecotopen is, naast de eerdere publicaties over ecologische indelingen en kaarten voor de zoute wateren (zie Inleiding) sterk geleund op de volgende literatuur: Dijkema (1982); Van Alphen en Damoiseaux (1987) Dijkema (1989), Kuijpers et al. (1990), De Jong et al. (1998), Dyer (1998), Hertwick (1995), Ssymank en Dankers (1996), Van Horssen en Hartholt (1998), Van Essen et al. (1998) en Crosato et al. (1999).

Er zijn zes typen basisparameters gebruikt bij de indeling in ecotopen, waarvan vijf fysische en één biologische. De fysische parameters zijn diepteligging, droogvaltijd/overspoelingsfrequentie, dynamiek, substraat en zoutgehalte (vaak aangehaald als fysische factor, maar door sommige onderzoekers als chemische). Deze zijn algemeen geaccepteerd als belangrijke factoren die het al dan niet voorkomen van bodemfauna en vegetatie in het kustwatersysteem bepalen. Ze worden in vrijwel alle classificaties gebruikt als indelingskenmerken en ook altijd betrokken in onderzoek naar de relaties tussen fysische factoren en soorten of leefgemeenschappen. Uit werk van Crosato et al. (1999) is wellicht op te maken dat energiedissipatie en aggradatie/degradatie belangrijke factoren zijn die verband houden met de dynamiek. Er is daarnaar echter nog te weinig onderzoek gedaan om deze aspecten nu al in de indeling te betrekken. De factor zout heeft in het ontwerp-ecotopenstelsel een minder grote rol gespeeld bij het onderscheiden van ecotopen. Zout wordt vooral gezien als een factor op basis waarvan de zoute en brakke watersystemen van elkaar onderscheiden worden.

Deze fysische parameters zijn aangevuld met een biologische parameter, die apart is opgenomen omdat sommige typen bewoning en begroeiing geheel eigen leefomstandigheden creëren (Reise, 1991). Ook in het Meren-Ecotopen-Stelsel, het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel en de EUNIS Marine Habitat Classification wordt dat zo gedaan. In het geval van de kustwateren gaat het om mosselbanken, kokkelbanken en zeegrasvelden. Deze zullen te zijner tijd als eco-elementen worden opgenomen.

De parameter ‘menselijk gebruik / beïnvloeding’ is vooralsnog niet meegenomen als een expliciete factor van betekenis, zoals dat bijvoorbeeld wel is gedaan in de andere RWES-ecotopenstelsels. Het gebruik, in de vorm van verstoring door bijvoorbeeld mosselvisserij, kokkelvisserij of recreatie is echter wel van belang. In plaats van als factor mee te nemen is het echter ook mogelijk dergelijke verstoring te beschouwen als een vergroting van de dynamiek. Een kokkelbank in de Waddenzee kan door bevissing zo omgewoeld worden dat de locatie te vergelijken wordt met een van nature hoogdynamische plaat waar geen kokkels kunnen voorkomen, en waar dus ook geen organismen kunnen voorkomen die zich vestigen op een kokkelbank, zoals algen en mosselbroed. In nog sterkere mate geldt dit voor mosselbanken. Zodoende kan toch in modellen het effect van gebruik in termen van ecotopen worden uitgedrukt. Het verdient aanbeveling daarvoor de menselijke invloed in een aparte GIS-kaart op te nemen. Bij de indeling van kwelders is beweiding als factor meegenomen.

Idealiter zou de naam van een ecotoop moeten bestaan uit een fysisch en een biologisch deel. Met de eerste wordt dan de ligging in de landschappelijke zonering duidelijk, terwijl het laatste direct een indruk geeft van de levensgemeenschap. Een goed voorbeeld is de naamgeving van marine biotopen in de kustwateren van Engeland en Ierland (Connors et al., 1997), met namen als ‘Exposed littoral fringe rock with *Verrucaria Maura* and sparse *Chthamalus* spp.’ or ‘Polychaetes with *Cerastoderma edule* on the low shore of slightly muddy beaches’. In het ontwerp-ecotopenstelsel is vooralsnog alleen de landschappelijk-fysische naam gegeven, en nog geen kensoorten. Het ‘hoog brakwaterslik met rietmoeras’, bijvoorbeeld, heet nu nog ‘hoog brakwaterslik’. Een verantwoorde invulling van kensoorten in de naam wordt pas mogelijk geacht na de beoogde validatie en calibratie van het ontwerp, waarbij immers concrete data over soorten gebruikt gaan worden.

2.2. Beschrijving op basis van fysische kenmerken.

Voor elk van de fysische factoren zijn klassen onderscheiden, die voor een groot gedeelte ontleend zijn aan Wintermans en Dankers (1995) en De Jong et al. (1998). Klassen zijn onderscheiden op basis

van ecologische relevantie, maar vormen vaak ook belangrijke geomorfologische grenzen vanwege de dynamiek van het systeem. De genoemde klassengrenzen zijn bedoeld als suggesties; er is meestal nog onvoldoende onderzoeksmateriaal ter beschikking om die hard te maken.

De factor diepteligging is van toepassing op de sublitorale ecotopen: de ecotopen die permanent onder water staan. Er zijn drie klassen onderscheiden (Tabel 4). Om de voor getijdengeulen zeer kenmerkende diepe putten op te nemen is de klasse zeer diep litoraal aan het ontwerp toegevoegd.

Tabel 4. Indeling van de factor diepteligging (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Klassegrens	Ecologische betekenis
Zs	Zeer diep sublitoraal	> 30 m	Putten in getijdengeulen met krabben en zeehonden
Ds	Diep sublitoraal	30 - 5 m	Kleine rol getijdenmigreerders
Os	Ondiep sublitoraal	5 m – GLW	Grote rol getijdenmigreerders; Belangrijk voor kinderkamerfunctie

De factor droogvaltijd /overspoelingsfrequentie is van toepassing op de litorale en supralitorale ecotopen. Er wordt gewerkt met droogvaltijd, en niet met hoogteligging, om de ecotopen van de westelijke en oostelijke Waddenzee en Zeeuwse wateren met elkaar te kunnen vergelijken. Langs de Nederlandse kust neemt het getijverschil namelijk af van Vlissingen (gemiddeld 2,9 m) naar Den Helder (gemiddeld 1,4 m) en neemt vervolgens weer toe richting Delfzijl (gemiddeld 3 m). Het grootste tijverschil treedt op bij Bath in de Westerschelde (gemiddeld 4,75 m). Er zijn in totaal zeven klassen onderscheiden (Tabellen 5 en 6). De indeling van de factor overspoelingsfrequentie is ontleend aan SALT97 (De Jong, Dijkema et al., 1998).

Tabel 5. Indeling van de factor droogvaltijd (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Klassegrens	Ecologische betekenis
Ll	Laag litoraal	1-50%	Hier kunnen mosselbanken voorkomen
Ml	Midden litoraal	50-75%	Geen mossels meer, maar nog wel andere filterfeeders (kokkels); Ook hoge biomassa bodemdieren
Hl	Hoog litoraal	75-90%	Alleen nog sedimenteters (wormen en kleine kreeftachtigen); En lage biomassa; pioniervegetatie
K	Zeer hoog litoraal	> 90%	Overgang van bodemdieren naar terrestrische dieren en sterke uitbreiding van vegetatie

Tabel 6. Indeling van de factor overspoelingsfrequentie (De Jong, Dijkema et al., 1998).

Code	Klasse	Klassegrens Waddenzee/Zeeland
Hl	Hoog slik + pioniervegetatie	> 300 x / < GHW
Lk	Lage kwelder / schor	300-100 x / GHW-300 x
Mk	Middelhoge kwelder / schor	100-30 x / 300-50 x
Hk	Hoge kwelder / schor	30-#5 x / 50-5 x
Zr	Zeereep	< 5 x

De dynamiek is van toepassing op alle ecotopen. Er wordt onderscheid gemaakt in drie klassen (Tabel 7). Dynamiek wordt in het veld veelal afgelezen aan de geomorfologische gesteldheid of de

bodemsamenstelling. Directe meting van de dynamiek is echter moeilijk. Daarom zijn harde uitspraken over ecologisch relevante klassen in de factor dynamiek nog niet mogelijk.

Tabel 7. Indeling van de factor dynamiek (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Geomorfologische betekenis	Ecologische betekenis
Hd	Hoog dynamisch	Bodem continu in sterke mate in beweging, zeker bij springtij en storm	Arme bodemfauna: gangen worden vernietigd of dieren weggespoeld (slechts paar epibenthische soorten)
D	Dynamisch	Bodem is zandig tot slibrijk, met variatie in slibrijkdom per seizoen	Biomassa kan achteruitgaan, soorten kunnen (tijdelijk) verdwijnen door storm
Ld	Laag dynamisch	Bij voldoende slibaanbod zeer slibrijke en zachte bodems	Belemmering voor gangbewonende bodemdieren door gebrek aan zuurstoftoevoer

Omdat het substraat in veel gevallen gecorreleerd is met dynamiek, lijkt het een overbodige factor om naast de dynamiek bij de ecotopenindeling te gebruiken. Het substraattypen is echter eenvoudig in het veld te karakteren. Niet altijd kan de dynamiek gemeten worden, en ook dan zal eerder naar de bodemsamenstelling gekeken worden, bijvoorbeeld bij het beschrijven of karakteren van een historische situatie. Ook in de indeling van de Noordzee is het substraat, naast diepte, een belangrijke factor. Bovendien is er niet altijd een verband te leggen tussen dynamiek en bodemsamenstelling. In de Oosterschelde, bijvoorbeeld, is het laagdynamische gedeelte zonder slib, omdat er geen slibaanvoer is, en in gebieden waar een netto slibaanvoer bestaat kunnen ook dynamische delen zeer slibrijk zijn (bijvoorbeeld delen van de Dollard en de Baai van Oleron). Daarom is als aparte factor het substraat toegevoegd (Tabel 8) met een grove indeling in navolging van het ecotopenstelsel voor de Noordzee (De Jong, 1999). Als apart substraat kunnen kunstmatige rotskusten (code h, van hard) genoemd worden, zoals die voorkomen bij zeeweringen. Substraat wordt veelal bemonsterd in het veld.

Tabel 8. Indeling van de factor substraat (aangepast naar De Jong 1999; mediane textuur naar RGD, 1977). Zie voor de ecologische betekenis van substraat Tabel 7.

Code	Klasse	Slib en lutum (%)	Mediane textuur (μm)	Anders
g	Grof zand	< 10	> 212	
z	Zand	< 10	212-63	
s	Slibrijk	> 10	63-2	
k	Klei	> 10	< 2	
h	Hard substraat			Klei, breuksteen, beton, etc.

Zout, tenslotte, is in het ontwerp-ecotopenstelsel een minder belangrijke factor. Brakke ecotopen worden namelijk alleen aan de randen van het systeem van zoute kustwateren gekarteerd (oostelijke delen van de Dollard en Westerschelde bijvoorbeeld) waar het zoute water overgaat in brak. In het ontwerp-stelsel speelt alleen een rol in de classificatie bij het ecotoop 'Hoog brakwaterslik'. Dat is hier onderscheiden omdat het een prominente rol speelt in de Dollard, waar het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel nog niet is toegepast. De gehanteerde klassengrenzen worden genoemd in Tabel 9. Zout is vooral een belangrijke factor voor het onderscheiden van watersystemen en bepaalt dus welk

ecotopenstelsel van toepassing is (zie Hoofdstuk 5 over de aansluiting met het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel).

Tabel 9. Indeling van de factor zout (naar Van der Molen et al., 2000)

Code	Klasse	Klassegrens (g Cl ⁻ / l)	Ecologische betekenis
B	Brak	< 18,0	Zoutwatersoorten; Groot aantal soorten
Z	Zout	> 18,0	Zout- en brakwatersoorten; Klein aantal soorten

2.3. Beschrijving op basis van ecologische karakteristieken.

Naast het karteren op basis van een aantal veelal fysische karakteristieken kunnen ook ecotopen onderscheiden worden op basis van ecologische kenmerken. Aangezien een ecotoop een “ruimtelijk begrensde landschappelijke eenheid” is wordt deze dikwijls gebaseerd op ecologische kenmerken. Duidelijke voorbeelden zijn gevonden in het terrestrische gebied zoals bos, heide, struikgewas, uiterwaard, oobos, ven etc. Het is veel eenvoudiger daarvoor ecologische variabelen te gebruiken dan fysische. Ook in het mariene gebied is dat dikwijls het geval bv pierenwad, kokkelbank, groen strand, kwelder, zeegrasveld etc. Deze elementen zijn dikwijls herkenbaar op luchtfoto's, satellietbeelden of kunnen in het veld eenvoudig worden gekarteerd mbv GPS of door observatie en intekenen op topografische kaarten. Organismen die duidelijk herkenbare ecotopen bevolken (als habitat hebben) kunnen de fysische omstandigheden zodanig beïnvloeden dat daardoor het ecotoop in stand blijft, en tevens een invloed uitoefent op het omliggende gebied waardoor daar andere condities gaan overheersen. Achter en tussen een mosselbank is de golfwerking gedempt, en bezinkt fijn materiaal. Tevens vormen de mosselen een schakel tussen het pelagiaal en het bentische systeem. Ze filteren het bovenliggende water en produceren grote hoeveelheden pseudofaeces die rijk is aan fijne slibdeeltjes, organisch materiaal en nutriënten. Gezien de schaal van gebiedsdekkende bemonsteringen zullen dergelijk deelgebiedjes meestal gemist worden en komen dus niet voor op de kaarten die gebaseerd zijn op fysische variabelen, hoewel ze fysisch wel degelijk herkenbaar zullen zijn. Daarom is beschrijving en kartering op basis van ecologische karakteristieken een onmisbare uitbreiding op de fysische karteringen.

Ecotopen die op deze manier in kaart zijn gebracht zullen over het algemeen in eerste instantie beschikbaar zijn als polygoon in een shape file, maar kunnen voor verdere verwerking en gebruik in modellering omgezet worden in gridinformatie

2.4. Beschrijving op grond van landschappelijke kenmerken

Op een andere schaal kan worden gekarteerd op landschappelijke kenmerken. Eerder zijn reeds genoemd elementen zoals baai, estuarium, wantij, binnendekta, strandvlakte etc. Deze elementen worden meestal niet in het veld in kaart gebracht maar op bestaande kaartondergronden op basis van gebiedskennis en expert judgement. Ook deze informatie is over het algemeen als polygoon beschikbaar

3. Kartering en voorspelling

Een aantal van de in hoofdstuk 2 genoemde factoren kunnen met hun klassengrenzen goed in kaart gebracht worden. Voor kartering van diepte zijn vrijwel altijd lodingen beschikbaar; droogvaltijd en overspoelingsfrequentie zijn goed te berekenen op basis van getijtafels en hoogteligging. De dynamiek is een lastiger factor, die op twee manieren in beeld gebracht kan worden. De eerste manier is het registreren van substraat en geomorfologische gesteldheid (waaronder ook microreliëf zoals megaribbels op zandplaten). Substraat wordt meestal puntsgewijs bemonsterd, om vervolgens door middel van statistische interpolatie vlakdekkende informatie te verkrijgen. Het substraat van de sublitorale en litorale zones kan wellicht efficiënter in kaart gebracht worden door het ^{137}Cs gehalte te meten met een achter een schip gesleepte detector (Van Weingaarden, 19**), of met recent ontwikkelde technieken zoals side-scan sonar, penetrerend echolood of remote sensing uit vliegtuigen of satellieten. Informatie over de geomorfologische gesteldheid wordt meestal verkregen uit lodingen/hoogtemetingen aangevuld met luchtfoto's. Een tweede manier om dynamiek te karteren is door middel van het berekenen van stroming en golfslag met modellen (De Jong et al., 1998). De relatie met de klassenindeling wordt gegeven in Tabel 10. Het zoutgehalte kan worden bepaald door middel van watermonsters, echter een betere spreiding van gegevens kan verkregen worden door hydrologische modellering met als randvoorwaarden de getijdynamiek en lozingsgegevens. Op de kwelders kan het zoutgehalte afgeleid worden uit interpretatie van vegetatiekarteringen.

De mogelijkheden om toekomstige situaties te kunnen voorspellen is nog beperkt. Weliswaar kunnen stroomsnelheden en golfwerking in beeld gebracht worden, maar de fysische modellering van het effect daarvan op de diepte- en hoogteligging en het substraat is met veel onzekerheden omgeven.

Tabel 10. Classificatie van dynamiek op basis van stroomsnelheden door golfwerking (De Jong et al., 1998; V-orbitaal) en stroming (V-lineair).

V orbitaal (m/s)	V lineair(m/s)		
	< 0.5	0.5-1.0	>1.0
< 0.2	Laag dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
0.2-0.4	Dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
>0.4	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch

3.1 Van Ecotopen naar Habitats

Een ecotoop is een ruimtelijk herkenbare eenheid waarin verschillende soorten organismen zich thuisvoelen. Voor die organismen is zo'n gebied een habitat. Veel organismen maken gebruik van verschillende ecotopen. Zo heeft een broedende scholekster en kwelder als habitat, maar een foeragerende scholekster en mossel of kokkelbank. Andere organismen kunnen zich niet verplaatsen en voor hen is het habitat voor een groot deel van hun levenscyclus gesitueerd binnen een bepaald ecotoop.

Op basis van de habitateisen van verschillende organismen(groepen) kunnen (potentiële) habitatkaarten worden gemaakt.

In de Waddenzee zijn wat dat betreft succesvolle pogingen ondernomen bij het vervaardigen van potentiële kaarten voor mosselbanken (Brinkman & Bult 2004), kokkelbanken (Brinkman & XXXX, 2004) en zeegrasvelden (de Jong et al, 2005 in druk).

De eerste pogingen zijn ondernomen om dat ook te doen voor verschillende soorten vogels (al dan niet via afhankelijkheid van bodemdieren als voedsel).

Het huidige project was bedoeld als een eerste aanzet om de belangrijkste ecosysteemparemeters te identificeren, en met verschillende specialisten afstemming te krijgen over het type informatie dat in GIS opgenomen moet worden en de manier waarop het beschikbaar moet zijn. Daarnaast was het

belangrijk overeenstemming te krijgen over de grenzen van de verschillende variabelen die ecotopen beschrijven (de legenda-eenheden).

In een vervolgtraject (2005) kunnen op grond van habitateisen van verschillende soorten habitatkaarten voor deze organismen gemaakt worden. In eerste instantie zeer globaal met indicatie van leemten in kennis en in een later stadium meer gedetailleerd. De habitatkaarten zullen worden gebaseerd op zowel metingen als modellen. Gedacht wordt aan kaarten voor bodemdieren, vogels, zeehonden en vissen

4. Monitoring

De Waddenzee is een dynamisch systeem. Zowel ruimtelijk als temporeel treden grote veranderingen op in aantallen van soorten en aanwezigheid van karteerbare structuren. Kaarten zijn statisch, en moeten daarom regelmatig aangepast worden. Daarvoor is het noodzakelijk dat monitoring zodanig wordt uitgevoerd dat de resultaten ook in de onderliggende databases ingevoerd kunnen worden. Ook voor de interpretatie van waargenomen veranderingen is het essentieel dat links gelegd kunnen worden tussen de resultaten van monitoring en in GIS aanwezige informatie. Daarom moet hiermee worden rekening gehouden bij het opstellen van monitoringprogramma's

5. Natuurwaardenkaarten

De Waddenzee is aangemeld als speciale beschermingszone in het kader van zowel de Habitat- als Vogelrichtlijn. Voor de Vogelrichtlijn is het belangrijk dat aangegeven kan worden welke variabelen invloed kunnen hebben op de grootte van vogelpopulaties. Voedsel (bodemdieren, vis en in en enkel geval planten) zijn hierbij belangrijk, naast rustgebieden en broedgelegenheid. Kaarten waarop deze habitats of ecotopen eenvoudig te reproduceren zijn zullen steeds belangrijker worden voor beleid en beheer. Ook kunnen deze kaarten een belangrijk startpunt zijn bij de periodieke rapportages over de status van het aangewezen gebied.

Voor de habitatrichtlijn is het belangrijk in elk geval de kwalificerende habitats (volgens onze definitie ecotopen) in kaart te brengen. Voor de Waddenzee als geheel en voor de onderscheiden typen (1110, permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken; 1130, estuaria; 1140, bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten; 1170, riffen) en de verschillende semiterrestrische typen (kwelders, duinen etc) zijn nog geen instandhoudingdoelen beschreven en vastgesteld. Volgens de interpretation-manual (EU-1999) gaat het in elk geval naast het fysiek aanwezig zijn van het type ook om de kwaliteit zoals een gunstige situatie van bodemdieren die als voedsel dienen voor hogere trofische niveaus. Waarschijnlijk wordt in de te ontwikkelen instandhoudingsdoelstelling ook ingegaan op de diversiteit van platen binnen het algemene type en de ecoelementen die een karakteristiek en essentieel deel uitmaken van deze platen.

6. De mens in het ecosysteem

Het tot nu toe uitgevoerde werk in dit project heeft nog niet geleid tot het inpassen van menselijke activiteiten in de beschrijving van het ecosysteem. Dat is wel een van de doelen van het vervolgproject in 2005. Globaal wordt gedacht aan werken volgens onderstaande lijn.

- Integraal deel over menselijke activiteiten, verschillende visies wat betreft natuurbehoud (uitmondend in de keuze voor de in de PKB vastgelegde visie)
- Aangeven van mogelijkheden of mogelijke benaderingen voor duurzaam gebruik, gebruik makend van de benadering gevolgd in een eerder door RIN uitgevoerde oude cumulatiestudie (Dijkema et al. 1999, een Alterra idee van uitwerking van het begrip van normatieve

definiëring (Lindeboom 2002) en verdere ontwikkeling van het concept Natuurgebruiksruimte en Normal Operating range

- Aangeven hoe een ecotoop- en habitatbenadering nuttig kan zijn bij het ontwikkelen van een duurzaam gebruikskoncept voor de Waddenzee
- Natuurwaardenkaart en daarbij aangegeven welke menselijke activiteiten (of calamiteiten) een significante (wezenlijke) invloed hebben op de natuurwaarden

7. Literatuur

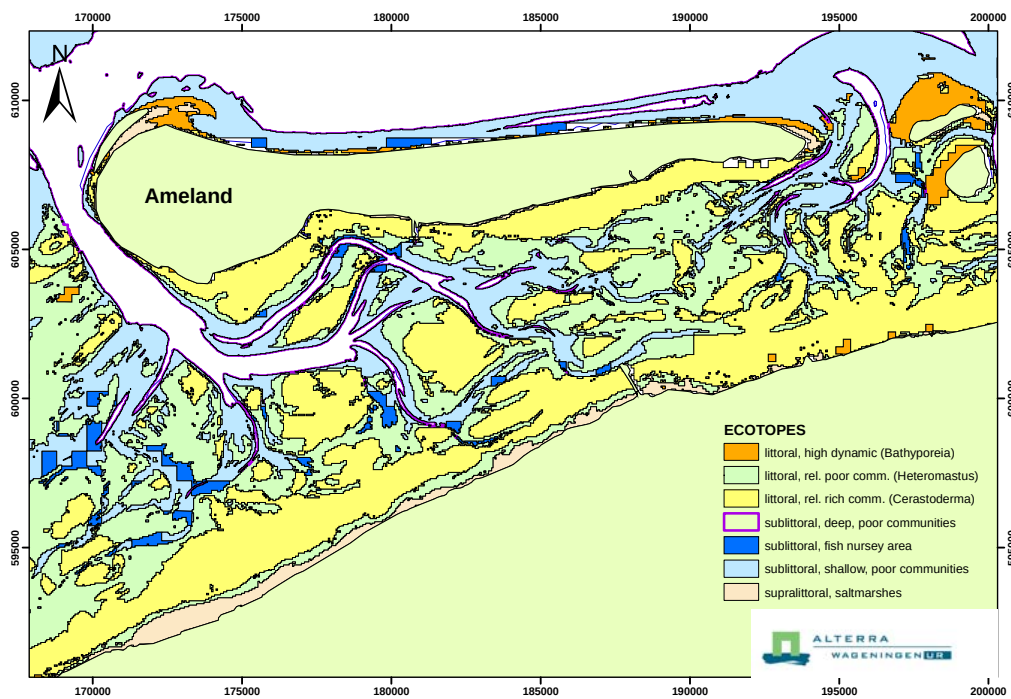
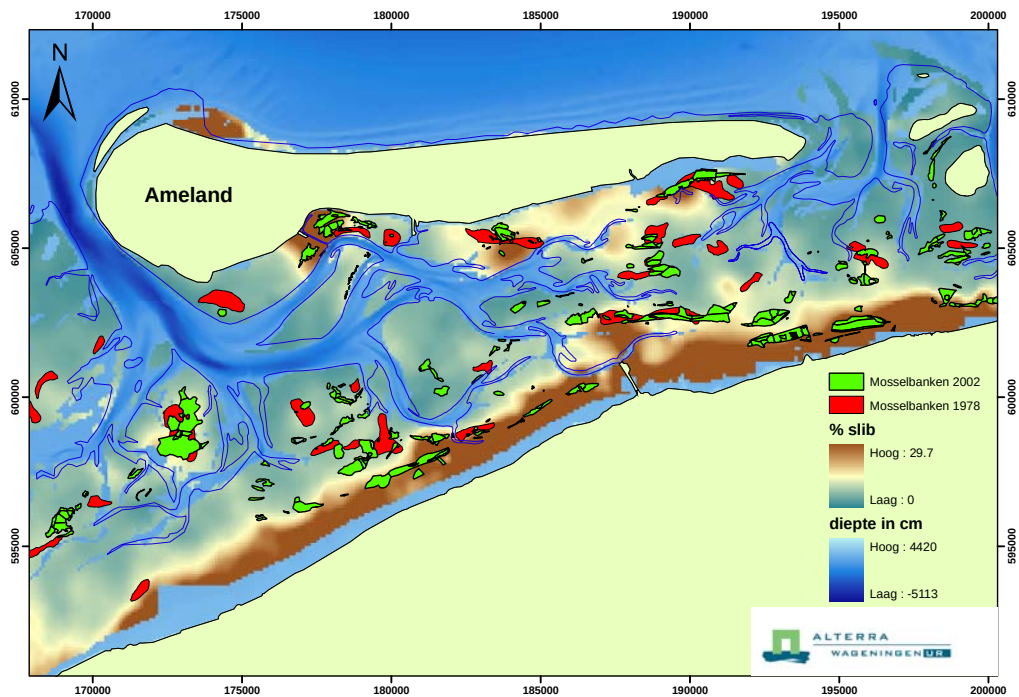
Ministerie van Landbouw en Visserij 1988. Beheersplan Natuur Waddenzee. Den Haag, 60 pgs

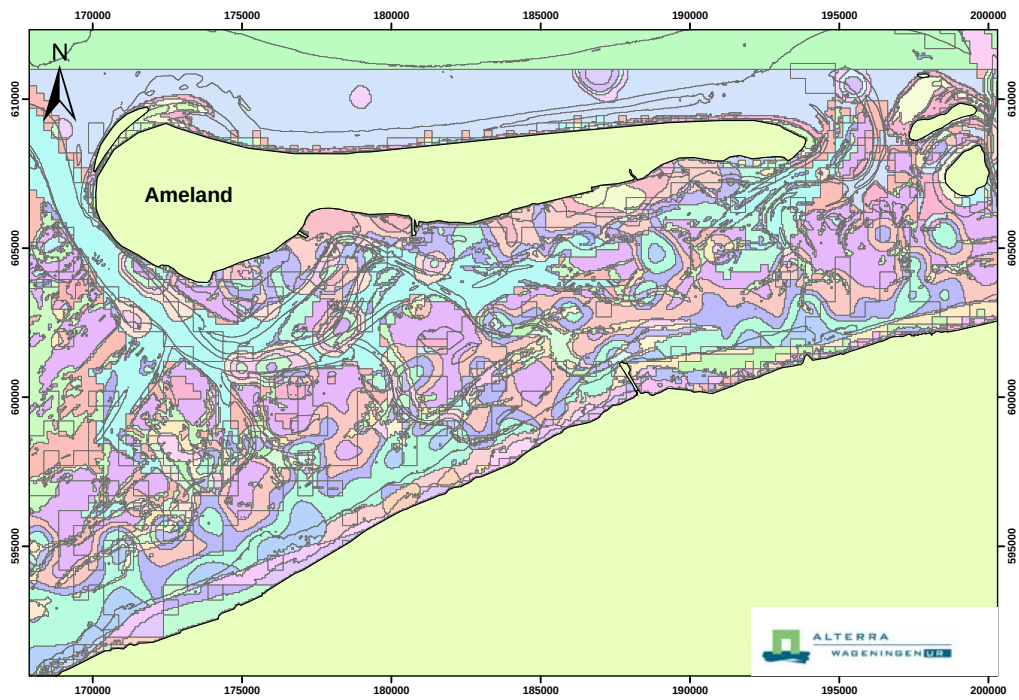
Nog in te voegen literatuurlijst

8 Voorbeelden van ecotoopkaarten

Enkele voorbeelden van kaarten worden hier gegeven. Hieruit blijkt duidelijk dat het onmogelijk is alle mogelijke klassen weer te geven omdat dat leidt tot een legenda met ongeveer 150 kleuren, en dat het essentieel is op basis van GIS files de voor elke toepassing relevante legenda-eenheden te kiezen, of te richten op een benadering gericht op landschapstypen.

Van beide type kaarten is een voorbeeld gegeven





Legenda

	<all other values>		Hoog litoraal, laag dynamisch, 30-50		laag litoraal, laag dynamisch, 50-100
	, ,		Hoog litoraal, laag dynamisch, 50-100		midden litoraal, ,
	, , 0-10		Supra litoraal, ,		midden litoraal, , 0-10
	, , 10-20		Supra litoraal, , 0-10		midden litoraal, , 10-20
	, , 20-30		Supra litoraal, , 10-20		midden litoraal, , 20-30
	, , 30-50		Supra litoraal, , 20-30		midden litoraal, , 30-50
	, , 50-100		Supra litoraal, , 30-50		midden litoraal, , 50-100
	, Dynamisch,		Supra litoraal, , 50-100		midden litoraal, Dynamisch,
	, Dynamisch, 0-10		Supra litoraal, Dynamisch,		midden litoraal, Dynamisch, 0-10
	, Dynamisch, 10-20		Supra litoraal, Dynamisch, 0-10		midden litoraal, Dynamisch, 10-20
	, Dynamisch, 20-30		Supra litoraal, Dynamisch, 10-20		midden litoraal, Dynamisch, 20-30
	, Dynamisch, 30-50		Supra litoraal, Dynamisch, 20-30		midden litoraal, Dynamisch, 30-50
	, Dynamisch, 50-100		Supra litoraal, Dynamisch, 30-50		midden litoraal, Dynamisch, 50-100
	, Hoog dynamisch,		Supra litoraal, Dynamisch, 50-100		midden litoraal, Hoog dynamisch,
	, Hoog dynamisch, 0-10		Supra litoraal, Hoog dynamisch,		midden litoraal, Hoog dynamisch, 0-10
	, Hoog dynamisch, 10-20		Supra litoraal, Hoog dynamisch, 0-10		midden litoraal, Hoog dynamisch, 10-20
	, Hoog dynamisch, 20-30		Supra litoraal, Hoog dynamisch, 10-20		midden litoraal, Hoog dynamisch, 20-30
	, Hoog dynamisch, 30-50		Supra litoraal, Hoog dynamisch, 20-30		midden litoraal, Hoog dynamisch, 30-50
	, Hoog dynamisch, 50-100		Supra litoraal, Hoog dynamisch, 30-50		midden litoraal, Hoog dynamisch, 50-100
	, laag dynamisch,		Supra litoraal, Hoog dynamisch, 50-100		midden litoraal, laag dynamisch,
	, laag dynamisch, 0-10		Supra litoraal, laag dynamisch,		midden litoraal, laag dynamisch, 0-10
	, laag dynamisch, 10-20		Supra litoraal, laag dynamisch, 0-10		midden litoraal, laag dynamisch, 10-20
	, laag dynamisch, 20-30		Supra litoraal, laag dynamisch, 10-20		midden litoraal, laag dynamisch, 20-30
	, laag dynamisch, 30-50		Supra litoraal, laag dynamisch, 20-30		midden litoraal, laag dynamisch, 30-50
	, laag dynamisch, 50-100		Supra litoraal, laag dynamisch, 30-50		midden litoraal, laag dynamisch, 50-100
	Hoog litoraal, ,		Supra litoraal, laag dynamisch, 50-100		sublitoraal, , 0-10
	Hoog litoraal, , 0-10		laag litoraal, , 0-10		sublitoraal, , 10-20
	Hoog litoraal, , 10-20		laag litoraal, , 10-20		sublitoraal, , 20-30
	Hoog litoraal, , 20-30		laag litoraal, , 20-30		sublitoraal, , 30-50
	Hoog litoraal, , 30-50		laag litoraal, , 30-50		sublitoraal, , 50-100
	Hoog litoraal, , 50-100		laag litoraal, , 50-100		sublitoraal, Dynamisch,
	Hoog litoraal, Dynamisch,		laag litoraal, Dynamisch,		sublitoraal, Dynamisch, 0-10
	Hoog litoraal, Dynamisch, 0-10		laag litoraal, Dynamisch, 0-10		sublitoraal, Dynamisch, 10-20
	Hoog litoraal, Dynamisch, 10-20		laag litoraal, Dynamisch, 10-20		sublitoraal, Dynamisch, 20-30
	Hoog litoraal, Dynamisch, 20-30		laag litoraal, Dynamisch, 20-30		sublitoraal, Dynamisch, 30-50
	Hoog litoraal, Dynamisch, 30-50		laag litoraal, Dynamisch, 30-50		sublitoraal, Dynamisch, 50-100
	Hoog litoraal, Dynamisch, 50-100		laag litoraal, Dynamisch, 50-100		sublitoraal, Hoog dynamisch,
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch,		laag litoraal, Hoog dynamisch,		sublitoraal, Hoog dynamisch, 0-10
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch, 0-10		laag litoraal, Hoog dynamisch, 0-10		sublitoraal, Hoog dynamisch, 10-20
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch, 10-20		laag litoraal, Hoog dynamisch, 10-20		sublitoraal, Hoog dynamisch, 20-30
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch, 20-30		laag litoraal, Hoog dynamisch, 20-30		sublitoraal, Hoog dynamisch, 30-50
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch, 30-50		laag litoraal, Hoog dynamisch, 30-50		sublitoraal, Hoog dynamisch, 50-100
	Hoog litoraal, Hoog dynamisch, 50-100		laag litoraal, Hoog dynamisch, 50-100		sublitoraal, laag dynamisch, 0-10
	Hoog litoraal, laag dynamisch,		laag litoraal, laag dynamisch, 0-10		sublitoraal, laag dynamisch, 10-20
	Hoog litoraal, laag dynamisch, 0-10		laag litoraal, laag dynamisch, 10-20		sublitoraal, laag dynamisch, 20-30
	Hoog litoraal, laag dynamisch, 10-20		laag litoraal, laag dynamisch, 20-30		sublitoraal, laag dynamisch, 30-50
	Hoog litoraal, laag dynamisch, 20-30		laag litoraal, laag dynamisch, 30-50		sublitoraal, laag dynamisch, 50-100

BIJLAGE I

Definitie van de begrippen Ecotoop, habitat en verwante begrippen

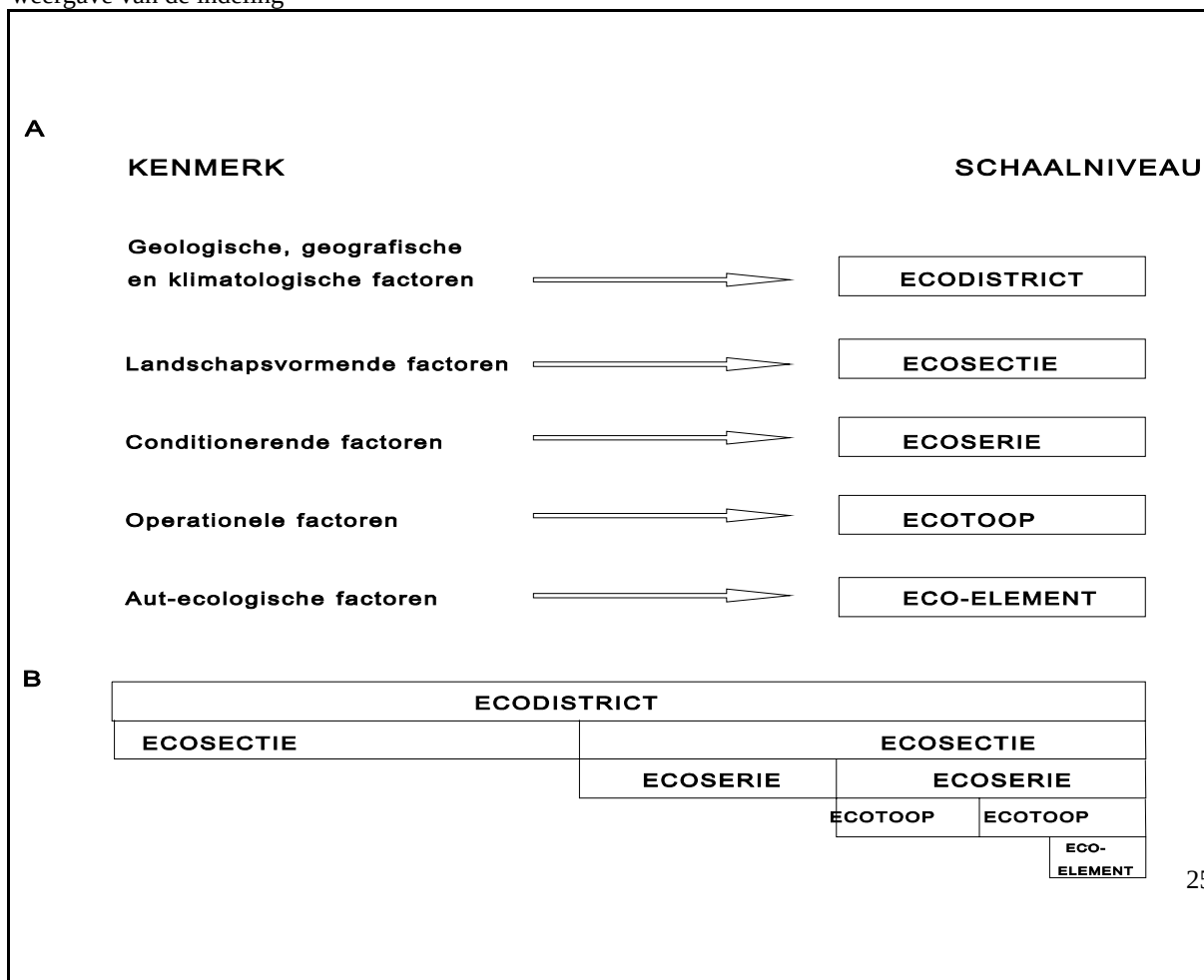
Internationaal is het begrip HABITAT ingeburgerd, en daarmee wordt zowel het leefgebied van een organisme als een herkenbare en karteerbare eenheid in het landschap bedoeld. In de wetenschappelijke wereld worden meerdere termen gebruikt die verwant zijn maar elk duidelijk gedefinieerd zijn. Voor beleidsgerichte discussies is het noodzakelijk dat de term habitat of aanverwante termen als biotoop, ecotoop, etc. die worden gebruikt, duidelijk worden gedefinieerd. Binnen het kader van het habitatonderzoek in de jaren 90 is een korte literatuurstudie gedaan waarin termen en definities op een rij worden gezet en vergeleken zodat uiteindelijk die term/definitie kan worden geselecteerd die binnen het project (voor de ontwikkeling van habitat- en ecotopenkaarten) het meest bruikbaar is.

Uit de literatuur-inventarisatie is gebleken dat er geen eenduidigheid bestaat in zowel de termen en definities die worden gebruikt als de wijze waarop deze in onderzoek worden ingevuld. De verschillen in de abiotische en biotische milieufactoren die worden bestudeerd en de manier waarop zij worden bepaald, geanalyseerd en beschreven en hebben geleid tot een grote variatie in de verdeling van het ecosysteem in 'hanteerbare eenheden'. Bovendien lijkt het niet eenvoudig om binnen het mariene milieu duidelijk begrensde eenheden te onderscheiden. Voor een habitatkartering van de Nederlandse kustwateren kan dan ook niet worden volstaan met het combineren van een serie bestaande karteringen (De Nooijer, 1995, Leeuwis et al. 1998). Het lijkt niet zinvol om één bepaalde term/definitie er uit te lichten en te gebruiken. Zinvoller is het om te werken met één, eventueel nieuw op te stellen, ecosysteem-indeling waarin alle bestaande en in de praktijk gebruikte termen en definities kunnen worden ingepast.

In Figuur 1 is de hiërarchische indeling van het ecosysteem weergegeven zoals die ontwikkeld is door Klijn & de Haes (1990) en waarbij de nadruk ligt op de homogeniteit binnen een ruimtelijke eenheid. Voor deze indeling is gekozen omdat, zoals hieronder zal blijken, deze goed aansluit bij de doelstelling van het habitatproject. Vervolgens wordt er een overzicht gegeven van de meest gangbare termen en definities. In de definities is getracht zo veel mogelijk de 'lading' te dekken van de verschillende definities die in de literatuur worden gebruikt. Alleen die definities die relevant zijn voor het project zijn omschreven.

Figuur 1: Hierarchische ecosysteem indeling (Klijn & De Haes, 1990; De Nooijer, 1995, Leewis et al. 1998).

A) Kenmerk, schaalniveau en factoren die op dat schaalniveau sturend zijn. B) Schematische weergave van de indeling



De hiërarchie is tevens een afspiegeling van het schaalniveau van kaarten waarop de verschillende typen worden afgebeeld. De hoogste categorie (Ecodistrict) komt dikwijls overeen met een schaalniveau van 1: > 50.000.000, ofwel een kaarteenheden van minimaal 62.500 km². (Het NCP is 57.000 km² en de Nederlandse Waddenzee 2500 km²). De Waddenzee zou in deze systematiek een ecosectie genoemd kunnen worden omdat het binnen het ecodistrict landschapsvormende factoren zijn die het systeem in stand houden. Een ecotoop beslaat minimaal 0.25 – 1.5 ha, en de kleinste ecotopen kunnen dus worden waargegeven op kaarten van 1:5000 tot 1: 25000. Ecoelementen zijn soms kleiner, en kunnen dan alleen worden weergegeven op kaarten met een schaal groter dan 1:5000.

De afmetingen van de onderscheiden typen zijn natuurlijk ook afhankelijk van het type systeem dat men bestudeert. Zo zal een ecotopenstelsel van de Atlantische Oceaan of Noordzee een andere schaalindeling kennen dan in een estuarium, een rivier of een meer.

Termen en definities:

Positionele factoren: plaatsbepalende factoren afhankelijk van de ruimtelijk oriëntatie, die zowel de conditionerende als de operationele factoren beïnvloeden (Van Hall, 1992).

Anders gezegd: factoren die afhankelijk van de oriëntatie in de ruimte het voorkomen en de verspreiding van organismen bepalen en van invloed zijn op zowel de conditionerende als de operationele factoren.

Conditionerende factoren: processen die de omstandigheden veroorzaken waar levende organismen mee te maken hebben (indirecte werking) en zij bepalen de operationele factoren van een systeem (Van Hall, 1992)

Anders gezegd: processen die via een effect op de abiotische en biotische omgeving (indirect) de leefomstandigheden scheppen die het voorkomen van levende organismen mogelijk maken

Operationele factoren: factoren die direct van invloed zijn op de omstandigheden waar soorten mee te maken hebben (Van Hall, 1992)

Anders gezegd: processen die de abiotische en biotische omgeving vormen die noodzakelijk zijn voor levende organismen om er te kunnen bestaan

Aut-ecologische factoren: factoren die de relatie bepalen tussen het organismen en de omgeving op soortsniveau

Ecosysteem: een min of meer zelfstandige eenheid van samenwerkende levensgemeenschappen (biotische factoren) waarin de onderlinge interacties sterker zijn dan die met de omringende wereld en waarbinnen stof- en energiekringlopen (abiotische factoren) nagenoeg gesloten zijn (Van Hall 1992; Baretta e.a. 1992). De nadruk ligt op een systeem dat min of meer afgesloten is.

Ecodistrict: een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen ten aanzien van in de tijd zeer langzaam verlopende abiotische processen (Klijn & de Haes, 1990).

Ecosectie: een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van dominante geomorfogenetische (landschapsvormende) processen (Klijn & de Haes, 1990).

Ecoserie: een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van de belangrijkste abiotische factoren die voor de vegetatie van belang zijn (dit zijn de zogenaamde conditionerende factoren) (Klijn & de Haes, 1990; Verdonchot e.a., 1992; Leewis, 1995).

Ecotoop: een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van biotisch en abiotische factoren die van invloed zijn op de levensgemeenschap (dit zijn de zogenaamde operationele omgevingsfactoren) (Verdonchot e.a., 1992; Leewis, 1995).

Eco-element: een ruimtelijke eenheid (woongebied) waarbinnen een populatie van een soort voorkomt en die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van aut-ecologische factoren.

Biotoop: een ruimtelijke eenheid waarbinnen een levensgemeenschap voorkomt De nadruk ligt op de plant- en diersoorten.

Biocenose/Levensgemeenschap: Het geheel aan organismen, binnen een beperkt gebied, dat gekenmerkt wordt door hun onderlinge interactie, verhouding en dominante soorten.
De nadruk ligt op de plant- en diersoorten

Habitat: De fysieke ruimte waarin een soort voorkomt (Van Hall, 1992).
De nadruk ligt hier op de soort.

Verschillende eerdere benaderingen zijn in het verleden gebruikt om habitats of ecotopen in kaart te brengen. Hieronder wat voorbeelden.

Verdonschot e.a. (1992) maken gebruik van een hiërarchische ecosysteem-indeling van Klijn (1988), lopende van eco-element tot ecodistrict (Figuur 1), waarbij het systeem wordt onderverdeeld op grond van biotische en abiotische factoren die bepalend zijn voor de soortensamenstelling (de zogeheten masterfactoren).

De basis-eenheden in de indeling zijn ecotopen. Gekozen is voor ecotopen omdat op dit schaalniveau de verspreiding van flora en fauna het beste kan worden verklaard. De ecotooptypen worden ook beschreven in termen van soortensamenstelling waarbij de samenstelling wordt gebruikt als onderscheidend kenmerk bij het vaststellen van het ecotooptype.

Voor elke masterfactor (saliniteit, stroomsnelheid etc.) kan worden bepaald binnen welke range er voor biota grenzen liggen. Op basis van die grenzen kan de biotische differentiatie worden onderstreept.

Verdonschot e.a. (1992) definiëren een aquatisch ecotoop als 'een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van de voornaamste hydromorfologische en fysisch-chemische omgevingsfactoren die voor biota van belang zijn'. Omgevingsfactoren die bepalend zijn voor de levensomstandigheden van organismen spelen bij het indelen van een systeem in verschillende ecotooptypen dan ook een belangrijke rol. Deze omgevingsfactoren worden 'indelingskenmerken' genoemd. Naast ecotopen worden, conform de hiërarchische verdeling in Figuur 1, op een hoger en een lager schaalniveau nog een aantal andere ecosystemen eenheden onderscheiden. Het hoogste schaalniveau dat voor het project relevant is, is het ecodistrict waarop geologische, geografische en klimatologische factoren bepalend zijn. Het laagste niveau is het eco-element waarmee vaak een bepaald woongebied van een populatie van een soort wordt bedoeld en waarvan de definitie in de buurt komt van de term 'habitat' wat de fysieke ruimte waarin een soort voorkomt omvat (De Nooijer, 1995).

Een groot voordeel van het gebruik van de aquatische ecotopensysteem van Verdonschot e.a. (1992) voor het habitatproject is dat het realiseren van kaarten met daarop duidelijk begrensde ruimtelijke eenheden zoals ecotopen relatief makkelijk is. De systematiek om tot een onderscheid in en een verspreiding van ecotopen te komen is namelijk reeds voorhanden. Een nadeel is dat deze indeling geen pasklare aansluiting geeft op andere onderzoeken; m.a.w. de resultaten van die andere onderzoeken zullen eerst moeten worden 'vertaald' naar het ecotopensysteem. Omdat het ecotopensysteem onderdeel uitmaakt van een hiërarchisch ingedeeld ecosysteem moet het mogelijk zijn om de verschillende onderzoeken op een of andere manier in het hiërarchische systeem in te passen. In de praktijk betekent dit dat termen en definities die worden gebruikt in andere onderzoeken moeten worden vergeleken met de Nederlandse ecosysteem-indeling voor het zoete water waarna de resultaten van die onderzoeken in die verdeling moeten worden ondergebracht.

Het doel van het BEON-Project is het herkenbaar maken van het verband tussen de fysische en chemische milieufactoren en de in een ruimtelijke eenheid ('habitat') voorkomende organismen. Gezien de keuze van definities die voor het project zullen worden gebruikt, is het beter in de toekomst te spreken van 'ecotoopkartering' in plaats van 'habitatkartering'.

Het verdient aanbeveling om door te gaan met het inventariseren van de termen en definities die zowel nationaal als internationaal worden gebruikt terwijl tegelijkertijd het inpassen van deze termen en definities in de verdeling van Verdonschot e.a. (1992) ter hand wordt genomen.