DE ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN HAVENAANLEG OP HET BALGZAND

Dr. Norbert Dankers

Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Texel, 1978

159722

Ten geleide

De studie naar de wenselijkheid van een haven op het Balgzand werd in opdracht van de Gemeente Den Helder verricht door het Nederlands Economisch Instituut en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Het eindrapport, dat 360 pagina's telt, is verkrijgbaar bij de Gemeente Den Helder. Omdat een aantal instellingen en personen vooral geïnteresseerd blijkt te zijn in het ecologische onderzoek en de daarbij toegepaste methoden, is besloten het ecologische deel van het eindrapport als RIN-rapport afzonderlijk uit te geven.

De directie

5. DE ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN HAVENAANLEG OP HET BALGZAND

De conclusie: "Als men van een meeuw één veer uittrekt, kan het beest nog vliegen" is voorbarig. Men dient eerst antwoord te vinden op de volgende vragen:

Wat is vliegen;

Hoeveel veren heeft een meeuw normaal;

Hoeveel veren heeft een meeuw nodig om te vliegen;

Hoeveel veren is de meeuw al kwijt.

Pas als men een antwoord heeft op deze vier vragen kan misschien een goede conclusie getrokken worden.

Bouwe Kuipers, 1977.

INHOUD

	Samenvatting	I
1.	Inleiding	5.2
2.	Beschrijving van het Balgzand	5.2
	2.1. Ontstaan van het Balgzand	5.2
	2.2. Het Balgzand nu	5.5
	2.21 Algemene beschrijving	5.5
	2.22 Schorren of kwelders en hogere gebieden langs de dijk	5.6
	2.23 Droogvallende platen	5.9
	2.24 Geulen	5.18
	2.3. Verwachte toekomstige ontwikkeling van het Balgzand indien geen ingrepen plaatsvinden	5.18
3.	Ecologische processen in het Balgzandgebied	5.21
	3.1. Interacties van het Balgzand met Waddenzee en Noordzee	5.21
	3.11 Inleiding	5.21
	3.12 De westelijke Waddenzee	5.23
	3.13 De Noordzee	5.25
	3.2. Productie en consumptie van biomassa	5.25
	3.21 Het productieproces in de ecologie	5.25
	3.22 Primaire producenten	5.30
	3.23 Planteneters	5.31
	3.24 Vleeseters	5.31
	3.25 Toproofdieren	5.38
	3.26 Detritus	5.39
	3.27 Decomposers	5.39
	3.28 Mosselcultuur	5.41
	3.29 Samenvattende discussie van het productieproces	5.41
4.	Vergelijking van de Waddenzee met andere gebieden	5.43
5.	Functies van de Waddenzee, het Balgzand en zijn deelgebieden	5.43
	5.1. Overzicht van de functies van het milieu	5.43
	5.2. Mate van functievervulling	5.48
	5.21 Productiefuncties	5.48
	5.211 Productie van biomassa	5.48
	5.212 Productie van zuurstof	5.49
	5.213 Productie van delfstoffen	5.50
	5.22 Draagfuncties	5.50
	5.23 Informatiefuncties	5.50
	5.24 Regulatiefuncties	5.54
	5.25 Functies die betrekking hebben op natuur- en landschapsbehoud	5.55

6. Voorgestelde havenontwikkeling met eventuele alternatieven 5.56

7. Invloed van havenwerken en de aanleg van toevoerwegen en kanalen op het natuurlijk milieu 5.56
7.1. Inleiding 5.56
7.2. Invloed tijdens bouwwerkzaamheden 5.59
7.21 Bagger- en opspuitwerkzaamheden 5.60
7.211 Gevolgen van de verhoging van de concentratie van zwevende deeltjes in het water 5.60
7.212 Algemene gevolgen 5.67
7.22 Verstoring en eventuele verontreinigingen en calamiteiten 5.69
7.23 Tijdelijke ingebruikname van gebied 5.71
7.3. Onomkeerbare gevolgen van havenaanleg 5.71
7.31 Algemene gevolgen van een haven in een getijdengebied 5.72
7.311 Gevolgen van het verlies aan wadbodem 5.73
7.312 Gevolgen van veranderingen van stromingen 5.75
7.313 Gevolgen van veranderingen in sedimentatie en erosie 5.78
7.314 Gevolgen van chronische verontreiniging 5.79
7.315 Overige gevolgen 5.81
7.32 Specifieke effecten van de alternatieve ontwerpen 5.83
7.321 Alternatief 1 5.83
7.322 Alternatief 2 5.84
7.323 Alternatief 3 5.85

7.4. Invloeden van het havenbedrijf 5.85

8. Functieverliezen van het Balgzand en zijn deelgebieden bij havenaanleg 5.86
8.1. Directe effecten 5.87
8.11 Productiefuncties 5.87
8.12 Draagfuncties 5.89
8.13 Informatiefuncties 5.89
8.14 Regulatiefuncties 5.90
8.15 Functies die betrekking hebben op het natuur- en landschapsbehoud 5.90
8.2. Indirecte effecten 5.90
8.21 Verandering in stroompatronen 5.91
8.22 Veranderingen in sedimentatie 5.92
8.23 Chronische verontreiniging 5.92
8.24 Overige effecten 5.92

9. Dankwoord 5.93

10. Geciteerde literatuur 5.94

SAMENVATTING

Uit een beschrijving van het Balgzand (Hfst. 2 blz.2) blijkt dat dit periodiek droogvallend gebied, dat in de Waddenzee dicht bij de Noordzee ligt, grote waarde heeft door het voorkomen van complexe geulsystemen, vlakke platen en overgangen van zout naar brak en van slik naar zand. De beschrijving toont aan dat dit gebied zowel historisch als geologisch gezien een interessante geschiedenis heeft.

Gedurende de laatste 30 jaar is het Balgzand sterk opgeslibd Uit lodingskaarten van Rijkswaterstaat blijkt dat tussen 1948 en 1975 het droogvallend oppervlak toenam van 3400 tot 5350 ha. Helaas zijn geen exacte lodingskaarten beschikbaar van de periode voor 1948.

In sectie 2.2. wordt de verspreiding van zowel plantaardige als dierlijke organismen beschreven. Zowel de schorren als de geulen en platen worden afzonderlijk bekeken en verspreidingskaartjes van enkele belangrijke soorten worden gegeven.

De ecologische processen in het Balgzandgebied worden beschreven in Hoofdstuk 3 (blz.21) aan de hand van een gesimplificeerde voedselketen. Deze processen worden in sterke mate beinvloed door de grote hoeveelheden zeewater die elke dag op en neer stromen tussen het Balgzand en de westelijke Waddenzee en Noordzee. Deze zorgen voor een grote aan- en afvoer van plantaardige en dierlijke organismen, eieren, organisch en anorganisch gesuspendeerd materiaal en voedingszouten. Een goede aanvoer van eieren en larven is van essentieel belang voor de functie die het Balgzand vervult als kinderkamer voor Noordzeevis.

De methode die gekozen is in hoofdstuk 5 (p.43) om de waarde van het Balgzand zo goed mogelijk te beschrijven, is gebaseerd op de functie van het milieu volgens het Globaal Ecologisch Model (GEM). Aan de hand hiervan wordt bekeken welke functies het Balgzand voor de mens vervult. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen functies, die gebaseerd zijn op de levende natuur en die welke slechts gebaseerd zijn op de geografische situatie. De laatste functies worden niet verder behandeld. Onder een functie wordt in het GEM verstaan: "De mogelijkheid tot het bevredigen van behoeften voor zover die voortvloeit uit de eigenschappen van het natuurlijk milieu". Op grond hiervan kunnen vier functiegroepen onderscheiden worden:

1. productiefuncties;
2. draagfuncties;
3. informatiefuncties;
4. regulatiefuncties.

In het GEM is geen ruimte gelaten voor de ethische motieven ten aanzien van het natuurbehoud. Hierom werd een functiegroep toegevoegd:

5. functies die betrekking hebben op het natuur- en landschapsbehoud.

In een kustgebied zijn de belangrijkste productiefuncties:

1a. de productie van biomassa;
1b. de productie van zuurstof;
1c. de productie van delfstoffen.
Laatstgenoemde functie is in de meeste gevallen slechts gebonden aan de geografische situatie. Een uitzondering is echter de schelpenwinning, die afhankelijk is van de productie van levende schelpen op de platen.

De belangrijkste draagfuncties zijn:
2a. functie voor het transport;
2b. dragen van defensiewerken en militaire oefeningen;
2c. dragen van recreatievoorzieningen en -activiteiten.
Deze functies zijn hoofdzakelijk gebonden aan de geografische situatie met als uitzondering de sportvisserij, die bij de recreatieactiviteiten gerekend kan worden.

De belangrijkste informatiefuncties zijn:
3a. functie voor de natuurbeleving;
3b. functie voor de educatie;
3c. functie voor de wetenschapsbeoefening;
3d. signaalfunctie.

Regulatiefuncties kunnen zijn:
4a. biologische reiniging;
4b. biologische regulatie;
4c. bodemregulatie.

De functies van een gebied die betrekking hebben op het natuur- en landschapsbehoud zijn zeer moeilijk te kwantificeren. De belangrijkste zijn:
5a. functie voor het behoud van planten, dieren, levensgemeenschappen en processen, die van nature in een gebied voorkomen;
5b. functie voor het behoud van het voor een gebied karakteristieke landschap.

Van de genoemde functies wordt nagegaan in welke mate het gebied deze vervult. De vervulling van elke functie is niet op dezelfde manier te meten. Sommige kunnen in geld worden uitgedrukt, andere niet. Ze dienen echter wel allemaal in een evaluatie betrokken te worden.

PRODUCTIEFUNCTIES

Productie van biomassa

De productie van biomassa wordt behandeld aan de hand van een voedselweb dat reeds uitgebreid beschreven is in hoofdstuk 3. Dit wordt gedaan om deze complexe materie te verduidelijken en om aan te geven dat veranderingen in de productie van bijvoorbeeld micro-algen op het Balgzand uiteindelijk door kunnen werken in de dichtheid van

Noordzeevis

Een schematische weergave van dit voedselweb wordt getoond in figuur 5.9 (p.27). Uit deze figuur blijkt, dat het water op het Balgzand met de daarin aanwezige stoffen afkomstig is uit drie gebieden.

De primaire producenten zijn plantaardige organismen, die hun energie uit zonlicht halen en zuurstof leveren. De productie van de primaire producenten wordt op het Balgzand waarschijnlijk beperkt door de hoeveelheid licht. De totale productie op het Balgzand door ééncellige algen op de bodem en door het microphytobenthos en phytoplankton kan geschat worden op 100 g. droge koolstof/m^2/jaar ofwel 6000 ton droge koolstof voor het gehele Balgzand. De productie door hogere planten op de schorren bedraagt 150 à 300 ton organisch materiaal (drooggewicht) per jaar.

Bij de organismen die hoger in het voedselweb staan (meer naar rechts in figuur 5.9.) kunnen de grotere bodemdieren (macrobenthos) geschat worden op een productie van 20 à 30 gram drooggewicht per m^2 per jaar. Voor de kleinere bodemdieren (meiobenthos) is een exact getal niet te geven.

De vleeseters zijn dieren, die leven van andere dieren. Over het algemeen zullen de prooidieren leven van plantaardig materiaal, maar het is onmogelijk om in zo'n zeer algemeen schema exacte scheidingen aan te brengen. Bij de grotere bodemdieren in de groep van vleeseters wordt vooral gedacht aan krabben en garnalen. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit, dat productieberekeningen voor uitsluitend het Balgzand het gebied onderwaarderen. De garnaal bijvoorbeeld verlaat het gebied als de dieren klein zijn en langs de kust groeien ze dan tot een commerciële maat.

De meeste vogels kunnen ook bij de vleeseters gerekend worden. Er bestaan sterke aanwijzingen dat de vogels op het Balgzand het grootste deel van de voor hen bereikbare voedselvoorraad bemachtigen en veranderingen in de productie van de grotere bodemdieren zullen dus hun weerslag vinden in de aantallen van de vogels.

Over de groep van vleeseters die samengevat wordt als bodemvis, is relatief veel bekend. Vooral schol is goed bestudeerd. Zoals eerder reeds gezegd is voor de garnaal, is de productie op het Balgzand niet een exacte waardebepaling. Als een diersoort het Balgzand als kinderkamer gebruikt, wat bijvoorbeeld aangetoond is voor schol, tong en garnaal, kan de productie op het Balgzand laag zijn, terwijl toch het totale gewicht van deze Balgzandgroep in de Noordzee erg hoog is.

Er wordt berekend, dat het Balgzand verantwoordelijk is voor maximaal 3% van de schollenvangst en 1 à 2% van de garnalen vangst. Van de haring kan helaas geen percentage gegeven worden.

De groep van de tertiaire consumenten staat over het algemeen bekend als de groep van de toproofdieren. Er wordt kort ingegaan op het potentiëel belang van het Balgzand voor de zeehond, en op de roofvogels en roofvissen, die in het gebied voorkomen. De mens gedraagt zich op het Balgzand vooral als secundaire consument (roofdier) door het winnen van zeepieren en het vissen van schelpdieren.

Alle levende organismen op het Balgzand worden opgegeten of gaan op een andere manier dood. Zo vormen ze dood organisch materiaal, dat in het water en de bodem terecht komt samen met alles wat vanuit de Noordzee aangevoerd wordt. Dit materiaal wordt detritus genoemd. Een deel van het detritus en de bacteriën die erop groeien, wordt gegeten door een groep dieren, die behandeld zijn onder de groep van planteneters, de rest wordt opgeslagen in de bodem of afgebroken door bacteriën. De organismen die detritus afbreken tot anorganische voedingszouten worden "decomposers" of ontleders genoemd. Dit is de belangrijkste groep uit de voedselketen. Hun werk is vergelijkbaar met wat een tweetraps afvalwaterzuiveringsinstallatie doet. De gevormde voedingszouten gaan in oplossing en worden vooral in de Noordzee weer gebruikt door de primaire producenten van de Noordzeevoedselketen. Door de ontleders wordt veel zuurstof aan het water onttrokken en er zijn aanwijzingen, dat in delen van de Waddenzee soms al vissterfte optreed door zuurstoftekorten. Als een deel van het gebied, waar door ontleders organische stof wordt afgebroken, verdwijnt, moet men er rekening mee houden, dat het organisch materiaal elders afgebroken moet worden, zodat daar de zuurstofproblemen nog kunnen toenemen.

Binnen het hoofdstuk over de productie van biomassa wordt een apart deel gewijd aan de aquacultuur. Op het Balgzand is de visserij naar mosselzaad belangrijk, terwijl er ook enkele mosselpercelen langs het Amsteldiep zijn.

Samenvattend kan men zeggen, dat het Balgzand een grote voedselrijkdom heeft door de grote hoeveelheid organisch materiaal, die uit de Noordzee komt. Het meeste van dit organisch materiaal is niet direct bruikbaar, maar het wordt gemineraliseerd door bacteriën in de bodem. De voedingsstoffen, die daarbij vrijkomen staan ter beschikking van de primaire producenten, maar door de beperkende werking van het tekort aan licht gaat een groot deel terug naar de Noordzee.

De totale productie van de primaire producenten wordt niet verbruikt door de eerste groep consumenten omdat deze waarschijnlijk beperkt worden door het gebrek aan geschikte vestigingsplaatsen. Aantasting van het gebied zal dus een verkleining van de populaties van primaire consumenten met zich mee brengen. De secundaire consumenten (vogels, bodemvis) worden naar alle waarschijnlijkheid wel gereguleerd door de beschikbare hoeveelheid voedsel, zodat veranderingen in populatiegrootte van primaire consumenten een directe weerslag vinden in aantallen van vogels en vissen.

Productie van zuurstof

Hoewel in het waddengebied meer zuurstof geconsumeerd dan geproduceerd wordt, is de zuurstofproductie toch belangrijk, omdat zonder deze productie zuurstoftekorten eerder zouden ontstaan. De zuurstofproductie kan geschat worden op ongeveer 150 mg/m^2 per getij.

Productie van delfstoffen

Aan de hand van productiegegevens van schelpdieren wordt berekend hoeveel schelpkalk per jaar op het Balgzand gevormd wordt. Er wordt aangenomen, dat het grootste deel van deze productie later uit de geulen gewonnen wordt. Op grond van nu ter beschikking staande gegevens wordt gedacht aan 1000 - 5000 ton per jaar voor het gehele Balgzand.

DRAAGFUNCTIES

Tot de draagfuncties die afhankelijk zijn van de levende natuur, kan alleen de sportvisserij gerekend worden. De andere recreatieactiviteiten zijn of alleen gebonden aan de geografische situatie, of het recreatieve aspect wordt ontleend aan de natuurbeleving. Voor de overzichtelijkheid wordt de sportvisserij uitgebreider behandeld bij de overige recreatie onder de informatiefuncties.

INFORMATIEFUNCTIES

Een beschrijving wordt gegeven van de natuurbeleving in het Waddengebied. Deze natuurbeleving als recreatie heeft hoofdzakelijk een psychologische waarde, die in hoge mate afhangt van de natuurlijkheid van het gebied. Een waardering geven van de psychologische waarde, die het Balgzand heeft voor de recreant, valt buiten de competentie van de auteur.

Er wordt geschat dat in het Balgzand-Breehorngebied can 56.000 mandagen per jaar door sportvissers worden doorgebracht. Langs de rand van het Balgzand, die door de haven zou worden aangetast, kan dit getal op ongeveer 16.000 gesteld worden.

Voor de educatie vervult het Balgzand een belangrijke functie. Een opsomming van actuele en potentiële educatieve mogelijkheden wordt gegeven. Bij de prekandidaatscursussen neemt het Balgzand over het algemeen een belangrijke plaats in. Tijdens de postkandidaatsopleiding van studenten wordt over het algemeen enkele maanden aan onderzoek besteed. Op het Balgzand vindt zodoende ongeveer 769 dagen per jaar studentenonderzoek plaats.

Voor het wetenschappelijk onderzoek ligt het Balgzand uitermate gunstig wat blijkt uit het vele zuiver wetenschappelijk en toegepast onderzoek dat er uitgevoerd wordt. Een opsomming van het tegenwoordige onderzoek wordt gegeven en er wordt geschat, dat ca. 10% van het NIOZ-onderzoek op het Balgzand betrekking heeft. Dit kan dus gelijkgesteld worden met (365-104-25) x 130 x 0,10 = 3000 mandagen per jaar.

De mate waarin het Balgzand een signaalfunctie kan vervullen door het aangeven van verontreiniging en verstoring van het milieu van de Waddenzee wordt beschreven. Het Balgzand blijkt voor deze functie van grote waarde te zijn.

REGULATIEFUNCTIES

De belangrijkste regulatiefunctie, die van de biologische reiniging, werd beschreven bij productiefuncties, omdat daar duidelijker het verband met de voedselketen blijkt.

FUNCTIES, DIE BETREKKING HEBBEN OP HET NATUUR- EN LANDSCHAPSBEHOUD

Er wordt aangetoond dat het Balgzand volgens de normen van de Conventie van Ramsar, welke door Nederland ondertekend is, voor tenminste 9 vogelsoorten als een internationaal belangrijk natuurgebied beschouwd kan worden. Ook heeft het Balgzand archeologisch en geologisch nationale waarde.

In hoofdstuk 7 (blz.56) wordt een uitgebreid overzicht gegeven waarin de gevolgen van havens en havenwerken op het milieu worden besproken. Hierbij wordt vooral ingegaan op de gevolgen van verschillende activiteiten op fysische en chemische eigenschappen zoals verhoging van troebelheid, veranderingen van stroompatronen, veranderingen in zuurstofconcentraties etc. Deze fysische en chemische effecten hebben op hun beurt weer een aantal biologische effecten, welke uitgebreid beschreven worden. Een overzichtelijk beeld van de werkwijze in dit hoofdstuk wordt gegeven in figuur 5.13 (blz.57). In sectie 7.3.1. worden de algemene gevolgen van een haven op het Balgzand toegelicht door het beschrijven van de effecten van:

a. het verlies van wadbodem;
b. veranderingen van het stromenpatroon;
c. extra sedimentatie en erosie;
d. verontreinigingen;
e. overige gevolgen.

In sectie 7.3.2. worden deze effecten voor de verschillende alternatieven nog nader gepreciseerd. Er wordt zoveel mogelijk getracht de effecten te kwantificeren.

In hoofdstuk 8 (blz. 86) worden evenals in hoofdstuk 5 de functies van het Balgzand beschreven, maar nu nadat een eventuele haven aangelegd is. Er wordt onderscheid gemaakt tussen directe effecten en indirecte effecten van een haven. Onder directe effecten worden verstaan de gevolgen die een haven heeft door bijvoorbeeld het innemen van een wadgedeelte waardoor de daar gevestigde dieren zullen verdwijnen. Deze effecten zijn betrekkelijk eenvoudig te kwantificeren door de tekeningen van de verschillende havens op de verspreidingskaartjes van verschillende organismen te leggen, en zodoende te beslissen welke organismen en welke hoeveelheden zullen verdwijnen. Het voorspellen van indirecte effecten is veel moeilijker en vaak zelfs onmogelijk omdat dit het voorspellen van veranderingen over een groot gedeelte van het Balgzand en zelfs de Waddenzee en Noordzee inhoudt en dus een zeer goed begrip vereist van de fysische, chemische en biologische processen die er plaats vinden. De hiervoor benodigde kennis ontbreekt nog. Bovengenoemde processen hangen zeer nauw samen met de bestaande stroompatronen en daarom kan men veilig aannemen dat, hoe minder de stroompatronen en wateruitwisseling veranderen, des te kleiner de veranderingen in de biologische processen zullen zijn.

Er wordt niettemin geconcludeerd dat de vervulling van alle functies van het milieu in meer of mindere mate achteruit zal gaan en deze achteruitgang wordt in hoofdstuk 8 zoveel mogelijk gekwantificeerd.

Er dient bovendien op gewezen te worden dat de Balgzandgeul welke nu langs de buitenzijde van de Nieuwe Haven van Den Helder loopt, als de belangrijkste geul van het Balgzand beschouwd moet worden. De totale waterhoeveelheid die door deze geul loopt is weliswaar vergelijkbaar met de hoeveelheid welke door het Amsteldiep stroomt, maar het water dat met eb door de Balgzandgeul stroomt is afkomstig van een uitgestrekt ondiep gebied waar een grote wisselwerking tussen water en bodem plaatsvindt. Het water in dit gebied wordt met vloed zowel door de Balgzandgeul en het Amsteldiep aangevoerd, maar verlaat het Balgzand hoofdzakelijk via de Balgzandgeul.

Tenslotte wordt er op gewezen dat het waddengebied al aan vele relatief kleine ingrepen blootstaat. Er moet daarom voor gewaakt worden dat een op het eerste gezicht vrij onbelangrijke ingreep later de veer blijkt te zijn waardoor de meeuw niet meer kan vliegen.

5.1. INLEIDING

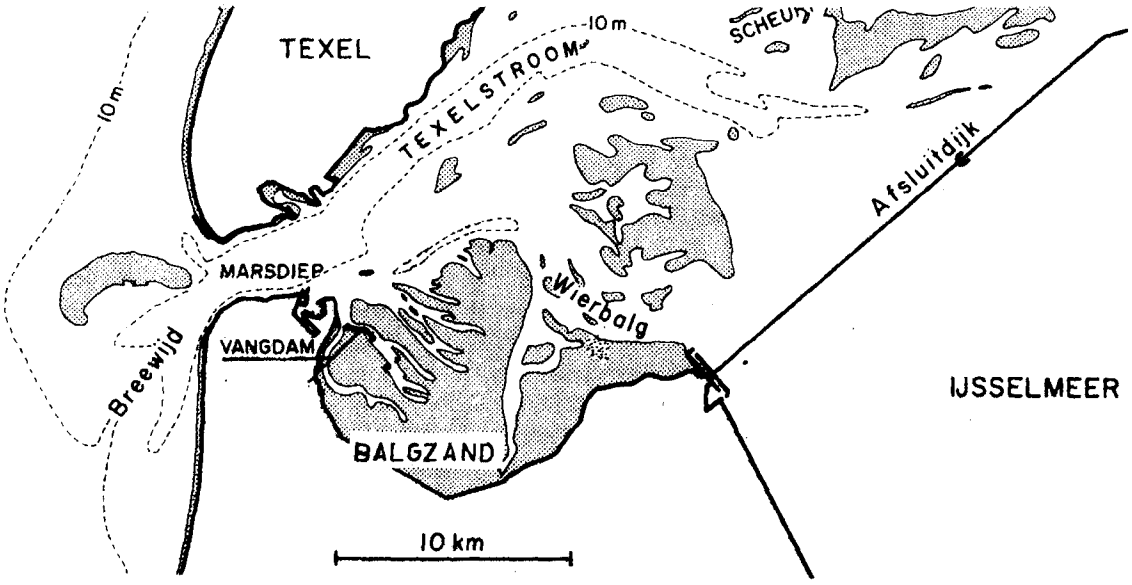
Doel van het onderzoek is na te gaan welke ecologische invloed een beperkte havenaanleg op het Balgzand zal hebben op de ecosystemen van het Balgzandgebied in het bijzonder en van het Waddengebied en de Noordzee in het algemeen, en hoe groot die invloed zal zijn. De opzet van het rapport is zo gekozen, dat het in grote lijnen beantwoordt aan het ecologische deel van de opzet van de in de toekomst te verwachten Milieu-Effect-Rapportages.

In de eerste paragrafen wordt een beschrijving van het gebied en de daar levende organismen gegeven (Par.52). Vervolgens worden de invloeden op het omliggende zeegebied toegelicht (Par.53). Na het vergelijken van het gebied met andere kustgebieden (Par.54), wordt in Paragraaf 5 geanalyseerd, welke functies het gebied op het moment vervult. Ook wordt deze functievervulling zoveel mogelijk gekwantificeerd. Paragraaf 6 beschrijft de alternatieve havenplannen, maar blijft zeer oppervlakkig, omdat exacte ontwerpen niet beschikbaar zijn. De eigenlijke invloed van een haven is weergegeven in Paragraaf 7, waar allereerst tijdelijke en daarna de blijvende gevolgen van havenwerken uitgediept worden. De functieverliezen worden zoveel mogelijk gekwantificeerd in Paragraaf 8. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat slechts gekeken wordt naar gevolgen ten opzichte van de situatie van 1977, omdat alleen in zeer grote lijnen voorspeld kan worden welke natuurlijke ontwikkeling op het Balgzand plaats zal vinden, en welke invloed havenaanleg op een toekomstig Balgzand zal hebben. In Paragraaf 9 wordt bestudeerd of het mogelijk is door compenserende werken de toegebrachte schade aan de Waddenzee te elimineren.

5.2. BESCHRIJVING VAN HET BALGZAND

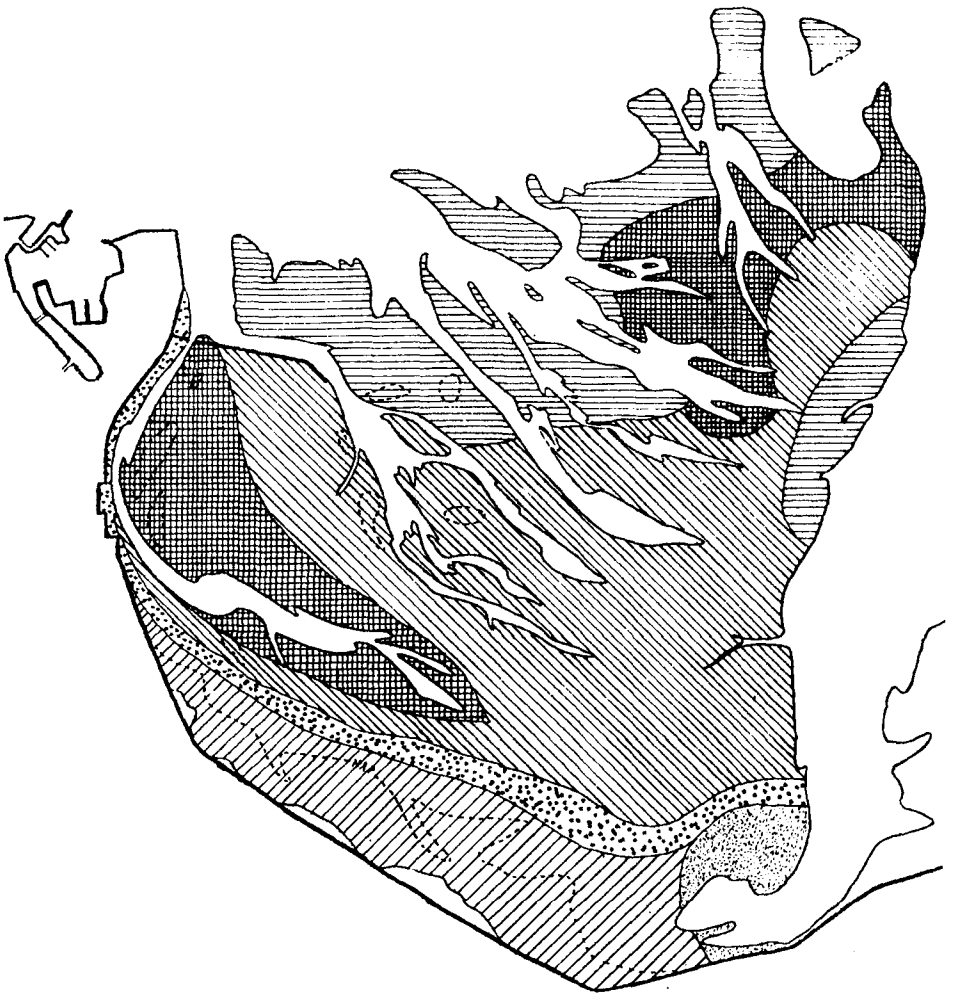
5.2.1 ONTSTAAN VAN HET BALGZAND

Tijdens de laatste ijstijd, toen Nederland niet door ijs bedekt werd, heerste in ons land een arctisch klimaat. Het zuidelijk Noordzeegebied lag toen droog. Doordat weinig vegetatie voorkwam, werden grote hoeveelheden zand verplaatst en afgezet als een stuifzandlaag (dekzand) op en tegen de oude keileembulten, die door de voorlaatste ijstijd op de plaats van Texel en Wieringen afgezet waren.



figuur 5.1: Het Balgzand

Ongeveer 10.000 jaar geleden stagneerde de waterafvoer van het vasteland waardoor in Noord-West-Nederland uitgestrekte moerassen ontstonden, waarin veen gevormd werd. Dit veen is nu nog aanwezig en bestaat uit een samengedrukte laag van 20-40 cm op het dekzand en wordt basisveen genoemd. Doordat de zeespiegel steeg, werd het Balgzandgebied (fig. 5.1) overstroomd en een kleilaag op het veen afgezet. De dikte van de kleilaag hangt af van de hoogte van de onderliggende lagen. Het zeewater, dat deze kleigronden afzette, drong het gebied binnen vanaf het zuiden. Het tegenwoordige Marsdiep bestond toen nog niet. Omstreeks 2000 v. Chr. werden langs de Noordzeekust strandwallen gevormd, waarachter zich op de kleiafzettingen weer veen ging vormen. Dit veen, dat op sommige plaatsen in het Balgzandgebied een dikte van maximaal 130 cm heeft, wordt Hollandveen genoemd. Het was een uitgestrekt veengebied, dat in grote delen van het tegenwoordige Wadden- en IJsselmeergebied voorkwam. Door ontwatering en daarna inklinking en afgraven, samen met zeespiegelverhoging, kon de zee in de 12e eeuw A.D. weer toeslaan. Het Balgzandveengebied werd toen overstroomd vanuit het westen door het Heersdiep tussen Callantsoog en Huisduinen. Nadat dit zeegat dichtgeslibd was, werd het Marsdiep belangrijk. Op het Hollandveen werd toen een dikke zand- en sliklaag afgezet, doorsneden met geulen. Het zand uit de toplaag is aangevoerd door het Marsdiep. Doordat het Balgzandgebied verscheidene malen door de zee overstroomd werd, waarbij iedere keer een geulenstelsel werd gevormd, dat daarna bij de volgende verlandingsfase weer dichtslibde, bestaat de ondergrond van het Balgzandgebied uit een ingewikkeld patroon van veen, klei en zandafzettingen en oude geulsystemen (Ente et al., 1975).



KLEIARM, MATIG FIJN ZAND

" , MIDDEL FIJN ZAND A

" , MIDDEL FIJN ZAND B

KLEIHOUDEND, MIDDEL FIJN ZAND

LICHTE ZAVEL

ZWARE ZAVEL

figuur 5.2: Grondsoorten op het Balgzand (naar De Glopper, 1967).

5.2. HET BALGZAND NU

5.2.1. Algemene beschrijving

Het Waddengebied tussen Den Helder en Wieringen kan onderscheiden worden in drie gedeelten:

A. Het Balgzand	7300 ha;
B. Het Amsteldiep	350 ha;
C. De Breehorn	1800 ha.

Het Balgzand wordt in het noorden begrensd door het Marsdiep en het Malzwin. Het Amsteldiep vormt een brede en diepe, min of meer noord-zuid lopende, geul, die het Balgzand van de Breehorn scheidt. Aan de zuidwestzijde wordt het gebied begrensd door de Balgzanddijk (8,3 km lang) waarachter het Balgzandkanaal ligt. Aan de zuidoostkant wordt het Balgzand door de in 1925 aangelegde Amsteldiepdijk gescheiden van het Amstelmeer.

Het Balgzand en de Breehorn bestaan hoofdzakelijk uit grotendeels droogvallende platen tussen - 1 en + ½ m NAP. Deze twee platengebieden worden van elkaar gescheiden door het Amsteldiep met een diepte van - 0,5 tot - 5 m NAP.

Het noordwestelijk gedeelte van het Balgzand is sterk doorsneden door geulen, die vanuit het Malzwin het gebied binnendringen. Sommige van deze geulen hebben steile hellingen. De rest van het gebied is vlak en heeft een helling van minder dan 0,5 m per km. De helling van platen naar geulen varieert van zeer vlak naar zeer steil. Tabel 5.1. geeft een indicatie van de grootte van de verschillende gebieden wat betreft hun hoogte t.o.v. NAP.

hoger dan NAP	938 ha	(waarvan 30 ha schor)
NAP tot NAP -0,85 m	4324 ha	(droogvallend bij gemiddeld laag water)
NAP - 0,85 m tot NAP - 2 m	1505 ha	
lager dan NAP - 2 m	579 ha	

Tabel 5.1.: De hoogteligging van het Balgzand.

De oppervlaktelaag bestaat hoofdzakelijk uit zand. Alleen bij de Van-Ewijcksluis is na de aanleg van de dijk tussen Noord-Holland en Wieringen in het Amsteldiep slib afgezet. Ook komen slibvelden voor langs de Balgzanddijk. Figuur 5.2. geeft de grondsoorten weer op de droogvallende delen van het Balgzand.

De samenstelling van het water in het Balgzandgebied wordt beinvloed door het Noordzeewater uit het Marsdiep, Waddenzeewater uit o.a. Vlieter en Malzwin, IJsselmeerwater door het periodieke spuien bij Den Oever, Balgzandkanaalwater door het spuien bij Oostoever en Noordhollandskanaal- en rioolwater afkomstig van Den Helder.

In het Balgzandgebied, dat voor dit rapport nader bekeken zal worden, kunnen drie afzonderlijke milieus onderscheiden worden:

1. Schorren of kwelders langs de dijk, waarvan delen vrij regelmatig door zout water overspoeld worden;
2. Platen, die in de meeste getijperioden eenmaal droogvallen. Op deze platen kunnen eventueel kleine poeltjes voorkomen, die ook tijdens laag water nog door water gevuld zijn;
3. Geulen en lagere randen van platen, die nooit droogvallen.

Het min of meer brakke gebied aan de landzijde van de dijk langs het Balgzandkanaal wordt niet in deze beschrijving behandeld. Daar een eventueel haven- en industriegebied deze natuurwetenschappelijk belangrijke gebieden wel kan beinvloeden, zal in Paragraaf 5.7 wel over deze gebieden gesproken worden.

5.2.2. Schorren of kwelders en hoge gebieden langs de dijk

Aan de rand van het Balgzand, waar dit aan de Balgzanddijk grenst, worden drie schorren aangetroffen. Deze schorren worden door geultjes doorsneden. De vloedlijn bereikt meestal de voet van de schorren, maar bij verhoogde waterstanden kunnen de schorren onderlopen. De totale grootte van de schorren is ca. 30 ha; de oppervlakte is de laatste decennia door afslag afgenomen.

Met een normale vloedhoogte komt het water buiten de schorren nagenoeg overal tot tegen de voet van de dijk. De hooggelegen gebieden langs de dijk zijn echter slibbig, staan grote delen van de getijperiode boven water en zijn daardoor te onderscheiden van de andere meer zandige platen.

Het volgende overzicht van de vegetatie van de schorren is ontleend aan Den Hartog & Van der Velde (1970). In tabel 5.2. is de flora der hogere planten van elk schor afzonderlijk opgegeven. Deze tabel is niet vergelijkbaar met de "lijst van fanerogamen", welke door Den Hartog (1958) werd gepubliceerd, daar hierin ook de plantensoorten zijn opgenomen, die op de Balgzanddijk en de oeverterreinen van het Balgzandkanaal worden aangetroffen. Deze gebieden werden in 1970 niet in het onderzoek betrokken. In totaal werden 42 plantensoorten gevonden. In de tabel zijn soorten die het vegetatiebeeld beheersen, onderstreept.

Een deel van de schorren vertoont steile afslagranden; op meer beschutte plaatsen, bijvoorbeeld in de ruimte tussen de schorren tegenover De Kooy, is een duidelijke landaangroei waarneembaar. In vergelijking met de kwelders van de Waddeneilanden is het Balgzand duidelijk slibrijker. De Friese en Groningse kwelders zijn nog slibrijker dan het Balgzand, en door menselijk toedoen wordt daar de vegetatieontwikkeling versneld, hetgeen resulteert in een grotere eenvormigheid van de begroeiing van deze schorren.

Soort	schor 3N	3Z	2	1
Fioringras	+	+	+	+
Engels gras	+	-	-	-
Zeealsem	+	+	+	+
Zeeaster	+	+	+	+
Spiesbladmelde	+	+	+	+
Strandmelde	-	-	+	+
Herderstasje	-	-	v	v
Mel ganzevoet	-	-	v	-
Akkerdistel	-	v	v	v
Engels lepelblad	+	+	+	+
Wilde peen	-	-	v	-
Strandkweek	+	v	+	+
Kweek	+	v	v	v
Rood zwenkgras	+	+	+	+
Melkkruid	+	+	+	+
Zoutmelde	-	+	-	+
Zilte rus	+	+	+	+
Lamsoor	+	+	-	-
Reukeloze kamille	-	-	-	v
Hopklaver	-	-	-	v
Riet	+	-	+	-
Grote weegbree	+	v	-	v
Zeeweegbree	+		+	+
Straatgras	-	v	-	-
Varkensgras	+	v	v	v
Zilverschoon	+	-	v	v
Vijfvingerkruid	-	-	v	-
Stomp kweldergras	+	-	v	-
Kweldergras	+	+	+	+
Krulzuring	-	v	-	v
Zeekraal	+	+	+	+
Gewoon kruiskruid	+	-	v	v
Zwarte nachtschade	-	v	-	v
Akkermelkdistel	-	v	-	v
Engels slijkgras	+	+	+	+
Zilte schijnspurrie	+	+	+	+
Gerande schijnspurrie	+	+	+	+
Muur	-	v	v	v
Klein schorrekruid	+	+	+	+
Paardebloem	-	v	-	-
Aardbeiklaver	+	-	-	-
Strandzoutgras	+	+	+	-
Totaal aantal soorten:	27	29	30	31

Tabel 5.2.: De flora van de schorren van het Balgzand in 1970. + = aanwezig, - = ontbrekend, v = uitsluitend in vloedmerk (Den Hartog & Van der Velde, 1970). De schorren staan in de volgorde van noord naar zuid (zie fig. 2.1.). Soorten die het vegetatiebeeld beheersen, zijn onderstreept.

Dank zij het feit, dat de menselijke bemoeiingen op het Balgzand zich in hoofdzaak beperkt hebben tot beweiding met vee, is de vegetatie er fraai gedifferentiëerd in een aantal plantengemeenschappen, hoofdzakelijk opgebouwd uit zoutplanten. In totaal werden 12 vegetatie-eenheden onderscheiden.

Het *Salicornietum europaeae*, het *Spartinetum townsendii*, het *Puccinellietum maritimae*, het *Juncetum gerardii* en het *Elytrigia-pungens-gezelschap* bezetten het grootste deel van het schor. De vegetatie op de schorren verandert sterk. Van de acht in 1947 - 1954 aangetroffen vegetatie-eenheden verdwenen er twee, n.l. het *Saginetum maritimae* en haar subassociatie *triticetosum*. Beide eenheden zijn overgegaan in het *Elytrigia purgens* - gezelschap, dat in 1947-1954 niet voorkwam, maar zich sinds de vestiging van de kapmeeuwenkolonie heeft gevormd en zich nu uitbreidt ten koste van andere vegetatie-eenheden, in het bijzonder het *Juncetum gerardii*. Eveneens nieuw verschenen zijn het *Spartinetum townsendii* en het *Artemisia*-gezelschap.

Tussen de schorren en de zeegrasbegroeiing op de wadplaten (welke later besproken zal worden) bevindt zich een zone zonder hogere planten, die door Den Hartog & Van der velde als kale zone aangeduid wordt. Ook zeepieren en tweekleppige schelpdieren zijn er schaars of afwezig. In de meeste studies wordt er geen aandacht aan deze zone geschonken, doch zij is van groot belang voor de sedimentatie. Talrijke microscopisch kleine algen vormen er een bodemfilm. Op het Balgzand met zijn detritusrijke fijne zand en zandig slik zijn het vooral diatomeeën, die dit laagje vormen; op zeer zandige bodem overheersen de blauwwieren. Deze wieren binden niet alleen gesedimenteerd materiaal door afgescheiden slijm, doch zijn ook in staat door elk juist afgezet sedimentlaagje heen te groeien. De algen verhogen dus geleidelijk de bodem, een proces dat echter nogal eens onderbroken wordt door stormen, waarbij de bodem wordt omgewoeld, en afgezet materiaal veelal afgevoerd.

De oevers van de schorren zijn een biotoop voor springers *(Orchestia sp.)* en de geultjes, die de schorren doorsnijden bevatten veel, zeeduizendpoten *(Nereis diversicolor)* en slijkgarnalen *(Corophium sp.)*.

Het grote belang van de schorren voor de avifauna ligt in het feit, dat ze min of meer ongestoorde droogblijvende stukken land vormen, waar duizenden vogels tijdens hoog water rusten. Het belang van de schorren als broedgebied wordt door de Werkgroep Waddengebied (Anon., 1970) als volgt samengevat: "Wat de vogels aangaat, heeft het Balgzand, ondanks de relatief geringe uitgestrektheid der schorren, een zekere waarde als broedgebied, wat reeds blijkt uit het feit dat de Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels de broedplaatsen laat bewaken. Van de sterns broedde de visdief er al in groot aantal aan het eind van de vorige eeuw. De soort hield stand ook toen het schorareaal afnam door verleggen van de zeedijk bij het uitvoeren der Zuiderzeewerken. Een belangrijke daling in visdief-aantallen werd in

het begin van deze eeuw veroorzaakt door het schieten van sterns voor mode-doeleinden. De dieren herstelden zich daarvan en na de oorlog heeft het aantal broedparen blijkbaar steeds enkele tot verscheidene honderden bedragen, in 1951 ongeveer 1200, in de jaren 1964 - '66 omstreeks 500 (Van IJzendoorn, 1965, Boer en Monsees, 1967, Swennen, mondeling). - Dat het gebied ook voor de grote stern potentieel belangrijk is bleek in 1955, toen een kleine vestiging van 1954 op het nieuw opgespoten terrein van de Marinehaven uitgroeide tot een kolonie van waarschijnlijk enige duizenden paren. Het ontbreekt in het Balgzandgebied echter aan goede nestelplaatsen voor deze soort en de kolonie verdween bij verdere ingebruikname van het Marinehaventerrein. - De noordse stern is broedvogel op het Balgzand in enkele paren. - De kapmeeuw broedt in het gebied in ruim 2000 paren. Van de steltlopers is de bonte strandloper vóór de inpoldering van het grote schor bij De Kooy blijkbaar een geregelde broedvogel geweest (Swennen). Het broeden van deze soort werd bovendien aannemelijk gemaakt voor 1964 en 1965. Langs Balgzanddijk en schor broedden in 1968 een kleine 100 paar scholeksters, 3 paar strandplevieren, een 20 paar tureluurs en een 30 paar kluten (Van Apeldoorn, 1969).Vestiging van de eidereenden op het Balgzand in de jaren 1958 - '64 was het enige broedgeval van deze soort op het Nederlandse vasteland (Boer & Monsees, 1967). De bergeend broedt in het gebied in hoogstens enkele paren, maar de soort brengt er honderden kuikens groot, die tot ver uit het achterland afkomstig zijn. De slobeend broedt er blijkbaar geregeld in enkele paren".

5.2.3. Droogvallende platen

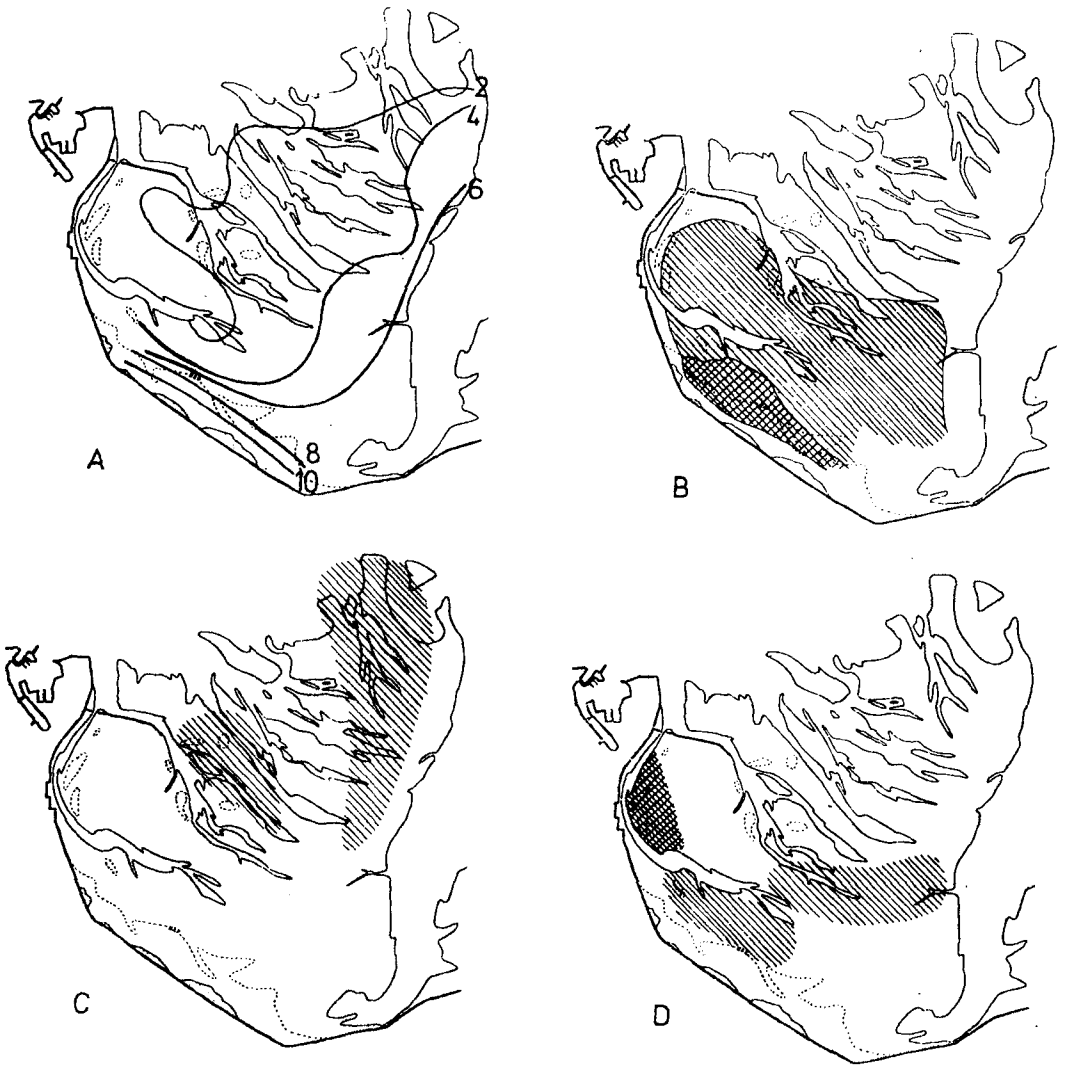
In het droogvallende gebied kan een geleidelijke overgang van slik naar zand onderscheiden worden. Deze overgang verloopt van zuidwest naar noordoost. Het meeste slib wordt afgezet in de zuidwesthoek, omdat daar in verband met de beschutte ligging t.o.v. de zee en de overheersende zuidwestenwinden de rustigste waterbewegingen voorkomen.

Op het wad kunnen buiten de reeds genoemde kale zone twee vegetatie-eenheden onderscheiden worden, n.l. het algengezelschap en het zeegrasgezelschap. Het algengezelschap kan onderscheiden worden in een groep algen die meestal vastzitten op lege schelpen en een tweede groep, die alleen een vaste ondergrond nodig heeft om te kiemen. Het algengezelschap is karakteristiek voor het Balgzandgebied en komt in de rest van de Waddenzee niet in dezelfde vorm voor (Den Hartog, 1970). Dezelfde onderzoeker beschrijft de vegetatie van de droogvallende platen als volgt: "Op lege schelpen van strand- en slijkgapers, kokkels, mossels en alikruiken, die overal op het wad liggen, treffen wij een weelderige wiervegetatie aan van *Ceramium rubrum*, *Polysiphonia elongata*, *P. nigra* en *P. nigrescens*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha clathrata*, *E. intestinalis* en *E. prolefera*, *Chorda filum*, *Gracilaria verrucosa* en op deze het vastzittend levende kwastwier *Ecto-*

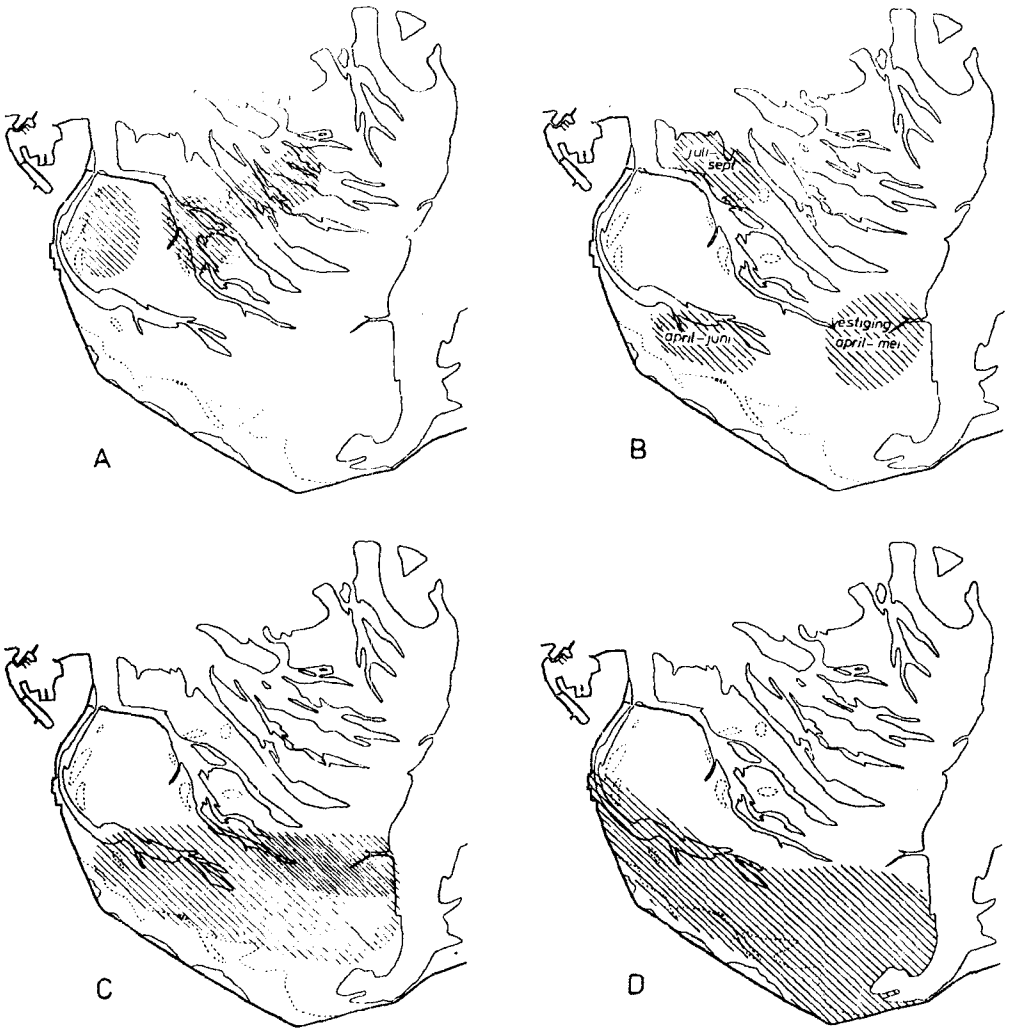
carpus siliculosus. Vele van deze wieren komen ook ronddrijvend voor, waarbij ze afmetingen krijgen, zoals wij op onze zeedijken nimmer zien. Een tweede groep van wieren heeft slechts een substraat nodig voor de kieming. Slechts in hun jeugd zitten ze vast op een steen of schelp, maar ze raken daarvan al spoedig los. Het meest opvallend zijn meterslange lappen van *Ulva lactuca* en overal in elkaargedraaide dradenbossen van *Chaetomorpha linum*. Andere soorten die niet verankerd voorkomen, zijn *Cladophora laetevirens*, *Cl. vagabunda*, *Bryopsis plumosa* en *Chondrus crispus*, *Leathesia difformis*, een bruine bolvormige alg ter grootte van een druif, werd vroeger op de *Chaetomorpha's* van het Balgzand gevonden. De zeegrasgezelschappen hebben slechts twee soorten hogere planten, n.l. het groot en klein zeegras, *Zostera marina* en *Z. noltii*. Het groot zeegras werd door een ziekte in de dertiger jaren nagenoeg uitgeroeid. Tot 1965 trad echter een groot herstel op, waarbij uitgebreide gebieden door *Zostera* bedekt werden. In 1970 waren alle volwassen planten verdwenen en slechts kiemplanten en jonge planten van beide *Zostera*-soorten waren aanwezig voor schor 3".

Tijdens het huidige onderzoek werd alleen *Zostera noltii* aangetroffen. Naast de reeds genoemde vegetatieeenheden komen diverse gezelschappen voor die hoofdzakelijk samengesteld zijn uit diatomeeën en andere microscopische algen. De fauna van de droogvallende platen varieert sterk van plaats tot plaats. Grote veranderingen zijn ook opgetreden sinds het verdwijnen van het zeegras. De tijd,dat het wad door het water bedekt wordt en de samenstelling van de bodem (zand of slik) zijn een goede indicatie voor de soorten en aantallen dieren, die in een bepaald gebied voorkomen. Een overzicht van het voorkomen van de verschillende soorten ongewervelde dieren is gegeven door Boer (1970). Een overzicht van de verspreiding van enkele belangrijke groepen organismen is gegeven in figuur 5.3. t/m 5.5.

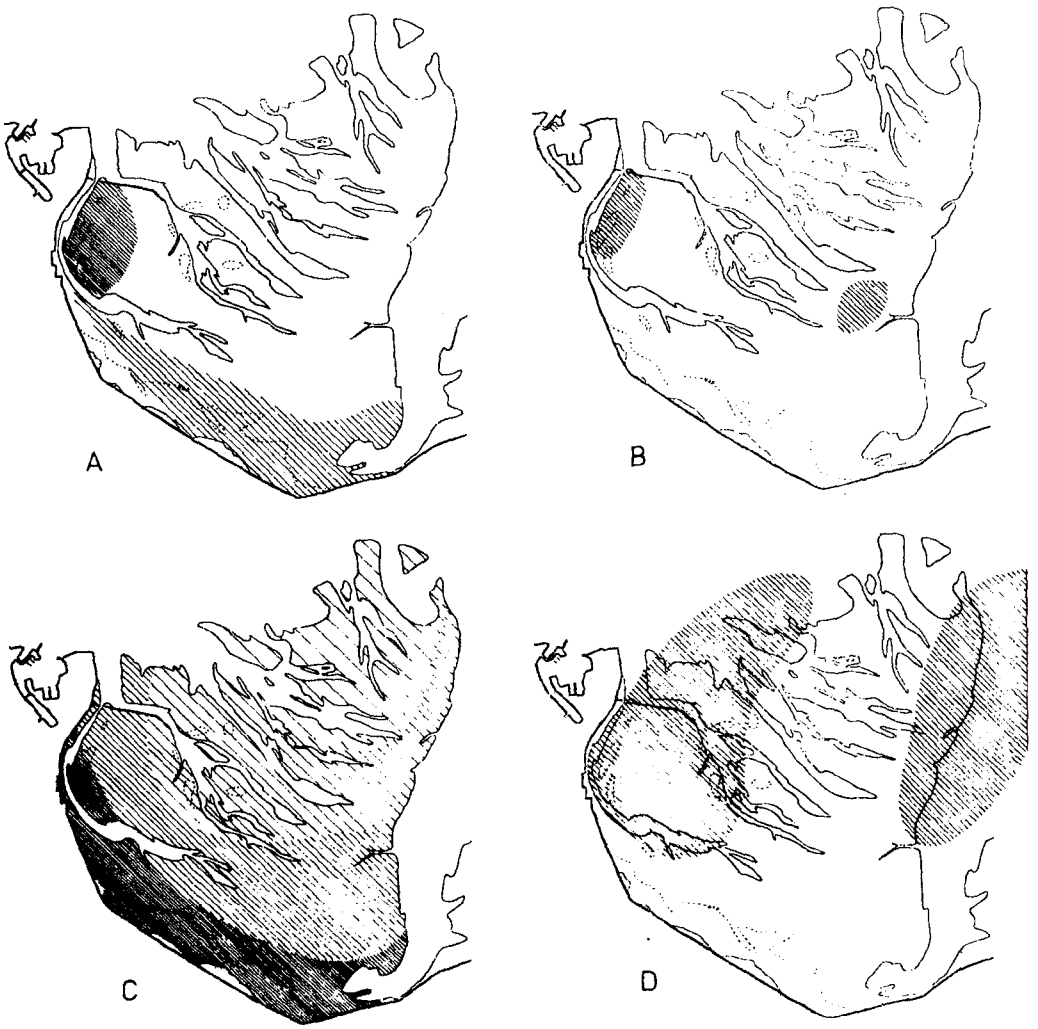
Op deze kaartjes zijn alleen de gebieden met de hoogste dichtheden aangegeven. Figuur 5.3a geeft aan, dat de hoogste concentratie van microphytobenthos (microscopisch kleine op de bodem levende plantaardige organismen) voorkomt langs de Balgzanddijk. De concentraties nemen af naarmate men verder het wad opgaat. Nauwkeurige gegevens betreffende het noordwestelijk gedeelte van het Balgzand zijn niet beschikbaar door de grote heterogeniteit van dat deel van het Balgzand. De gegevens waarop figuur 5.3a gebaseerd is werden verzameld in februari/maart en geven dus niet een jaargemiddelde weer. Kaartje 5.3b geeft aan dat de broedval van het nonnetje *Macoma balthica* (een schelpdier), vooral plaatsvindt in het slikgebied langs de dijk en dat de volwassen dieren in de grootste dichtheden in het zuidelijk gedeelte van het Balgzand voorkomen. De voornaamste kokkelconcentraties komen voor in het gebied, dat op kaartje 5.3c is gearceerd. Broedval vindt in hetzelfde gebied plaats. Kaartje 5.3d geeft aan dat het broedval- en opgroeigebied van de zeepier *Arenicola marina* vooral in het gebied ten oosten van de munitieopslagplaatsen voorkomt. In dit deel liggen ook wilde mosselbanken waartussen slibbige gedeelten voorkomen. De volwassen zeepieren migreren naar de meer zandige gedeelten, die op kaartje 5.3d gearceerd zijn. Figuur 5.4a geeft aan dat de gebieden met



figuur 5.3.: Hoogste dichtheden van enkele soorten organismen op het Balgzand. A, Verspreiding van microphytobenthos, aangegeven als hoeveelheid chlorophyl in de oppervlaktelaag in februari/maart (naar Cadée en Hegeman, 1977). B, Nonnetje *Macoma balthica*. Het broedvalgebied is dubbel gearceerd, het gebied met de hoogste dichtheden volwassen dieren is enkel gearceerd. C, Kokkel. D, Zeepier *(Arenicola marina)*, dubbele arcering is broedvalgebied, enkele arcering is gebied met grootste dichtheid volwassen dieren. (B, C en D naar Beukema, pers. com).



figuur 5.4.: Hoogste dichtheden van mossel en enkele vissoorten op het Balgzand. A, Mossel, B, Schol, in verschillende maanden. C, tong, de dichtheid van de arcering geeft aan welke gebieden het belangrijkst zijn. D, bot. (A naar gegevens van RIVO, Texel.; B, C en D naar gegevens van R. Dapper).



figuur 5.5.: Hoogste dichtheden van krab, garnaal en vogels op het Balgzand. Dichtheid van arcering geeft aan welke gebieden relatief het belangrijkst zijn, A, Krab. B, Garnaal. C, Steltlopers en bergeenden. D, Duikeenden en futen. (A, naar Klein Breteler, 1976; B, naar van Lissa-Bon, 1977; C, D, naar Swennen, pers. com).

veel mosselbanken gelegen zijn bij de geulen, die vanaf het Malzwin het Balgzand binnendringen. Voor de schol op kaart 5.4b is het beeld meer complex. Vestiging treedt op in het zuidwestelijk en oostelijk deel van het Balgzand, maar in de periode tussen juli en september komen de hoogste dichtheden voor op de zandige plaat ten noorden van de Vangdam. Van de tong is bekend, dat zeer grote hoeveelheden voor kunnen komen in het gearceerde gebied op kaartje 5.4c, maar later verspreiden deze dieren zich over het zuidelijk gedeelte van het Balgzand. De grotere tong komt vooral voor in de geulen. Kaartje 5.4d geeft aan, dat de jonge bot zich vooral ophoudt in de slibbige delen van het Balgzand maar later trekken deze dieren naar de geulen in de noordwesthoek. Kaartje a van figuur 5.5. geeft aan dat zeer hoge aantallen van de strandkrab in het gebied van de mosselbanken voorkomen. Hoge aantallen zitten ook in de meer slikkige gedeelten langs de Balgzanddijk. De garnaal komt in alle geulen voor, maar de allerhoogste dichtheden werden gevonden in het gebied, dat op kaartje 5.5b gearceerd is. Voedselgebieden voor vogels kunnen grofweg in twee soorten gesplitst worden. De steltlopers en bergeenden fourageren met een afnemende dichtheid naarmate het wad lager ligt, zoals aangegeven op kaartje 5.5c. De duikeenden en futen fourageren met soms zeer hoge aantallen in de gebieden, die op het kaartje 5.5d aangegeven zijn.

Tijdens laag water worden de platen bezocht door grote aantallen voedselzoekende vogels (Tabel 5.3). Hierbij zijn zowel dieren, die in of nabij het Balgzandgebied broeden, als dieren, die voor de ruiperiode en verdere doortrek grote hoeveelheden reservevoedsel op moeten slaan. De werkgroep Waddengebied (Anon., 1970) zegt hierover: "Afgaande op de in Augustus 1963 (Rooth, 1966) en December 1966 (Spaans, 1967) in het waddengebied gehouden vogeltellingen voedt het Balgzand ruim 4% van de Nederlandse Waddenzeepopulatie aan trekvogels, wat beantwoordt aan de grootte van de oppervlakte (7000 tegenover 140.000 ha droogvallend). Het aantal wulpen bedraagt in de loop van het jaar enkele honderden tot meer dan 1000, het aantal scholeksters enkele honderden tot 10.000 en meer. Voor steenloper, groenpootruiter en kluut bedragen de aantallen in de trektijden tot enkele honderden, voor de tureluur tot 1000 exemplaren. Van de bonte strandloper, kanoetstrandloper en de rosse grutto kunnen de aantallen sterk wisselen, maar voor de strandlopers oplopen tot vele duizenden, voor de rosse grutto tot enkele duizenden (cijfers ontleend aan Boer & Monsees, 1967 en Swennen, mondeling). Wat de eenden aangaat kunnen de aantallen van de bergeend en de wilde eend oplopen tot enkele duizenden. Langs de Zuidwal kunnen zich in de winter vele honderden tot enkele duizenden zwarte zeeëenden en enkele honderden eidereenden ophouden; het aantal middelste zaagbekken in het gebied bedraagt dan enkele tientallen tot enkele honderden. Tijdens vorst kunnen zich er honderden en soms duizenden toppereenden en grote zaagbekken ophouden, waarvan de toppereenden (evenals de zwarte zeeëenden) zich waarschijnlijk voornamelijk met schelpdieren voeden, de zaagbekken waarschijnlijk met spiering. Van de planteneters is de rotgans een geregeld voorkomende soort, waarvan de aantallen 's winters enkele tientallen tot enkele honderden of meer bedragen. In de herfst kunnen zich op het wad soms duizenden

Soort	jan.	febr.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	oct.	nov.	dec.	Broedvogel schorren
Lepelaar							ongeveer 75						
wilde eend	865	125	125	45	0	0	3	50	460	530	170	280	+
wintertaling	4	0	0	0	0	0	0	0	45	30	0	65	
smient	1713	2000	2000	78	0	0	0	0	20	2030	700	82	
pijlstaart	115	50	50	30	0	0	0	0	23	260	220	5	
eidereend	91	150	45	16	76	85	0	27	8	8	65	37	?
grote zaagbek	250	250	250	50	0	0	0	0	0	0	250	250	
middelste zaagbek	13	13	13	13	13	0	0	0	0	0	13	13	
bergeend	1208	330	417	345	374	667	796	373	375	902	1200	1656	+
rotgans	314	123	258	369	372	69	0	0	32	210	190	512	
scholekster	7892	9933	13250	2658	3200	3680	6613	6636	11900	13167	14967	10133	+
zilverplevier	31	38	3	113	500	331	177	119	209	230	64	8	
bontbekplevier	1	19	145	20	148	46	30	46	122	21	1	2	+
strandplevier	0	0	2	4	20	21	30	21	15	7	0	0	+
steenloper	92	240	106	443	587	40	191	65	213	130	107	9	
wulp	3150	2050	2550	2095	918	725	2315	2315	4083	2030	1460	1384	
rosse grutto	1016	211	410	2222	4168	220	233	1298	1090	502	650	9	
tureluur	598	195	330	1306	347	720	1347	331	1037	816	525	38	+
zwarte ruiter	0	3	0	38	147	191	127	151	470	37	0	0	
groenpootruiter	0	0	0	4	42	9	139	124	223	67	5	0	
kanoetstrandloper	12680	16295	14267	9267	64	47	18	139	128	14540	24267	2856	
bonte strandloper	4925	2467	2400	13560	7667	18	1484	4000	10438	5200	8067	1875	?
krombekstrandloper	0	0	0	0	0	0	3	247	178	0	0	0	
kluut	36	2	56	64	40	100	145	133	562	408	47	10	+
zilvermeeuw	206	210	510	500	30	20	155	500	2590	725	130	1458	
stormmeeuw	225	350	1500	160	0	140	1525	1000	1138	310	50	250	
kokmeeuw	600	340	4800	1700	4500	5000	515	4450	3990	1180	300	250	+
visdiefje	0	0	0	0	500	500	310	350	278	0	0	0	+
dwergstern	0	0	0	0	1	1	20	1	1	0	0	0	

Tabel 5.3.: Gemiddelde aantallen van 29 soorten vogels in iedere maand van het jaar. Deze getallen zijn berekend uit telgegevens van een aantal jaren. De tabel is samengesteld uit ongepubliceerde gegevens verzameld door C.J. Smit uit Boer et al., 1970; Boer & Mousees, 1967; Boere & Zegers, 1974a, 1974b, 1977; Buurma, 1970; V.d. Steeg, 1967.
De soorten waarvoor het Balgzand van groot belang is volgens de normen van de Conventie van Ramsar zijn onderstreept.

smienten en wintertalingen ophouden. Het aantal futen in het voorjaar langs de Zuidwal bedraagt enkele tientallen tot honderden (cijfers ontleend aan Swennen). Een groot voordeel van het Balgzand als voedselareaal voor vogels is dat het, meer dan andere wadgebieden, omgeven is door terreinen, extra gunstig voor overtijen bij hoogwater: Wieringen, Amstelmeer, Balgzanddijk en -polder, enz.Een deel der vogels vliegt om te overtijen naar Zuid-Texel. Het Balgzandgebied is van ouds belangrijk als fourageergebied voor onze lepelaars. Zowel de broedvogels van het Zwanenwater als die van Texel doen aan dit bezoek mee. Men mag zich afvragen of de Zwanenwaterkolonie zich zal handhaven bij wegvallen van het Balgzand; door het zoeter worden van de Noordhollandse binnenwateren heeft de lepelaar daar waarschijnlijk veel van zijn voedsel-areaal dichter bij huis verloren. Het Balgzand is verder het enige wadgebied dat voor de kapmeeuw naast grote zomer-aantallen ook hoge winter-aantallen heeft. Dit is in de eerste plaats te danken aan de rijkdom van het gebied aan spiering. Het gebied functioneert als belangrijke slaapplaats voor meeuwen, die hun voedsel zoeken in het binnenland.

Volgens de Boer et al. (1970) kunnen op het Balgzand voor vogels verschillende fourageergebieden onderscheiden worden. Kanoetstrandlopers, steenlopers en scholeksters fourageren voornamelijk op en rond de mosselbanken. Lepelaar, Eidereend, Rotgans, Groenpootruiter en Kluut fourageren voornamelijk in het slenkengebied. Wulp, Rosse Grutto, Tureluur en Zwarte Ruiter voornamelijk langs de oevers van het Amsteldiep, terwijl de eerste twee ook langs de slenken fourageren. Bonte strandlopers fourageren overal waar het water niet dieper is dan 1 cm, voornamelijk rond de zuidkant van het slenkengebied en op het midden van het Balgzand. Zilver-, Strand-, en Bontbekplevier fourageren op de hogere wadgedeelten en de laatste ook langs zoute plasjes binnendijks. De hoogwatervluchtplaats wordt bepaald door het fourageergebied. De dichtstbijzijnde plaats die voor overtijing geschikt is wordt als hoogwatervluchtplaats gekozen. Dit is bijvoorbeeld goed te zien bij Scholeksters die zelden of nooit op het 1e en 2e schor overtijen, ze kiezen altijd die plaats als hoogwatervluchtplaats, die het dichtst bij het fourageergebied ligt. veel soorten zijn daarom telkens op dezelfde hoogwatervluchtplaats te zien. Dit geldt voor Zilverplevier, Groenpootruiter, Bonte strandloper en Kluut, die alleen tijdens topdagen ook op andere hoogwatervluchtplaatsen worden gezien. Andere soorten hebben een voorkeur, die per seizoen verschilt. Zo overtijen de scholeksters voornamelijk 's winters op het derde schor en 's zomers op Wieringen, terwijl dat bij de tureluur net andersom is. Rosse grutto's hebben 's zomers een voorkeur voor het eerste schor en 's winters voor het derde. Tureluurs blijken 's winters bovendien tijdens hoogwater voor 20 à 30% binnenlands te overtijen tegen 's zomers 5 à 10%.

Tijdens hoog water wordt het platengebied bezocht door grote aantallen vissen, die er voedsel zoeken. Ook garnalen en krabben komen dan veel voor. De meeste van deze dieren trekken zich bij laag water terug in de geulen of in ondiepe plasjes die bij laag water niet

Soort	Gewogen jaargemiddelde dichtheid per ha	Max. dichtheid per ha	Periode van voorkomen
Haring	1000	M - 9300	vnl. najaar
Sprot	2800	22.000	" voorjaar
Spiering	6500	W-320.000	" winter
Paling	72	W-1300	" nazomer en najaar, in klein aantal op wad
Wijting	1300	M-34.000	" najaar
Steenbolk	45	M-750	zomer
Kabeljauw	140	M-3300	vnl. voor- en najaar
Vijfdradige meun	40	M-450	" voor- en najaar
Grote zeenaald	73	M-2500	" najaar
Kleine zeenaald	270	M-3000	niet in winter
Horsmakreel	29	M-450	alleen zomer
Grondel	2200	W-40.000	vnl. juli-dec.
Puitaal	830	W-5700	gehele jaar, op het wad rond de geulen
Botervis	2	M-400	gehele jaar
Smelt	45	M-600	"
Zandspiering	800	M-20.000	vnl. nazomer, op het wad rond Malzwin
Pitvis	3	-	zomer
Knorhaan	1700	M-13.000	gehele jaar
Harnasmannetje	100	M-1200	"
Slakdolf	49	M-600	"
Schar	1700	M-16.000	MO: aug. - dec. MD: mrt. - juni, Oct. W: muv. jan. mrt.
Bot	610	M-11.000	gehele jaar, ook op het wad
Schol	5000	M-27.000	MO: juni - nov. MD: jan. - mrt. W: gehele jaar
Tong	2100	M-11.000	vnl. aug.

Tabel 5.4.: Overzicht van de meest voorkomende vissoorten in de geulen rond het Balgzandgebied, vnl. Malzwin en Wierbalg, gebaseerd op gegevens uit 1963 en 1964 (Boer et al., 1970). Gebruikte afkortingen: M = Malzwin, MO = Malzwin, 3 - 5 m diep, MD = Malzwin, 9 - 11 m diep, W = Wierbalg.

droogvallen. Een overzicht van de dichtheden van vissen in de geulen rond het Balgzand wordt gegeven in tabel .4. Hierbij dient men te bedenken, dat de vangsten werden gedaan met een boomkor, die maar een deel van de populatie vangt. De werkelijke dichtheden zijn dus veel hoger.

5.2.4. De geulen

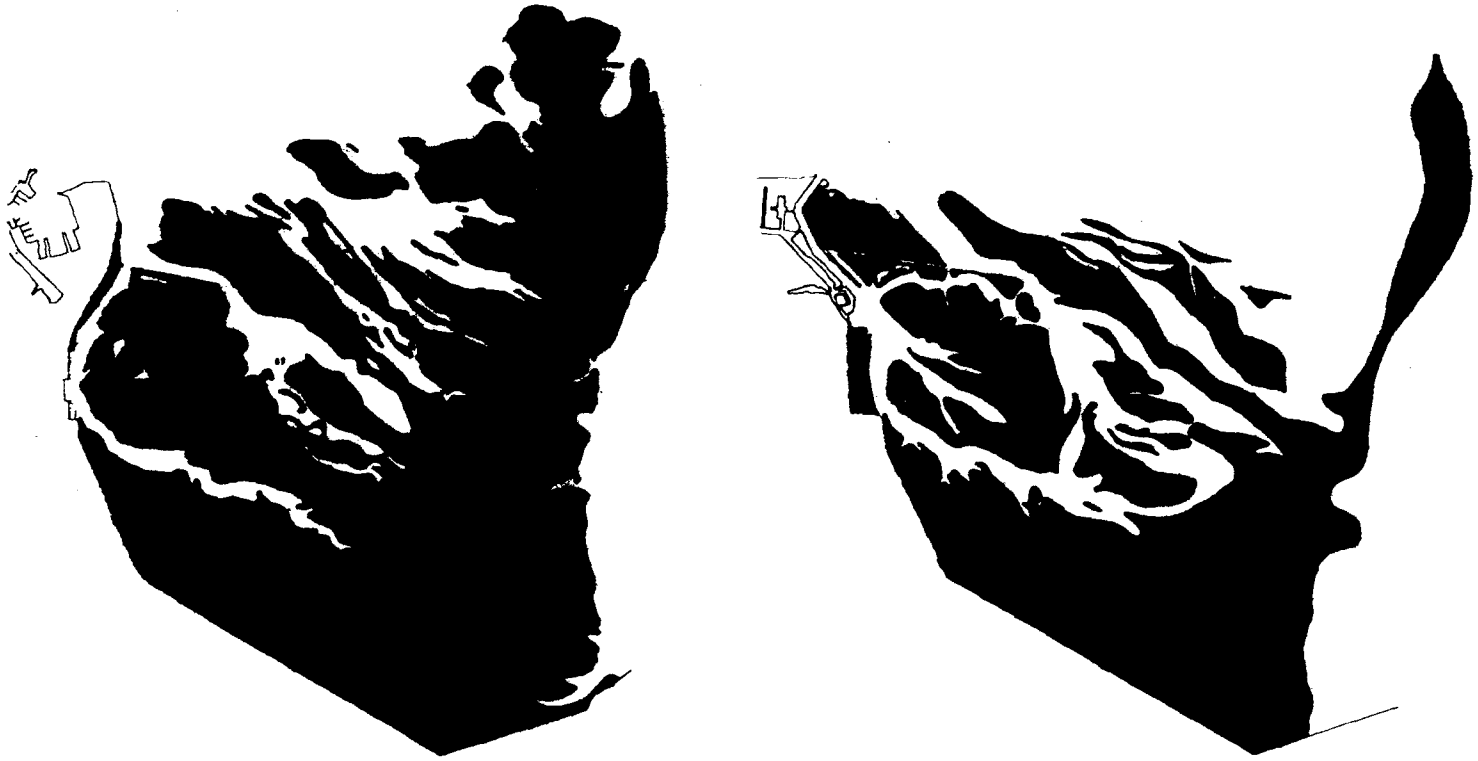
Het Balgzand wordt doorsneden door een groot aantal geulen. Deze geulen worden op diepte gehouden door het stromende water. Met dit water wordt organisch en anorganisch materiaal aan- en afgevoerd. Ook alle in het water zwevende eieren en larven van dieren, die hun broedgebieden buiten het Balgzand hebben, worden door het water in deze geulen getransporteerd. Eventuele veranderingen in het geulensysteem zullen direct grote veranderingen van het Balgzand met zich mede brengen. Door de grote stroomsnelheden en het relatief grove zand op de bodem, is het aantal op de bodem levende organismen in de geulen klein. Vissen, krabben en garnalen komen met laag water in zeer grote dichtheden voor. De dichtheden van jonge schol van 3 à 4 cm lengte kan in de kleine prielen bij laag water oplopen tot 3 per m^2 (Bergman 1976).

5.3. VERWACHTE TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING VAN HET BALGZAND, INDIEN GEEN INGREPEN PLAATSVINDEN

Voordat een hypothese ontwikkeld kan worden, waarin getracht wordt een voorspelling te maken van de toekomstige ontwikkeling van het Balgzandgebied, is het nodig de tot nu toe bekende ontwikkeling te bestuderen. Het belangrijkst is de ontwikkeling vanaf de tijd, dat het Marsdiep min of meer zijn tegenwoordige vorm had.

In de 15e en 16e eeuw verzandde het Heersdiep, dat tussen Callantsoog en Huisduinen lag, en van die tijd af was het Marsdiep de belangrijkste geul, die een invloed op het Balgzand had. Het Balgzandgebied werd vanuit het noorden sterk aangetast en het Nieuwediep, Malzwin en Amsteldiep werden gevormd. Het Amsteldiep verkreeg zijn diepte en omvang tussen 1625 en 1700 en bleef nagenoeg hetzelfde tot 1932. Op het kleigebied, dat een deel van het Balgzand was geweest, werd van het noorden uit een laag zeezand afgezet.

Het Balgzandgebied vertoont weliswaar een dynamisch karakter met zich steeds verleggende geulen en platen, maar uit resultaten verkregen uit ouderdomsbepalingen d.m.v. radioaktieve koolstof blijkt toch dat de hoofdgeulen gedurende perioden van 1000 jaar relatief stabiel kunnen zijn (Ente et al., 1975).



figuur 5.6.: Bij gemiddeld laagwater droogvallend gedeelte van het Balgzand. Links de situatie in 1975, rechts in 1948.

In de 19e eeuw werden de Koegras- en Anna-Paulownapolder ingedijkt en in 1925 en 1926 werden de Balgzand- en de Amstelmeerdijk aangelegd. Hiermede werd de vorm van het zuidwestelijk gedeelte van het Balgzand bepaald en hieraan is niets meer veranderd.

Het afdammen van het Amsteldiep heeft tot gevolg gehad, dat door de verminderde stroomsnelheden het Amsteldiep meer en meer vanaf het zuiden dichtslibt. De sliblaag bij Van-Ewijcksluis wordt steeds dikker.

De aanleg van het marinehavencomplex had ook gevolgen voor het Balgzand. Oorspronkelijk werd de getijstroom door middel van een vangdam door de buitenhaven van Den Helder geleid. De nieuwe haven sloot deze geul af en de geul werd gedwongen buiten de nieuwe haven langs te gaan stromen.

Uit lodingskaarten van Rijkswaterstaat kan een idee gekregen worden hoe de verschillende geulen zich in de loop der tijd verlegd hebben.

Figuur 5.6. laat zien, dat het oppervlak dat met gemiddeld laagwater droogvalt aanmerkelijk is toegenomen. In 1948 was het gemiddeld droogvallende oppervlak ongeveer 3400 ha, terwijl de lodingskaart van 1975 een oppervlak van 5350 ha te zien geeft. Het grootste deel van het Balgzand kwam in deze periode ongeveer 30 cm hoger te liggen. Dit betekent een opslibbing van ongeveer 1 cm per jaar. Het is duidelijk, dat deze opslibbing niet al eeuwen aan de gang kan zijn. Af en toe zal er dus sterke afslag moeten zijn, of er is pas recent afgeweken van een evenwichtstoestand. Of een belangrijke invloed ligt in de afsluiting van de Zuiderzee, waardoor de vloedstand 20 cm hoger werd, en de vorm van de buitendelta in de Noordzee sterk veranderde, is niet bekend. Vergelijking van zeekaarten van begin deze eeuw met de toestand van 1948 geeft geen duidelijke verschillen, maar zeekaarten zijn niet nauwkeurig genoeg voor het trekken van harde conclusies. Als de toestand op het Balgzand pas duidelijk veranderd is na de bouw van de nieuwe haven van Den Helder houdt dit in dat de bouw van deze haven de oorzaak zou kunnen zijn. Dit betekent, dat men bij de bouw van nog een haven gedegen zal moeten laten onderzoeken wat de gevolgen voor de stroompatronen en slib- en zandtransporten zullen zijn. In hoeverre de nu aan de gang zijnde sedimentatie door zal gaan totdat kwelders gevormd worden, of dat bij het bereiken van een hoog niveau de erosie door golfslag de overhand zal krijgen is zonder zeer uitgebreide modelproeven niet te zeggen.

Het schorrengebied is de laatste decennia kleiner geworden, alhoewel geulen in de schorren opgevuld zijn met sediment en daarna begroeid. Het afnemen van het schorrenoppervlak treedt vooral op door afslag langs de noordoostrand. Hier is een typische afslagrand te zien. Dit afslaan is misschien een gevolg van de verhoging van de vloedstand met ca. 20 cm na het afsluiten van de Zuiderzee. Buiten de schorren vindt een duidelijke aanslibbing plaats, en het is zeer wel mogelijk, dat zodra de oppervlakte van de sliblaag het hoogwater-

niveau bereikt een uitgebreid schorrengebied ontstaat met een meer glooiende overgang naar het wad dan de nu bestaande steile afslagrand. Over de groei van schorren is echter niet voldoende bekend om nu al aan te geven of de kans hierop groot is. De hoogte van de slibvelden is voldoende om groei van zeekraal mogelijk te maken en in de oostelijke Waddenzee vindt men op gronden van vergelijkbaar niveau t.o.v. gemiddeld hoog water dan ook een goed vegetatiedek. In de westelijke Waddenzee, zowel langs de Texelse schorren, de Balgzandschorren, de Balgzanddijk als Wieringen, vestigt deze vegetatie zich niet. Nu al concluderen, dat het Balgzand binnen afzienbare tijd een uitgestrekt schorrengebied zal zijn, is dus zeer voorbarig.

5.3. ECOLOGISCHE PROCESSEN IN HET BALGZANDGEBIED

5.1. INTERACTIES VAN HET BALGZAND MET DE WADDENZEE EN DE NOORDZEE

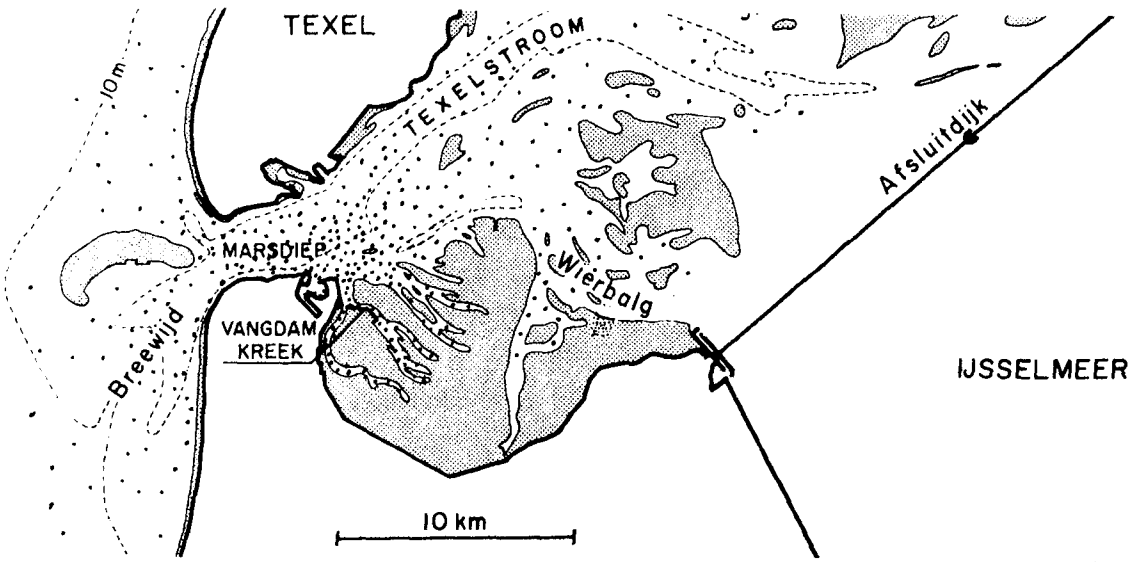
5.1.1. Inleiding

De invloed, die Noordzee, Waddenzee en Balgzand op elkaar uitoefenen hangt direct samen met de aan- en afvoer van grote hoeveelheden zeewater per dag. Er is bij iedere getijperiode een grote wateruitwisseling tussen Noordzee en Waddenzee. In het Marsdiep is het vloedvolume 1000 miljoen m^3, in het Eierlandse Gat 200 miljoen m^3 en in het Vlie 950 miljoen m^3. Alle zeegaten tezamen (zonder Eems) hebben een vloedvolume van 3,5 km^3 water.

Tweemaal per dag wordt het Balgzand overstroomd door ongeveer 94 x 10^6 m^3 water. Bij laag water blijft hiervan nog ca. 18 x 10^6 m^3 in de geulen staan. Van het Balgzandwater komt 21,5 x 10^6 m^3 binnen via het Amsteldiep, 22 x 10^6 m^3 via de Balgzandgeul, 12 x 10^6 m^3 door het Mosselgaatje en de aangrenzende geulen en ongeveer 5,5 x 10^6 m^3 via de platen. Het water verdwijnt met eb weer naar het Marsdiep. Hierbij gaat via het Amsteldiep 17 x 10^6 m^3, door de Balgzandgeul 29 x 10^6 m^3, door het Mosselgaatje 15 x 10^6 m^3, en ongeveer een miljoen m^3 via de platen. Deze waarden werden gemeten met oostenwind en zullen bij gemiddelde omstandigheden iets hoger zijn.

Het water, dat van het Balgzand komt, bereikt een uitgestrekt gebied.

Kaart 5.7. geeft een beeld van de mogelijke verspreiding van waterdeeltjes 12 uur na het passeren van de vangdam in de Balgzandgeul.



figuur 5.7.: Mogelijke verspreiding van waterdeeltjes binnen 12 uur na het passeren van de geul bij de vangdam (naar De Vlas, 1973).

De grote wateruitwisseling met de Noordzee zorgt ook dat het zoutgehalte van het gebied hoog blijft ondanks de vaak aanzienlijke spui van zoet water uit het Balgzandkanaal.

De wateruitwisseling over een wantij is relatief klein, zodat de invloed van het Balgzand op de oostelijke Waddenzee beperkt zal blijven tot de factoren, die niet met de waterbeweging samenhangen (trekvogels). De invloed op de westelijke Waddenzee kan wel groot zijn, hoewel relatief weinig wateruitwisseling optreedt tussen het Malzwin- en het Texelstroomgebied. Het meeste Balgzandwater, dat in de Texelstroom terecht komt zal eerst van het Balgzand naar de Noordzee stromen, en vervolgens met de volgende vloed via het Marsdiep naar de Texelstroom (zie fig. 5.7.).

Het Waddenzeewater bevat gemiddeld een hoeveelheid van 20 mg zwevend materiaal per liter, maar het Noordzeekustwater slechts 9 mg/l. Toch gaat het nettotransport van het zwevend materiaal tegen de gradient in naar de Waddenzee toe. Dit verschijnsel kan worden verklaard met behulp van het "settling lag effect" en het "scour lag effect". Het "settling lag effect" berust op het feit dat bij afnemende stroomsnelheid deeltjes van een bepaalde grootte gaan bezinken. Tijdens het bezinken worden ze echter verder naar binnen gevoerd door de stroom en ze komen dus op de bodem op een plaats waar bezinking mogelijk werd. Bij de volgende ebstroom wordt het deeltje weer opgenomen door een watermassa die, op het moment van bezinken van het deeltje, het bezinkingspunt reeds was gepasseerd. Daar de ebstroom minder sterk is

dan de vloedstroom bezinkt het eerder. Vervolgens neemt de vloed het weer op en brengt het naar een punt verder binnen de Waddenzee gelegen dan bij de voorgaande vloed. Daarnaast speelt het "scour lag effect" een rol; dit verschijnsel vindt haar verklaring in het feit dat voor erosie van een bepaald deeltje een grotere stroomsnelheid nodig is, dan die waarbij het deeltje is bezonken. Het verschil in stroomsnelheid waarbij het deeltje bezinkt en de stroomsnelheid waarbij het deeltje weer wordt opgenomen neemt toe, naarmate de deeltjes kleiner worden. Het verschijnsel verklaart tevens, dat op plaatsen waar zeer geringe stroomsnelheden voorkomen wel sedimentatie maar weinig erosie voorkomt.

De in het water opgeloste voedingsstoffen zijn van groot belang voor de groei van plantaardige organismen.

De aanvoer van in het water zwevende eieren en vislarven is van belang omdat hieruit zich de rijke fauna ontwikkeld, waarvan een deel weer als voedsel dient voor grotere dieren.

5.1.2. De westelijke Waddenzee

Het Balgzand kan een invloed hebben op de westelijke Waddenzee door o.a. het vasthouden van slib en door de functie als kinderkamergebied voor jonge organismen.

Zoals gebleken is in para. 5.2.3. worden op het Balgzand grote hoeveelheden zand en slib vastgelegd. Veranderingen in de hoeveelheid, die op het Balgzand wordt vastgelegd, kunnen gevolgen hebben voor de helderheid van het water in de westelijke Waddenzee en daardoor leiden tot ecologische effecten.

Het Balgzand moet gezien worden als een groot mineralisatiegebied. Dat wil zeggen, dat daar grote hoeveelheden organisch materiaal, afkomstig uit de Waddenzee en de aangrenzende Noordzee, afgebroken worden en dat de zo gevormde voedingsstoffen in opgeloste toestand in het water komen. Tabel 5.5. geeft aan welke verschillen in concentraties van voedingszouten voorkomen tussen Balgzand en Marsdiep. Deze opgeloste voedingsstoffen (b.v. fosfaten, nitraten en silicaten) staan dan weer ter beschikking van de plantengroei in Waddenzee en Noordzee. De mineralisatie onttrekt zuurstof aan het water, zodat een goede wateruitwisseling nodig is om dit zuurstofarme water te vervangen. Door het water wordt ook zuurstof uit de atmosfeer opgenomen; deze hoeveelheid is bij rustig weer ongeveer gelijk aan de hoeveelheid, die door Marsdiepwater geleverd wordt (Tijssen & Van Bennekom, 1976). De groei van plantaardig plankton boven het Balgzand is niet groot genoeg om dezelfde hoeveelheid zuurstof te produceren.

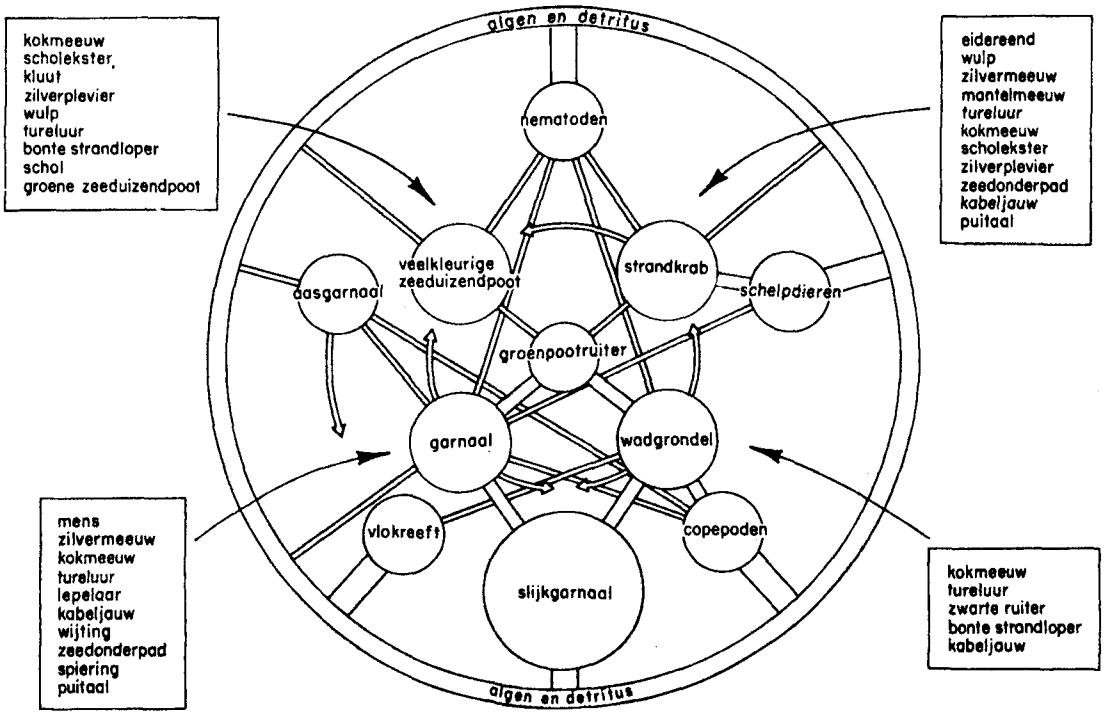
		Marsdiepwater	Balgzandwater
fosfaat	PO_4-P	2,6	6,0
Ammonium	NH_4-N	17	41
nitriet	NO_2-N	1,9	5,4
nitraat	NO_3-N	4,5	11,5
kiezelzuur	H_4SiO_4	1,2	60
zuurstof	O_2 (ugat/l)	434	227

Tabel 5.5. Concentraties van opgeloste voedingsstoffen en zuurstof in watermassa's die naar het Balgzand toestromen en er van wegstromen. Alle gehaltes in 10^{-6} M/l (Naar Tijssen & Van Bennekom, 1976).

Uit veel onderzoek van o.a. het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee is bekend, dat droogvallende platen belangrijk zijn als broedval- en kinderkamergebied voor veel soorten organismen. Het transport van volwassen dieren die op het Balgzand opgegroeid zijn, en later over een veel groter gebied voorkomen, zal meestal gebeuren met behulp van zeestromen. Vissen en vogels kunnen zich ook actief verspreiden. Migratie van ½ jaar oude nonnetjes *(Macoma balthica)* door middel van getijstromen is bestudeerd door De Vlas (1973). Deze schelpdieren vormen een belangrijke voedselbron voor vogels, zoals scholeksters en wulpen, in het Waddengebied. Het voornaamste broedvalgebied voor de nonnetjes is het slikkige wad in het zuidwestelijk deel van het Balgzand. Door De Vlas (1973) is aangetoond, dat 's winters de aantallen nonnetjes in de ebstroom groter zijn dan die in de vloedstroom (deze gegevens slaan op de Balgzandgeul, die zorgt voor de aan- en afvoer van water van het slibbige wad). Hij berekende een nettotransport in zeewaartse richting van 300 miljoen individuen voor de periode van januari tot mei 1971. Veel van deze nonnetjes vestigen zich op diepe en ondiepe zandige delen van de westelijke Waddenzee en aangrenzende Noordzee. In deze gebieden vindt geen rechtstreekse broedval van larven plaats. Hierdoor is een gebied veel groter dan het Balgzand zelf afhankelijk van een vrij kleine strook slikkig wad voor wat betreft de bevolking met deze schelpdieren.

Ook voor krabben *(Carcinus maenas)* (Klein Breteler, 1976), en garnaal *(Crangon crangon)* (Van Lissa-Bon, 1977) is een migratie van jonge dieren van het Balgzand naar diepere delen van de westelijke Waddenzee aangetoond. Voor deze dieren zijn in de jongste stadia vooral de slibgebieden langs de zuidwestrand belangrijk.

Als voedselgebied voor volwassen dieren is het Balgzand belangrijk voor grote vogelconcentraties, die tot de samenhangende populatie



figuur 5.8. Voedsel, voedselrelaties en concurerende organismen van de Groenpootruiter in de Waddenzee (naar Swennen, 1976).

van de westelijke Waddenzee gerekend kunnen worden. In de winter verblijven in het gebied veel trekvogels, die broeden in een groot deel van noordwest-Europa, Noord-Siberië, Groenland en Noordoost-Canada. Dat het Balgzand ook gebruikt wordt door broedvogels, die van vrij grote afstand komen, bijvoorbeeld lepelaars, is reeds genoemd.

Ook veel vissen gebruiken het Balgzand als voedselgebied; met hoog water grazen bijvoorbeeld harders op de diatomeeënlaag. Van de vissen, die in het westelijk waddengebied leven en waarvoor in het Balgzandgebied een belangrijke kinderkamer is, is de schol het beste bekend. Deze functie van het Balgzand wordt later nader toegelicht, maar er kan gesteld worden, dat de invloed van het Balgzand op de schollenpopulatie in de westelijke Waddenzee zeer groot is.

5.1.3. De Noordzee

Wat gezegd is over de invloed van het Balgzand op de westelijke Waddenzee geldt in grote lijnen, zij het in mindere mate, ook voor de Noordzee. Vooral de invloed op de vispopulatie van de Noordzee is belangrijk, omdat het Balgzand één van de weinige beschutte ondiepe zand-slikgebieden is, die dicht bij de Noordzee liggen.

5.2. PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN BIOMASSA

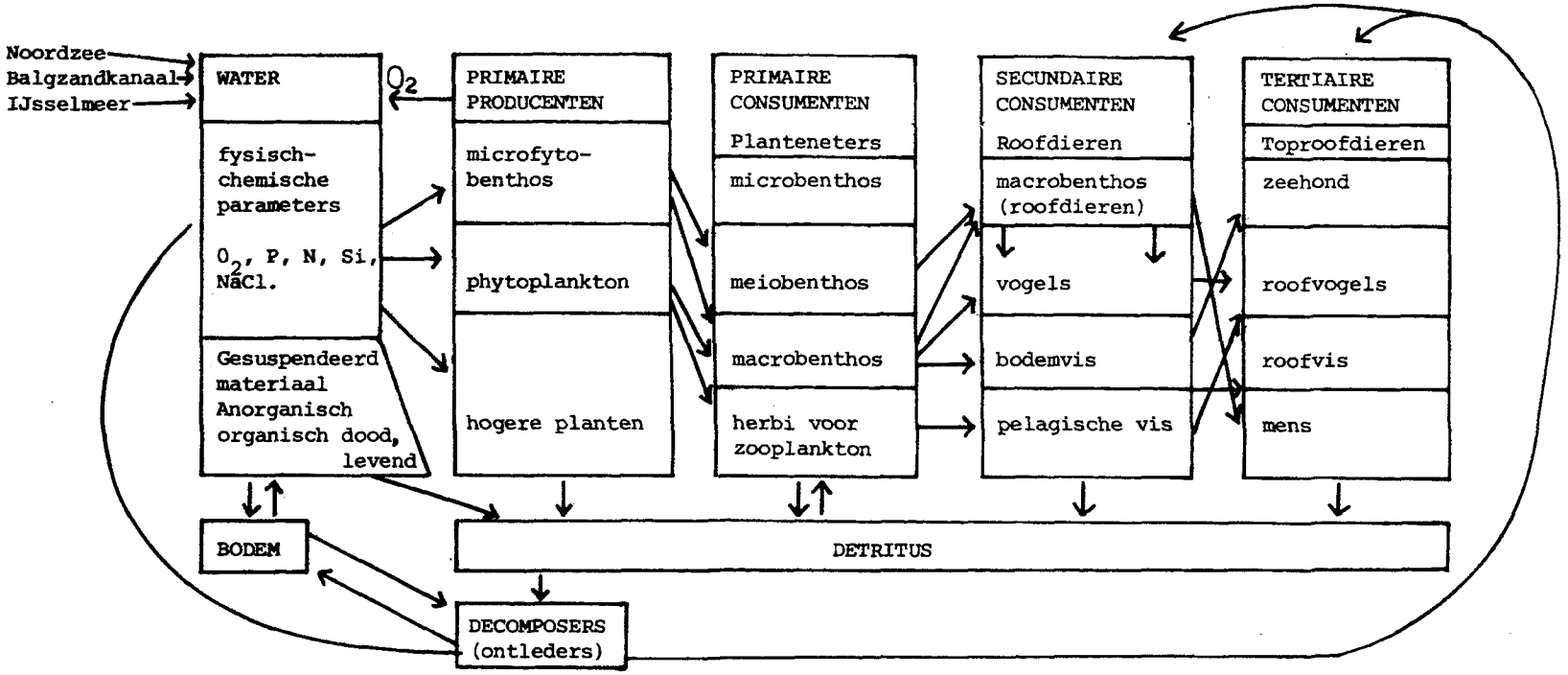
5.2.1. Het productieproces in de ecologie

De productie van biomassa (=hoeveelheid levende stof uitgedrukt in gewichtseenheden) kan gescheiden worden in:

1. primaire productie (=productie van biomassa door planten;
2. secundaire productie (=productie van biomassa door dieren), met
2a. planteneters en 2b. vleeseters.

De primaire producenten, d.w.z. de planten, krijgen energie uit het zonlicht. In zee is de opbrengst van de primaire productie meestal niet direct van belang voor consumptie door de mens, maar via de voedselketen draagt de primaire productie bij tot de talrijkheid van voedselorganismen die wel gegeten worden (bijvoorbeeld consumptievis).

De secundaire producenten krijgen hun energie door opname van reeds bestaand organisch materiaal. Veel dieren, die rechtstreeks van de primaire productie leven, worden niet door de mens gegeten, bijvoorbeeld wormen. Andere daarentegen zijn een belangrijk voedsel (b.v. garnalen, schelpdieren, harder). Veel ongewervelde dieren die



figuur 5.9 : Voedselweb op het Balgzand.

van de primaire productie leven, krijgen ook een goed deel van hun voedsel binnen in de vorm van bacteriën, die op detritus (dood organisch materiaal) leven. De vleeseters leven meestal van de kleinere planteneters. Veel roofdieren zijn van belang als voedsel voor de mens. Het belang van de planteneters op het Balgzand beperkt zich niet alleen tot de roofdieren op het Balgzand. In veel gevallen komt een bepaalde leeftijdsgroep van roofdieren in grote aantallen op het Balgzand voor en als ze gegroeid zijn verspreiden ze zich over grote delen van de Waddenzee en Noordzee. Het wegvallen van de voedselfunctie van het Balgzand kan dus grote gevolgen hebben voor de hele populatie van een bepaalde soort.

Een overzichtelijke manier om de productie op het Balgzand weer te geven is door middel van een voedselweb. Hierin kunnen dan de energie- en materiestromen zoveel mogelijk gekwantificeerd worden, terwijl de onderlinge samenhang duidelijk blijft. In een standaardvoedselweb heeft iedere soort zijn eigen plaats. Een voorbeeld van het voedselweb waarin de groenpootruiter centraal staat is gegeven in figuur 5.8. Het is duidelijk, dat een schema waarin elke soort zo uitgebreid behandeld is, voor dit rapport te ver voert. Om het geheel meer overzichtelijk te houden zijn de soorten gegroepeerd tot functionele eenheden. Dus alle vissen, die wormen eten staan in een groep, want voor deze vissen is het niet belangrijk, of die wormen van detritus, plankton of meiofauna (zeer kleine dierlijke organismen) leven. Het is wel noodzakelijk om groepen als vogels en vissen van elkaar gescheiden te houden. De kwalitatieve samenstelling van hun dieet is weliswaar vergelijkbaar, (weekdieren, kreeftachtigen en wormen), maar kwantitatief zijn er significante verschillen. Zo eten vogels bijvoorbeeld gemiddeld 80% weekdieren, 15% kreeftachtigen en 5% wormen, terwijl bodemvissen gemiddeld 20% weekdieren, 10% kreeftachtigen en 70% wormen eten (Beukema, 1976). Deze getallen gelden natuurlijk ook alleen maar voor de groep als geheel, en er kunnen tussen de verschillende soorten binnen een groep zeer grote verschillen optreden.

Een schematische voorstelling van het voedselweb op het Balgzand is gegeven in figuur 5.9. De figuur maakt duidelijk, dat een verandering aan de linkerkant gevolgen kan hebben voor de dichtheid van dieren aan de rechterkant. In het schema van figuur 5.9. kunnen verschillende van de samenhangen en de energie en stofoverdracht gekwantificeerd worden.

Het water op het Balgzand komt van drie plaatsen: 1. de Noordzee, 2. het IJsselmeer en 3. het Balgzandkanaal. De Noordzee levert het meeste van dit water en de hoeveelheid organische stof, uitgedrukt in het gehalte aan koolstof, die vanuit de Noordzee in de Waddenzee terecht komt kan grofweg gesteld worden op 240 gram koolstof per m^2 per jaar (De Jonge & Postma, 1974).

Een probleem bij het kwantificeren van de samenhangen in figuur 5.9. is dat veel samenhangen niet in dezelfde eenheden zijn gemeten. In sommige publicaties is sprake van vers gewicht, andere drukken

Soort	vers met schelp	vers	droog	A.V.D.	koolstof	Kcal per gram vers	referentie
Vis algemeen *)		100		19,9		1,30	Swennen (1976)
Schol 2 - 7 cm		100		13,7			De Vlas (mond.)
Schol 10 cm		100	20,6	17,7			
Schol volgroeid							" "
Bot 11 - 12 cm		100	17,8	14,6			" "
Grondel		100		20			Van Beek (1976)
Garnaal		100		19		1,06	Swennen (1976)
Mossel **)	500	100	24		(Gemiddeld ongeveer 36% van A.V.D.)		RIVO, Texel
Mossel		100		19,9			Van Beek (1976)
Mossel		100		20			Beukema (mond.)
Kokkel		100	20,5	20			" "
Nonnetje		100	ca.24	21		1,13	De Bruin (mond.)
Nonnetje		100	24,5	20-25			Beukema (mond.)
Slijkgaper		100	23	20			" "
Zeepier		100	13-17	11-13			" "
Zeepier		100		10			De Vlas (mond.)
Zeeduizendpoot		100	20	15-20			Beukema (mond.)
Zeeduizendpoot		100		14,3			De Vlas (mond.)
Zandzager (worm)		100	24,5	20			Beukema (mond.)

Tabel 5.5.: Verschillende in de literatuur gebruikte gewichtsaanduidingen van een serie waddenorganismen. De getallen geven gewichtspercentages t.o.v. het versgewicht aan. * het betreft hier vis met relatief hoog vetgehalte en dus hoge calorische waarde; ** vers gewicht met schaal betekent, dat ook zand en waterinhoud van de mossel meegerekend is.

hoeveelheden uit in drooggewicht, asvrij drooggewicht (A.V.D. = hoeveelheid organisch materiaal), koolstofgewicht of zelfs kilocalorieën of Joules. Binnen een soort kan dikwijls met een bepaalde omrekeningsfactor tussen de verschillende maten gerekend worden, maar bij groepen soorten is dit onmogelijk, omdat de ene soort bijvoorbeeld meer kalk bevat of een andersoortig skelet heeft dan de ander, of meer of minder water in de weefsels heeft. Tabel 3.1. geeft een overzicht van de verschillende gewichtsmaten voor enkele soorten.

5.2.2. Primaire producenten.

De productie van de primaire producenten wordt in hoofdzaak bepaald door de concentratie opgeloste voedingsstoffen, de hoeveelheid licht en de temperatuur. De hoeveelheid licht is in de Waddenzee meestal beperkend omdat het water veel zwevend materiaal bevat. Het licht kan dan geen grote diepte bereiken.

a. Hogere planten

De productie van hogere planten op het Balgzand is niet erg groot. Er is vroeger veel zeegras geweest, maar dit is nagenoeg verdwenen. De hogere planten op de kwelders hebben wel een hoge productie. In de Waddenzee hebben de kwelders een productie van 500 - 1000 g drooggew./m^2/jaar. Het kweldergebied langs het Balgzand is ongeveer 30 ha, zodat men kan rekenen op een productie van 150 à 300 ton organisch materiaal. Deze productie komt voor een deel ten goede aan grazende vogels en vee of wordt ter plaatse afgebroken. Een ander gedeelte wordt als detritus afgevoerd naar de Waddenzee.

b. Phytoplankton en microphytobenthos

De productie van phytoplankton (= microscopisch kleine in het water zwevende algen) in de westelijke Waddenzee wordt door Cadée & Hegeman (1974a) gesteld op 100g koolstof/m^2/jaar. Dit getal geldt voor de geulen, maar boven de platen zal de productie niet veel hoger liggen dan 20 g koolstof/m^2/jaar. De productie van het microphytobenthos (= microscopisch kleine op de bodem levende algen) wordt door Cadée & Hegeman (1977) voor een zandplaat van het Balgzand (op plaats van de geplande haven) geschat op 100 g koolstof/m^2/jaar. Naarmate men hoger het wad opgaat, wordt de productie hoger. Een ruwe schatting van 100 g koolstof/m^2/jaar als gemiddelde productie voor het Balgzand door phytoplankton en phytobenthos lijkt redelijk. Dit betekent voor het gehele Balgzand (6000 ha) een jaarlijkse productie van 6000 ton koolstof. Hiermede vergeleken valt de productie op de schorren in het niet.

5.2.3. Planteneters

Van de microfauna (= dieren kleiner dan 0,1 mm) is zo weinig bekend, dat hierover geen conclusies getrokken kunnen worden wat betreft productie.

a. Meiofauna

De meiofauna wordt de laatste tijd beter bestudeerd. Onder meiofauna wordt verstaan: de dieren groter dan 0.1 mm, die op of in de bodem leven, doch niet door een zeef van 1 mm maaswijdte gevangen worden. De voedselbehoefte van de meiofauna en het herbivoor zooplankton wordt door Beukema (1977) geschat op 200 g droge stof/m^2/jaar. Hieruit kan afgeleid worden, dat de productie van de meiofauna + zooplankton ongeveer 40 g droge stof per m^2 per jaar zal zijn. Dit komt overeen met 900 ton koolstof voor het gehele Balgzand.

b. Macrobenthos

Het macrobenthos (=bodemdieren groter dan 1 mm) vertegenwoordigt op de wadplaten ongeveer 25 g droge organische stof per m^2, en in het westelijk gedeelte van het Balgzand zelfs 51 gram. Deze dieren zullen een voedselaanbod van 100 à 200 g drooggewicht/m^2/jaar nodig hebben (40 à 100 g koolstof/m^2/jaar). Dit voedsel bestaat zowel uit primaire producenten, waarvan 100 g koolstof/m^2/jaar beschikbaar is, als detritus plus bacteriën 240 g koolstof/m^2/jaar) en meiofauna.

De productie van het macrobenthos op de wadplaten kan gesteld worden op 20 à 30 gram drooggewicht per m^2 per jaar, dit is totaal op het Balgzand dus 1200 à 1800 ton droge stof ofwel 425-650 ton koolstof. Het is duidelijk, dat maar een deel van het beschikbare organisch materiaal verbruikt wordt door het macrobenthos. De rest wordt door bacteriën gemineraliseerd en teruggevoerd naar de waterkolom als voedingszouten. Men moet ook rekening houden met het feit, dat grote aantallen jonge dieren met een lage biomassa uit het gebied verdwijnen en naar dieper water emigreren, waar ze uitgroeien tot volwassenen met een veel grotere biomassa. Dit is bijvoorbeeld reeds genoemd voor *Macoma balthica*. Dit is dus geen directe productie van het Balgzand, maar de totale productie van eiwit en ander organisch materiaal in het Noordzeegebied zou in grotere mate verminderen dan uit een vermindering op het Balgzand afgeleid kan worden.

5.2.4. Vleeseters

a. Macrobenthos

Een groep van het macrobenthos die andere macrobenthosorganismen eet, valt onder de roofdieren, bijvoorbeeld krabben, garnalen, maar ook kleinere organismen, die leven van de meiofauna worden tot het macrobenthos gerekend.

De totale productie van het macrobenthos is al genoemd bij het macrobenthos onder de planteneters. Er dient wel op gewezen te worden, dat jonge garnaal vooral meiofauna en microphytobenthos eet, dus ten dele bij de planteneters gerekend moet worden, terwijl hij later duidelijk een roofdier is. Ook is er een sterke migratie van garnaal en krab naar diepere delen van de Waddenzee en Noordzeekustgebied waar deze dieren dan nog sterk groeien. De totale productie van deze diergroepen is dus veel groter dan op het Balgzand gemeten kan worden. Krabben verlaten het Balgzand bij een gemiddelde lengte van 2 - 3 cm. Ze wegen dan 0,3 tot 1 gram (asvrij drooggewicht). In de diepere geulen en de Noordzee groeien ze naar 5 - 7 cm met een asvrij drooggewicht van 4 - 10 gram. De totale vleesproductie van krabben is dus veel groter dan op het Balgzand gemeten wordt. De garnaal is een dier van de kustzone. De geboortegrond ligt in en net buiten de kustzone. De kinderkamer ligt in de kustzone, vooral in de estuaria op zeer ondiepe plekken. In de zomer zitten veel dieren in de geulen en de volwassenen ook buitengaats. In de winter verdwijnen alle volwassen dieren naar de Noordzee, en verblijven dan dicht onder de kust. Zonder de kinderkamers zou de garnalenvisserij buitengaats nauwelijks lonend zijn. Jonge garnalen vestigen zich tot aantallen van 57 per m^2 (Van Lissa - Bon, 1977) op het Balgzand en verdwijnen weer naar zee als ze 40 - 45 mm lang zijn, maar gaan van de platen naar de geulen bij 20 à 25 mm lengte. De productie op het Balgzand heeft dus vooral betrekking op dieren tot 20 à 25 mm op de platen (tot 10 à 20 mg A.V.D.) en dieren tot 40 - 45 mm in de geulen (tot 140 à 145 mg A.V.D.). Door Van Lissa - Bon wordt een maximale productie geschat van ca. 3 gram A.V.D./m^2/jaar, maar dit hoge getal zal in de toekomst nog geverifiëerd moeten worden.

b. Vogels

Van de vleeseters vormen de vogels een gemakkelijk waarneembare groep op het Balgzand. Over de gehele Waddenzee gerekend eten de vogels ongeveer 5 gram droge stof/m^2/jaar. Als we dit getal voor het Balgzand aanhouden, betekent dat ca. 300 ton aan voedsel op het Balgzand gegeten wordt. Er bestaan aanwijzingen, dat de vogels het grootste deel van de voor hen bereikbare voedselvoorraad bemachtigen (Hulscher, 1975) en veranderingen in de voedselvoorraad zullen dus daardoor direct van invloed zijn op de grootte van de vogelpopulatie.

Bij vogels wordt een aanzienlijke hoeveelheid van het voedsel niet gebruikt voor productie van organisch materiaal, maar verbruikt voor de stofwisseling. Indien men alleen naar productiegetallen kijkt vallen deze hoeveelheden weg. Zonder voedsel echter zouden de vogels vanzelfsprekend niet overleven. Dit is vooral van belang voor dieren,

die slechts een bepaalde tijd in het Balgzandgebied verblijven. In strenge winters bevriest het westelijk gedeelte van het waddengebied later dan het oostelijk, zodat veel vogels uit het oostelijk waddengebied naar het Balgzand komen. Als ze de winter overleven door gebruik te maken van het voedsel op het Balgzand kunnen ze later weer deel uitmaken van ecosystemen in andere delen van het waddengebied.

Voor de steltlopers is het waddengebied in een bepaalde periode van hun leven van essentieel belang. Deze steltlopers zijn afkomstig uit een gebied van ongeveer 3/4 miljoen km^2. Tijdens de trek concentreren ze zich in waddengebieden van maximaal 6000 km^2 (Zwarts, 1970), en dan is de concentratie dus 125 x zo hoog als tijdens het broedseizoen. Het Balgzand is één van de belangrijke voedselgebieden in de winter en verdwijnen van deze voedselbron zal gevolgen hebben voor vogelaantallen in een groot deel van Noordeuropa, Noordwest Azië, Groenland en N.O. Canada.

c. Bodemvis

De bodemvis is één van de beter bestudeerde groepen, omdat verschillende soorten van direct commerciëel belang zijn voor de mens. Als alleen naar de productie van vis op het Balgzand zelf gekeken wordt, wordt het belang van het gebied voor de visserij echter ondergewaardeerd. De Waddenzee vervult voor de totale Noordzeevispopulatie ook een andere uitermate belangrijke functie, namelijk die van kinderkamer voor een aantal economisch zeer belangrijke vissoorten, als ook voor de economisch belangrijke garnaal (Zijlstra, 1972). Hoewel de productie van de garnaal besproken werd bij de groep van macrobenthos, wordt de kinderkamerfunctie van de Waddenzee voor de garnaal hier verder toegelicht. De jonge vis houdt zich niet het gehele jaar in de Waddenzee op. Jonge tong en schol komt als z.g. 0-groep in juni van het jaar van geboorte de Waddenzee binnen om deze in de loop van de nazomer en herfst weer te verlaten. Het jaar daarop komt ze als I-groep in april-mei de Wadden weer binnen.

Soorten zoals schol, schar, haring en in mindere mate ook tong en garnaal paaien buitengaats in de Noordzee. Door de ligging van de paaiplaatsen en de stroming komen de eieren en de jonge vislarven voornamelijk bij de kust van het Continent en in de ondiepe beschutte wateren zoals de Waddenzee terecht. Tabel 5.6. geeft een overzicht van de betekenis van de Waddenzee voor de verschillende vissoorten.

De verliezen door predatie zijn in de Waddenzee lager dan in de open zee, omdat vijanden de jonge vis niet kunnen volgen in water met lagere zoutgehaltes en ondiepe platen. Vooral platen waarop bij laag water nog een beetje water blijft staan, schijnen erg belangrijk te zijn. In het westelijk waddengebied vallen in verhouding minder platen droog dan in het oostelijk gebied, resp. 40% in het westelijke en 70 à 80% in het oostelijke deel (De Glopper, 1967).

figuur 5.8.: Onderverdeling van het internationale waddengebied in delen, die elk kenmerkende eigenschappen hebben.

	paaigebied	kinderkamer	woonplaats volwassenen.
garnaal	+	+ +	+ +
tong	+ +	+ +	+
bot	-	+ +	+ +
schar	-	(+ +)	+
schol	-	+ +	-
haring	-	+ +	-

Tabel 5.6.: De betekenis van de Waddenzee voor verschillende soorten (naar Zijlstra, 1970).

Vissen, die hun eerste jaar overleven, hebben een grote kans om volwassen te worden en later in de Noordzee gevangen te worden. Voedsel in de Noordzee is waarschijnlijk niet beperkend, zodat opengevallen plaatsen van een eventueel niet verschenen Balgzandgroep niet overgenomen worden door dieren uit een ander gebied.

Het belang van de Waddenzee voor de Noordzeevis wordt duidelijk als men de gegevens in tabel 5.7. bekijkt. De getallen in deze tabel geven het percentage van de Noordzeepopulatie van verschillende soorten dat van het waddengebied tussen Den Helder en Esbjerg als kinderkamer gebruik maakt. Meer recent onderzoek geeft echter aan dat door het onderschatten van de waarde van het kustgebied, de getallen in tabel 5.7. aan de hoge kant zijn (pers. meded. Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek).

	% van de Noordzeepopulatie dat in Waddenzee opgroeit.
schol	80
tong	53
garnaal	58
haring	waarschijnlijk 100.

Tabel 5.7. Het percentage van de populatie van verschillende soorten Noordzeevis, dat in de Waddenzee opgroeit (naar rapport Waddenzeecommissie, 1974).

Het internationale waddengebied kan onderverdeeld worden in verschillende deelgebieden, die hun kenmerkende eigenschappen hebben. Figuur 5.10. geeft een overzicht van deze gebieden. Onderscheiden worden o.a.:

I. Het Nederlandse waddengebied (zonder Eems-Dollard), met een oppervlakte van ongeveer 30% van het gehele gebied;

II. Het gebied van Niedersachsen, dat 11% beslaat;
III. Het gebied van Sleeswijk-Holstein en Denemarken met een oppervlakte van 37%;
IV. Het gebied met sterke rivierinvloed, zoals het Eems-Dollardestuarium en het Elbe- en Wesergebied. Deze gebieden hebben een oppervlakte, die ongeveer 22% van het totale waddengebied beslaat.

Omdat volgens de laatste gegevens van het Waddenzeevisserijonderzoek gebleken is, dat de dichtheid van vissen tussen deze gebieden sterk kan verschillen, kan men niet zeggen, dat de Nederlandse Waddenzee 30% van de vis van de totale Waddenzee bevat. In tabel 3.4 is berekend wat het percentage van verschillende soorten vis in de Nederlandse Waddenzee is. De hoeveelheid in de gehele Waddenzee is op 100% gesteld en bij de berekening is rekening gehouden met de oppervlakte en gemiddelde dichtheid.

	schol		tong		garnaal	
	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar
0 - 1 jaar oud	?	42	?	44	?	34
1 - 2 jaar oud	57	78	36	*	44	40
2 - 3 jaar oud	88	*	48	*	38	*

Tabel 5.8.: Percentage van jonge organismen, dat in de Nederlandse Waddenzee voorkomt. Het aantal in de totale Waddenzee tussen Den Helder en Esbjerg is op 100% gesteld. ? betekent, dat deze groep te klein was om door het net gevangen te worden. * betekent, dat deze groep te weinig gevangen werd om verantwoorde conclusies mogelijk te maken (ze zwemmen te snel).

Uit de tabel kan men opmaken, dat van de Waddenzeepopulatie grofweg 75% van de jonge schol, 40% van de jonge tong en 40% van de jonge garnaal in het Nederlandse waddengebied voorkomt. Aan de hand van dit gegeven samen met de informatie uit tabel 5.7. kan men berekenen, dat van de Noordzeepopulatie van de schol ongeveer 60% afhankelijk is van de Nederlandse Waddenzee. Voor de tong is dit 21% en voor de garnaal 23%. Indien de getallen in Tabel 3.3. aan de hoge kant zijn, moeten dus deze berekende percentages ook aangepast worden. Door het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek wordt nu een schatting gemaakt van resp. 23%, 15% en 16%.

Volgens het rapport van de Waddenzeecommissie is het Balgzand in verhouding tot de oppervlakte onevenredig belangrijk voor de vissen. Het Balgzand heeft een oppervlak van ongeveer 2,5% van het Nederlandse Waddengebied, maar het bevat ± 4% van de garnaal, 6% van de schol en 6% van de tong. Hieruit kan men opmaken, dat het Balgzand verantwoordelijk kan zijn voor het bestaan van 3% van de schollenpopulatie in de Noordzee, 2% van de tongpopulatie en 1% van de garna-

len. Omdat haring te snel zwemt om door de gebruikte netten gevangen te worden, is weinig bekend van de dichtheden binnen de internationale Waddenzee. Wel wordt algemeen aangenomen, dat waarschijnlijk ongeveer 100% van de jonge Noordzeeharing gedurende een deel van hun leven van de Waddenzee gebruik maken. Als de haring meegeteld wordt, zal de "commerciële" visserijwaarde van het Balgzand waarschijnlijk verdubbelen. De productie van vis op het Balgzand is maar voor enkele soorten bestudeerd, n.l. de schol en de grondel. De schol is de belangrijkste roofvis van het getijdengebied. Gemiddeld over het gehele Balgzand consumeert de schol 5 gram A.V.D. per jaar. Tabel 5.9. geeft een overzicht van de productie van schol op het Balgzand.

	productie vers gewicht per m^2 in grammen	totale productie in tonnen vers gewicht	Lengte per individu in cm	gewichtstoename per individu in grammen	aantal individuen
0 - 1 jaar oud	0,91	54,6	1 - 10	0 - 10	5.460.000
1 - 2 jaar oud	0,96	57,6	10- 15	10- 40	1.920.000
2 - 3 jaar oud	2,92	175,2	15- 20	40- 80	4.380.000
totaal	4,79	287,4			11.760.000

Tabel 5.9. Scholproductie op het Balgzand (naar Kuipers, 1977); 287,4 ton vers gewicht komt overeen met 41,05 ton drooggewicht.

De totale scholproductie van het Balgzand (287,4 ton) is maar ongeveer 0,25% van de totale jaarvangst van de schol in de Noordzee. Alleen productiecijfers geven dus niet duidelijk weer, dat het Balgzand belangrijk is voor bijna 3% van de scholpopulatie. Als we echter naar de aantallen kijken zien we een ander beeld. Bij een gewichtstoename van ca. 10 gram per individu in de 0 - 1 groep en een productie van 54,6 ton betekent dit ongeveer 5.460.000 vissen in de 0 - 1 groep. Deze gaan terug naar de Noordzee en mengen daar met de rest van de populatie. Het jaar erna komt een deel van de populatie weer terug als 1 - 2 groep. Het aantal vissen, dat per jaar gebruik maakt van het Balgzand is dus het totaal van de drie leeftijdsgroepen. Dit is een totaal van 11.760.000 individuen per jaar.

Een schol van commerciële maat weegt ongeveer 300 gram. Per jaar wordt ongeveer 125.000 ton gevangen, ofwel 400 miljoen individuen. Ook volgens deze berekening zou het Balgzand dus belangrijk zijn voor ongeveer 3% van het aantal gevangen vissen. Van de grondels *Pomatoschistus minutus* en *P. microps* is de productie op het Balgzand bestudeerd (Van Beek, 1976). De productie van *P. microps* is ongeveer

260 mg/m^2/jaar en van *P. minutus* ongeveer 190 mg/m^2/jaar. Deze getallen zijn versgewicht, zodat men voor A.V.D. ongeveer uitkomt op resp. 0,2 x 260 = 52 en 0,2 x 190 = 38 mg A.V.D./m^2/jaar. De consumptie van deze twee soorten is ongeveer 7 g versgewicht per m^2/jaar en dit komt ongeveer overeen met een consumptie van 1,4 g A.V.D. /m^2/jaar. Van de algemeen op het Balgzand voorkomende bot zijn geen gegevens betreffende dichtheid en productie bekend.

d. Vrijzwemmende vis

Als gevolg van de vangstmethoden, die tot nu toe gevolgd zijn is zeer weinig bekend van de vrijzwemmende vis op het Balgzand. De vrijzwemmende vissen worden slechts in zeer kleine aantallen gevangen door de bodemtrawls. Er zijn sterke aanwijzingen, dat enkele van deze vissoorten, b.v. haring en sprot, het Waddengebied als kinderkamer gebruiken. Dit aspect is al besproken bij de sectie over bodemvis. Getallen voor de productie of aantallen van vrijzwemmende vissen op het Balgzand zijn helaas niet beschikbaar. Er moet op gewezen worden, dat het verdwijnen van een paai- of kinderkamergebied een bepaalde vissoort kan doen verdwijnen (bijvoorbeeld de Zuiderzeeharing).

5.2.5. Toproofdieren

De groep van roofdieren die van andere roofdieren leven, staat bekend als de groep van toproofdieren, omdat ze aan de top van de voedselketen staan. Meestal zijn dit relatief grote dieren, die vergeleken met hun prooi, in vrij kleine aantallen voorkomen.

Een dier, dat waarschijnlijk het meest tot de verbeelding spreekt is de zeehond. Op het Balgzand wordt de zeehond tegenwoordig nog maar een enkele keer waargenomen. Tussen 1930 en 1955 verbleven elk jaar 15 tot 20 zeehonden in het Balgzandgebied, sinds 1959 worden nog slechts één à twee dieren per jaar waargenomen, maar in 1977 was gedurende de hele zomer een exemplaar aanwezig. Het Balgzandgebied is een potentieel erg geschikt biotoop voor zeehonden: harde banken langs diepe geulen, en voldoende bij hoog water onderlopend wad waar ze dan kunnen voedselzoeken. De geulen Wierbalg en Zuiderzwin zijn nu ongeschikt door de vele mosselpercelen. De volwassen zeehond leeft vooral van platvis, terwijl de jongen ook veel garnaal eten.

Van de vogels moeten op het Balgzand vooral de meeuwen en sterns genoemd worden. Ze komen dikwijls in grote aantallen voor (zie Tabel 5.3). Zoals het geval is bij alle volgroeide dieren vindt weinig productie plaats. Alle energie, die uit het voedsel wordt gehaald, wordt gebruikt voor de stofwisseling, rui, aanleggen vetvoorraad voor trek en reproduktie.

Roofvis komt in zeer ondiepe wateren over het algemeen niet veel voor. In de diepe geulen en stroomgaten zit paling, en in lage dicht-

heden komt ook kabeljauw in de diepere geulen voor. Geep is na het verdwijnen van het zeegras minder talrijk geworden.

Voor de mens als toproofdier is het Balgzandgebied vooral van belang als kinderkamergebied voor vis die later op de Noordzee wordt gevangen. Dit aspect is reeds behandeld.

5.2.6. Detritus

Alle levende organismen op het Balgzand worden opgegeten of gaan op een andere manier dood. De afvalproducten, bestaande uit organische verbindingen, komen in het water en een deel ervan bezinkt. Hierbij komt ook nog het organisch materiaal dat met het water uit de Noordzee wordt aangevoerd. Totaal is deze hoeveelheid organische stof ongeveer 800 gram/m^2/jaar. Volgens Beukema (1977) komt 750 g/m^2/jaar uit de Noordzee en 250 g/m^2/jaar van de eigen primaire productie. Het dode organische materiaal wordt detritus genoemd. Het detritus wordt gegeten door een aantal primaire consumenten, maar het meeste wordt door de tot nu toe niet besproken, maar verreweg belangrijkste groep uit de voedselketen, de bacteria, omgezet tot anorganische voedingszouten, zoals fosfaten en nitraten. Bij deze omzetting wordt zuurstof verbruikt en we zijn dan weer terug bij de eerste stap in de voedselketen waar de planten de anorganische verbindingen gebruiken. De groep, die organische materialen afbreekt wordt samengevat onder de naam decomposers.

5.2.7. Decomposers

De decomposers bestaan voornamelijk uit bacteriën. Ze worden gegeten door sommige van de planteneters en roofdieren of worden na afsterven door de andere decomposers afgebroken.

Bij de afbraak van organisch materiaal (mineralisatie) wordt door een aantal decomposers zuurstof verbruikt. Als alle zuurstof op is, en dit is meestal het geval in de bodem, neemt een groep van anaerobe bacteriën de afbraakfunctie over. In werkelijkheid bestaat binnen de decomposergroep ook een soort voedselketen met veel onderlinge samenhangen. Een duidelijk overzicht hiervan is geschreven door Vosjan (1978) en Verwey (1978, in druk). Het werk, dat de decomposers verrichten is vergelijkbaar met wat een tweetraps zuiveringsinstallatie doet, n.l. het afbreken van dood organisch materiaal tot oplosbare voedingsstoffen. Deze voedingsstoffen gaan in oplossing en verdwijnen grotendeels naar de Noordzee waar ze vastgelegd worden in de levende weefsels van de plantaardige planktonorganismen (phytoplankton). In de Noordzee is de hoeveelheid voedingsstoffen waarschijnlijk beperkend voor de planktongroei. Op het Balgzand wordt bijvoorbeeld relatief veel vast SiO_2 gemineraliseerd tot opgelost H_4SiO_4 (Tijssen & Van Bennekom, 1976). Dit is belangrijk omdat is aangetoond dat H_4SiO_4

soms een beperkende factor is voor diatomeeëngroei in het Noordzeekustwater (Van Bennekom, Gieskes & Tijssen, 1975). Tijssen & Van Bennekom (1976) geven aan, dat de concentraties van opgeloste voedingsstoffen op het Balgzand hoog zijn vergeleken met waarden in de rest van de Waddenzee (Tabel 5.5).

De hoeveelheid organisch materiaal, die wordt gemineraliseerd, kan ruwweg berekend worden uit metingen van de elektronentransportactiviteit in de waterkolom en de bodem. In de waterkolom wordt zo weinig gemineraliseerd, dat deze hoeveelheid hier buiten beschouwing kan worden gelaten (Vosjan, 1977). In de bodem wordt vooral SO_4 gebruikt als elektronenacceptor. De hoeveelheid SO_4 die verbruikt wordt is equivalent met 50,4 l O_2/m^2/dag (Vosjan, 1977). Totaal wordt er een equivalent van 19.793 g O_2/m^2/jaar verbruikt. Omdat deze metingen in ideale omstandigheden in het laboratorium verricht werden, moet het eindgetal door 10 gedeeld worden om de mineralisatie in de natuur te benaderen (Vosjan, pers. mededeling), zodat op het Balgzand een equivalent van 1.979 g O_2/m^2/jaar zou worden verbruikt. Er wordt algemeen een vaste verhouding van verbruikte koolstof en verbruikte zuurstof aangenomen ($C:O_2$ = 12:32) en men kan dus stellen dat op het Balgzand 742 g/m^2/jaar aan koolstof gemineraliseerd wordt. Tijssen & Van Bennekom (1976) komen in de zomer tot 3 g koolstof per dag, in de winter misschien de helft, dus totaal ongeveer 365 x 2¼ = ca. 800 g koolstof/m^2/jaar. Men dient wel te beseffen, dat deze getallen na het accepteren van een aantal aannames tot stand zijn gekomen en daardoor een factor 1 tot 2 groter of kleiner kunnen zijn. De zuurstof, die nodig is voor de mineralisatie, wordt ten dele uit het water gehaald. Als de mineralisatiecapaciteit van een deel van het Balgzand verloren zou gaan, en de hoeveelheid organisch materiaal in het wadwater niet zou afnemen, moet dus meer organisch materiaal gemineraliseerd worden op andere plaatsen in de Waddenzee. Hierbij wordt dan allereerst zuurstof verbruikt.

Er bestaan sterke aanwijzingen, dat regelmatig in uitgestrekte gebieden het zuurstofgehalte in het water zakt tot een niveau dat vissen en andere van zuurstof afhankelijke dieren doodgaan (Tijssen & Van Bennekom, 1976; Beukema, 1977). De ontbindende organismen zorgen dan weer voor een verdere belasting van het toch al zuurstofarme water. Een té grote aerobe mineralisatie in een bepaald gebied kan dus rampzalig werken doordat een kettingreaktie op gang wordt gezet.

Of in de Waddenzee de grens als bereikt is, of dat er nog genoeg bewegingsruimte over is, is niet te zeggen. De plaatselijk lage zuurstofgehaltes en daarop volgende sterfte van vissen en schelpdieren geven echter aan, dat de nu beschikbare gebieden met mineralisatieactiviteit niet verkleind moeten worden, omdat dan de belasting op andere gebieden misschien onverantwoord groot wordt.

5.2.8. Mosselcultuur

In het Waddengebied vindt een uitgebreide aquacultuur plaats. Het betreft hier bijna uitsluitend de kweek van mosselen. De standaardprocedure is dat mosselzaad (d.w.z. kleine mosseltjes) opgevist wordt van natuurlijke mosselbanken. Dit mosselzaad wordt dan uitgezaaid op de mosselpercelen in een dichtheid, die een optimale groei van de mosselen waarborgt. Na een groeiperiode worden dan de mosselen weer opgevist en na verwateren op de markt gebracht. Mosselpercelen waar volwassen mosselen gevist worden, komen in het Balgzandgebied alleen langs het Amsteldiep voor terwijl af en toe ook gevist wordt in gebieden waar tevoren mosselzaad gevist is en waar daarna de dichtheid van het overgebleven zaad een goede groei mogelijk maakte.

Voor mosselzaadvisserij is het Balgzand een belangrijke plaats. De belangrijkste visgebieden zijn aangegeven op figuur 5.4a en bevinden zich in het Mosselgaatje en de oostelijke punt van de Balgzandgeul. Uit een enquête van het RIVO onder de mosselvissers kan opgemaakt worden, dat in 1975 op het Balgzand 12.325 ton mosselzaad opgevist werd. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in de mosselvisserij met 1 ton 100 kg. bedoeld wordt.

Er kan aangenomen worden, dat bij uitzaaien van het mosselbroed sterfte optreedt, maar een veilige schatting is, dat 1 kg broed uiteindelijk 5 kg consumptiemosselen oplevert. Dit betekent dat het mosselzaad, dat vooral in het noordwestelijk gedeelte van het Balgzand gevist wordt, 61.625 ton consumptiemosselen oplevert. Dit is ongeveer 1/5 van de totale Waddenzeeproductie. Er dient bovendien op gewezen te worden, dat het mosselzaad uit het Mosselgaatje door de mosselvissers van bijzonder goede kwaliteit beschouwd wordt door de aanwezigheid van een stevige schaal.

5.2.9. Samenvattende discussie van de productiefunctie

Samenvattend kan men zeggen dat het Balgzand een grote voedselrijkdom heeft door de grote hoeveelheid organisch materiaal die uit de Noordzee komt. In de Waddenzee is het meeste van dit organisch materiaal niet direct bruikbaar voor hogere organismen, maar het wordt gemineraliseerd door bacteriën in de bodem. De bacteriën worden, tesamen met het plantaardig plankton wel door hogere organismen gebruikt. De voedingsstoffen, die bij de mineralisatie vrijkomen staan ter beschikking van de plantengroei. Niet alle beschikbare voedingsstoffen worden door de planten gebruikt, omdat licht een beperkende factor schijnt te zijn. Er vindt wel een export van opgeloste voedingsstoffen plaats naar de Noordzee.

De totale productie van de planten wordt ook niet verbruikt door de eerste groep consumenten. Toename van de aantallen planteneters wordt waarschijnlijk verhinderd door het gebrek aan geschikte vesti-

gingsplaatsen. Aantasting van het gebied zal dus een verkleining van de populaties van planteneters met zich meebrengen. Beukema (1976) komt tot deze conclusie op grond van eigen onderzoek, samen met het feit, dat geen toename van biomassa aangetoond werd over de afgelopen jaren, terwijl wel een grote toename plaatsvond van de invoer van organisch materiaal uit de Noordzee.

De vleeseters (vogels, bodemvis) worden naar alle waarschijnlijkheid wel gereguleerd door de beschikbare hoeveelheid voedsel. Tabel 5.10 geeft aan, dat de consumptie door de roofieren vergelijkbaar is met de totale productie aan macrobenthos (20 - 30 gram), zodat verwacht kan worden, dat veranderingen in populatiegrootte van planteneters een directe weerslag kunnen hebben in aantallen van vogels en vissen.

	Consumptie	
Schol	5	gram A.V.D. /m^2/jaar
Vogels	6,2	" " " "
Krab	1,5	" " " "
Bot + garnaal	5	" " " "
Grondels	1,4	" " " "
Totaal	19,1	gram A.V.D. /m^2/jaar.

Tabel 5.10. Consumptie van de belangrijkste secundaire consumenten op het Balgzand (naar Van Beek, 1976).

Het gebied, dat verloren gaat voor de decomposers betekent, dat er een grotere organische-stoflast komt op andere gebieden, met de te verwachten zuurstofproblemen. Zuurstofproblemen zijn nu reeds aangetoond bij Norderney (Michaelis, pers. meded.) en in andere delen van het kustgebied (Tijssen & Van Bennekom, 1976). De decomposers zorgen ervoor dat grote hoeveelheden nutrienten teruggaan naar de Noordzee. Daar zijn ze belangrijk bij de productie van het phytoplankton. In de Noordzee zijn de nutrienten de beperkende factor voor de primaire productie en de mineralisatie is er een factor 10 à 100 kleiner dan in de Waddenzeebodem.

5.4. VERGELIJKING VAN HET BALGZAND MET ANDERE GEBIEDEN

De Waddenzee is een uniek gebied. Er zijn op de wereld wel enkele gebieden, die bepaalde geomorfologische eigenschappen gemeen hebben met de Wadden, bijvoorbeeld een deel van de westkust van Mexico, maar daar zijn de levensgemeenschappen weer heel anders dan in de Europese Waddenzee. In het rapport van de Waddenzeecommissie (Anon. 1974, sectie 2.62 blz. 134 t/m 141) komt duidelijk naar voren, dat het waddengebied in velerlei opzicht uniek is. Tot dezelfde conclusie komt Mörzer Bruyns (1966).

Binnen de Waddenzee is het Balgzand een uniek gebied. Het Balgzand ligt direct bij de belangrijkste verbinding tussen westelijke Waddenzee en Noordzee en het gebied ligt goed beschut tegen zuidwestenwinden. Er kunnen zeer duidelijke overgangen onderscheiden worden van slik naar grof zand, van hoog naar laag, van beschut naar geëxposeerd en van brak naar zout. Bovendien bevinden zich in het gebied diepe en complexe geulsystemen, die een goede wateruitwisseling met de Noordzee waarborgen. Al deze kenmerken kunnen in de Waddenzee op andere plaatsen gevonden worden, maar niet geconcentreerd in zo'n beperkt gebied.

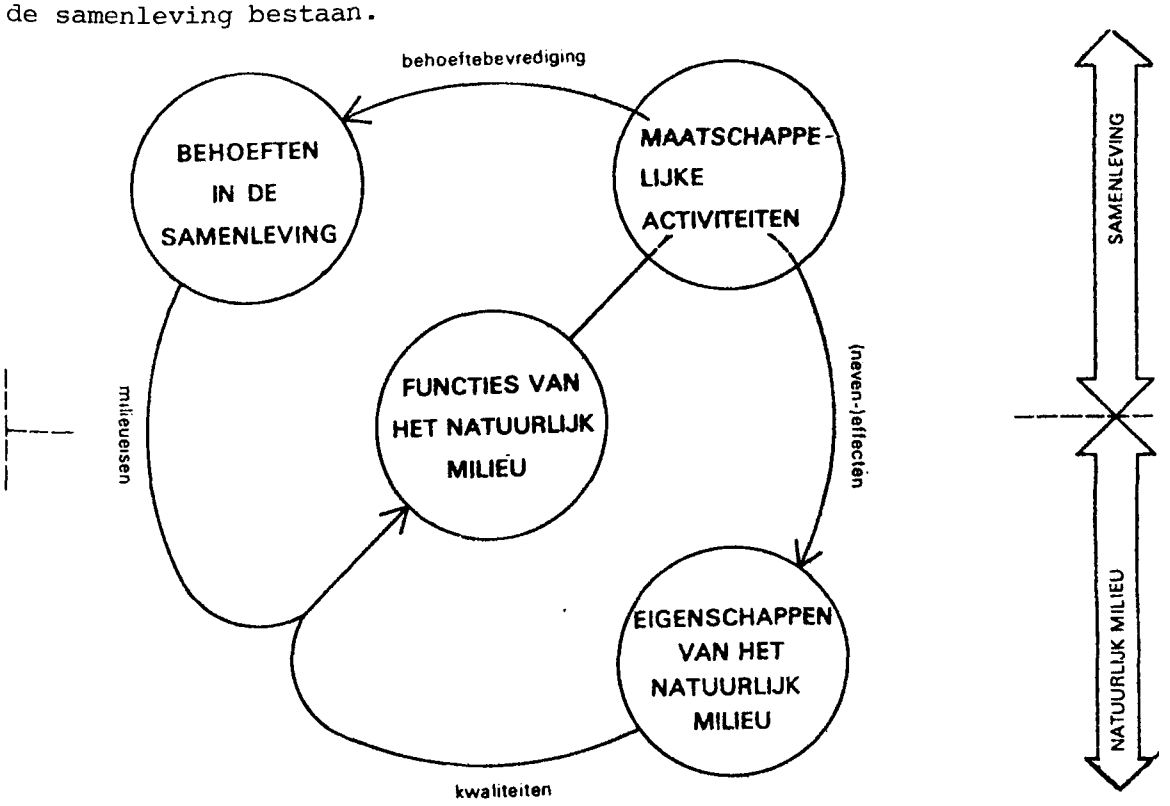
5.5. FUNCTIES VAN DE WADDENZEE, HET BALGZAND EN ZIJN DEELGEBIEDEN

5.5.1. OVERZICHT VAN DE FUNCTIES VAN HET MILIEU

Een groot aantal menselijke activiteiten concentreert zich in kustgebieden op de grens van land en water. Een aantal van deze activiteiten zijn specifiek gebaseerd op de levende natuur en andere op de geografische situatie. Ook activiteiten die alleen gebaseerd zijn op deze geografische situatie zullen de levende natuur beinvloeden. Deze invloed kan in sommige gevallen positief zijn doordat een grotere verscheidenheid van de omgeving ontstaat, maar als de activiteiten grootschalig worden zal vrijwel altijd een verarming van het natuurlijk milieu optreden. In dit rapport wordt de eventuele invloed van havenwerken op het natuurlijk milieu bestudeerd. Weinig aandacht wordt besteed aan de invloed van havenwerken op activiteiten die slechts gebaseerd zijn op de geografische situatie bijvoorbeeld delfstofwinning, industrialisatie, afvallozing etc., tenzij deze activiteiten door de havenwerken gestimuleerd worden tot schaalvergroting, en daardoor een negatieve invloed kunnen hebben op het natuurlijk milieu.

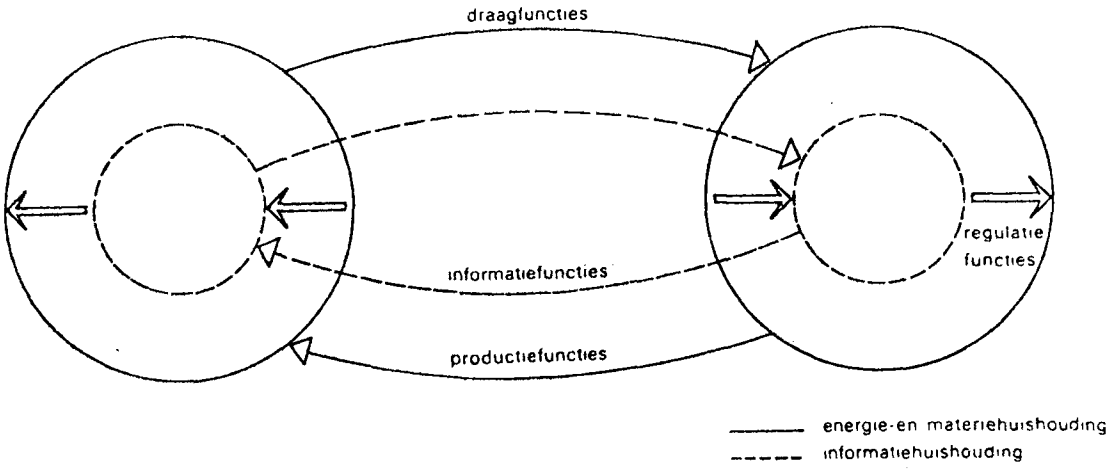
Een aantal functies van het natuurlijk milieu kan worden onderscheiden. Onder functie wordt verstaan: "De mogelijkheid tot het bevredigen van behoeften voor zover die voortvloeit uit de eigenschappen van het natuurlijk milieu".

De meest fundamentele behoeften hebben betrekking op het voortbestaan van individuen, groepen of de soort *Homo sapiens* als geheel. Deze behoeften betreffen de continuïteit van het menselijk leven. Daarnaast kunnen we een groep behoeften onderscheiden, gericht op een zo hoog mogelijke kwaliteit van dat bestaan, nu en in de toekomst (w.o. ontplooiing, recreatie, genot). De verdere uitwerking van de mate van functievervulling door het Balgzandgebied zal gedeeltelijk gebaseerd zijn op de werkwijze van het Globaal Ecologisch Model (GEM). Figuur 511. geeft schematisch weer welke interacties tussen het milieu en de samenleving bestaan.



figuur 511.: Het Globaal Ecologisch Model

Volgens een deel van het GEM (fig. 512.) kunnen twee soorten functiegroepen onderscheiden worden, n.l. energie- en materiehuishouding en informatiehuishouding. Onder de energie- en materiehuishouding verstaan we de toe- en afvoerstromen van energie en materie. De informatiehuishouding betreft de uitwisseling van informatie tussen beide subsystemen. In dit interactieschema kunnen de voornaamste functies van het natuurlijk milieu geplaatst worden, n.l. de productie-, draag-, informatie- en regulatiefuncties.



figuur 5.12: Functiegroepen in relatie tot de materie-, energie- en informatiehuishouding.

1. Productiefuncties

In een kustgebied zijn dit o.a.:
- de leverantie van biomassa;
- de leverantie van zuurstof;
- de productie van delfstoffen.

De laatstgenoemde functie, de productie van delfstoffen, speelt meestal geen directe rol bij de afweging van de biologische gevolgen van havenwerken en zal daarom niet uitgebreid in dit overzicht worden betrokken. In de westelijke Waddenzee moet hierbij wel aan de schelpwinning gedacht worden. Indien de schelpdieren niet meer kunnen groeien, zal in de toekomst de winning van schelpkalk onmogelijk worden.

2. Draagfuncties

Onder deze naam worden functies gegroepeerd die het natuurlijk milieu vervult als drager van menselijke activiteiten, artefacten en afvalstoffen. Het door het natuurlijk milieu verwerken van afvalstoffen van de menselijke samenleving wordt later besproken onder de reinigingsfuncties. De opvangfunctie voor onverwerkbare afvalstoffen zal hier ook niet verder besproken worden omdat deze valt onder de functies die alleen gebaseerd zijn op de geografische situatie.

De functies die samengevat kunnen worden onder de noemer van drager van menselijke activiteiten en artefacten zijn:
- transportfunctie;
- defensiewerken en militaire oefeningen;
- recreatievoorzieningen en activiteiten.

De twee eerstgenoemde functies zijn alleen gebonden aan de geografische situatie en worden daarom hier niet verder behandeld. De recreatiefunctie is ten dele gebonden aan de geografische positie, maar ook ten dele aan de levende natuur.

De recreatiefuncties, welke op het Balgzand grotendeels gezien moeten worden als natuurbeleving, zullen verder behandeld worden onder de informatiefuncties.

3. Informatiefuncties

De informatiestroom van natuurlijk milieu naar samenleving is van levensbelang voor deze laatste. Het vernietigen van structuren in de levende zowel als de niet levende natuur betekent niet alleen het verminderen van de evolutiemogelijkheden van de biosfeer, het sluit ook mogelijkheden voor ontwikkeling van de samenleving af. De kans op het doorgronden van fijnzinnige - tot nu toe door de mens nauwelijks ontdekte, laat staan geïmiteerde - mechanismen en gedragsvormen in de natuur, en de toepassing daarvan ten dienste van de samenleving, ligt in de informatiefuncties besloten. Het onderzoeken van de natuur is tot nu toe voornamelijk gericht geweest op het vinden van nieuwe energiebronnen en de uitbuiting van de productiemogelijkheden. Mede als gevolg van deze eenzijdige belangstelling zijn de informatieve aspecten van de omgeving sterk in de verdrukking geraakt. Pas nu de verliezen die op dit gebied worden geleden, ernstige vormen aannemen, begint de aandacht zich enigszins te verleggen.

De ontwikkelingsmogelijkheid van de samenleving als geheel is één aspect van de betekenis van de informatiefuncties. Daarnaast kunnen we een aantal informatie-aspecten onderscheiden die op kortere termijn en op kleinere schaal van groot sociaal belang zijn. Zij hebben betrekking op de individuele ontplooiing en recreatie van mensen en op de herkenbaarheid van de omgeving.

De informatiefuncties van het natuurlijk milieu houden verband met:
- natuurbeleving; herkenbaarheid en vertrouwdheid, zowel in actueel als in historisch opzicht, zijn daarbij centrale begrippen. Ook de recreatieve beleving van de natuur vatten we onder het begrip oriëntatie;
- educatie; waarbij het gaat om de betekenis van het natuurlijk milieu voor de individuele ontplooiing;
- indicatie (ook wel signaalfunctie genoemd); die begrepen moet worden als de informatie die de mens kan putten uit kwantitatieve verschuivingen in aantallen organismen als gevolg van veranderingen in het milieu, met als uitersten het verdwijnen of verschijnen van een soort;
- wetenschapsbeoefening; waarmee gedoeld wordt op het beschikbaar zijn van organismen en levensgemeenschappen, maar tevens van abiotische formaties en processen voor wetenschappelijk onderzoek;
- reservering; waarmee gedoeld wordt op de functie van het natuurlijk genenreservoir voor de samenleving.

4. Regulatiefuncties

Regulatiefuncties, welke van belang zijn in een kustgebied, zijn

o.a.: - biologische reiniging (vooral afbraak van organische stof, mineralisatie;
- biotische regulatie (b.v. voorkomen van plagen en ziekten en regulerende invloed op andere ecosystemen b.v. Noordzee);
- bodemregulatie (b.v. vasthouden van slib).

In het overzicht van de functies van het GEM is geen ruimte gelaten voor de ethische motieven voor het natuurbehoud. Volgens de auteurs van het GEM is een groot aantal motieven echter te vertalen in functies voor de samenleving als men grootschalig in ruimte en tijd denkt.

Wolff (1977), in een nota waarin hij de mogelijke uitgangspunten voor het natuurbeheer in de nederlandse kustwateren bespreekt, schrijft naar aanleiding van de vier functiegroepen van het GEM dat alle genoemde functies terug te voeren zijn op het motief van het mogelijke nut van de natuur voor de menselijke samenleving. Hij wijst er op, dat naast deze nutsoverwegingen op het ogenblik ook ruimte lijkt te bestaan voor een functie van de natuur gebaseerd op ethische en esthetische motieven. In de Structuurvisie Natuur- en Landschapsbehoud van het Ministerie van C.R.M. uit 1977 wordt het ethische motief ruime aandacht geschonken. Hierbij wordt uitgegaan van het zelfstandig bestaansrecht van wilde flora- en faunasoorten als medeschepselen. Daarom moet beëindiging of ingrijpende verstoring van de natuurlijke ontwikkeling van levensgemeenschappen of van wilde plant- en diersoorten, -- door vernietiging of ontaarding van hun biotoop of door uitroeiing, dan wel drastische verkleining van totale populaties --, niet aanvaardbaar worden geacht, mede op basis van een erkenning van achterliggende natuurlijke evolutionaire processen.

Op basis van het voorafgaande komt men tot de formulering van een z.g. "natuurethiek", die de mens het recht ontzegt de natuur naar goeddunken te gebruiken en hem de verplichting geeft deze optimaal te beheren. Uit de overheersende positie van de mens vloeit de verantwoordelijkheid voort de natuur haar bestaansrecht te verzekeren.

De voorgaande overwegingen leiden ertoe om naast de vier reeds genoemde functiegroepen een vijfde in te voeren.

5. Functies van natuur- en landschapsbehoud

- behoud van planten, dieren, levensgemeenschappen en processen, die van nature op het Balgzand voorkomen;
- behoud van het voor het Balgzand karakteristieke landschap.

Het behoud van organismen en processen en het behoud van het landschap kan op verschillende manieren worden nagestreefd. De eenvoudigste en verreweg belangrijkste methode is ongetwijfeld de bescherming door middel van veiligstelling van de onderscheidene biotopen met de daarin voorkomende levensgemeenschappen, en het voorko-

men van horizonvervuiling.

Het esthetische motief, de schoonheidservaring van de mens, heeft betrekking op het natuur- en landschapsschoon. Dit aspect valt grotendeels onder de informatiefunctie van de natuur en zal verder besproken worden bij functiegroep 3 onder het begrip natuurbeleving.

5.5.2. MATE VAN FUNCTIEVERVULLING

Van elke onder5.5.1. genoemde functie kan in principe worden nagegaan in welke mate het gebied deze vervult. Daarbij moet echter wel bedacht worden dat de vervulling van elke functie niet op dezelfde wijze te meten is. Sommige kunnen in geld worden uitgedrukt, andere niet. De laatsten dienen echter wel degelijk in de evaluatie te worden betrokken. Vergelijking van de mate van functievervulling voor en na de aanleg van de gedachte havenuitbreiding levert een mogelijkheid om effecten van deze aanleg systematisch te beoordelen.

5.5.2.1. Productiefuncties

5.5.2.1.1. De productie van biomassa

Een deel van de productie is van direct economisch belang voor de mens. De rest is indirect van meer of minder economisch belang omdat de productie van een soort of groep doorwerkt in het hele voedselweb. De productie van soorten die van direct economisch belang zijn, zal hier nader toegelicht worden.

a. Macrobenthos

Een schelpdier, dat van economische betekenis is, is de kokkel. De hoeveelheid, die op het Balgzand gevist wordt, varieert sterk van jaar tot jaar. In september - october 1977 visten 12 à 20 schepen op kokkels op het Balgzand. Dit is minstens de helft van de Nederlandse kokkelvloot. De opbrengst van de kokkelvisserij op het Balgzand kan geschat worden op ruwweg f. 2.000.000 per jaar (Holstein, pers. mededeling), maar er kunnen grote verschillen optreden tussen de verschillende jaren. Faktoren, die de grootte van de broedval bepalen hangen hoofdzakelijk samen met stroompatronen, voedselaanbod en sedimentsamenstelling. Voor de mosselvisserij is het Balgzand belangrijk, omdat dikwijls 1/3 van de mosselvangst in de Waddenzee als zaad van het Balgzand afkomstig is.

Een ander dier, dat bij de macrobenthos genoemd moet worden is de zeepier *(Arenicola marina)*. De zeepier komt in het westelijk deel van het Balgzand voor in aantallen tot boven de 50 per m^2. Als een gemiddelde dichtheid wordt aangehouden van 20 per m^2 betekent dit, dat per ha voor f. 200.000,-- aan pieren zit bij een gemiddelde win-

kelprijs van 10 cent per stuk.

Drie mechanische pierenspitmachines werken op het ogenblik op het Balgzand en verzamelen per jaar ongeveer 15 à 18 miljoen pieren. Op deze mechanische stekers vinden 7 man permanent werk. Er zijn in het westelijk waddengebied bovendien 8 full-time handstekers en 14 man, die ongeveer 4 dagen per week werken. 12 man werken een dag per week en gemiddeld zijn er iedere dag 20 sportvissers, die hun eigen pieren steken. Per jaar worden door de handstekers minstens 12 - 16 miljoen pieren gestoken. Hiervan is een groot gedeelte van Texel afkomstig, zodat 4 ã 6 miljoen met de hand op het Balgzand gestoken worden. Door de mechanische en handstekers samen worden naar schatting per jaar 20 tot 25 miljoen pieren gestoken. De prijzen, die de stekers krijgen liggen tussen de 4 en 7 cent per stuk. Langs de Nederlandse kust waar de meeste van deze pieren verhandeld worden ligt de prijs tussen 7 en 14 cent per stuk.

b. Vissen

Op het Balgzand werkt een beroepsvisser met fuiken. Hardervisserij wordt uitgeoefend door een beroepsvisser met netten en een ander met een weer. Verder zijn 12 vergunningen voor het plaatsen van fuiken uitgegeven aan part-time vissers, en een deel van deze vangst wordt verhandeld. Bovendien werkt een Wieringer beroepsvisser een groot deel van de tijd op het Balgzand met kleine fuikjes.

Voor de sportvisserij is het Balgzand belangrijk. De hoeveelheid voedsel, die uit deze visserij beschikbaar komt, is echter klein. Omdat het recreatieve aspect bij deze visserij duidelijk overheerst, zal de sportvisserij elders besproken worden.

De kinderkamerfunctie van het Balgzand is veel belangrijker. Voor de schol dient het Balgzand als opgroeigebied voor rond de 3% van de schol die op de Noordzee gevangen wordt. Wat betreft de tong kan gerekend worden op 1 à 2% van de Noordzeepopulatie en bij de garnalen op ongeveer 1%. Het belang voor de vrijzwemmende vis, zoals b.v. haring kan helaas niet berekend worden uit de beschikbare gegevens.

5.5.2.1.2. De productie van zuurstof

In de Waddenzee als geheel wordt meer zuurstof verbruikt voor mineralisatie, dan dat er wordt geproduceerd door de plantengroei (Postma, Van Bennekom, pers. med.). Door de planten wordt boven de platen maximaal 170 ugat zuurstof per liter per getij geleverd. Uit het feit, dat in de Waddenzee geen netto zuurstofproductie plaats vindt, mag niet geconcludeerd worden, dat de zuurstofproductie onbelangrijk is. Als er geen zuurstofproductie was zouden de bacteriën, die voor de mineralisatie zorgen, een grotere zuurstofschuld in het water veroorzaken, en zouden eerder zuurstofloze toestanden optreden. Voor de productie van zuurstof is licht nodig als energiebron en dit is in troebel water meestal de beperkende factor.

5.5.2.1.3. De productie van delfstoffen

Zoals reeds eerder genoemd, is de productie van schelpkalk sterk afhankelijk van de groei van schelpdieren op de mossel- en kokkelbanken. In de westelijke Waddenzee (ten westen van het wantij van Terschelling produceren de mosselbanken 240.000 ton kalk per jaar. De voor de kalkproductie veel belangrijkere kokkels groeien op de kokkelbanken, welke in de westelijke Waddenzee een oppervlakte hebben van 600 km^2. De kokkels, die niet als levende dieren opgevist worden, gaan dood, de meesten in hun eerste jaar, waarna de lege schelpen naar de diepe geulen gespoeld worden en daar opgevist door de schelpenzuigers. De kokkels, die opgevist worden, worden in de meeste gevallen aan boord direct gekookt en de schelpen worden in het water teruggegooid. Door Nederlandse schelpzuigers mag momenteel 140.000 m^3 per jaar gewonnen worden. Hiervan is 80.000 m^3 kokkelschelpen en 60.000 m^3 gemengde andere schelpen. Van deze hoeveelheid wordt 30.000 m^3 in de buitengaten gewonnen en de rest in de Waddenzee zelf.

5.5.2.2. Draagfuncties

In dit deel van het verslag zou alleen een deel van de natuurgebonden recreatie besproken kunnen worden. Recreatie, waarbij het "belevingsaspect" van de natuur de belangrijkste rol speelt (b.v. vogels kijken, fotografie etc.) wordt besproken bij 5.2.3. Alle andere draagfuncties, die in het GEM worden beschreven, zijn alleen gebonden aan de geografische situatie.

Als natuurgebonden recreatie is op het Balgzand misschien alleen de sportvisserij van belang, maar ook hier speelt de natuurbeleving een belangrijke rol. Voor de overzichtelijkheid wordt dit aspect van de recreatie ook bij de Informatiefuncties behandeld.

5.5.2.3. Informatiefuncties

De natuurbeleving in het Waddengebied is meestal geintegreerd in andere recreatieactiviteiten die plaatsvinden, maar ook als specifieke recreatievorm bedreven, als natuurstudie, komt het steeds meer in de belangstelling. De sportvisserij valt ten dele onder deze informatiefunctie, en ten dele bij de draag- en productiefuncties omdat voor veel sportvissers de vangst waarschijnlijk een grotere rol speelt dan het genieten van de natuur. Per jaar worden door sportvissers 56.000 mandagen in het Balgzand- en Breehorngebied doorgebracht (Anon., 1970). Alleen al voor de rand van het Balgzand bij Den Helder kan men rekenen op ongeveer 16.000 mandagen per jaar.

Het milieu, waarin men een recreatieve activiteit bedrijft, bepaalt in grote mate de waardering voor deze activiteit. Zeilen of wadlopen worden als prettiger ervaren, indien dit gebeurt in een on-

gerept natuurlijk gebied met af en toe een zeehond die komt kijken.

Deze recreatieve betekenis van het Balgzand staat en valt met het natuurlijk karakter van het gebied. De platen en geulen zijn kenmerkend voor het gebied. De ruimte, de wonderlijke strukturen tussen land en water, het natuurlijke en ongerepte, dit alles vormt een aantrekkelijk milieu voor recreatie-activiteiten als vissen, wadvaren, natuurstudie (op het Balgzand vooral vogels kijken) en natuurbeleving. Het is onmogelijk om de waarde van deze natuurbeleving te kwantificeren. Het is niet bekend hoeveel mensen dit gebied regelmatig bezoeken, en het valt buiten het bestek van dit rapport om aan te geven hoe groot de psychologische waarde voor iedere recreant is.

Het gebied wordt voor dagrecreatie bezocht door mensen die hun woonplaats in de directe omgeving hebben, bijvoorbeeld de Kop van Noord-Holland. Daar het gebied echter een geheel eigen karakter heeft, dat alleen voorkomt langs de kust van Noord-Nederland, wordt het ook bezocht door mensen uit de rest van Noordwest-Europa, die zulke gebieden niet in hun eigen omgeving kennen. Uit het oogpunt van verscheidenheid aan gebieden binnen Noordwest-Europa moet aan het Balgzand een hoge waarde toegekend worden.

De tweede informatiefunctie uit het GEM is die van de educatie. Sinds een groot aantal jaren worden vanuit het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee op het Balgzand excursies gegeven. Vele duizenden studenten in de Biologie, Geologie en aanverwante wetenschappen van alle nederlandse en enkele duitse universiteiten hebben hun eerste waarnemingen in het kustgebied op het Balgzand verricht. Nog steeds vinden op het NIOZ studentencursussen plaats, waarbij het Balgzand een hoge educatieve waarde vervult. In de laatste 4 jaar (1973-1976) werden door studenten die een cursus volgden, in totaal 8057 dagen op het NIOZ doorgebracht. Per jaar betekent dit een gemiddelde van minimaal 2014 cursus-mandagen. Een belangrijke reden voor de educatieve waarde is het feit, dat het Balgzand één van de best bestudeerde wadgebieden is. Ook het feit, dat in het Balgzandgebied alle belangrijke structuren van een waddengebied voorkomen, zoals zeer diepe geulen en stroomgaten (tot 15 m), uitgestrekte hoge zandplaten, stenen strekdammen, een soort wantij, schorren, aanslibbingsgebieden met zachte slibrijke platen, lozingspunten voor zoet water en een groot zeegat met directe verbinding met de Noordzee, maken dat het gebied geschikt is om vrijwel alle processen, die in het waddengebied plaatsvinden, op het Balgzand te bestuderen. Het Balgzand vervult reeds een rol bij het biologie-onderwijs op de middelbare scholen. Omdat bij het tegenwoordige biologieonderwijs de belangstelling voor excursies en veldpractica sterk toeneemt, zou in de nabije toekomst het Balgzand voor de scholen in Den Helder een belangrijke functie kunnen krijgen. Door het NIOZ werd meegewerkt aan het vervaardigen van radio en TV-programma's voor de basisscholen. Veel van de opnamen en voorbeelden hadden betrekking op het Balgzand en werden op scholen door heel Nederland ontvangen.

Veel onderzoek dat op het Balgzand wordt verricht, wordt gedaan door studenten in het kader van hun opleiding en moet dus onder de educatieve waarde van het Balgzand gerangschikt worden. Over het algemeen neemt dit onderzoek 6 of 12 maanden in beslag. Tussen 1932 en 1970 werden in totaal 5973 studentendagen aan het Balgzandonderzoek besteed (Miedema, 1972). Dit is ongeveer 18,5% van het totaal aantal dagen dat door studenten op het NIOZ aan onderzoek werd besteed. Het percentage van het werk, dat op het Balgzand uitgevoerd wordt is de laatste jaren ongeveer gelijk gebleven en het aantal studentendagen dat op het ogenblik ieder jaar op het NIOZ gemaakt wordt, bedraagt gemiddeld over 1974, 1975 en 1976 ongeveer 4158, d.w.z. dat in de laatste jaren gemiddeld 769 dagen door studenten aan het Balgzand wordt besteed. Hierbij zijn niet inbegrepen de studenten, die voor korte cursussen aanwezig waren.

Voor het wetenschappelijk onderzoek heeft het Balgzand een belangrijke functie, die ook onder het totaalbegrip van informatiefuncties gevat kan worden. Zoals reeds eerder gezegd heeft het Balgzand met zijn grote landschapsdiversiteit het voordeel dat vele processen die in de gehele Waddenzee plaatsvinden hier op een klein gebied bestudeerd kunnen worden. Ook kunnen hier deelonderzoekingen gecombineerd worden, zodat een inzicht wordt verkregen in onderlinge samenhangen. De afspiegeling van de Waddenzee, die vanuit het NIOZ betrekkelijk eenvoudig bereikbaar is, is er de oorzaak van dat zoveel onderzoek op het Balgzand is gedaan. In de laatste 20 jaar werd tegen de 10% van de tijd van wetenschappelijke medewerkers in vaste dienst op het NIOZ aan het Balgzand besteed. Een groot voordeel van wetenschappelijk onderzoek, dat gedurende een langere periode in een gebied draait is, dat eventuele veranderingen relatief snel waargenomen kunnen worden. Hier wordt later bij de signaalfunctie nog nader op teruggekomen.

Door wetenschappelijk onderzoek worden gegevens en inzichten verkregen, die van belang zijn voor andere wetenschappelijke studies en er is bij het toegepast wetenschappelijk onderzoek een directe binding tussen een economisch of maatschappelijk relevante probleemstelling en het object van onderzoek. In het Balgzandgebied hangen dergelijke onderzoeken nauw samen met adviezen betreffende het gebruik en beheer van het gehele waddengebied.

Op het Balgzand wordt door het NIOZ in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam onderzoek gedaan naar de warmteuitwisseling tussen lucht en water. Door het NIOZ worden verder nog stroompatronen onderzocht waardoor men inzicht probeert te krijgen in het verplaatsen en mengen van watermassa's en de verspreiding van de jaar- en seizoenschommelingen in de fosfor-, stikstof- en siliciumverbindingen. Biologisch onderzoek, dat uiteraard uitsluitend gericht is op de levende natuur is zeer belangrijk in het Balgzandgebied. Door het NIOZ wordt op het Balgzand, of met materiaal van het Balgzand, microbiologisch onderzoek verricht voor het verkrijgen van inzicht in het energiemetabolisme van zwavelbacteriën. Gegevens uit dit onderzoek werden ge-

bruikt bij het beschrijven van het onderdeel decomposers van het voedselweb. De productie van het microphytobenthos wordt op het NIOZ bestudeerd en hierbij is het Balgzand één van de onderzoekgebieden. Het zoölogisch onderzoek naar de productie van bodemdieren vindt binnen het Waddengebied bijna volledig op het Balgzand plaats evenals het onderzoek naar het getijdetransport en migratie van lagere dieren en vissoorten. Vogelonderzoek dat in het gehele waddengebied een belangrijke plaats heeft, vindt op het Balgzand veel plaats wegens de betrekkelijke rust en toch betrekkelijk eenvoudige bereikbaarheid en overzichtelijkheid. Voor het visserijonderzoek is het Balgzand het enige waddengebied waar al over een groot aantal jaren een vissoort (de schol) zeer intensief bestudeerd wordt. De betekenis van het gebied voor de botanicus is vooral gelegen in de differentiatie van de zoutplantengezelschappen; de vegetaties van aanwas- en afslagkust kunnen naast elkaar worden bestudeerd onder omstandigheden, die betrekkelijk weinig verschillen van die welke in het noorden van ons land heersten voor de bedijkingen.

Via de Noordzee en het Marsdiep komen grote hoeveelheden milieuvreemde chemische stoffen uit de Rijn de Waddenzee binnen. Het Balgzand kan dus door zijn ligging een goede signaalfunctie vervullen. Dat wil zeggen dat veranderingen van het ecosysteem op het Balgzand als indicatie kunnen dienen dat er wat fout gaat in het milieu waarin ook de mens leeft. Waterkwaliteit kan op twee manieren gemeten worden n.l. chemisch en biologisch. Het voordeel van chemische metingen is, dat ze geautomatiseerd kunnen worden. Het nadeel is, dat duizenden verschillende stoffen in verschillende vormen voor kunnen komen, waardoor zeer verschillende meetopstellingen nodig zouden zijn. In stromend water zou door de grote variatie in de tijd bovendien continu gemeten moeten worden. Een ander nadeel is, dat de werking van een chemische stof op een organisme afhangt van de vorm waarin deze stof voorkomt. Ook kan een aantal verschillende stoffen samen een heel andere invloed hebben dan de som van elke stof afzonderlijk. Weinig is bekend van de werking van chemische stoffen op een heel ecosysteem. Biologische methoden hebben het voordeel, dat men een indruk krijgt van de invloed van een verstoring of verontreiniging over een langere periode. Bovendien krijgt men een indruk van de werking van milieuvreemde stoffen op een heel ecosysteem. Een groot voordeel is, dat de "biologische snuffelpalen" al aanwezig zijn zonder het doen van verdere investeringen. Een nadeel is, dat altijd een zekere vakkennis nodig zal zijn voor het uitvoeren en interpreteren van biologische metingen voor milieukwaliteit.

Er zijn nu al vele voorbeelden te geven, waarbij veranderingen in het voorkomen van levende organismen een indicatie waren voor verontreinigingen waarvan de ernst tot dan toe nog niet werd vermoed. In ecosystemen op het land is het verdwijnen van korstmossen t.g.v. luchtverontreiniging een bekend verschijnsel. Massale sterfte van Grote Sterns en Eidereenden in de Waddenzee rond 1964 als gevolg van ophoping van insektenbestrijdingsmiddelen, de huidige slechte voortplantingsresultaten bij de zeehond door vermoedelijk de invloed van

PCB's en mossel- en vissterfte in 1967 door het storten van chemisch afval langs het strand bij Noordwijk zijn enkele goed gedocumenteerde gevallen. Langs de duitse waddenkust waren in 1976 al aanwijzingen dat de mosselen zich vreemd gedroegen voordat een voedselvergiftiging bij de bevolking van Oost-Friesland optrad.

Hoe groter de biologische diversiteit in een bepaald gebied, hoe groter de waarde van de signaalfunctie. Enerzijds door het voorkomen van veel soorten, die elk specifiek kunnen reageren op bepaalde stoffen, anderzijds door het bestaan van vele interacties tussen soorten en soortengroepen, die door inwerkingen van buitenaf meetbare veranderingen kunnen ondergaan.

Het Balgzand is vooral door zijn ligging aan de grootste en vanaf de Rijn gerekend eerste opening tussen de Noordzee en Waddenzee, waar de meeste milieuvreemde stoffen het waddengebied binnendringen, belangrijk voor een eventuele signaalfunctie. Een tweede aspect waardoor eventuele veranderingen snel opgemerkt worden is het continue onderzoek dat uitgevoerd wordt door o.a. medewerkers van het NIOZ. Men kan al het onderzoek in het verleden zien als een investering omdat kleine veranderingen slechts aangetoond kunnen worden als men beschikt over zeer langdurige metingen. Slechts als men over langdurige metingen beschikt kan men zeggen of een bepaalde verandering gezien kan worden als een natuurlijke schommeling, of dat sprake is van een abnormale situatie. Omdat geen gebied in de Waddenzee zo intensief is onderzocht als het Balgzand kan men gerust stellen, dat het Balgzand binnen het waddengebied een onvergelijkbare waarde heeft bij het signaleren van invloeden op het natuurlijk milieu.

5.2.4. Regulatiefuncties

Bij de regulatiefuncties is in een estuarien gebied de biologische reiniging ongetwijfeld de belangrijkste. Als er van uitgegaan wordt, dat de organische stoflast in de Waddenzee niet verder toe mag nemen, kan men de functie, die het Balgzand heeft bij de afbraak van organisch materiaal economisch waarderen door te vergelijken wat de kosten zouden zijn van een tweetraps waterzuiveringsinstallatie, die dezelfde hoeveelheid organisch materiaal af zou breken. Er kan aangenomen worden, dat het Balgzand een zuiveringsfunctie heeft van 3.567.000 inwonerequivalenten (zie ook para 5.8.1.1.). Er dient wel op gewezen te worden dat de zuiveringsfunctie van het Balgzand meer inhoudt dan het afbreken van organisch materiaal tot nitraten en fosfaten. Op het Balgzand worden o.a. grote hoeveelheden kiezelzuur geproduceerd welke in de Noordzee van groot belang zijn voor de samenstelling van de planktongemeenschappen. Zonder dit kiezelzuur zouden de dichtheden van enkele planktonsoorten sterk af kunnen nemen waardoor ongewenste bloei van andere planktonorganismen op zou kunnen treden. Een normale tweetrapszuiveringsinstallatie levert nagenoeg geen kiezelzuur.

Ook de invloed op Noordzeepopulaties van vissoorten of wadpopula-

ties van vissoorten of wadpopulaties van schelpdieren of wormen, door de functie van kinderkamerpaai, of schuilgebied kan als regulatiefunctie aangemerkt worden. Hetzelfde geldt voor het gebruik van het gebied door vogels die in een bepaald jaargetijde in het gebied fourageren als dit in andere gebieden door bijvoorbeeld te lage temperaturen onmogelijk is.

Van de functie van het Balgzand voor de bodemregulatie is weinig bekend. Men weet dat de diatomeeën (kiezelwieren) op de oppervlakte het slib vasthouden en dat mosselen slib uit het water samenballen tot deeltjes die groot genoeg zijn om te bezinken. Hoe groot de invloed hiervan is bij de ophoging van het gehele gebied is moeilijk te zeggen. Wel zal door deze activiteiten het slibgehalte van het water afnemen waardoor de helderheid en daarmede de primaire productie groter wordt.

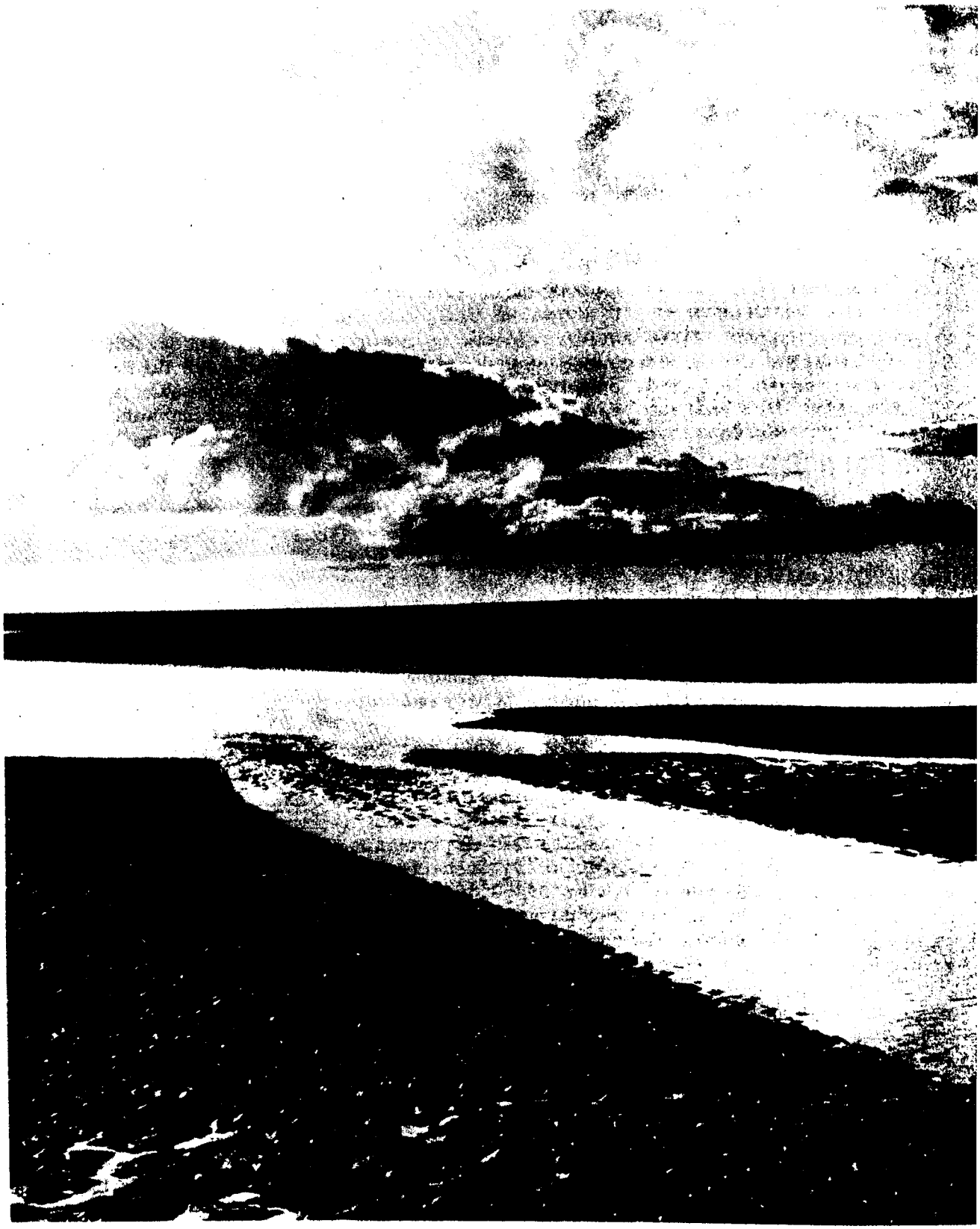
5.5.2.5. Functies, die betrekking hebben op het natuur- en landschapsbehoud

De bijdrage, die door het Balgzand wordt geleverd aan het voortbestaan van soorten planten en dieren is in de meeste gevallen zeer moeilijk te kwantificeren. De meeste ongewervelde dieren, die er voorkomen zijn zeer algemeen in de hele Waddenzee. Voor de vissen is de bijdrage van het Balgzand aan de Noordzeepopulatie al in paragraaf 5.5.2.1 gekwantificeerd.

Voor de vogels geldt, dat deze internationaal hoog worden gewaardeerd, en het International Waterfowl Research Bureau Anon., 1974d gaat ervan uit, dat een gebied internationale betekenis als natuurgebied heeft als er meer dan 1% van de trekbaanpopulatie van een bepaalde vogelsoort voorkomt, terwijl een gebied ook van internationale betekenis wordt geacht als er óf 10.000 eenden, ganzen of zwanen, óf 10.000 meerkoeten óf 20.000 steltlopers voorkomen. Op het Balgzand komt meer dan 1% van de trekbaanpopulatie voor van de bergeend, scholekster, zilverplevier, wulp, rosse grutto, kanoetstrandloper, bonte strandloper, steenloper en kluut (Tabel 5.3.).

Bovendien moet genoemd worden, dat het Balgzand van essentiëel belang is als voedselgebied voor de lepelaars van Noord-Holland en Texel. De lepelaar is in Europa een sterk bedreigde soort.

De schorren kunnen gekwalificeerd worden als een uit natuurbehoudsoogpunt zeer belangrijk landschap. Natuurlijke landschappen zijn in Nederland erg zeldzaam en bovendien bevinden zich langs de vastelandskust van het Nederlandse waddengebied geen natuurlijke kwelders. Alle vastelandkwelders zijn door landaanwinningswerkzaamheden sterk veranderd. In de westelijke Waddenzee zijn kwelders of schorgebieden uitermate zeldzaam en komen slechts voor op het Balgzand, bij Texel, en in zeer geringe mate bij Vlieland.



Aantasting van het Balgzand zal betekenen, dat biljoenen waddieren de dood zullen vinden en dat miljoenen vissen en duizenden vogels met geen directe commerciële waarde zullen verdwijnen. Ook zullen gebieden met historische en geologische waarde worden aangetast (Smit, 1972).

5.6. VOORGESTELDE HAVENONTWIKKELINGEN EN EVENTUELE ALTERNATIEVEN

Tijdens de periode dat dit onderzoek plaatsvond, zijn verschillende havenontwerpen aan de orde geweest. Deze werden voortdurend veranderd op aanwijzingen van zowel economen als ecologen, teneinde uiteindelijk de studie af te kunnen ronden met een zowel economisch als ecologisch gezien optimaal ontwerp. De verschillende ontwerpen die in de loop der tijd bestudeerd zijn, en de drie alternatieven die uiteindelijk over zijn worden in een bijlage bij dit rapport besproken.

5.7. INVLOED VAN HAVENWERKEN EN DE AANLEG VAN TOEVOERWEGEN EN KANALEN OP HET NATUURLIJK MILIEU

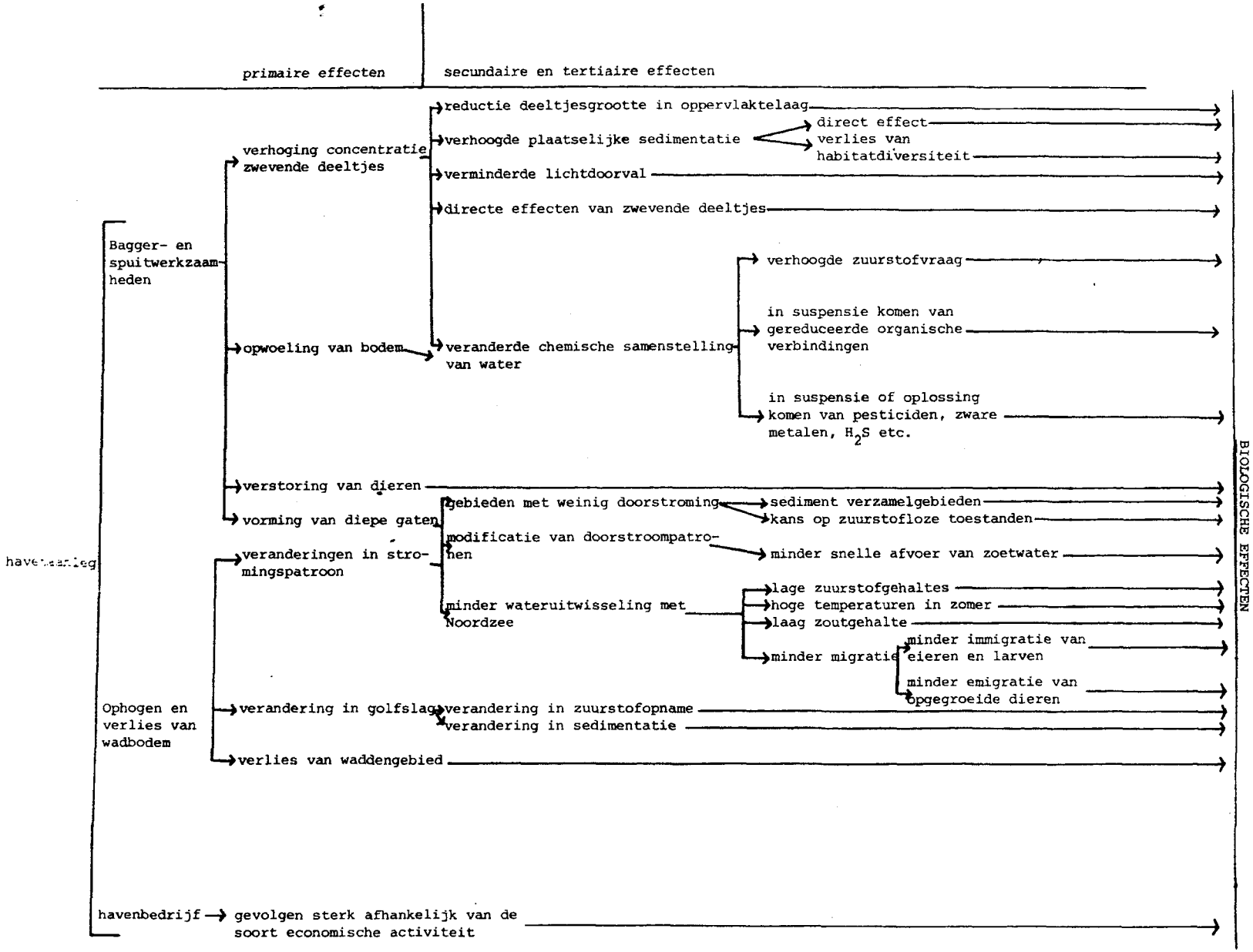
5.7.1. INLEIDING

Veranderingen van het milieu beinvloeden zelden of nooit slechts één fysische of chemische factor. De effecten komen in groepen en deze groepen kunnen gerangschikt worden in twee afzonderlijke hoofdgroepen. Deze omvatten:

A. primaire, vooral fysische effecten, die plaatsvinden als directe respons op de veranderingen van het milieu;
B. secundaire en tertiaire effecten, welke later en dikwijls op enige afstand plaatsvinden. Dit zijn dikwijls chemische en biologische effecten.

Voor het gemak wordt de parade van effecten een "effectenserie" genoemd, en een schematisch voorbeeld is gegeven in figuur 5.13. In de figuur zijn voornamelijk de fysische effecten gegeven, maar een verdere analyse zou ook de chemische en biologische moeten bevatten. Het doel van dit hoofdstuk is om de chemische en vooral biologische gebeurtenissen te beschrijven die het gevolg zijn van de fysische veranderingen zodat het gehele spectrum van gebeurtenissen duidelijk begrepen kan worden.

Het zal erkend worden, dat "effectenserie-analyse" de eerste stap



figuur 5.13 : Effecten die verwacht kunnen worden bij aanleg van een haven in een waddengebied.

is in de richting van systeemanalyse van milieueffecten. Het is belangrijk op te merken, dat twee of meer factoren die tegelijk werken, een gevolg kunnen hebben dat niet voorspeld kan worden uit de kennis van de werking van de twee factoren op zichzelf. In sommige gevallen wordt de werking van een factor practisch opgeheven en in andere gevallen wordt deze versterkt. Bij voorbeeld, in water wordt de werking van sommige insecticiden versterkt als er ook herbiciden aanwezig zijn. Als er echter ook slibdeeltjes in het water zitten, gaat de werking van het insecticide achteruit (Liang & Lichtenstein, 1974. Er is weinig bekend van effecten van de combinatie van meerdere factoren, maar er moet zeker rekening mee gehouden worden.

Elke fysische of chemische verandering kan gezien worden als een potentiële "stress" op een organisme of een groep organismen. De biologische reactie op de totale stress-situatie is wat hier belangrijk is. Deze biologische reaktie kan zich manifesteren op verschillende niveaus van biologische organisatie, bijvoorbeeld op:

a. het individuele organisme;
b. de populatie;
c. de soort;
d. de levensgemeenschap.

De reaktie van het individuele organisme kan fysiologisch of gedragsmatig zijn. Bijvoorbeeld kan een organisme verhoogde of onderdrukte ademhaling krijgen, het kan gestimuleerd worden uit een bepaald gebied te emigreren, of het kan geremd worden in het voortplantingsgedrag. Onder extreme stress zal het individu doodgaan.

De meer gevoelige individuen zullen de eerste effecten van stress voelen. Als het stressniveau toeneemt zullen ook de meer tolerante individuen symptonen laten zien. Op dat moment zijn de meer gevoelige individuen al verdwenen en heeft de populatie een aanzienlijke vermindering van de variatie aan erfelijke eigenschappen ondergaan. Het aantal individuen is misschien nauwelijks omlaag gegaan en op het eerste gezicht lijken de individuen redelijk gezond, maar men kan dan al een wezenlijk andere populatie hebben die minder goed in staat is weerstand te bieden aan de natuurlijke veranderingen van het milieu (bijvoorbeeld warme zomer).

Zoals binnen een populatie de individuen een verschillende weerstand en gevoeligheid tegen stress kunnen hebben, zo kunnen binnen een soort de populaties verschillend reageren. Als het stressniveau toeneemt zullen de gevoelige populaties eerst verdwijnen en de sterkere zullen een smallere basis van erfelijke eigenschappen krijgen.

Op het niveau van de gemeenschap worden veranderingen in soortsamenstelling opgemerkt als sommige soorten in aantal afnemen of verdwijnen. Door de gewijzigde concurentieverhoudingen die hierdoor optreden, zullen andere soorten dikwijls de kans krijgen om sterk uit te breiden.

Bij deze beschrijving is er van uitgegaan, dat de biologische reactie gecorreleerd is met de intensiteit van de stress. Een ander soort reactie is echter ook mogelijk, waarbij alles in orde lijkt totdat een bepaalde drempel wordt bereikt, waarboven het hele systeem in elkaar stort. Een voorbeeld is bijvoorbeeld een voortdurende toename van voedingsstoffen voor planten waarbij alles goed schijnt te gaan en een hoge productie het gevolg is. Als op een gegeven moment de ademhaling (vooral van bacteriën) groter wordt dan de zuurstofproductie van de planten, stort het systeem in elkaar door verhoogde sterfte gevolgd door nog hogere zuurstofconsumptie. Een ander voorbeeld is, dat sommige dieren gevoelig kunnen worden voor parasieten als het zoutgehalte waarin ze leven boven een bepaalde drempel komt. Men merkt dus niets tot dat niveau, terwijl erboven een populatie gedecimeerd kan worden.

Samengevat: het is duidelijk dat fysische en chemische modificaties van het milieu kunnen werken als stress factoren, die drukken op biologische systemen. De biologische reactie kan gradueel zijn en gecorreleerd met de sterkte van de stress factor, of het kan een alles of niets reaktie zijn waar een drempelwaarde bepaalt of een reaktie merkbaar is. De reactie kan zich manifesteren op verschillende niveaus van biologische organisatie. Omdat de soorten binnen een gemeenschap hetzelfde fysische en chemische milieu met elkaar delen, en bovendien via het voedselweb met elkaar in contact staan, moeten complexe biologische effecten verwacht worden.

In dit hoofdstuk zullen de biologische effecten beschreven worden aan de hand van de "effecten serie" van figuur 5.13. In paragraaf 5.7.2. zullen de gevolgen van de eigenlijke bouwwerkzaamheden bestudeerd worden. In principe verdwijnen deze vormen van verstoring als de bouw voltooid is, maar in sommige gevallen kan de schade die eventueel berokkend is, zeer langdurig of onherstelbaar zijn. In para 5.7.3. worden de blijvende gevolgen van de havenbouw besproken, d.w.z. het verlies van een aantal hectaren waddengebied en eventuele veranderingen in waterbeweging. Tot slot wordt in para 5.7.4. gekeken naar de gevolgen, die het havenbedrijf heeft voor het natuurlijk milieu.

Voor het bestuderen van de gevolgen van bagger- en opspuitwerkzaamheden is het minder belangrijk welk van de alternatieve ontwerpen bekeken wordt. Bij de bespreking van de blijvende gevolgen van de havenaanleg is natuurlijk de situering en vorm van het haventerrein van uitermate groot belang, zodat daar ieder alternatief afzonderlijk bekeken zal moeten worden. Bij de beschrijving van de gevolgen van havenaanleg werd veel informatie verkregen uit een overzichtsartikel van Darnell (1976).

5.7.2. INVLOED TIJDENS BOUWWERKZAAMHEDEN

Hoewel de directe gevolgen van de bouwwerkzaamheden slechts van

tijdelijke aard zijn, omdat deze vorm van verstoring na het gereedkomen van de haven zal stoppen, wordt er hier toch aandacht aan besteed omdat de gevolgen zich kunnen uitstrekken over een groot gebied en omdat sommige vormen van verstoring gedurende een zeer lange tijd gevolgen kunnen hebben.

5.72.1. Bagger- en opspuitwerkzaamheden

Volgens de effectenserie van figuur 5.13 kunnen de effecten van de bagger- en opspuitwerkzaamheden met bijbehorende activiteiten in vier groepen onderverdeeld worden, n.l.:

1. er treedt, zowel op de winningsplaats als op de opspuitplaats, een verhoging van de concentratie zwevende deeltjes in het water op;
2. de bodem wordt opgewoeld, waardoor oudere sedimentlagen weer aan de oppervlakte komen of in suspensie raken;
3. door de grote menselijke activiteit treedt een verstoring van vooral vogels op van een gebied rond de bouwplaats, en
4. op de winningsplaats van het zand kunnen eventueel diepe gaten gevormd worden.

5.72.1.1. Gevolgen van de verhoging van de concentratie van zwevende deeltjes in het water

De biologische gevolgen van een toename van gesuspendeerd materiaal zijn tot nu toe slecht bestudeerd, maar er bestaan sterke aanwijzingen, dat de gevolgen zeer groot kunnen zijn. Voorbeelden zouden kunnen zijn de overal in de Waddenzee optredende achteruitgang van het zeegras en de relatief lage biomassa van bodemdieren in het Eems-Dollardgebied. Door de Rijkswaterstaat wordt op dit moment onderzoek verricht naar de gevolgen van zandwinning in de Waddenzee, doch de resultaten hiervan zijn nog niet beschikbaar. Frans onderzoek in de Baie de Seine heeft aangetoond, dat de invloed van baggerwerk zich zeer ver uit kan strekken (Anon., 1977). Zwevende deeltjes afkomstig van een baggerschip werden in grote concentraties aangetroffen in een gebied van 50 - 70 km^2 rond het baggerpunt. De meeste deeltjes groter dan 40 u bezonken binnen 1,5 km. Vooral golfslag bleek een grote invloed te hebben op de bezinkingssnelheid van het fijnere materiaal, en er werd aangenomen dat ongeveer 10% van het fijne materiaal (40 u) nog in suspensie was op 6 - 12 km van de baggerplaats.

Gesuspendeerd materiaal omvat zowel organisch als anorganisch materiaal van een grote variatie in maat. Kleine deeltjes hebben relatief grote oppervlakken en kunnen veel stoffen aan hun oppervlak binden. Dit geldt zowel voor voedingszouten zoals fosfaat, aromatische verbindingen en giftige stoffen zoals pesticiden, herbiciden, zware metalen en radioactieve substanties. Deze kunnen uit het water opgenomen worden en met de slibdeeltjes bezinken. Dat dit gebeurt blijkt duidelijk uit de zeer hoge gehalten van deze stoffen in het slib, dat uit de havens in het Rijnmondgebied gebaggerd wordt.

De organische deeltjes kunnen onderverdeeld worden in natuurlijke organische deeltjes en synthetische organische deeltjes. De natuurlijke deeltjes zijn biologisch afbreekbaar en een potentiële voedselbron voor veel soorten organismen. Als deze deeltjes afgebroken worden, wordt veel zuurstof verbruikt waardoor plaatselijk zuurstofgebrek kan ontstaan. De synthetische organische deeltjes zijn ten dele chemisch niet aktief, zoals vele plastics en andere polymeren, maar soms ook zeer giftig, zoals pesticiden, herbiciden en sommige industriële chemicaliën. Ze zijn vaak erg persistent in het milieu en worden lange tijd opgeslagen in het sediment. Veel stoffen worden aan slibdeeltjes geadsorbeerd en kunnen zo via de bodembewonende organismen het voedselweb binnenkomen.

De biologische effecten van hoge concentraties gesuspendeerd materiaal kunnen gescheiden worden in verschillende groepen (fig. 5.13). Deze scheiding is enigszins arbitrair, en in de practijk is een bepaald effect dikwijls moeilijk toe te wijzen aan één oorzaak. De effecten, die in deze sectie besproken zullen worden zijn:

A. Gevolgen van verhoogde troebeling:
   Aa. vermindering van fotosynthese;
   Ab. verminderd zicht;
B. Directe gevolgen van verhoogde concentratie van zwevende deeltjes:
   Ba. effect op temperatuur;
   Bb. effect op zuurstofgehalte van het water;
   Bc. effect op primaire en secundaire productie;
   Bd. effect op ademhaling;
   Be. andere effecten;
C. Gevolgen van verhoogde sedimentatie:
   Ca. effect op primaire productie;
   Cb. effect op bodemdieren;
   Cc. effect op vispopulatie;
   Cd. effect van het veranderen van het bodemtype

A. Gevolgen van verhoogde troebeling:

Onder troebeling wordt verstaan: "De reduktie van de hoeveelheid licht, die in het water doordringt door de aanwezigheid van gesuspendeerde of opgeloste stoffen". Het is dus niet belangrijk wat voor stoffen zich in het water bevinden, daar zowel organische, anorganische of opgeloste kleurstoffen hetzelfde effect kunnen hebben. Op het Balgzand is van nature al een hoge troebeling. Het water in de geulen bevat met de ebstroom grote hoeveelheden gesuspendeerd materiaal. Met de vloedstroom is het water echter relatief helder. Baggerwerkzaamheden zullen een sterke verhoging geven, die zowel met de eb- als vloedstroom de lichtdoorval sterk zullen verminderen. In biologische systemen is vooral van belang de afname van de diepte tot waar zonlicht doordringt in de watermassa, en het verminderde zicht onder water.

Aa. Effect van vermindering van fotosynthese:

De groei en productie van plantaardige organismen hangen af van

de beschikbaarheid van zonlicht. Iedere afname van de hoeveelheid beschikbare lichtenergie zal dus gevolgen hebben voor de primaire productie. Er zijn bewijzen dat zeegrassen sterk achteruitgaan als het water veel slib bevat, zodat de hoeveelheid licht op de bodem afneemt, met als gevolg, dat weer minder slib vastgehouden zal worden door het zeegras en de troebeling weer verder toeneemt. Een afname in de hoeveelheid planten heeft gevolgen voor de dichtheden van de planteneters en ook voor de hoeveelheid zuurstof, die aan het water geleverd wordt. Als de troebeling tijdelijk sterk toeneemt, kan dit als gevolg hebben dat een grote hoeveelheid plantaardige organismen afsterft en door ontleders wordt omgezet, waardoor plaatselijk zuurstofproblemen kunnen ontstaan. Het verlies van zeegras vermindert het aantal plaatsen waar kleine dieren schuilplaatsen kunnen vinden tegen roofdieren. Te weinig licht kan ook gevolgen hebben voor de microscopische kleine algen die op het bodemoppervlak voorkomen. Deze kiezelwieren vormen op het Balgzand een zeer belangrijk voedsel voor veel dieren, en ze houden veel fijn slib vast. Als ze verdwijnen kan dit sliblaagje weer gemakkelijk in suspensie komen door stromingen en golven, en zodoende de troebelheid weer vergroten.

Ab. Gevolgen van verminderd zicht:

Verminderd zicht heeft vooral invloed op het gedrag van vissen. Zwemactiviteit neemt dikwijls af en sociaal gedrag wordt gestoord (Heimstra e.a., 1969). De hoeveelheid voedsel die in het water gevonden wordt door een vis, neemt af naarmate het water meer troebel is. Vergelijkbare effecten mogen worden verwacht op vogels, die duikend op vissen jagen (futen, aalscholvers, zaagbekken, sterns).

B. Directe gevolgen van verhoogde concentratie van zwevende deeltjes:

Behalve door hun invloed op de troebeling van het water en de daarmede verbonden gevolgen voor de fotosynthese en helderheid, beinvloeden de zwevende deeltjes ook de fysische en chemische eigenschappen van het aquatisch milieu en zowel direct als indirect oefenen zij druk uit op het biologisch systeem.

Ba. Effecten van temperatuur:

Zwevende deeltjes absorberen zonne-energie en geven dit af als warmte aan het omringende water. In een getijdengebied als het Balgzand worden hiervan geen problemen verwacht.

Bb. Verlaging van het zuurstofgehalte:

Zoals reeds eerder gezegd kunnen zwevende deeltjes het zuurstofgehalte van wateren verlagen door remming van fotosynthese en door temperatuurgelaagdheid. Het kan echter ook gebeuren door verhoogd zuurstofverbruik. Op het oppervlak van de slibdeeltjes kunnen zich bacteriën hechten, die veel zuurstof uit het water verbruiken bij de mineralisatie. Door Kholdebarin & Oertli (1977) werd aangetoond, dat vooral gesuspendeerde deeltjes die groter waren dan bacteriën, sterk bijdroegen tot een verhoogde biologische activiteit van bacteriën. Vosjan en Olanczuk - Neyman (1977) tonen aan, dat de zwevende deeltjes in de waterkolom een 10 maal hogere mineralisatieactiviteit be-

zitten dan het bovenste laagje van het bodemsediment. De mineralisatie in de waterkolom had een zuurstofverbruik, dat varieerde van 0.055 - 0.220 ml O_2/g/h (g = gewicht van zwevend materiaal) onder laboratoriumcondities. Het directe chemische effect van bepaalde gesuspendeerde deeltjes, die zuurstof uit het water binden, wordt later besproken in de sectie, die de gevolgen van opwoeling van bodemmateriaal bestudeerd.

Bc. Effecten op primaire en secundaire productie:

Er is reeds genoemd, dat door vermindering van de lichthoeveelheid de fotosynthese geremd wordt en daardoor de primaire productie verlaagd. Een direct effect van zwevende deeltjes is, dat voedingszouten (vooral fosfaten) gebonden worden en bezinken, waardoor deze niet meer beschikbaar zijn voor het plantaardig plankton. Ook is aangetoond, dat kleine algen aan kleideeltjes kunnen hechten en vervolgens bezinken. Op deze manier kan in 20 minuten tot 99% van bepaalde algen bezinken onder laboratoriumcondities (Lackey et al., 1959). Ook is aangetoond, dat hoge concentraties zwevende deeltjes de zoöplanktonpopulaties verkleinen (Williams 1966). Sherk, O'Connor en Neumann (1975) vermelden dat de planktonische roeipootkreeftjes *Eurytemora affinis* en *Acartia tonsa*, die ook in de Waddenzee voorkomen, een significante remming van hun voedselopname vertoonden bij toevoeging van fijn zand, vollersaarde of estuarien slib aan een suspensie van ééncellige voedselorganismen. Bij 100 mg/l was de reductie bij *Eurytemora* 15 - 30% en bij *Acartia* 50 - 70%, bij 500 mg/l werd dit resp. 35 - 60% en 65 - 85%. Loosanoff & Tommers (1948) vermelden sterke teruggang (57%) in de filtreersnelheid van volwassen amerikaanse oesters bij toevoeging van 100 mg gesuspendeerde vaste stof per liter aan zeewater. Bij 3 gram sediment per liter was de teruggang zelfs 94%. Bovendien bleken de groei en overleving van eieren en larven van deze oesters nadelig te worden beinvloed door sedimentconcentraties vanaf 188 mg/l (Davis & Hidu, 1969). De europese oester bleek minder gevoelig, doch ook bij deze soort werd de groei van de larven duidelijk negatief beinvloed door slibconcentraties vanaf 250 mg/l. Opmerkelijk is, dàt de fractie <5 micron een veel groter effect heeft dan de fracties van 5 - 50 micron. De oester komt op het ogenblik niet op het Balgzand voor, maar fijn slib zal ongetwijfeld een vergelijkbare invloed hebben op andere bodemdieren, zoals mosselbroed, waarvan het Balgzand een belangrijke leverancier is.

Bd. Effecten op ademhaling:

Zeer hoge concentraties van zwevende deeltjes kunnen zuurstofproblemen geven voor veel vissen, omdat de deeltjes de kieuwen kunnen verstoppen (Wallen, 1951). Sherk e.a. (1975) vermelden de resultaten van experimenten met zeven soorten vissen, die in amerikaanse estuaria voorkomen. 50% van de individuen van deze soorten stierf binnen 24 uur bij sedimentgehalten van 2,5 - 128,2 gram/l. Deze experimenten, waarbij de lethale concentratie voor 50% van de individuen (LC 50) werd bepaald, zijn echter een zeer ruwe maat voor de invloed van een stof op een ecosysteem. Wel valt op, dat de haringachtige

vissen als zeer gevoelig uit deze experimenten naar voren kwamen. Bodemvissen bleken veel toleranter. Ook de jonge levensstadia bleken gevoeliger dan de volwassen dieren. Blootstelling van verschillende vissoorten aan sedimentgehalten van 0,65 - 1,24 g/l leidde tot duidelijke veranderingen in de bloedsamenstelling. Deze waren niet te onderscheiden van veranderingen veroorzaakt door zeer lage zuurstofgehalten. Bovendien kon na een verblijf van 5 dagen in een slibgehalte van 0,65 g/l duidelijk schade aan de kieuwen worden vastgesteld. Het verstoppen en/of beschadigen van kieuwen door fijn slib kan ook voorkomen bij schelpdieren en andere invertebraten.

Be. Andere effecten van zwevende deeltjes:

Veel Waddenzeebewoners (mossel, kokkel, muiltje, zeepokken, verschillende borstelwormen) verkrijgen hun voedsel door het langstromende water op één of andere wijze uit te zeven. Alle vaste deeltjes in een bepaalde grootteklasse worden daarbij achtergehouden, waarna op verschillende manieren wordt bewerkstelligd, dat de organische deeltjes kunnen worden verteerd, terwijl de anorganische deeltjes weer kunnen worden afgescheiden. Voor dit proces is energie nodig, die alleen kan worden onttrokken aan de energie in het voedsel, die ook beschikbaar moet zijn voor andere levensprocessen, zoals bijvoorbeeld groei en voortplanting. M.a.w. een grote behoefte aan energie voor de scheiding van slib en voedsel zou ten koste kunnen gaan van de groei van diverse bodemdieren. Verhoogde troebeling zou dus kunnen leiden tot verminderde productie van organisch materiaal ("vlees") door de Waddenzeedieren.

Een andere mogelijkheid is, dat de bouw van de organen voor voedselopname niet toelaat, dat ze fungeren bij een sedimentgehalte boven een bepaalde drempelwaarde.

Het is bekend, dat kleideeltjes organische verbindingen aan zich kunnen binden en zodoende chemische prikkels, die nodig zijn voor migratie of voedselzoeken verminderen. Veel dieren kunnen zeer kleine concentraties van chemische stoffen waarnemen. Creutzberg (1959) heeft aangetoond, dat glasaaltjes chemische verschillen tussen eb- en vloedwater kunnen onderscheiden zodat ze van de goede stroom gebruik kunnen maken voor transport tijdens de migratie. Gerichte migratie is vooral belangrijk in gebieden, die gebruikt worden als paai- of broedvalgebied, of als kinderkamer. Op het Balgzand is broedval duidelijk aangetoond voor o.a. zeepieren, nonnetjes, kokkels en de strandkrab en er zijn sterke aanwijzingen, dat veel soorten getijstromen selectief gebruiken voor gerichte migratie (Creutzberg, in druk). Andere gedragspatronen waarvan we weten, dat ze beinvloed of zelfs geïnitieerd worden door chemische substanties in het milieu zijn o.a. het dag- en seizoenritme van vele waterdieren, plaatsbepaling van voedsel, soortsherkenning, vinden van gastheren en stimulatie van voortplanting. Als slibdeeltjes veel van deze chemische bestanddelen uit het water aan zich binden, kan een groot deel van deze chemische informatie verloren gaan bij uitgebreide bagger- en opspuitwerkzaamheden.

Een direct gevolg van veel zwevende deeltjes in het water schijnt te zijn, dat daardoor bij verschillende vissoorten paaigedrag en eiafzetting gerand worden. Een ander effect, dat belangrijk zou kunnen zijn is, dat dieren die onder één of andere stress leven of enigszins uitgehongerd zijn, eerder door roofdieren gevangen worden, zodat de structuur van de gemeenschap kan veranderen.

Dit alles maakt duidelijk, dat zwevende deeltjes verstrekkende gevolgen kunnen hebben voor de levensgemeenschap van een estuarium. Doordat alle organismen via het voedselweb met elkaar in verbinding staan, strekken deze gevolgen zich uit over de gehele gemeenschap. Dus ook organismen, die niet direct gevolgen ondervinden van zwevende deeltjes kunnen indirect beinvloed worden. Dat het effect van zwevende deeltjes zowel aan het begin als aan het eind van het voedselweb merkbaar is, werd aangetoond door Buck (1956), die vond dat in helder water (minder dan 25 mg/l slib) 12,8 maal zoveel phytoplankton en 5,5 keer zoveel vis geproduceerd werd als in troebel water (meer dan 100 mg/l).

C. Biologische effecten van sedimentatie:

Een goed overzichtsartikel over de gevolgen van sedimentatie in zoetwater wordt gegeven door Cordone & Kelley (1961). Over de gevolgen in het marine of estuariene milieu is veel minder bekend, maar ook dit aspect maakt deel uit van het zandwinningsonderzoek van Rijkswaterstaat. In de buurt van een op te spuiten object zal zeer zeker een verhoogde sedimentatie optreden en het is duidelijk, dat de effecten tamelijk groot kunnen zijn, bijvoorbeeld door de schurende werking op bodemdieren door langskomend zand, het bedekken van dieren onder een laag sediment, het verminderen van de verscheidenheid van de bodem, het opvullen van bodemgaten en openingen en verandering van het sediment door herverdeling van gesedimenteerde materialen (Wilson, 1957).

Ca. Effect op primaire productie:

Benthische algen en kiezelwieren kunnen door sediment bedekt worden en zodoende verdwijnen. Bij weinig sedimentatie kunnen sommige echter door het slib naar boven kruipen. Als de sedimentatie groter is dan de groei- of kruipsnelheid van de kiezelwieren, zou deze, voor de Waddenzee zeer belangrijke groep, op een groot deel van het Balgzand kunnen verdwijnen tijdens de periode dat de bouwwerkzaamheden duren. Voor de zeegrassen kan sedimentatie nadelig zijn, omdat de bladeren bedekt kunnen worden door een laagje slib, dat de lichtvoorziening kan belemmeren en dat een fysische barrière kan vormen tegen een vrije uitwisseling van gassen (zuurstof en koolzuurgas), zoals aangetoond is door Phinney (1959). King and Ball (1964) hebben gevonden, dat verdubbeling van de sedimentatie de productie van vastzittende algen met 70% kan verminderen.

Cb. Effecten van sedimentatie op bodemdieren:

Bodemdieren zijn vaak goed bestand tegen sedimentatie. Te grote stroomsnelheden met een hoog zandgehalte in het water kunnen een be-

paald gebied echter schoonschuren. Dit geldt vooral in gebieden met harde bodems. Veel belangrijker is echter het effect, dat de bodem bedekt kan worden door een dikke laag van steriele anorganische sedimenten, met een snelheid die groter is dan het aanpassingsvermogen van de fauna. Mosselbanken kunnen bijvoorbeeld bedekt worden door het sediment (Ellis, 1931). Veel bodemdieren zitten tamelijk diep in de bodem en zijn afhankelijk van kleine stromingen van het water tussen de bodemdeeltjes om voldoende zuurstof te verkrijgen en om koolzuur en ander afvalmateriaal kwijt te raken. Fijn slib kan de openingen naar het bodemoppervlak dichtslibben, zodat de waterstroom afneemt en de dieren doodgaan door verstikking of vergiftiging door afvalproducten van hun stofwisseling en ongeoxideerde bijproducten van bacteriële activiteit, zoals stikstofverbindingen, kooldioxyde, zwavelwaterstof, organische zuren etc. Hoe groot de invloed van toegenomen sedimentatie is op de bodemfauna moet nog worden vastgesteld. Dit probleem vormt één van de objecten van de Studiegroep Zandwinning van Rijkswaterstaat.

In Chesapeake Bay, U.S.A., vonden Cronin e.a. (1970), dat een gebied dat 5 x zo groot was als de eigenlijke baggerstortplaats door sediment bedekt werd en dat in dat gebied een afname van 71% in aantallen en 64% in biomassa van de grotere bodemdieren gevonden werd. Ook het aantal aanwezige soorten was duidelijk afgenomen.

Cc. Effect van sedimentatie op vispopulaties:

Effecten van sedimentatie kunnen in drie groepen gescheiden worden:

1. sedimentatie vermindert of vernietigt de voedselvoorraad;
2. sedimentatie vernielt het woongebied;
3. sedimentatie heeft een negatieve invloed op de voortplanting door het vernietigen van paaigebieden en het bedekken en verstikken van eieren en larven in geval van op de bodem vastzittende eieren.

Vooral de bodemvissen zullen hun voedselvoorraad zien verdwijnen bij te grote toename van de sedimentatie. Verlies van woongebied is vooral van belang voor vissoorten, die gebruik maken van diepe holen of gaten, welke door sediment opgevuld worden. Dit laatste is voor de vissoorten, die op het Balgzand voorkomen minder belangrijk.

Cd. Effect van het veranderen van het bodemtype:

Binnen het aquatisch milieu is de samenstelling van de bodem van het grootste belang voor de bodemdieren. Veranderingen van de bodem betekenen direct succes voor sommige soorten en verdwijnen van andere met als resultaat veranderingen in de samenstelling en productiviteit van het biologisch systeem. In veel literatuur wordt duidelijk aangetoond dat de korrelgrootte van sedimenten bepaalt welke soorten en in welke dichtheden deze voorkomen. De soort bodem heeft dus direct invloed op de hoeveelheid voedsel die voor de vissen beschikbaar is. Door opspuitwerkzaamheden wordt de korrelgrootte van de oppervlaktelaag in een groot gebied over het algemeen kleiner. Het is bekend, dat in slibrijke gebieden vooral veel jong broed voorkomt, terwijl volwassen dieren veelal de voorkeur schijnen te geven aan meer zandige substraten.

Verscheidenheid van bodemtypen is meestal gecorreleerd met biologische complexiteit. Als een gebied meer eenvormig wordt, zal dus de biologische verscheidenheid afnemen. Voor planten in zeer eenvoudige terrestrische ecosystemen is aangetoond, dat de productie van een gemengde cultuur hoger ligt dan de soorten afzonderlijk zouden hebben als ze hetzelfde gebied innamen (De Wit, 1960). Er zijn aanwijzingen, dat dit ook waar is voor de grotere bodemdieren in de Waddenzee (Beukema, 1976).

5.7.21.2. Algemene gevolgen.

In de voorgaande sectie werden de gevolgen behandeld van de door baggerwerkzaamheden in suspensie gebrachte slibdeeltjes. In dit deel worden vooral de effecten bekeken van het opwoelen van de bodemlaag, waardoor allerlei in het verleden bezonken of ter plaatse geproduceerde stoffen weer in de waterkolom terechtkomen. Zoals reeds gezien kan worden uit de effectenserie van figuur 5.13. is een veranderde chemische samenstelling van het water hiervan het belangrijkste gevolg. Dat ook de gesuspendeerde deeltjes zelf deze chemische samenstelling kunnen veranderen, is reeds genoemd en wordt hier niet nader bekeken. Zoals ook reeds eerder is opgemerkt, is een zeer stringente scheiding tussen verschillende oorzaken die vergelijkbare gevolgen hebben, in een eenvoudige effectenserie niet aan te houden.

Door de opwoeling van de bodem bij baggeren of zuigen wordt het bovenste zuurstofrijke laagje doorbroken en komt het sediment van de laag eronder in suspensie. Veel van de zo vrijkomende zwevende deeltjes bevatten gereduceerde verbindingen. Deze verbindingen kunnen door zuurstof geoxydeerd worden en dragen daarom bij tot de zuurstofbehoefte van het water. De waterkolom verliest dus een hoeveelheid zuurstof. Veel opgewoelde deeltjes bestaan ook uit organische verbindingen, die biologisch afbreekbaar zijn. Hiervoor is ook zuurstof nodig. Er is berekend, dat slib van onder de oppervlaktelaag 535 keer zijn eigen volume aan zuurstof nodig heeft voor complete oxydatie (Frankenberg & Westerfield, 1969). Brown en Clark (1968) geven aan, dat zuurstofniveaus in de buurt van zandzuigers 18 - 23% onder normaal kunnen zijn.

Zowel de sedimentdeeltjes als het water tussen deze deeltjes bevatten giftige bestanddelen, zoals zwavelwaterstof, methaan en een verzameling van organische zuren, ketonen, aldehyden etc., zowel als zware metalen en pesticiden. Ook kunnen plaatselijk zeer grote hoeveelheden voedingszouten in oplossing komen, die aanleiding kunnen geven tot planktonbloei.

Door de verstoring van het bodemsediment vinden processen plaats, die nog veel meer dan de reeds besproken processen de fysische en chemische eigenschappen van het water veranderen. Enkele effecten, die op het Balgzand van belang zouden kunnen zijn, zullen hier besproken worden.

Biologische gevolgen van de verandering van pH:

Door baggerwerkzaamheden schijnt de pH (zuurgraad) enigszins verlaagd te kunnen worden door het vrijkomen van kooldioxyde uit het sediment, wat later koolzuur vormt. Het kooldioxydegehalte zal natuurlijk ook verhoogd worden als bij toename van de troebeling de fotosynthese geremd wordt.

Sulfiden, die in de Balgzandbodem in grote hoeveelheden voorkomen, kunnen door oxydatie en hydrolyse zwavelzuur vormen, en de hoeveelheid kalk in het water is misschien niet altijd groot genoeg om dit te bufferen. De meeste marine organismen hebben geen grote tolerantie tegen wisselende pH, omdat zeewater meestal goed gebufferd is rond pH 8.0. Lage pH-waarden beinvloeden de tolerantie van aquatische organismen tegen lage zuurstofwaarden en lage pH-waarden vergroten de oplosbaarheid van sommige zware metalen en verhogen de giftigheid (Taczwell, 1966). Lage pH is ook dikwijls begeleid door hoge sulfideniveaus en de combinatie is giftig. De pH is meestal geen probleem op zichzelf (behalve in extreme gevallen bij industrieel afvalwater), maar een verlaging gaat meestal gepaard met andere storende factoren (lage zuurstofgehalten, veel kooldioxyde, veel zwavelwaterstof, veel zware metalen etc.), en deze combinatie kan biologische schade opleveren.

De invloed van kooldioxyde:

Kooldioxyde komt soms teveel voor in systemen waar teveel organisch materiaal afgebroken wordt, en de uitwisseling met de lucht niet goed genoeg is. Kooldioxyde is een belangrijke factor in het buffersysteem van zeewater, en bij lage zuurgraad is veel kooldioxyde aanwezig. Een storende werking op de ademhaling van dierlijke organismen zal bij de in de natuur gevonden gehaltes waarschijnlijk nooit voorkomen, maar zeer kleine veranderingen kunnen wel het gedrag beinvloeden (Sherer, 1971). Op de kieuwen van vissen kunnen plaatselijk al hoge kooldioxydeconcentraties voorkomen en een verhoging kan als gevolg hebben, dat een lage zuurgraad optreedt. Zeer kleine veranderingen in zuurgraad kunnen de gifwerking van sommige zware metalen zeer veel versterken.

Het kooldioxydegehalte zou ook toe kunnen nemen als de fotosynthese afneemt door gebrek aan licht, of als er veel bacteriële mineralisatie optreedt door het vergrote oppervlak van het gesuspendeerde materiaal.

Biologische effecten van zwavelwaterstof:

Zwavelwaterstofgas is zeer giftig en goed oplosbaar in water. Het ontstaat onder natuurlijke omstandigheden door zuurstofloze ontleding van organisch materiaal en het komt normaal voor in het water in de bodem. Bij lage zuurstofgehaltes kan het vanuit de modder in het water in oplossing gaan. Het kan ook ontstaan uit sulfiden bij lage zuurgraad of uit sulfaten onder zuurstofarme omstandigheden. Zwavelwaterstof is zeer giftig voor sommige bodemdieren (Smith, 1971) en voor viseieren en jonge vissen. Het is vooral giftig bij lage zuurstofgehalten, dus dicht bij de bodem bij weinig doorstroming.

Dit is ook de plaats waar het meeste zwavelwaterstof verwacht kan worden. Het rapport "Water Quality Criteria, 1972" raadt aan dat gehaltes van meer dan 0,002 mg/l ten alle tijde voorkomen moeten worden.

Biologische effecten van zware metalen en andere chemische verontreiniging:

Ook hiervan is een goed overzicht te vinden in het rapport "Water Quality Criteria, 1972". Zware metalen zijn hoofdzakelijk afkomstig uit de industriegebieden langs de Rijn en de land- en tuinbouwgebieden in Holland. Metalen kunnen voorkomen als opgeloste ionen, in organische complexen, geadsorbeerd aan kleideeltjes of als componenten van levende of dode organismen. In de metaal of geoxydeerde vorm zijn ze meestal onoplosbaar en accumuleren in het sediment. Vaak zijn de metaalverbindingen aan kleideeltjes geadsorbeerd, en bezinken in rustige gebieden. Hierdoor kunnen zeer hoge concentraties worden opgehoopt zoals aangetoond in het havenslib van Rotterdam. Door opwoelen kunnen deze sedimenten met hun aangehechte metalen weer in suspensie komen.

Alle metalen reageren verschillend, maar over het algemeen lossen ze beter op bij lage zuurgraad. Ze komen ook in de waterkolom bij baggeren of zuigen. Zoals reeds genoemd kunnen op de kieuwen van vissen plaatselijk lage zuurgraadwaarden voorkomen, waardoor slibgebonden metalen gemakkelijk vrijkomen en door de dieren opgenomen worden. Er is ook een relatie tussen de giftigheid van de metalen en het calciumgehalte van het water. Weinig kalk betekent een hogere giftigheid. Kwik is nog een speciaal geval omdat anorganisch kwik door bacteriën omgezet kan worden in oplosbaar en veel giftiger methylkwik, dat zo het voedselweb binnen kan dringen en zich kan ophopen in de hogere niveaus. Zware metalen zijn vooral giftig, omdat ze enzymsystemen kunnen blokkeren.

Adsorbatie aan kleideeltjes is ook bekend van gechloreerde koolwaterstoffen en radio-actieve materialen.

Omdat estuaria, en ook het Balgzand (zie para 5.2), werken als een fuik waar veel gesuspendeerd materiaal bezinkt en in het sediment opgehoopt wordt, kan opwoeling door baggeren en zuigen plaatselijk verstrekkende gevolgen hebben.

5.7.2.2. Verstoring en eventuele verontreinigingen en calamiteiten

Tijdens de aanleg van een haven kan er op gerekend worden dat grote verstoringen van vogels en andere dieren plaats zullen vinden. Ten eerste natuurlijk op het haventerrein zelf, en verder in het wingebied van het benodigde zand en langs de aanvoerroutes. Verder zal nog verstoring optreden in gebieden op het vasteland tijdens aanleg van wegen en vervoer van materiaal over deze wegen. Voor verstoring zijn vooral vogels gevoelig. Gedurende het gehele jaar bevinden zich veel vogels op het Balgzand met de grootste aantallen van steltlopers

en meeuwen in de periode half juli - half september. Voor de vogels kunnen twee vormen van verstoring onderscheiden worden:

a. verstoring tijdens hoog water op de rustplaats;
b. verstoring gedurende laagwater tijdens voedselzoeken.

Tijdens hoogwater zitten vele tienduizenden vogels geconcentreerd bij elkaar en worden gemakkelijk verstoord. Als enkele dieren opvliegen worden ze dikwijls gevolgd door vele anderen, zodat een hoogwatervluchtplaats (HVP) snel leeg kan raken. Bij een kleine HVP, zoals de schorren langs het Balgzand, komen de vogels dikwijls niet meer terug na een verstoring en zoeken een andere HVP (bijvoorbeeld Wieringen). Dit kost extra energie en ligt bovendien verder van het voedselgebied, zodat weer meer gegeten zal moeten worden. Vooral wulpen zijn erg schuwe dieren, die al snel opvliegen (Zwarts, 1972). Volgens Zegers (1973) hebben wulpen na een ernstige storing van hun HVP soms enkele weken nodig om daar weer terug te komen. Er zijn aanwijzingen, dat in een jaar met veel verstoring op de HVP het aantal wulpen op Schiermonnikoog in augustus bijna de helft was van het gemiddelde augustusaantal (Zwarts, 1972).

Bij laagwater vliegen vogels op in een cirkel met een straal van 150 à 200 meter (10 ha) rond de verstoorder en ze komen pas na een half uur terug. Eén persoon die een voedselgebied verstoort, verjaagt zodoende ongeveer 1000 - 2000 vogels, die elders moeten fourageren (Zwarts, 1972). Zegers (1973) stelt, dat 5 kwartier na een lichte verstoring pas 69% van het oorspronkelijke aantal vogels weer aanwezig was en bij een zware verstoring was dit slechts 49%. De meeste van de verstoorde vogels gingen niet ergens anders eten, maar bleken gebonden aan een bepaald voedselgebied.

Verstoring zal, bij vogels die frequent of langdurig van hun rustplaats en/of voedselgebied worden verjaagd, negatieve effecten hebben. Zwarts (1972) vat deze als volgt samen: "In de eerste plaats is het waddengebied in de nazomer een pleisterplaats van vooral doortrekkende wadvogels. De afstand van het broedgebied naar de wadden, die enkele duizenden kilometers kan bedragen, wordt vaak in vrijwel één ruk afgelegd. Na aankomst in de Waddenzee moeten de vogels weer op krachten komen. Voordat ze hun reis voortzetten (voor sommige soorten nog vele duizenden kilometers) moet extra "trekvet" worden gevormd. Voordat ze het waddengebied echter verlaten, verwisselt een groot deel van de vogels in de nazomer van verenkleed. Uit experimenten en observaties is gebleken, dat de rui zoveel energie kost dat de vogels per dag langer en intensiever voedsel zoeken en dat ze, ondanks het feit, dat ze andere activiteiten beperken, toch nog in gewicht afnemen. Vooral in deze periode is het voor de wadvogels van veel belang om met zo min mogelijk moeite toch zoveel mogelijk voedsel te vergaren. De zeer voedselrijke wadden zijn daarom als pleisterplaats zeer geschikt en het is van belang, dat de vogels zo min mogelijk worden verstoord. Verstoring kost de wadvogels alleen maar energie. Deze kan beter worden gebruikt ten behoeve van de rui en de vorming van energiereserves (trekvet). Ten tweede: wanneer vogels van het voedselgebied worden

verjaagd, dan betekent dat een verkorting van de fourageertijd. Wanneer wadvogels gedurende enkele dagen weinig voedsel kunnen bemachtigen (bijvoorbeeld omdat de fourageergebieden niet droogvallen door een harde Noordwester), kunnen ze erg verzwakt raken. Onder normale omstandigheden wordt er op het voedselgebied door de vogels niet voortdurend gefourageerd. Afhankelijk van de soort wordt er 10 - 30% van de tijd doorgebracht met rusten, slapen en toilet maken. Wanneer vogels door verstoring tijdelijk geen voedsel op kunnen nemen, hebben ze dus nog een beperkte compensatiemogelijkheid. Is de verstoring echter frequent of langdurig dan is dat niet voldoende en ontstaat er voor de vogels een ongunstige situatie. Dat geldt vooral voor de wadvogels, die ruien en/of op krachten moeten komen na een lange tocht of op het punt staan weg te trekken".

Verstoring, die het gevolg is van de aanleg en het gebruik van de aan- en afvoerwegen, kan pas besproken worden als bekend is waar de wegen exact gesitueerd zullen zijn.

Verontreinigingen zullen bij een groot bouwproject als een haven altijd voorkomen. De ernstigste soort zal waarschijnlijk samenhangen met het vrijkomen van olie. Omdat niet bekend is wat voor hoeveelheden vrij zullen komen, is ook niet aan te geven wat de gevolgen zullen zijn. Calamiteiten zullen deze gevolgen nog ernstiger maken, maar ook hier kan niet berekend worden wat de kans en het gevolg zullen zijn. Het is mogelijk, dat een olielaag, die bij hoogwater over het gebied uitstroomt, met eb een laag op de bodem achter zal laten en de zuurstofuitwisseling verhinderen. Dit zou kunnen gebeuren tot op grote afstanden van het eigenlijke haventerrein.

5.7.2.3. Tijdelijke ingebruikname van het gebied

Buiten het te bouwen haventerrein wordt tijdelijk nog meer waddengebied in gebruik genomen. Dit gebeurt o.a. door zandzuigers, persleidingen, drijvende kranen en bokken en zandschepen. Ook op het vasteland moet er voor een aantal jaren op gerekend worden dat enige hectaren nodig zullen zijn voor opslag, parkeer- en werkterrein met de bijbehorende verstoring en verontreiniging. Over de grootte van deze invloeden kan pas iets gezegd worden als precies bekend is op welke wijze de haven gebouwd zal worden. Het gebied, waar de haven gebouwd zou moeten worden, is nu niet bereikbaar voor grote schepen, zodat misschien eerst geulen gebaggerd moeten worden voor de aanvoer van stenen en ander zwaar materiaal voor beschoeiingen.

5.7.3. ONOMKEERBARE GEVOLGEN VAN HAVENAANLEG

Een aantal gevolgen van havenaanleg hebben voor het wad een definitief karakter. Het meest in het oog springende effect is natuurlijk het verlies van een aantal hectaren waddenlandschap, dat door ophogen

of omdijken buiten de invloed van het getij geplaatst wordt. Andere blijvende invloeden houden bijvoorbeeld verband met de verandering in stroompatronen of met veranderingen van de sedimentatie. Het effect van het verlies aan waddenlandschap beperkt zich tot het oppervlak van het haventerrein en bijbehorende werken. De andere effecten kunnen echter betrekking hebben op een veel uitgestrekter gebied. Hoe groot dit gebied is hangt af van de plaats en vorm van de haven en de stroomgeleidende werken.

Het havenbedrijf zelf kan ook een grote invloed op het milieu hebben, maar dit aspect zal besproken worden in par 5. 7.4. In het eerste deel van deze sectie zullen de algemene gevolgen van een haven besproken worden. In het tweede deel zal getracht worden deze gevolgen te kwantificeren voor elk van de alternatieve ontwerpen.

5.7.3.1. Algemene gevolgen van een haven in een getijdengebied

Het begrijpen van de effecten van constructiewerk verlangt enige kennis van de natuurlijke krachten, die een getijdenlandschap vormen en handhaven. Veel van deze kennis is tegenwoordig aanwezig, behalve van één van de belangrijkste aspecten in het waddengebied: het zandtransport. De kennis van het zandtransport over de zeebodem is helaas miniem, zodat conclusies trekken zeer bemoeilijkt wordt.

Een aantal effecten van werkzaamheden, die plaats vinden tijdens de havenaanleg, is reeds besproken in par 5. 7.2. Hierbij zijn de effecten van bagger- en opspuitwerkzaamheden besproken. Omdat constructiewerken in een getijdengebied vaak tegen de natuurlijke krachten in werken, is herhaald onderhoud dikwijls noodzakelijk, zodat herhaaldelijk verstoringen door baggerwerkzaamheden plaats zullen vinden.

De volgende effecten zullen nu nader toegelicht worden:

a. verlies van wadbodem;

b. veranderingen van het stromenpatroon;
c. extra sedimentatie en erosie;
d. verontreinigingen;
e. overige gevolgen.

5.7.3.1.1. Gevolgen van het verlies van wadbodem

Doordat een deel van het Balgzandgebied verdwijnt kunnen de directe gevolgen hiervan relatief eenvoudig bestudeerd worden. De grootte van de gevolgen hangt af van het totale oppervlak van het totale gebied en van de exacte ligging. Indien de haven veel slibgebied inneemt, zullen de gevolgen voor b.v. de zeepieren en schelpdierpopulaties, die in dit slib hun broedval hebben, anders zijn dan een haven in het zandige gebied, waar de volwassen dieren voorkomen. In para 5. 7.3.3. zal voor ieder alternatief havenontwerp bekeken worden wat voor soort gebieden ingenomen gaan worden, en in paragraaf5.8 zullen de gevolgen voor de reeds besproken natuurfuncties gekwantificeerd worden. Hieronder zullen de effecten op de groei en voedselvoorziening van planten en dieren besproken worden. Tenzij duidelijk anders gesteld zijn alle hoeveelheden opgegeven als gram asvrij drooggewicht. Voor de meeste dieren kan aangenomen worden, dat het levend gewicht (versgewicht) ongeveer 5 maal zo hoog zal zijn. Voor schelpdieren moet er dan ook nog het gewicht van de schelp bijgeteld worden.

A. Primaire productie:
Voor de primaire productie van bodemalgen kan een gemiddelde aangehouden worden van ongeveer 100 g koolstof/m^2/jaar, hoewel de waarden in de hooggelegen delen tot 200 g koolstof/m^2/jaar op kunnen lopen (Cadée & Hegeman, 1977). 100 gram koolstof komt overeen met 277 gram organisch materiaal waardoor bij havenaanleg een primaire productie van ca. 2,8 ton organisch materiaal per ha per jaar verdwijnt. Ten opzichte van dit getal zijn de directe verliezen aan primaire productie van zeegrassen en van zwevende en drijvende algen verwaarloosbaar klein. Er moet ook aangenomen worden dat de effecten van elk van de alternatieven elkaar niet al te veel zullen ontlopen.

B. Secundaire productie:
Door het gebrek aan informatie kan het effect van het verlies van waddengebied op de productie van meiobenthos niet erg exact berekend worden. Uitgaande van een voedselbehoefte van 200 g organisch materiaal /m^2/jaar en een ecologische efficientie van 20% kan een productieverlies van 0,4 ton meiofauna per ha per jaar berekend worden. Deze meiofauna is waarschijnlijk een belangrijk voedsel voor een aantal andere groepen in het voedselweb.

Voor het macrobenthos is een productie aangenomen van 20 - 30 g/m^2 /jaar, waardoor het verlies gesteld kan worden op 0.2 - 0.3 ton per ha per jaar.

Een idee van de effecten op de verschillende soorten kan verkregen

worden door de alternatieve plannen te vergelijken met de verspreidingskaartjes uit para 5.2. (figuur 5.3 t/m 5.5). Hierbij blijkt het volgende: De volwassen nonnetjes liggen met het gebied waar de hoogste dichtheden voorkomen ten dele binnen het geplande havengebied (fig. 5.3b) en zullen dus in aantal meer achteruitgaan dan de grootte van het haventerrein t.o.v. het gehele Balgzand zou doen vermoeden. Fig. 5.3c geeft aan, dat de belangrijkste kokkelbanken buiten het haventerrein liggen, zodat de directe gevolgen voor de kokkelpopulatie relatief klein zullen zijn. Wat betreft de zeepier (fig. 5.3d) kan gesteld worden, dat het allerbelangrijkste broedval- en groeigebied verloren gaat, waardoor de zeepierpopulatie op het Balgzand zeer sterk beinvloed zal kunnen worden. Ook zullen de meest uitgestrekte wilde mosselbanken verdwijnen (fig. 5.4a). Van de groep van de secundaire consumenten, d.w.z. de dieren, die andere, veelal kleinere, dieren eten, zijn in enkele gevallen relatief nauwkeurige gegevens bekend. Bijvoorbeeld van de krabben kan aan de hand van de verspreidingskaart gesteld worden, dat door havenaanleg een zeer belangrijk gebied verloren gaat (fig. 5.5a). De productie bij de mosselbanken in het zuidelijke haventerrein wordt door Klein Breteler (1976) geschat op 11 g/m^2/jaar. Gemiddeld voor het Balgzand komt hij op 0,39 g/m^2/jaar voor de eerste twee jaarklassen samen. Voor de garnaal is ook enige informatie beschikbaar, maar deze zal gelijktijdig met de bodemvis behandeld worden.

Wat betreft de vogels moet gesteld worden, dat grote aantallen vogels van hun voornaamste voedselgebieden verdreven zullen worden. Voor de steltlopers en bergeenden geldt, dat de strook langs de Balgzanddijk het belangrijkste is (fig. 5.5c), terwijl voor de duikeenden en futen de diepere delen langs het Malzwin en de mosselbanken in het zuidelijk havengebied het belangrijkste voedselgebied vormen (fig. 5.5d). Dit houdt in dat uitbreidingen in noordoostelijke richtingen vooral voor de duikeenden en futen negatieve effecten zullen ondergaan. De negatieve effecten voor de steltlopers en bergeenden zullen bij alle alternatieven in dezelfde orde van grootte liggen. Daar er sterke aanwijzingen zijn, dat de vogels op het Balgzand in maximale aantallen voorkomen, kan men aannemen, dat de aantallen, zoals die gegeven zijn in tabel 5.3. met minimaal 1 - 2% zullen verminderen. Door onderzoek van Sikkema (1976) blijkt, dat vogels die in een deelgebied van de Waddenzee fourageren, bij inpoldering van dat gebied zullen moeten verdwijnen. Door hem werd aangetoond, dat door het verlies van 800 ha wad bij de aanleg van de Eemshaven 20.000 à 30.000 vogels de bestaansmogelijkheid werd ontnomen. Als extra belang van het Balgzand voor vogels moet erop gewezen worden, dat in koude winters veel dieren uit het te koude oostelijk gebied tijdelijk op het Balgzand verblijven.

Bij het vergelijken van de verspreidingskaartjes met de havenplannen blijkt, dat door de E-alternatieven een deel van het belangrijkste gebied voor de schol verloren gaat (fig. 5.4b). Hoewel de zeer jonge schol zich vooral buiten het geplande haventerrein schijnt te vestigen, blijkt, dat de 0-groep in het najaar vooral het gebied

opzoekt waar het haventerrein ontworpen is. Als men aanneemt, dat het Balgzand van essentieel belang is voor 3% van de jaarvangst op de Noordzee, kan men ervan uitgaan dat havenwerken zullen resulteren in een verlies van 5000 schollen per ha per jaar, die na uitgegroeid te zijn tot ongeveer 300 gram per stuk een gewicht vertegenwoordigen van 1,5 ton versgewicht per ha per jaar.

Voor de tong kan gesteld worden, dat per ha haventerrein ongeveer 0,0005% van de totale jaarlijkse tongvangst in de Noordzee verloren gaat.

Omdat voor garnalen het havengebied relatief het allerbelangrijkste is, kan ervan worden uitgegaan, dat de Noordzeekustvisserij ongeveer 0,0005% minder garnalen zal gaan vangen per ha haventerrein.

Voor de grondels is het zeer moeilijk een nauwkeurige schatting te maken van het verlies door havenaanleg. Als de gemiddelde waarde voor het Balgzand aangehouden wordt, kan men rekenen op een verlies van 5 kg versgewicht per ha per jaar.

Ook de pelagische vis (haring, etc.) zal te lijden hebben van havenaanleg, vooral omdat aangenomen mag worden, dat diepe havengeulen niet hun voorkeur zullen hebben. De grootte van de invloed is niet te bepalen, maar volgens het rapport van de Waddenzeecommissie kan het nadeel in een geldwaarde uitgedrukt worden, die op zijn minst vergelijkbaar is met het verlies aan schol, tong en garnaal samen.

Als meest in het oog springende eindschakel in de voedselketen moet de mens genoemd worden, en wel vooral de pierenstekers en beroepsvissers. Beroepsvisserij vindt hoofdzakelijk plaats in de Balgzandgeul, waar met fuiken op paling gevist wordt en de meeste pierenstekers werken tussen de mosselbanken in het zuidelijk gedeelte van de ontworpen haven.

5.7.3.1.2. Gevolgen van veranderingen van stromingen

Waarschijnlijk zullen weinig veranderingen in de stromingen van het Marsdiep en het Malzwin optreden. Wel zal door het bouwen van constructies op het wadoppervlak de watercirculatie over de rest van het Balgzandoppervlak beinvloed worden, met daardoor veranderingen in stroompatronen, getijuitwisseling en menging.

Een aantal processen in waddengebieden is afhankelijk van de stromingen en wateruitwisseling met het mariene gebied. Deze processen zullen gevolgen ondervinden van veranderde wateruitwisseling. Enkele voorbeelden van zulke processen zijn:

1. waddengebieden zijn gekenmerkt door ophoping van organische deeltjes. De mechanismen die verantwoordelijk zijn voor dit proces en voor het handhaven van de hoge vruchtbaarheid en productiviteit van een waddengebied, zijn verbonden met het wateruitwisselingsproces;

2. het wad is een belangrijke kinderkamer voor veel van de diersoorten, die in veel gevallen goed groeien bij een lager zoutgehalte en een hogere temperatuur;
3. veel vissoorten paaien in de Noordzee en de eieren en larven worden naar de Waddenzee getransporteerd met behulp van stromingen (Creutzberg, in druk). Als deze stromingen veranderen, kan dit gevolgen hebben voor de immigratie in de kinderkamers;
4. verschil in concentraties van chemische bestanddelen wordt door veel soorten waargenomen en zodoende gebruikt bij hun migratie. Kristensen (1964) toonde aan, dat jonge garnaal en jonge vis bepaalde voorkeuren hebben bij aanbod van verschillende soorten water. De chemische bestanddelen zijn waarschijnlijk opgeloste organische stoffen, die uit de Waddenzee of uit het zoete water komen. Creutzberg (1961) suggereert dat verminderde stroomsnelheden ook de chemische stoffen, die gebruikt worden voor de oriëntatie, moeilijker waarneembaar maken en zodoende de migratie beinvloeden;
5. Veel soorten, die van de kinderkamer gebruik gemaakt hebben, worden door stromingen weer getransporteerd naar de Noordzeekustwateren;
6. Schorren zijn voor hun groei afhankelijk van de aanvoer van voedingsstoffen en slib, en de schorren kunnen zeer sterk veranderen door kleine veranderingen van buitenaf, bijvoorbeeld veranderingen van het hoogwaterniveau, zoutgehalte of slibgehalte.

Doordat de verblijftijd van het water in een wadgebied langer kan worden door haven- en dammenbouw, wordt de menging met Noordzeewater geremd. Mogelijke gevolgen hiervan zijn:
1. hogere temperatuur in de zomer en lagere in de winter;
2. hogere voedingszoutenconcentratie (eutrofieëring);
3. lagere zuurstofgehaltes;
4. lagere zoutgehaltes.

Ad 1: Temperatuur is een belangrijke factor voor de meeste aquatische organismen. Allemaal hebben ze maximum en minimum toleranties, optima voor groei en bepaalde drempelwaarden voor migratie, paaien etc. De reactie op temperatuur hangt af van o.a. de tijd van het jaar en van het temperatuurverloop van de voorgaande dagen. Bovendien heeft temperatuur een invloed op de reactie van een organisme op andere factoren. Temperatuur heeft ook sterke invloeden op de fysische eigenschappen van water. Bij lage temperaturen wordt ijs gevormd en bij hoge temperaturen vermindert de hoeveelheid zuurstof, die opgelost kan worden. Zowel door het directe effect op de organismen en door het indirecte effect op de fysische eigenschappen van het water, is temperatuur belangrijk voor de samenstelling van aquatische gemeenschappen. Indien een vermindering van de wateruitwisseling met de Noordzee plaatsvindt, zal op het Balgzand in de zomer de watertemperatuur hoger worden doordat het water erg ondiep is. In de zomer worden nu reeds watertemperaturen bereikt van meer dan 30° C, terwijl het Noordzeewater dan minder dan 20° C is. Veel dieren staan dus iedere dag een aantal uren bloot aan zeer hoge temperaturen. Bij

verminderde wateruitwisseling zullen deze temperaturen nog hoger worden en langere tijd aanhouden.

In de winter zullen de temperaturen op het wad meestal lager zijn dan het zeewater. Er bestaat dus meer kans op het bevriezen van een dun waterlaagje bij laag water. Indien bij ieder tij dit bevroren laagje dikker wordt, zal op een bepaald moment de hele ijslaag gaan drijven, waarbij de bovenste laag van de bodem aan het ijs blijft vastzitten. Losgeslagen ijsklompen ploegen de rest van de bodem ook nog om als ze door wind en tij voortgedreven worden. Het resultaat is, dat na deze ijsinvloed in het voorjaar geen grotere levende organismen in de bodem te vinden zijn. Kolonisatie treedt meestal wel weer snel op, maar het is moeilijk te zeggen door welke soort. In vele gevallen ontstaat een monocultuur van het organisme, dat toevallig net in de juiste tijd rijpe eieren had. Een monocultuur van een bepaald organisme kan grote gevolgen hebben voor populaties van gespecialiseerde predatoren, die moeilijk kunnen overschakelen op een alternatieve prooi.

Ad 2. Reeds eerder is besproken, dat op het Balgzand zeer veel mineralisatie optreedt, vooral in de bodem. Dit betekent, dat veel organisch materiaal afgebroken wordt tot voedingszouten. Normaal wordt het grootste deel van de voedingszouten afgevoerd naar de Noordzee waar ze weer gebruikt worden door de algen in het plankton. Als de uitwisseling met de Noordzee vermindert, zullen de concentraties van voedingszouten op het Balgzand zeer hoge waarden kunnen bereiken. Bij rustig, zonnig en warm weer met een grote helderheid van het water kan dan een zeer grote planktongroei optreden. Als het weer dan slechter wordt zal een groot deel van dit plankton meer zuurstof gaan gebruiken dan geproduceerd wordt, waardoor sterfte en nog meer zuurstofgebrek kan optreden. Dit zuurstofprobleem kan nog versterkt worden door verhoogde temperatuur.

Ad 3. Reeds enkele keren zijn effecten besproken, die een verlaging van het zuurstofgehalte tot gevolg hadden. Veel van deze effecten treden alleen op gedurende de havenaanleg. In dit kader worden de blijvende effecten besproken, en wordt wat dieper ingegaan op het belang van zuurstof voor het biologische systeem.

Zuurstof is nodig voor de meeste organismen en in de praktijk wordt waterkwaliteit dikwijls uitgedrukt in zuurstofgehaltes. De temperatuur van het water bepaalt hoeveel zuurstof een bepaalde hoeveelheid water maximaal kan bevatten. De hoeveelheid zuurstof in water hangt af van de snelheid waarmee het wordt geintroduceerd door menging met zuurstofrijk Noordzeewater, opname uit de lucht via het oppervlak en fotosynthese. Daarnaast is het zuurstofgehalte afhankelijk van de snelheid waarmede het binnen de watermassa wordt getransporteerd en de snelheid, waarmee het wordt verbruikt en of wordt afgestaan aan de lucht en het Noordzeewater. Opname via het oppervlak kan sterk vergroot worden door golven en turbulente stromingen. Door havenbouw kan in een groot deel van het Balgzand de golfslag verminderen, waardoor de zuurstofuitwisseling via het oppervlak sterk af zou kunnen nemen.

Alle factoren, die een wateroppervlak verkleinen, gasuitwisseling belemmeren of stromingen en golven verkleinen hebben een invloed op de hoeveelheid zuurstof in het water. Ook factoren, die de fotosynthese afremmen zullen een negatieve invloed hebben op de zuurstofhoeveelheid in het water.

Zuurstof wordt gebruikt door alle organismen met aerobe ademhaling. De hoeveelheid planten en dieren heeft dus een invloed op de zuurstofhoeveelheid. In het geval, dat veel organisch materiaal aanwezig is, zal de bacteriepopulatie drastisch toenemen en de zuurstofhoeveelheid in het water sterk verlagen. Stijgende temperaturen verhogen de stofwisseling met als gevolg, dat de zuurstof sneller wordt verbruikt.

Gereduceerde chemische verbindingen, zoals sulfiden, kunnen ook grote hoeveelheden zuurstof aan het water onttrekken.

Het is duidelijk dat ieder groot constructiewerk de zuurstofgehaltes zal beinvloeden, want zodra de stroomsnelheden afnemen, gaat de temperatuur omhoog, neemt de troebeling toe, komen gereduceerde verbindingen in het water, neemt de hoeveelheid voedingszouten toe, vermindert de interne circulatie en de uitwisseling met zuurstofrijk Noordzeewater, en dit alles beinvloedt de hoeveelheid zuurstof in het water.

De meeste informatie over zuurstofgebrek is beschikbaar met betrekking tot vissen. Een goed overzicht is verschenen in het rapport "Water Quality Criteria, 1972". Eieren- en larvenstadia zijn meer gevoelig voor lage zuurstofgehalten dan volwassen dieren. De ene soort is ook gevoeliger dan de andere. Er zijn ook sterke aanwijzingen dat dieren met te weinig zuurstof minder weerstand hebben tegen andere stressfactoren.

Ad 4. Het zoutgehalte op het Balgzand wordt hoog gehouden door de regelmatige overstroming met Noordzeewater. Een vermindering van de wateruitwisseling en daarmee samenhangende langere verblijfstijd van de waterdeeltjes zal tot gevolg hebben, dat de invloed van IJsselmeer- en Balgzandkanaalwater vergroot zal worden, waardoor het water zoeter zal worden. Dit kan verstrekkende negatieve gevolgen hebben voor de meer mariene soorten die het Balgzand gebruiken en die maar een beperkte tolerantie hebben tegen lage zoutgehaltes.

5.7.3.1.3. Gevolgen van veranderingen in sedimentatie en erosie

Door de bouw van grote werken, die de stroming en het zandtransport beinvloeden, kan een uitgebreid gebied grote veranderingen ondergaan. Havendijken of dammen, die een kombergingsgebied ten dele afsluiten kunnen zeer sterke stromingen direct langs het dijklichaam krijgen, waardoor diepe geulen kunnen ontstaan. Ook kan door terugslag van golven op een harde wand een versterkte erosie plaatsvinden op enige afstand van die wand. Door het naar alle waarschijnlijkheid

afnemen van de stroomsnelheden en golfbeweging in de luwte van een haven zal de sedimentatie in dat gebied ook sterk veranderen. Bij zeer lage stroomsnelheden zal vooral fijn slib afgezet worden, wat op het moment alleen gebeurt op relatief kleine afstand van de dijk. Op welke plaatsen slib en waar extra zand afgezet zal worden is afhankelijk van de vorm en plaats van de haven en stroomgeulen.

5.7.3.1.4. Gevolgen van chronische verontreiniging.

Hoewel de soort verontreiniging in grote mate afhangt van de soort economische activiteit die in de haven plaatsvindt, wordt hier toch enige aandacht aan verontreiniging besteed (zie ook para 5. 7.4).

Het is duidelijk, dat een bepaalde hoeveelheid verontreiniging samenhangt met een haven die in bedrijf is. Tegen ongelukken kan in enkele gevallen wel worden opgetreden door bijvoorbeeld tijdelijk en vooral tijdig drijvende keringen aan te brengen die verspreiding van een drijvende substantie tegen moet gaan. De chronische verontreiniging door het normale bedrijf en kleine ongelukken die niet direct gemeld worden zijn echter niet te bestrijden. Er moet rekening worden gehouden met het feit, dat alle stoffen die zich met opkomende vloed in een stroomgeul bevinden, na enkele uren op een groot deel van het Balgzand aanwezig zijn en na weer enkele uren bij het eerstvolgende laagwater op de drooggevallen wadbodem kunnen liggen. Het hangt van de aard van deze stoffen af hoe ernstig deze situatie is. De meest algemene vorm van verontreiniging in een haven bestaat uit geraffineerde aardolieproducten. De effecten van olie hangen sterk af van het type olie.

Duinker (1977) geeft een overzicht van de gevolgen van olieverontreiniging waaruit hier de voor het Balgzand relevante punten overgenomen worden. Vluchtige componenten van olie kunnen snel verdampen en het deel, dat overblijft kan op het Balgzand in de volgende vormen verschijnen:

a. kleine deeltjes (fijne druppeltjes);
b. geadsorbeerd aan zwevende deeltjes;
c. opgelost in zeewater;
d. water in olie-emulsies.

Olie spreidt zich uit tot een grote dunne oppervlaktelaag. Hoe ver de spreiding is hangt af van de soort olie. Koolwaterstoffen met lagere molekuulgewichten lossen relatief goed op in water en kunnen zodoende de voedselketen binnendringen. Gedispergeerde oliedeeltjes hebben een lange levensduur in zeewater en mogelijk negatieve effecten op lange termijn. De giftigheid neemt vaak toe door de oppervlaktevergroting en het daardoor beter oplossen van giftige componenten uit olie.

Olie kan geoxydeerd worden aan de oppervlakte, maar waarschijnlijk ook in de waterkolom, waarbij dan zuurstof uit het water gehaald wordt. Ook kunnen veel micro-organismen olie op zijn minst gedeeltelijk afbreken. Ook kunnen oliedeeltjes zich hechten aan zwevende deeltjes en zo in het sediment bezinken. Ze worden daar niet geoxydeerd,

maar dikwijls door de bodemdieren opgenomen. Er is veel literatuur over de hardnekkigheid waarmede oliecomponenten in de bodemsedimenten tot zeer lange tijd na een olielozing kunnen blijven bestaan.

Over de remmende werking op de gasuitwisseling via het wateroppervlak is weinig met zekerheid bekend. Wel wordt golfbreking tegengegaan en hierdoor zuurstofopname verminderd.

Duinker (1977) geeft aan dat de biologische schade in wadgebieden, vooral in de droogvallende delen, beduidend groter is dan in open zee. Ook voor effecten van olie geldt, dat gevolgen in de eerste stappen van het voedselweb doorwerken in de hogere niveaus. Koolwaterstoffen kunnen de voedselketens binnendringen via adsorbtie aan sedimentdeeltjes en zodoende door detrituseters en filtreerders worden opgenomen. Koolwaterstoffen in opgeloste of gedispergeerde toestand kunnen ook door de huid of kieuwen opgenomen worden. Na opname kunnen deze stoffen ongewijzigd worden uitgescheiden of worden omgezet in andere verbindingen en ze kunnen worden opgeslagen in het weefsel.

Zoals reeds eerder voor andere stress-situaties is aangegeven, geldt ook hier dat het ene individu gevoeliger is dan het andere, en de ene populatie of soort gevoeliger dan een andere. Hierdoor kunnen dus veranderingen in het bestand aan erfelijke eigenschappen ontstaan zonder dan het totale individuenaantal afneemt. Het meest bekende effect van olie is de aantasting van het waterafstotend vermogen van het verenkleed van vogels, waardoor sterfte optreedt. Viseieren en -larven schijnen gevoelig te zijn voor drijvende olie en grote sterfte onder deze levensvormen is gevonden bij veld- en laboratoriumonderzoek.

De meeste kennis omtrent de effecten van olie op organismen heeft betrekking op organismen die in en op de zeebodem en tussen de hoog- en laagwaterlijn leven (Colwell, 1971). Deze organismen worden bedekt met olie wanneer die aanspoelt. Een aantal van hen neemt fijne deeltjes met een bepaalde afmeting uit water op waarbij ook fijne oliedruppeltjes of geadsorbeerde olie met het voedsel worden opgenomen. Koolwaterstoffen uit olie worden gemakkelijk opgenomen door de mossel. Een gedeelte ervan wordt weer uitgescheiden wanneer schoon water wordt aangeboden. Een aantal giftige componenten blijft achter. Lage concentraties in water beinvloeden de opname van voedsel en het vermogen de kleppen te sluiten (de kokkel blijkt nog veel gevoeliger te zijn dan de mossel). Ook bij bodembewonende organismen zijn weer de jonge stadia van ondermeer garnaal, mossel en wormen aanzienlijk gevoeliger dan de volwassen dieren.

Bij concentraties van olie, die niet hoog genoeg zijn om waarneembare effecten op het milieu uit te oefenen kunnen desondanks belangrijke gevolgen optreden door de wisselwerking van oliecomponenten met chemische signalen, die belangrijke biologische processen beheersen. Het ontdekken van voedsel, het ontlopen van predatoren, het afbakenen van een territorium, het regelen van de trek en andere processen die

essentieel zijn voor de overlevingskansen van de soort, worden beheerst door uiterst lage concentraties van stoffen in het water (Creutzberg, 1959, 1961; Lake, 1967). De aromatische fractie van ruwe olie en de reeks van olefinen in geraffineerde producten kunnen op deze wijze ernstige verstoringen teweeg brengen in de gedragsfuncties van mariene organismen.

5.7.3.1.5. Overige gevolgen

Een aantal nog niet besproken gevolgen van havenaanleg zijn bijzonder moeilijk te kwantificeren, maar daarom niet minder belangrijk. Door de aanleg van een haven wordt bijvoorbeeld de natuurlijkheid van het landschap aangetast. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 5.4 is het waddengebied wat geologische opbouw en grootte betreft nagenoeg uniek, maar ook biologisch is het een zeer bijzonder gebied als gevolg van de extreemheid van de eisen die het dynamische milieu aan zijn bewoners stelt en door de individuenrijkdom van zijn soorten. Elke menselijke ingreep zal een verlies van de natuurlijkheid van deze dynamische levensgemeenschap met zich meebrengen.

Een aspect, dat sinds enkele jaren steeds meer in de belangstelling staat, is het beeld van de horizon. Binnen Nederland komen steeds meer stemmen op voor het behouden van de ongereptheid van oude cultuurlandschappen en voor het behoud van ruime wateroppervlakten. De kustlijn van het voormalige waddeneiland Wieringen met het uitgestrekte Balgzand-Breehorngebied ervoor en de oude dorpskernen op de keileemruggen van Wieringen vormen ongetwijfeld een landschap van bijzondere waarde. In het kader van dit rapport wordt hierop echter niet verder ingegaan.

Een gevolg van een havenaanleg, dat niet direct het Balgzand of het waddengebied raakt, is de noodzaak tot het veranderen van de infrastructuur in de kop van Noord-Holland. Zolang niet precies bekend is hoe de aanvoerroutes zullen lopen is nog niet aan te geven wat de gevolgen zullen zijn, maar gedacht moet worden aan in gebruikneming van gronden voor wegenaanleg, toename van verkeersdrukte en daarmee gepaard gaande geluidsoverlast en kans op ongelukken. Een voorbeeld van een ecologisch effect is dat in een weidegebied het aantal broedvogels op 500 meter afstand van een snelweg tot 50% vermindert, terwijl tot op een afstand van 1,2 km een verstoring merkbaar is (Veen, 1973).

Verstoring van natuurgebieden langs het Balgzandkanaal en van de schorren zal ook optreden als de toevoerwegen hier dicht langs gepland worden. Er wordt hier volstaan met het onderschrijven van twee stellingen uit het rapport "De rand van het Balgzand" van de Werkgroep Milieu Den Helder.

1. Voor de vogels van het hele gebied van Balgzand en Breehorn zijn de dijken, de achterliggende waterlopen en de aangrenzende polders van vitaal belang.
2. Ontsluiting van deze zone door wegenaanleg, bebouwing en dergelij-

ke doet de rust verdwijnen en tast wezenlijk het functioneren van het Balgzand als natuurgebied aan.
Verder noemt dit rapport onder andere: Een rustig niet ontsloten randgebied kan een positief effect hebben op biologische rijkdom van een aangrenzend natuurgebied". De betekenis die de rand van het Balgzand in zijn huidige staat heeft als bufferzone voor de rest van het natuurgebied Balgzand blijkt het duidelijkst uit de bewegingen en het gedrag van de wadvogels. Als twee keer per etmaal het wad van het Balgzand overspoeld wordt, verzamelen tienduizenden wadvogels zich op enkele geschikte droogblijvende plaatsen om de volgende laagwater periode af te wachten. Het schor langs de Balgzandpolder is de drukst bezette hoogwatervluchtplaats van het hele gebied, onder meer omdat het zo rustig gelegen is. Rust is tijdens de hoogwaterperiode voor de vogels van vitaal belang. Zij gebruiken deze tijd om hun verenkleed te verzorgen en te slapen.

De meeste wadvogels leven buiten de broedtijd in grote groepen. Dit heeft voor hen vele voordelen. Het werkt vooral preventief tegen natuurlijke vijanden. De aangeboren eigenschap om in groepen te leven maakt hen echter in sommige opzichten ook kwetsbaarder. Het nadelige effect van verstoring door mensen wordt er door vergroot. De aard van dergelijke verstoring kan velerlei zijn. Bekende voorbeelden zijn het verschijnen van mensen binnen de vluchtafstand van de vogels en onverwachte geluiden. Enkele soorten wennen vrij gemakkelijk aan een aantal verstoringsbronnen, maar voor de meeste soorten geldt, dat zij het milieu als ongeschikt ervaren als daarin vormen van lawaai, snelle bewegingen, gedruis en dergelijke vaak voorkomen. De verjaagde vogels zullen waarschijnlijk niet binnen de Waddenzee vervangende voedsel- en rustplaatsen kunnen vinden, omdat uit veel onderzoek zeer aannemelijk is geworden, dat de geschikte gebieden in de Waddenzee optimaal door vogels gebruikt worden.

De aantallen vogels, die zich tijdens hoogwater op het grote schor voor de Balgzandpolder verzamelen zijn indrukwekkend: gemiddeld zo'n 20.000 per getijperiode. Hieronder bevinden zich soorten, die zeer gevoelig zijn voor verstoring, zoals de kanoetstrandloper (in de nawinter kunnen hiervan wel 40.000 exemplaren aanwezig zijn; het is dan de belangrijkste pleisterplaats van deze soort in de Waddenzee), de rotgans en verscheidene eendensoorten waaronder de bergeend, de pijlstaart en de smient.

Niet alleen de schorren, maar ook de dijktaluds, de brede vlakke oostelijke oever van het Balgzandkanaal en de akkers van de Balgzandpolder vervullen een onmisbare rol. Als bufferzone, maar ook als hoogwatervluchtplaats vooral bij harde wind en hoge vloedstanden en als aanvullend voedselterrein vooral in de winter. Ook als broedgebied is de randzone van het Balgzand van belang. Langs de oevers van het kanaal broeden vele weidevogels, waaronder de kievit, de scholekster en de tureluur. In de rietbegroeiing langs de oever van het kanaal broeden verschillende watervogelsoorten.

Het is duidelijk, dat een verstoring van dit gebied vergaande gevolgen voor de vogels kan hebben. Zolang niet precies bekend is hoe de wegen in dit gebied gaan lopen en wat de verdere ontwikkeling zal zijn, kunnen echter geen exacte conclusies getrokken worden.

5.7.3.2. Specifieke effecten van de alternatieve ontwerpen.

In para 5.7.3.1. zijn de algemene gevolgen van een haven op het Balgzand toegelicht. In het nu volgende deel zal aandacht besteed worden aan de drie alternatieve schetsontwerpen, die nu beschikbaar zijn. Hierbij zullen in hoofdzaak de reeds besproken algemene effecten nader gekwantificeerd worden voor elk alternatief. Dezelfde vijf onderscheiden groepen zullen toegelicht worden, te weten:

a. verlies van wadbodem;
b. veranderingen van het stromenpatroon;
c. extra sedimentatie en erosie;
d. verontreiniging;
e. overige gevolgen.

7.3.2.1. Alternatief D2

In aanvulling op de reeds beschreven algemene gevolgen (para 5. 7.3.1.) kan hier nader genoemd worden:

a. verlies van wadbodem
Ongeveer 40 Ha waddengebied verdwijnt door drooglegging. Dit gebied ligt op een plaats waar nu veel mosselbanken voorkomen met daartussen hoge dichtheden krabben en grondels. Ook pierenstekers zijn doorgaans actief in dit gebied. Het gebied wordt gekarakteriseerd door een afwisseling van zandige delen met zeer slibrijke plaatsen rond de mosselbanken met allerlei overgangen tussen zand en slik in de oppervlaktelaag.

b. veranderingen in stroompatronen
Bij de beschrijving van de algemene gevolgen van havenaanleg is reeds duidelijk gemaakt dat stromingen en wateruitwisseling in een waddengebied van essentiëel belang zijn. Bij alternatief D2 blijven de bestaande stroomgeulen grotendeels gehandhaafd, waardoor de wateruitwisseling van het Balgzand met de Noordzee zo weinig mogelijk zal worden aangetast. Waterloopkundige modelproeven zullen hierover waarschijnlijk zekerheid moeten verschaffen. In hoeverre stromingen op de platen ten zuidoosten het eiland zullen veranderen kan aan de hand van een tekening niet gezegd worden, en ook hiervoor is modelonderzoek noodzakelijk. Wel kan waarschijnlijk door een optimale vorm en het gebruik van stroomgeleidende werken een goede wateruitwisseling van dit betrokken gebied gewaarborgd worden.

c. extra sedimentatie en erosie
Een schatting van eventuele sedimentatie en erosie kan pas ge-

maakt worden na uitgebreid modelonderzoek. Omdat dit probleem nauw samenhangt met de veranderingen in het stromenpatroon, zullen de gevolgen bij de uitvoering van alternatief D2 waarschijnlijk relatief gering zijn. In hoeverre geulen gevormd worden langs de waterkeringen aan de oostzijde van het eiland door versterkte stroming en golfterugkaatsing is op het ogenblik niet te voorspellen.

d. verontreiniging
Omdat bij alternatief D2 het eiland slechts gebruikt zal worden voor opslag en gedeeltelijk productie van munitie zal verontreiniging relatief eenvoudig voorkomen kunnen worden.

e. overige gevolgen
Het zand dat voor de ophoging van het terrein nodig is zal in de Noordzee of Waddenzee gewonnen moeten worden. Het voert op het ogenblik te ver om de gevolgen van deze extra zandwinning aan te geven, maar indien tot havenaanleg besloten wordt zullen de gevolgen van zandwinning nader bestudeerd dienen te worden, mede in het licht van de informatie die thans verzameld wordt bij het onderzoek naar de effecten van zandwinning door Rijkswaterstaat.

Vergeleken met de beide andere alternatieven zijn de gevolgen voor het landschap bij alternatief D2 het geringst. Op het eiland vindt geen hoge bebouwing plaats, en de meeste bouwsels zijn bovendien met gras begroeid. Delen van dit terrein kunnen waarschijnlijk zelfs als rustgebied voor enkele soorten vogels aangeduid worden.

5.7.3.2.2. Alternatief E1

Uit de figuur in de bijlage blijkt dat het zuidelijk gedeelte van alternatief E1 vergelijkbaar is met alternatief D2. Bij E1 wordt echter bovendien een haven aangelegd op de hoge zandplaat langs het Malzwin.

a. verlies aan wadbodem
Totaal verdwijnt ongeveer 100 ha wadbodem waarvan een deel vergelijkbaar is met het gedeelte dat beschreven is bij alternatief D2. De ongeveer 50 ha die ingenomen worden door het eigenlijke haventerrein bevinden zich op een hoge zandplaat welke in enkele jaargetijden van groot belang is voor jonge schol en garnaal.

b. veranderingen in stroompatronen
Indien bij de uiteindelijke ontwerpfase de bestaande geulen zoveel mogelijk gehandhaafd blijven, kan een goede wateruitwisseling met het achterliggende gebied zoveel mogelijk gewaarborgd worden. In hoeverre de gevolgen merkbaar zullen zijn kan slechts na modelonderzoek gezegd worden. Ook kunnen dan aanbevelingen worden gedaan voor eventuele aanleg van duikers en stroomgeleidende werken.

c. extra sedimentatie en erosie

Evenals reeds genoemd onder D2 kan een schatting pas gemaakt worden na uitgebreid modelonderzoek, maar de gevolgen zullen zeker groter zijn dan bij alternatief D2.

d. verontreiniging

Het zal van de vorm en plaats van het havenbekken afhangen of verontreinigd havenwater op het Balgzand terecht zal kunnen komen. Bij het uiteindelijk ontwerp dient ervoor gezorgd te worden dat de haven alleen een opening heeft naar het Malzwin waardoor rechtstreekse verontreiniging van het Balgzand voorkomen zal kunnen worden. De invloed op de rest van de Waddenzee hangt hoofdzakelijk af van de soort economische activiteit die in de haven uitgeoefend wordt.

e. overige gevolgen

Evenals reeds genoemd onder D2 zal het zandwinningsaspect nadere studie vragen. Verder kan men stellen dat de horizon door bebouwing op het haventerrein ernstig aangetast zal worden. Omdat de toevoerweg naar het haventerrein ten noorden van de munitieopslag gelegen is, kan de verstoring van de schorren verwaarloosbaar klein genoemd worden. Wel dient een zodanige afvoer van zoet water uit het Balgzandkanaal gerealiseerd te worden dat uitstromen over het Balgzand voorkomen wordt.

5.7.3.2.3. Alternatief E2

Dit alternatief is in grote lijnen vergelijkbaar met alternatief E1, hoewel de ingenomen wadoppervlakte geringer is. Het is echter de vraag of het gebied ten noordwesten van de lange verbindingsdam zijn tegenwoordige functies geheel zal kunnen behouden. Modelonderzoek zou kunnen leiden tot aanpassing van de dam bijvoorbeeld door het aanbrengen van duikers. Ook kan gesteld worden dat door het verkeer op de lange dam en de verdere afwikkeling door de Balgzandpolder een grotere verstoring zal optreden dan bij de twee eerder genoemde alternatieven. Deze verstoring heeft zowel betrekking op het wad als op de schorren. Ook bij een verdere uitwerking van alternatief E2 zal ruime aandacht besteed moeten worden aan de afvoer van zoet water.

5.7.4. INVLOEDEN VAN HET HAVENBEDRIJF

Omdat nog niet bekend is wat voor soort havenbedrijf op het Balgzand gevestigd zal worden, is het nu nog niet mogelijk om de invloeden op het milieu te kwantificeren. Zodra bekend is welke economische activiteiten eventueel plaats gaan vinden, kan een aanvulling op het rapport geschreven worden, waarin de gevolgen van deze activiteiten geanalyseerd worden. Bovendien moet rekening worden gehouden met het feit, dat de economische activiteiten in de toekomst kunnen veranderen en voor elk van deze eventuele veranderingen zou dan een milieu-effect-rapportage geschreven kunnen worden. Als bijvoorbeeld een ge-

deelte van het haventerrein en havenbekken beschikbaar komt voor de watersport, zal dit voor de Waddenzee heel andere gevolgen kunnen hebben dan het gebruik van het haventerrein als opslagterrein voor de off-shore-werkzaamheden.

5.8. FUNCTIEVERLIEZEN VAN HET BALGZAND EN ZIJN DEELGEBIEDEN BIJ HAVENAANLEG

Twee niveaus van voorspellen van functieverliezen moeten onderscheiden worden. Het eerste is een voorspelling van de directe effecten van havenaanleg en deze voorspelling wordt gedaan door tekeningen van de havenontwerpen boven op de verspreidingskaartjes van verschillende organismen te leggen en zodoende te kijken hoeveel specifiek milieutype verdwijnt. Men moet er wel rekening mee houden dat deze methode de functieverliezen ten opzichte van 1976 of 1977 beschrijft, omdat we niet in staat zijn om met enige zekerheid de distributie van planten en dieren in de toekomst te voorspellen.

Het tweede niveau, het voorspellen van indirecte effecten, is veel meer complex. Het houdt in het voorspellen van veranderingen over een groot gedeelte van het Balgzand, en vereist een goed begrip van de fysische, chemische en biologische processen, die er plaats vinden. Deze processen hangen zeer nauw samen met de bestaande stroompatronen, en men kan veilig aannemen, dat hoe minder de stroompatronen en wateruitwisseling veranderen, hoe kleiner de veranderingen in de biologische processen zullen zijn.

Functieverliezen zullen zowel tijdens de havenaanleg als erna optreden. Tijdens de bouwwerkzaamheden kunnen de functieverliezen zich uitstrekken over een groot gebied. In par. 5.7.2 is uitvoerig beschreven wat de gevolgen kunnen zijn. Deze gevolgen zijn echter met de huidige kennis onmogelijk exact te kwantificeren. Het is onmogelijk om aan te geven in hoeverre de verschillende functies zullen verminderen, maar er kan wel aangenomen worden dat de effecten van de bouwwerkzaamheden voor alle alternatieven vergelijkbaar zullen zijn. Er dient ook rekening gehouden te worden met het feit, dat sommige effecten ook blijvend kunnen zijn en door zullen werken nadat de bouwwerkzaamheden voltooid zullen zijn.

Van de blijvende gevolgen van een haventerrein op het Balgzand zijn een aantal effecten onmogelijk te kwantificeren. Deze zijn reeds behandeld in par. 5.7.3.1. en zullen hier niet verder bekeken worden zolang niet valt aan te nemen dat de verschillende alternatieven met enige zekerheid te voorspellen verschillende effecten zullen hebben.

In dit hoofdstuk zullen de functieverliezen zo goed als mogelijk

gekwantificeerd worden. Allereerst worden de verliezen per ha havengebied bekeken, waarna voor ieder alternatief afzonderlijk deze waarden zo goed als mogelijk wordt aangepast.

Er is reeds genoemd, dat de uitgangspunten voor natuurbeheer in Nederland nog in discussie zijn. In dit rapport wordt ervan uitgegaan, dat een zo natuurlijk mogelijke toestand in het waddengebied de meest wenselijke is, waarbij een gelijkblijven aan de toestand van 1977 al als een voordeel gezien moet worden. Ook wordt er vanuit gegaan, dat veranderingen die een onzekerheid in de voorspelling van de effecten brengen als een nadeel gezien moeten worden.

5.8.1. DIRECTE EFFECTEN

De directe effecten hangen in hoofdzaak samen met het verlies aan wadbodem. Alle vier alternatieven liggen in ongeveer hetzelfde gebied, zodat ook hier met een algemene beschrijving volstaan kan worden, welke later voor ieder alternatief verfijnd wordt.

5.8.1.1. Productiefuncties

Visserij

Het functieverlies, dat het eenvoudigst gekwantificeerd kan worden is het verlies aan productie van biomassa. Zoals in para 5.7.3.1.1. is gesteld mogen de volgende verliezen in de productiefuncties worden verwacht.

Voor de schol zullen de havenwerken resulteren in een verlies van minimaal 5000 schollen per ha per jaar, die na uitgegroeid te zijn tot ongeveer 300 gram per stuk, een gewicht vertegenwoordigen van 1,5 ton versgewicht per ha per jaar.

Voor de tongvisserij kan een reductie van de totale Noordzeevangst worden verwacht met 0,0005% per ha per jaar.

Voor de garnalen kan ervan worden uitgegaan dat de Noordzeevisserij 0,0005% minder garnaal per ha havengebied per jaar kan gaan vangen Deze getallen zijn gebaseerd op de aanname dat een verminderde aanvulling met jonge dieren ook een kleinere populatie van volwassenen zal betekenen. Wegens de complexheid van de factoren die op een populatie inwerken, kan dit echter niet altijd als een wetmatigheid gehanteerd worden.

Het nadeel voor de visserij op pelagische vis (haring, etc.) is niet goed te kwantificeren, doch volgens het rapport van de Waddenzee-

commissie kan het worden uitgedrukt in een geldwaarde die op zijn minst vergelijkbaar is met het verlies aan schol, tong en garnaal samen.

De drie mechanische pierenstekers, die op het Balgzand werkzaam zijn, werken hoofdzakelijk ten zuidoosten van het geplande havengebied, hoewel de winningsconcessie zich uitstrekt over een deel van het geplande gebied. Naar schatting kunnen op het gebied van het geplande haventerrein enkele miljoenen pieren mechanisch verzameld worden.

De handstekers, zowel beroeps-, part-time als sportvissers die voor eigen gebruik steken, opereren vooral in het gebied ten zuiden van de vangdam op de plaats waar het zuidelijk gedeelte van de haven gepland is. Men kan aannemen, dat op de geplande haventerreinen ook enkele miljoenen pieren per jaar gestoken worden. Deze vertegenwoordigen langs de Nederlandse kust een winkelwaarde van f. 500.000,-- - f. 700.000,--.

Mineralisatie

De functie van de mineralisatie, dat is het omzetten van organisch materiaal in oplosbare voedingsstoffen, die weer door plantaardige organismen worden opgenomen, is reeds uitgebreid besproken. Verlies van deze functie in een bepaald gebied betekent, dat het aanwezige organisch materiaal elders afgebroken moet worden, wat gevolgen kan hebben voor de zuurstofhuishouding in gebieden buiten het haventerrein. Als we uitgaan van een verbruik van 2266 g zuurstof/m^2/jaar door decomposers, en een inwonerequivalent (i.e.) gelijkstellen met 91 gram zuurstof (B.O.D. totaal), dan kunnen we berekenen, dat 2266 g zuurstof per jaar overeenkomt met $\frac{2266}{91 \times 365}$ = 0,068 i.e. per m^2. Voor 1 ha betekent dit 682 i.e. zuiveringscapaciteit.

Als de primaire productie op de plaats van het ontworpen havengebied op 100 g koolstof/m^2/jaar gesteld wordt en deze productie gaat bij havenaanleg verloren, dan heeft dit tot gevolg dat de organische stoflast met 80 i.e. per ha vermindert door verminderde productie van organisch materiaal. Dan blijft een zuiveringscapaciteit van 602 i.e. per ha over, die bij havenaanleg verloren gaat.

Het oppervlak van het getijdengebied, dat door het Marsdiep wordt gevoed, is 68.000 ha en het oppervlak van droogvallende platen in dit gebied is 13.000 ha. Het geplande haventerrein is maximaal 0,77% van het droogvallend gebied en 0,15% van het totale gebied. Daar de mineralisatie op de platen veel hoger is dan in de waterkolom kan aangenomen worden, dat mineralisatie in het Marsdiepbekken met ongeveer 0,75% toe zal moeten nemen om het verlies van het haventerrein te compenseren.

Schelpdiercultuur

Zoals beschreven is in para. 5. 5.2.1.1. is het Balgzand vooral

van belang voor de mosselzaadvisserij. De belangrijkste zaadgebieden liggen net buiten het ontworpen havengebied. Tijdens de bouwwerkzaamheden zullen de opgroeigebieden waarschijnlijk ernstig gestoord worden en na de bouw zullen de wilde mosselbanken ter plaatse van het havengebied verdwenen zijn. De hoeveelheid mosselzaad, die in dit gebied gewonnen wordt is niet te schatten, omdat de opgaven van de mosselvissers niet altijd duidelijk aangeven of het zaad gevist werd in de Balgzandgeul, of bij de mosselbanken.

Hoewel niet te rangschikken onder de schelpdiercultuur moet hier toch ook de kokkelvisserij genoemd worden, omdat de gevolgen voor dit dier vergelijkbaar zullen zijn met de mossel. Belangrijke kokkelbanken komen af en toe voor langs de rand van het Malzwin op de plaats waar de E-alternatieven gepland zijn en de kokkelvisserij zal na havenaanleg dus met een gering percentage in moeten krimpen.

Productie van zuurstof

De gevolgen van zuurstoftekorten en de zeer complexe zuurstofhuishouding zijn reeds verschillende malen uitvoerig besproken. Het is onmogelijk dit facet te kwantificeren, maar er moet op gewezen worden, dat handelingen, die de kans op zuurstoftekorten vergroten, negatief beoordeeld moeten worden.

Productie van delfstoffen

Er is reeds op gewezen dat de binding van kalk door schelpdieren, waarvan kokkels in dit geval de belangrijkste groep zijn, van belang is voor de toekomstige schelpkalkwinning in de geulen van de Waddenzee. Op het geplande haventerrein komen kokkelbanken voor, die voor de schelpkalkproductie verloren zullen gaan. Het verlies ligt in de orde van grootte van 10 m^3 per jaar.

5.8.1.2. Draagfuncties

Zoals genoemd bij para 5.5.2.2. is de sportvisserij ten dele tot de draagfuncties te rekenen. Het aantal dagen per jaar, dat sportvissers doorbrengen in het nu geplande havengebied, kan geschat worden op enkele duizenden.

5.8.1.3. Informatiefuncties

Zoals gesteld staat en valt de recreatieve en educatieve betekenis van het Balgzand met het natuurlijk karakter van het gebied. Zo gezien heeft ieder alternatief ontwerp een aantasting van het natuurlijk karakter en zodoende een vermindering van de waarde als informatiefunctie. Het is echter op het moment onmogelijk dit functieverlies nader te kwantificeren. (vgl. para 5.5.2.3).

Het belang van het Balgzand voor het onderzoek is uitvoerig behandeld in sectie 5.2.3. Ook het wetenschappelijk onderzoek heeft baat bij een zo natuurlijk mogelijke situatie. Hier komt nog bij dat vele jaren onderzoek een basis zijn bij verder onderzoek. Ingrijpende veranderingen maken vergelijkingen tussen resultaten uit verschillende jaren zinloos. Het gebied dat door de havenaanleg gaat verdwijnen vormt een bij uitstek geschikt gebied voor onderzoek aan processen die een wadden ecosysteem vormen en in standhouden, door het voorkomen van diepe en ondiepe geulen, zandige en slikkige platen, zoetwaterafvoer, en grote wateruitwisseling met open zee. Vergelijkbare gebieden zijn zeer zeldzaam binnen het internationale waddengebied en zouden daardoor grote transportproblemen geven voor waddenonderzoekers van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee.

In hoeverre de investeringen aan tijd en geld voor onderzoek over de afgelopen jaren door grote veranderingen waardeloos worden, is onmogelijk aan te geven, maar in verband met de signaalfunctie, die het Balgzand uitoefent, dient erop gewezen te worden dat deze functie alleen goed vervult kan worden als over meetresultaten van vele jaren beschikt kan worden, zodat veranderingen zinvol te interpreteren zijn.

5.8.1.4. Regulatiefuncties

Zoals reeds in para 5.5.2.4. genoemd is zijn de functies, die eventueel als regulatiefuncties beschreven kunnen worden bij de andere functiegroepen ondergebracht. De eventuele functieverliezen zijn dus ook elders beschreven.

5.8.1.5. Functies die betrekking hebben op het natuur- en landschapsbehoud

Zoals uit para 5.5.2.5. blijkt, wordt gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijke toestand voor de Waddenzee. Alle alternatieve ontwerpen moeten dus als een nadeel gezien worden. Het is ook zeer moeilijk om aan te geven welk alternatief de natuurbehoudfunctie het minst aantast. Dit hangt grotendeels van het individu af, of hij de vogels, de vissen of het landschap het hoogst op de waarderingsschaal plaatst. Gemiddeld zullen de populaties van de diverse diersoorten op het Balgzand met 1 - 2% achteruit kunnen gaan door de havenaanleg.

5.8.2. INDIRECTE EFFECTEN

Een kwantitatieve beschrijving geven van de indirecte effecten van havenaanleg is zeer moeilijk, omdat voor een schatting van de biologische effecten eerst de fysische en chemische effecten bekend moeten zijn, die weer afhangen van de exacte havenontwerpen. Alleen dan

kunnen stroompatronen, sedimentatie, wateruitwisseling, temperatuur en zuurstofhuishouding bekeken worden.

Vanwege de vele onzekere factoren, die gebruikt worden bij een voorspelling van de gevolgen wordt er van uitgegaan, dat de situatie, zoals die nu is het beste of meest natuurlijk is, maar het is best mogelijk dat bij enkele ontwerpen de wateruitwisseling met de Noordzee verbeterd wordt of de zuurstofhuishouding op een positieve manier wordt beinvloed.

5.8.2.1. Veranderingen in stromenpatronen

Een groot aantal processen en daarmee samenhangend de meeste functies van een waddengebied, zijn afhankelijk van de stromingen en wateruitwisseling met het Noordzeegebied. Veranderingen in de wateraanvoer en waterafvoer zijn zeer moeilijk te vertalen in gevolgen voor het ecosysteem, en men kan aannemen, dat iedere verandering in het stromenpatroon gepaard zal gaan met positieve effecten op sommige functies en negatieve op andere. In para 5.7.3.1.2. is een uitgebreid overzicht gegeven van de algemene gevolgen van veranderingen van stroompatronen in een estuarien gebied. Hieruit blijkt, dat alle functies gevolgen kunnen ondervinden van deze veranderingen, maar het is onmogelijk om alle veranderingen te kwantificeren. In ernstige gevallen kan men aannemen, dat functieverliezen op kunnen treden, die enkele malen groter zijn dan de verliezen, die besproken zijn bij de directe effecten (para 5.8.1). Als bijvoorbeeld zich problemen met de zuurstofhuishouding voordoen, zijn de gevolgen zeer groot. Deze kunnen zich dan uitstrekken over het gehele Balgzand of nog grotere delen van de westelijke Waddenzee.

Zolang geen modelproeven zijn uitgevoerd, kan niet nauwkeurig worden aangegeven wat de gevolgen van elk alternatief ontwerp voor de stroompatronen zijn.

Een belangrijk aspect in de waterhuishouding van het westelijk Balgzandgebied is de zoetwaterafvoer bij de spuisluis van het Balgzandkanaal. Een ophoping van zoet water op een deel van het Balgzand is funest voor zeer vele organismen. Als het water geloosd wordt ten zuiden van het haventerrein zou een ophoping van zoetwater op kunnen treden. Biologisch gezien zou het water het best op het havenbekken geloosd kunnen worden, zodat in het Marsdiep een goede vermenging met zeewater optreedt. De waterstaatkundige problemen bij het realiseren van een voldoende verval bij de spuisluis vallen buiten het bestek van dit rapport.

Voor de mosselvisserij kunnen de veranderingen van stromingen zeer vergaande gevolgen hebben. Het mosselbroed komt voor op plaatsen waar een grote aanvoer van organisch materiaal gewaarborgd is, eb en vloedverschillen voorkomen, die zorgen dat de mosselbanken af en toe droog staan, zodat de pseudofaeces afgevoerd worden en de mosselbanken

niet verstikken. Er zal rekening gehouden moeten worden met de mogelijkheid, dat de mosselcultuur nadelige effecten zal kunnen ondervinden, indien er gebrek aan goed mosselzaad op zou treden.

De kokkels zijn ook afhankelijk van stromingen voor hun vestiging en daarna van een goede watervoorziening met veel plankton. De stroomsnelheden moeten ook hoog genoeg zijn om slib en faeces af te voeren. Op het ogenblik voldoet het Balgzand uitermate goed aan deze voorwaarden.

5.8.2.2. Veranderingen in sedimentatie

Omdat sedimentatie direct afhankelijk is van de aanvoer van materiaal met de stromingen, de snelheid van de stroom en de beschutting tegen golfslag en verder beinvloed wordt door de groei van een dunne laag kiezelwieren op het oppervlak, is het moeilijk om voorspellingen te doen van veranderingen, als de veranderingen in stroompatronen nog niet gekwantificeerd zijn. Wel wordt tijdens de havenaanleg de sedimentatie over een groot gebied verhoogd door het opspuiten van miljoenen m^3 zand, waarbij een aanzienlijk gedeelte buiten het doelgebied terecht zal komen. Het betreft hier vooral de fijnere fracties en de primaire en secundaire productie zal over een groot gebied voor een aantal jaren met grote verliezen te maken krijgen of zelfs volledig verdwijnen.

Het feit, dat sedimentatie nog van andere factoren afhangt dan van stroming alleen, betekent dat een voorspelling betreffende de relatieve effecten van elk alternatief havenontwerp met de huidige kennis van zaken zinloos is.

5.8.2.3. Chronische verontreiniging

De eventuele verontreiniging van het Balgzand vanuit de haven zal vooral optreden bij alternatieven, waarin de havengeul niet in het Malzwin of Marsdiep uitmondt. In hoeverre de gevolgen voor de functies van het Balgzand ernstig zullen zijn is niet aan te geven omdat de verontreiniging van de toekomstige haven nog niet te schatten is.

5.8.2.4. Overige effecten

Door de problemen bij het kwantificeren van de overige gevolgen is het hier ook moeilijk om aan te geven in hoeverre een bepaald alternatief ernstiger gevolgen zal hebben dan een ander. De algemene beschrijving in para 5.7.3.1.5. is in principe voor alle alternatieven geldig.

5.9. DANKWOORD

Bij het verwerken van de grote hoeveelheid informatie ben ik dank verschuldigd aan een groot aantal personen en instanties. In het bijzonder moeten hier de medewerkers van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee genoemd worden, die ongepubliceerd materiaal beschikbaar stelden, en een juiste interpretatie van de vele gegevens waarborgden. Ook werd veel informatie gekregen van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, zowel de vestiging in Texel als in IJmuiden.

De interesse en opbouwende kritiek van de medewerkers van de afdeling Estuariene ecologie van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer bevorderde de leesbaarheid en overzichtelijkheid van het rapport ten zeerste.

Hier moet ook de prettige samenwerking met de stuurgroep Balgzand genoemd worden, waardoor het mogelijk was delen van het rapport door ambtenaren van verschillende disciplines te laten beoordelen op duidelijkheid.

5.10 LITERATUUR

Anon, 1970. Eventuele gevolgen van inpoldering van het Balgzand. - Rapport Werkgroep Waddengebied.

Anon, 1974a. De rand van het Balgzand. - Nota van de Werkgroep Milieu Den Helder.

Anon, 1974b. - Rapport van de Waddenzeecommissie, 's - Gravenhage, 1974.

Anon, 1974c. "Waarde"bepaling van het Balgzand met gegevens over productie. - Waddenbulletin 1974-8.

Anon, 1977. Second report of the ICES working group on effects on fisheries of marine sand and gravel extraction. - Cooperative Research Report No 64 April 1977. International Council for the Exploration of the Sea.

Apeldoorn, H. van, 1969. Broedvogelinventarisatie van het Balgzand in 1968. - De Pieper 8, 81 - 83.

Beek, F.A. van, 1976. Aantallen, groei, produktie en voedselopname van de zandgrondel (*P. minutus*) en de wadgrondel (*P. microps*) op het Balgzand. - NIOZ intern verslag, 1976 - 9.

Bennekom, A.J. van, Gieskes, W.W.C. & S.B. Tijssen, 1975. Eutrophication of Dutch coastal waters. - Proc. Roy. Soc. (London), B 189, 359 - 374.

Bergman, M., Kuipers, B. & P. Spliethoff, 1976. Garnalen en krabben als mogelijke predatoren van nuljarige schol op het Balgzand. - Visserij 29 (7) 432 - 438.

Beukema, J.J., 1976. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 10(2): 236 - 261.

Beukema, J.J., 1977. De voedselrijkdom van de Waddenzee. - Waddenbul. 12: 304 - 311.

Boer, P., W. v. Breukelen, G.R. Monsees, Th. Mulder & K. v.d. Vlies, 1970. Het Balgzand, bedreigd gebied. - Wet. meded. K.N.N.V. 1970, 112 pgs.

Boer, P. & G.R. Monsees, 1967. Avifaunistisch overzicht van het Balgzand en enkele omliggende terreinen. - Limosa 40, 4. pg. 188 - 205.

Boere, G.C. & P.M. Zegers, 1974a. Wadvogeltellingen in het gehele Nederlandse Waddengebied in 1972 en 1973. - Intern rapport Waddenzeecommissie Werkgroep II R.W.S.

Boere, G.C. & P.M. Zegers, 1974b. Wadvogeltelling in het Nederlandse waddengebied in juli 1972. - Limosa 47: 23 - 29.

Boere, G.P. & P.M. Zegers, 1977. Wadvogeltellingen in het Nederlandse waddenzeegebied in 1974 en 1975. - Watervogels 2: 161 - 173.

Bremer, J.T., 1970. De problematiek van het Balgzand. - Geogr. Tijdschr. IV, 5, 397 pg.

Bremer, J.T., 1970. Enkele opmerkingen over het ontstaan en de geschiedenis van het Balgzand. - Waddenbulletin V, (6), 2 - 4.

Brown, Cl. & R. Clark, 1968. Observations on dredging and dissolved oxygen in a tidal waterway. - Water Resour. Res. 4 (6) 1381 - 1384.

Buck, D.H., 1956. Effects of turbidity on fish and fishing. - Okla. Fish. Res. Lab. Rept. No 56: 1 - 62.

Buck, D.H., 1970. Effects of turbidity on fish and fishing. - Trans. No. Amer. Wildl. Conf. 21: 249-261.

Buurma, L.S., 1970. Verslag vogelkaderkamp Wieringen. - C.J.N. Jaarboek 1970 5-32.

Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1974a. Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 8: 240-259.

Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1974b. Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 8: 260-291.

Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1977. Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area, Balgzand, Dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 11 (1): 24-41.

Cordone, A.J. & D.W. Kelley (1961). The influences of inorganic sediment on the aquatic life of streams. - Calif. Fish and Game 47 (2): 189-228.

Cowell, E.B., 1971. The ecological effects of oil pollution on littoral communities. - Elsevier, Amsterdam 1971.

Creutzberg, F. 1959. Discrimination between ebb and flood tide by migrating elvers (*Anguilla vulgaris Turt.*) by means of olfactory perception. - Nature 184: 1961-1962.

Creutzberg, F. 1961. On the orientation of migrating elvers (Anguilla vulgaris) in a tidal area. - Neth. S. Sea Res. 1: 257-338.

Cronin, L.E., R.B. Biggs, D.A. Flemer, H.T. Pfitzenmeyer, F. Goodwijn, W.L. Dovel & D.E. Ritchie, 1970. Gross physical and biological effects of overboard spoil disposal in upper Chesapeake Bay. - Univ. Md. Nat. Resour. Just., Spec. Rept. 3: 66 pgs.

Darnell, R.M., 1976. Impacts of construction activities in wetlands of the United States. E.P.A. - 600/3-76-045, April 1976. - U.S. Environmental protection Agency, Washington D.C. 20460.

Davis, H.C. & H. Hidu, 1969. Effects of turbidity producing substances in sea water on eggs and larvae of three genera of bivalve mollusks. - The Veliger 11: 316-323.

Deevey, E.S., 1970. In defence of mud. - Bull Ecol. Soc. Amer. 51: 5-8.

Duinker, J., 1977. Olie in zee, processen en effecten. - Natuur en Milieu 77, 15-22.

Ellis, M.M., 1931. Some factors affecting the replacement of the commercial fresh-water mussels. - U.S. Bur. Fisheries, Fish. Circ. 7, 10 p.

Ente, P.J., W.H. Zagwijn & W.G. Mook, 1975. The Calais deposits in the vicinity of Wieringen and the geogenesis of northern North-Holland. - Geol. Mijnb. 54: 1-14.

Frankenberg, D. & C.W. Westerfield, 1969. Oxygen demand and oxygen depletion capacity of sediments from Wassau Sound, Georgia. - Bull. Georgia. Acad. Sci.

Glopper, R.J. de, 1967. De bodemgesteldheid van het waddengebied. - Waddenbulletin 2, 7-11.

Hartog, C. den, 1958. De vegetatie van het Balgzand en de oeverterreinen van het Balgkanaal. - Wet. Meded. K.N.N.V. 27, 28 pgs.

Hartog, C. den & G. v.d. Velde, 1970. De flora en de vegetatie van het Balgzand. - in: Het Balgzand, bedreigd gebied. Wet. meded. K.N.

N.V. 86, 20-36.
Heimstra, N.W., D.K. Damkot & N.G. Benson, 1969. Some effects of silt turbidity on behavior of juvenile largmouth bass and green sunfish. - U.S.F. en W.S., Tech. pop. 20, 9 pgs.
Hulscher, J.B., 1975. Het wad, een overvloedig of schaars gedekte tafel voor vogels? - Werkgroep Waddengebied meded. 1, 57-84.
Jonge, V. de & H. Postma, 1974. Phosphorus compounds in the Dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Research, 8: 139-153.
King, D.L. & R.C. Ball, 1964. The influence of highway construction on a stream. - Res. Rept. Mich. State. Agric. Expl. Sta. 19(4), 4 pgs.
Kholdebarin, B. & J.J. Oertli, 1977. Effect of suspended particles and their sizes on nitrification in surface water. - Jour. Water. Poll. Control. fed 49, 1693-1697.
Klein Breteler, W.C.M., 1976. Oecologie van de strandkrab *(Carcinus maenas)* (L) in de westelijke Waddenzee. - Proefschrift Leiden, E.J. Brill, Leiden, 1976.
Krenkel, P.A. & F.L. Parker (eds), 1969. Biological Aspects of Thermal Pollution. - Vanderbilt Univ. Press. 407 pgs.
Kristensen, I., 1964. Hypersaline bays as an environment of young fish. - Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 16: 139-142.
Kuipers, B.R., 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res., 11, 56-91.
Lake, J.J., 1967. Rearing experiments with five species of Australian freshwater fish. I Inducement to spawning. - Austr. J. Mar. and Freshwater Biol. 18: 137-153.
Lackey, J.B., G.B. Morgan, O.H. Hart, 1959. Turbidity effects in natural waters in relation to organisms and the uptake of radioisotopes. - Univ. Fla., Eng. Indust. Exper. Sta., Tech. Pap. 167, 13 (8), 9 p.
Lissa-bon, J. van, 1977. Aantallen, voedselopname, groei en produktie van de garnaal, in een getijdengebied, alsmede de voedselopname en groei onder laboratoriumomstandigheden. - Intern verslag NIOZ 1977-10.
Loosanoff, V.L. & F.D. Tommers, 1948. Effects of suspended silt and other substances on rate of feeding of oysters. - Science 107 (2768): 69-70.
Maarel, E. van der, 1977. Naar een Globaal Ecologisch Model. - Studierapport R.P.D.
Miedema, J.M., 1972. De economische waarde van het Balgzandgebied voor het wetenschappelijk onderzoek. - Scriptie natuurbeheer no 209, Landbouwhogeschool, Wageningen.
Mörzer Bruyns, M.F., 1966. Het Waddengebied: nationale en internationale aspecten van het natuurbehoud. - Natuur en Landschap 19: 153-172.
Phinney, H.K., 1959. Turbidity, sedimentation and photosynthesis. - In: Siltation - Its sources and effects on the aquatic environment. - Fifth symposium - Pacific Northwest. U.S. Dept. H.E.W., U.S. Publ. Health Serv.
Rooth, J. 1966. Vogeltelling in het hele nederlandse waddengebied in augustus 1963. - Limosa 39: 175-181.

Schindler, J.E., J.J. Alberts & K.R. Honick, 1972. A preliminary investigation of organic-inorganic associations in a staguating system. - Limnol. Oceanogr. 17 (6), 952-957.

Sherk, J.A., J.M. O'Connor & D.A. Neumann, 1975. Effects of suspended and deposited sediments on estuarine environments. - in: L.E. Cronin (ed.). - Estuarine research, vol. 2: 541-558. Academic press, New York.

Sikkema, C.P., 1976. Wadvogeltellingen bij de Eemsmond. Gevolgen van aanleg en uitbreiding van de Eemshaven voor de vogels van de Waddenzee en daarbuiten. - Ongepubliceerd stencil, 1976.

Smit, P., 1972. Middeleeuwse bewoningsresten op het Balgzand. - Westerheem XXI 1972 no 1, 1-16.

Smith, L.L. & D. Oseid, 1971. Toxic effects of hydrogen sulfide to juvenile fish and fish eggs. - Proc. 25th Purdue Industr. Waste Conf.

Spaans, A.L., 1967. Wadvogeltelling in het gehele nederlandse waddengebied in december 1966. - Limosa 40: 206-215.

Steeg, H. v.d., 1967. Verslag Paaskamp Texel. - K.J.N. Jaarboek 1967: 10-20.

Swennen, C., 1976. Waddensèas are rare, hospitable and productive. - Proc. int. conf. on the conservation of wetlands and waterfowl Heiligenhafen, Federal Republic of Germany, 1974. - Ed. M. Smart, publ. I.W.R.B., Slimbridge (Glos.), England.

Tarzwell, C.M., 1966. Waterquality requirements for aquatic life. - Nat. Symp. Qual. Standards for Nat. Waters Proc. 185-197.

Tijssen, S.B. & A.J. van Bennekom, 1976. Lage zuurstofgehaltes in het water op het Balgzand. - H_2O: 9, 28-31.

Veen, J., 1973. De verstoring van weidevogelpopulaties. - Stedebouw en huisvesting 54, 16-26.

Verwey, J., 1965. De rijke Waddenzee. - Natuur en Landschap 19 (4), 129-153.

Verwey, J., 1978. De eenheid van milieu en organismen in de Waddenzee: een overzicht. - Mededeling Werkgroep Waddengebied 4 in druk.

Vosjan, J.H. & K.M. Olanczuk - Neyman, 1977. Vertical distribution of mineralisation processes in a tidal sediment. - Neth. J. Sea Res. 11: 14-23.

Vlas, J. de, 1973. Migratie via getijstromen van jonge nonnetjes, *(Macoma balthica L.)* op en rond het Balgzand. - Intern verslag NIOZ, 1973 - 14.

Wallen, I.E., 1951. The direct effect of turbidity on fishes. - Bull. Okla. Agr. Mech. Coll., Biol. Ser. 48 (2) 27 pgs.

Wageningen, G. van, 1976. Rijkdom van de Waddenzee. - Teleaccursus "Wetenschap in beweging", NOS televisie.

Williams, L.G., 1966. Dominant planktonic rotifers of major waterways of the United States. - Limnol. Oceanogr. 11 (1): 83-91.

Wilson, J.N., 1957. Effects of turbidity and silt on aquatic life. In: C.M. Tarzwell (ed) Biological problems in water pollution. - U.S. Dept. H.E.W., Publ. Health Serv. Tech. report, W-592.

Woets, P., 1971. Vogels van het Zwanenwater. - Woudt/Zaandijk, 127 pgs.

Wolff, W.J., 1977. Natuurbeheer in de nederlandse kustwateren; verkenning van doelstellingen, maatstaven en normen. - R.I.N., intern

rapport, 13 pg.
IJzendoorn, A.L.J. van, 1965. De broedvogels van het Balgzand en de naaste omgeving. - De levende natuur 68: 97-107.
Zegers, P.M., 1973. Invloed van verstoringen op het gedrag van wadvogels. - Waddenbulletin 8 (3), 3-7.
Zwarts, L., 1970. De betekenis van de nederlandse Waddenzee voor europese steltlopers. - Waddenbulletin V. 3 pg 24-29.
Zwarts, L., 1972. Verstoring van wadvogels. - Waddenbulletin, 7 (3), 7-12.
Zijlstra, J.J., 1970. De betekenis van de Waddenzee voor de Visserij. - Waddenbulletin 5 (3), 17-21.
Zijlstra, J.J., 1972. On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishing resources. - Symp. zool. Soc. Lond. 29: 233-258.

Bijlage 1. Alternatieven voor een beperkte zeehavenontwikkeling op het Balgzand, opgesteld door de Dienst Openbare Werken, Den Helder (schetsen met toelichting)

TOELICHTING BIJ DE ONDERZOCHTE ALTERNATIEVEN

Bij het vorderen van het multidisciplinaire onderzoek Balgzand, ontstond, teneinde het milieueffect en de economische gevolgen te kunnen bepalen, behoefte aan meer concreet inzicht in de technische mogelijke havenontwikkelingen. Aanvankelijk werd daartoe door het Nederlands Economisch Instituut te Rotterdam contact gezocht met Rijkswaterstaat. In overleg tussen gemeente en Rijkswaterstaat op 24 juni 1977 werd besloten, dat schetsen zouden worden ontwikkeld door de Directeur van Openbare Werken waarbij ondersteuning door Rijkswaterstaat zou worden verleend. Er werd een zestal schetsen aan de stuurgroep getoond, waaruit door de stuurgroep eerst twee, later drie varianten werden gekozen (A.B.C). Deze plannen omvatten alle een gebied van ca. 400 ha.

Toen echter uit het economisch onderzoek bleek dat slechts aan een beperkte havenontwikkeling (50 à 100 ha) moest worden gedacht, werden daartoe nog enkele alternatieven ontwikkeld, te weten D1, D2, E1, E2 en E3.

Van variant E3 met een tunnel onder het Noordhollands Kanaal is geen plattegrond bijgevoegd daar deze variant door de hoge kosten van een dergelijke tunnel als niet reëel wordt beschouwd. De variant D1 is inmiddels in het hoofdstuk kosten-batenanalyse vervangen door de met de marine-raming overeenkomende (kleinere) variant D2.

Opgemerkt wordt dat door gebrek aan tijd en diepgaand onderzoek, hier slechts van globale indicatieve schetsplannen kan worden gesproken.

Hieronder volgt een korte toelichting bij elk van de plannen A, B, C, D1, D2, E1 en E2.

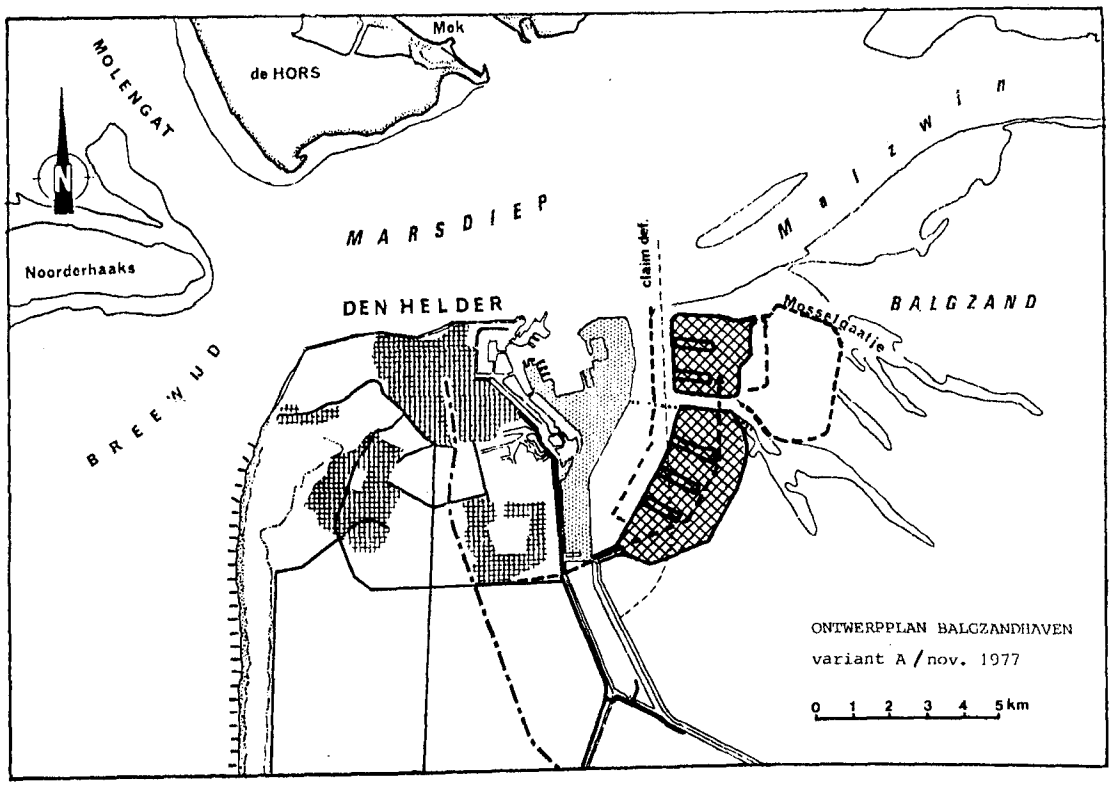
Algemeen

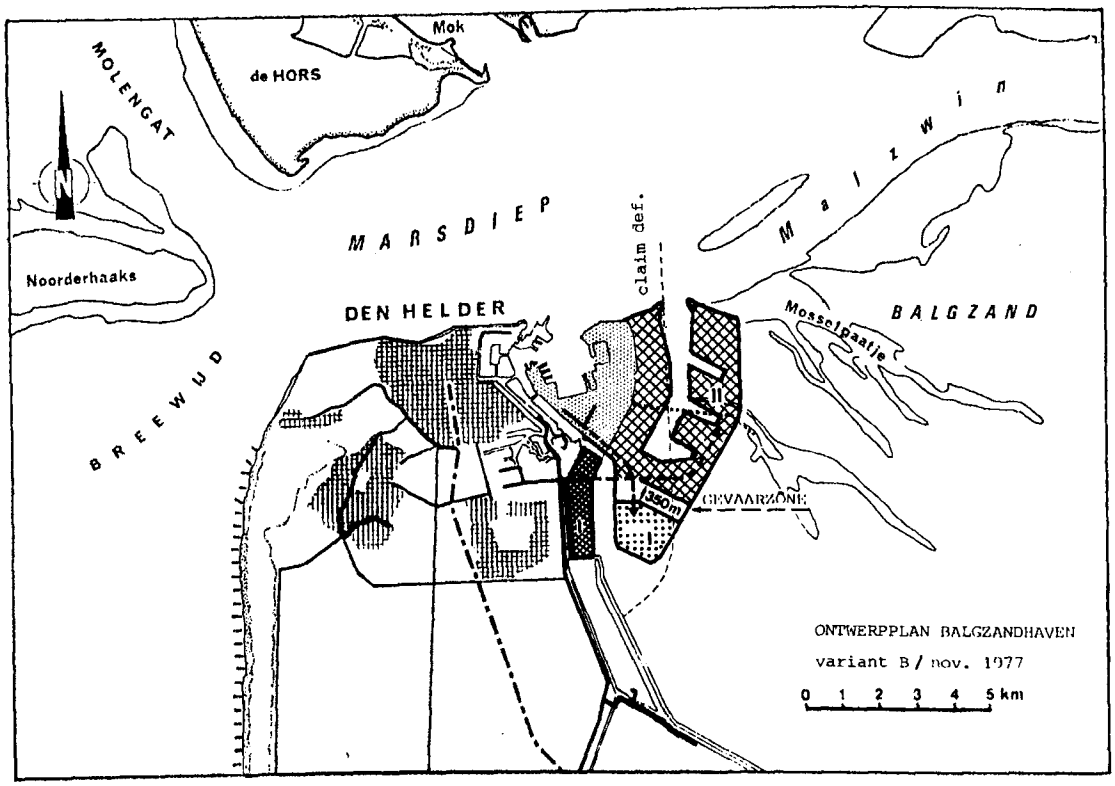
Het merendeel van de alternatieven werd besproken met Rijkswaterstaat. Vooral de heren ing. Th. Roelofs en L. v.d. Horst hebben de plannen kritisch doorgenomen en geholpen met het verstrekken van technische gegevens en kengetallen voor de ramingen.

Twee factoren hebben de ontworpen alternatieven in meerdere of mindere mate beinvloed.

a. Het verloop van het geulenstelsel en de keuze van het al of niet handhaven hiervan. De eb en vloed beweging in het gebied wordt hierdoor immers in belangrijke mate bepaald en de handhaving hiervan zou het milieueffect kunnen verminderen.

b. De aanwezigheid van de marinehaven en de munitieopslagterreinen, alsmede de door defensie gelegde claims op het Balgzand. In de schetsen zijn deze claims in de vorm van een ten oosten van de nieuwe haven getekende gestreepte rechte lijn welke meer zuidelijk cirkelvormig naar het industrieterrein Oostoever loopt (zie ook de brieven d.d. 24 november 1977 en 23 april 1968 van Ministerie van Defensie aan de gemeente). Alle interferentiepunten met de marine konden nog niet in detail met de marine-autoriteiten worden besproken. Dat zou afhankelijk van de uitkomst van het onderzoek en de keuze van het plan eventueel nog moeten gebeuren.


Mok
de HORS
MOLENGAT
N
Noorderhaaks
MARSDIEP
DEN HELDER
BREEWIJD
claim def.
Malzwin
Mosselgaatje
BALGZAND
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant A / nov. 1977
0 1 2 3 4 5 km


Mok
de HORS
MOLENGAT
N
Noorderhaaks
MARSDIEP
DEN HELDER
BREEWIJD
claim def.
Malzwin
Mosselgaatje
BALGZAND
350m
GEVAARZONE
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant B / nov. 1977
0 1 2 3 4 5 km

Al spoedig bleek dat de in het rapport van de Waddenzeecommissie van mei 1974 onder 4.3.5 en 4.3.6 behandelde schetsplannen 1 en 2 vanwege de hierboven aangegeven factoren minder bruikbaar waren. Eén van de ontwerpen (variant B) echter toont daarmee wel overeenkomst omdat daarbij bewust minder rekening met bovenstaande factoren is gehouden.

Over de kosten kan in zijn algemeenheid worden opgemerkt:

a. Voor de dijken is een kengetal aangehouden per m', uitgaande van een hoogte tot 4.00 + N.A.P. en aan de noordzijde waar nodig tot 6.00 + N.A.P. Voor de havendam kan met 3.00 + N.A.P. worden volstaan. Ter vergelijking de hoogste waterstand ter plaatse 3.25 m + N.A.P. werd op 1 februari 1953 bereikt. Het nieuwe haventerrein ligt op 4.00 + N.A.P.

b. Voor het ophogen van de terreinen werd een hoogte van 3.00 + N.A.P. aangehouden terwijl vanwege de slechte ondergrond van 50% overhoogte werd uitgegaan. Voor de te winnen hoeveelheden zand werd aanvankelijk bij de grote plannen (A, B en C) gedacht aan winning op zee. Bij de kleinere plannen mag ons inziens wel worden aangenomen dat op het wad zand kan worden gewonnen (De kop van de zandbank ten noorden van het Malzwin). Dit heeft grote invloed op de kosten.

c. Naarmate het economisch onderzoek vorderde werd duidelijk dat de haven hoofdzakelijk voor offshore dienst zou moeten doen. Daarom kan voor de diepte worden volstaan met 8 m - N.A.P., waar aanvankelijk bij de grote plannen A, B en C aan 10 m diepte werd gedacht. Dit is ook van invloed op de konstruktie van de kaden en de daarvoor berekende kosten.

d. Voor de bruggen zijn geen (detail) ontwerpen gemaakt. Voor zover ze op het Balgzand moeten worden gemaakt is gedacht aan vaste duiker-bruggen in de bestaande geulen. Deze zouden eventueel met drijvende olieschermen of schotbalken kunnen worden uitgerust om bij voorkomende calamiteiten vervuiling van het Balgzand tegen te gaan. Voor zover er een overbrugging van het Noordhollandskanaal is ontworpen moet worden gedacht aan een beweegbare hoge brug met een onderdoorgang van de Rijksweg.

e. Voor ontwerp, toezicht en onvoorzien zijn de bedragen met 10% verhoogd. Alle opgegeven kosten zijn excl. BTW.

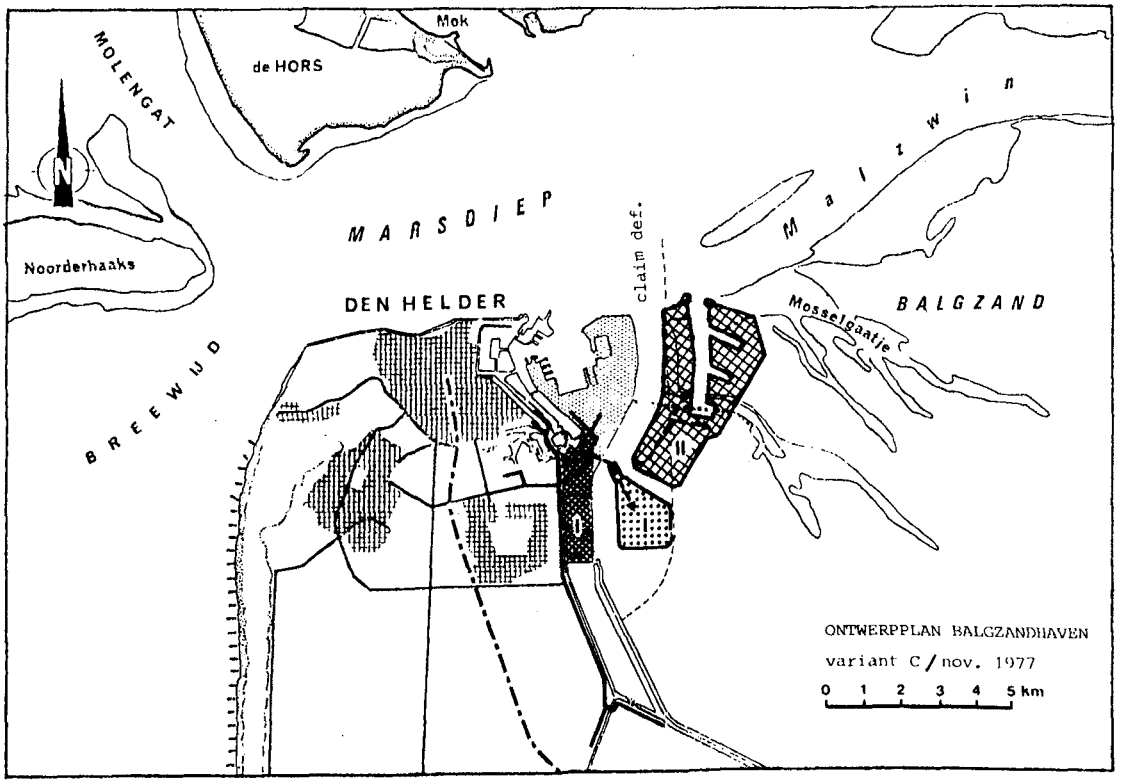
Toelichting bij de afzonderlijke ontwerpen

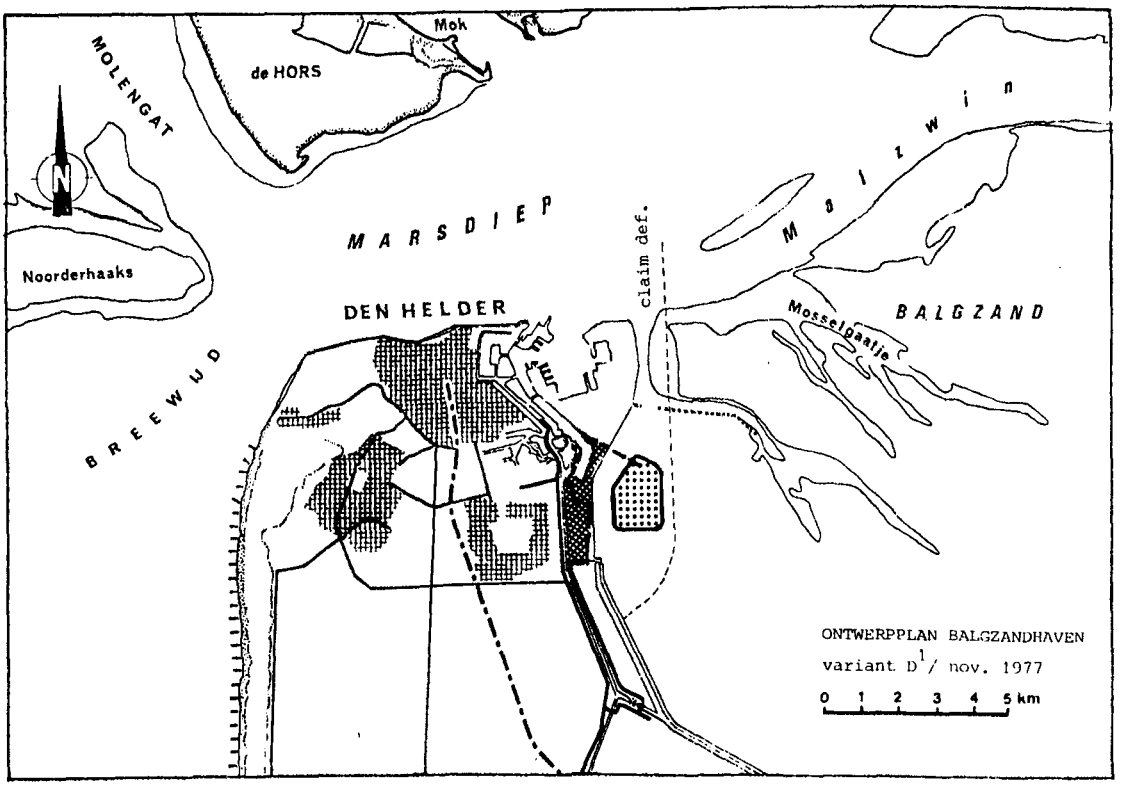
Variant A

Op de bestaande zandplaten worden met behoud van het geulenstelsel (gefaseerd) eilanden gemaakt. Aan de westkant hiervan wordt een havengeul gebaggerd. Hieraan kunnen zo nodig insteekhavens in de eilanden worden verbonden. De havenmond moet afhankelijk van nader onderzoek worden uitgebouwd tot de diepwaterlijn.

De landverbinding gaat via het industrieterrein Oostoever en (later zonodig) naar de verlengde Guldemondweg.

Kruising van de marine-claims door de landverbinding is hier geaccepteerd in verband met een aantal bezwaren van een nog zuidelijker ontsluiting. Omdat de afwateringsgeul ook thans binnen de marine-claims ligt en afscheiding van het marineterrein door een watergeul ook voor de marine aantrekkelijke (veiligheids) aspecten heeft is de havengeul enigszins binnen de claim geprojecteerd. De havengeul staat via de duikers in open verbinding met het Balgzand. De natuurlijke lozing van de Amstelmeerboezem via de uitwateringssluizen zal naar mag worden aangenomen geen nadelige invloed van dit plan ondervinden.


MOLENGAT
de HORS
Mok
Noorderhaaks
MARSDIEP
DEN HELDER
claim def.
Mosselgaatje
BALGZAND
BREEWUD
I
II
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant C / nov. 1977
0 1 2 3 4 5 km


MOLENGAT
de HORS
Mok
Noorderhaaks
MARSDIEP
DEN HELDER
claim def.
Mosselgaatje
BALGZAND
BREEWUD
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant D1 / nov. 1977
0 1 2 3 4 5 km

Oppervlakte 370 ha (zonder gestippelde uitbreiding)
Kosten 337 miljoen gulden.

Variant B

Bij dit plan wordt uitgegaan van een (eventueel gezamenlijke) realisering in uitgebreid overleg met de marine omdat er een maximum aan aanrakingspunten met de marine is. In fase I vertoont het plan zeer veel gelijkenis met alternatief D1. Deze aanrakingspunten betreffen bijvoorbeeld

a. verplaatsing van de munitie-opslagterreinen en nieuwe bouwbeperkingen;
b. algemene beveiliging van de terreinen;
c. claims voor toekomstige uitbreidingen;
d. toegangswegen.

Kenmerken van het plan zijn: Een havenbekken dat aansluiting heeft op het Malzwin en geen rechtstreekse verbinding heeft met het Balgzand. Oostelijk van het plan zal een nieuwe toegangsgeul naar het Balgzand moeten worden gebaggerd. Doortrekking van het Nieuwe Diep waardoor hier weer getijstroom ontstaat. Hydraulisch onderzoek naar deze oplossing is noodzakelijk. Lozing van de Amstelmeerboezem op deze geul moet in dit onderzoek worden betrokken. Mogelijkheid van kades aan deze geul. Nieuwe ligging van de munitieopslagterreinen is gunstiger ten opzichte van De Schooten, de rijksweg en het Noordhollandskanaal. De landverbinding via de doorgetrokken Ravelijnweg is uit stedebouwkundig oogpunt aantrekkelijk al zijn twee beweegbare bruggen wel een potentiële hindernis.

Ondanks het geringere aantal m' dijk blijkt het een kostbaar plan te zijn.

Oppervlakte 393 ha (terreinvermeerdering incl. onrendabele zones). Kosten 433 miljoen gulden.

Variant C

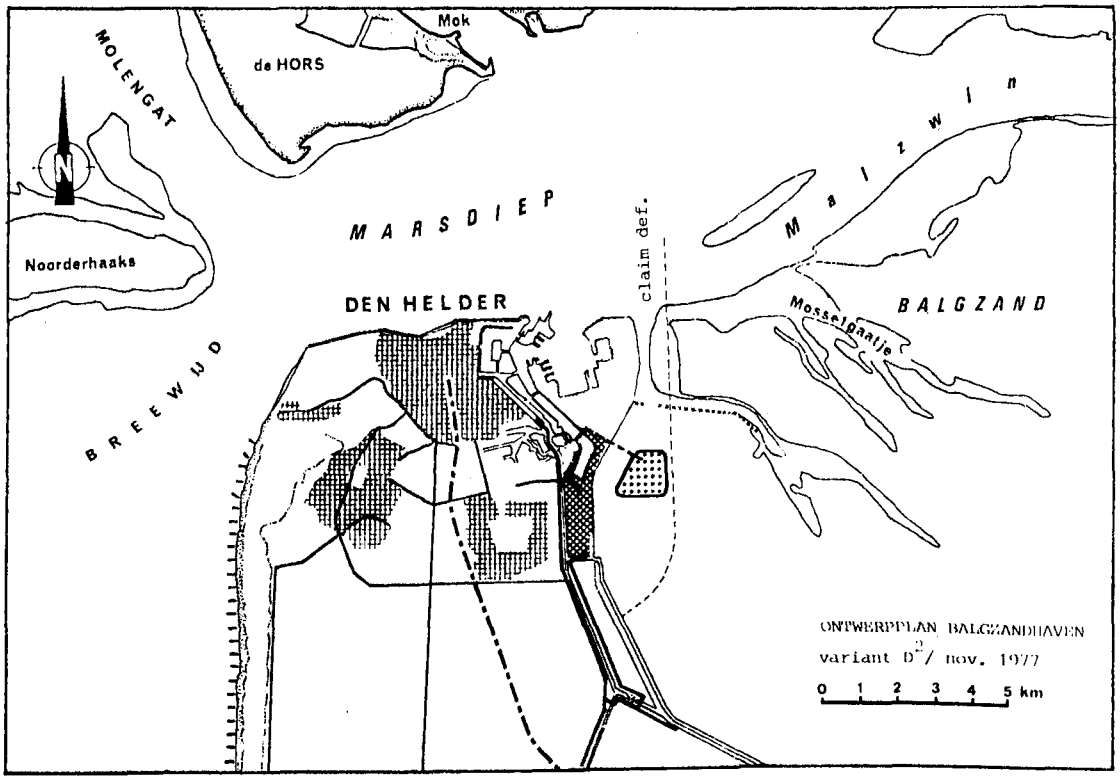
In dit ontwerp is getracht de voordelen uit beide varianten A en B te combineren, te weten:

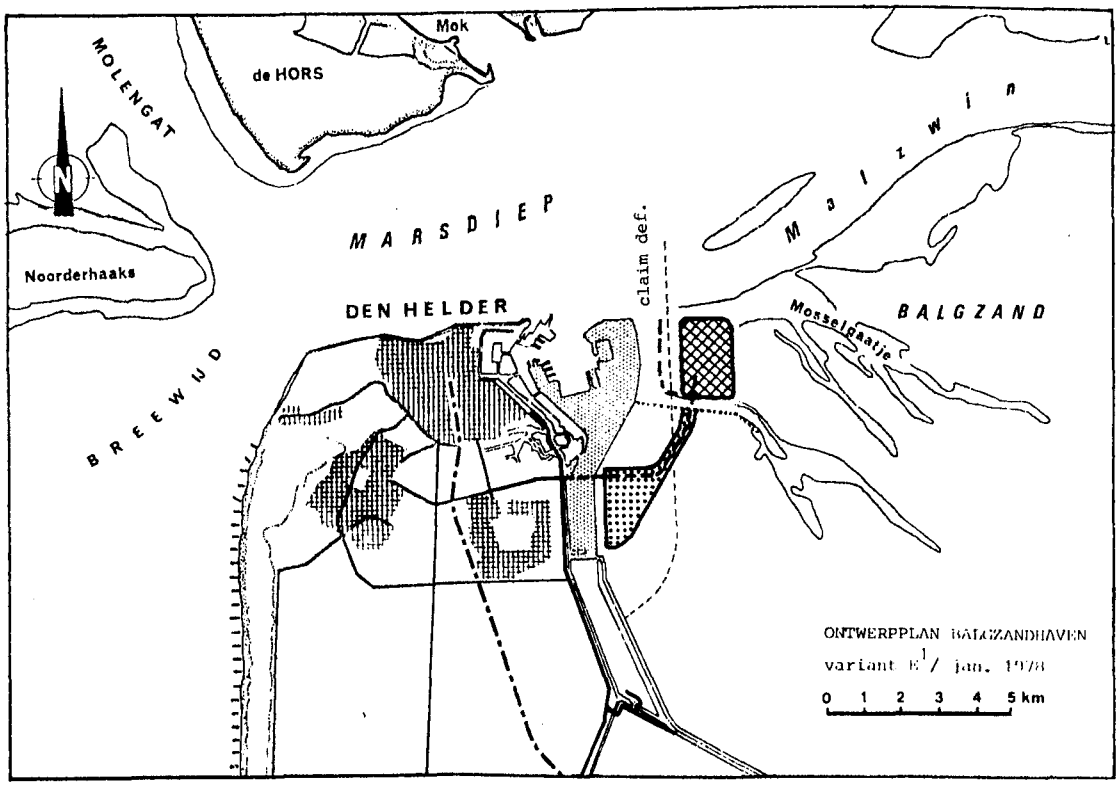
a. Zoveel mogelijk onafhankelijke ligging van de marine.
b. Goede landverbinding via Ravelijnweg.
c. Havenbekken alleen verbonden met Malzwin; geen verbinding met Balgzandgeulen.
d. Geulen Balgzand grotendeels gehandhaafd met uitzondering van de geul ten noorden van de stenen dam.
e. In de eerste fase een apart munitie-eiland en verhuizing van de munitie-opslag vanuit "Het Kuitje" hier naar toe waardoor in de eerste fase reeds 45 ha (bruto) haventerrein beschikbaar komt.
f. Geen problemen te verwachten met lozing vanuit Amstelmeerboezem.
g. Indien gewenst kan nog een tweede landverbinding van het munitieeiland met het industrieterrein Oostoever worden gemaakt.
h. Mocht daaraan behoefte zijn dan kan de 2e fase gemakkelijk nog wat gewijzigd worden.

Oppervlakte 288 ha (terreinvermeerdering)
Kosten 320 miljoen gulden.

Variant D 1

In wezen is deze variant niets anders dan fase I van variant C. Bij de uitwerking hiervan is de vorm en de plaats van het munitieeiland enigszins gewijzigd.


Mok
de HORS
MOLENGAT
N
Noorderhaaks
MARSDIEP
claim def.
Malzwin
DEN HELDER
Mosselgatje
BALGZAND
BREEWIJD
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant D2 / nov. 1977
0 1 2 3 4 5 km


Mok
de HORS
MOLENGAT
N
Noorderhaaks
MARSDIEP
claim def.
Malzwin
DEN HELDER
Mosselgatje
BALGZAND
BREEWIJD
ONTWERPPLAN BALGZANDHAVEN
variant E1 / jan. 1978
0 1 2 3 4 5 km

Verder is teneinde meer kadelengte te krijgen het Nieuwe Diep verlengd in zuidelijke richting afgebogen en voorzien van een zwaaikom. Een extra insteekhaven in zuidelijke richting is daarbij nog mogelijk.

Om naast het doorgetrokken Nieuwe Diep nog voldoende terreinen etc. te kunnen realiseren is de zeewering over een beperkte lengte in oostelijke richting verlegd.

Hoewel door de hoge kosten van uitplaatsing van werkplaatsen en munitiedepôts deze variant weinig reëel lijkt bezit ze twee belangrijke voordelen.

a. Een munitie-eiland kan na eenmaal te zijn aangelegd als nagenoeg milieu-vriendelijk worden beschouwd en heeft ook een zekere afschermende werking tegen verdere activiteiten op het Balgzand, althans het zuidelijk deel ervan.
b. Een omklemming van de marinebasis door burgeractiviteiten wordt voorkomen althans zeker uitgesteld.

Oppervlakte 71 ha nieuw terrein.
Kosten ca. 170 miljoen gulden.

Variant D 2

Nadat aan het Ministerie van Defensie was gevraagd wat een verplaatsing van het munitie-terrein zou gaan kosten en hiervoor een globale opgave was verkregen is daarbij een tekening vervaardigd waarbij geen vergroting van het munitie-terrein is voorzien.

Voor het overige zie variant D 1.
Kosten ca. 150 miljoen gulden.
Oppervlakte ca. 45 ha.

Variant E 1

De E varianten zijn ontwikkeld nadat uit het vorderende economische onderzoek duidelijk was dat slechts aan een beperkte havenontwikkeling moet worden gedacht.

Ook E 1 heeft de mogelijkheid van een fase I met een apart munitieeiland, zij het dat daarbij tevens gedacht is aan de mogelijkheid van slechts gedeeltelijke uitplaatsing van "Het Kuitje" bijvoorbeeld alleen ten behoeve van een landverbinding welke als een"korridor" dwars door "Het Kuitje" loopt naar de Ravelijnweg.

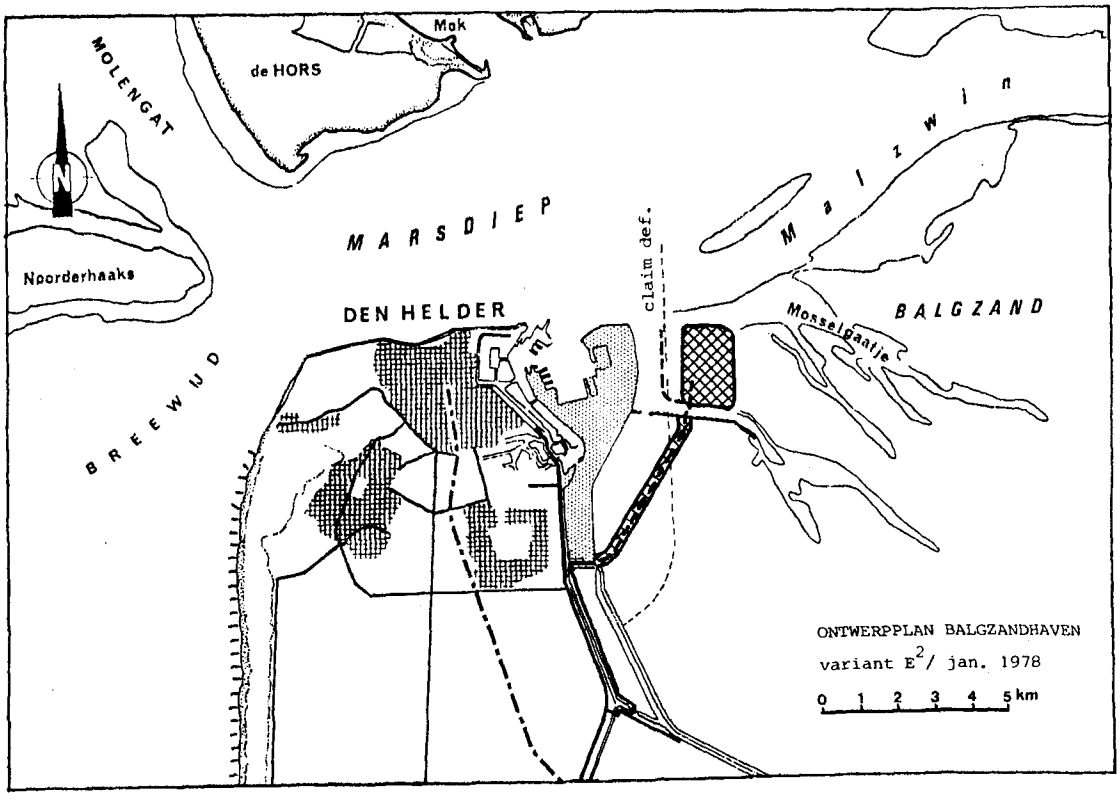
Het bezwaar van deze variant is dat een hoeveelheid terreinen ontstaat waarop slechts beperkt burgerfuncties kunnen worden gerealiseerd. De scheiding met de marine-activiteiten is minder consequent, hetgeen wederom uitgebreid overleg vergt.

Wel zijn de Balgzandgeulen en de lozing van de Amstelmeerboezem ontzien. Het havenbekken is door een havendam afgeschermd gedacht van de Balgzandgeulen.

Uitbreidingen zijn met betrekkelijk lage kosten te bereiken.
Oppervlakte 270 ha nieuw terrein.
Kosten ca. 250 miljoen gulden, zeer globaal geraamd inclusief volledige uitplaatsing van "Het Kuitje".

Variant E 2

Indien de verhuizing van munitie-opslagterreinen toch op bezwaren zou stuiten en een zoveel mogelijk buiten de defensie-activiteiten gelegen havenontwikkeling van beperkte omvang gewenst is dan is de hier geteken-



de variant de aangewezen oplossing. Alleen de verbindingsdam naar het industrieterrein Oostoever loopt door de defensie-claim heen.

Een nadeel is de wat minder goede verbinding met de stad Den Helder.

Het noordelijk deel van het plan is gelijk aan E 1. De opmerkingen bij het vorige plan inzake geulen, zoetwaterlozing en havenbekken gelden ook hier.

De bruggen zijn ook hier als duikers uitgevoerd. (zie variant A).

Oppervlakte 96 ha.

Kosten 133 miljoen gulden.

Tot slot

Als meest reële alternatieven komen voor verdere studie in aanmerking D 2, E 1 en E 2.

Dienst Openbare Werken
Den Helder