

Kees Dijkema

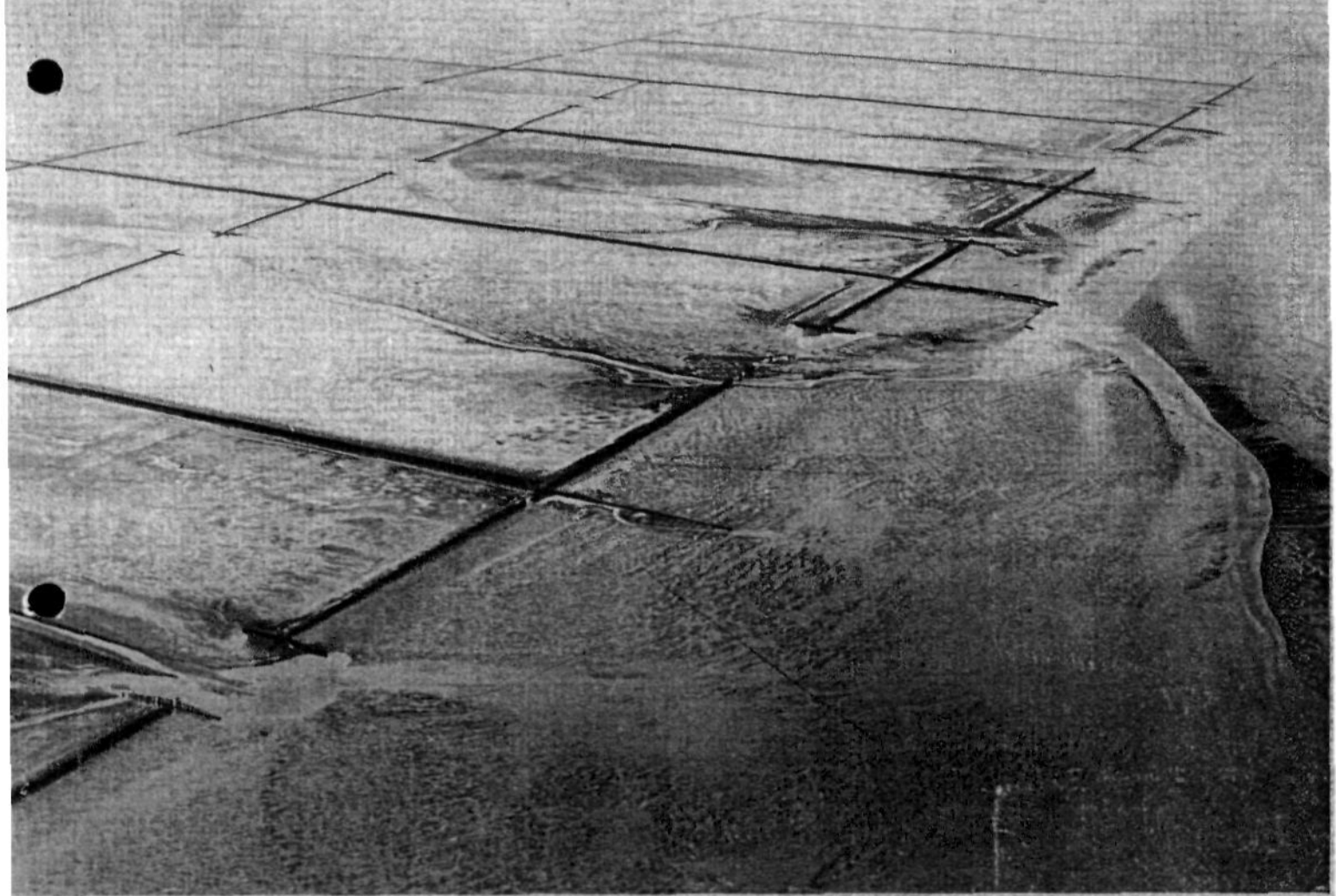
1510-270

Cumulatie van ecologische effecten in de Waddenzee

K.S. Dijkema

N. Dankers

W. J. Wolff



Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Arnhem, Leersum en Texel

CUMULATIE VAN ECOLOGISCHE EFFECTEN IN DE WADDENZEE

K.S.Dijkema, N.Dankers & W.J.Wolff

Verslag van een onderzoek uitgevoerd in
opdracht van de Rijksplanologische Dienst
en de Stuurgroep Waddenzeeprovincies

RIN-rapport 85/13

Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Texel

1985

VOORWOORD

Het is tot nu toe in Nederland min of meer gebruikelijk de effecten op het milieu van een nieuwe activiteit of ontwikkeling geïsoleerd van de effecten van andere, reeds bestaande of tegelijkertijd geplande activiteiten of ontwikkelingen te beschouwen. Tegelijkertijd is het iedereen duidelijk dat deze beschouwingwijze niet correct is. Dat wordt ook verwoord in de tekst van de Planologische Kernbeslissing Waddenzee, waar gesteld wordt dat rekening moet worden gehouden "met het cumulatief effect van de activiteiten". Helaas is dit tot nu toe niet gebeurd, omdat een goede methode hiervoor ontbrak.

Het nu voorliggende rapport is het resultaat van een opdracht van de Rijksplanologische Dienst en de Stuurgroep Waddenzeeprovincies aan het Rijksinstituut voor Natuurbeheer om het begrip "cumulatie van effecten" te verkennen en te omschrijven, zodat aanknopingspunten voor het beleid t.a.v. de Waddenzee beschikbaar zouden komen.

De studie werd uitgevoerd door Drs. K.S. Dijkema, Dr. N. Dankers en Dr. W.J. Wolff met ondersteuning van verschillende andere RIN-medewerkers.

Met dank wordt gewag gemaakt van de steun die tijdens de studie werd ondervonden van de begeleidingscommissie die voor dit project was ingesteld.

De Directie

INHOUD

0. SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	8
1.1 Aanleiding tot en belang van het voorgestelde onderzoek	8
1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek	9
1.3 Uitvoering van het onderzoek	9
1.4 Opbouw van het rapport	11
2. PROBLEEMANALYSE	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Mogelijke vormen van cumulatie van effecten	13
2.3 Werken met matrices	15
2.4 Peiljaar	17
2.5 Indicatoren voor cumulatie van effecten	18
2.6 Kwantitatief onderzoek	19
3. DEFINITIES	21
4. EEN THEORETISCHE BENADERING VAN CUMULATIE VAN EFFECTEN	24
4.1 Effecten van ingrepen	24
4.2 Cumulatie van effecten van gelijksoortige ingrepen op verschillende plaatsen	28
4.3 Cumulatie van effecten van gelijksoortige ingrepen op dezelfde plaats	32
4.4 Cumulatie van effecten van verschillende ingrepen op verschillende plaatsen	34
4.5 Cumulatie van effecten van verschillende ingrepen op dezelfde plaats	35
4.6 Kritische grenzen?	36
5. ORDENING VAN INGROPEN EN ECOLOGISCHE EFFECTEN	38
5.1 Inleiding	38
5.2 Matrices	38
5.3 Overzicht van beschrijvingen van effecten	49

6. CUMULATIE VAN MILIEU-EFFECTEN IN DE WADDENZEE?	63
6.1 Opsporen en beschrijven van cumulatie	63
6.2 Voorbeelden van het optreden van cumulatie van effecten nader uitgewerkt	66
6.3 Kritische beschouwing van de verschillende benaderingen	76
7. INDICATOREN VAN CUMULATIE?	79
7.1 Inleiding	79
7.2 Mogelijk gebruik van indicatoren om cumulatie van effecten op te sporen	80
7.3 Eisen te stellen aan bruikbare indicatoren	81
7.4 Voorstel voor een aantal indicatoren	82
8. HET BELANG VAN HET BEGRIP CUMULATIE VOOR HET BELEID	84
8.1 Inleiding	84
8.2 Vergelijking van nieuwe ingrepen met gelijksoortige ingrepen	85
8.3 Versterking van effecten door combinatie van ongelijksoortige ingrepen?	86
8.4 Beperking van effecten van nieuwe ingrepen	87
8.5 Voorspellen en opsporen van cumulatie van effecten	88
9. GEWENST VERDER ONDERZOEK	89
10. LITERATUUR	91

0. SAMENVATTING

In deze studie wordt aan het begrip "cumulatief effect" uit de PKB-Waddenzee een concrete inhoud gegeven. Hiermee is de ongrijpbaarheid van het begrip deels te niet gedaan en is het hanteerbaar gemaakt voor het beleid.

We spreken van cumulatie van effecten als de effecten van verschillende ingrepen zich tegelijkertijd voordoen. Er wordt een methodiek opgebouwd om de onderlinge beïnvloeding van ingrepen in de Waddenzee en de cumulatie van hun effecten na te kunnen gaan. Deze methodiek is voor elke gewenste uitgangssituatie (peiljaar) toepasbaar.

Het is gebleken dat cumulatie van effecten in vele vormen voorkomt. Ingrepen en hun effecten kunnen cumuleren over een lange periode (tot nu toe) of op dit moment. In beide gevallen kan het om één type ingreep en effect gaan of om verschillende typen ingrepen en effecten. In al deze gevallen kunnen de ingrepen en hun effecten in één bepaald gebied of in meerdere gebieden worden beschouwd. Cumulatie van effecten kan de vorm aannemen van optelling, aftrekking, versterking, verzwakking of beperking van de afzonderlijke effecten.

In een theoretische verkenning van menselijke ingrepen en hun ecologische effecten in het waddengebied komt naar voren dat de cumulatie van effecten in de meeste gevallen kan worden beschreven door optelling. Alleen in het geval van cumulatie van effecten van ongelijksoortige ingrepen in hetzelfde gebied is versterking of verzwakking van de effecten mogelijk, doordat de respons op de ene ingreep wordt gewijzigd door de invloed van de andere ingreep. Meestal onttrekt dit type van cumulatie van effecten zich nog aan ons inzicht en lopen we de kans te worden geconfronteerd met onvoorspelbare ontwikkelingen.

In een serie matrices wordt een overzicht gegeven van de mogelijke interacties tussen ingrepen en ecologische aspecten van de Waddenzee. De belangrijkste literatuur wordt besproken. Op grond van de duur en de frequentie van de interacties, de grootte van het beïnvloede gebied en de herstelduur na beëindiging van de ingreep blijken indijkingen en andere waterbouwkundige werken alsmede lozingen van olie en systeemvreemde stoffen de ernstigste effecten

te hebben. Door regulerende maatregelen wordt verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden in veel gevallen beperkt gehouden. Dit is in mindere mate het geval bij militaire activiteiten en kleine luchtvaart.

Aan de hand van enkele voorbeelden wordt nagegaan hoe cumulatie van effecten in het waddengebied kan worden opgespoord en gekwantificeerd. Het blijkt dat opsporen het beste gaat met behulp van kaarten en kwantificeren met behulp van een matrix. Bij een eenvoudig voorbeeld (de effecten van indijking op de omvang van kwelders) leidt deze benadering tot duidelijke beleidsconclusies. Bij een ingewikkelder voorbeeld (de effecten van alle ingrepen in een bepaald gebied op de bodemfauna) kan wel een methodiek worden ontwikkeld, maar voor de uitwerking zijn nog onvoldoende gegevens over de effecten van de afzonderlijke ingrepen beschikbaar.

In de gevallen waarbij cumulatie van effecten bepaald wordt door optellen van de effecten van de afzonderlijke ingrepen kan deze worden voorspeld. De voorspelling dient te worden gecontroleerd door middel van indicatoren. Indien de mogelijkheid van versterking of verzwakking van effecten aanwezig is (bij ingrepen met ongelijksoortige effecten) zal cumulatie van effecten echter nauwelijks zijn te voorspellen. Het beleid kan dan kiezen uit het achterwege laten van nieuwe ingrepen met min of meer permanente effecten of het achteraf opsporen van cumulatie door middel van indicatoren, waarna zonodig maatregelen worden genomen om de ingreep terug te draaien. Er wordt een aantal indicatoren voorgesteld, waarvan verwacht mag worden dat ze bruikbaar zijn bij de bewaking van de kwaliteit van de Waddenzee als natuurgebied.

De beleidsrelevante onderdelen van de studie zijn in hoofdstuk 8 samengevat. Een belangrijke conclusie is dat nieuwe ingrepen steeds in samenhang met alle andere aan de orde zijnde ingrepen moeten worden beoordeeld. Voorbeelden, waarbij cumulatie van effecten reeds tot onrustbarende resultaten heeft geleid zijn de lage stand van de zeehondenpopulatie, de biologische armoede van het Eems-Dollardestuarium en het zeer geringe areaal aan kwelders. Waterverontreiniging bergt het grootste gevaar van versterking van effecten in zich, en komt het eerst in aanmerking om door sanering de kans daarop te verminderen.

Tenslotte wordt aangegeven welke studies nog noodzakelijk zijn

om meer greep op het verschijnsel cumulatie van effecten te krijgen. Daarbij zijn de ontwikkeling van een systeem van indicatoren en voortzetting van het onderzoek naar ingreep-effect relaties de voornaamste.

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding tot en belang van het voorgestelde onderzoek

De aanleiding tot het hier gerapporteerde verkennende onderzoek is de wens om het begrip "cumulatief effect" uit de PKB-Waddenzee in te vullen.

In het kader van het Waddenzeebeleid is het verschijnsel "cumulatie van effecten" voor het eerst geïntroduceerd via het begrip "cumulatief effect", dat in de afwegingsparagraaf van de PKB-Waddenzee (Regeringsbeslissing, par. 2.4) wordt genoemd als één der criteria voor het beoordelen van activiteiten: "Bij de toetsing wordt eveneens rekening gehouden met het cumulatief effect van de activiteiten". In PKB-Waddenzee wordt dit begrip niet gedefiniëerd. Klaarblijkelijk is ermee bedoeld op de gezamenlijke effecten op het milieu van (alle) activiteiten in de Waddenzee. Dat houdt de mogelijkheid in dat het begrip "cumulatief effect", - dat in dit rapport om taalkundige redenen verder met "cumulatie van effecten" zal worden aangeduid (het gaat namelijk niet over een nieuw soort milieu-effect)- , verschillend is en moet worden benaderd.

Door Tweede-Kamerleden is bij de behandeling van de Nota beleidsbeslissingen Waddengebied op 20 februari 1984 nadrukkelijk gevraagd om cumulatie van effecten in de beschouwingen te betrekken. De Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne is hierop uitgebreid ingegaan en heeft toegezegd bij de volgende Memorie van Toelichting op zijn begroting te zullen proberen enige indicatie te geven van hoe ver hij met het denken hierover is gevorderd. In het hoofdstuk 3 "Cumulatie van effecten" van de notitie over "De uitwerking van de PKB-Waddenzee", die als bijlage bij de Memorie van Toelichting bij de begroting van VROM 1985 is gevoegd, wordt deze indicatie gegeven. Nadere studie van het vraagstuk hoe men bij de voorbereiding van beleid met cumulatie van effecten rekening kan houden wordt in die notitie echter gewenst geacht. In de Interprovinciale Structuurschets Waddenzee wordt eveneens het belang van onderzoek naar cumulatie van effecten voor het provinciale beleid t.a.v. de Waddenzee aangegeven.

In de reguliere besprekingen van de Minister van VROM met een

delegatie van de Voorlopige Waddenadviesraad is het onderwerp "cumulatie van effecten" enkele malen aan de orde geweest. Ook daarbij is de behoefte aan nader onderzoek herhaaldelijk vastgesteld en heeft de Minister de toezegging gedaan nadere studie te laten verrichten. Het hier gerapporteerde onderzoek strekt ertoe de toezeggingen van de Minister gestand te doen. Het onderzoek had een verkennend en deels ook globaal karakter.

1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek

De probleemstelling van het hier gerapporteerde onderzoek was dat de verschillende ingrepen in de Waddenzee afzonderlijk plegen te worden beoordeeld op hun effecten voor het milieu en dat geen systematiek voorhanden is om hun onderlinge beïnvloeding en de cumulatie van hun effecten na te gaan. Het gelijktijdig aanwezig zijn van effecten op verschillende plaatsen, dan wel de gelijktijdige aanwezigheid en/of de opeenvolging van effecten op dezelfde plaats kan tot grotere of kleinere beïnvloeding leiden dan de afzonderlijke effecten doen vermoeden.

Het onderzoek had tot doel om:

- a) het begrip "cumulatie van effecten" te verkennen en te omschrijven;
- b) indicatoren voor de kwaliteit van de Waddenzee te selecteren, die in het bijzonder onderhevig zijn aan cumulatie van effecten;
- c) de effecten van activiteiten in het Waddengebied met behulp van de verspreid beschikbare gegevens zodanig in kaart te brengen (letterlijk en figuurlijk) dat in de (politieke) besluitvorming beter dan nu met de cumulatie daarvan rekening kan worden gehouden.

1.3 Uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek werd uitgevoerd door Drs. K.S. Dijkema, Dr. N. Dankers en Dr. W.J. Wolff, allen verbonden aan de afdeling Estuariene Ecologie van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Tijdens het onderzoek werd(en delen van) het rapport doorgenomen en becommentarieerd door de volgende medewerkers van het RIN: Drs.

J. Wiertz, Dr. H.J.P. Eysackers, Dr. P.J.H. Reijnders en Drs. C.J. Smit.

Ook de begeleidingscommissie had een werkzaam aandeel in de ideeënontwikkeling. Deze commissie was als volgt samengesteld:

leden namens de opdrachtgevers

Rijksplanologische Dienst : ir. M.C. in 't Anker
(voorzitter)
idem : drs. A. Littel
(projectcoördinator)

Stuurgroep Waddenzee-
provincies : ing. G. Renkema

lid namens de opdrachtnemer

Rijksinstituut voor
Natuurbeheer: dr. W.J. Wolff

leden als deskundige of adviseur

Ministerie van Landbouw en
Visserij, Consulentschap
voor Natuur, Milieu en
Faunabeheer: drs. J. de Vlas

Voorlopige Waddenadviesraad: ir. Th. Sleijfer

Rijksplanologische Dienst, : ir. H. Wardenaar
thans Inspectie van de
Volksgezondheid voor de
hygiëne van het milieu
voor Zuid-Holland

Rijkswaterstaat (RIZA) : dr. K. Essink

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt getracht het probleem van de cumulatie van effecten nader te analyseren. De poging tot oplossing van het probleem begint met een aantal definities (hoofdstuk 3), gevolgd door een theoretische verkenning van menselijke ingrepen en hun ecologische effecten in het waddengebied (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 geeft een analyse en een ordening van de waargenomen en/of te verwachten ecologische effecten met een aanduiding waar in de literatuur nadere informatie is te vinden. Hoofdstuk 6 gaat, mede aan de hand van enkele uitgewerkte voorbeelden, in op de vraag of cumulatie van effecten zich in het waddengebied voordoet en zo ja, hoe die kan worden opgespoord. In hoofdstuk 7 wordt daarna aangegeven welke indicatoren gebruikt zouden kunnen worden om cumulatie van effecten te onderkennen. Het belang van het begrip cumulatie voor het beleid wordt tenslotte samengevat in hoofdstuk 8, waarna in hoofdstuk 9 enkele suggesties worden gegeven voor voortgezette studie.

2. PROBLEMANALYSE

2.1 Inleiding

Stel dat 100 jaar geleden in Noordwest-Europa had moeten worden beslist over de vraag "moet de Rijn gebruikt gaan worden voor het lozen van afval en koelwater van de te ontwikkelen industrie", dan was het verstandig geweest om de gevolgen voor het milieu van een eventuele positieve beslissing overzichtelijk op een rijtje te zetten. Als gevolgen hadden dan genoemd moeten worden:

- Bijna alle vis in de Rijn gaat dood door zuurstofgebrek;
- De nog overlevende vis in enkele relatief schone delen van de delta wordt oneetbaar, doordat de smaak verslechtert, of omdat hij zo verontreinigd is dat hij niet meer verkocht mag worden;
- Het water uit de rivier kan niet meer gedronken worden;
- Het slib dat in de havens bezinkt, kan niet meer gebaggerd en in zee gestort worden, maar moet zorgvuldig worden opgeslagen;
- De verontreiniging zet zich door langs de kust van de Noordzee, in de Zuiderzee en de Waddenzee, zodat daar de zeehonden en bruinvissen zich niet meer voort kunnen planten.

Ongetwijfeld zou de uitslag van de beslissing negatief zijn geweest. Die afweging is echter nooit gemaakt. We weten nu wat er gebeurd is. Door talloze onafhankelijke beslissingen door lokale overheden, bedrijven en individuen werden in de Rijn nagenoeg vanaf de bron allerlei stoffen geloosd. Zelfs als elke lozing kritisch was bestudeerd, zou de invloed op enige afstand van het lozingspunt niet of nauwelijks meetbaar zijn geweest, en eventuele ecologische effecten zouden onmeetbaar zijn geweest tegen de "natuurlijke" achtergrondfluctuaties. De "natuurlijke" toestand op een bepaalde plaats wordt daardoor afhankelijk van de invloeden, die bovenstrooms op het systeem inwerken.

Dit idee van kleine beslissingen met grote gevolgen is door de econoom Kahn (1966) de tirannie van kleine beslissingen genoemd. Door Odum (1982) is het verder uitgewerkt voor milieuzaken.

Met het vorenstaande is één van de voorbeelden van de cumulatie

van effecten geschetst. Andere voorbeelden liggen voor het opscheppen: zure regen, het verdwijnen van de hoog- en laagveenmoerassen, het verdwijnen van de "woeste" grond, enzovoort.

2.2 Mogelijke vormen van cumulatie van effecten

Dat cumulatie van effecten optreedt is duidelijk. Het is nu belangrijk om aan te geven hoe hier van tevoren rekening mee gehouden kan worden opdat we niet vervallen in de tirannie van de kleine beslissingen. In de eerste plaats is het noodzakelijk dat er goede definities van de te gebruiken termen komen. Dit zal in hoofdstuk 3 behandeld worden. Een tweede belangrijk aspect is dat cumulatie op kan treden op een bepaald moment of over een lange periode, en dat één of meerdere soorten effecten in het geding kunnen zijn. Het volgende schema (Fig. 1) geeft deze mogelijkheden.

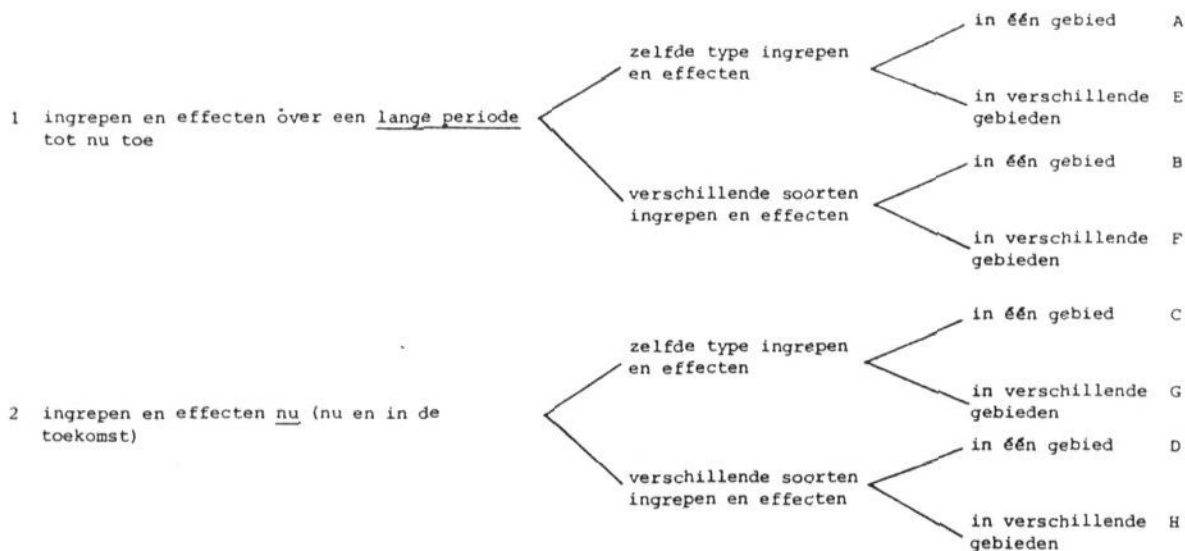


Fig. 1. Verschillende vormen waarin cumulatie kan optreden. De categoriën die genoemd worden bij de verschillende letters worden in alfabetische volgorde in de tekst besproken.

Uit Fig. 1 blijkt reeds dat het bestuderen van het eventueel optreden van cumulatie een ingewikkelde bezigheid is en dat met

allerlei ingrepen en effecten rekening gehouden moet worden. Als we uitgaan van ingrepen en effecten in een bepaald gebied (b.v. de westelijke Waddenzee) is er een viertal manieren waarop effecten kunnen cumuleren.

Ingrepen kunnen plaatsvinden verspreid over een lange periode (1). Het kunnen ingrepen zijn van hetzelfde type (A), zoals het elke paar jaar weer inpolderen van een stukje Waddenzee, het elk jaar weer wat dieper maken van een toegangseul, het elk jaar weer verhogen van de lozing van organisch materiaal enz. Van elk type ingreep kunnen de effecten beschreven worden en een soort optelsom kan aangeven wat het totale effect van al die ingrepen op dit moment is. Op de mogelijkheden of onmogelijkheden van gewoon optellen wordt later nog teruggekomen.

Het wordt al wat ingewikkelder als we naar mogelijkheid B kijken. Dan gaan we uit van verschillende typen ingrepen waarvan de effecten bij elkaar gevoegd moeten worden. In eerste instantie zal voor een gebied per type ingreep het totale effect beoordeeld zijn (A), maar het bijvoegen van de verschillende soorten effecten zal dikwijls moeilijk zijn. Er zal nagegaan moeten worden of het mogelijk is om bijvoorbeeld de effecten van het totale oppervlak verdwenen kwelders te voegen bij de effecten van de totale belasting van PCB's in bodemorganismen uit het getijdegebied.

Als A en B opgelost kunnen worden, weten we wat de cumulatie van effecten tot op dit moment is en hebben we een uitgangssituatie voor het bestudeerde gebied (1). Dan kan geïnventariseerd worden welke ingrepen momenteel plaatsvinden of in de nabije toekomst gepland zijn (2). Ook hier kan weer gekeken worden naar één type ingreep en effect (C), bijvoorbeeld aantasting van het wadecosysteem door exploitatie van gasvelden of aanleg en onderhoud van kunstmatige vaargeulen of transportleidingen enz. Ook hier kunnen de effecten in principe weer bij elkaar gevoegd worden. Het wordt weer ingewikkelder als we uitgaan van het gelijktijdig optreden van verschillende soorten ingrepen en effecten (D). Dan moet het totale effect van bijvoorbeeld de verstoring gevoegd worden bij het totale effect van de verontreiniging, het totale effect van gebiedsverliezen enz.

Als alle voorgaande vragen beantwoord zouden zijn, zouden we dus een redelijk beeld moeten hebben van het ecosysteem op dit moment

en de invloeden die er op inwerken, ingewerkt hebben of zullen inwerken. Het wordt weer ingewikkelder als we de ingrepen en effecten buiten ons gekozen deelgebied bij de beschouwing betrekken. Ook hier moet weer onderscheid gemaakt worden tussen de effecten van één type ingreep (E,G), of van verschillende soorten ingrepen (F,H). Als ons te bestuderen deelgebied de westelijke Waddenzee is en we kijken naar bijvoorbeeld de ingrepen die als effect verstoring van vogels hebben, kan het zijn dat een verstoring van vogels in bijvoorbeeld de Duitse Waddenzee het uiteindelijk verstoringseffect binnen ons deelgebied beïnvloedt (G). Theoretisch gezien zou verstoring in Duitsland tot effect kunnen hebben dat vogels naar de Nederlandse Waddenzee toe komen waardoor hier de dichtheid groter wordt en dus de verstoringsskansen toeneemt, de hoeveelheid beschikbaar voedsel per vogel afneemt enz. Zodra we te maken krijgen met de effecten van verschillende soorten ingrepen, zoals bijvoorbeeld de effecten van inpolderingen in Duitsland en de effecten van gedragsverstoringen in ons deelgebied (H), kunnen de relaties nog veel ingewikkelder liggen.

2.3 Werken met matrices

Uit de voorgaande beschrijving is duidelijk dat het beschrijven van cumulatie een ingewikkeld geheel is. In deze studie zal in de eerste plaats nagegaan moeten worden hoe de hiervoor genoemde mogelijkheden in een gedachtensysteem ondergebracht kunnen worden.

De Waddenzee moet gezien worden als een natuurgebied, dat een aantal functies voor de samenleving moet kunnen vervullen. Elke functie heeft invloed op een aantal ecologische parameters (aantal individuen van een soort, biomassa, zuurstofgehalte, nutriëntengehaltes enz.), maar ook op de vervulling van andere functies. De veranderingen in deze functies hebben dan weer invloed op de ecologische parameters. Deze onderlinge beïnvloedingen kunnen gerangschikt worden in een aantal matrices, maar een multidimensionale matrix wordt zo onoverzichtelijk, dat een koppeling van alle elkaar beïnvloedende parameters waarschijnlijk alleen met behulp van een computer mogelijk zal zijn. In hoofdstuk 5 zal een algemene matrix gebruikt worden om een globaal inzicht te

krijgen in de problematiek.

Met behulp van een matrix zoals bijvoorbeeld Tabel 4 in hoofdstuk 5.2 zou het mogelijk moeten zijn om de effecten per kolom bijeen te voegen en als uitkomst de cumulatie van alle effecten te hebben. Er zijn hierbij echter problemen. Zelfs als alle effecten in principe gewoon bij elkaar geteld zouden kunnen worden (additie), dan is nauwkeurigheid van de effectenvoorspelling een groot probleem. Een onnauwkeurige voorspelling van een groot effect kan alle nauwkeurig te voorspellen kleine effecten wegvagen, om maar te zwijgen van in dergelijke matrices veelvuldig voorkomende niet te voorspellen effecten, die dan vaak met p.m. aangegeven worden.

Het is ook voorstelbaar dat effecten niet gewoon opgeteld kunnen worden, omdat ze elkaar versterken (synergisme). Dit versterkende effect is bekend uit de ecotoxicologie (zie bijv. Bryan, 1984), maar duidelijke voorbeelden op populatieniveau of ecosysteemniveau zijn schaars. Een voorbeeld wordt gegeven door Dresscher (1978) en Reijnders (1980), die veronderstellen dat zeehonden door PCB's minder afweer krijgen tegen infecties. Als jonge zeehonden veel verstoord worden, kruipen ze vaker van de bank en beschadigen hun navel, hetgeen uiteindelijk dodelijke infecties tot gevolg kan hebben. Hoewel deze effecten elk op zich niet dodelijk zijn, blijkt de combinatie van PCB's en verstoring sterfte te kunnen veroorzaken.

Soms zullen effecten elkaar ook (gedeeltelijk) opheffen (antagonisme). Bijvoorbeeld, de toegenomen nutriëntenbelasting in de Waddenzee zou een sterkere groei van eencellige algen kunnen bewerkstelligen, maar een toegenomen troebeling zal dit weer kunnen opheffen doordat de hoeveelheid licht (ook nodig voor algengroei) die in het water doordringt, hierdoor beperkt wordt. Bij elkaar voegen van dit type effecten is voor een bepaald gebied nog wel mogelijk, maar de nutriënten die bij te hoge troebeling in het water aanwezig blijven, zullen wel extra groei geven zodra het slibrijke water in een rustig ander gebied komt waar het slib bezinkt. Nog duidelijker speelt dit probleem als twee ingrepen met eenzelfde soort effect elkaar qua gebied overlappen. Bijvoorbeeld een verstoring door vliegtuigen zal in een bepaald gebied een x aantal vogels laten verdwijnen. Een groep pierenstekers verstoort

een y aantal vogels in een ander gebied. De cumulatie betekent dat er $x + y$ aantal vogels verstoord worden. Als nu de pierenstekers werken in hetzelfde gebied waar de vliegtuigen verstoren, zijn er geen vogels meer om weg te jagen en blijft het verstoorde aantal x.

Het lijkt zeer moeilijk om deze problematiek in de eerdergenoemde matrices te verwerken, tenzij voor elk deelgebied een afzonderlijk matrix gemaakt wordt. Het is ook de vraag of zo'n complex geheel nog betrouwbaarder uitkomsten geeft dan het z.g. "best professional judgment" van een aantal betrouwbare specialisten. De bedoeling van deze studie is niettemin om een methode voor een objectief oordeel te ontwikkelen.

Door te werken met matrices vervalt men al snel in het z.g. dosis-effect onderzoek voor elk afzonderlijk hokje in de matrix. Dat blijft nog relatief eenvoudig zolang er sprake is van een duidelijke respons t.g.v. een ingreep. Meestal is het echter wat ingewikkelder, en is er sprake van een responsketen (Fig. 2). Met behulp van een responsketen kunnen de verschillende effecten met elkaar in verband worden gebracht. Zo kan een bepaald secundair effect veroorzaakt worden door verschillende primaire effecten, bijvoorbeeld het nutriëntengehalte kan veranderen door zowel verandering in de hydrografie als door gebiedsverlies.

2.4 Peiljaar

Wanneer effecten beschreven worden met behulp van een responsketen (met nadruk wordt er op gewezen, dat dit wat anders is dan cumulatie van effecten), wordt uitgegaan van de huidige situatie. Zoals eerder genoemd, hebben ook in het verleden al vele ingrepen plaatsgevonden en het is de vraag in hoeverre die bij het bestuderen van cumulatie moeten worden meegenomen. Er zou kunnen worden uitgegaan van een vast peiljaar (bijv. 1982, omdat toen de PKB werd vastgesteld), maar er kan ook voor gepleit worden om afhankelijk van de soort ingreep een variabel peiljaar te nemen. Bij de beoordeling van inpolderingen zou men bijv. uit kunnen gaan van het moment dat de Waddenzee zijn huidige uiterlijk kreeg (12e eeuw, voor de Dollard 16e eeuw), maar bij de beoordeling van ingrepen die het stroompatroon in de westelijke Waddenzee

beïnvloeden zou 1932 (sluiting Afsluitdijk) genomen kunnen worden. De methode die in deze studie wordt ontwikkeld, zou echter voor elk gewenst peiljaar toepasbaar moeten zijn.

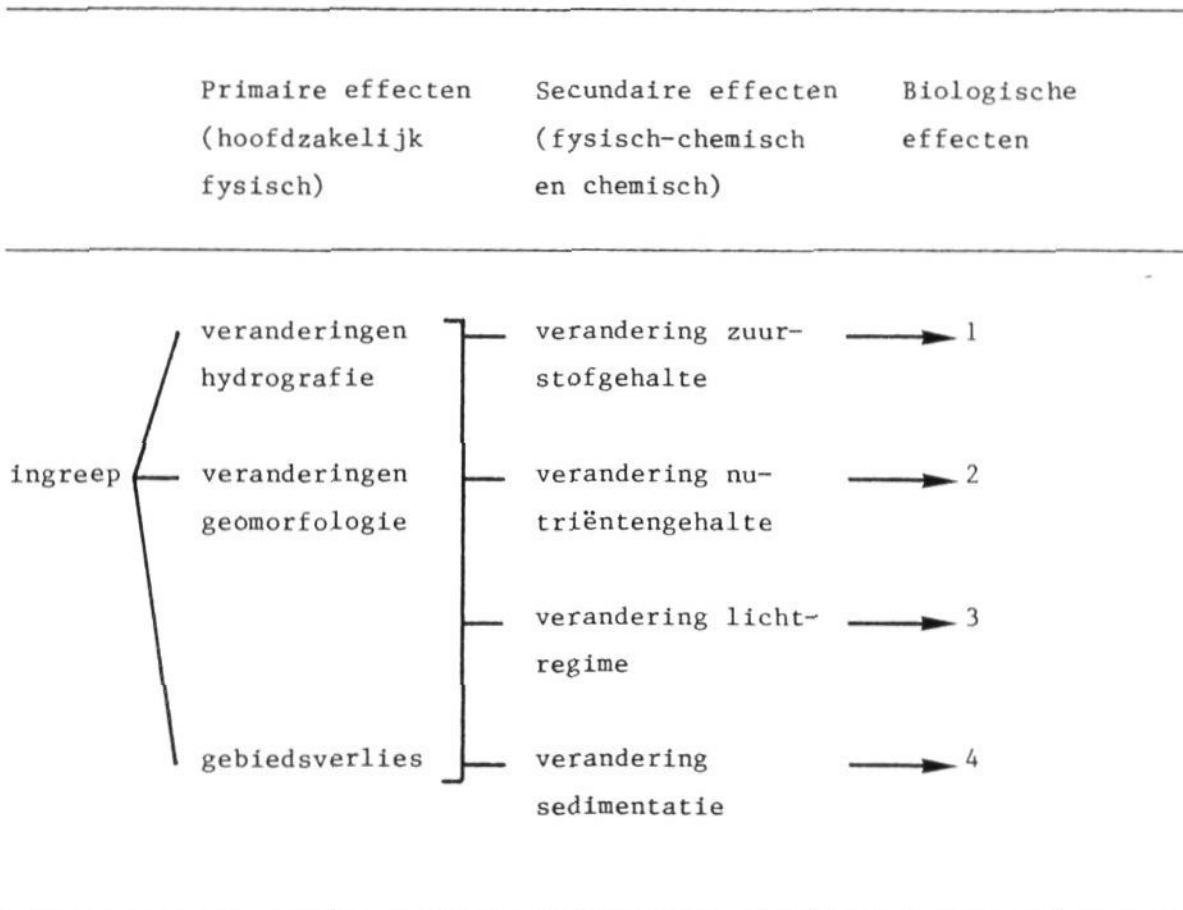


Fig. 2. Voorbeeld van een responsketen.

2.5 Indicatoren voor cumulatie van effecten

Onafhankelijk van het feit of cumulatie te voorspellen zal zijn, zou wellicht een aantal indicatoren kunnen worden gekozen die een respons geven op de cumulatie van effecten. Daarna is bijsturen achteraf wellicht nog mogelijk. Als indicatoren zullen over het algemeen soorten of ecosysteemeigenschappen moeten worden gekozen die representatief zijn voor andere soorten of eigenschappen van

het ecosysteem. Van deze soorten zal veel ecologische kennis beschikbaar moeten zijn, die ook bruikbaar zal zijn bij voorspellingen van de effecten van nieuwe ingrepen. Indicatoren geven een indruk van de toestand van het milieu. Een verkeerde ontwikkeling van de waarde van de indicatoren kan daarom gezien worden als een alarmbel voor het (eco)systeem. Verdere ingrepen zouden dan zorgvuldig afgewogen moeten worden. Bovendien kan voor elke indicator een grenswaarde worden gekozen. Zodra voor een indicator de grenswaarde is bereikt, zouden geen verdere ingrepen mogen worden toegestaan waardoor die indicator de grenswaarde zou overschrijden, resp. onderschrijden. Het vaststellen van een grenswaarde is een politieke zaak, evenals de afweging of ingrepen toegestaan kunnen worden zolang de grenswaarde nog niet is bereikt.

Als over indicatoren gesproken wordt moet uitgegaan worden van een zeer ruim begrip. Het kan bijv. gaan over het minimale zuurstofgehalte op een rustige zomernacht, het aantal zeepiëren op een vierkante meter, het vestigingssucces van mossellarven op een pvc-plaatje, de groei van schelpdieren, de concentratie van xenobiotische stoffen in een (deel van een) organisme, het oppervlak van het ongestoorde gebied, het oppervlak aan kwelders t.o.v. het getijdengebied, enz. In hoofdstuk 7 zal het onderwerp indicatoren verder worden behandeld.

2.6 Kwantitatief onderzoek

Nu komt de vraag aan de orde waar we in de toekomst naar zouden moeten streven. Een mogelijkheid is het ontwikkelen van complexe matrices en submatrices voor een aantal deelgebieden. Deze zouden in een computer met elkaar in verband gebracht kunnen worden. Als ideaal zou dan bij het invoeren van een ingreep het totale effect op het ecosysteem als resultaat voorspeld moeten worden. Hierbij kan niet aan een kwantitatief resultaat worden gedacht, maar zelfs met een kwalitatieve uitkomst zouden we al een stuk verder zijn.

In de iets verdere toekomst zou het wellicht mogelijk kunnen zijn de multidimensionale matrix te koppelen aan bestaande en eventueel te ontwikkelen mathematische ecosysteemmodellen. Deze modellen moeten dan wel in overleg ontwikkeld worden om samen met

de matrices gebruikt te kunnen worden. Bij koppeling van de matrix met de modellen zouden dan voor een aantal aspecten wat meer kwantitatieve uitspraken mogelijk kunnen zijn. Door het koppelen aan hydrografische modellen wordt een ruimtelijke dimensie ingebouwd, waardoor zichtbaar wordt dat ingrepen in een bepaald gebied effecten in een ander gebied kunnen veroorzaken. Grote beperkingen worden tot dusver echter gevormd door de gebrekkige kennis van dosis-effectrelaties en het feit dat alle bestaande ecosysteemmodellen zeer grove vereenvoudigingen van de ecologische werkelijkheid zijn.

Een andere benadering van de matrixmethode zou het wellicht mogelijk maken om bij een bepaalde ingreep als uitkomst te geven welke ingreep-effectrelaties belangrijk zijn en in een uit te voeren milieu-effectrapportage aan de orde zouden moeten komen.

3. DEFINITIES

In dit hoofdstuk wordt een aantal begrippen gedefiniëerd die in de verdere studie regelmatig weerkeren.

Elke menselijke faktor die een verandering veroorzaakt of kan veroorzaken in de omstandigheden in de Waddenzee noemen we een ingreep. Daarnaast kunnen ook veranderingen ontstaan door natuurlijke factoren, doch die worden hier buiten beschouwing gelaten.

Een ingreep heeft een begintijdstip en een eindtijdstip (tenzij de ingreep permanent is). Begin- en eindtijdstip van de ingreep bepalen samen de duur. Verder heeft een ingreep een bepaalde grootte of intensiteit en oefent hij zijn werking uit over een bepaalde oppervlakte. Duur, intensiteit en oppervlakte bepalen gezamenlijk de dosis van de ingreep.

In het waddengebied kan de dosis van een ingreep door beweging van lucht, water en dieren in een ander gebied worden toegediend dan zonder deze bewegingen het geval zou zijn geweest. Dit noemen we transport van de dosis.

In het waddengebied onderscheiden we individuen van bepaalde soorten organismen, populaties van individuen die tot dezelfde soort behoren, levensgemeenschappen die bestaan uit meerdere populaties van verschillende soorten en ecosystemen die bestaan uit levensgemeenschappen in wisselwerking met hun levenloze omgeving.

Individuen, populaties, levensgemeenschappen en ecosystemen kunnen na toediening van een bepaalde dosis van een bepaalde ingreep een respons (reactie op de ingreep) vertonen. De aard van deze respons is specifiek voor het type ingreep en voor de soort, de levensgemeenschap of het ecosysteem onder beschouwing. De grootte van de respons wordt in de eerste plaats bepaald door de dosis, maar daarnaast spelen ook bijvoorbeeld conditie en jaargetij een rol. Na beëindiging van toediening van de dosis reageren individuen, populaties, levensgemeenschappen en ecosystemen met herstel (tenzij een individu of soort is (uit)gestorven). De duur van het herstel loopt tot de oorspronkelijke toestand (of een voorgaande gemiddelde toestand) weer bereikt is. Het totaal aan responsen van verschillende soorten, levensgemeenschappen en

ecosystemen, inclusief de bijbehorende herstelprocessen, noemen we het effect van een bepaalde dosis van een bepaalde ingreep.

Ingrepen kunnen ook veranderingen veroorzaken in de abiotische factoren. Ook in dat geval zal na beëindiging van de ingreep herstel optreden door hydrografische en geomorfologische processen.

In het waddengebied kunnen verschillende ingrepen zich tegelijkertijd voordoen. Dat noemen we cumulatie van ingrepen. Tegelijkertijd kunnen zich ook de effecten van verschillende ingrepen voordoen: dat noemen we cumulatie van effecten.

Cumulatie van effecten kan verschillende vormen aannemen. De eenvoudigste zijn:

- optelling (additie) van effecten: de effecten van de afzonderlijke doses kunnen bij elkaar worden opgeteld en leveren aldus het totaal effect;
- aftrekking (substractie) van effecten: de effecten van de afzonderlijke doses kunnen van elkaar worden afgetrokken en leveren aldus het totaal effect;
- versterking (synergisme) van effecten: het totale effect is groter dan de optelling van de effecten van de afzonderlijke doses doordat de ene ingreep de respons op een andere ingreep wijzigt;
- beperking van de effecten: het totale effect is kleiner dan de optelling van de effecten van de afzonderlijke doses doordat de ene ingreep de respons op een andere ingreep wijzigt;
- beperking van de effecten: het totale effect is kleiner dan de optelling van de effecten van de afzonderlijke doses, doordat deze optelling op meer dan 100% effect uitkomt.

Een complicatie is dat de respons van één populatie etc. weer de dosis kan vormen voor de respons van een andere populatie etc. Dit noemen we een responsketen.

Een indicator is een eigenschap van het Waddengebied (bijv. aantallen van een bepaalde soort organisme) die aanwijzingen geeft

over de toestand van het wadden(eco)systeem. Een indicator moet daarom representatief zijn voor een groter aantal eigenschappen en dus op vergelijkbare wijze reageren op doses van ingrepen als die andere eigenschappen.

Een streefwaarde is de waarde van een bepaalde eigenschap van het wadden(eco)systeem die men door beheersmaatregelen tracht te bereiken.

Een grenswaarde is de waarde van een bepaalde eigenschap van het wadden(eco)systeem waarvan men door beheersmaatregelen tracht te voorkomen dat deze bereikt of overschreden wordt.

4. EEN THEORETISCHE BENADERING VAN CUMULATIE VAN EFFECTEN

4.1 Effecten van ingrepen

Het onderstaande vormt een poging het verschijnsel cumulatie van effecten theoretisch te benaderen op basis van een aantal eenvoudige aannames en hypothesen.

We beschouwen een ingreep met effecten op een homogeen over de Waddenzee verspreide eigenschap van die Waddenzee, zoals bijv. de dichtheid van strandlopers. Aangenomen wordt dat deze dichtheid overal gelijk en constant is. Fig. 3 geeft een voorbeeld van een dosis-effect relatie ten aanzien van deze eigenschap. De ingreep is bijvoorbeeld verstoring; het effect is wegvliegen van strandlopers, dus vermindering van de dichtheid.

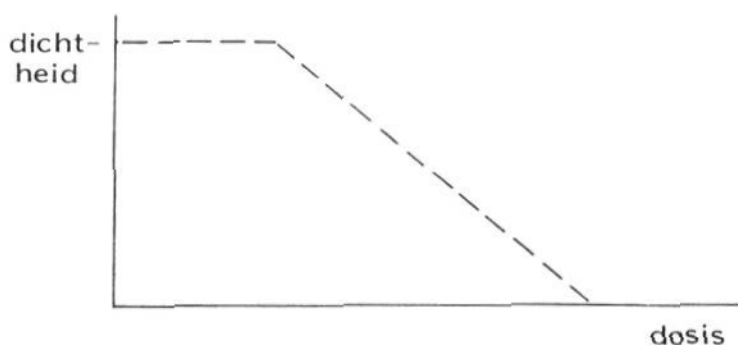


Fig. 3. De relatie tussen de dosis en het effect van een ingreep. Als voorbeeld is gegeven het effect van verstoring op de dichtheid van strandlopers.

Meestal zal de dosis eerst een bepaalde drempelwaarde moeten overschrijden voordat een effect optreedt. Vanaf dat moment treedt een (hier: lineair) toenemend effect op totdat het maximaal mogelijke effect is bereikt. Meer gebruikelijk is een weergave waarbij het effect wordt uitgedrukt als percentage van het maximaal mogelijke effect ("alle strandlopers weg") (Fig. 4).

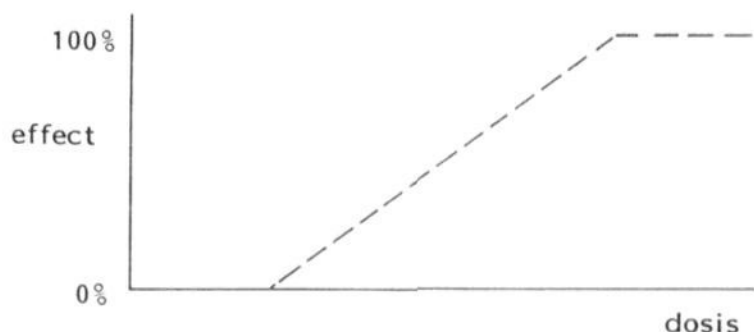


Fig. 4. De relatie tussen de dosis en het effect van een ingreep waarbij het effect is uitgedrukt in een percentage van het maximaal mogelijke effect.

Uitgaande van een ingreep op een bepaald punt (P) neemt de dosis en dus het effect af met de afstand. Aangenomen wordt dat de dosis omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand. Het effect is maximaal tot op die afstand van de ingreep waar de dosis groter of gelijk is dan de dosis die 100% effect heeft. Aangenomen wordt dat vanaf dat punt ook het effect afneemt met het kwadraat van de afstand (Fig. 5). Boven een bepaalde afstand is het effect verwaarloosbaar (bijv. kleiner dan 0.1% van het maximaal mogelijk effect). Voor homogeen over de Waddenzee verdeelde eigenschappen wordt aangenomen dat het gebied waar het effect van een bepaalde ingreep optreedt, kan worden beschreven als een cirkel rond het punt van de ingreep (Fig. 6). Op basis van het voorgaande is kwantificering van een effect op een bepaald tijdstip in principe mogelijk. Transport van doses wordt hier en in volgende paragrafen buiten beschouwing gelaten omdat dit aspect de benadering niet principiëel anders (wel moeilijker!) zou maken.

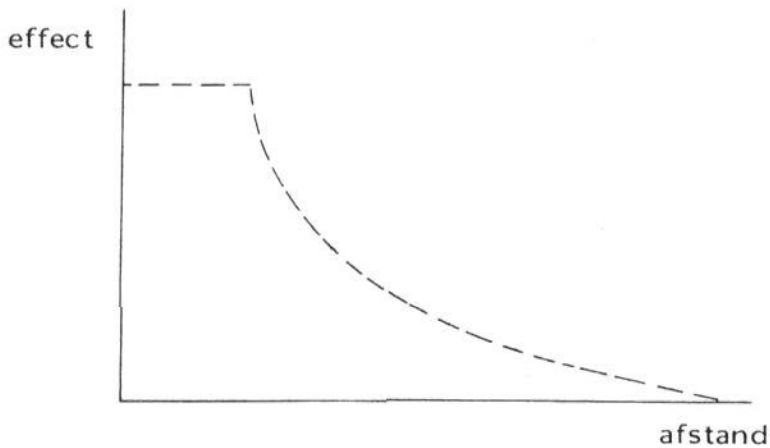


Fig. 5. Relatie tussen de afstand tot de plaats van een ingreep en de grootte van het effect van deze ingreep. In het gebied vlak bij de ingreep is het effect overall 100%.

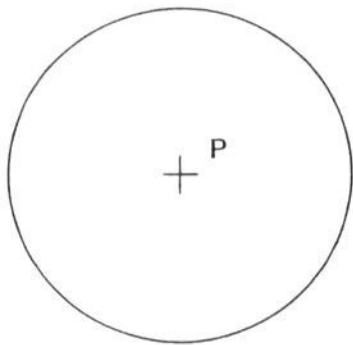


Fig. 6. Verticale projectie van het gebied waarin zich het effect van een ingreep voordoet indien de eigenschappen van het gebied waarop de ingreep effect heeft, homogeen zijn verdeeld.

Na beëindiging van de dosis zal, tenzij een individu is gestorven of een soort is uitgestorven, herstel optreden (zie bijv. Zwarts, 1972, 1974; Zegers, 1973; Rijkswaterstaat, 1981; De Vlas, 1982b; Van den Heiligenberg, 1984; Van der Veer et al., 1985). Op basis van deze en andere auteurs wordt daarom aangenomen dat dit herstel een functie is van het maximaal opgetreden effect en van de tijd die is verstreken sinds beëindiging van de dosis (Fig. 7).

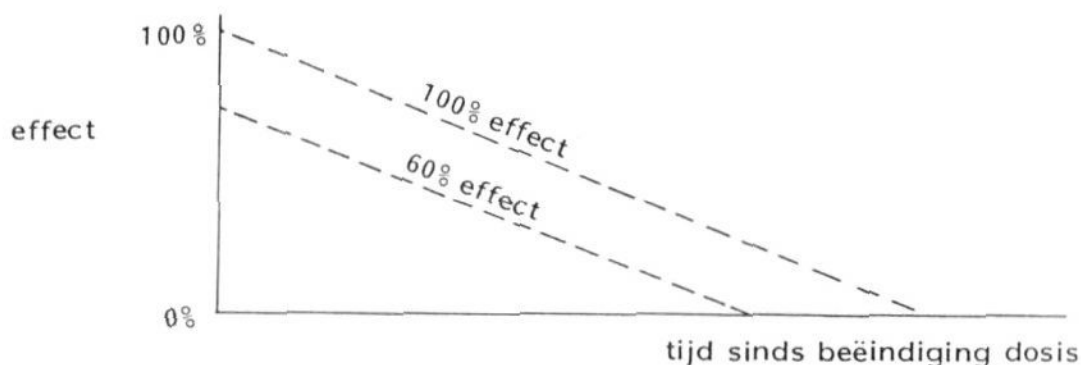


Fig. 7. Verband tussen het tijdstip waarop de dosis van een ingreep werd beëindigd en de grootte van het overblijvende effect tijdens het verloop van het herstelproces. Aangegeven zijn een dosis met een 100% effect en een dosis met een maximaal 60% effect.

We nemen aan dat de herstelsnelheid voor alle effect-percentages gelijk is (dus evenwijdige lijnen in Fig. 7). Op een plek waar het effect minder dan 100% was, is het herstel dus eerder klaar. (Meestal zal het niet om rechte lijnen gaan, doch dat heeft voor de redenering geen betekenis). Als we nu de situatie in de loop van de tijd weer in cirkels uitdrukken, ontstaat het volgende beeld van de effecten (Fig. 8). Het gebied met effecten krimpt geleidelijk in en verdwijnt op den duur geheel (zie bijv. Zwarts, 1972, 1974; Zegers, 1973). Door nu de momentane effecten op elk tijdstip te sommeren over de tijd kan ook het totale effect van de ingreep over de tijd worden gekwantificeerd (voor bonte strandlopers bijv. uit te drukken in het aantal door verstoring verloren gegane vogels x dagen = vogeldagen).

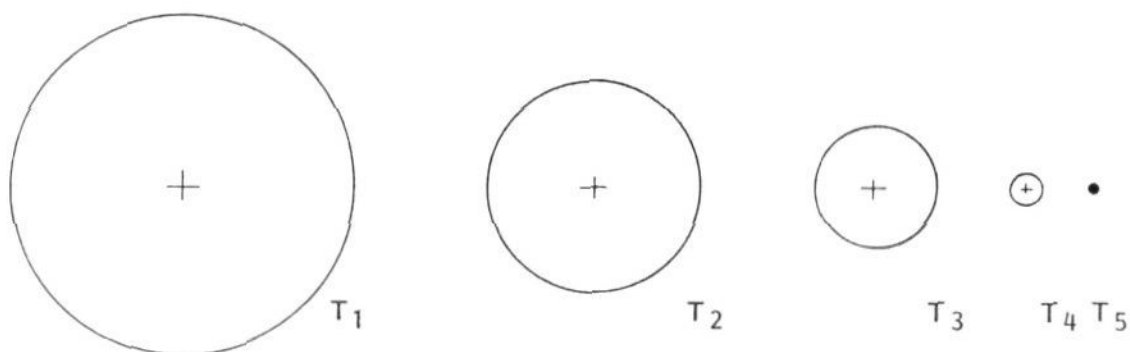


Fig. 8. Grootte van het gebied waarin nog effecten van een ingreep merkbaar zijn tijdens het voortschrijden van een herstelproces.

4.2 Cumulatie van effecten van gelijksoortige ingrepen op verschillende plaatsen

Combinaties van ingrepen

Voorlopig kijken we nog steeds naar het effect op één eigenschap van de Waddenzee, bijvoorbeeld het voorkomen van bonte strandlopers. Deze worden daarbij weer homogeen over het wad verdeeld verondersteld.

Mogelijkheid 1

Combinatie van twee dezelfde ingrepen A met dezelfde dosis D op hetzelfde tijdstip T op verschillende ver uiteen liggende plaatsen P en Q (Fig. 9). Beide doses hebben een effect dat in beide gevallen ruimtelijk beperkt (de cirkel in Fig. 9) en even groot is; de effectgebieden overlappen niet. Het lijkt gerechtvaardigd om aan te nemen dat het totale effect op het tijdstip van de ingreep (T1) evenredig is met 2 maal de dosis D. De cumulatie is in dit geval dus een eenvoudige optelling.

Op beide plaatsen loopt het herstel na beëindiging van toediening van de dosis even snel en na verloop van even lange periodes is op beide plaatsen het effect verdwenen (Fig. 9).

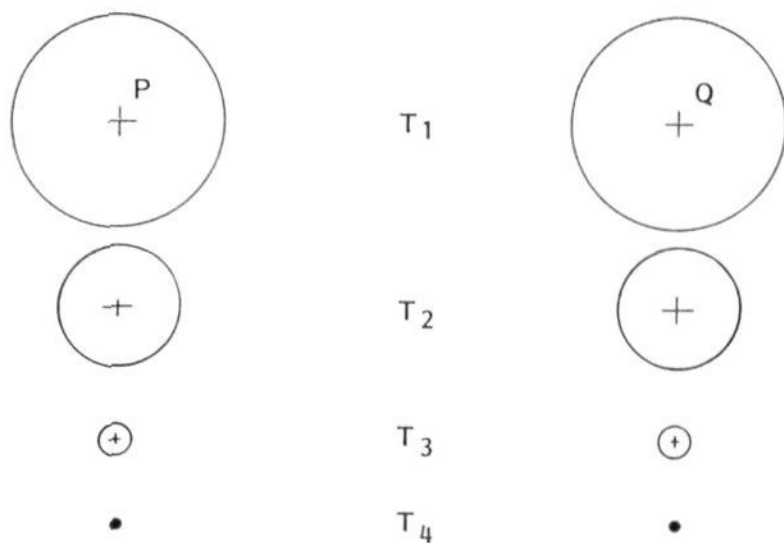


Fig. 9. Verloop van het herstelproces na twee gelijktijdige en gelijksoortige ingrepen op twee ver uiteen gelegen plaatsen.

Tijdens de herstelfase kunnen de effecten (evenredig met de oppervlakten van de cirkels) nog steeds worden opgeteld. De cumulatie blijft een optelling.

Ook als voor beide plaatsen het effect over de tijd wordt gesommeerd, is er geen reden om voor het totale effect iets anders te veronderstellen dan een optelling.

Mogelijkheid 2

Combinatie van twee dezelfde ingrepen A met verschillende dosis D en E op hetzelfde tijdstip T op verschillende ver uiteen gelegen plaatsen P en Q. Dit geval is grotendeels identiek aan mogelijkheid 1, alleen de grootte van het effectgebied op tijdstip T, is niet gelijk (Fig. 10).

Geconcludeerd wordt dat net als bij mogelijkheid 1 op elk tijdstip de effecten ter plaatse van P en Q bij elkaar opgeteld kunnen worden, terwijl ook over de herstelperiode de somming van de effecten mag worden opgeteld.

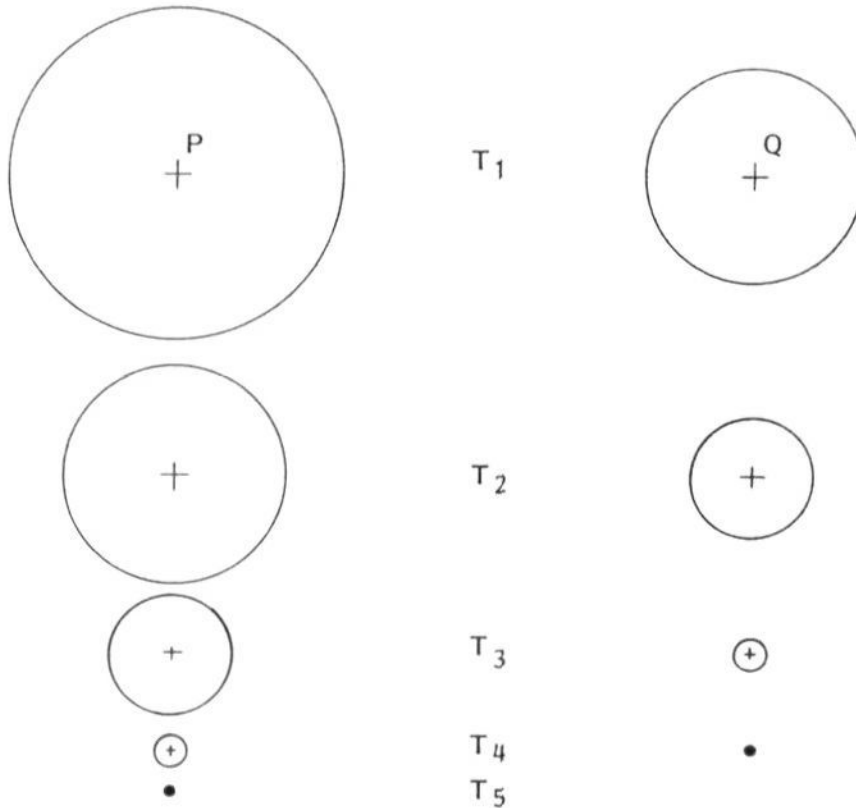


Fig. 10. Verloop van het herstelproces na twee gelijktijdige en gelijksoortige, maar niet even grote ingrepen op twee ver uiteen gelegen plaatsen.

Mogelijkheid 3

Combinatie van twee dezelfde ingrepen A met dezelfde dosis D op verschillende tijdstippen T en S op verschillende ver uiteen gelegen plaatsen P en Q (Fig. 11). Dit is niet wezenlijk anders dan de voorgaande gevallen, behalve dat terwijl op de ene plaats de ingreep plaatsvindt, op de andere plaats de herstelfase reeds is ingetreden.

Ook hier geldt dat de effecten op elk tijdstip kunnen worden opgeteld, evenals de sommeringen van de effecten over de tijd.

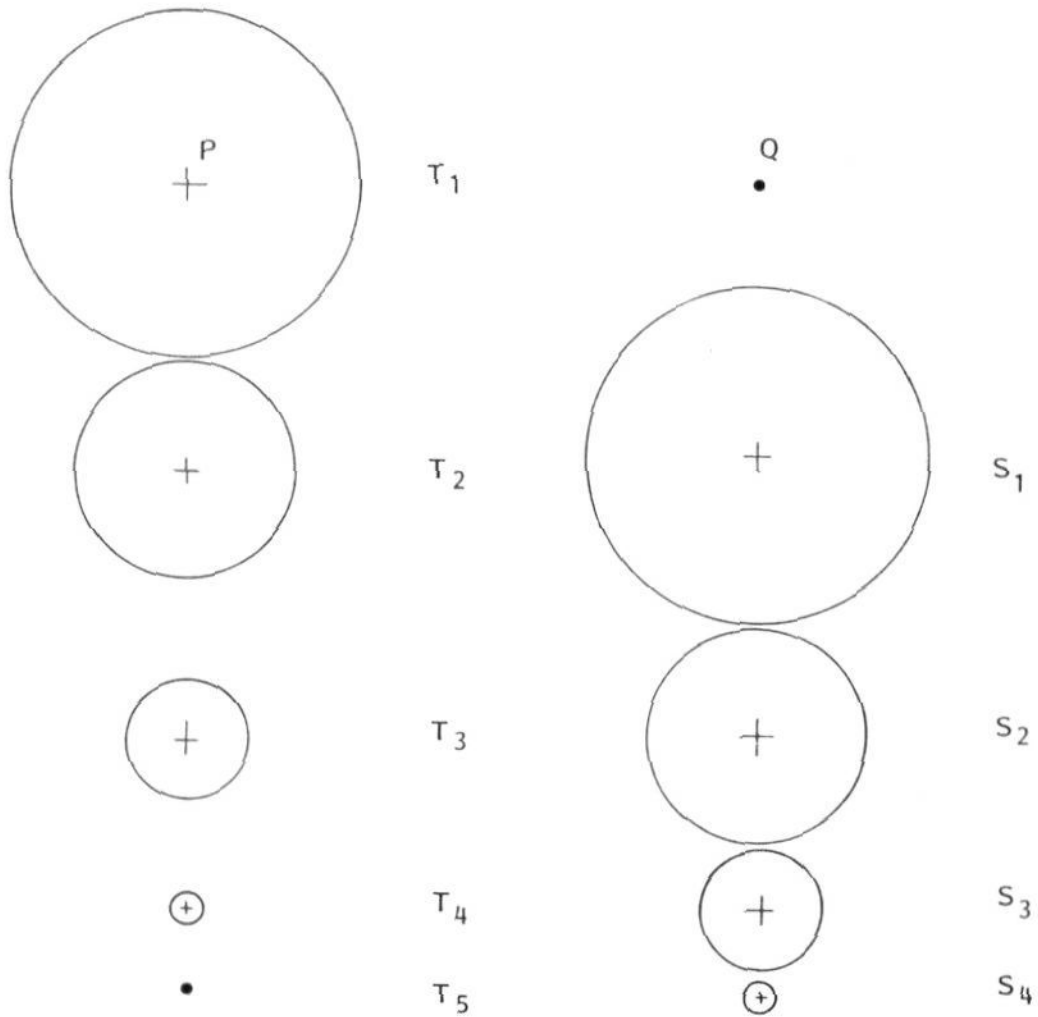


Fig. 11. Verloop van het herstelproces na twee even grote en gelijksoortige ingrepen op ver uiteen gelegen plaatsen die echter niet op het zelfde tijdstip hebben plaatsgevonden.

Mogelijkheid 4

Combinatie van twee gelijke ingrepen A met verschillende doses D en E op verschillende tijdstippen T en S op verschillende ver uiteen gelegen plaatsen P en Q. Analoog aan de voorgaande redeneringen kan hier weer worden besloten tot optelling van effecten.

Conclusies m.b.t. ver van elkaar gelegen gelijksoortige ingrepen

Uit de analyse van de mogelijkheden 1 t/m 4 volgt dat de cumulatie van effecten van gelijksoortige ingrepen op ver uiteen gelegen plaatsen kan worden beschreven door optelling van de effecten.

4.3 Cumulatie van effecten van gelijksoortige ingrepen op dezelfde plaats

We beschouwen nu gelijksoortige even grote ingrepen P en Q waarvan de gebieden waarin de dosis D wordt toegediend, overlappen (Fig. 12).

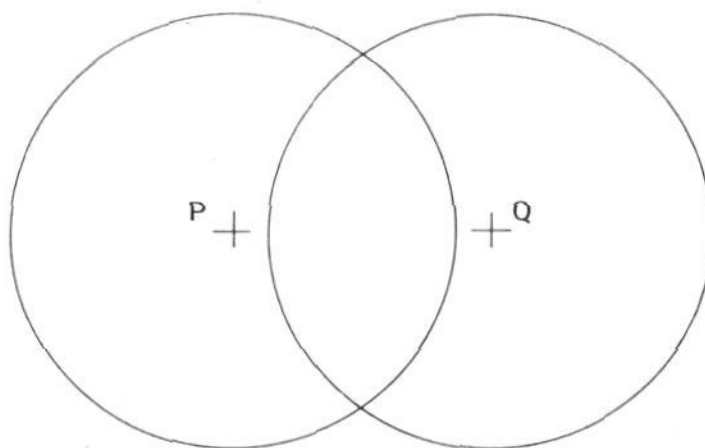


Fig. 12. Gebied waarin de doses van twee evengrote ingrepen die tegelijkertijd plaatsvinden in een overlappend gebied, wordt toegediend.

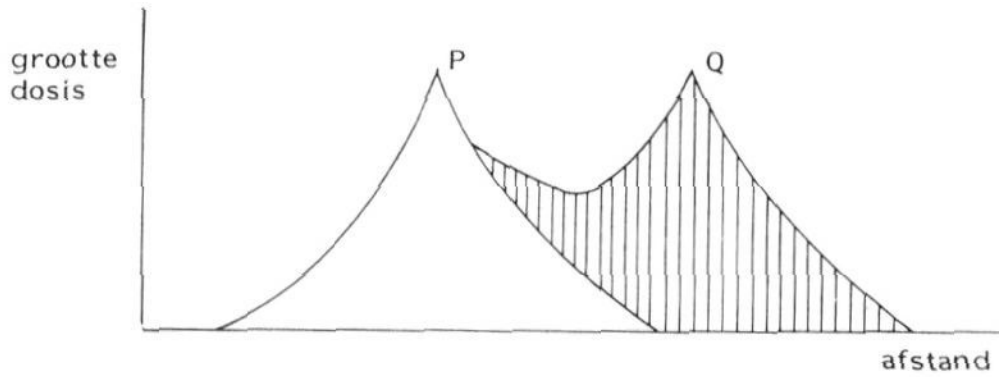


Fig. 13. Verdeling van de doses van twee evengrote ingrepen die tegelijkertijd worden toegediend in een overlappend gebied. Deze figuur geeft een verticale doorsnede van het gebied weergegeven in Fig. 12, waarbij op de verticale as de grootte van de doses is weergegeven. In het gebied waar P en Q overlappen, is de dosis van Q boven op de dosis van P weergegeven.

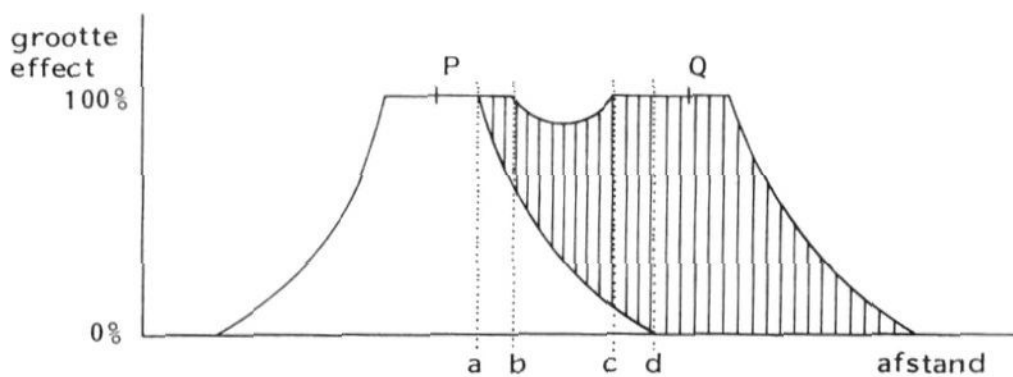


Fig. 14. Verdeling van de effecten van twee evengrote ingrepen die tegelijkertijd worden toegediend in een overlappend gebied. Deze figuur is gebaseerd op de verdeling van de doses weergegeven in Fig. 13. In de vlakke gebieden aan weerszijden van resp. P en Q wordt een 100% effect bereikt.

Aangenomen wordt dat dit leidt tot de in Fig. 13 weergegeven verdeling van de dosis en dit op zijn beurt tot de in Fig. 14 weergegeven verdeling van de effecten. Bij doses die een bepaalde grootte overschrijden is er sprake van een 100% effect en dit veroorzaakt de plateaus in Fig. 14 (zie ook Fig. 5). In het gebied waar de doses overlappen kan de grootte van de totale dosis worden verkregen door optelling. Hieruit kan het effect dan worden afgeleid (vgl. Fig. 13 en 14). In de gebieden a - b en c - d is de som van de doses zo groot dat een effect van 100 % of meer wordt bereikt, terwijl in het gebied b - c de optelling van de doses leidt tot een kleinere waarde dan die welke een 100 % effect geeft. In de gebieden a - b en c - d leidt de optelling van de doses dus tot een 100% effect, terwijl dat niet het geval zou zijn geweest bij toediening van dezelfde doses op ver uiteengelegen plaatsen. In dezelfde gebieden is echter ook een andere eigenschap van belang. Hier is de optelling van de afzonderlijke effecten meer dan 100 %, terwijl het effect van de gecombineerde doses vanzelfsprekend niet meer dan 100% kan zijn. In deze gebieden treedt dus beperking van de effecten op. Dit moet overigens niet worden verward met de eerder gedefiniëerde verzwakking van effecten die optreedt wanneer de respons op de ene ingreep die op de andere beïnvloedt.

4.4 Cumulatie van effecten van verschillende ingrepen op verschillende plaatsen

We gaan uit van twee ingrepen (P en Q) van verschillende aard op twee ver uiteen gelegen plaatsen. De afstand tussen deze plaatsen is zodanig groot dat de gebieden waar de effecten zich voordoen, elkaar niet overlappen. Als voorbeeld kan worden gedacht aan mechanisch pierenspitten in de westelijke Waddenzee en een puntlozing van verontreinigd afvalwater in de oostelijke Waddenzee.

Beide ingrepen zullen van elkaar verschillende effecten hebben. Bijvoorbeeld, de pierenspitter verwijdert wadpieren en andere dieren uit de bodem en veroorzaakt lawaai (Van de Heiligenberg, 1982), terwijl de lozing sterfte van bodem- en andere organismen (waaronder wadpieren) veroorzaakt en tot stankbezwaren leidt (Essink, 1978). Zo zal de ingreep P de responsen p_1 , p_2 ,

p_3, \dots, p_n vertonen, terwijl de ingreep Q de responsen $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ vertoont. Nu zal blijken dat in een aantal gevallen de respons dezelfde is. Bijvoorbeeld, zowel P als Q veroorzaken sterfte van wadpieren en dus vermindering van de dichtheid. Nauwkeurige beschouwing kan dan leiden tot de conclusie dat p_1 overeenkomt met q_3 , p_3 met q_5 en p_4 met q_6 . In dat geval mogen volgens de redenering in hoofdstuk 4.2 de responsen p_1, p_3 en p_4 dus worden opgeteld bij de responsen q_3, q_5 en q_6 . De andere responsen ($p_2, p_5, p_6, \dots, p_n$ en $q_1, q_2, q_4, q_6, q_7, \dots, q_n$) doen zich slechts op één van beide locaties voor. Bij de vergelijking van deze effecten van beide ingrepen is dan in wezen sprake van een optelling waarbij één van de termen gelijk aan 0 is. Een andere mogelijkheid is dat een bepaalde respons voor de ene ingreep negatief en voor de andere positief is. In dat geval vindt de optelling dus plaats met een negatief getal, d.w.z. dat de ene ingreep de andere (ten dele) compenseert. Een globaal voorbeeld van deze benadering is te vinden bij De Vlas (1985).

Als conclusie kan worden getrokken dat, mits de in de voorgaande hoofdstukken gedane aannames nog steeds geldig zijn, effecten van van elkaar verschillende ingrepen op ver van elkaar gelegen plaatsen in principe bij elkaar kunnen worden opgeteld. Het probleem is daarmee "gereduceerd" tot "appels en peren".

4.5 Cumulatie van effecten van verschillende ingrepen op dezelfde plaats

We gaan weer uit van twee ongelijksoortige ingrepen P en Q die in hetzelfde gebied plaatsvinden en waarvan de gebieden waarin de effecten zich voordoen, dus overlappen.

Analoog aan de redenering in hoofdstuk 4.4 zullen in principe de afzonderlijke responsen bij elkaar kunnen worden opgeteld. Analoog aan de redenering in hoofdstuk 4.3 zal daarbij in sommige gevallen sprake kunnen zijn van beperking van de effecten omdat de respons niet meer dan 100% kan zijn. Ook hier gaan we er van uit dat de eerder gedane aannames nog steeds geldig zijn.

Een nieuw aspect is echter dat de grootte en de aard van een respons op de ene ingreep kunnen worden gewijzigd door de invloed

van de andere ingreep. Bijvoorbeeld, een verontreiniging kan extra gevoeligheid opleveren voor de invloed van rustverstoring zoals door het onderzoek van Drescher (1978) en Reijnders (1980) werd aangetoond. Ook uit de ecotoxicologie zijn verschillende voorbeelden bekend van toxische stoffen die gezamenlijk een groter effect hebben dan de optelling van de afzonderlijke effecten (zie bijv. Anderson & d'Apollonia, 1978; Hunding & Lange, 1978). Zo demonstreerden Mosser et al. (1974) dat het mariene kiezelwier *Thalassiosira pseudonana* sterk in zijn groei geremd werd door een combinatie van PCB's en DDE (een afbraakproduct van DDT), terwijl PCB's en DDE afzonderlijk elk slechts een gering effect hadden. Er blijkt hier vaak sprake van beïnvloeding van fysiologische processen en/of het gedrag van organismen. Overigens zullen hierbij zowel versterking als verzwakking van effecten kunnen optreden. In sommige gevallen zullen bij zeer goed bestudeerde soorten organismen of systemen dergelijke effecten voorspeld kunnen worden. In verreweg de meeste gevallen onttrekt dit type van cumulatie van effecten zich echter nog aan ons inzicht en lopen we de kans te worden geconfronteerd met onvoorspelbare ontwikkelingen.

4.6 Kritische grenzen?

Denkbaar is dat de cumulatie van effecten van ingrepen leidt tot het overschrijden van kritische grenzen, d.w.z. dat voorbij deze grenzen geen herstelprocessen meer mogelijk zijn.

De kennis van dergelijke grenzen is onvoldoende om in het voorgaande te worden verwerkt en daartoe is dan ook geen poging gedaan.

Op populatieniveau zijn echter wel enkele algemene uitspraken te doen. Voor populaties van plant- en diersoorten is bekend dat de kans op uitsterven van de populatie door natuurlijke factoren negatief is gecorreleerd met de grootte van de populatie. Daarbij moet worden bedacht dat de populatiegrootte van alle soorten organismen een variatie in de tijd vertoont, gedeeltelijk met een regelmatig karakter, maar gedeeltelijk ook door het toeval bepaald. Soms doen zich in dit toevalspatroon uitschieters naar beneden voor waarvan de populatie niet meer blijkt te kunnen herstellen en

waardoor deze dus uitsterft. Er is dus eerder sprake van een "kritische zone" dan van een "kritische grens".

Als nu door cumulatie van ingrepen een populatie op een zeer laag niveau wordt gebracht, wordt de kans op dit toevallig uitsterven veel groter en dat zal zich dus vaker voordoen. Anderzijds mag de nederlandse Waddenzee niet geïsoleerd worden beschouwd. Voor vrijwel alle soorten geldt dat na uitsterven in de nederlandse Waddenzee herbevolking vanuit omliggende gebieden mogelijk is (al kan het soms wel erg lang duren). Pas als populaties van Waddenzee-organismen over een groot gebied sterk gereduceerd worden, moet rekening worden gehouden met de hiervoor vermelde kritische zone.

Een voorbeeld van een kritische grens die wel kan worden overschreden, is te vinden bij het zuurstofgehalte. Als door welke oorzaken dan ook het zuurstofgehalte tot nul zou dalen (hetgeen zich de laatste jaren in de Duitse Bocht voordoet), heeft dit sterfte van aquatische organismen tot gevolg waardoor de zuurstoftekorten nog vergroten en er nog meer sterfte optreedt. Het eindresultaat kan bestaan uit geheel ontvolkte gebieden. Hoewel het zuurstofgehalte dan, bijvoorbeeld door storm, zich binnen enkele dagen kan herstellen, duurt het herstel van de levensgemeenschap na het overschrijden van deze kritische grens enkele jaren.

5. ORDENING VAN INGREPEN EN ECOLOGISCHE EFFECTEN

5.1 Inleiding

In een aantal overzichtstabellen zullen hierna de interacties tussen ingrepen en ecosysteemaspecten van de Waddenzee worden opgesomd (hoofdstuk 5.2). De lijsten van ingrepen en ecosysteemaspecten, en de invulling van de milieueffecten zijn bewust eenvoudig gehouden om het overzicht van deze complexe materie te kunnen vergroten. In hoofdstuk 5.3 wordt per ingreep de literatuur betreffende de aangegeven betrekkingen gegeven en kort besproken. Daarbij wordt aangegeven of de beschikbare informatie voldoende is.

5.2 Matrices

In Tabel 1 wordt de lijst van ingrepen gegeven, zoals die in de daaropvolgende matrices wordt gehanteerd. De ingrepen zijn gegroepeerd volgens het belangrijkste effect dat ze hebben op het ecosysteem van de Waddenzee. Die effecten zijn gebiedsverkleining, aantasting van de landschappelijke kwaliteiten, beïnvloeding van organismen door verontreiniging, beïnvloeding van organismen door exploitatie en verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden. Vanwege deze groepering van ingrepen zijn de landschappelijke effecten van industrie te vinden onder "hoge bouwwerken" en de ecologische effecten van industrie onder "lozing van.....".

In de Tabellen 2-7 worden die ingrepen in een matrix gebracht met op de andere as een lijst van ecosysteemaspecten. Deze lijst is gebaseerd op de te beschermen eigenschappen van de Waddenzee volgens de PKB. Deze eigenschappen zijn gegroepeerd in aspecten van het landschap, abiotisch milieu, levensgemeenschappen en diergedrag. Onder de landschappelijke aspecten is natuurlijkheid opgenomen, omdat het als hoofddoelstelling naar voren komt in de Beheersvisie voor de Waddenzee. Onder waterbeweging en bodemopbouw worden de hydrografische en geomorfologische processen en patronen verstaan, die de basis vormen voor de levensgemeenschappen in de

Waddenzee. De kwaliteit van het abiotisch milieu wordt in samenstelling van water en bodem gegeven. Onder organismen van bodem/water/kwelder worden de volledige voedselketens verstaan, dus van primaire producenten tot en met vissen, vogels en zeehonden. Onder diergedrag worden uitsluitend de effecten van verstoring begrepen.

In de Tabellen 2 en 3 wordt door uitsluiting van niet aan de orde zijnde interacties een basismatrix opgebouwd (Tabel 4), waarin de zwaarte van de betrekkingen kan worden aangegeven (Tabellen 5,6 en 7).

In Tabel 2 worden in de eerste plaats de interacties uitgesloten die (vrijwel) onmogelijk zijn. Bij nieuwe indijkingen van kwelders of wad zijn maar weinig interacties uitgesloten, maar bij bijvoorbeeld visserij en recreatie beperken de mogelijke interacties zich tot enkele ecosysteemaspecten. Het moet immers uitgesloten worden geacht dat visserij bijvoorbeeld de broedvogels van de kwelders rechtstreeks zou beïnvloeden. De interactie van het storten van baggerspecie en landschappelijke aspecten heeft betrekking op opslag van baggerspecie op het wad die in Duitsland wordt toegepast (bijvoorbeeld voorgesteld bij de toekomstige Dollardhaven).

Vervolgens worden in Tabel 2 de interacties uitgesloten die potentieel wel belangrijk, maar met de huidige en de te verwachten ingrepen niet van belang zijn. Dat laatste is veelal een kwestie van beleid of maatschappelijke ontwikkelingen. De interacties tussen kunstmatige zandstranden en kwelders worden om die reden hier uitgesloten, maar zijn in de Bondsrepubliek juist zeer algemeen. Datzelfde geldt voor ontgroningen. Voor sommige organismen kunnen interacties in de naburige Waddenzeelanden doorwerken in de nederlandse Waddenzee (bijv. voor zeehonden). Uitbreiding van landaanwinningswerken en stuifdijken passen niet meer in het overheidsbeleid; daarom is een groot aantal mogelijke interacties uitgesloten. De overgebleven interacties slaan op de bestaande landaanwinningswerken en stuifdijken. Als laatste voorbeeld de uitsluiting van de interacties tussen verontreiniging en bodemopbouw: er worden geen dermate grote lozingen meer verwacht dat deze interacties waarschijnlijk lijken. Verder worden in Tabel 2 enkele onzekere interacties aangegeven. Deze betreffen bij de

exploitatie van delfstoffen het al dan niet optreden van bodemdaling in de Waddenzee en bij de mosselcultuur onvoldoende inzicht in de interacties.

In Tabel 3 worden vervolgens de interacties uitgesloten, die door regulering vrijwel afwezig zijn. Deze regulering vindt plaats door een zonering naar plaats en tijd in het kader van de Natuurbeschermingswet (regulering van interacties van ingrepen met diergedrag) en door de afgifte van vergunningen voor b.v. exploitatie van delfstoffen, ontgrondingen, storten van baggerspecie en de visserij. Potentiëel zijn deze interacties wel van belang, reden waarom de (potentiële) zwaarte van de betrekkingen in de Tabellen 5, 6 en 7 zal worden vermeld. Alle overgebleven witte hokjes in Tabel 3 geven nu de wel voorkomende interacties tussen ingrepen en ecosysteemaspecten aan. Daarin worden nog de positieve en gecombineerd positieve en negatieve effecten aangegeven, zodat als resultaat een basismatrix rest, die de interacties met een negatief effect openlaat (Tabel 4). Omdat een gematigd agrarisch gebruik (gericht op natuurbeheer) overwegend positieve effecten heeft valt deze regel helemaal weg.

In de volgende matrices (Tabellen 5, 6 en 7) worden de negatieve effecten beoordeeld volgens enkele ecologische criteria uit de Beheersvisie voor de Waddenzee: de duur en frequentie van de interacties, de grootte van het betreffende gebied en de herstelduur na beëindiging van de ingreep. Deze informatie in de matrices is deels op literatuur en deels op "best professional judgement" gebaseerd. In hoofdstuk 5.3 wordt de betrouwbaarheid van deze gegevens besproken.

In Tabel 5 worden voor de interacties met een negatief effect de duur en de frequentie aangegeven. Niet te stoppen interacties vinden we alleen bij indijkingen. Veel van de overige waterbouwkundige werken en verontreinigingen hebben ook een langdurig of permanent karakter, maar kunnen wel worden gestopt (landaanwinning en stuifdijken, kunstmatige zandstranden, exploitatie van diepe delfstoffen, kunstmatige/verdiepte vaargeulen, transportleidingen, lozingen, zomerdijken; de herstelduur staat aangegeven in Tabel 7). Interacties van korte duur, die soms sterk getij- of seizoengebonden zijn vinden we bij verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden (de interacties

rechtsonder in Tabel 5). Regulering beperkt het aantal interacties hier aanzienlijk, maar heeft nog weinig invloed op militaire activiteiten en kleine luchtvaart.

In Tabel 6 wordt de grootte van het gebied waar de interacties plaatsvinden aangegeven. Omvangrijk en oncontroleerbaar zijn alleen de interacties van calamiteiten met olie en lozing van systeemvreemde stoffen met vooral de levende aspecten van het ecosysteem. Transport van de dosis speelt hierbij een belangrijke rol. Transport van de dosis speelt ook een rol bij de effecten van baggeren, de aanleg van grote transportleidingen en lozingen. Omvangrijke interacties, die door de grootte van de dosis worden bepaald, worden o.a. gevonden tussen indijkingen of aanleg van zomerdijken en landschappelijke aspecten en tussen militaire activiteiten of kleine luchtvaart en diergedrag (verstoring). Sterk plaatsgebonden interacties zijn weer vooral bij de overige verstoringen van vogels en zeehonden aan te treffen (rechtsonder in Tabel 6).





In Tabel 7 wordt de herstelduur na beeïndiging van de ingreep aangegeven. Geen herstel treedt op na indijkingen. Veel van de overige waterbouwkundige werken hebben een lange herstelduur van de verschillende ecosysteemaspecten nodig (landaanwinning en stuifdijken, kunstmatige zandstranden, kunstmatige/verdiepte vaargeulen en voor sommige aspecten van grote transportleidingen en zomerdijken). Calamiteiten met olie en lozing van systeemvreemde stoffen zijn ook ingrepen met een lange herstelduur van de meeste ecosysteemaspecten. Snel herstel treedt vooral op na verstoring van vogels en zeehonden (rechtsonder in Tabel 6).

GLOBAAL EFFECT		GEBIEDS- VERKLEINING	AANTASTING LANDSCHAP- PELIJKE KWALITEITEN	BEINVLOEDING VAN ORGANISMEN DOOR VERONT- REINIGING	BEINVLOEDING VAN ORGANISMEN DOOR EXPLOITATIE	VERSTORING VAN VOGELS EN ZEEHONDEN
INGREEP						
I	indijken van kwelders					
	indijken van wad					
	landaanwinning en stuifdijken					
	kunstmatige zandstranden					
II	exploitatie van diepe delfstoffen					
	hoge bouwwerken					
	kunstmatige/verdiepte vaargeulen					
	ontgrondingen					
	grote transportleidingen					
III	nutsleidingen					
	calamiteiten met olie					
	lozing van systeemvreemde stoffen					
	lozing van systeemeigen stoffen					
	lozing van koelwater					
IV	storten van baggerspecie					
	lozing van oppervlaktewater					
	mosselcultuur					
	kokkelvisserij					
	garnalenvisserij					
	visserij op aal, harder etc. met fuiken					
	spitten van pieren en zagers					
V	zomerdijken					
	agrarisch gebruik van kwelders					
	militaire activiteiten					
	burgerluchtvaart					
	opsporing van mossel- en kokkelbanken					
	opsporing van diepe delfstoffen					
	beheer en onderzoek					
	watersport					
	wadlopen					
	kwelder- en oeverrecreatie					
	jacht					

Tabel 1. Effecten van ingrepen globaal gegroepeerd.







ECOSYSTEEM ASPECT INGREEP	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdsheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	reehonden op ligplaatsen (wad)
indijken van kwelders												
indijken van wad												
landaanwinning en stuifdijken	▨			▨	▨		▨	▨			▨	
kunstmatige zandstranden									▨	▨		
exploitatie van diepe delfstoffen				?	?				?			
hoge bouwwerken												
kunstmatige/verdiepte vaargeulen											▨	▨
ontgrondingen				▨					▨	▨	▨	
grote transportleidingen												
nutsleidingen												▨
calamiteiten met olie					▨							
lozing van systeemvreemde stoffen					▨							
lozing van systeemeigen stoffen					▨				▨			
lozing van koelwater					▨							
storten van baggerspecie					▨							
lozing van oppervlaktewater					▨							
mosselcultuur				▨	?	?	?	?				
kokkelvisserij												
garnalenvisserij												▨
visserij op aal, harder etc. met fuiken												
spitten van pieren en zagers												
zomerdijken												
agrarisches gebruik van kwelders												
militaire activiteiten												
burgerluchtvaart												
opsporing van mossel- en kokkelbanken												
opsporing van diepe delfstoffen												
beheer en onderzoek												
watersport												
wadlopen								▨				
kwelder- en oeverrecreatie												
jacht												

Tabel 2. Interacties tussen ingrepen en ecosysteem-aspecten in de Waddenzee.

-  interacties (vrijwel) onmogelijk
-  optreden van interacties is onzeker
-  interacties potentieel belangrijk, maar met de huidige en de te verwachten ingrepen niet van belang
-  interacties mogelijk



ECOSYSTEEM ASPECT INGREEP	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdsheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	zeehonden op ligplaatsen (wad)
indijken van kwelders												
indijken van wad												
landaanwinning en stuifdijken									+	+		
kunstmatige zandstranden												
exploitatie van diepe delfstoffen				?	?				?			
hoge bouwwerken												
kunstmatige/verdiepte vaargeulen												
ontgrondingen												
grote transportleidingen												
nutsleidingen												
calamiteiten met olie												
lozing van systeemvreemde stoffen												
lozing van systeemeigen stoffen												
lozing van koelwater												
storten van baggerspecie												
lozing van oppervlaktewater				■		■		■	■			
mosselcultuur					?	?	?	?				
kokkelvisserij												
garnalenvisserij												
visserij op aal, harder etc. met fuiken												
spitten van pieren en zaggers												
zomerdijken												
agrarisch gebruik van kwelders			■						■	+		
militaire activiteiten												
burgerluchtvaart												
opsporing van mossel- en kokkelbanken												
opsporing van diepe delfstoffen												
beheer en onderzoek												
watersport												
wadlopen												
kwelder- en oeverrecreatie												
jacht												

Tabel 3. Interacties tussen ingrepen en ecosysteem-aspecten in de Waddenzee.

-  interacties onmogelijk of momenteel niet van belang (zie Tabel 2)
-  optreden van interacties is onzeker
-  interacties potentieel belangrijk, maar door regulering vrijwel afwezig
-  positief effect
-  positieve en negatieve effecten
-  negatieve effecten

ECOSYSTEEM ASPECT \ INGREEP	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	zeehonden op ligplaatsen (wad)
indijken van kwelders												
indijken van wad												
landaanwinning en stuifdijken												
kunstmatige stranden												
exploitatie van diepe delfstoffen												
hoge bouwwerken												
kunstmatige/verdiepte vaargeulen												
ontgrondingen												
grote transportleidingen												
nutsleidingen												
calamiteiten met olie												
lozing van systeemvreemde stoffen												
lozing van systeemeigen stoffen												
lozing van koelwater												
storten van baggerspecie												
lozing van oppervlaktewater												
mosselcultuur												
kokkelvisserij												
garnalenvisserij												
visserij op aal, harder etc. met fuiken												
spitten van pieren en zagers												
zomerdijken												
agrarisch gebruik van kwelders												
militaire activiteiten												
burgerluchtvaart												
opsporing van mossel- en kokkelbanken												
opsporing van diepe delfstoffen												
beheer en onderzoek												
watersport												
wadiopen												
kwelder- en oeversrecreatie												
jacht												

Tabel 4. Interacties tussen ingrepen en ecosysteem-aspecten in de Waddenzee.

-  alle niet relevante interacties uit de Tabellen 2 en 3 samengevat
-  negatief effect

INGREEP	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	ieehonden op ligplaatsen (wad)
indijken van kwelders	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
indijken van wad	5	5	5	5	5	5	5	5			5	5
landaanwinning en stuifdijken		4	4									
kunstmatige zandstranden	4	4	4		4		4				4	
exploitatie van diepe delfstoffen	4	4	4	?	?	④	④	④	?	④	2	2
hoge bouwwerken		4										
kunstmatige/verdiepte vaargeulen			4	4	4	3	3	3				
ontgrondingen			2		2	2	2	2				②
grote transportleidingen			4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
nutsleidingen			4		3		3					
calamiteiten met olie			1			1	1	1	1	1	1	1
lozing van systeemvreemde stoffen						4	4	4	4			
lozing van systeemeigen stoffen						4	4	4				
lozing van koelwater						4	4	4				
storten van baggerspecie	⑤	⑤	⑤	⑤	2	2	2	2	⑤			
lozing van oppervlaktewater							4					
mosselcultuur		4	4		?	?	?	?				②
kokkelvisserij					1	1	1					①
garnalvisserij								4				
visserij op aal, harder etc. met fuiken		①						①			1	①
spitten van pieren en zagers					2	2	2			①	1	
zomerdijken	4	4	4	4	4				4			
agrarisch gebruik van kwelders												
militaire activiteiten		4	4							2	2	2
burgerluchtvaart										2	2	2
opsporing van mossel- en kokkelbanken											1	①
opsporing van diepe delfstoffen										1	1	①
beheer en onderzoek										2	2	2
watersport											①	②
wadlopen										①	1	
kwelder- en oeverrecreatie									②	②	2	
jacht										1	①	①

Tabel 5. Duur en frequentie van de interacties met een negatief effect tussen ingrepen en ecosysteem-aspecten in de Waddenzee.

- 1 regelmatige interactie, de ingreep is sterk getij-
 plaats- of seizoen-gebonden of calamiteit
- 2 regelmatige interactie van korte duur
- 3 interactie van langere duur (> 1 jaar)
- 4 permanente interactie, kan gestopt worden
- 5 definitieve interactie, kan niet gestopt worden
- ? optreden van een interactie is onzeker
- interactie is door regulering vrijwel afwezig
- zie Tabel 4

ECOSYSTEEM ASPECT	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	zeehonden op ligplaatsen (wad)
INGREEP												
indijken van kwelders	3	3	3	4	4	4	2		3	3		
indijken van wad	3	3	3	4	4	4	3	3			3	3
landaanwinning en stuifdijken		3	3									
kunstmatige zandstranden	1	1	1		1		1				1	
exploitatie van diepe delfstoffen	1	3	1	?	?	5	5	5	?	1	1	1
hoge bouwwerken		3										
kunstmatige/verdiepte vaargeulen			1	2	2	2	1	2				
ontgrondingen			1	1	2	2	1	2				1
grote transportleidingen			3	4	4	4	3	4	3	3	3	3
nutsleidingen			1		1		1					
calamiteiten met olie			5			5	5	5	5	5	5	5
lozing van systeemvreemde stoffen						5	5	5	5			
lozing van systeemerge stoffen						2	2	2				
lozing van koelwater						2	2	2				
storten van baggerspecie	1	1	1	2	1	2	1	2	1			
lozing van oppervlaktewater							4					
mosselcultuur		1	3		?	?	?	?				1
kokkelvisserij					1	2	1					1
garnalenvisserij								2				
visserij op aal, harder etc. met fuiken		1						1			1	1
spitten van pieren en zagers					1	2	1			1	1	
zomerdijken	3	3	3	3	3				3			
agrarisch gebruik van kwelders												
militaire activiteiten		1	1							3	3	3
burgerluchtvaart										3	3	3
opsporing van mossel- en kokkelbanken											1	3
opsporing van diepe delfstoffen										1	1	3
beheer en onderzoek										3	1	3
watersport											1	3
wadlopen									1	1		
kwelder- en peeverrecreatie									1	1	1	
jacht										1	1	3

Tabel 6. Gebied van de interacties met een negatief effect tussen ingrepen en ecosysteem-aspecten in de Waddenzee.

- 1 relatief klein (b.v. sterk plaatsgebonden),
 ter grootte van de dosis
- 2 relatief klein, maar vergroot door transport
 van de dosis door getij en/of wind
- 3 relatief omvangrijk en ter grootte van de dosis
- 4 relatief omvangrijk en nog vergroot door
 transport van de dosis
- 5 omvangrijk door oncontroleerbaar transport van
 de dosis door getij en/of wind
- ? zie Tabel 5
- zie Tabel 5
- zie Tabel 4

ECOSYSTEEM ASPECT INGREEP	LANDSCHAP			ABIOTISCH MILIEU			LEVENSMEENSCHAPPEN			DIERGEDRAG		
	omvang	wijdsheid	natuurlijkheid	water-beweging	bodem-opbouw	samenstelling van water en bodem	organismen van de bodem	organismen van het water	organismen van de kwelder	broedende en rustende vogels op kwelders	fouragerende vogels (wad en water)	zeehonden op ligplaatsen (wad)
indijken van kwelders	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
indijken van wad	5	5	5	5	5	5	5	5			5	5
landaanwinning en stuifdijken		4	4									
kunstmatige zandstranden	3	3	3		3		3				3	
exploitatie van diepe delfstoffen	3	1	1	?	?	?	?	?	?	?	1	2
hoge bouwwerken		5										
kunstmatige/verdiepte vaargeulen			3	3	3	1	3	3				
ontgrondingen			2		2	1	2	1				?
grote transportleidingen			3	2	3	2	3	2	4	1	1	2
nutsleidingen			2		2		2					
calamiteiten met olie			3			2	3	2	4	2	2	2
lozing van systeemvreemde stoffen						3	3	3	3			
lozing van systeemeigen stoffen						2	3	2				
lozing van koelwater						1	2	2				
storten van baggerspecie	5	5	5	5	2	1	2	2	5			
lozing van oppervlaktewater							2					
mosselcultuur		1	2		?	?	?	?				?
kokkelvisserij					1	1	2					?
garnalenvisserij								3				
visserij op aal, harder etc. met fuiken		?						?		1	?	
spitten van pieren en zagers					2	1	2			?	1	
zomerdijken	1	1	4	1	4				3			
agrarisch gebruik van kwelders												
militaire activiteiten		1	1							1	1	1
burgerluchtvaart										1	1	1
opsporing van mossel- en kokkelbanken											1	?
opsporing van diepe delfstoffen										1	1	?
beheer en onderzoek										1	1	1
watersport											?	?
wadlopen										?	1	
kwelder- en oeverrecreatie								?	?	?	1	
jacht										1	?	?

Tabel 7. Herstelduur na beëindiging van een ingreep van gemiddelde dosis.

- 1 kort
- 2 1/2 - 1 1/2 jaar
- 3 1 1/2 - 10 jaar
- 4 > 10 jaar
- 5 geen herstel
- ? zie Tabel 5
- zie Tabel 5
- zie Tabel 4

5.3 Overzicht van beschrijvingen van effecten

Hierna wordt op basis van de wetenschappelijke literatuur en ongepubliceerde gegevens van medewerkers van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer een globaal overzicht gegeven van de huidige kennis van de effecten van ingrepen in het waddengebied op de verschillende aspecten van het ecosysteem in dat gebied. Het overzicht beperkt zich tot de belangrijkste publicaties en gegevens; indien men gedetailleerde informatie wenst dient men de vermelde publicaties en/of het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Texel te raadplegen.

Onderstaand overzicht is ingedeeld volgens de ingrepen uit de Tabellen 1-7. De effecten van deze ingrepen kunnen worden afgelezen in de Tabellen 1 en 2.

Effecten van indijken van kwelders

De meeste bronnen over het indijken van kwelders zijn vrij algemeen en beschrijven de landschappelijke ontwikkelingen. Vaak worden hierin oppervlaktes van de al uitgevoerde en de toekomstige indijkingen gegeven. Genoemd kunnen worden Dijkema (1984c), Drijver (1983), König (1979), Nienhuis (1982), Verhoeven (1976) en Verhoeven et al. (1980). Dijkema (in voorbereiding; zie ook hoofdstuk 6) heeft het gebiedsverlies als gevolg van indijkingen van kwelders in een historisch perspectief gezet.

Verder zijn er publicaties waarin de ecologische effecten van voorgenomen inpolderingen worden voorspeld: Anon. (1981), Dahl & Heckenroth (1978), Heydemann (1981), Michaelis (1984), Wilkens (1983) en Wolff & Zijlstra (1982).

De veranderingen in de vegetatie van kwelders na bedijking is vooral goed gevolgd rondom de voormalige Zuiderzee (Bakker, 1958; Feekes, 1941, 1943; Westhoff, 1969; Westhoff & Sykora, 1979) en in ZW Nederland (Beeftink, 1975, 1979; Van Noordwijk et al., 1979; v.d. Reest, 1985). Heydemann (1960, 1962) beschrijft de ontwikkeling van de dierenwereld na een indijking in Sleeswijk-Holstein.

Er is een redelijke kennis voorhanden van de veranderingen van de kwelderecosystemen na bedijking. Populatiebiologische kennis over de effecten van het kleiner worden van kweldergebieden en het groter worden van hun onderlinge afstanden ontbreekt (Dijkema et al., 1984).

Effecten van indijken van droogvallend wad en getijdewateren

Er bestaat een uitgebreide literatuur over de ecologische effecten van indijkingen van droogvallend wad en lager gelegen getijdengebieden. Daarbij speelt de nederlandse literatuur een grote rol.

De effecten van de afsluiting van de Zuiderzee zijn voor het gebied binnen de Afsluitdijk samengevat door De Beaufort (1954), waarin weer vele andere referenties te vinden zijn. Gegevens over de effecten buiten de Afsluitdijk zijn o.a. te vinden bij Redeke (1939) en Wolff (in voorbereiding).

Ook in ZW-Nederland zijn veel gegevens verzameld over de effecten van indijkingen, doch samenvattende overzichten zijn nog niet beschikbaar. Vele publicaties (in totaal meer dan 300) en rapporten (in totaal bijna 200) van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke geven echter informatie op deelgebieden. Een populair-wetenschappelijke samenvatting geven Duursma et al. (1982). Meer wetenschappelijke artikelen en rapporten zijn te vinden bij Bakker (1964, 1972), Bakker & Vegter (1978), Beeftink (1967, 1975), Beeftink et al. (1971), Bogaards et al. (1980, 1981), Buth & Groenendijk (1979), Doornbos (1982), Hummel et al. (1983), Lambeck (1981, 1982), Van Mansfeld (1978), Munda (1967), Nienhuis (1977, 1978a,b, 1982), Nienhuis & de Bree (1977), Peelen (1974), Vaas (1970, 1979), Vegter (1977), Wolff (1971, 1974), Wolff & De Wolf (1976) en Wolff et al. (1976, 1977). Veel gegevens over de ontwikkelingen na de afsluiting van de Grevelingen zijn te vinden in het zg. "Grevelingennummer" van het Netherlands Journal of Sea Research (jrg. 18, nr. 3/4 (1984)).

Verder zijn uit Nederland van belang de publicatie van Feekes (1936) over de drooglegging van (de toen nog zoute) Wieringermeer en van Joenje (1974, 1978) en Slager (1978) over de ontwikkeling

van de vegetatie van het Lauwersmeer na de afsluiting. Saeijs (1982), Saeijs & Baptist (1977, 1980), Goss-Custard (1977) en Evans (1979) geven effecten op wadvogels na inpoldering.

Brehm & Eggers (1974) en Wohlenberg & Plath (1953) beschrijven de vegetatieontwikkeling op ingedijkte wadden in Duitsland. Gray (1977) en Prater (1981) geven een op Groot-Brittannië georiënteerd algemeen overzicht, terwijl Knights & Phillips (1979) een bundel van voordrachten over o.a. indijkingen hebben gepubliceerd.

In voorbereiding is een publicatie van Wolff (in voorbereiding) over de ecologische effecten van inpolderingen in het algemeen.

Samenvattend kan worden gesteld dat er veel informatie beschikbaar is over de effecten van indijkingen van droogvallend wad en getijdewateren.

Effecten van landaanwinning en stuifdijken

Er bestaat over de landaanwinningstechnieken een omvangrijke hoeveelheid publikaties uit de jaren '30 tot '60. In die jaren werd de kwelderaanwas intensief gestimuleerd, en dat werd door veel bodemkundig en biologisch onderzoek door de betrokken diensten in Nederland, Duitsland en Denemarken onderbouwd. Enkele titels zijn: De Glopper (1964), Jakobsen & Jensen (1956), Kamps (1962), König (1948), Lafrenz (1957), Moeller (1963) en Wohlenberg (1938).

De effecten van de huidige beheersmaatregelen op de landaanwinningskwelders worden beschreven door Dijkema (1983a,b), De Glopper (in voorb.) en Grotjahn et al. (1983).

Gegevens over de effecten van stuifdijken zijn te vinden in Bakker et al. (1979), Dijkema & Wolff (1983), Bouwsema (1983) en Midderham (1979) en Westhoff (1947).

In een samenwerkingsproject van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, de Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders worden de toepassingsmogelijkheden van de landaanwinningstechnieken voor het natuurbeheer op grote schaal experimenteel onderzocht. Na afronding van dit onderzoek zal er voldoende informatie beschikbaar zijn.

Effecten van kunstmatige zandstranden

Voor de effecten van gebiedsverlies door kunstmatige zandstranden wordt verwezen naar de tekst over indijken en voor de effecten van verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden naar de tekst over kwelder- en oeverrecreatie. Het betreft hier een voor de nederlandse Waddenzee nieuwe activiteit, en het is gewenst de duur, frequentie en omvang van de interacties te volgen.

Effecten van exploitatie van diepe delfstoffen

Bij exploitatie van diepe delfstoffen in het Waddenzeegebied moet op grond van de geologische gesteldheid alleen worden gedacht aan gas en verschillende zouten. Wolff (1976) geeft een wat verouderd overzicht van mogelijke ecologische effecten van verkenning, exploratie en exploitatie van diepe delfstoffen in het Waddenzeegebied. Meer actuele gegevens bevatten de verschillende nota's en rapporten rond de Zuidwalconcessie, doch dit materiaal is niet op een overzichtelijke wijze beschikbaar. Genoemd kan worden Oranjewoud (1982). Alle informatie is echter afkomstig van studies buiten het waddengebied en van extrapolatie van bestaande kennis over de effecten van andere typen ingrepen. Goede studies verricht in het waddengebied zelf ontbreken.

Effecten van hoge bouwwerken

In de Interprovinciale strukturschets voor het Waddenzeegebied (1978) wordt een hoofdstuk gewijd aan het landschap. Daarbij is een kaart gevoegd van de visuele invloed van hoge bebouwing.

Effecten van kunstmatige vaargeulen en baggeren van vaargeulen

Een beschrijving van de verwachte ecologische effecten van een kunstmatige nieuwe vaargeul is te vinden in een rapport van de Grontmij (1981) over een nieuw te graven geul door het wantij van

Schiermonnikoog. Daarnaast zijn relevante gegevens te vinden in het verslag van een zandwinningsonderzoek door de Rijkswaterstaat (1981).

Ook in de internationale literatuur is veel informatie te vinden, vooral uit de Verenigde Staten. In het algemeen is voldoende informatie beschikbaar om de effecten van dit type ingrepen te voorspellen.

Effecten van ontgroningen

De ecologische effecten van zandwinning in de Waddenzee zijn beschreven in het verslag van het zandwinningsonderzoek door de Rijkswaterstaat (1981). Van der Veer et al. (1985) hebben daarvan een wetenschappelijke onderbouwing gepubliceerd.

Ook elders in de wereld is veel aandacht aan de effecten van zandwinning besteed. In het algemeen kan worden gesteld dat de ecologische effecten van zandwinning redelijk kunnen worden voorspeld. Moeilijker ligt het met de geomorfologische en hydrologische effecten op langere termijn.

In het rapport van Rijkswaterstaat (1981) wordt ook de schelpenwinning besproken.

De effecten van kleiwinning zijn nergens beschreven.

Effecten van grote transportleidingen

Een studie naar de te verwachten ecologische effecten van de F3 olie/gasleiding door de Waddenzee is uitgevoerd door De Vlas (1982). Hij vergelijkt daarin verschillende tracees. Er zijn geen publicaties over de ecologische effecten van al uitgevoerde werken in de Waddenzee. Wel zijn de morfologische effecten van twee grote transportleidingen langs Rottumeroog en Memmert naar de kust gedocumenteerd met luchtfoto's en dieptekaarten.

Gesteld kan worden dat er een redelijk inzicht bestaat in wat er verwacht kan worden bij aanleg van grote transportleidingen, doch dat het noodzakelijk is bij de aanleg van toekomstige leidingen deze veronderstellingen door veldonderzoek te toetsen.

Effecten van nutsleidingen

De ecologische effecten van de kleinere nutsleidingen door de Waddenzee zijn niet bestudeerd. Wellicht dat gegevens uit de studie van De Vlas (1982) naar de effecten van een grote transportleiding bruikbare aanwijzingen opleveren. Wel zijn er enkele morfologische studies gedaan naar de tracering van nutsleidingen naar de eilanden (De Boer, 1975; Nijboer, 1973a,b, 1974).

Voor de kennis van de effecten van de aanleg van nutsleidingen geldt hetzelfde als hierboven is gesteld voor de aanleg van grote transportleidingen.

Effecten van calamiteiten met olie

Bergman (1982, 1983) heeft een zeer omvangrijk rapport samengesteld over de ecologische effecten van olie en oliebestrijding in Waddenzee-achtige gebieden en heeft op grond daarvan een prognose van de effecten in de Waddenzee gemaakt. In deze rapportage is de zeer omvangrijke internationale literatuur integraal verwerkt.

Enkele recente gegevens komen voort uit het OPEX-project van TNO, NIOZ en RIN (Kuiper et al., 1983, 1984).

De huidige informatie gebaseerd op laboratoriumstudies, mesoschaalexperimenten en veldonderzoek na olierampen in andere gebieden is naar verhouding zeer compleet. Wat echter vooral ontbreekt is toetsing van de verschillende voorspellingen door verdere experimenten op mesoschaal en eventueel door veldonderzoek na een olieramp in de Waddenzee.

Effecten van lozing van systeemvreemde stoffen

Systeemvreemde stoffen vormen een zeer gevariëerde groep van door de mens gemaakte verbindingen. O.a. behoren er toe vele bestrijdingsmiddelen en PCB's. Het voorkomen van deze stoffen in de Waddenzee is door verschillende auteurs gedocumenteerd, o.a. Koeman

(1971), Duinker & Nolting (1976, 1978), Duinker & Koeman (1978) en Duinker & Hillebrand (1979).

Van slechts enkele stoffen zijn de effecten op estuariene organismen of levensgemeenschappen beschreven. Dat geldt voor o.a. drins (Koeman, 1971; Koeman et al., 1967, 1972) en PCB's (Reijnders, 1980). Een meer algemene publicatie over het gedrag van gechlloreerde verbindingen in het (estuariene) milieu is Bruggeman (1983).

Gezien het grote aantal potentiëel verontreinigende stoffen en de vele soorten organismen in de Waddenzee zijn we nog ver verwijderd van een integraal beeld van de ecologische effecten van systeemvreemde stoffen. Voor enkele stoffen zijn de ecologische effecten echter wel goed beschreven.

Het milieu-effectrapport naar aanleiding van de vestiging van een petrochemisch complex in de Eemshaven (DHV et al., 1978) geeft een overzicht van de denkbare effecten van een grootschalige industrie-ontwikkeling. Er zijn in het waddengebied echter geen goede studies verricht over de effecten van bestaande industriële activiteiten.

Effecten van lozing van systeemeigen stoffen

Systeemeigen stoffen omvatten een scala van verbindingen. In grote hoeveelheden worden geloosd organisch afvalwater en plantenvoedingsstoffen, terwijl relatief kleine hoeveelheden van bijvoorbeeld vele metalen in de Waddenzee terecht komen.

Essink (1978, 1984) geeft een overzicht van de effecten van de rechtstreekse lozing van organisch verrijkt afvalwater. De publicaties van de BOEDE-groep, met name BOEDE (1983), Bouwman & Kop (1979) en Van Es et al. (1980), geven een overzicht van de effecten van de lozing via het Groningse kanalenstelsel van het veenkoloniale afvalwater. Relevante buitenlandse publicaties zijn vooral te vinden in de jaargangen van het Marine Pollution Bulletin en enkele andere tijdschriften.

De effecten van eutrofiëring van de Waddenzee door plantenvoedingsstoffen zijn o.a. samengevat in Laane & Wolff (1984).

In het algemeen bestaat een redelijk inzicht in de effecten van de lozing van organisch verrijkt en nutriëntenrijk afvalwater.

Effecten van lozing van koelwater

In dit geval moet een aantal effecten worden onderscheiden:

1. Effecten t.g.v. het opwarmen van het water. Onderzoek naar deze materie wordt in Nederland nagenoeg alleen uitgevoerd door de KEMA. Tot dusver zijn voor de Waddenzee nog nauwelijks effecten aangetoond.

2. Doden van organismen die met het koelwater naar binnen worden gezogen. Er wordt van uitgegaan dat vrijwel alle ingezogen organismen sterven, en inventarisaties van het water uit het gebied rond de instroom geven dus de benodigde informatie. De effecten hiervan op de de Waddenzee zijn tot dusver te verwaarlozen.

3. Effecten van het aan het koelwater toegediende chloor. De ernst van deze problematiek wordt waarschijnlijk nog onvoldoende onderkend. Enkele conclusies uit de belangrijkste recente literatuur zijn weergegeven in Dankers & Dijkema (1980) en zeer uitgebreide informatie is te vinden in Jolley (1977, 1978, 1980).

Bij de huidige omvang van het koelwatergebruik rond de Waddenzee zijn de effecten van uitbreidingen in dezelfde orde van grootte redelijk te voorspellen. Bij een veel groter koelwatergebruik zouden echter aanvullende studies moeten worden uitgevoerd.

Effecten van storten van baggerspecie

Er bestaat een uitgebreide literatuur over de gevolgen van het storten van baggerspecie. Een goede samenvatting wordt gegeven door Darnell (1976). Specifiek voor de Waddenzee werd literatuur samengevat door Dankers (1978), Rijkswaterstaat (1981) en Van der Veer et al. (1985).

Het inzicht in deze materie is redelijk, al moet er nog wel een aantal aanvullende studies in de Waddenzee zelf worden verricht.

Effecten van de lozing van oppervlaktewater

Een deel van de effecten van de lozing van oppervlaktewater is beschreven in verschillende publikaties van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.

Gegevens over de effecten van nieuwe of sterk vergrote lozingen worden gegeven door Boesch et al. (1976), Coossen & Leewis (1983) en Bergman & Dankers (1978). Het effect van het wegvallen of verminderen van de lozing van oppervlaktewater is beschreven door Wolff (1973, 1974).

Er bestaat een redelijk inzicht in de effecten van de lozing van oppervlaktewater, doch voor het waddengebied zouden nog wel enkele details nader moeten worden onderzocht.

Effecten van mosselcultuur

Er is veel algemene literatuur over de biologie van de mossel. Over de effecten van mosselcultuur op het ecosysteem van de Waddenzee zijn echter geen publicaties. Uit informatie die aanwezig is bij RIVO, RIN en Rijkswaterstaat-DDMI kunnen eventueel wel enige conclusies worden getrokken. Effecten van mosselhangcultuur in Spanje zijn beschreven door Tenore et al. (1982).

Samenvattend blijkt dus de kennis van de ecologische effecten van de mosselcultuur gering te zijn. Daarom is door het RIN een onderzoek hiernaar gestart.

Effecten van kokkelvisserij

De effecten van de kokkelvisserij op de bodemfauna zijn onderzocht en beschreven door De Vlas (1982). Hiermee zijn deze effecten voorlopig adaequaat beschreven.

Effecten van garnalenvisserij

Bij de huidige garnalenvisserij is het mogelijk door gebruik van speciale netten de bijvangst aan andere (vis)soorten sterk te beperken. Ook het gebruik van spoelsorteermachines draagt bij aan het beperken van de schade aan de soorten die nog wel als bijvangst aan boord komen. Met deze hulpmiddelen bestaat het effect van de garnalenvisserij vooral uit bestandsvermindering van de soort(en) waarop de visserij is gericht. Het RIVO houdt zich bezig met onderzoek aan deze onderwerpen.

Gegevens over het effect van de garnalenvisserij zonder bovengenoemde verbeteringen zijn o.a. te vinden bij Tiews (1965, 1971).

Effecten van fuikenvisserij

De effecten van de fuikenvisserij op de visstand zijn niet onderzocht. Effecten op vogels en zeehonden worden genoemd door De Roos (1976) en Dankers & Zegers (in manuscript).

De aard van de effecten behoeft geen verder onderzoek, de omvang echter wel.

Effecten van spitten van pieren en zagers

Er bestaat een klein aantal publicaties en rapporten over de effecten van pierenspitten en vergelijkbare activiteiten. Deze zijn samengevat en geëvalueerd door Van den Heiligenberg (1984). Daarnaast geeft Van den Heiligenberg (1982) onderzoeksgegevens uit de Waddenzee. Hiermee zijn deze effecten voorlopig adaequaat beschreven.

Over de effecten van het spitten van zagers op mosselbanken is geen literatuur bekend.

Effecten van zomerdijken

De effecten van zomerdijken op de vegetatie van kwelders worden samengevat in Dijkema (1984a,b) en Dijkema & Heydemann (1984). In Bennema (1979) worden de effecten op het broedsucces van scholeksters besproken.

Het inzicht in de ecologische effecten van zomerdijken is goed maar er is wel behoefte aan nader onderzoek van de herstelprocessen indien een zomerkade zou worden afgegraven.

Effecten van agrarisch gebruik van kwelders

De effecten van agrarisch gebruik op de vegetatie van kwelders worden samengevat in Beeftink (1977), Dijkema (1984a,b) en Oosterveld (1984). Enkele van de vele speciale studies zijn die van Bakker (1985), Beeftink et al. (1978) en Jeschke (1983). Aandacht aan vegetatie en invertebratenfauna wordt gegeven in Dijkema & Heydemann (1984). De effecten van agrarisch gebruik van kwelders op rotganzen zijn te vinden in Ebbinge & Boudewijn (1984) en op broedvogels in o.a. Van Dijk & Bakker (1980) en Moeller (1975).

Het inzicht in de ecologische effecten van het agrarisch gebruik van kwelders is zeer redelijk, al zijn wel verdere studies noodzakelijk om gedetailleerd inzicht te verwerven in de effecten van begrazing als beheersmaatregel.

Effecten van militaire activiteiten

Er bestaat geen goed overzicht van de ecologische effecten van militaire activiteiten in het Waddengebied. Eén van de meest uitgebreide beschrijvingen wordt door Visser (in voorbereiding) gegeven van de oefeningen op de Noordsvaarder bij Terschelling. De Roos (1983) geeft een algemeen overzicht. Enige gegevens zijn ook te vinden bij Van Eerden & Smit (1979). Om in deze lacune gedeeltelijk te voorzien is door het RIN in opdracht van het Ministerie van Defensie een studie gestart naar het effect van militaire geluiden.

Effecten van burgerluchtvaart

Effecten van de burgerluchtvaart zijn tot dusver niet systematisch onderzocht. Aangenomen mag worden dat de grote verkeersvliegtuigen door de grote hoogte waarop ze vliegen, geen enkel effect op het Waddenzeegebied hebben. Wel heeft de zg. kleine luchtvaart ("sportvliegtuigen") vaak duidelijke effecten. Enkele sprekende voorbeelden worden gegeven door Baptist & Meininger (1984).

Effecten van de opsporing van mossel en kokkelbanken

De versturende effecten van de speuracties zijn duidelijk aangetoond, doch niet nader onderzocht. De omvang van de activiteiten is redelijk goed bekend bij de opzieners van de visserijen te Den Oever en Harlingen.

Effecten van opsporing van diepe delfstoffen

Hier wordt alleen op het seismisch onderzoek ingegaan. In het verleden zijn ernstige verstoringen door het seismisch onderzoek gerapporteerd. Op het bevaarbare deel van de Waddenzee worden nu niet versturende methoden toegepast. Onderzoek is hiernaar niet uitgevoerd.

Effecten van beheer en onderzoek

Er bestaat geen goed overzicht van de effecten van beheer en onderzoek in het Waddenzeegebied. Wolff (1983) geeft enkele gegevens over de effecten van onderzoek. Verder is er een inventarisatie van de beheersactiviteiten uitgevoerd door het Coördinatiecollege Waddengebied.

Effecten van watersport

Er bestaat nog geen goed overzicht van de ecologische effecten van watersport in het Waddengebied. Wolff et al. (1982) vermelden enkele gegevens en ook Anonymus (1984) somt enkele aspecten op. Door het RIN is enig experimenteel onderzoek uitgevoerd doch dat is nog niet rijp voor publicatie.

Effecten van wadlopen

Er bestaat geen goed overzicht van de ecologische effecten van wadlopen. Over de effecten van wadlopen op bodemfauna-organismen en op vluchtafstanden van fouragerende vogels staan enige gegevens in Wolff et al. (1982). De gevolgen van verstoring van fouragerende vogels in het algemeen zijn nog onderwerp van studie door het RIN.

Effecten van kwelder- en oeverrecreatie

Kwelder- en oeverrecreatie vormt vooral een probleem in de Duitse Waddenzee. In Heydemann (1981) en Wesemüller (1982) worden enige effecten beschreven. Bij de huidige recreatiedruk en daarop afgestemde beheersmaatregelen is nader onderzoek in het nederlandse Waddengebied niet noodzakelijk.

Effecten van jacht

Het zal duidelijk zijn dat het rechtstreekse effect van jacht is dat er dieren sterven. Op zich hoeft dit geen probleem te zijn voor het beheer van het waddengebied. Belangrijkere aspecten in het waddengebied zijn de verstoring en eventuele effecten op de populatiegrootte van de bejaagde soorten.

Laursen (1982) en Augst & Binsbergen (1983) geven informatie over de verstoringseffecten. Een overzicht van de effecten op populatieniveau is niet beschikbaar, al zijn er voor afzonderlijke soorten wel gegevens beschikbaar (bijv. Ebbinge et al., 1980, voor

de rotgans). Er is weinig behoefte aan nader onderzoek van deze materie.

6. CUMULATIE VAN MILIEU-EFFECTEN IN DE WADDENZEE?

6.1 Opsporen en beschrijven van cumulatie

6.1.1 Inleiding

Voor het opsporen, beschrijven en voorspellen van cumulatie van effecten kan men uit een aantal benaderingen kiezen. Nader uitgewerkt worden hierna:

1. Matrixbenadering. Aan de hand van de in Tabel 4 in hoofdstuk 5.2 gepresenteerde matrix wordt nagegaan wat de gezamenlijke invloed is van een aantal ingrepen.
2. Kartografische benadering. Op kaarten wordt een aantal ingrepen weergegeven zodat een overzicht ontstaat van de aantastingen en invloeden in een bepaald gebied.
3. Systemanalyse. Met behulp van een numeriek model dat de Waddenzee zo goed mogelijk beschrijft, kan worden nagegaan welke invloed een bepaalde ingreep heeft op de verschillende ecosysteemaspecten. Dit kan ook gedaan worden voor een aantal gelijktijdig optredende ingrepen.

6.1.2 Matrix benadering

In hoofdstuk 5.2 wordt in Tabel 4 aangegeven welke ingrepen van belang zijn in de Waddenzee en welke effecten op ecosysteemaspecten mogelijk zijn. Elk wit vakje slaat dus op een ingreep-effectrelatie die in principe gekwantificeerd kan worden. Eenzelfde type ingreep kan echter op verschillende plaatsen of tijden optreden. Hiervan uitgaande zou binnen een vakje een totaal effect berekend kunnen worden door "optellen" van de gelijksoortige effecten van elke ingreep. (Voor een beschrijving van de problemen hierbij wordt verwezen naar hoofdstuk 4.) Binnen een vakje kan dus al cumulatie van effecten optreden.

Bij meerdere ingrepen zou voor elk vakje in een kolom deze werkwijze moeten worden toegepast. De volgende stap in het bepalen

van de totale cumulatie zou het samenvoegen van vakjes in verticale richting moeten zijn. Op één ecosysteemaspect werkt namelijk een groot aantal verschillende typen ingrepen in die gezamenlijk een totaal effect op dat aspect zullen hebben.

Tot nu toe hebben we het gehad over cumulatie van effecten op één ecosysteemaspect, maar hetzelfde treedt op bij andere ecosysteemaspecten en zodoende voor het "hele" ecosysteem. Dit wil zeggen dat na samenvoegen van de verschillende getallen per vakje, daarna van de vakjes in elke kolom, en daarna van alle kolommen samen, het gecumuleerde effect van alle ingrepen op het systeem bekend zou moeten zijn. Daarbij is geen rekening gehouden met de vraag hoe effecten bij elkaar kunnen worden gevoegd: optelling, versterking of nog iets anders?

Eigenlijk zouden op de horizontale as ook "ingrepen" uitgezet kunnen worden, maar dan zouden ze voor een beter begrip beter functies genoemd kunnen worden. Want het is mogelijk dat een ingreep (vervullen van een functie) een invloed heeft op een andere ingreep (de mate van vervulling van een andere functie). De mosselcultuur bijvoorbeeld heeft effect op de garnalenvisserij. Uitbreiding van de mosselcultuur betekent dat er minder waddenoppervlak beschikbaar is voor de garnalenvisserij en daardoor zou de garnalenvisserij af kunnen nemen. Dat betekent dan weer dat in de vakjes die de interacties van de garnalenvisserij met de ecosysteemaspecten weergeven (Tabel 4) andere getallen ingevuld zouden moeten worden.

In hoofdstuk 6.2.1 zal getracht worden om aan de hand van het schema zoals geschetst in Fig. 1 (hoofdstuk 2.2) na te gaan of met de matrixbenadering aangetoond kan worden dat cumulatie van effecten een wezenlijk probleem is in de Waddenzee.

6.1.3 Kartografische benadering

Bij de kartografische methode kan een aantal benaderingswijzen worden onderscheiden:

1. Alle ingrepen worden op kaart gebracht. Door bijv. rasteren wordt aangegeven in welk gebied ingrepen plaatsvinden en over welk

gebied de dosis van die ingrepen wordt toegediend. In een gebied als de Waddenzee, met zeer veel ingrepen die over een groot gebied plaatsvinden, zullen met deze benadering dikwijls grote gebieden zwart worden. Over de ernst van de cumulatie van effecten is echter weinig te zeggen.

2. Een duidelijker beeld wordt verkregen indien per type ingreep een kaart wordt gemaakt. Zodoende wordt een idee gekregen van de gebieden die al dan niet beïnvloed worden door één of meer ingrepen van een bepaald type. Een nadeel van deze methode is dat een cumulatie van effecten meestal niet duidelijk wordt.

3. Er kan ook worden uitgegaan van kaarten waarop alleen de effecten van ingrepen staan aangegeven. Daarbij worden alle ingrepen, die één bepaald effect teweegbrengen, op één kaart samengebracht. De grootte van het gebied waar en het tijdstip wanneer het effect optreedt moeten worden weergegeven. Op deze kaarten moet eventuele cumulatie duidelijker tot uiting komen dan in (1) en (2). De gegevens om effectenkaarten te kunnen maken zijn echter zeer beperkt.

De kartografische benadering volgens de derde methode geeft aan in welke gebieden cumulatie van effecten optreedt. De mate van cumulatie moet toch weer berekend worden door de effecten van verschillende ingrepen bij elkaar op te tellen (zie ook matrixbenadering). Als eerste fase in het onderzoek naar de grootte van cumulatie lijkt de kartografische methodiek echter zeer bruikbaar.

6.1.4 Systeemanalyse

Door middel van numerieke methoden kan de werking van een ecosysteem worden gesimuleerd. Modellen die de ontwikkeling van een ecosysteem met enige mate van zekerheid voorspellen zijn nog toekomstmuziek, maar modellen kunnen goede indicaties geven over de mate van samenhang van verschillende ecosysteemaspecten. Er kunnen in ieder geval indicaties worden verkregen over de aard van effecten t.g.v. bepaalde ingrepen.

In eerste instantie zijn hydrografische en

waterkwaliteitsmodellen nodig. Hiermee is in Nederland ruime ervaring. Daarna kunnen deze modellen uitgebouwd worden tot ecosysteemmodellen zoals bijvoorbeeld voor de Eems-Dollard gedaan is door de BOEDE-groep. Met dit BOEDE-model kunnen ingrepen in de Eems-Dollard worden gesimuleerd, waarna de effecten voorspeld kunnen worden. Momenteel wordt dit model aangepast voor de westelijke Waddenzee.

In hoeverre cumulatie van effecten van verschillende ingrepen d.m.v. modellen aangetoond kan worden is in de eerste plaats afhankelijk van onze kennis van de dosis-effectrelaties voor de verschillende ingrepen en in de tweede plaats van ons inzicht in de vraag op welke wijze verschillende effecten kunnen worden samengevoegd. Hiervoor is echter nog veel onderzoek noodzakelijk.

6.2 Voorbeelden van het optreden van cumulatie van effecten nader uitgewerkt

6.2.1 Matrix benadering

Om na te gaan of de methode zoals voorgesteld in hoofdstuk 6.1.2 ook in de praktijk uitvoerbaar is zullen nu enkele kolommen uit Tabel 4 van hoofdstuk 5.2 nader worden uitgewerkt. De witte vakjes in Tabel 4 slaan op de mogelijke en aannemelijke interacties met negatief effect. Interacties met nauwelijks of geen effect zijn zwart, evenals interacties die door reguleringen niet plaats vinden en interacties die om andere redenen (b.v. economische) niet te verwachten zijn. Tabel 4 gaat uit van de huidige situatie. Ingrepen die voortbouwen op eerdere ontwikkelingen of die gelijksoortige effecten hebben moeten bij het beoordelen van eventuele cumulatie echter wel worden meegenomen, ook al is het hokje in Tabel 4 zwart. Dat wil zeggen dat ingrepen uit het verleden (zoals inpolderingen en verontreinigingen) in een aantal gevallen nader gekwantificeerd moeten worden bij het bestuderen van het gecumuleerde effect.

Een tweetal voorbeelden zal nu nader worden uitgewerkt. Als eerste zal de cumulatie van de effecten van indijking van kwelders over een lange periode op de omvang van de kwelders worden uitgewerkt en daarna zal beschreven worden welke ingrepen een

effect hebben op de organismen levend in en op de bodem van de Waddenzee. Overigens geeft ook De Vlas (1985) een aanzet tot een dergelijke uitwerking.

Omvang van kwelders

Eén hokje uit de matrix uit hoofdstuk 5.2 (Tabel 4) wordt hier nader uitgewerkt. De ingreep is het indijken van kwelders en de beschouwde systeemeigenschap is de omvang van kweldergebieden. Om de effecten van nieuwe indijkingen van kwelders op de omvang van kwelders te kunnen beoordelen zijn de volgende twee vragen van belang:

1. Hoeveel is het kwelderareaal tot nu toe achteruitgegaan?
2. Hoe vergelijken we de effecten van een nieuwe indijking met die van de indijking van kwelders in het verleden?

Alvorens deze vragen te beantwoorden wordt aan de hand van de theoretische beschouwing in hoofdstuk 4.2 hier aangenomen dat de cumulatie van de effecten van indijking van kwelders op zowel hetzelfde als op verschillende tijdstippen kan worden vastgesteld door optelling. Het effect van indijking op de omvang van de Waddenzee is oppervlaktevermindering.

De huidige kwelderoppervlakte in de Nederlandse Waddenzee is 85 km². In Tabel 8 wordt de totale oppervlakte ingepolderde kwelder over de afgelopen 50 jaar gegeven. Hoewel herstel van de oorspronkelijke kwelder na de ingreep niet plaatsvindt (hoofdstuk 5.2, tabel 7), vindt er wel aanwas van nieuwe kwelders plaats (dat als effect een vermindering van de omvang van droogvallend wad heeft, doch dat wordt hier buiten beschouwing gelaten). Deze aanwas zou op de getallen in Tabel 8 in mindering moeten worden gebracht om het netto effect op de omvang van kwelders te kunnen berekenen.

Het zou handig zijn over een maat te beschikken, waarin zowel het gebiedsverlies, de aanwas van kwelders als de oppervlakte van het totale getijdegebied zit verwerkt. Die maat is gevonden in het percentage dat kwelders vormen van het totale getijdegebied. In Tabel 9 is die waarde voor twee verschillende jaren voor een aantal gebieden vergelijkbaar met de nederlandse Waddenzee berekend. Het

Ingedijkte kwelders in km²

1932-1962	12)	
1963-1985	10)	31
gepland	9)	

Tabel 8. Indijkingen van kwelders in de nederlandse Waddenzee (naar Dijkema, 1984).

		1970	1987
Waddenzee	Denemarken	10,3	9,5
	Sleeswijk-Holstein	4,0	2,5
	Nedersaksen	5,8	5,5
	Nederland	3,5	3,1
ZW Nederland	Oosterschelde	4,0	1,5
	Westerschelde	10,1	8,4
Groot Britannië	The Wash	7,4	

Tabel 9. Oppervlakte van kwelders als % van het totale getijdengebied.

aandeel kwelder blijkt te variëren van 6-10% voor gebieden met weinig indijking tot 1,5-4% voor gebieden waar veel is bedijkt. Voor een Brits getijdgebied wordt een vergelijkbaar getal gevonden. In gebieden met forse bedijkingen (Sleeswijk-Holstein en Oosterschelde) is de waarde in een betrekkelijk korte periode van 17 jaar zeer duidelijk afgenomen.

	ca.	1000	1400	1600	1800	1900	nu*
Nederlandse Waddenzee							
opp. kwelders (km ²)		360	280	200	180	70	85
aandeel kwelders (%)		10	9	7	7	3	3,4
Internationale Waddenzee							
opp. kwelders (km ²)		2400	1500	650	350	270	350
aandeel kwelders (%)		19	14	7	4	3	4,5

Tabel 10. Schattingen van de oppervlaktes kwelders en het aandeel kwelders t.o.v. totale getijdengebied vanaf de Middeleeuwen tot nu (naar een kaart met bedijkingen in de Waddenzee; Verhoeven, 1976).

*= gemeten van vegetatiekaarten.

Om de effecten van indijkingen van kwelders over een langere periode vast te stellen, zijn schattingen gemaakt van het aandeel kwelders in de Waddenzee van de Middeleeuwen tot nu. Door onnauwkeurige kartografie en twijfels over de weergave van de kwelders is het gebruik van oude kaarten niet zonder meer mogelijk. Daarom is een overzichtskaart van Verhoeven (1976) als uitgangspunt genomen. Daarop staan alle bedijkingen in de Waddenzee vanaf de Middeleeuwen aangegeven. Omdat als regel in de Waddenzee steeds de nieuw aangewassen kwelders zijn bedijkt, kan de oppervlakte van deze bedijkingen als een schatting van het kwelderoppervlak in de voorliggende periode worden gebruikt (Tabel 10). De getallen moeten als een ruwe indicatie van de werkelijke situatie worden gezien. In de tabel kunnen drie fasen worden onderscheiden: (1) de bedijking van het oude land en van grote inbraken van de zee (voor 1400); in de uitgangssituatie is de oppervlakte en het aandeel kwelder vele malen groter dan nu, overigens is dit deel van de tabel het minst betrouwbaar als gevolg van de grote tijdsperiode en de snelle aanwas in deze fase; (2) de periode van de regelmatige bedijkingen van aangewassen kwelders (1600-1800), waarin de oppervlakte en het aandeel kwelders geleidelijk verder vermindert; en (3) de periode

van de grootschalige bedijkingen van kwelders en wadgebieden (de laatste 100 jaar), waarin de oppervlakte en het aandeel van kwelders ongeveer de helft is van die in fase 2. De toename van de kwelders tussen 1900 en nu is het gevolg van de aanwas van kunstmatige kwelders met behulp van landaanwinningswerken en stuifdijken.

Met deze gegevens kan het effect van een eventuele nieuwe indijking van kwelders met de effecten van indijkingen in het verleden worden vergeleken. Uitgegaan wordt van de nederlandse Waddenzee met de huidige omvang en bedijkingen langs de randen. Binnen dit kader wordt in de Beheersvisie voor de Waddenzee gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijke Waddenzee met een evenwichtige verdeling van de milieutypen. Hiervoor is aannemelijk gemaakt (Tabel 9 en het betrouwbaarste deel van Tabel 10) dat in een dergelijke situatie het aandeel kwelders zeer globaal 6-7 % zou kunnen bedragen, dat is ongeveer 6,5 % van 2500 km² = 160 km² kwelder. Momenteel wordt 85 km² kwelder aangetroffen (nog inclusief 9 km² binnenkort te bedijken zomerpolders in Friesland). Het globale tekort van 75 km² kwelder is ontstaan door cumulatie van de effecten van indijkingen over een lange periode. Zonder landaanwinningswerken en stuifdijken zou het tekort aan kwelders in de nederlandse Waddenzee nog minimaal 50 km² groter zijn geweest.

Deze beschouwing over de omvang van kwelders tegen de achtergrond van het begrip cumulatie zou voor het beleid tot de volgende konklusies kunnen leiden:

1. Tot het herstel van een evenwichtige verdeling van milieutypen is ingetreden, wordt elke inpoldering afgewezen. Voor een eventueel herstel moet in een termijn van enkele eeuwen worden gedacht. In het konkrete geval van 9 km² zomerpolders in Friesland had op grond van deze kennis herstel van de kwelders door afgraven van de zomerkaden meer voor de hand gelegen dan indijking.
2. Het merendeel van de kwelders is direkt kunstmatig (door landaanwinningswerken langs de vastelandkust) of indirekt kunstmatig (door stuifdijken op de eilanden) tot stand gekomen. In het algemeen zouden deze kwelders door een zorgvuldig beheer in stand moeten worden gehouden als compensatie voor het tekort aan kwelders. Plaatselijke aangroei en afslag moeten daarbij als een gegevenheid van een zo natuurlijke mogelijke Waddenzee worden

geaccepteerd.

3. Verdere aanwas van kunstmatige kwelders is technisch goed mogelijk. Vanuit de doelstelling van een zo natuurlijk mogelijke Waddenzee is dat op grote schaal echter niet wenselijk, maar plaatselijk kan het goede compensatie bieden voor bijvoorbeeld als gevolg van dijkophogingen verloren gegane kwelders.

Organismen van de bodem

In dit voorbeeld zal één hele kolom uit de matrix van Tabel 4 in hoofdstuk 5.2 nader worden uitgewerkt. Met organismen van de bodem wordt een grote verscheidenheid van organismen bedoeld. In eerste instantie natuurlijk organismen die in of op de bodem leven (bacteriën, microfauna, meiofauna, macrofauna en phytobentbos), maar ook dieren die direct van deze dieren afhankelijk zijn (vogels, bodemvis, garnalen enz.). Het is in dit voorbeeld mogelijk vele ingreep-effectrelaties goed te kwantificeren. Omdat het belang van deze rapportage vooral is de problematiek duidelijk te maken, wordt echter van deze kwantificering afgezien.

Binnen de Waddenzee wordt een aantal deelgebieden onderscheiden. Elk deelgebied wordt gedomineerd door zijn eigen zeegat en gescheiden van andere deelgebieden door wantijen. Het is dus mogelijk elk deelgebied afzonderlijk te bestuderen. In dit voorbeeld zal het gedeelte van de westelijke Waddenzee dat beheerst wordt door het zeegat van Texel nader worden bekeken. De verschillende ingrepen uit Tabel 4 zullen per groep worden behandeld. De groepsindeling is weergegeven in Tabel 1 in hoofdstuk 5.2.

In het te beschouwen gebied vinden reeds sinds mensenheugenis ingrepen plaats. We zullen eerst nagaan welke ingrepen van hetzelfde type tot nu toe een duidelijke cumulatie vertonen (A uit Fig. 1 in hoofdstuk 2). Als eerste belangrijke ingreep komen de diverse indijkingen aan de orde. Hier moeten de polders in de kop van Noord-Holland en op Texel worden genoemd. Een groot gebiedsverlies is verder opgetreden door de afsluiting van de Zuiderzee. Het is te berekenen hoe groot de verliezen aan bodemorganismen door deze ingrepen zijn geweest. De ondiepe

kustgebieden en kwelders die ingepolderd zijn waren voor de bodemorganismen onder meer belangrijk door de mineralisatie van organisch materiaal (o.a. door bacteriën) en als opgroeigebied voor jonge stadia.

Er zijn geen ingrepen uit de tweede groep van Tabel 4 die tot nu toe duidelijk cumulatie van effecten op de bodemfauna vertonen. De nutsleiding voor aardgas naar Texel heeft wellicht een effect gehad tijdens de aanleg, maar dat was een eenmalige ingreep waarvan de effecten inmiddels zijn verdwenen. Het op diepte houden van vaargeulen kan gezien worden als een permanente ingreep en moet dus behandeld worden onder C (Fig. 1). Hetzelfde geldt voor de ingrepen die beschreven zijn in de derde en vierde groep van Tabel 4. De in de vijfde groep genoemde ingrepen slaan op verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden en er wordt van uitgegaan dat dat geen directe invloed heeft op de organismen van de bodem.

Omdat onder A (Fig. 1) eigenlijk maar één type ingreep relevant was, hoeft B niet verder behandeld te worden.

Nu kunnen we ons richten op de momenteel optredende ingrepen van hetzelfde type (C uit Fig. 1). Door de dijkverzwaring langs het Balgzand gaat een strookje wad verloren en bij Harlingen bestaan plannen voor het opspuiten van een strand. Uit de tweede groep kunnen de ingrepen kunstmatige vaargeulen en ontgrondingen worden genoemd. Momenteel worden de vaargeul naar Den Oever en de ingangen van de havens van Den Helder en Harlingen gebaggerd. Het effect hiervan is vrij goed te bepalen. Zandwinning vindt plaats in de omgeving van Den Helder. Ook hiervan is het effect redelijk nauwkeurig te bepalen.

Onder de derde groep wordt in Tabel 4 een aantal ingrepen genoemd die op een aantal plaatsen binnen het studiegebied van belang kunnen zijn. Calamiteiten met olie kunnen overal voorkomen en zijn mogelijk niet effectief te bestrijden. De gevolgen hangen af van de grootte van de calamiteit, maar zijn in elk geval ernstig. Systeemvreemde stoffen worden overal geloosd waar lozingspunten van zoet water aanwezig zijn en komen ook via de Rijn en het kustwater de Waddenzee binnen. Directe effecten op de groei of overlevingskansen van bodemorganismen zijn niet bekend, maar door ophoping in de voedselketen kunnen effecten optreden op wadvogels. Bij lozingen van systeemeigen stoffen kan gedacht worden

aan nutriënten die met het zoete water geloosd worden. Deze nutriënten zouden in het kustwater een verhoogde produktie van het phytoplankton kunnen geven, maar in de Waddenzee zijn nutriënten niet beperkend en daardoor is er geen effect. Koelwater wordt alleen geloosd op Texel en heeft misschien enige invloed op de organismen van de wadbodem. In het opgewarmde water blijken bijvoorbeeld grote japanse oesters voor te komen. Deze niet inheemse soort plant zich normaal niet voort in de Waddenzee, maar in warme zomers kunnen larven die afkomstig zijn uit Oudeschild, zich in de Waddenzee vestigen. De ernst van dit probleem is niet onderzocht, doch is vermoedelijk gering.

Er zijn effecten op bodemorganismen door het storten van baggerslib. Storten in het Marsdiep ter hoogte van Den Helder zal nauwelijks effect hebben door het ter plaatse nauwelijks voorkomen van bodemorganismen, maar baggerspecie uit Harlingen wordt o.a. gestort tussen Harlingen en Roptazijl waar wel bodemorganismen voorkomen.

In het stroomgebied van het Marsdiep vinden op een aantal plaatsen lozingen van zoetwater plaats. De hoeveelheden van de meeste lozingspunten vallen in het niet bij de lozing uit de sluizen van het IJsselmeer. Door de lozingen zullen de vestigings-, groei- en overlevingsmogelijkheden van een aantal soorten negatief beïnvloed worden.

De kokkelvisserij, de machinale pierenstekerij en de zager- en pierenwinning met de hand hebben een direct effect op de bodemorganismen op de plaats van de ingreep. Het totale effect kan met de momenteel beschikbare informatie redelijk goed gekwantificeerd worden. Het effect van de mosselcultuur op de bodemorganismen is wat ingewikkelder. Op de plaats van een mosselperceel verdwijnt de oorspronkelijke fauna, maar er komt een andere (rijkere) fauna voor in de plaats. De mosselen verbruiken echter grote hoeveelheden zuurstof en voedsel (phytoplankton) dat dan niet meer beschikbaar is voor ander bodembewoners. Ook worden grote hoeveelheden pseudofaeces geproduceerd, die een nog onbekend effect op de slibhuishouding van de Waddenzee hebben. Op de mosselschelpen vestigen zich organismen die van nature niet op de "zachte" Waddenzeebodem zouden voorkomen. Op het moment wordt door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer onderzoek uitgevoerd naar de

ecologische effecten van de mosselcultuur.

Door het bij elkaar voegen van de effecten van de verschillende typen ingrepen krijgt men een kwantitatief beeld van de totale invloed op het Marsdiep ecosysteem (D uit Fig. 1). Daarbij zal blijken dat ingrepen met een tijdelijk effect minder ernstig zijn.

In tegenstelling tot het simpele voorbeeld over de omvang van kwelders kunnen bij dit voorbeeld betreffende een hele kolom uit de matrix géén duidelijke beleidsconclusies worden getrokken. Elke ingreep op de organismen van de bodem blijkt apart te moeten worden bekeken. De effecten moeten worden gevoegd bij de al bestaande effecten van voorgaande en andere ingrepen. Het probleem van het kwantificeren van cumulatie van effecten wordt daarmee teruggebracht tot de kennis van de afzonderlijke dosis-effectrelaties. Omdat in de gevallen van dit voorbeeld tot nu toe geen versterking of verzwakking van de effecten zijn opgespoord, kunnen hier geen beleidsconclusies worden getrokken over maatregelen die voor deze gevallen dit speciale type van cumulatie zouden kunnen tegengaan.

6.2.2 Kartografische benadering

Aan de hand van een tweetal voorbeelden zal getracht worden na te gaan of het mogelijk is met deze methode het begrip cumulatie van effecten te verduidelijken. Zoals al bleek uit de beschrijving van de methoden in hoofdstuk 6.1.3 wordt het niet zinvol geacht kaarten te maken waarop alleen ingrepen aangegeven staan. Kaarten met de effecten van ingrepen zijn noodzakelijk.

Bij het eerste voorbeeld is voor het zeegat van het Vlie een kaart gemaakt waarop het effect verstoring van het gedrag van vogels en zeehonden is aangegeven (Fig. 15). Daar de kaart slechts als voorbeeld dient, zijn zowel werkelijk waargenomen gegevens als schattingen en gefingeerde gegevens gebruikt. Dit laatste geldt met name voor de dosis-effect relatie tussen de activiteiten en het gedrag van vogels.

Uit de kaart blijkt dat de verstoring wordt veroorzaakt door een aantal activiteiten, en dat in enkele gebieden sprake is van cumulatie omdat in die gebieden de effecten van verschillende

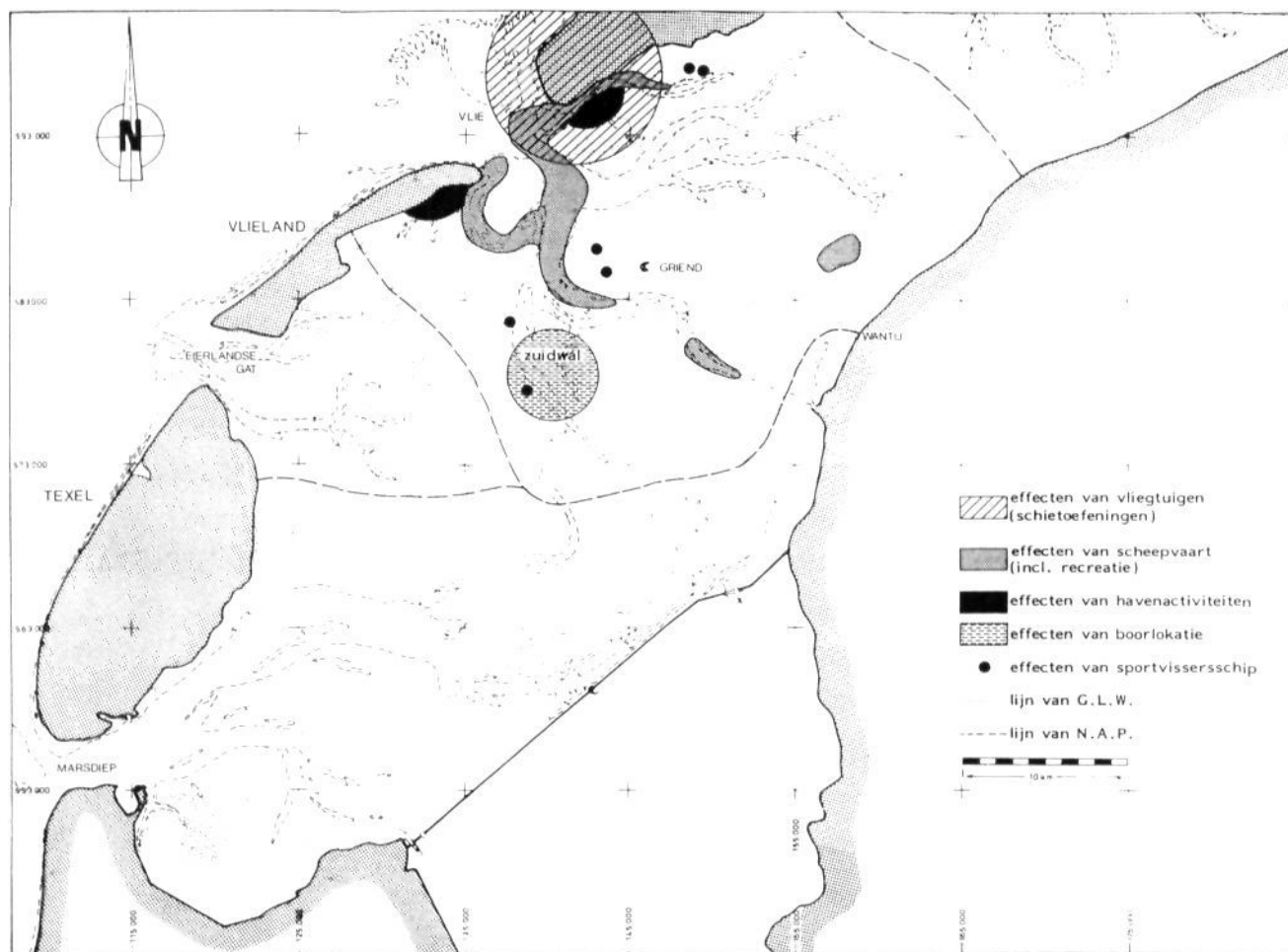


Fig. 15. Effecten van verschillende ingrepen in het stroomgebied van het Vlie, die verstoring veroorzaken.

ingrepen elkaar overlappen. Omdat deze kaart voor een groot deel gebaseerd is op de situatie van de middag van 23 juli 1980 (verspreiding van de vaartuigen rond laagwater (Bij & Dankert, 1981) kan voor elk ander moment een ander beeld ontstaan, mede door het steeds weer optreden van herstelprocessen. Voor een nadere kwantificering van het verstoringseffect kan echter met een dergelijke kaart als basis verder worden gewerkt.

Als tweede voorbeeld worden kartografisch alle effecten op de bodemfauna in het stroomgebied van het Marsdiep weergegeven, zoals eerder (hoofdstuk 6.2.1) is gedaan bij de matrixbenadering. Ook hier wordt ten dele met schattingen en gefingeerde gegevens gewerkt. Uit de kaart (Fig. 16) blijkt dat de effecten van een aantal ingrepen zonder problemen kartografisch weergegeven kunnen worden. In een aantal gebieden wordt cumulatie van effecten duidelijk zichtbaar, zoals in het gebied rond Den Oever. Dat is een voordeel ten opzichte van de matrixmethode. Als de kartografische benadering wordt vergeleken met de matrixbenadering worden ook enkele nadelen duidelijk. Bij de matrixbenadering worden enkele belangrijke ingrepen genoemd die effecten hebben op de bodemorganismen van het stroomgebied, en waarvan de effecten zich over het gehele in beschouwing genomen gebied voordoen. Kartografische weergave verduidelijkt weinig in deze gevallen. Indijkingen uit het verleden zouden nog wel aangegeven kunnen worden, zodat het echte gebiedsverlies duidelijk wordt. De secundaire effecten van inpolderingen zoals het verlies aan mineralisatiecapaciteit en daardoor minder nutriënten, minder phytoplankton en daardoor minder voedsel voor bodemfauna zijn echter veel minder gemakkelijk kartografisch weer te geven. Ook het effect van het verlies aan kinderkamergebied voor jonge bodemorganismen is moeilijk aan te geven omdat dit effect over het gehele gebied optreedt. Hetzelfde geldt voor de effecten van waterverontreiniging door de Rijn, calamiteiten met olie etc.

6.3 Kritische beschouwing van de verschillende benaderingen

Uit de gegeven voorbeelden blijkt dat de kartografische benadering een algemeen beeld geeft van de plaatsen waar de effecten optreden.

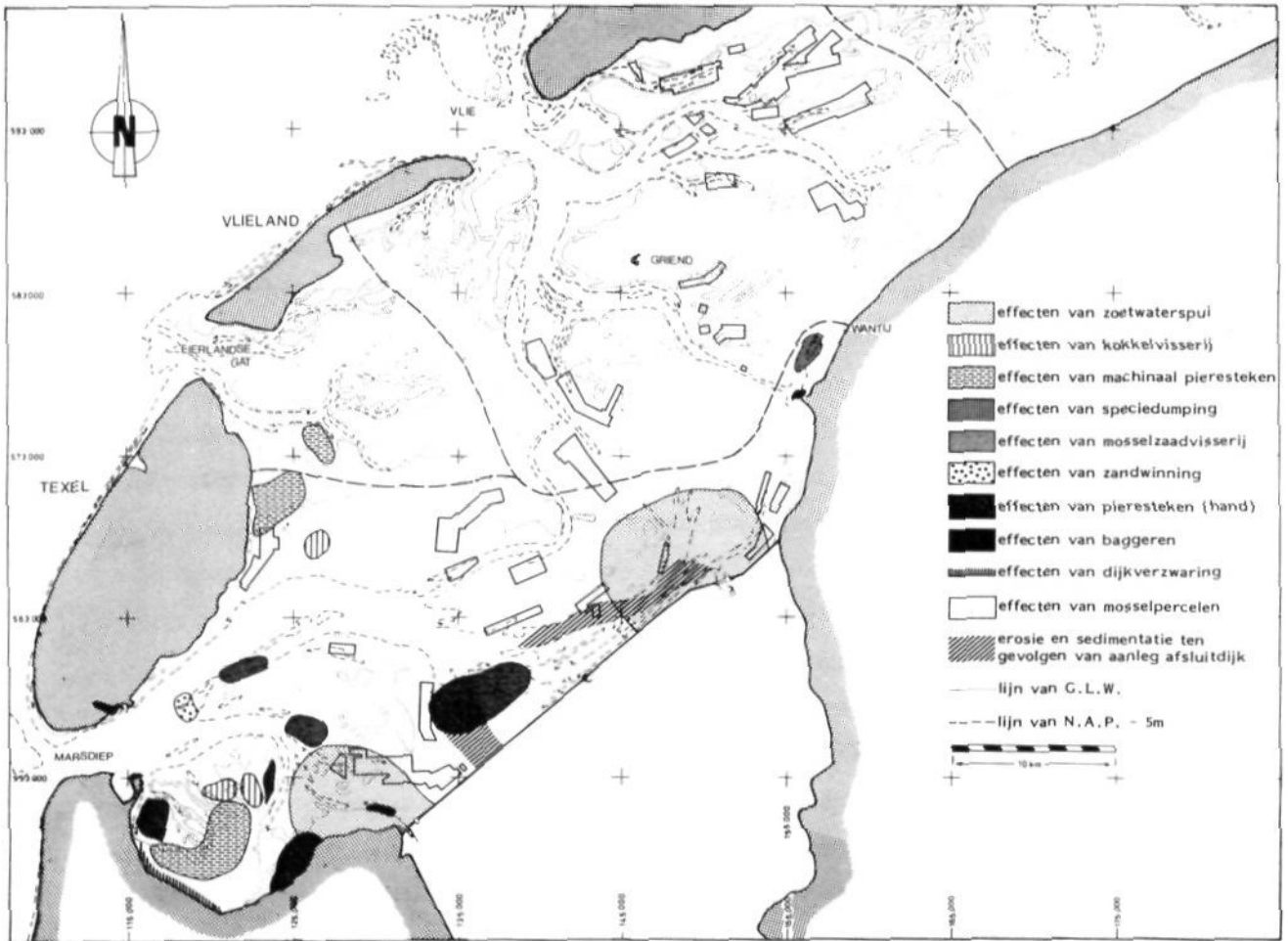


Fig. 16. Effecten van verschillende ingrepen op de bodemfauna in het stroomgebied van het Marsdiep.

Ingrepen buiten het beschouwde gebied die een effect hebben over het hele gebied (waterverontreiniging) geven bij de kartografische benadering echter geen duidelijk beeld. Het hele gebied zou dan gearceerd moeten worden. Voor het opsporen van cumulatie is dat geen bezwaar, voor het kwantificeren wel. De kartografische benadering lijkt vooral nuttig om de plaatsen op te sporen waar cumulatie van effecten optreedt voordat met de matrixbenadering wordt begonnen (met name de mogelijke gevallen van versterking of verzwakking bij ongelijksoortige ingrepen).

In deze studie is afgezien van het gedetailleerd in kaart brengen van de verschillende activiteiten in het hele Waddengebied zodanig dat door de besluitvorming rekening zou kunnen worden gehouden met de cumulatie van effecten (zie hoofdstuk 1.2). Daarbij speelde enerzijds mee dat dergelijke karteringen reeds eerder zijn uitgevoerd (Inventarisatierapport Interprovinciale Structuurschets voor het Waddenzeegebied, 1978; Mörzer Bruijns & Wolff, 1983), anderzijds dat actualisering van deze karteringen veel meer tijd zou vergen dan beschikbaar was, vooral als de effecten van de ingrepen in kaart gebracht hadden moeten worden.

Het blijkt dat de matrixbenadering kwantitatieve resultaten op kan leveren, mits alle effecten van ingrepen bij elkaar kunnen worden opgeteld. Het probleem is dan gereduceerd tot de kennis van de effecten van de afzonderlijke ingrepen. Door gebrek aan kennis op laatstgenoemd gebied blijft er dan toch nog sprake van een omvangrijk probleem. Soms zal rekening moeten worden gehouden met beperking van effecten door het bereiken van een plafond (100% niveau), maar als er goede kennis aanwezig is van het beschouwde gebied, zal dat over het algemeen geen grote problemen opleveren. Met de huidige kennis is het echter nauwelijks mogelijk om versterking of verzwakking van effecten te voorspellen, laat staan te kwantificeren. Na het samenvoegen van alle effecten zou de eindsituatie vergeleken kunnen worden met elk willekeurig peiljaar.

7 INDICATOREN VAN CUMULATIE?

7.1 Inleiding

Vanuit het beleid is het verschijnsel "cumulatie van effecten" op twee manieren te benaderen. In de eerste plaats kan men op grond van beschikbare informatie trachten te voorspellen waar en wanneer zich cumulatie van effecten zal voordoen en op basis van die voorspelling eventueel maatregelen nemen om nadelige effecten te voorkomen. Deze benadering, - die de voorkeur zou moeten hebben -, is onderzocht in de voorgaande hoofdstukken. In de gevallen dat cumulatie van effecten moeilijk en/of slecht te voorspellen is zal men moeten afwachten of het verschijnsel zich voordoet. Als dan de effecten negatief zijn, dient men maatregelen te nemen om de situatie weer terug te draaien. In alle gevallen is deze tweede benadering van belang: waar voorspellingen ontbreken, maar ook als controle van gedane voorspellingen.

Een negatieve beïnvloeding van de (eco)systemen in het waddengebied kan uitsluitend aan deze systemen zelf worden waargenomen. In laatstgenoemde benadering zal men daarom de toestand van deze systemen op één of andere manier moeten meten en in de tijd moeten volgen. Er zijn vele parameters die de toestand (van een gedeelte) van een (eco)systeem weergeven, doch om praktische redenen zal men zich willen beperken tot eenvoudig meetbare parameters die tegelijkertijd representatief zijn voor een zo groot mogelijk gedeelte van het (eco)systeem. Dergelijke parameters staan in het algemeen bekend als "indicatoren".

Als indicator kan in principe elke eigenschap van het wadden(eco)systeem dienen, waarbij het begrip "eigenschap" zeer ruim moet worden genomen. Bijvoorbeeld, het fosfaatgehalte van het Waddenzeeewater is een eigenschap, doch het aantal overwinterende eidereenden en de oppervlakte van de wilde mosselbanken zijn ook eigenschappen.

Terzijde zij opgemerkt dat de eigenschappen van de Waddenzee die als indicator kunnen worden gehanteerd, ook kunnen worden gebruikt bij het voorspellen van effecten, bijvoorbeeld in een milieu-effectrapportage. Men kan dan trachten te voorspellen hoe

deze indicatoren zullen reageren op een ingreep. Daarbij moet worden aangetekend dat, indien een voorspelling voor deze indicatoren mogelijk is, deze in het algemeen ook mogelijk zal zijn voor andere eigenschappen van de Waddenzee.

Tot hertoe is sprake van indicatoren die aanwijzingen geven over de toestand van de wadden(eco)systemen. Verandering van de door de indicator aangewezen waarde duidt dan op veranderingen in de toestand van het (eco)systeem, al dan niet door invloeden van buitenaf. Op het land zijn daarnaast indicatoren bekend, die uitsluitend door hun aanwezigheid duiden op het zich voordoen van een proces van verandering en die dus weer verdwijnen als de verandering ten einde is. Voor het waddengebied zijn dergelijke indicatoren niet bekend.

7.2 Mogelijk gebruik van indicatoren om cumulatie van effecten op te sporen

Er vanuit gaande dat bruikbare indicatoren zijn te vinden, veronderstelt het gebruik van indicatoren dat men de waarde van de indicator (bijv. het aantal individuen van een bepaalde vogelsoort) regelmatig "afleest" en dit in principe jaar in jaar uit volhoudt.

Indien de waarde van de indicatoren nu een grotere afwijking vertoont dan lijkt te kunnen worden verklaard door de natuurlijke fluctuaties of door wel bekende ingrepen, dient een nader onderzoek naar de oorzaak hiervan te worden ingesteld. Dit onderzoek kan dan leiden tot de conclusie dat een bepaalde menselijke ingreep de verandering van de indicator heeft veroorzaakt of, in bepaalde gevallen, dat een cumulatie van ingrepen heeft geleid tot een cumulatie van effecten.

Het gaat dus om een tweetrapsraket. Verandering van de indicator wijst op de noodzaak van nader onderzoek en het onderzoek kan leiden tot de conclusie dat er sprake is van cumulatie van effecten.

De praktijk heeft reeds aangetoond dat het gebruik van indicatoren kan werken. Zo wees de achteruitgang van verschillende soorten zeevogels in de zestiger jaren op vergiftiging van de Waddenzee met insecticiden (Koeman, 1971), terwijl de achteruitgang

van de zeehond fungeerde als indicator voor de aanwezigheid van PCB's (Reijnders, 1976, 1978, 1980).

Problemen bij het gebruik van dit type indicatoren zijn er echter ook. In de eerste plaats vertoont geen enkele indicator reacties die specifiek zijn voor één bepaalde ingreep. Daarnaast dient, voordat de indicator kan worden gebruikt, altijd de natuurlijke variatie te worden bepaald. Daarover is in de meeste gevallen nog te weinig bekend zodat daarvoor nog omvangrijke waarnemingsseries zouden moeten worden verzameld.

7.3 Eisen te stellen aan bruikbare indicatoren

De volgende eisen moeten worden gesteld aan in het waddengebied te gebruiken indicatoren:

- voorkomend in een groot deel van het waddengebied;
- representatief voor de wadden (eco)systemen, d.w.z. op dezelfde wijze reagerend als een groot deel van het (eco)systeem;
- reagerend op veranderingen in een groot deel van het (eco)systeem, d.w.z. er moeten vele relaties (bijv. voedselketens) bestaan tussen de indicatoren en de rest van het systeem;
- gevoelig voor veranderingen, d.w.z. de indicator dient sneller en/of uitgesprokener te reageren op veranderingen dan de rest van het systeem;
- geen grote natuurlijke fluctuaties van de waarde van de indicator;
- gemakkelijk en met relatief weinig kosten meetbaar;
- hoge betrouwbaarheid van de meetwaarden, d.w.z. een zo klein mogelijke variantie;
- aanwezigheid van waarnemingsseries uit voorafgaande jaren.

Het spreekt haast vanzelf dat er maar weinig indicatoren zullen zijn die aan al deze eisen voldoen, zodat gestreefd zal moeten worden naar indicatoren die aan zoveel mogelijk van genoemde eisen tegemoet komen.

7.4 Voorstel voor een aantal indicatoren

Door het Consulentenschap Natuur, Milieu en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw en Visserij in de Provincie Friesland wordt op het ogenblik een systeem van indicatoren bedoeld voor permanente monitoring ontwikkeld. Vooruitlopend hierop worden in dit rapport een aantal indicatoren genoemd, waarvan verwacht wordt dat zij bruikbaar zijn bij de bewaking van de kwaliteit van de Waddenzee als natuurgebied:

- Percentage kwelder van het totale oppervlak van het waddengebied voor zover buitendijks gelegen. Het is gebleken (Dijkema, in voorbereiding; zie ook hoofdstuk 6) dat er een min of meer vaste waarde voor dit percentage bestaat in weinig door de mens beïnvloede estuariene systemen. Historische gegevens zijn beschikbaar.
- Het zuurstofgehalte van het water. Het zuurstofgehalte wordt beïnvloed door alle belangrijke levensprocessen in het aquatische ecosysteem van de Waddenzee. Langjarige waarnemingsseries zijn beschikbaar.
- Het stikstofgehalte van het water. Het stikstofgehalte en de onderlinge verhouding van de verschillende stikstofverbindingen worden vooral beïnvloed door de (primaire) produktie en de afbraak van organisch materiaal. Langjarige waarnemingsseries zijn beschikbaar.
- Het fosfaatgehalte van het water. Het fosfaatgehalte wordt beïnvloed door de primaire produktie en de afbraak van organisch materiaal. Langjarige waarnemingsseries zijn beschikbaar.
- De oppervlakte bedekt door zeegrassen. Zeegrassen lijken sterk te reageren op fysische verstoringen van hun milieu.
- Het aantal broedparen van sterns (4 soorten) en meeuwen (4 soorten). Sterns en meeuwen hebben vele relaties met de rest van het ecosysteem en vooral sterns zijn gevoelig voor effecten van menselijke ingrepen (zie bijv. Koeman, 1971). Er bestaan lange waarnemingsseries.
- Het aantal zeehonden en de leeftijdsopbouw van de populatie. Als toppredator is de zeehond gevoelig voor vele veranderingen in het ecosysteem (Reijnders, 1980). Er bestaat reeds een lange

waarnemingsserie.

- Het aantal bruinvissen. Bruinvissen lijken nog gevoeliger te zijn dan zeehonden (Verwey & Wolff, 1981) en zijn op het ogenblik niet aanwezig. Terugkeer van de soort zou echter een goede indicatie van herstel van het waddensysteem kunnen zijn.

De lijst is beperkt gehouden om aan de criteria in hoofdstuk 7.3 te kunnen voldoen. Dat heeft tot gevolg dat deze -voorlopige- lijst niet representatief is voor alle ecosysteemaspecten van de Waddenzee (zie Tabel 1 in hoofdstuk 5.2). Tevens blijkt dat niet gedacht wordt aan het gebruik van organismen om daarin het gehalte aan verontreinigingen te meten. Deze benadering kan weliswaar zeer bruikbaar zijn bij het bewaken van de waterkwaliteit, doch is minder effectief bij de bewaking van de kwaliteit van de Waddenzee als natuurgebied.

8. HET BELANG VAN HET BEGRIIP CUMULATIE VOOR HET BELEID

8.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat aan het begrip cumulatie van effecten een concrete inhoud kan worden gegeven. Hiermee is de ongrijpbaarheid van het begrip deels te niet gedaan en is het hanteerbaar geworden voor het beleid.

Het is ook gebleken dat cumulatie van effecten in vele vormen voorkomt. Sommige daarvan, zoals bijvoorbeeld het effect van elkaar opvolgende inpolderingen op het kwelderareaal in de Waddenzee, zullen voor een ieder zonder meer duidelijk zijn; andere, zoals bijvoorbeeld het gecombineerde effect van PCB's en rustverstoring op de levenskansen van jonge zeehonden, doen zich in eerste instantie voor als onverklaarbaar effect en worden pas duidelijk na gedetailleerde studie.

Een belangrijke consequentie hiervan is dat nieuwe ingrepen niet afzonderlijk mogen worden bekeken, doch steeds in samenhang met alle andere aan de orde zijnde ingrepen moeten worden beoordeeld.

Cumulatie van effecten blijkt, als uitgegaan wordt van de PKB-doelstelling dat de Waddenzee in de eerste plaats als natuurgebied moet worden beschouwd, reeds tot onrustbarende resultaten te hebben geleid. Voorbeelden zijn de huidige lage stand van de zeehondenpopulatie en het vrijwel ontbreken van zeehonden in de westelijke Waddenzee, de biologische armoede van de aquatische levensgemeenschap in het Eems-Dollardestuarium en het naar verhouding zeer geringe areaal aan kwelders in de Waddenzee.

Welke aspecten van het begrip cumulatie van effecten zijn nu in de toekomst van belang voor het beleid? Aangenomen mag worden dat de volgende vragen in elk geval een rol spelen:

1. Hoe moeten de effecten van een nieuwe ingreep worden vergeleken met die van gelijktijdige of al eerder gedane ingrepen?
2. Bestaat de kans dat de effecten van een nieuwe ingreep en de effecten van andersoortige, te zelfdertijd plaatsvindende ingrepen elkaar wederzijds versterken?
3. Kunnen verschillende noodzakelijk geachte ingrepen zodanig worden gecombineerd dat het gecumuleerde effect beperkt blijft?

4. Kan cumulatie van effecten van te voren worden voorspeld of moet die achteraf worden opgespoord?

8.2 Vergelijking van nieuwe ingrepen met gelijksoortige ingrepen

Zoals in Tabel 7 in hoofdstuk 5.2 is aangegeven, zijn de effecten van vele soorten ingrepen na kortere of langere tijd door herstelprocessen verdwenen. De effecten van een nieuwe ingreep behoeven daarom slechts te worden vergeleken met die van ingrepen met permanente of zeer langdurige effecten en met de effecten van ingrepen die zeer regelmatig terugkeren en die daarvoor a.h.w. permanente effecten hebben (zie Tabel 5 in hoofdstuk 5.2).

Ingrepen met permanente effecten zijn er slechts weinig. Als zodanig kunnen worden beschouwd inpolderingen en andere waterbouwkundige werken (bijv. zomerdijken, de Pollendam). Van zeer langdurige effecten zou sprake kunnen zijn bij bepaalde vormen van verontreiniging (bijv. een grootschalige olieramp of het voorkomen van PCB's). Gezien de redenering in hoofdstuk 4 is het aannemelijk dat we de effecten van gelijksoortige ingrepen bij elkaar mogen optellen. Dat zal ook gelden voor inpolderingen en de aanleg van waterbouwkundige werken. Wel moeten we in het geval van inpolderingen de effecten van aanslibbing en landaanwinning gedeeltelijk weer van de som van de hiervoor genoemde optelling aftrekken. Aangezien het hier om een optelling zonder meer lijkt te gaan, vormt het peiljaar voor de beoordeling ook geen methodisch probleem. Dit kan vrij gekozen worden. Een nieuwe inpoldering in het noorden van Friesland kan dus worden afgezet tegen de Waddenzee van 1985, maar het is ook mogelijk om te vergelijken met bijvoorbeeld de Waddenzee van 1885 en alle sinds die tijd gedane inpolderingen mee te laten wegen, bijvoorbeeld in de vorm van de in totaal sinds dat tijdstip ingepolderde oppervlakte.

Voorbeelden van zeer regelmatig weerkerende ingrepen zijn het onderhoud van havens en geulen, de visserij en de recreatie. Elke afzonderlijke visser of recreant brengt een relatief geringe ingreep met zich mee, waarop ook weer snel herstel volgt. Door hun steeds weerkerende activiteiten en door hun aantal wordt er echter toch een voortdurende druk op het gebied gelegd. In deze gevallen

echter behoeft er wegens het snelle herstel geen rekening te worden gehouden met de ingrepen uit het verleden. Een nieuwe ingreep (bijv. toeneming van de recreatievaart) kan eenvoudig worden opgeteld bij wat al aanwezig is (bijv. de reeds bestaande recreatievaart). In dit type gevallen is het peiljaar dus de aktuele situatie.

8.3 Versterking van effecten door combinatie van ongelijksoortige ingrepen?

In paragraaf 8.2 is ingegaan op de mogelijkheid om effecten van verschillende ingrepen bij elkaar op te tellen.

Uit de daaraan voorafgaande hoofdstukken blijkt echter dat ook versterking van effecten door combinatie van ongelijksoortige ingrepen een reële mogelijkheid is. Uit de toxicologische literatuur zijn vele voorbeelden van laboratoriumexperimenten bekend waarin combinaties van toxische stoffen gezamenlijk een groter effect hadden dan de som van de effecten van elke stof afzonderlijk. Voor de Waddenzee is tot dusver voor slechts één geval waarschijnlijk gemaakt dat zich versterking van effecten voordoet. Dat is de al eerder genoemde gecombineerde invloed van PCB's en rustverstoring op jonge zeehonden. Het is echter aannemelijk dat er meer van dergelijke gevallen spelen. Voor nader onderzoek lenen zich bijvoorbeeld het gecombineerde effect van troebeling door baggerwerken en waterverontreiniging door lozingen op de aquatische levensgemeenschappen in het Eems-Dollardestuarium, het gecombineerde effect van waterverontreiniging en verstoring van de broedplaatsen op de populatie van de dwergstern en het gecombineerde effect van overbevissing, introductie van genetisch afwijkende dieren en afsluiting van de Zuiderzee op de (inmiddels uitgestorven) populatie van de Waddenzee-oester. In al deze en andere gevallen ontbreekt echter voldoende diepgaand onderzoek om de versterking van effecten eenduidig aan te tonen.

Is het al moeilijk om versterking van effecten achteraf aan te tonen, vrijwel onmogelijk wordt het om deze van te voren te voorspellen. Slechts in uitzonderlijke gevallen zal deze mogelijkheid zich bij zeer goed onderzochte onderdelen van het

ecosysteem voordoen.

Hoewel het bovenstaande aanleiding vormt om het verschijnsel van versterking van effecten zeer zorgvuldig te benaderen, blijven er slechts weinig mogelijkheden over om greep te krijgen op dit verschijnsel. Het achterwege laten van elke nieuwe ingreep biedt maximale zekerheid dat versterking van effecten wordt voorkomen. Daarbij moet vooral aan ingrepen met min of meer permanente effecten worden gedacht. Waterverontreiniging bergt waarschijnlijk het grootste gevaar van versterking van effecten in zich (zie ook De Vlas, 1985). Terugdringing daarvan lijkt daarom ook het eerst in aanmerking te komen om cumulatie van effecten tegen te gaan.

Een andere benadering vormt het opzetten van een systeem van indicatoren, die d.m.v. monitoring vroegtijdig versterking van effecten kunnen signaleren (zie hoofdstukken 7 en 8.5). Versterking van effecten zal hiermee niet kunnen worden voorkomen, doch wel is hierdoor de mogelijkheid geschapen deze te signaleren en vervolgens terug te draaien.

8.4 Beperking van effecten van nieuwe ingrepen

Beperking van effecten van nieuwe ingrepen is aannemelijk wanneer verschillende ingrepen in hetzelfde gebied plaatsvinden en de afzonderlijke effecten opgeteld meer dan 100% van het maximaal mogelijke effect omvatten (zie hoofdstuk 4.3). Dit biedt een duidelijk aanknopingspunt voor het beleid want het betekent dat het concentreren van activiteiten in bepaalde gebieden netto minder effect op de Waddenzee heeft dan wanneer men ze over het gebied zou verspreiden. Er is echter geen onderzoek gedaan om deze veronderstelling te toetsen.

Bij dergelijke combinaties van activiteiten of ingrepen moet men er echter rekening mee houden dat het hier in de eerste plaats moet gaan om activiteiten met gelijksoortige effecten. Bij combinaties van ingrepen met ongelijksoortige effecten loopt men altijd het risico van versterking van effecten.

Wel moet worden aangetekend dat het terugdringen van effecten door het verwijderen van activiteiten uit dergelijke gebieden moeilijker wordt omdat ondanks het wegnemen van een activiteit de

overige activiteiten toch nog een 100% effect kunnen hebben.

8.5 Voorspellen en opsporen van cumulatie van effecten

Het opsporen van cumulatie van effecten kan op verschillende wijzen worden aangepakt.

Bij ingrepen met gelijksoortige effecten is het, mits voldoende kennis over de ingreep-effectrelatie bestaat, mogelijk het gecumuleerde effect te bepalen of te voorspellen door optelling van de effecten van de afzonderlijke ingrepen (zie hoofdstukken 4.2, 4.3 en 6). Ook bij ingrepen met ongelijksoortige effecten die elkaar niet overlappen, lijken daartoe mogelijkheden te bestaan (zie hoofdstukken 4.4 en 6.2).

Bij ingrepen met ongelijksoortige effecten in hetzelfde gebied doet zich echter de mogelijkheid van versterking of verzwakking van effecten voor en zoals gesteld in de hoofdstukken 4.5 en 8.3 zal dat met de huidige kennis nog niet of nauwelijks te voorspellen zijn. Enig inzicht kan echter worden verkregen door een kartografische benadering (hoofdstuk 6.2.2) en wellicht aangevuld door een matrixbenadering, doch door gebrek aan kennis zal dit nog niet veel kunnen opleveren. Voorlopig zal in deze gevallen het voorspellen van cumulatie van effecten ontoereikend zijn, met name als versterking een rol speelt. Men zal dan zijn toevlucht moeten zoeken tot het achteraf opsporen hiervan d.m.v. monitoring van een aantal indicatoren (hoofdstuk 7, zie ook 8.3).

Overigens moet worden vastgesteld dat, - waar voorspelling van cumulatie van effecten pas mogelijk wordt als voorspelling van effecten van afzonderlijke ingrepen kan worden uitgevoerd -, het noodzakelijk is dat veel meer aandacht wordt besteed aan het beschrijven en kwantificeren van ingreep-effectrelaties. Daarbij hebben gevallen waarvan verwacht wordt dat ze een rol spelen bij cumulatie van effecten, zoals waterverontreiniging, de hoogste prioriteit. Hier ligt voorlopig de grootste "bottle-neck" bij de voorspelling van de cumulatie van effecten.

9. GEWENST VERDER ONDERZOEK

De voorliggende studie moet worden beschouwd als niet meer dan de verkenning van een buitengewoon ingewikkeld probleem. Om meer greep op het verschijnsel cumulatie van effecten te krijgen zijn tenminste de volgende studies nog noodzakelijk:

a. Ontwikkeling van een systeem van indicatoren om de kwaliteit van de Waddenzee als natuurgebied te kunnen meten en in de tijd te kunnen volgen. Hiermee is een begin gemaakt door het Consulentenschap Natuur, Milieu en Faunabeheer in Friesland van het Ministerie van Landbouw en Visserij. In het Waterkwaliteitsplan Waddenzee van de Rijkswaterstaat wordt een systeem van indicatoren voor de waterkwaliteit in ruime zin voorgesteld, dat een onderbouwing vormt van het eerstgenoemde systeem.

b. Het opstellen van een lijst van de meest waarschijnlijke gevallen van cumulatie van effecten, die in de Waddenzee een rol zouden kunnen spelen. Deze lijst geldt als prioriteitsstelling voor de volgende studies.

c. Voortzetting van het onderzoek ter beschrijving en kwantificering van ingreep-effectrelaties. Het Rijksinstituut voor Natuurbeheer en de Rijkswaterstaat besteden hier reeds veel aandacht aan.

d. Nader onderzoek naar de aard, de omvang en de snelheid van herstelprocessen na ingrepen in het Waddenzee (eco)systeem. Het Rijksinstituut voor Natuurbeheer besteedt hier reeds aandacht aan, doch vergelijkbaar onderzoek vindt ook wel plaats bij andere instellingen.

e. Ontwikkeling van mathematische ecosysteemmodellen waarin de effecten van ingrepen kunnen worden gesimuleerd. Dit onderzoek vindt thans ondermeer plaats in het kader van SEON (Stuurgroep Integraal Ecologisch Onderzoek Noordzee en Waddenzee).

f. Een verdere theoretische benadering van het begrip cumulatie van effecten.

g. Voortgezet onderzoek naar methoden om cumulatie van effecten te kunnen meten en te kunnen voorspellen.

10. GECITEERDE LITERATUUR

- Anderson, P.S. & S. d'Apollonia, 1978. Aquatic animals. In: G.C. Butler (ed.). Principles of ecotoxicology. Wiley, Chichester: 187-222.
- Anon., 1978. De interprovinciale Strukturschets voor het Waddenzegebied. Deel 1: Inventarisatierapport. Provincies Friesland, Groningen en Noord-Holland. 110 p.
- Anon., 1981. Gutachten zur geplanten Vordeichung der Nordstrander Bucht. Schriftenreihe der Landesregierung Schleswig-Holstein 12: 175-196.
- Anon., 1984. Inventarisatie van de beheerstaken in het Waddengebied. Coördinatiecollege Waddengebied, Tripartite werkgroep "Beheer Waddenzee".
- Augst, H.-J. & M.A. Binsbergen, 1983. Hunting in the Wadden Sea area. In: M.F. Mörzer Bruyns & W.J. Wolff. Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam: 75-83.
- Bakker, D., 1958. Van Zuiderzee tot IJsselmeer, botanisch beschouwd. *Natura* 55 (51): 91-94.
- Bakker, C., 1964. Planktonuntersuchungen in einem holländischen Meeresarm vor und nach der Abdeichung. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* 10: 456-472.
- Bakker, C., 1972. Milieu en plankton van het Veerse meer, een tien jaar oud brakwatermeer in Zuidwest-Nederland. *Meded. Hydrobiol. Ver.* 6: 15-38.
- Bakker C. & F. Vegter, 1978. General tendencies of phyto- and zooplankton development in two closed estuaries (Lake Veere and Lake Grevelingen) in relation to an open estuary (Eastern Scheldt) S.W. Netherlands. *Hydrobiol. Bull.* 12: 226-245.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J.L. van Zadelhoff, 1979. Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen. 201 p.
- Bakker, J.P., 1985. The impact of grazing on plant communities, plant populations and soil conditions on salt marshes. *Vegetatio* 62: 391-398.

- Baptist, H.J.M. & P.L. Meininger, 1984. Ornithologische verkenning van de voordelta van zuidwest-Nederland, 1975-1983. Nota DDMI - 83.19, Middelburg. 85 p.
- Beaufort, L.F. de, 1954. Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932. Ned. Dierkundige Ver., Den Helder. 359 p.
- Beeftink, W.G., 1967. Veranderingen in bodem en vegetatie van de voormalige slikken en schorren langs het Veerse Meer. Driemaand. Ber. Deltawerken 41: 2-8.
- Beeftink, W.G., M.C. Daane & W. de Munck, 1971. Tien jaar botanisch-oecologische verkenningen langs het Veerse Meer. Natuur en Landschap 25: 50-65.
- Beeftink, W.G., 1975. The ecological significance of embankment and drainage with respect to the South-West Netherlands. J. Ecol. 63: 423-458.
- Beeftink, W.G., 1977. Salt marshes. In: R.S.K. Barnes (ed.). Handbook on the applied ecology and management of the coastline. Wiley, Chichester: 93-121.
- Beeftink, W.G., M.C. Daane, W. de Munck & J. Nieuwenhuizen, 1978. Vegetation dynamics in salt marshes as a consequence of some traditional cultural practices of men. Phytocoenosis 7: 279-298.
- Beeftink, W.G., 1979. The structure of salt marsh communities in relation to environmental disturbances. In: R.L. Jefferies & A.J. Davy. Ecological processes in coastal environments. Blackwell, Oxford: 77-93.
- Bennema, Floris, 1979. Jongenproductie door scholeksters in de Paesenerpolder. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Werkdokument 1979-285 Abw.. 84 p.
- Bergman, M. & N. Dankers, 1978. De ecologische consequenties van het omleggen van de Eems door de Dollard. RIN-rapport, Texel. 128 p.
- Bergman, M., 1982. Gedrag, bestrijding en biologische effecten van olie in estuariene gebieden. I. Literatuuroverzicht. RIN-rapport 82/18. 420 p.
- Bergman, M., 1983. Gedrag, bestrijding en biologische effecten van olie in estuariene gebieden. II. Olie in de Waddenzee. RIN-rapport 83/22. 97 p.
- BOEDE, 1983. Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium. BOEDE

- publicaties en verslagen 1983 (1). 267 p.
- Boer, B.M. de, 1975. Tracering van de aardgasleiding Kinswerd (Friesland) - Texel. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Hoorn, Notitie 75.2.
- Boesch, D.F., R.J. Diaz & R.W. Virnstein, 1976. Effects of tropical storm Agnes on soft-bottom macrobenthic communities of the James and York estuaries and the Lower Chesapeake Bay. Chesapeake Sci. 17: 246-259.
- Bogaards, R.H., J.W. Francke, R.H.D. Lambeck & C.H. Borghouts-Biersteker, 1980. De afsluiting van de Grevelingen en de gevolgen voor de aan het harde substraat gebonden makrofauna. De levende Natuur 82: 109-118 p.
- Bogaards, R.H., R.H.D. Lambeck, A.J.J. Sandee & P. de Koeijer, 1981. De makrofauna van het harde substraat in de Grevelingen, zeven jaar na de afsluiting (1978). De levende Natuur 83: 49-60.
- Bouwman L.A. & A.J. Kop, 1979. De Dollard, de invloed van afvalwaterlozingen op het oecosysteem. Natuur en Techniek 47: 668-683.
- Bouwsema, P., 1983. Rottumerplaat. Overzicht van de doelstellingen, ontwikkelingen en resultaten 1950-1980. Rijkswaterstaat Dienstkring Baflo. 53 p.
- Brehm, K. & T. Eggers, 1974. Die Entwicklung der Vegetation in den Speicherbecken des Hauke-Haien-Kooges (Nordfriesland) von 1959-1974. Schr. Naturw. Ver. Schlesw. Holst. 44: 27-36.
- Bruggeman, W.A., 1983. Bioaccumulation of polychlorobiphenyls and related hydrophobic chemicals in fish. Proefschrift, Amsterdam. 160 p.
- Bryan, G.W., 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. In: O. Kinne (ed.). Marine Ecology vol. 5, part 3. Wiley, Chichester: 1289-1431.
- Buth G.J.C. & A.M. Groenendijk, 1979. Vegetatie en milieu op voormalige slik- en zandplaten in relatie tot de bedijkingsduur. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Verslag D 10-1979.
- Bij, U.J. van der & H. Dankert, 1981. Watersportonderzoek Waddenzee. P.P.D. Leeuwarden.
- Coossen J. & R.J. Leewis, 1983. Responses of macrozoobenthos to a

- temporal lowering of chlorinity: a large-scale field experiment in the Dutch Delta area. *Wat. Sci. Tech.* 16: 141-150.
- Dahl, Hans-Jörg & Harmut Heckenroth, 1978. Landespflegerische Gutachten zu geplanten Deichbaumassnahme in der Leybucht. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen*, 7. 176 p.
- Dankers, N. 1978. De ecologische gevolgen van havenaanleg op het Balgzand. In: Een haven op het Balgzand? Rapport Ned. Economisch Instituut en Rijksinstituut voor Natuurbeheer: 501-598.
- Dankers, N.M.J.A. & K.S. Dijkema (eds.), 1980. De ecologische effecten van de aanvoer van LNG in de Eemshaven; deel 1: Algemene aspecten, morfologie, ecologie. RIN-rapport 80-11. 68 p.
- Dankers N. & K. Zegers, in prep. De effecten van toepassing van maatregelen ter voorkoming van verdrinking van zeehonden, op de visvangst in harderfuiken. RIN-Rapport in voorb.
- 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 Dk.C. 20460.
- DHV et al., 1978. Studie betreffende de mogelijke gevolgen voor het milieu van de eventuele vestiging van een grootschalig petrochemisch complex aan de Eemshaven. Min. Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Voorlopig Milieu-Effectrapport. 531 p.
- Doornbos, G., 1982. Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971. *Hydrobiol. Bull.* 16: 279-283.
- Dresscher, H.E., 1978. Hautkrankheiten beim Seehund, *Phoca vitulina* Linné, 1758, in der Nordsee. *Säugetierk. Mitt.* 26: 50-59.
- Drijver, C.A., 1983. Coastal protection and land reclamation in the Wadden Sea area. In: M.F. Mörzer Bruijns & W.J. Wolff. *Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area.* Balkema, Rotterdam: 130-144.
- Duinker, J.C. & J.H. Koeman, 1978. Summary report on the distribution and effects of toxic pollutants (metals and chlorinated hydrocarbons) in the Wadden Sea. In: K. Essink & W.J. Wolff (eds.). *Pollution of the Wadden Sea area.* Balkema, Rotterdam: 45-54.
- Duinker, J.C. & M.Th.J. Hillebrand, 1979. Behaviour of PCB,

- pentachlorobenzene, hexachlorobenzene, d-HCN, Y-HCN, -HCN, Dieldrin and P,P'-DDD in the Rhine/Meuse estuary and the adjacent coastal area. *Neth. J. Sea Res.* 13: 256-281.
- Duinker, J.C. & R.F. Nolting, 1976. Distribution model for particulate trace metals in the Rhine estuary, Southern Bight and Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 10 (1): 71-102.
- Duinker, J.C. & R.F. Nolting, 1978. Mixing, removal and mobilization of trace metals in the Rhine estuary. *Neth. J. Sea Res.* 12 (2): 205-223.
- Duursma, E.K., H. Engel & Th. J. M. Martens, 1982. De nederlandse Delta. Een compromis tussen milieu en techniek in de strijd tegen het water. *Natuur en Techniek*, Maastricht. 511 p.
- Dijk, A.J. & J. Bakker, 1980. Beweiding en broedvogels op de Oosterkwelder van Schiermonnikoog. *Waddenbulletin* 80-4: 134-140.
- Dijkema, K.S. & W.J. Wolff, (eds.). 1983. Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Balkema, Rotterdam. 413 p.
- Dijkema, K.S., 1983a. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds.). Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Balkema, Rotterdam: 185-220.
- Dijkema, K.S., 1983b. Use and management of mainland salt marshes and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds.). Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Balkema, Rotterdam: 302-312 p.
- Dijkema, K.S. (ed.), W.G. Beeftink, J.P. Doody, J.M. Gehu, B. Heydemann & S. Rivas Martinez, 1984. Salt marshes in Europe. Council of Europe. Nature and environment series 30, Strasbourg. 178 p.
- Dijkema, K.S. & B. Heydemann, 1984. Wadden Sea and southwest Netherlands. In: K.S. Dijkema (ed.) et al. Salt marshes in Europe: 82-103.
- Dijkema, K.S., 1984a. Use and effects: Wadden Sea, southwest Netherlands and Belgium. In: K.S. Dijkema (ed.) et al. Salt marshes in Europe: 152-156.
- Dijkema, K.S., 1984b. Management measures: Wadden Sea, southwest Netherlands and Belgium. In: K.S. Dijkema (ed.) et al. Salt marshes in Europe: 172-175.

- Dijkema, K.S., 1984c. Threats and decline: Wadden Sea, southwest Netherlands and Belgium. In: K.S. Dijkema (ed.) et al. Salt marshes in Europe: 159-162.
- Dijkema, K.S., in prep. Bedreigingen van de kweldervegetaties in het estuariene milieu. In: Oecologie van estuariene vegetatie. VU Amsterdam, symposiumboek in voorbereiding.
- Ebbinge, B., M. Fog & P. Prokosch, 1980. Brent Goose (*Branta bernicla* L.). In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds.). Birds of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam: 28-37.
- Ebbinge, B.S. & T. Boudewijn, 1984. Richtlijnen voor het beheer van rotganzen in het Nederlandse waddengebied. RIN-rapport 84/4, Leersum. 76 p.
- Eerden, M.R. van & C.J. Smit, 1979. Het effect van schietoefeningen in het Lauwersmeergebied op het gedrag van watervogels. RIN-rapport 1979/3. 26 p.
- Es, F.B. van, M.A. van Arkel, L.A. Bouman & H.G.J. Schröder, 1980. Influence of organic pollution on bacterial, macrobenthic and meiobenthic populations in intertidal flats of the Dollard. *Neth. J. Sea Res.* 14: 288-304.
- Essink, K., 1978. The effects of pollution by organic waste on macrofauna in the eastern Dutch Wadden Sea. Thesis. NIOZ publ.ser. 1. 135 p.
- Essink, K., 1984. The discharge of organic waste into the Wadden Sea: local effects. *Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser.* 10: 165-177.
- Evans, P.R., 1979. Migration and dispersal of shorebirds as a survival strategy. In: N.V. Jones & W.J. Wolff (eds.). Feeding and survival strategies of estuarine organisms. Plenum Press, New York: 275-290.
- Feekes, W., 1936. De ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie in de Wieringermeerpolder, de eerste groote droogmakerij van de Zuiderzee. *Ned. Kruidk. Arch.* 46: 295.
- Feekes, W., 1941. De buitenlanden langs de Oost- en Westkust van de Zuiderzee, voor en na de afsluiting. *Ned. Kruidk. Arch.* 51: 63-67.
- Feekes, W., 1943. De Pianner Kooiwaard en Makkumerwaard. *Ned. Kruidk. Arch.* 53: 288-331.

- Glopper, R.J. de, 1964. Landaanwinning in het Waddengebied. In: Het Waddenboek Thieme, Zutphen: 152-177.
- Glopper, R.J. de, in prep. De Rijkslandaanwinningswerken; werkwijzen en enkele onderzoeksresultaten. Flevobericht, in voorbereiding.
- Goss-Custard, J., 1977. Predator responses and prey mortality in Redshank, *Tringa totanus* (L), and a preferred prey, *Corophium volutator* (Pallas). *J. Anim. Ecol.* 46: 21-35.
- Gray, A.J., 1977. Reclaimed land. In: R.S.K. Barnes (ed.). *The coastline*. John Wiley, London: 253-270.
- Grontmij., 1981. Eco-effectrapport vaargeulverlegging. Rapport Grontmij., Zeist.
- Grotjahn, M., H. Michaelis, B. Obert & H.-J. Stephan, 1983. Höhenentwicklung, Sediment, Vegetation und Bodemfauna in den Landgewinnungsfeldern beiderseits der Cappeler Tiefs (1957 bis 1978). *Forsch.-Stelle f. Insel- u. Küstenschutz*, Jber: 1982: 63-94.
- Hunding, C. & R. Lange, 1978. Ecotoxicology of aquatic plant communities. In: G.C. Butler (ed.) *Principles of ecotoxicology*. Wiley, Chichester: 239-255.
- Heiligenberg, Taco van den, 1982. De Pierenspitterij en de gevolgen ervan voor de bodemdieren in de Waddenzee. RIN-rapport 82/1. 57 p.
- Heiligenberg, Taco van den, 1984. De ecologische effecten van winning van wadpieren en andere bodemdieren in het intertijdengebied. RIN-rapport 84/3. 26 p.
- Heydemann, B., 1960. Verlauf und Abhängigkeit von Spinnensukzessionen in Neuland der Nordseeküste. *Verh. Deutschen Zool. Ges. Bonn/Rhein*: 431-457.
- Heydemann, B., 1962. Der Einfluss des Deichbaues an der Nordsee auf Larven und Imagines von Carabiden und Staphyliniden. 9. Wanderversammlung Deutschen Entomologen: 237-274.
- Heydemann, B., 1981. Ökologie und Schutz des Wattenmeeres, Reitlinien zu Bestand, ökologischen Bedeutung und zum Schutze der nordwesteuropäischen Wattenmeerregion. *Landwirtschaftsverlag, Münster*. 232 p.

- Hummel, H., E.B.M. Brummelhuis & L. de Wolf, 1983. De invloed van de getijdenreductie in het Markizaat van Bergen op Zoom op de bodemdierengemeenschap van het intergetijdengebied. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapport 1983-4. 18 p.
- Hunding, C. & R. Lange, 1978. Ecotoxicology of aquatic plant communities. In: G.C. Butler (ed.). Principles of ecotoxicology, Wiley, Chichester: 239-55.
- Jakobsen, B. & K.M. Jensen, 1956. Undersogelser vedrorende landvindingsmetoder i det Danske Vadehav. Resume pa Engelsk Geogr. Tidssk. 55: 21-61.
- Joenje, W., 1974. Production and structure in the early stages of vegetation development in the Lauwerszee-polder. Vegetatio 29 (2): 101-108.
- Joenje, W., 1978. Migration and colonisation by vascular plants in a new polder. Vegetatio 38 (2): 95-102.
- Jeschke, R., 1983. Landeskulturelle Probleme des Salzgraslandes an der Kuste. Naturschutz in Mecklenburg 26 (1): 5-12.
- Jolley, R.L., 1977. Water chlorination: environmental impact and health effects. Vol. 1. Ann. Arbor, Mich.: Ann. Arbor Science, 1977.
- Jolley, R.L., 1978. Water chlorination: environmental impact and health effects. Vol. 2. Ann. Arbor, Mich.: Ann. Arbor Science, 1978.
- Jolley, R.L., 1980. Water chlorination: environmental impact and health effects. Vol. 3: Ann. Arbor., Mich: Ann. Arbor. Science.
- Kahn, A.E., 1966. The tyranny of small decisions: market failures, imperfections and the limits of economics. Kyklos 19: 23-47.
- Kamps, L.F., 1962. Mud distribution and land reclamation in the eastern Wadden shallows. Rijkswaterstaat communications 4. 73 p.
- Knights, B. & A.J. Phillips (eds.), 1979. Estuarine and coastal land reclamation and water storage. Saxon House, Farnborough. 247 p.
- Koeman, J.H., R.C.H.M. Oudejans & E.A. Huisman, 1967. Danger of chlorinated hydrocarbon insecticides in birds eggs. Nature 215: 1094-1096.
- Koeman, J.H. 1971. Het voorkomen en de toxicologische betekenis van

- enkele chloorkoolwaterstoffen aan de nederlandse kust in de periode van 1965 tot 1970. Thesis, Utrecht. 136 p.
- Koeman J.H. (ed.), 1972. Side-effects of persistent pesticides and other chemicals on birds and mammals in the Netherlands. TNO Nieuws 27: 527-632.
- König, D., 1948. *Spartina townsendii* an der Westküste von Schleswig Holstein. *Planta* 36 (1): 34-70.
- König, D., 1979. Veränderungen des Wattengebietes. In: Probleme der Koexistenz vom Fischerei und anderen Wirtschaftszweigen bei der Nutzung des Deutschen Festlandssockels der Nordsee. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes* 27: 34-61.
- Kuiper, J. et al., 1983. A study of marine oil pollution in outdoor model ecosystems representing a tidal flat (OPEX). Rep.nr. R83/14, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, TNO, Delft, Netherlands. 103 p.
- Kuiper, J., P. de Wilde & W. Wolff, 1984. Effects of an oil spill in outdoor model tidal flat ecosystems. *Mar. Pollution Bull.* 15: 102-106.
- Laane, R.W.P.M. & W.J. Wolff, 1984. The role of organic matter in the Wadden Sea. *Neth. Inst. Sea Res. Publ. Ser.* 10. 239 p.
- Lafrenz, P., 1957. Ueber die Pflege und Nutzung des Anwachs und der Deichen an der Ditmarscher Küste. *Die Küste* 6 (2): 94-129.
- Lambeck, R.H.D., 1981. Effects of closure of the Grevelingen estuary on survival and development of macrozoobenthos. In: N.V. Jones & W.J. Wolff (eds.). *Feeding and survival strategies of estuarine organisms.* Plenum Press, New York, Marine Science Vol. 15: 153-158.
- Lambeck, R.H.D., 1982. Colonization and distribution of *Nassarius reticulatus* (Mollusca: Prosobranchia) in the newly created saline Lake Grevelingen (SW Netherlands). *Neth. J. Sea Res.* 16: 67-79.
- Laursen, K., 1982. Recreational activities and wildlife aspects in the Danish Wadden Sea. In: G. Luck & H. Michaelis. *Ecological effects of tourism in the Wadden Sea.* Landwirtschaftsverlag, Münster: 63-83.
- Mansfeld, M.J.M. van, 1978. Verandering in de samenstelling van het

- zoöbenthos van het zachte substraat in het Veerse Meer sinds 1959. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Verslag D2-1978.
- Michaelis, Hermann, 1984. Studien zur ökologischen Fortentwicklung der Leybucht und zur Auswirkung des geplanten Bauvorhaben Leyhörn. Forsch. Stelle f. Insel- u. Küstenschutz, Ber. 1983, Pd. 35: 135-161.
- Midderham, H. 1979. Ontwikkeling Boschplaat-Boschgat tot 1979. Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn. Notitie 79.H249.
- Möller, J.T., 1963. Vadehavet mellem Mando og Ribe A. Folia geografica Danica 8 (4): 1-40.
- Möller, H.S., 1975. Danish salt-marsh communities of breeding birds in relation to different types of management. Ornis Scand. 6: 125-133.
- Mosser, J.L., N.S. Fisher & C.F. Wurster, 1972. Polychlorinated biphenyls and DDT alter species composition in mixed cultures of algae. Science 176: 533-535.
- Munda, I., 1967. Changes in the algal vegetation of a part of the Deltaic area in the southern Netherlands (Veere Meer) after its closure. Bot. Marina 10 (1/2): 141-157.
- Nienhuis, P.H. & B.H.H. de Bree, 1977. Production and ecology of eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Grevelingen estuary, the Netherlands, before and after the closure. Hydrobiologia 52: 55-66.
- Nienhuis, P.H., 1977. Veranderingen in de primaire productie in de Grevelingen na de afdamming in 1971. Vakblad Biol. 57: 271-274.
- Nienhuis, P.H., 1978a. Dynamics of benthic algal vegetation and environment in Dutch estuarine salt marshes, studied by means of permanent quadrats. Vegetatio 38: 103-112.
- Nienhuis, P.H., 1978b. An ecosystem study in Lake Grevelingen, a former estuary in the SW Netherlands. Kieler Meeresforschungen, Sonderheft 4: 247-255.
- Nienhuis, P.H., 1982. De oecologische consequenties van de Deltawerken. In: W.J. Wolff et al. Wadden, duinen, delta. Wageningen/'s Graveland, Pudoc/Ver. Behoud Natuurmonumenten. Biologische Rood Reeks: 101-132.
- Noordwijk-Puijk, K. van, W.G. Beeftink & R. Hogeweg, 1979.

- Vegetation development on salt-marsh flats after disappearance of the tidal factor. *Vegetatio* 39 (1): 1-13.
- Nijboer, S.M., 1973a. Tracering van de aardgasleiding Friesland-Ameland. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Hoorn, Notitie 73.2.
- Nijboer, S.M., 1973b. Tracering van de aardgasleiding Harlingen-Vlieland. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Hoorn, Notitie 73.15.
- Nijboer, S.M., 1974. Tracé hoogspanningskabel Friesland-Terschelling. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Hoorn, Notitie 74.14.
- Odum, W.E., 1982. Environmental degradation and the tyranny of small decisions. *Bio Science* 32: 728, 729.
- Oosterveld, P., 1984. Natuurbeheer en landbouw op kwelders. *Waddenbulletin* 84: 182-184.
- Oranjewoud, 1982. Ecologische aspecten van gaswinning in het Zuidwalgebied. Ingenieursbureau Oranjewoud, Heerenveen.
- Peelen, R., 1974. Changes in the plankton of the estuarine area of the Haringvliet Hollands Diep-Biesbos in the S.W. Netherlands caused by the dams through Volkerak and Haringvliet. *Hydrobiol. Bull.* 8: 190-200.
- Prater, A.Jk., 1981. *Estuary Birds of Britain and Ireland*. T. & A.D. Poyser, Carlton. 440 p.
- Redeke, H.C., 1939. The effect of the closure of the Zuiderzee on fish and fisheries. *J. Cons. internat. Explor. Mer.* 14: 337-346.
- Reest, P.J. v.d., 1985. Het Rammegors, de vegetatie van een schorrengebied na de bedijking. *Gorteria* 12: 217-224.
- Reijnders, P.J.H., 1976. The harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea: Size and composition. *Neth. J. Sea Res.* 10 (2): 223-235.
- Reijnders, P.J.H., 1978. Recruitment in the harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 12 (2): 164-179.
- Reijnders, P.J.H., 1980. On the causes of the decrease in the harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden

- Sea. Thesis, LH Wageningen.
- Roos, G.Th. de, 1976. Visserij op harders, een gevaar voor de vogels in de Waddenzee. Vogeljaar 24: 201-203.
- Roos, G.Th. de, 1983. Military training in the Wadden Sea area. In: M.F. Mörzer Bruyns & W.J. Wolff (eds.). Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam: 106-112.
- Rijkswaterstaat, 1981. Zandwinning in de Waddenzee. Rijkswaterstaat Directie Friesland, Leeuwarden. 40 p.
- Saeijs H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1977. Wetland criteria and birds in a changing Delta. Biological Conservation 11 (4): 251-266.
- Saeijs H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1980. Coastal engineering and European wintering wetland birds. Biological Conservation 17 (1): 63-83.
- Saeijs, H.L.F., 1982. Changing estuaries. Thesis, Leiden. 412 p.
- Slager, P., 1978. De ontwikkeling van de vegetatie in de Lauwerszee van het droogvallen (1969) tot en met 1975. R.I.J.P., Lelystad, Flevobericht 121. 37 p.
- Tenore K. et al., 1982. Comparisons of the benthic regimes of the Rias de Arosa and the Muros in N.W. Spain. J. Mar. Res. 40: 701-772.
- Tiews, K., 1965. Lichtung des Nordseegarnelenbestand durch Wegfrass. Arch. Fisch. Wiss. 14: 169-181.
- Tiews, K., 1971. Weitere Ergebnisse von Langzeitbeobachtungen über das Auftreten von Beifangfischen und -krebse in den Fängen der deutschen Garnelenfischerei (1961-1967). Arch. Fischereiwiss. 22: 214-255.
- Vaas, K.F., 1970. Studies on the fish fauna of the newly created lake near Veere, with special emphasis on the plaice (*Pleuronectes platessa*). Neth. J. Sea Res. 5: 50-95.
- Vaas, K.F., 1979. Studies on the fish fauna of an estuary in the SW Netherlands, before and after its change into the stagnant, saline, Lake Grevelingen. Hydrobiol. Bull. 13: 177-188.
- Veer, H.W. van der, M.J.N. Bergman & J.J. Beukema, 1985. Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: effects on macrobenthic

- infauna. Neth. J. Sea Res. 19:
- Vegeter, F., 1977. The closure of the Grevelingen estuary: it's influence on phytoplankton primary production and nutrient content. *Hydrobiologia* 52: 67-71.
- Verhoeven, B., 1976. Landaanwinning, dijkbouw en waterbeheersing. In: J. Abrahamse et al. (eds.). *Waddenzee. Land. Ver. Beh. Waddenzee, Ver. Behoud Natuurmonumenten, Harlingen, 's Graveland*: 249-259.
- Verhoeven, B. et al., 1980. Human influences on the landscape of the Wadden Sea area. In: K.S. Dijkema et al. (eds.). *Geomorphology of the Wadden Sea area. Report 1 of the Wadden Sea Working Group. Balkema, Rotterdam*: 110-135.
- Verwey J. & W.J. Wolff, 1981. The common or harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). In: P.J.H. Reijnders & W.J Wolff. *Marine mammals of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam*: 51-58.
- Visser, G.J.M., in prep. Verstoring en reacties van overtuigende vogels op de Noordvaarder (Terschelling) in samenhang met de omgeving. RIN-Rapport.
- Vlas, J. de (ed.), 1982a. De Waddenzeekruising van de F3-olie/gasleiding. Bundeling van de RIN-bijdragen voor een effectenstudie, gemaakt voor de Stuurgroep F3-Eemshavenpijpleiding. Rapport. 94 p.
- Vlas, J. de, 1982b. De effecten van de kokkelvisserij op de bodemfauna van Waddenzee en Oosterschelde. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. Rapport 82/19. 99 p.
- Vlas, J. de, 1985. Waddenzee in matrixvorm. Rom magazine 4: 3-8.
- Wesemüller, H. 1982. Nutzungskonflikte im niedersächsischen Wattenmeer und Grundgedanken zu ihrer Überwindung. In: G. Luck & H. Michaelis (eds.). *Ecological effects of tourism in the Wadden Sea. Landwirtschaftsverlag, Münster*: 127-155.
- Westhoff, V., 1947. The vegetation of dunes and salt marshes on the dutch isles of Terschelling, Vlieland and Texel. Diss., Utrecht. 131 p.
- Westhoff, V., 1969. Langjährige Beobachtungen am Aussüßungs-Dauerprobeflächen beweideter und unbeweideter Vegetation an der ehemaligen Zuiderzee. In: R. Tüxen. *Experimentelle Pflanzensoziologie. Bericht über das*

- Internationale Symposium in Rinteln. Junk, Den Haag: 246-253 p.
- Westhoff, V. & K.V. Sykora, 1979. A study of the influence of desalination on the *Juncetum gerardii*. *Acta Bot. Neerl.* 28 (6): 505-512 p.
- Wilkens, H., 1983. Ökologische Analyse der Leybucht. *Arbeiten aus der Forschungsstelle Norderney* 8: 144 p.
- Wohlenberg, E., 1938. Biologische Kulturmassnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacene* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer. *Westküste* 1 (2): 52-104.
- Wohlenberg, E. & M. Plath, 1953. Produktionsbiologische Untersuchungen auf eingedeichtem Wattflächen. *Die Küste* 2 (1): 5-23.
- Wolff, W.J., 1971. Changes in the intertidal benthos communities after an increase in salinity. *Thalassia Jugoslavica* 7: 429-434.
- Wolff, W.J., 1973. The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. *Zoöl. Verh. Leiden* no. 126, Thesis: 242 p.
- Wolff, W.J., 1974. Benthic diversity in the Rhine-Meuse estuary. *Hydrobiol. Bull.* 8: 242-252.
- Wolff, W.J., 1974. Benthic diversity in the Rhine-Meuse estuary. *Hydrobiol. Bull.* 8: 242-252.
- Wolff W.J. & L. de Wolf, 1976. Veranderingen in de bodemfauna van het Volkerak na de sluiting van de Volkerakdam in 1969. *Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapport* 1976-2.
- Wolff W.J., A.M.M. van Haperen, A.J.J. Sandee, H.J.M. Baptist & H.L.F. Saeijs, 1976. The trophic role of birds in the Grevelingen estuary, the Netherlands, as compared to their role in the saline Lake Grevelingen. In: G. Persime & E. Jaspers (eds.). *10th European Symposium on Marine Biology, Vol. 2*: 673-689.
- Wolff, W.J., A.J.J. Sandee & L. de Wolf, 1977. The development of a benthic ecosystem. *Hydrobiologia* 52: 107-115.
- Wolff, W.J., P.J.H. Reijnders & C.J. Smit, 1982. The effects of recreation on the Wadden Sea ecosystem: many questions, but few answers. In: G. Luck & H. Michaelis (eds.). *Ecological effects of tourism in the Wadden Sea. Landwirtschaftsverlag, Münster*: 85-107.

- Wolff, W.J. & J.J. Zijlstra, 1982. Effects of reclamation of tidal flats and marshes in the Netherlands on fishes and fisheries. In: ILRI. Papers International Symposium Polders of the World, Lelystad, The Netherlands. ILRI, Wageningen, vol. 3: 57-67.
- Wolff, W.J., 1983. Field research in the Wadden Sea area. In: M.F. Mörzer Bruyns & W.J. Wolff (eds.). Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam: 112-115.
- Zegers, P.M., 1973. Invloed van verstoringen op het gedrag van wadvogels. Waddenbulletin 8 (3): 3-7.
- Zwarts, L., 1972. Verstoring van wadvogels. Waddenbulletin 7 (3): 7-12.
- Zwarts, L., 1974. De toenemende verstoring van vogels in het wadengebied. In: Recreatie en natuurbehoud in het wadengebied. ANWB, Landelijke Vereniging Behoud Waddenzee, Natuurmonumenten: 29-32.