

De voordrachten uitgesproken tijdens het symposium 'Wadden-Duinen-Delta; De verantwoordelijkheid van wetenschap en beleid voor ons kustgebied' leverden het materiaal voor deze uitgave.

Het symposium vond plaats op 17 oktober 1980 in Utrecht en werd georganiseerd door de Biologische Raad van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland en het Ministerie van C.R.M.

PAB. Ecol-82-04

WJW-82-04

1982-02-01

# wadden duinen delta

W. J. Wolff e.a.



1982

Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie  
Wageningen



Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland  
's-Graveland

ISBN-15 6357-02

In de redactiecommissie voor deze uitgave hadden zitting: prof. dr. J. G. ten Houten (symposiumvoorzitter), prof. dr. M. F. Mörzer Bruyns, drs. H. M. van Emden (Biologische Raad), R. J. P. Aalpol (Pudoc) en ir. A. Coops (Natuurmonumenten).

Deze uitgave werd mede mogelijk gemaakt dank zij een financiële bijdrage van het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, Hoofddirectie Natuurbehoud en Openluchtrecreatie.

Op de omslag: De wadden, de duinen van de Slufter (Texel) en de Oosterschelde-oever met de Zeelandbrug.

ISBN 90-220-0782-0 (Pudoc)

ISBN 90-70099-26-8 (Natuurmonumenten)

© Pudoc, Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1982.

Gedrukt in Nederland.

# Inhoud

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| J.G. ten Houten                                                     |    |
| <b>Woord vooraf</b>                                                 | 9  |
| W.J. Wolff                                                          |    |
| <b>Ontwikkeling en betekenis van de Nederlandse kust</b>            | 11 |
| Ontwikkeling onder invloed van natuurlijke factoren                 | 11 |
| Ontwikkeling onder invloed van de mens                              | 16 |
| Kustvormen                                                          | 20 |
| Bedreigingen                                                        | 27 |
| Internationale positie                                              | 29 |
| Literatuur                                                          | 29 |
| J.J. Beukema                                                        |    |
| <b>Biologische produktie in de ondiepe, rijke randen van de zee</b> | 32 |
| Voedselketens                                                       | 32 |
| Bodemdieren                                                         | 33 |
| De carnivoren                                                       | 43 |
| De betekenis van de produktie van de Waddenzee                      | 47 |
| Conclusies                                                          | 50 |
| Literatuur                                                          | 51 |
| V. Westhoff en E. van der Maarel                                    |    |
| <b>Kustlandschap en plantengroei</b>                                | 54 |
| Ontstaan van de duinen                                              | 54 |
| Kwelders en schorren                                                | 57 |
| Groene stânden                                                      | 57 |
| Het duingebied                                                      | 58 |
| Dynamiek                                                            | 64 |
| Het zilte kustgebied                                                | 69 |
| Besluit                                                             | 73 |
| Literatuur                                                          | 75 |
| C. Swennen                                                          |    |
| <b>De vogels langs de kust</b>                                      | 78 |
| De vogeltrek langs de kust                                          | 78 |
| De broedvogels van onze kust                                        | 81 |
| Onze kustgebieden als foerageergebied voor vogels                   | 92 |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Slotwoord                                               | 98  |
| Literatuur                                              | 99  |
| <br>P.H. Nienhuis                                       |     |
| <b>De oecologische consequenties van de Deltawerken</b> | 101 |
| Het Deltagebied voor 1950                               | 102 |
| Het Deltaplan                                           | 104 |
| Oecologische consequenties per deelgebied               | 106 |
| De oecologische balans                                  | 122 |
| Verlies                                                 | 122 |
| Winst                                                   | 127 |
| Balans opmaken                                          | 129 |
| Literatuur                                              | 129 |
| <br>H.A. Udo de Haes                                    |     |
| <b>De gevolgen van waterwinning in de duinen</b>        | 133 |
| Bescherming                                             | 135 |
| Grondwaterwinning                                       | 136 |
| Oppervlakte-infiltratie                                 | 140 |
| Mogelijke oplossingen                                   | 147 |
| Slot                                                    | 154 |
| Literatuur                                              | 154 |
| <br>B.L.J. van Leeuwen                                  |     |
| <b>De invloed van de recreatie</b>                      | 157 |
| De ontwikkeling van de recreatie                        | 158 |
| Wadden- en Deltagebied                                  | 159 |
| De duinen                                               | 160 |
| Belangstelling voor de natuur door recreatief gebruik   | 166 |
| Maatregelen voor de toekomst                            | 166 |
| Literatuur                                              | 167 |
| <br>J.C. Duinker                                        |     |
| <b>Verontreiniging van ons kustwater</b>                | 169 |
| Transport van stoffen naar zee door rivieren            | 169 |
| Mechanisme van verontreiniging                          | 170 |
| Effecten van verontreiniging                            | 174 |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| Literatuur                                         | 180 |
| P. Nijhoff                                         |     |
| <b>Suggesties voor beleid</b>                      | 182 |
| Kinderkamer, bunkerstation en botanische betekenis | 182 |
| Industrialisatie en havenontwikkeling              | 183 |
| Het natte hart van Nederland                       | 185 |
| Een 'schone' Oosterschelde                         | 186 |
| De voordelen                                       | 187 |
| Energie en drinkwatervoorziening                   | 189 |
| Een schone Rijn, een schone Noordzee               | 189 |
| Tenslotte                                          | 190 |
| Literatuur                                         | 190 |
| <b>De auteurs</b>                                  | 191 |
| <b>Register</b>                                    | 193 |
| <b>Herkomst van de foto's</b>                      | 196 |



Op 17 oktober 1980 organiseerden de Biologische Raad van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten en het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk een symposium onder de titel: 'Wadden – Duinen – Delta'. Dat genoemde instanties als gezamenlijke organisatoren optraden is niet toevallig.

De Biologische Raad organiseert jaarlijks een of twee symposia met als doel een brede kring van biologen en andere geïnteresseerden kennis te laten nemen van deelgebieden van de biologie.

De Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten deed mee vanwege haar 75-jarig jubileum en omdat zij grote duin- en kustgebieden bezit en beheert.

Het Ministerie van CRM treedt op als nationaal agentschap van het Europees Informatiecentrum voor Natuurbescherming van de Raad van Europa, dat voor 1979-1980 haar campagne richtte op de bescherming van wilde planten en dieren en het natuurlijk leefmilieu. Voor Nederland was die campagne geconcentreerd op natuurlijke waarden en bedreigingen van het kustgebied.

Meer dan bij andere symposia van de Biologische Raad was dit symposium gericht op beleidsinstanties. In het nu voor u liggende boek zijn de bijdragen door de sprekers bewerkt tot op elkaar afgestemde hoofdstukken. Acht specialisten belichten een aantal onderwerpen met betrekking tot de verantwoordelijkheid van wetenschap en beleid voor ons kustgebied. Allereerst wordt ingegaan op de unieke biologische waarden van wadden, duinen en delta, en daarna op de degraderende en nivellerende invloeden van de mens. De slotbeschouwing bevat suggesties voor het te volgen beleid. De belangrijkste conclusies van de bijdragen, verwoord in een achttal stellingen, zijn tijdens het symposium bij acclamatie door de aanwezigen aanvaard en vervolgens aan de Regering, de leden van de Tweede Kamer en de Provinciale Staten van de betrokken provincies toegezonden.

Het stemt tot dankbaarheid dat onze planologen en bestuurders al vroeg de wijsheid hadden onze kustgebieden te ontzien, o.a. door het tegengaan van lintbebouwing en ontsierende reclame, die we beide zo dikwijls langs de kusten van andere landen aantreffen. Maar de bedreigingen zijn de laatste decennia ook bij ons toegenomen. Dat legt op onze huidige bestuurders de plicht om aanvaardbare oplossingen te vinden, daarbij rekening houdend met andere belangen, zoals de recreatie. Dat mag evenwel nooit leiden tot schade aan de aanwezige, internationaal erkende, unieke biologische waarden van onze Nederlandse kustgebieden. Hun veiligstelling dient de hoogste prioriteit te hebben.

De bekende Amerikaanse biologe Rachel Carson – schrijfster van 'Silent spring' dat in de zestiger jaren zoveel bezorgdheid wekte – schreef in haar over de hele

wereld befaamd geworden boek 'The edge of the sea':

*On all these shores there are echoes of past and future; of the flow of time, obliterating yet containing all that has gone before; of the stream of life, flowing as inexorably as any ocean current, from past to unknown future.*

Aan ons de plicht ervoor te zorgen dat die levensstroom aan onze kusten ononderbroken voortgang kan vinden.

J. G. ten Houten  
voorzitter symposium  
Wadden – Duinen – Delta

# Ontwikkeling en betekenis van de Nederlandse kust

11

W. J. Wolff

Zeekusten zijn alle resultaat van het samenspel van zeer verschillende factoren: de geologische geschiedenis van het kustgebied — waarbij de relatieve zeespiegelstijging of -daling een zeer belangrijk onderdeel is —, wind, golven, getijden en ijs en de activiteiten van planten en dieren. De onderlinge verhouding van de invloed van deze factoren bepaalt wat voor kustvorm we heden ten dage op een bepaalde plaats aantreffen.

Geologisch actieve gebieden met een snelle relatieve zeespiegelstijging of -daling zijn veelal gekenmerkt door steile, verbrokkelde kusten met vaak een sterke erosie. In geologisch rustiger gebieden wordt de kustvorm sterker door de andere factoren bepaald. Dominantie van wind en golven leidt tot zandstranden, duinen en lagunen. Indien naast of in plaats van golven ook getijden domineren, ontstaan waddenachtige kusten en estuaria.

Vooral in tropische en subtropische gebieden zien ook organismen kans een rol van betekenis te spelen bij de kustontwikkeling. Langs modderige kusten ontwikkelen zich mangrovebossen, langs kusten met helder zeewater koraalriffen.

Deze zeer globale opsomming geeft meteen al de plaats van de Nederlandse kust aan. Wij zitten in een geologisch rustig gebied, waar wind, golven en getijden een hoofdrol spelen en waar organismen bij de vorming van de kust op het tweede plan komen.

## Ontwikkeling onder invloed van natuurlijke factoren

Alle Nederlandse kustvormen zijn uitwerkingen van een zelfde basisthema: een vlakke, geleidelijk naar zee aflopende kust met op enige afstand van de grens van land en water in de ondiepe zee een schoorwal (een evenwijdig aan de kust gelegen zandlichaam).

Dit patroon kan ontstaan door uitsluitend de activiteit van wind en golven. Wanneer we ons een vlakke, flauw naar zee afhellende kust voorstellen, dan zullen de golven die vanuit open zee een dergelijke kust naderen, ergens in contact komen met de zeebodem. Vanaf dit punt kunnen deze golven bodemmateriaal gaan verplaatsen en dat leidt al snel tot vorming van zandbanken dwars op de voortplantingsrichting van de golven. Het eveneens door de golven opgewekte zandtransport langs deze banken draagt bij tot een verdere op- en uitbouw en tot een vloeiend maken van de kustlijn. Op deze wijze kunnen langgerekte schoorwallen ontstaan, slechts onderbroken door een enkele riviermond. Windwerking samen met plantengroei kunnen dan tot duinvorming leiden. Tijdens stormen veroorzaakte doorbraken worden weer snel door de golfwerking gedicht. Voorbeelden van dergelijke kusten vinden we

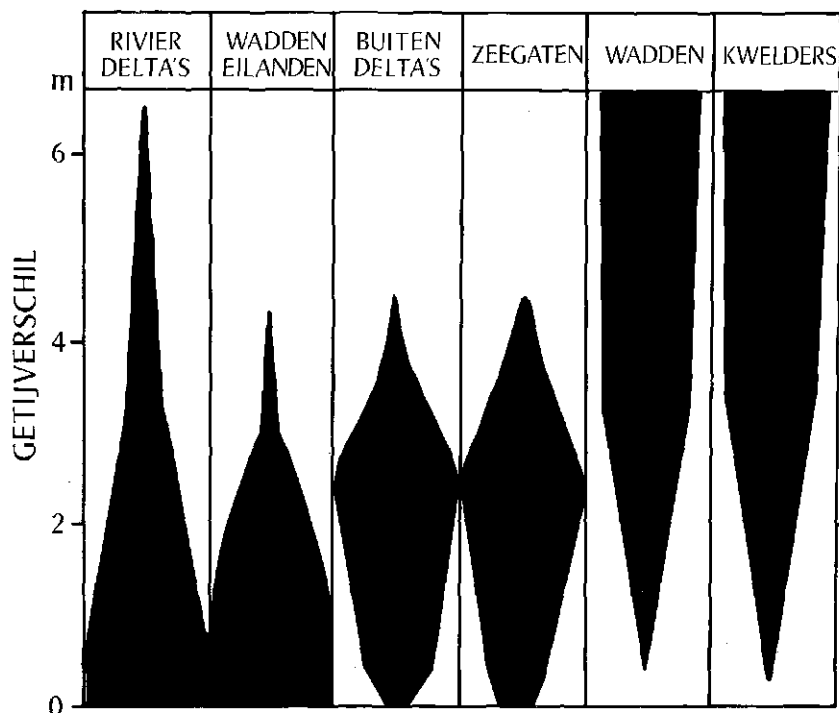


Fig. 1. De relatie tussen het gemiddelde getijverschil en het voorkomen van verschillende geomorfologische kenmerken aan Waddenzee-achtige en estuariene kusten. (Naar Hayes, 1975.) De breedte van het zwarte deel geeft de mate van ontwikkeling van rivierdelta's enz.

langs de oostkust van de USA en langs het zuidelijk deel van de Oostzee.

Langs de Nederlandse kust spelen echter niet alleen de golven, maar ook de getijden een belangrijke rol. Onder invloed van eb en vloed wisselt het peil van de Noordzee langs de kust. Als zich een schoorwal ontwikkelt, zal het water achter de schoorwal die wisseling willen blijven volgen en daardoor in en uit het bekken stromen. Hierdoor worden gaten in de schoorwal opgehouden en wel des te meer naarmate het volume van de watermassa die moet passeren groter is (Davies, 1964; Dijkema, 1980). Door Hayes (1975) wordt een schema gegeven van de relatie tussen het gemiddelde getijverschil en de morfologie van de kust ter plaatse (fig. 1). Hieruit blijkt dat bij toenemende getijverschillen de grootte van de schoorwaleilanden afneemt, hetgeen ten gunste van de grootte van de zeegaten gaat zolang een bepaalde grenswaarde van het getijverschil niet wordt overschreden. Bij toenemende getijverschillen neemt ook het aandeel van droogvallende platen en schorren of kwelders (mits niet ingepolderd) toe.

Hoewel de getijverschillen langs de Nederlandse kust, die gemiddeld van 136 cm tot 458 cm variëren, bij lange na niet de range van het schema van Hayes (1975) hebben, zijn de trends in zijn schema toch langs onze kust te herkennen. Zo blijkt de gesloten kustlijn van Noord- en Zuid-Holland samen te vallen met de kleinste getij-

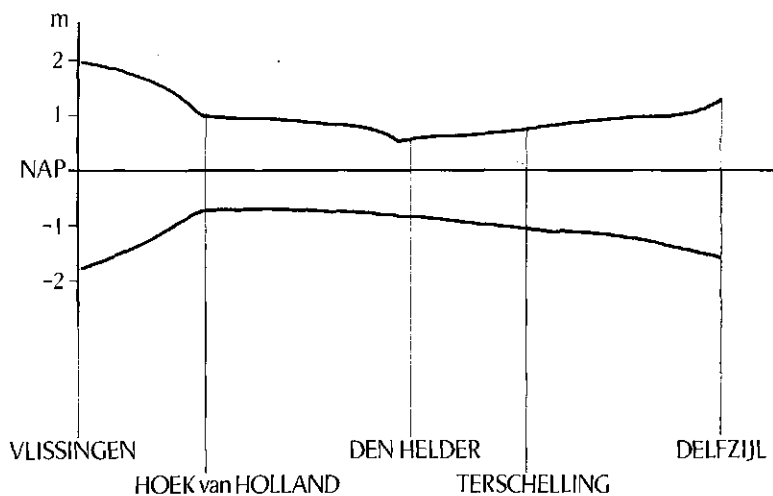


Fig. 2. De gemiddelde getijverschillen langs de Nederlandse kust. (Naar getijtafels voor Nederland, 1980.)

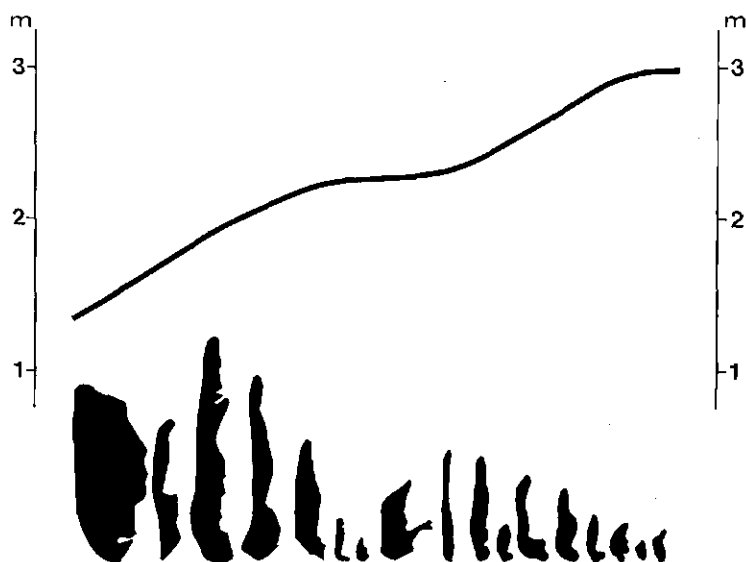


Fig. 3. De lengte van de waddeneilanden tussen Den Helder en de monding van de Elbe in relatie tot de gemiddelde getijverschillen ter plaatse.

verschillen (fig. 2). Evenzo vertonen de waddeneilanden een trend van west naar oost, waarbij bij toenemende getijverschillen de lengten van de eilanden de neiging hebben af te nemen (fig. 3). Deze trend zet zich in de richting van de Elbe, waar de getijverschillen nog groter zijn, voort (Dijkema, 1980). In de Waddenzee neemt in dezelfde richting de oppervlakte droogvallend wad toe (fig. 4). Bijvoorbeeld, van het Marsdiepbekken valt gemiddeld 19% droog, van het Vliebekken 44% en van het

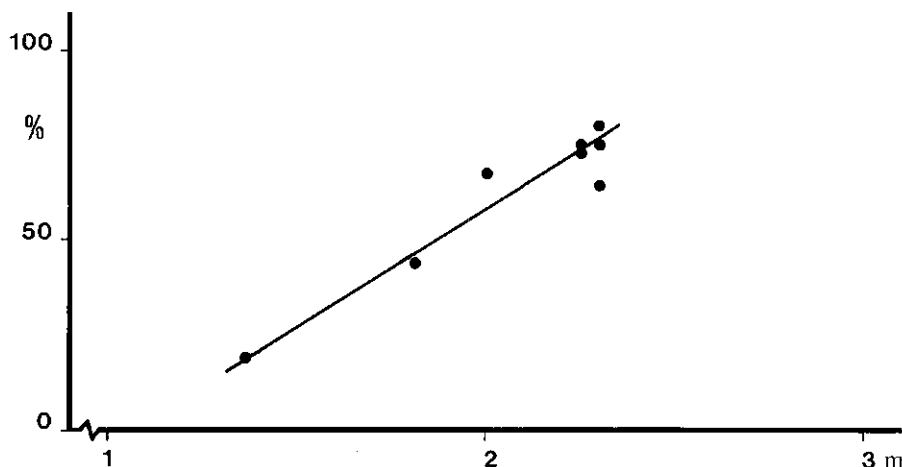


Fig. 4. Het percentage droogvallend wad in de getijbekkens behorend bij de zeegaten van de Waddenzee in relatie tot de gemiddelde getijverschillen ter plaatse. De lijn is op het oog getrokken. Het Eijerlandse Gat is niet in de grafiek opgenomen.

Friese zeegat (incl. Lauwerszee) 74% (De Glopper, 1967; Zimmerman, 1976).

Het spreekt vanzelf dat het schema van Hayes (fig. 1) niet alles exact kan voorstellen. Afwijkingen kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door onregelmatigheden in het geomorfologische patroon van de ondergrond en door menselijk ingrijpen. Zo zal erosiebestendige keileem in de ondergrond, zoals op Texel het geval is, zeker afwijkingen veroorzaken.

Bovendien zijn Waddenzee-achtige situaties niet stabiel. Alles wijst er op dat dergelijke getijbekkens bij voldoende aanvoer van sediment de neiging hebben op te vullen. Zo kunnen diverse afzettingen die onder het vasteland van Noord-Holland liggen, worden beschouwd als een opeenvolging van vorming en opvulling van Waddenzee-achtige bekkens (Pons & Wiggers, 1959/1960; Pons & Van Oosten, 1974). Waarnemingen in de Waddenzee zelf wijzen op een geleidelijke opvulling van althans grote delen van dit gebied (Dankers, 1978; Van der Goes et al., 1980). Hetzelfde geldt voor de estuaria, of zee-armen, van zuidwestelijk Nederland. Een uitzondering lijkt de zich verdiepende Oosterschelde te zijn, doch dit kan waarschijnlijk worden verklaard uit het indertijd in verbinding brengen van het Oosterscheldebekken met de bekkens van respectievelijk het Brouwershavense Gat en het Haringvliet teneinde de scheepvaart van België naar de Rijn mogelijk te maken.

Opvulling van een getijbekken doorloopt verschillende stadia. Eerst breidt het gebied met droogvallende platen zich uit, hetgeen wordt gevolgd door uitbreiding van de kwelder- en schorregebieden. Hierdoor neemt het getijvolume van het bekken af, waardoor ook de natte dwarsdoorsnede van het zeegat kan afnemen. Daardoor vermindert de invloed van de zee en krijgt het zoete water meer invloed. Biezen en riet kunnen in de kwelders doordringen en bij nog verdere opvulling kan het zeegat door de golven worden gesloten en kunnen zoete vegetaties zich gaan ontwikkelen. Het



Fig. 5. Paleografische reconstructie van het Nederlandse kustgebied ongeveer 2300 jaar geleden. Strandwallen en duinen zijn zwart aangegeven, wadden, slikken, kwelders en schorren met een grove stippeling, rivierkleigebieden met een fijne stippeling en hoogveengebieden met driehoekjes. (Naar Van Staaldin en et al., 1979.)

eindstadium is vorming van uitgestrekte hoogvenen achter een vrijwel gesloten schoorwal. Paleografische reconstructies (fig. 5) van dergelijke situaties in het kustgebied van Noord- en Zuid-Holland worden gegeven door o.a. Pons & Van Oosten (1974) en Van Staaldin en et al. (1979).

Het moet worden benadrukt dat een dergelijke situatie tamelijk stabiel is zolang de schoorwallen intact blijven. Stormvloed en vinden in het hooggelegen veen geen komberg en kunnen daarom weinig schade aanrichten.

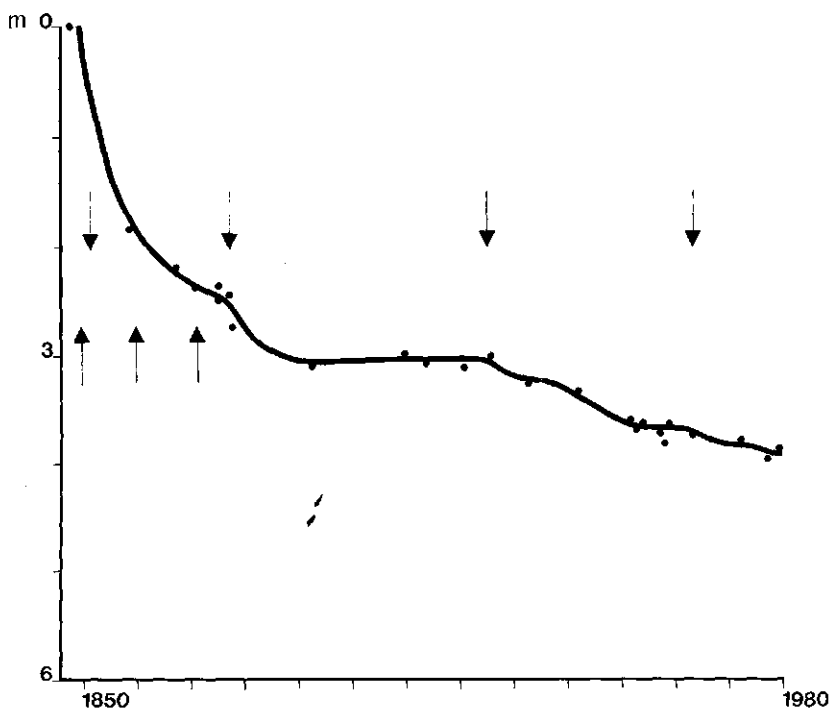


Fig. 6. De verlaging van de oppervlakte van het veen in een gedeelte van de Fenlands in het oosten van Engeland, nadat men in 1850 begonnen is het veen te ontwateren. Tot omstreeks 1880 was het veen in gebruik als akkerland, later alleen als grasland, dat geleidelijk overging in bos. De punten geven metingen van het veenoppervlak aan, de pijlen versterking van de ontwatering door bijvoorbeeld nieuwe pompen. (Naar Hutchinson, 1980.)

### Ontwikkeling onder invloed van de mens

Bij de grote veranderingen in het Nederlandse kustgebied in de laatste 1000 jaar hebben onze voorouders een hoofdrol gespeeld. Zij hebben het veengebied toegankelijk gemaakt voor de zee. Vooral Edelman (1974) heeft gewezen op de grote invloed van de ontginning van de hoogvenen. De eerste kolonisatie van betekenis geschiedde in de 9e of 10e eeuw. Deze kolonisten groeven sloten voor de ontwatering van het veen en verbouwden graan en andere akkerbouwgewassen op het oppervlakkig ontwaterde veen. Hierdoor kon het veen oxyderen en kon een daling van de oppervlakte met wellicht 1 cm per jaar optreden. Indien de toplaag van tijd tot tijd werd afgebrand om extra nutriënten vrij te maken, kan de daling nog wel sneller zijn gegaan. Op deze wijze kunnen de uitgestrekte en hoge veengebieden binnen enkele eeuwen op het grondwaterniveau zijn gekomen, dat, omdat de afwatering onder vrij verval moest geschieden, omstreeks gemiddeld zeeniveau zal hebben gelegen. Een eigentijdse illustratie (fig. 6) van dit proces is de inklinking met 3 cm per jaar van de Fenlands in het oosten van Engeland na ontwatering in 1850 (Hutchinson, 1980).

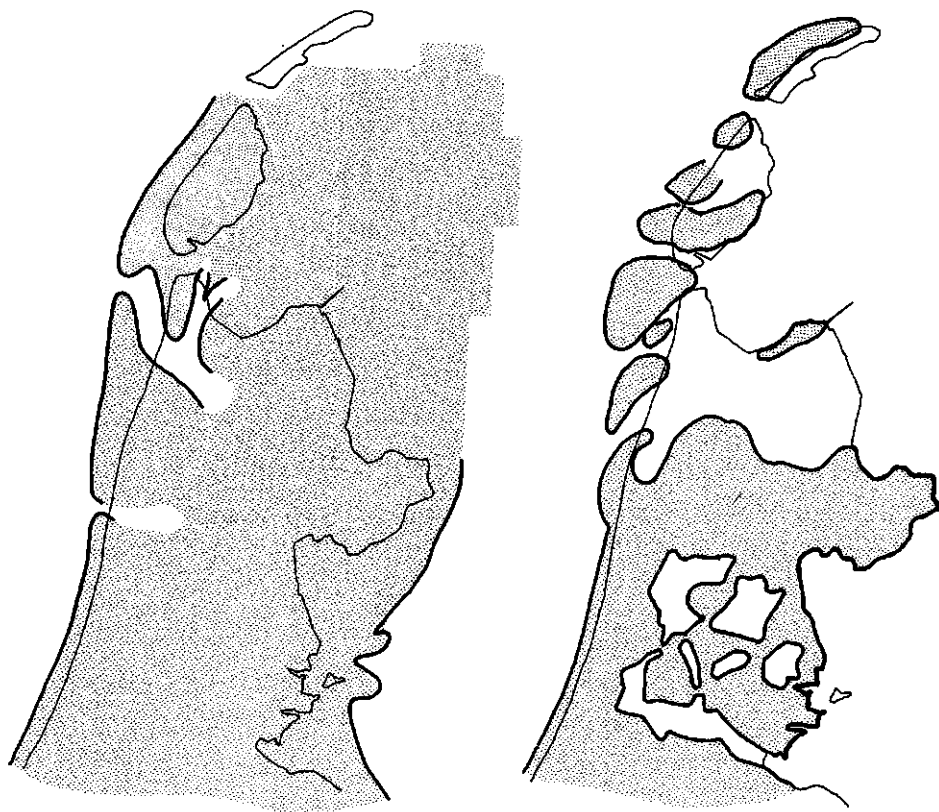


Fig. 7. Landverlies in Noord-Holland tussen de 10e (links) en de 14e eeuw (rechts). (Naar Eisma & Wolff (1980) op basis van eerdere auteurs.)

Dat zout- of turfwinning de hoofdoorzaak is geweest van het verdwijnen van de enorme oppervlakten van de hoogvenen, is onaannemelijk (Borger, 1975), al zal dat lokaal wel enige betekenis hebben gehad. Gottschalk (1955) bijvoorbeeld vermeldt het afgraven van hoogveen in het gebied (in Zeeland) waar zich niet veel later de Braakman vormde.

Door de akkerbouw op veen was ons kustgebied toegankelijk gemaakt voor de zee. Stormvloed en een steeds groter gebied overstroomde en daardoor kon een steeds groter volume water aan overstroming deelnemen, hetgeen de toegangsgeulen steeds dieper deed uitschuren. De gevolgen waren catastrofaal (fig. 7). Bijvoorbeeld in Noord-Holland was meer dan de helft van het land dat in de 10e eeuw aanwezig was, in de 14e eeuw verdwenen (Pons & Van Oosten, 1974; Eisma & Wolff, 1980). Ook elders trad landverlies op grote schaal op. Tot en met de 16e eeuw ontwikkelden zich inbraken als Braakman, Dollard, Zuiderzee en Biesbosch en gingen in Zeeland bijvoorbeeld het Land van Saaftinge en oostelijk Zuid-Beveland met de stad Reimerswaal verloren. Overal veroorzaakte de mens door ontwatering

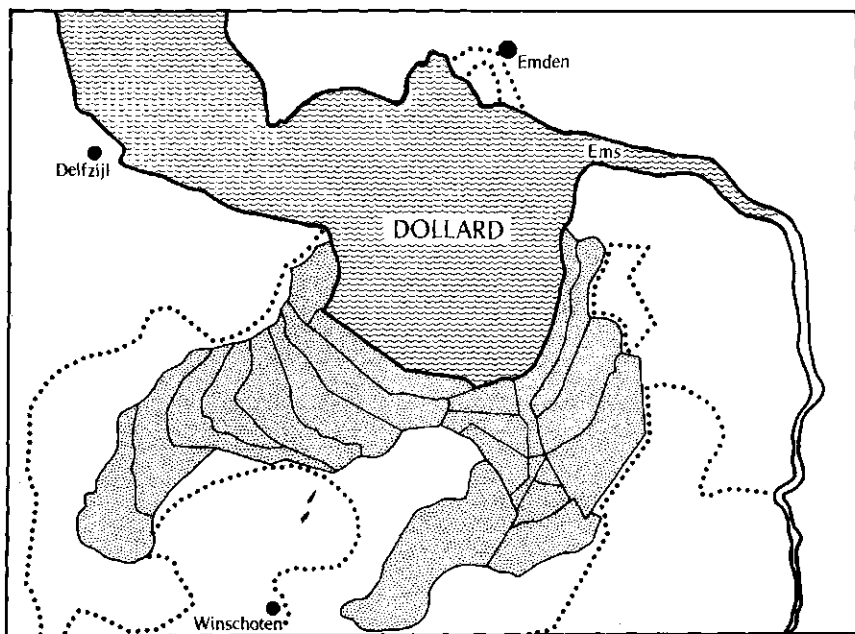


Fig. 8. Inpolderingen rond de Dollard na de inbraak in de 13e-14e eeuw. De stippellijn geeft de grootste uitbreiding van de Dollard weer.

inklinking van het maaiveld en schiep daardoor en door het afgraven van veen voor turf- en zoutwinning potentiële vloedkommen. Slecht dijkbeheer en/of oorlogstoestanden gaven de zee dan de kans in die kommen door te dringen. Als dat éénmaal gebeurd was, ontwikkelden de bijbehorende getijgeulen zich meestal snel en was het verdrinken land meestal reddeloos verloren.

Zodra de zee bezit had genomen van een inbraakgebied, ging een ander proces van start. De getijstroom transporteerden zand en slib naar binnen en langs de randen van de inbraak ontstonden al snel kwelders of schorren. Langzaam maar zeker groeiden op deze manier de zeegaten weer dicht en onze voorouders waren er meestal heel vlug bij om deze gebieden weer stap voor stap in te polderen (fig. 8).

Omstreeks 1600 raakte de mens definitief aan de winnende hand. Vermoedelijk heeft de Gouden Eeuw en de beschikbaarheid van kapitaal voor waterbouwkundige werken daar veel mee te maken gehad. Tegenslagen, zoals de paalwormramp in het begin van de 18e eeuw, konden worden opgevangen en landverlies op grote schaal is sindsdien niet meer voorgekomen. Doordat omstreeks 1730 de paalworm massaal de palen en andere houten delen van de zeeweringen aantastte, werd hout onbruikbaar als materiaal voor kustverdediging en moest men overstappen op steen. Kleinschalige bestortingen met Vilvoordse kalksteen waren reeds eeuwen lang in zwang geweest in Zeeland (Dekker, 1971), terwijl men in het noorden eerst lokale zwerfstenen en later materiaal van elders ging gebruiken.

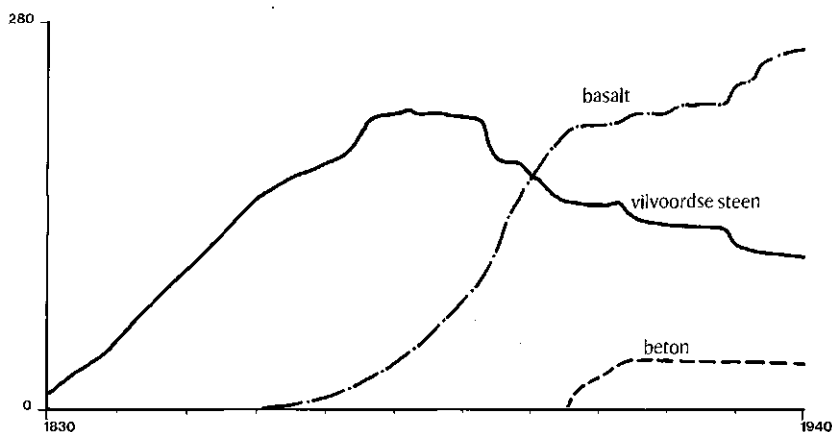


Fig. 9. Ontwikkeling van het gebruik van steen voor gezette dijkglooïingen op Schouwen-Duiveland. De eerste glooïing van Vilvoordse steen werd gezet in 1827. (Naar Wilderom, 1964.)

Uit de plaatselijke steenbestortingen ontwikkelden zich vooral in de 19e eeuw de uit steen gezette dijkglooïingen en de uitgebreide onderzeese oeverbestortingen die nu zo kenmerkend zijn voor de Delta (fig. 9). Hiermee was een geheel nieuw milieutype in Nederland ontstaan: de kunstmatige rotskusten. Op deze rotskusten vinden we nu een planten- en dierenwereld die kenmerkend is voor dit milieu en die vroeger in Nederland alleen op schelpen en boomstammen voorkwam (Den Hartog, 1959; Wolff & Post, 1979).

Doordat gedurende de afgelopen eeuwen de aangevallen kustgedeelten beter verdedigd werden, terwijl tegelijkertijd de beschut liggende inhammen zich opvulden, is de Nederlandse kustlijn steeds korter en 'gladder' geworden. De laatste 30 jaar zijn er nog een hele serie inbochtigen van de kustlijn verdwenen, zoals Brielse Maas, Braakman, Dijkwater, Pluimpot, Zandkreek, Veerse Gat, Kreekrak, Lauwerszee en Brielse Gat. Met de nu aan de gang zijnde dijkverzwaringen wordt de kust definitief gladgestreken en veel van de inhammen en hoekjes die vanuit natuurbehoudsoogpunt interessant waren door het voorkomen van bijzondere planten en dieren zijn reeds verdwenen (Beeftink, 1964). Dat het echter niet altijd tot verarming hoeft te komen, bewijst de met veel zorg uitgevoerde dijkverzwaring langs de Waddenzee-kust van Texel. De oude dijk werd hier door een in de loop der eeuwen ontstaan dijklichaam gevormd. De vele bochten weerspiegelden een rijke waterstaats-historie en ze leverden talloze levensmogelijkheden voor planten en dieren karakteristiek voor de kust. Een lekkende uitwateringssluï plus enige kwel waren de factoren die achter deze dijk de bekende brakwaterplas van De Bol in stand hielden; de ter plaatse voorkomende brakwaterflora en -fauna telde zelfs soorten die elders in Nederland niet meer voorkomen.

De nieuwe Deltadijk is veel hoger en breder dan de oorspronkelijke dijk. Alleen al daardoor kon de nieuwe dijk niet alle oude kronkels volgen. De nieuwe dijk is toen min of meer rechtlijnig door de oude kronkelige kustlijn gelegd. Hierdoor kwam op sommige plaatsen een stukje Texel buitendijks te liggen, alleen beschermd door de lage oude zeedijk en op andere plaatsen werd een stukje Waddenzee ingepolderd. Zowel de buitendijkse stukjes van het oude land als de ingepolderde stukjes Waddenzee werden grotendeels in beheer gegeven aan de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten die nu doende is deze stukjes tot natuurgebieden te ontwikkelen. Ter plaatse van de lekkende sluis van De Bol werd een speciaal inlaatwerk voor zee-water geconstrueerd om de brakwaterlevensgemeenschap te behouden.

De huidige kust weerspiegelt op meer plaatsen de intensieve bemoeienis van de mens met de kustontwikkeling. Kwelders, gorzen en schorren zijn vrijwel overal kort na hun ontstaan ingepolderd. Hoge kwelders, die 'rijp' zijn voor inpoldering zijn een vrij zeldzaam verschijnsel langs de kust. De allerhoogste kwelders zijn zelfs beperkt tot enkele hoekjes die bij eerdere inpolderingen niet zijn meegenomen. Slechts in het Verdrongen Land van Saeftinge kunnen we nog op een redelijke schaal zien hoe een hoog opgeslibd schor er uitziet.

Langs de Friese en Groningse kust vinden we de landaanwinningen. Hier is de geomorfologie van de kwelder ingrijpend door de mens beïnvloed, doch we treffen nog wel een vegetatie en dierenwereld aan, die zich spontaan, dus op natuurlijke wijze hebben gevestigd. Ook aan de Noordzeekust heeft de mens zich met de kustontwikkeling bemoeid. Stuifdijken werden al in de 17e eeuw aangelegd tussen Callantsoog en Huisduinen en tussen Texel en Eijerland (Eisma & Wolff, 1980). Nu vinden we stuifdijken op alle waddeneilanden. Intensieve kustverdedigingswerken bij Westkapelle en de Hondsbosse Zeewering hebben reeds een geschiedenis van eeuwen. Golfbrekers of strandhoofden breiden zich steeds verder uit langs de kust; ze zijn nu al langs ongeveer 35% van de kustlijn te vinden (fig. 10).

## Kustvormen

Zeer globaal kunnen we in Nederland drie kustvormen onderscheiden (fig. 10):

1. de gesloten strand- en duinkust van Noord- en Zuid-Holland (en België);
2. de waddenkust;
3. de estuariumkust.

De gesloten kust wordt gekenmerkt door een tientallen kilometers lange aaneenschakeling van zandstranden met onmiddellijk daarachter gelegen duingebieden. Voor het strand neemt in de richting van de Noordzee de waterdiepte snel toe. On-

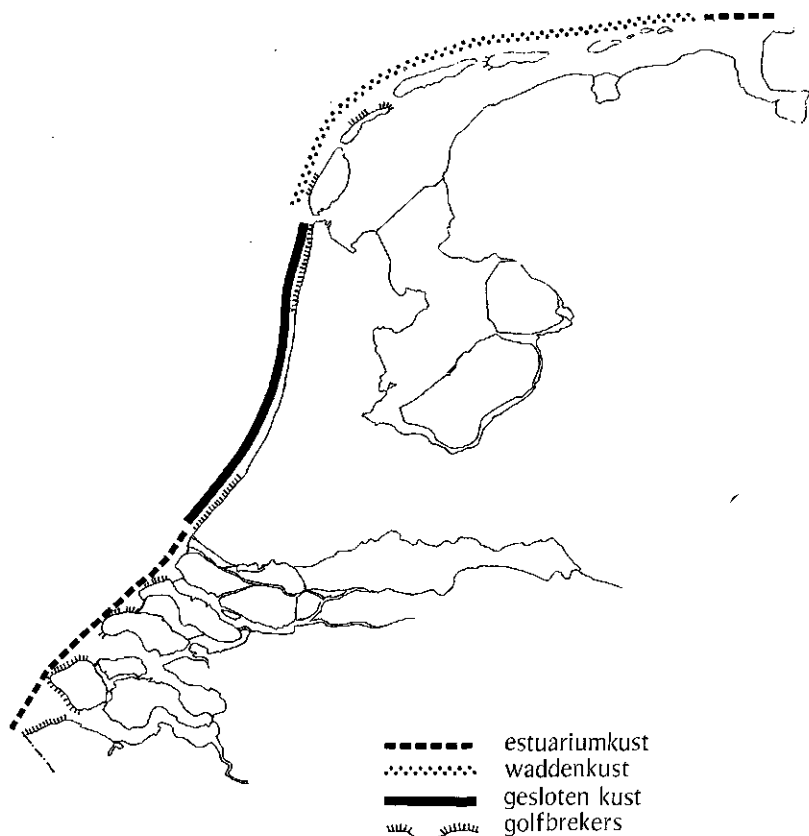


Fig. 10. Huidige kustvormen van Nederland.

regelmaticgheden in de gesloten kust verraden hetzij oude zeegaten en estuaria (bijvoorbeeld de Zijpe ter plaatse van de Hondsbosse Zeewering en de Oude Rijn bij Katwijk), hetzij menselijke ingrepen (bijvoorbeeld de havens van IJmuiden, Scheveningen en Oostende). Achter de gesloten kustlijn heeft de zee geen directe invloed op het landschap meer. Daar liggen de oude veenlandschappen, doch ook jongere zeeklei- en zavelgebieden.

De waddenkust bestaat uit een serie langgerekte schoorwaleilanden met daartussen brede zeegaten die de verbinding tussen de Noordzee en het achter de eilanden liggende waddengebied onderhouden. Ter hoogte van het midden van de eilanden komt de kust sterk overeen met de eerder genoemde gesloten kust, doch ter hoogte van de zeegaten treffen we de zogenaamde buitendelta's aan. Dit zijn waaivormig rondom het zeegat gerangschikte series van zandbanken afgewisseld door getijgeulen, die in stand worden gehouden door de getijstroom die in en uit de zeegaten trekken. Delen van deze buitendelta's, die vaak enige kilometers in zee steken, kunnen bij normaal hoogwater droog blijven. Hierdoor ontstaan kleine eilanden die vaak verschillende jaren blijven bestaan. Op den duur groeien deze eilanden echter

Boven: De schorren van het Verdrongen Land van Saeftinge vormen één van de grootste schorregebieden van Europa.

Onder: De zwaar verdedigde kust van Schouwen is een voorbeeld van een strand waar de mens een duidelijk stempel op heeft gehad.



vast aan het meer noordelijk of oostelijk gelegen waddeneiland of ze verdwijnen weer onder water. De Noorderhaaks of Razende Bol ten zuidwesten van Texel is een goed voorbeeld van zo'n eiland.

Achter de waddenkust ligt een waddenzee, een door zich boomvormig vertakken-de geulenstelsels doorsneden getijdengebied dat tweemaal daags voor een zeer groot deel droogvalt en weer onderloopt. Dit gebied wordt gekenmerkt door hoofdzakelijk zandige of zavelige platen die langs de kust worden begrensd door kwelders of schorren. Kwelders en schorren zijn twee namen voor hetzelfde type landschap begroeid met zoutplanten langs de zeekust. In Friesland en Groningen en vroeger ook in Noord-Holland spreekt men van kwelders, doch op Texel en langs de vastelandskust van Noord-Holland noemt men dezelfde gebieden tegenwoordig schorren. Vermoedelijk is dat woord hier terechtgekomen met immigranten uit het Deltagebied die in de 19e eeuw de grote nieuwe polders op Texel en in de Kop van Noord-Holland bevolkten. Achter de kwelders en schorren ligt langs de vastelandskust de zeedijk en daarachter ligt op de meeste plaatsen een jong zeekleilandschap.

De estuariumkust is gekenmerkt door diep het land indringende zeearmen of estuaria. Een estuarium is het beste te omschrijven als de trechtervormige monding van een rivier gekenmerkt door het voorkomen van eb en vloed en van brakwater, d.w.z. water met een zoutgehalte tussen dat van zoet- en zeewater in.

Er moet overigens op gewezen worden dat geomorfologen, hydrografen en oecologen aan zeer verschillende aspecten denken als zij het over de wezenlijke kenmerken van een estuarium hebben. Eerstgenoemden denken vooral aan bovengenoemde trechtervormige riviermonding. De hydrografen hechten meer waarde aan het karakteristieke stromingspatroon waarbij zoeter water langs de oppervlakte naar zee afstroomt en zouter water langs de bodem landinwaarts dringt. De oecologen tenslotte wijzen vooral op het verlaagde en instabiele zoutgehalte en op de onregelmatige wisselingen van vele milieufactoren. Geomorfologisch gezien kunnen alle huidige en vroegere zeearmen in het Deltagebied en de Eems met de Dollard als estuaria worden beschouwd. Hydrografisch gezien zijn de beste voorbeelden van estuaria de Eems-Dollard, de Westerschelde en voor 1970 het Haringvliet-Hollands Diep-gebied. Oecologen tenslotte treffen verwante levensgemeenschappen in al deze wateren en ook in de Waddenzee aan.

De Nederlandse estuaria lijken in de nabijheid van de Noordzee sprekend op de Waddenzee omdat we hier hetzelfde landschap van zandige platen en geulen hebben. Meer naar binnen toe worden in het brakwatergebied de platen meestal veel modderiger. Langs de randen van de estuaria vinden we kwelders (Eems-Dollard), gorzen en schorren (Deltagebied). Met lagere zoutgehalten wordt de vegetatie van

Boven: De kwelders van de Boschplaat op Terschelling konden zich pas ontwikkelen nadat de mens een stuifdijk had aangelegd die de invloed van de Noordzee terugdrong.  
Onder: Het Noordzeestrand van Terschelling laat nog vrij goed zien hoe een natuurlijk strand langs de Nederlandse kust er uit ziet.



deze gebieden weelderiger en hoger, onder meer doordat planten als zeebies en riet gaan optreden.

Hierboven is al aangegeven dat kwelder en schor regionale woorden voor hetzelfde begrip zijn. Naast het (West-)Fries-Groningse woord kwelder, spreekt men in het Zeeuwse en Vlaamse gebied van schorren. Gorzen tenslotte vinden we in Zuid-Holland en Noord-Brabant rond de mondingen van Rijn en Maas. Hoewel het woord 'gors' etymologisch verwant is aan 'gras', blijkt dat niet uit de begroeiing van de gorzen. Er zijn en/of bestonden gorzen begroeid met zoutplanten als obione en lamsoor, maar er zijn ook rietvelden en buitendijkse graslanden die gors worden genoemd.

Een dergelijk naamgevingsprobleem doet zich ook voor bij de onbegroeide bij laag water droogvallende platen. In het noorden noemt men die in het algemeen wadden, in het zuiden spreekt men van slikken. Dit laatste woord gebruikt men in Zeeland nu ook voor meer zandige platen, al bestaat er een in onbruik geraakt Zeeuws woord 'blikken' voor zandplaten.

De gesloten kust, de waddenkust en de estuariumkust zijn niet scherp van elkaar te onderscheiden. Bovendien komt het voor dat in de loop van de tijd het ene type in het andere overgaat. Ruim duizend jaar geleden heeft een gesloten kustlijn zich wellicht uitgestrekt van Petten tot aan het Vlie, doch enkele eeuwen terug was dezelfde kust vanaf Schoorl een waddenkust. Callantsoog en Huisduinen waren toen waddeneilanden (fig. 7).

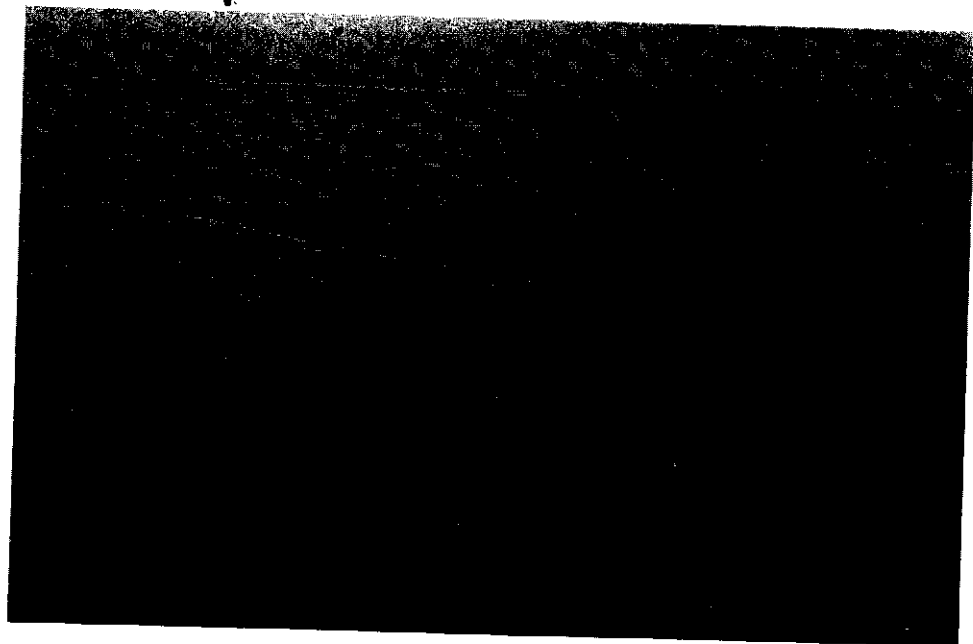
De gesloten kust vormt de scherpste overgang tussen land en zee. Het strand is één van de extreemste milieutypen die er in Nederland te vinden zijn. Op het eigenlijke strand komen geen hogere planten voor en het aantal dieren dat er leeft is zeer beperkt, zowel wat het aantal soorten als het aantal individuen betreft. Niettemin zijn er enkele diersoorten gespecialiseerd op dit extreme biotoop, zoals de strandplevier en de dwergstern. De aangrenzende duinen zijn weliswaar dank zij de zee ontstaan, doch gaande vanaf de zeereep neemt de invloed van de zee snel af. Slechts een afwijkend klimaat en de relatief zoute neerslag verraden de nabijheid van de zee (fig. 11).

De waddenkust is een waar overgangsgebied tussen zee en land. Wegens de veel geringere invloed van de golven is het wad veel minder extreem dan het strand. Dit weerspiegelt zich in een relatief grote rijkdom aan planten en dieren (zie het hoofdstuk van Westhoff). Op de kwelders, die in de luwte van de eilanden en langs de vastelandskust liggen, komen organismen van mariene en terrestrische herkomst in nauw contact met elkaar.

Langs de estuariumkust treffen we niet alleen de overgang van zee naar land aan, doch ook die van zout- naar zoetwater. De estuariumkust heeft daarom naast de

Boven: Kustafslag langs de zuidwestkust van Texel. Voorbeeld van de dynamische processen aan weerszijden van één van de grote zeegaten: het Marsdiep.

Onder: De modderige slikken van de Dollard zijn een fraai voorbeeld van een brakwatergebied.



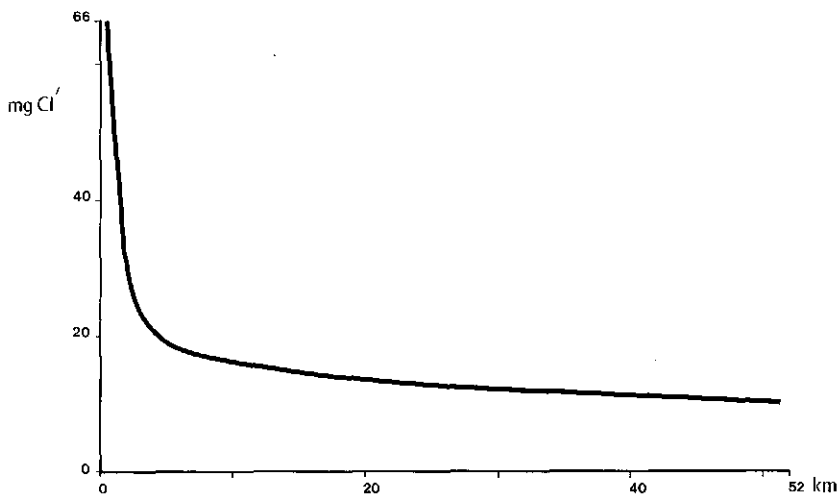


Fig. 11. De neerslag van chloride (mg) per m<sup>2</sup> per etmaal als functie van de afstand tot de kust (km) van Noord-Holland. (Naar Vermeulen, 1977.)

milieutypen, die ook langs de waddenkust voorkomen, ook nog levensgemeenschappen van brak en zoet getijwater. Dollard en Saeftinge zijn voorbeelden van brakke gebieden, de Oude Maas van een zoetwatergetijdengebied.

## Bedreigingen

De levensgemeenschappen van de kust van Nederland worden op een aantal wijzen bedreigd. Een bedreiging die in de praktijk vrijwel onomkeerbaar is, wordt gevormd door inpolderingen. In het verleden zijn honderdduizenden hectaren van gebieden die onder invloed van de zee stonden, ingepolderd of van de zee afgesloten (fig. 12).

Zo omstreeks 1986 kunnen we de voorlopige afronding van dit proces van inpolderingen verwachten. Als uitvloeisel van de Deltawet die in 1958 werd aangenomen en van beslissingen in 1975 en 1976 vinden in de Delta de sluiting van Philipsdam en Oesterdam plaats, waardoor Krammer, Volkerak en het Markiezaat van Bergen op Zoom aan getijinvloed worden onttrokken. Verder is er natuurlijk nog de stormvloedkering in de Oosterschelde. Langs de waddenkust werd voor de inpoldering van de zomerpolders en landaanwinningen nabij Ferwerd een eerste concessieaanvraag afgewezen (Van Agt: 'De pootaardappel is mooi, maar de Waddenzee is mooier'). Ten tijde van het schrijven van deze bijdrage is de definitieve beslissing nog niet gevallen (zie verder ook het hoofdstuk van Nienhuis).

Een tweede grote bedreiging van de Nederlandse kust wordt gevormd door verontreinigingen in de ruimste zin des woords (zie ook het hoofdstuk van Duinker). Zo worden PCB's (polychloorbifenylen) ervan verdacht de Nederlandse zeehondenstand met ca. 90% te hebben doen afnemen (Reijnders, 1980) en ze zijn wellicht

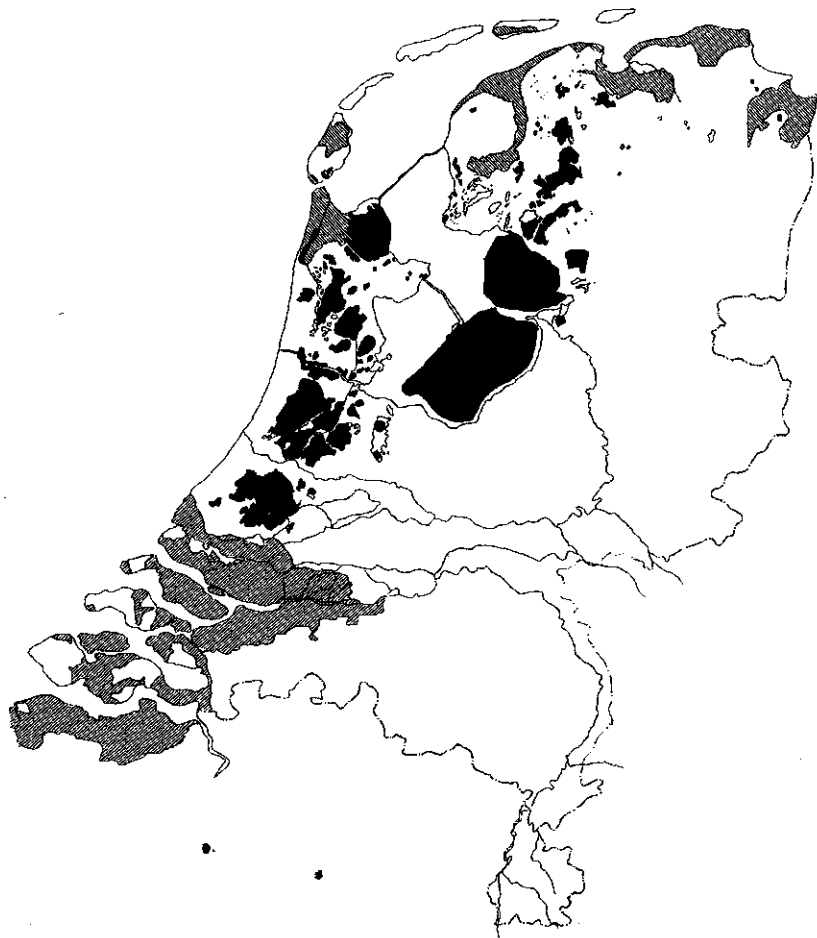


Fig. 12. De inpolderingen (gearceerd) en droogmakerijen (zwart) in Nederland. De aller-eerste defensieve bedijkingen waardoor bestaand land tegen de zee werd beschermd, zijn niet aangegeven.

ook verantwoordelijk voor het verdwijnen van de bruinvis uit onze wateren. Een andere bedreiging is bijvoorbeeld dat tankers met vele tienduizenden of zelfs honderduizenden tonnen olie dagelijks de Nieuwe Waterweg binnenlopen of onze kust passeren op weg naar bijvoorbeeld de Duitse oliehaven Wilhelmshaven. Het gevaar voor stranding of aanvaring, gevolgd door omvangrijke olieverontreinigingen, is daarbij altijd aanwezig. (Zie verder ook het hoofdstuk van Duinker).

Een derde grootschalige bedreiging is de recreatie. De spectaculaire groei van de watersport lijkt voorlopig ten einde, doch een toeneming van de vakanties binnenslands zal de druk op de kust zeker niet doen verminderen. Ik heb de indruk dat problemen met de watersport, inclusief de duiksport, met weinig moeite vallen op te lossen, doch op het land liggen veel grotere moeilijkheden. Vertrapping en erosie zijn zichtbaar in vele duin- en schorregebieden. Overmatige wateronttrekking (zie het hoofd-

stuk van Udo de Haes) uit de duinen t.b.v. de recreatie (zie het hoofdstuk van Van Leeuwen) en de watervoorziening van de grote steden is een bijkomend probleem.

Naast deze drie groepen van problemen die een rol spelen in het hele kustgebied zijn er nog talloze andere die lokaal van belang zijn, zodat alles bij elkaar de kust van Nederland onder zware druk staat.

Reeds vanaf het begin van deze eeuw wordt getracht die druk te weerstaan en niet zonder succes. En vergelijking met de Belgische kust met zijn lintbebouwing demonstreert dat alle moeite bij ons niet voor niets is geweest.

### Internationale positie

Als bewoners van Nederland moeten we beseffen dat de Nederlandse kust ook op ruimere schaal bijzonder is. Een gebied als de Waddenzee vinden we nergens anders in de wereld. Van alle bij laagwater droogvallende wadden en slikken in Europa liggen er ca. 25% in Nederland (Werkgroep Waddengebied, in voorbereiding). De overige 75% liggen verspreid langs de Europese kusten tussen Denemarken en Portugal. Waddenzee en Deltagebied bezetten op de lijst van watervogelgebieden in Europa en noordwestelijk Afrika respectievelijk de 1e en 2e plaats wat betreft het aantal aanwezige vogels (Saeijs & Baptist, 1980; Smit, 1980) (zie ook het hoofdstuk van Swennen). Het Nederlandse duingebied kent wat betreft rijkdom, uitgestrektheid en verscheidenheid zijn weerga niet in Europa. Daarnaast stelt de in maart 1980 gelanceerde World Conservation Strategy van IUCN, WWF en UNEP uitdrukkelijk dat kustgebieden als de onze van groot belang zijn. Het zijn in het algemeen de meest produktieve delen van de wereldzeeën en een zeer groot deel van de wereldbevolking woont in en is afhankelijk van de kustgebieden.

Samenvattend kunnen we vaststellen dat we in Nederland weliswaar slechts een beperkt aantal kusttypen hebben, doch dat die typen zo rijk ontwikkeld zijn en nog zo goed bewaard zijn gebleven, dat een goed beheer een internationale verplichting is.

### Literatuur

- Beeftink, W.G., 1964. *Polygonum maritimum* L. in Nederland. *Gorteria* 2: 13-20.
- Borger, G.J., 1975. De Veenhoop. Een historisch-geografisch onderzoek naar het verdwijnen van het veendek in een deel van West-Friesland. Dissertatie, Amsterdam, 242 p.
- Dankers, N., 1978. De ecologische gevolgen van havenaanleg op het Balgzand. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel, 98 p.
- Davies, J.L., 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. *Z. Geomorphol.* 8: 127-142.

- Dekker, C., 1971. Zuid-Beveland. De historische geografie en de instellingen van een Zeeuw eiland in de Middeleeuwen. Van Gorcum, Assen.
- Dijkema, K.S., 1980. Large-scale geomorphologic pattern of the Wadden Sea area. In: K.S. Dijkema, H.-E. Reineck & W.J. Wolff (Eds): *Geomorphology of the Wadden Sea area* Balkema, Rotterdam, p. 72-80.
- \*Edelman, T., 1974. Bijdrage tot de historische geografie van de Nederlandse kuststrook Rijkswaterstaat Publikatie no. 14, 82 p.
- Eisma, D. & W.J. Wolff, 1980. The development of the western-most part of the Wadden Sea in historical time. In: K.S. Dijkema, H.-E. Reineck & W.J. Wolff (Eds): *Geomorphology of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam, p. 95-102.
- Getijtafels voor Nederland, 1980. Staatsuitgeverij, Den Haag, 135 p.
- Glopper, R.J. de, 1967. Over de bodemgesteldheid van het waddengebied. Van Zee tot Land no. 43, p. 1-67.
- Goes, E.R.F. van der, H. Rundberg & G.C. Visser, 1980. Erosie en sedimentatie in de westelijke Waddenzee. Rijkswaterstaat Studiedienst Hoorn, concept-rapport 79.H002.
- Gottschalk, M., 1955. De historische geografie van Zeeuwsch-Vlaanderen. Dissertatie, Utrecht.
- \*Hartog, C. den, 1959. The epilithic algae of the Netherlands. *Wentia* 1: 1-241.
- \*Hayes, M.O., 1975. Morphology of sand accumulations in estuaries: an introduction to the symposium. In: L.E.-Cronin (Ed.): *Estuarine Research*, Vol. 2. Academic Press, New York, p. 3-22. \*
- \*Hutchinson, J.N., 1980. The record of peat wastage in the East Anglian Fenlands at Holme Post, 1848-1978 A.D. *J. Ecol.* 68: 229-250.
- Pons, L.J. & M.F. van Oosten, 1974. De bodem van Noordholland. Stiboka, Wageningen, 193 p.
- \*Pons, L.J. & A.J. Wiggers, 1959-60. De holocene wordingsgeschiedenis van Noord-Holland en het Zuiderzegebied. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardrijksk. Genootsch.* 76: 104-152; 77: 1-57.
- Reijnders, P.J.H., 1980. On the causes of the decrease in the Harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea. Dissertatie, Wageningen, 122 p.
- Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1980. Coastal engineering and European wintering wetland birds. *Biol. Conserv.* 17: 63-83.
- Smit, C.J., 1980. The importance of the Wadden Sea for estuarine birds. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (Eds): *Birds of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam.
- Staalduin, C.J. van, H.A. van Adrichem Boogaert, M.J.M. Bless, J.W.C. Doppert, H.M. Harsveldt, H.M. van Montfrans, E. Oele, R.A. Wermuth & W.H. Zagwijn, 1979. The geology of the Netherlands. *Meded. Rijks Geol. Dienst* 31-2.
- Vermeulen, A.D., 1977. Immissie-onderzoek met behulp van regenvangers; opzet, ervaringen en resultaten. Rapport Provinciale Waterstaat van Noord-Holland.

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

- Wilderom, M.H., 1964. Tussen afsluitdammen en deltadijken, 2. Noord-Zeeland. Wilderom, Vlissingen, 415 p.
- \*Wolff, W.J. & J. Post, 1979. Oosterschelde, het leven in en om het water. Sijthoff, Alphen aan de Rijn, 206 p.
- Zimmerman, J.T.F., 1976. Mixing and flushing of tidal embayments in the western Dutch Wadden Sea. I. Distribution of salinity and calculation of mixing time scales. Neth. J. Sea Res. 10: 149-191.

# Biologische produktie in de ondiepe, rijke randen van de zee

J. J. Beukema

Een groot deel van de Nederlandse kust, namelijk de Waddenzee en het Deltagebied, wordt gekenmerkt door het voorkomen van grote aantallen vogels. Meest zijn er meer dan een miljoen tegelijk aanwezig. Minder gemakkelijk waarneembaar maar nog veel talrijker zijn de vissen. Hun aantallen lopen in de honderden miljoenen. Al deze dieren vinden er blijkbaar voldoende en geschikt voedsel, niet alleen om er in leven te blijven, maar ook nog om er reserves te vormen voor hun trek naar andere gebieden. Voor de vogels zijn onze getijdengebieden een overwinteringskwartier en een pleisterplaats op hun trek naar het hoge noorden in het voorjaar en verder naar het zuiden, in het najaar (zie het hoofdstuk van Swennen). Voor verscheidene vissoorten zijn de Wadden- en Deltagebieden een kinderkamer, die ze verlaten bij het naderen van de volwassen leeftijd om naar de Noordzee te trekken waar ze een onmisbare bijdrage leveren aan de door de intensieve visserij voortdurend uitgedunde stand.

Bieden de Wadden- en Deltagebieden werkelijk en voortdurend een welvoorzien dis? Waar danken deze gebieden dan hun blijkbaar grote voedselrijkdom aan? Zijn deze voedselvoorraden onbedreigd? Beheren we onze Wadden- en Deltagebieden wel zodanig, dat zulke belangrijke functies als pleister- en foerageergebied voor de vogels en kinderkamer voor de vissen optimaal gegarandeerd blijven?

## Voedselketens

Verreweg de meeste vogels en vissen van onze kust eten bodemdieren, in het bijzonder wormen (zeepier, zeeduizendpoot en vele andere), schelpdieren (mossel, kokkel en andere) en schaaldieren (krab, garnaal en andere). Plantenetters zijn zeldzaam onder deze vogels (rotgans en smient zijn de uitzonderingen) en vissen (alleen de harder is voornamelijk vegetariër).

Langs een omweg hangt het bestaan van alle vogels en vissen en alle andere dieren natuurlijk wel af van plantaardig voedsel. Alleen plantaardige organismen zijn in staat om hun energie te betrekken van het zonlicht en er energierijke organische verbindingen mee te maken. Dieren zijn voor hun voedsel aangewezen op organische stof, die eerder door andere organismen gevormd is. Ze zijn direct (de plantenetters) of indirect (de vleeseters, via de voedselketen, waarin een plantenetter een onmisbare schakel is) afhankelijk van de plantaardige produktie.

Heel anders als op het land, waar grote planten overheersen, wordt vrijwel overal in zee de plantaardige (primaire) produktie verzorgd door microscopisch kleine éencellige algen. Ook in ons kustgebied wordt verreweg het grootste deel van de primaire produktie gevormd door zulke kleine algen, die in het water zweven of op de bo-

dem van ondiep water leven. Op de wadplaten zijn de laatste het belangrijkste. Grote algen en zeegras zijn alleen plaatselijk van belang, maar spelen in het grote geheel nauwelijks een rol. Voor de vogels en praktisch alle vissen zijn ééncellige algen door hun geringe afmetingen geen bruikbaar voedsel. In overeenstemming met de afmetingen van hun voedsel zijn ook de planteneters in zee relatief klein en ontbreken zulke grote herbivoren als de hoefdieren op het land. Algencellen kunnen wel efficiënt gegeten worden door kleine dieren zoals allerlei dierlijk plankton en ook door wat grotere dieren die over een filtratie-apparaat beschikken, zoals de kieuwen van mossels en kokkels (Beukema, 1975).

In het algemeen is in zee de belangrijkste voedselketen van het type: algencellen → dierlijk plankton → kleine vis → roofvis. Naarmate een zee ondieper is, worden bodemdieren belangrijker als schakel in de voedselketen tussen de plantaardige producenten en de vleeseters. Dit komt doordat in ondiepere zeeën een steeds groter deel van de plantaardige produktie binnen het bereik van de bodemdieren komt. Primaire produktie kan immers alleen plaatsvinden in het licht en dus alleen in oppervlaktewater, zodat de dieren die in diep water leven afhankelijk zijn van wat door watermenging en bezinking naar de bodem wordt afgevoerd, nadat hoger in de waterkolom levende organismen er hun portie al van genomen hebben (Beukema, 1977b). Slechts in heel ondiepe zeegebieden als onze Waddenzee overheersen dan ook bodemdieren als consumenten van plantaardig materiaal en zijn de belangrijkste voedselketens van het type: algen → schelpdieren of wormen → vogels of bodemvissen → grotere roofdieren (roofvissen en roofvogels). In de ondiepe kustwateren vervullen de bodemdieren dus de belangrijke functie van omvormers van het overvloedig aanwezige, microscopisch kleine, plantaardige materiaal tot vleesbrokken van een afmeting die hanteerbaar is geworden voor vogels en grotere vissen. Juist de dominerende rol van de niet al te kleine bodemdieren in deze voedselomzetting maakt onze waddenachtige kustgebieden zo aantrekkelijk voor vogels en bodemvissen.

## Bodemdieren

### Aanwezige hoeveelheden

Bodemdieren zijn op de bij laag water droogvallende platen van de Waddenzee en het Deltagebied aanwezig in hoeveelheden van gemiddeld enkele tientallen grammen per m<sup>2</sup>. Deze waarde voor de 'biomassa' is uitgedrukt in grammen droge en asvrije organische stof. De gewichtshoeveelheid aan levende dieren is 5 tot 10 keer zo groot, maar levert geen bruikbare maat op voor wat er aan voedsel voor vogels en vissen aanwezig is, omdat er dan een variabele hoeveelheid water meegewogen wordt en er

bovendien oneetbare delen bij inbegrepen zijn zoals de schelpen van weekdieren en het zand in de darmen van wormen. Als maat gebruiken we dus organische stof, bij planten en dieren hoofdzakelijk bestaande uit eiwitten, koolhydraten en vetten.

Gemiddeld over de hele wereld gerekend bereikt de totale in de vorm van levende dieren aanwezige hoeveelheid organische stof een waarde van ongeveer 4 gram per  $m^2$ , variërend van vrijwel 0 in woestijnen, poolgebieden en hooggebergten tot gemiddeld 12 gram in produktievere oecosystemen als bossen en graslanden (tabel 1). In zee is er gemiddeld 3 gram boven één  $m^2$ , een waarde die vooral bepaald wordt door de lage waarde van 2 gram voor de oceanen. Kustzeeën zijn rijker en topwaarden worden bereikt in zulke gebieden als onze wadplaten met gemiddelde waarden van 30 gram voor de Waddenzee en mogelijk nog iets meer voor het Deltagebied. Alleen al aan bodemdieren is een gemiddeld stukje wad al 10 keer zo rijk als de totale dierlijke bevolking boven een gemiddeld stuk zeebodem of landoppervlak van dezelfde grootte. Inderdaad een aantrekkelijk foerageergebied!

Tabel 1. Oppervlakte, geschatte dierlijke biomassa (als droge organische stof) en jaarlijkse dierlijke produktie van belangrijke delen van de aarde. De getallen zijn een bewerking van gegevens in tabel 5.3 in Whittaker (1975), aangevuld met schattingen voor de grotere bodemdieren van de Waddenzee naar Beukema (1976) en voor de vroegere open Grevelingen naar Wolff & De Wolf (1977).

| Oecosysteem             | Oppervlak<br>$km^2 \times 10^6$ | Biomassa dieren  |             | Produktie dieren<br>(gram per $m^2$ per jaar) |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------------------|
|                         |                                 | $kg \times 10^9$ | gram/ $m^3$ |                                               |
| bossen                  | 57                              | 680              | 12          | 8                                             |
| graslanden              | 24                              | 280              | 12          | 16                                            |
| overig land             | 66                              | 40               | 1           | 1                                             |
| totaal land             | 147                             | 1000             | 7           | 6                                             |
| oceanen                 | 332                             | 800              | 2           | 8                                             |
| randzeeën               | 29                              | 200              | 7           | 18                                            |
| totaal zee              | 361                             | 1000             | 3           | 8                                             |
| wereldtotaal            | 510                             | 2000             | 4           | 8                                             |
| bodemdieren van:        |                                 |                  |             |                                               |
| platen Waddenzee        |                                 |                  | 27          | 30                                            |
| Grevelingen (vóór 1971) |                                 |                  | 26          | 54                                            |

### Ruimtelijke variatie

Niet alle wadplaten herbergen een even grote stand aan bodemdieren. Uniformiteit is ook niet te verwachten. Sommige wadgedeelten zijn erg zandig, doordat ze onbeschut liggen en het door getij en wind in beweging gebrachte water er het slib en andere fijne materiaal steeds weer uitspoelt. Andere gedeelten van het wad zijn juist bijzonder slikkig, doordat het water er tot rust komt en het slib en ook allerlei organisch materiaal er gemakkelijk kan bezinken en daar niet weer snel opgewerveld en afgevoerd wordt. Dit zijn de meer beschutte delen van het wad, die vooral langs de vastelandskust en in inhammen zijn gelegen. Grote delen van de wadbodem zijn minder extreem en bestaan uit zand gemengd met meer of minder slib.

De extreme gebieden zijn het minst geschikt voor permanente bewoning en alleen enkele gespecialiseerde soorten houden het daar uit. Schoongespoeld zand bevat weinig voedsel en is een erg onrustige woonplaats, doordat het zand zo vaak in beweging is. Vooral voor jonge dieren die van ongeveer dezelfde afmeting zijn als de zandkorrels moet het slecht leven zijn tussen rollende 'rotsblokken'. Hierdoor zal ons strand met zijn branding wel zo arm zijn aan bodemdieren. Meestal verblijven er naast tijdelijke bewoners als garnalen en krabben alleen wat kleine kreeftachtigen en wormen, in totaal niet meer dan enkele grammen per m<sup>2</sup>.

Het andere extreem, de zeer slikkige wadden, heeft ook z'n minder aantrekkelijke kanten voor bodemdieren. Zware schelpdieren zinken er in weg, filterende dieren lopen het gevaar dat hun kieuwen door slib verstopt raken, woonbuizen van wormen als de wadpier vloeien er voortdurend dicht. Ligt het slikgebied dan bovendien nog hoog in de getijdenzone, zoals vaak het geval is, dan valt het dagelijks langdurig droog met alle ongemakken vandien als een sterk wisselende temperatuur en zeer beperkte periodes, die geschikt zijn voor het bemachtigen van zuurstof en voedsel uit het water. Ook hier leven wel weer specialisten en soms ook in enorme aantallen, maar ze zijn klein van stuk en hun totale gewichtshoeveelheid ligt daardoor vaak toch wat beneden het gemiddelde voor de hele Waddenzee. Slikgebieden zijn bij uitstek de foerageergebieden voor de erop gespecialiseerde vogels als kluten en tureluurs. Van de vissen komt speciaal de bot hier bij hoog water zijn voedsel halen.

Het rijkst aan bodemdieren zijn de minder extreme overgangsgebieden met matige slibgehalten en een niet te grote hoogte, zodat ze tenminste ongeveer de helft van de tijd onder water staan. Hier kunnen de meeste soorten bodemdieren van het wad leven en bovendien komen hier de grote aantallen voor van de soorten met grote individuen als mossels, kokkels, gapers en pieren. Hier zijn dan ook de grootste gewichtshoeveelheden aan bodemdieren aan te treffen (Beukema, 1976). De rijkste zone van het wad ligt in het algemeen op één tot enkele kilometers uit de kust

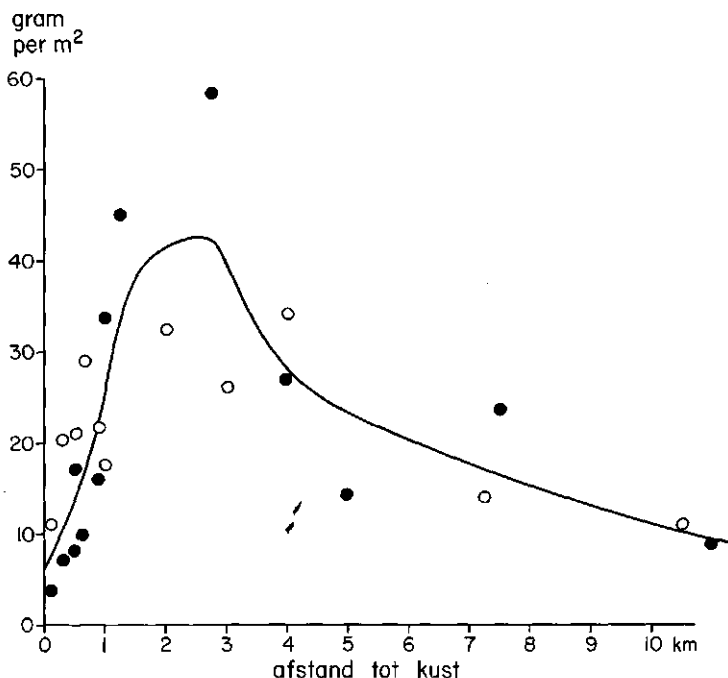


Fig. 1. Het verband tussen de gemiddelde biomassa (uitgedrukt in grammen asvrij drooggewicht per m<sup>2</sup>) van de grotere bodemdieren op de bij laag water droogvallende platen van de Waddenzee en de afstand tot de kust in kilometers (• tot vaste land en ○ tot waddeneiland, naar wat het dichtst bij was.)

(fig. 1). Hier begint ook het gebied met kokkel- en mosselbanken, die ook hier en daar verder uit de kust zeer rijke gebiedjes vormen met zelfs biomassa-waarden van honderden grammen per m<sup>2</sup>. Zulke buitengewoon rijke gebieden bedekken doorgaans echter maar een klein deel (enkele tot hooguit een tiental procenten) van de bodem van de Waddenzee. Ze trekken echter wel grote aantallen fouragerende vogels aan, terwijl bij hoogwater hier de jonge schol massaal voedsel komt zoeken.

#### Variatie met de tijd

De biomassa van de bodemdieren varieert aanzienlijk met het seizoen, in een regelmatig met het wisselen van de seizoenen terugkerend patroon (fig. 2). De laagste waarden komen steeds voor in de nawinter en in het vroege voorjaar. Topwaarden zijn aan te treffen in de nazomer. De gewichtshoeveelheid bodemdieren zijn dan gemiddeld het dubbele van de wintermaanden. In de zomer zijn ook de aantallen dieren op het wad veel groter, doordat de meeste soorten zich in het voorjaar voortplanten en de nieuwe generaties zich vooral in het late voorjaar en vroege zomer op het wad vestigen. Tot de sterke stijging van de biomassa gedurende voorjaar en zomer draagt echter vooral bij de snelle gewichtstoename door groei van de dieren in die tijd van het jaar.

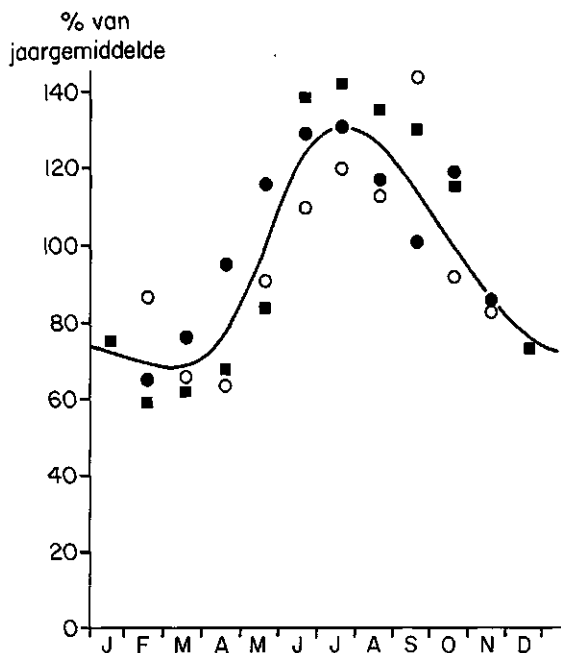


Fig. 2. Relatieve waarden van de biomassa van de niet zeer diep levende grotere bodemdieren in de loop van het jaar, uitgedrukt als percentages van het jaargemiddelde op de betrokken waarnemingsplaats. De drie plaatsen op het Balgzand zijn aangeduid met een verschillend symbool. (Naar Beukema, 1974.)

De afname van de biomassa van de bodemdieren in herfst en winter wordt veroorzaakt door aantalsvermindering (o.m. door de eetactiviteit van vogels en het weg-trekken van een deel van de garnalen en krabben) en vooral door vermagering. Speciaal de schelpdieren verliezen in die tijd van het jaar enorm aan gewicht. Zo bevat een kokkel van 3 cm in de zomer een halve gram vlees en in de winter nog maar een kwart gram (water- en asvrije gewichten). Voor de vogels betekent dit, dat ze in de winter voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid voedsel twee keer zoveel kokkels moeten zien te vinden als in de zomer. De eerste maanden van het jaar zullen voor schelpdieren-etende vogels steeds de moeilijkste tijd van het jaar zijn, want dat dubbele aantal prooien moet worden gevonden in een seizoen waarin de aantallen bodemdieren op het wad ook nog het kleinst zijn. Daar komt nog bij, dat in de winter de dagen kort en de prooien moeilijk te vinden zijn, doordat ze minder actief ple-gen te zijn en in veel gevallen dieper ingegraven zitten dan in voorjaar en zomer.

Om te beoordelen of er ieder jaar voldoende voedsel op het wad aanwezig is voor de vogels en de vissen, zijn de hoeveelheden aanwezig in de nawinter dus het meest relevant, omdat dat de meest kritieke tijd zal zijn. De totale hoeveelheden bodem-dieren in de nawinter blijken van jaar op jaar te wisselen, maar de schommelingen zijn toch niet buitengewoon groot (fig. 3). Op het Balgzand, een 50 km<sup>2</sup> groot gebied

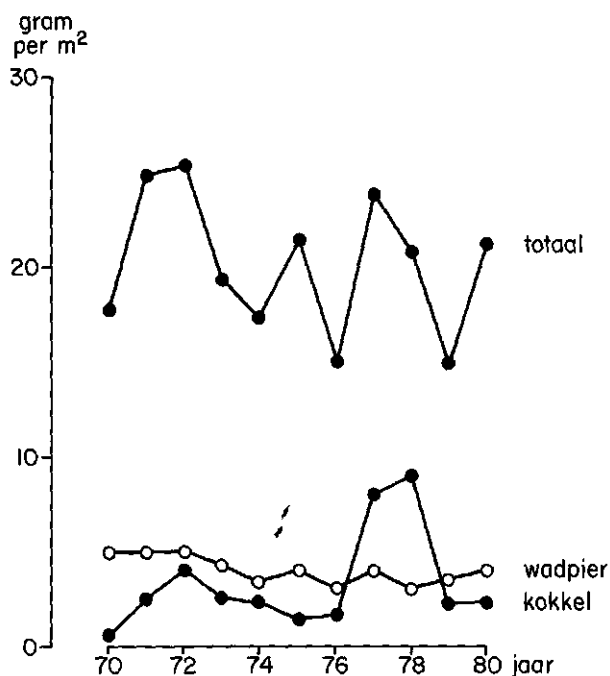


Fig. 3. De totale biomassa in de loop van 11 jaren van de grotere bodemdieren en voor twee soorten ervan. Gemiddelden van waarden van 15 waarnemingsplaatsen op het Balgzand, bemonsterd in de nawinter of het vroege voorjaar, uitgedrukt in grammen asvrij drooggewicht per m<sup>2</sup>. (Gewijzigd naar Beukema, 1979.)

van wadplaten bij Den Helder, trof ik (Beukema, 1979) in een periode van 11 jaar in de nawinter nooit minder dan 15 gram per m<sup>2</sup> aan, wat ongeveer driekwart van het langjarig gemiddelde is. Zelfs na de strenge winter van 1978-1979 bleef de stand van de bodemdieren boven 75% van het langjarige gemiddelde. Wel stierven in die winter verscheidene soorten totaal of nagenoeg totaal uit in de Waddenzee (in veel mindere mate in het Deltagebied, waar de winters altijd zachter zijn). Onder die kougevoelige soorten was er slechts één, namelijk de kokkel, die een aanzienlijke bijdrage pleegt te leveren aan de totale biomassa van de bodemdieren (Beukema, 1979). Mede door deze gevoeligheid voor lage temperaturen, maar ook door het sterk wisselende succes van de broedval, is de kokkel een grillige soort, die soms bijna de helft van het totale gewicht aan bodemdieren op het wad kan uitmaken, maar ook tot slechts enkele procenten kan afzakken (fig. 3).

Een ander uiterste is de wadpier, met een erg gelijkmatige bijdrage van zo'n 20%: ca. 4 gram in de nawinter en ca. 6 gram in de zomer. Blijkbaar weet deze soort de grootte van zijn populatie goed te reguleren. Op het Balgzand zag ik dat er veel jonge pieren opgroeiden in jaren met een relatief kleine stand aan oude en dat omgekeerd de uitbreiding van de stand door een jonge generatie vrijwel achterwege bleef als er al een grote stand aan oude was (Beukema & De Vlas, 1979).

Niet alle soorten reguleren de grootte van hun populatie zo fraai, de meeste aantallen vertonen aanzienlijke schommelingen van jaar op jaar. In de totale biomassa komt dit maar beperkt tot uitdrukking, doordat de aantallen bij de verschillende soorten niet synchroon schommelen. Toppen en dalen van de verschillende soorten gaan elkaar daardoor in de optelling tot het totaal grotendeels opheffen. Alleen al door deze niet-gelijktijdigheid zijn de schommelingen in het totaal meer gedempt dan die van een aantal belangrijke soorten als kokkel, mossel en strandgaper op zich.

Voor de bodemdieren-etende vogels en vissen is dit een gelukkige omstandigheid, die het risico op een erg schraal jaar aanzienlijk verkleint. Vogels en vissen zijn in het algemeen flexibel genoeg om over te schakelen op de consumptie van een andere prooi-soort als de meest geliefde soort onvoldoende aanwezig is. Zo'n reserve-soort lijkt er dus praktisch altijd wel in voldoende hoeveelheden te zijn.

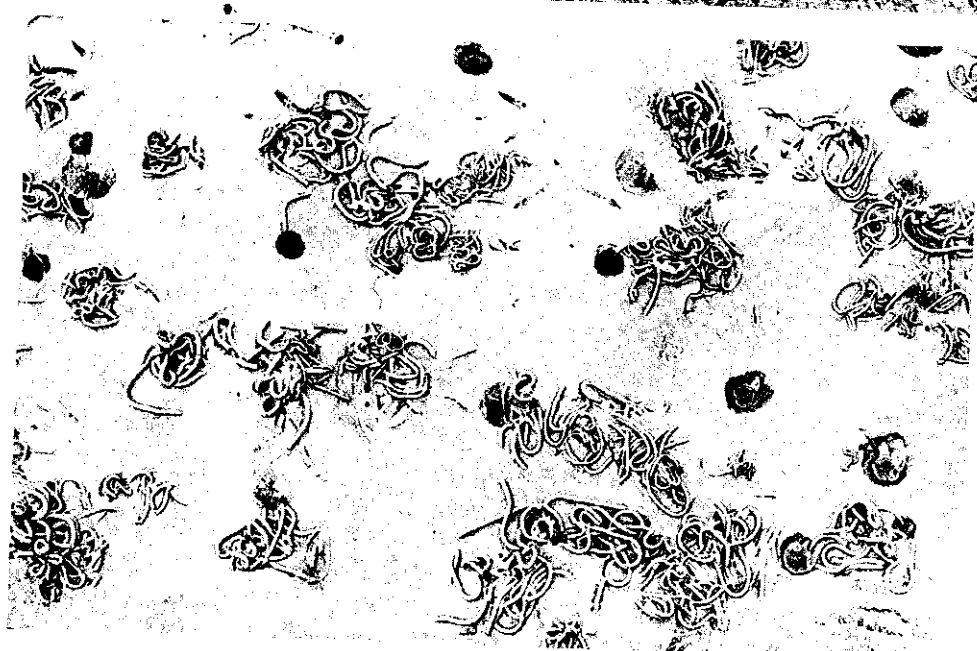
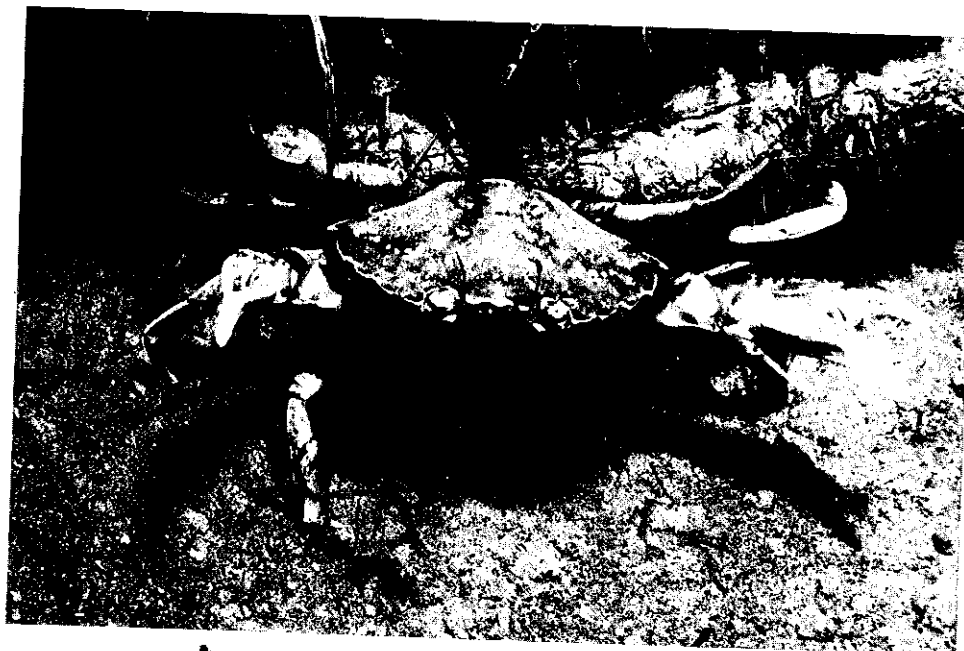
### **Jaarlijkse produktie**

Hoeveel voedsel kunnen de vogels, vissen en ander vleeseters onttrekken aan de stand van de bodemdieren zonder dat ze hun toekomstige voedselvoorziening in gevaar brengen? Dit probleem is vergelijkbaar met dat van een rentenier, die nog heel lang van zijn opgespaarde geld wil leven en dus jaarlijks niet meer van de bank moet halen dan de rente van zijn kapitaal. Zolang het kapitaal zelf maar onaangetast blijft kan de rente tot in lengte van jaren geoogst worden. Door hun voortplanting en groei produceren natuurlijke populaties ook een oogstbare rente, die zorgt voor een voortdurende compensatie van verliezen door sterfte, o.m. veroorzaakt door de vraat van een volgende schakel in de voedselketen. In sommige jaren overtreft de produktie de verliezen en groeit de populatie, in andere jaren is het omgekeerde het geval, maar op lange termijn is er in het algemeen een evenwicht. Aan de schommelingen in de biomassa is niet veel af te lezen over de produktie, omdat die schommelingen een resultante zijn van bijdragen en verliezen. Produktie is pas uit te rekenen als men beschikt over gedetailleerde gegevens van het aantalsverloop van de verschillende leeftijdsgroepen binnen een populatie en van het verloop van hun gemiddelde gewicht. Vooral bij schelpdieren, waarbij de leeftijd van elk individu is af te lezen aan de goed zichtbare jaarringen op de schelp, zijn deze berekeningen goed uit te voeren.

Het blijkt dan, dat de 'rentevoet', de verhouding tussen produktie en biomassa, voor de bodemdieren op het wad heel wat hoger ligt dan bij de bank. Op jaarbasis varieert die van een 25% voor de soorten met voornamelijk grote en oude individuen (strandgaper, platte slijkschelp) tot enkele honderden procenten voor kort le-

Boven: De strandkrab, een geduchte rover in onze kustwateren.

Onder: Wadpielen leven diep verborgen in de wadbodem. Ze verraden hun aanwezigheid door de karakteristieke uitwerpselhoopjes.



vende soorten met kleine, snel groeiende individuen (wadslakjes, allerlei wormpjes en kreeftjes). De nog kleinere bodemdieren – het zogenaamde ‘meiobenthos’ en ‘microbenthos’, kortom alles wat een zeef met een maaswijdte van 1 mm kan passeren en als voedsel alleen voor de allerkleinste vissen van belang kan zijn – laten we gemakshalve buiten beschouwing. Gemiddeld blijkt voor de gemengde bevolking van de grotere bodemdieren op het wad de totale produktie (toevallig) ongeveer gelijk te zijn aan de totale biomassa. Bij een normaal functionerend produktiesysteem op het wad valt er dus jaarlijks de aanzienlijke hoeveelheid van ca. 30 gram organische stof per  $m^2$  voor de gezamenlijke carnivoren te eten van het bestand aan grotere bodemdieren, zonder dat deze voedselbron op langere termijn uitgeput raakt. Aangezien de bodemfauna van de geulen bijna overal veel armer is dan die van de platen (Beukema, 1977b), wordt de schatting voor de jaarlijkse produktie aan grotere bodemdieren voor de Waddenzee als geheel wat lager, ongeveer 20 gram per  $m^2$ . Voor de Grevelingen, toen dit water nog een open zeearm was, schatten Wolff & De Wolf (1977) de produktie van de bodemdieren hoger: 50 tot 60 gram per  $m^2$ . De totale jaarlijkse dierlijke produktie (dus inclusief het plankton en de kleine bodemdieren) zal in de Waddenzee en Deltawateren wel ergens rond respectievelijk 50 en 80 gram per  $m^2$  liggen. Vergeleken met de gemiddelden voor andere oecosystemen (tabel 1) zijn dit zeer hoge waarden.

### Primaire voedselvoorziening

Om jaarlijks per  $m^2$  50 gram (droge) organische stof in de vorm van vlees te produceren, zullen de gezamenlijke dieren een veel grotere hoeveelheid aan plantaardig materiaal moeten consumeren. Omzettingen door dieren zijn voor wat betreft vorming van organische stof niet zeer efficiënt. Er wordt heel wat van de opgenomen energie in warmte omgezet bij allerlei noodzakelijke processen en bezigheden als voortbeweging, voedselopname, ademhaling, vertering enzovoorts. Efficiënte dieren kunnen misschien de helft van hun voedsel in nieuwe weefsels omzetten. In de praktijk zal toch wel heel vaak veel meer voedsel nodig zijn. Een veel voorkomende verhouding is 5 tot 10 keer zoveel voedsel als er aan nieuw weefsel geproduceerd wordt. Voor de grotere bodemdieren op het wad lijkt een gemiddelde efficiency van 20% (een factor 5 dus) aannemelijk (Beukema, 1981). Voor hun produktie zal dan jaarlijks per  $m^2$  een hoeveelheid plantaardige organische stof van  $5 \times 30$  gram = 150 gram nodig zijn. Voor de hele dierlijke produktie in de Waddenzee wordt dit ongeveer  $5 \times 50$  gram = 250 gram.

Dit is de minimale hoeveelheid plantaardige organische stof die jaarlijks per  $m^2$  in de Waddenzee beschikbaar moet zijn om de populaties van de dieren in stand te

houden en te doen produceren in het genoemde tempo. Is de plantaardige produktie er groot genoeg om een jaarlijkse hoeveelheid van 250 gram organische stof per m<sup>2</sup> op te leveren? Metingen op de platen en in de geulen wijzen voor de Waddenzee op produkties van respectievelijk rond 300 en 500 gram organische stof per m<sup>2</sup> per jaar (Cadée, 1978; Hoek et al., 1979; Beukema, 1981). Voor de Grevelingen van vóór de afsluiting komt Wolff (1977) tot ongeveer even hoge waarden. Waddenzee en Deltawateren zullen dus voldoende produktief zijn om de behoefte van de dieren aan plantaardig materiaal ruimschoots te dekken, tenminste als deze dieren in het algemeen een efficiency van ongeveer 20% weten te bereiken.

In de praktijk zullen de plantaardig materiaal omzettende dieren zich een lagere efficiency kunnen veroorloven, omdat zowel de Waddenzee als de Deltawateren buiten hun eigen produktie nog meer bronnen van organische stof hebben. Vooral de aanvoer vanuit de Noordzee is kwantitatief van groot belang. In de vroegere Grevelingen werd ongeveer evenveel organisch materiaal aangevoerd als er ter plaatse werd geproduceerd (Wolff, 1977), in de Waddenzee overtreft deze subsidie van de Noordzee zelfs de eigen produktie (De Jonge & Postma, 1974). Bovendien is er in de westelijke Waddenzee nog aanvoer uit het IJsselmeer en, vooral in het Eems-Dollard-gebied, vanaf land (Van Es, 1977; De Wolf, 1978). De totale hoeveelheid plantaardig materiaal die jaarlijks beschikbaar is aan het begin van de voedselketens kan geschat worden op rond 1000 gram organische stof per m<sup>2</sup>. Het zal niet allemaal geschikt zijn als voedsel voor de bodemdieren, maar het bruikbare deel lijkt toch wel een veelvoud van wat nodig is, zelfs bij een betrekkelijk inefficiënt gebruik.

Wat de grotere dieren niet gebruiken en hun excrementen is beschikbaar voor kleinere organismen. Hun hoeveelheden en activiteiten zijn te slecht bekend om een verantwoorde schatting van hun voedselbehoefte te kunnen maken. Wel weten we, dat veel organische stof wordt afgebroken door bacteriën, vooral in de bovenste laag van de bodem (Vosjan, 1979). Dit materiaal gaat niet geheel verloren voor de grotere dieren, omdat veel van hen zich ten dele met bacteriën voeden (De Wilde, 1975). Hoe belangrijk deze indirecte weg van plantaardig materiaal naar grotere dieren is onttrekt zich nog aan onze waarnemingen.

Alles bij elkaar genomen mag toch wel geconcludeerd worden, dat de eerste schakel van de voedselketens in onze kustgebieden eerder door overvloed dan door voedselgebrek gekenmerkt wordt.

### **Een riskante ontwikkeling**

Het grote aanbod van organische stof in onze kustwateren is ten dele een gevolg van de eutrofiëring, dat is het rijker worden aan meststoffen, een proces dat sinds de

opkomst van de industrie, zo'n 50 jaar geleden, steeds sterker is geworden. De rivieren, vooral de Rijn, zijn steeds meer fosfaten gaan afvoeren, nu al 5 tot 10 keer zoveel als in de dertiger jaren (Van Bennekom et al., 1975). Gelukkig is de primaire produktie in ons kustwater niet met een dergelijk grote factor gestegen. De eveneens toegenomen troebelheid van het water, waardoor minder licht de algen kan bereiken, werkt de produktieverhogende invloed van de fosfaten tegen. Vermoedelijk is de aanvoer van organische stof vanuit de Noordzee naar de Waddenzee hierdoor toch niet meer dan verdubbeld (Postma, 1975).

Een veel grotere aanvoer van organische stof zou zeker schadelijk worden voor het oecosysteem van de Waddenzee. De organische stof wordt in de Waddenzee grotendeels gemineraliseerd, d.w.z. afgebroken tot koolzuur, water en mineralen. Hiervoor is zuurstof nodig. Vooral op plaatsen waar het wat slijkgig is en er veel organische stof bezinkt, in rustig water dus, is de bodem op korte afstand onder het oppervlak al volkomen zuurstofloos. Ernstiger is, dat ook in het bovenstaande water het zuurstofgehalte merkbaar kan dalen, vooral in de zomer en in gebieden ver van de zeegaten. Waarden beneden 50% van de verzadigingswaarde zijn daar dan plaatselijk niet ongevoel (Tijssen & Van Bennekom, 1976).

In sommige jaren zijn delen van de Waddenzee zelfs geheel zuurstofloos geworden, blijkbaar als gevolg van een schoksgewijze zeer sterke aanvoer van afstervend algenmateriaal uit de Noordzee na een periode van waterbloei. In zulke gebieden gaan de bodemdieren, die in het algemeen door hun levenswijze niet in staat zijn te vluchten, massaal afsterven (Beukema, 1977a). De 'subsidieverlening' van de Noordzee aan de Waddenzee in de vorm van invoer van organische stof heeft dus bedenkelijke kanten en lijkt nu en dan zijn gunstige effect van een ruimere voedselvoorziening voorbij te schieten.

## De carnivoren

Zagen we in het voorgaande, dat de eerste schakels van de voedselketens gekenmerkt worden door grote hoeveelheden per  $m^2$ , bij de hogere niveaus van de vleeseters gaat het om kleinere getallen (tabel 2). Absoluut gezien zijn de aantallen vogels en vissen nog wel groot, maar omgerekend op een gemiddelde per  $m^2$  hebben we nu nog maar te maken met grammen (jaarlijks gegeten hoeveelheden door vissen en vogels) en onderdelen van grammen (hun eigen biomassa). Vergelijk hiermee het jaarlijks aanbod van plantaardige organische stof van 1000 gram per  $m^2$  en de jaarlijkse produktie van de grote bodemdieren van 20 gram per  $m^2$ . Dit is het gebruikelijke beeld van de voedselpyramides. Er zijn altijd meer prooien dan roofdieren en de

plantaardige produktie is altijd groter dan de vleesproduktie van de planteneters.

De belangrijkste vraag die we ons nu t.a.v. de vleeseters te stellen hebben, luidt: is de produktie van de grotere bodemdieren (in de Waddenzee 20 gram per  $\text{m}^2$  per jaar) voortdurend toereikend om te voorzien in de voedselbehoefte van de vogels, de visen en de ongewervelde roofdieren (zie mijn paragraaf over voedselketens), daarbij in aanmerking genomen dat ook de mens zijn tol eist in de vorm van mosselen, kokkels, garnalen en pieren.

### De vogels

Zowel Hulscher (1975) als Swennen (1975) en Smit (1980) schatten de jaarlijkse voedselbehoefte van de in de Waddenzee foeragerende vogels op ongeveer 10 miljoen kg organische stof. Ze komen tot dit totaal door de aantallen van de herhaaldelijk getelde vogels te middelen, een gemiddelde jaarlijkse voedselbehoefte per vogel uit te rekenen en beide uitkomsten met elkaar te vermenigvuldigen. Detailverschillen in de berekeningswijzen leidden niet tot wezenlijke verschillen in de uitkomst. De Nederlandse Waddenzee is 2600  $\text{km}^2$  groot of 2,6 miljoen  $\text{m}^2$ . Gemiddeld per  $\text{m}^2$  zullen de vogels dus jaarlijks ongeveer 4 gram organische stof eten, vrijwel helemaal in de vorm van vlees van bodemdieren. Voor de vroegere Grevelingen geven Wolff et al. (1976) een vrijwel even groot getal, namelijk 3,4 gram aan bodemdieren.

Van de bij laag water droogvallende wadplaten wordt meer gegeten dan uit de geulen en andere permanent onder water staande delen van de Waddenzee. Voor de platen is de jaarlijkse vogelconsumptie dan ook op 6 gram per  $\text{m}^2$  te schatten. Dit komt overeen met ruim 20% van de gemiddelde biomassa en produktie.

De werkelijke druk van de vogels op veel van hun prooien en op veel delen van het wad is om het aantal redenen groter. In de eerste plaats wordt maar een deel van het wad intensief als foerageergebied gebruikt. Grote gebieden die arm zijn aan bodemdieren worden door vogels nauwelijks bezocht. Laag in de getijdzone liggende platen vallen dagelijks te kort droog om een bezoek van waadvogels lonend te maken, in het bijzonder als ze ver van de kust gelegen zijn, zoals met laagliggende platen meestal het geval is (Smit, 1980). Foeragerende vogels blijken zich heel duidelijk te concentreren op de rijkste gebieden (zie het hoofdstuk van Swennen).

Ook de diepte waarop een aantal soorten ingegraven zit in de bodem maakt ze ontoegankelijk voor bijna alle vogels. Zo zijn bijvoorbeeld de grootste strandgapers alleen te bereiken door de langsnavelige wulpen. Strandgapers kunnen een hoog aandeel hebben in de biomassa van de bodemfauna, op het Balgzand in bepaalde jaren zelfs wel 50% (Beukema, 1979). Dat betekent dat de predatiedruk op de andere soorten bodemdieren dan relatief groter moet zijn geweest. Voor prooi-soorten, die

voor veel vogels aantrekkelijk en goed toegankelijk zijn en bovendien in lonende dichtheden voorkomen, moet de jaarlijkse tol aan vogels dan ook eerder op 40% van hun biomassa geschat worden. Voor een mosselbank op het wad bij Schiermonnikoog vond Zwarts inderdaad een dergelijk percentage, evenals NIOZ-medewerkers voor een kokkelbank op het Balgzand.

### Vissen

De talrijkheid van de vissen in onze kustwateren is veel moeilijker te schatten dan die van de vogels. Daardoor is de schatting van hun aandeel in de totale voedselconsumptie ook minder nauwkeurig. Zijlstra (1978) moest dan ook nogal wat aannames maken om tot een schatting te komen van de jaarlijkse voedselopname van de bodemvissen in de Waddenzee. De schatting van 3 tot 5 gram per  $m^2$  (zowel voor de geulen als voor de platen), waarvan  $1\frac{1}{2}$  tot 3 gram voor de schol op de platen, lijkt wat aan de lage kant. Zo vond Kuipers (1978) voor de schol op het Balgzand als gemiddelde voor 4 jaar een waarde van ruim 3 gram per  $m^2$ . De Vlas (1979) vond met een wat andere methode voor één jaar zelfs bijna 6 gram per  $m^2$  voor de schol op het oostelijk deel van het Balgzand. De werkelijke tol die de bodemvissen eisen van de bodemfauna in de Waddenzee zal wel niet ver van 5 gram per  $m^2$  afliggen.

### Andere consumenten van bodemdieren

Allerlei ongewervelde dieren op het wad eten andere bodemdieren. Er zijn rovende wormen en ook krabben en garnalen voeden zich grotendeels met dierlijk materiaal. Het is niet eenvoudig om een schatting te maken van de hoeveelheden waarom het hier gaat en het aandeel van de grotere bodemdieren daarin.

Klein Breteler (1976) schat de jaarlijkse consumptie van strandkrabben op het Balgzand op  $1\frac{1}{2}$  gram per  $m^2$ . Garnalen bleken er bijna 2 gram per  $m^2$  te eten (Jansen, 1980). Het gaat hier echter voornamelijk om heel kleine bodemdieren. Zeesterren zullen in de permanent onder water staande gebieden belangrijke consumenten zijn van tweekleppige schelpdieren. In totaal is het aandeel van de ongewervelde roofdieren bij de consumptie van grotere bodemdieren wellicht 1 tot 2 gram per  $m^2$ .

Tenslotte onttrekt de mens nog bodemdieren aan de Waddenzee, vooral mosselen (per jaar rond 50 miljoen kg vers gewicht), garnalen (enkele miljoenen kg, vroeger wel eens meer dan 10 miljoen kg) en in sommige jaren ook miljoenen kg kokkels. De hoeveelheden wulken, alikruiken en wadpieren vallen hierbij in het niet. Omgerekend per  $m^2$  en uitgedrukt in grammen droge organische stof bedraagt de oogst van de mens uit de Waddenzee niet meer dan gemiddeld 2 gram per jaar.

### Totalen en balans

De totale hoeveelheid grotere bodemdieren die jaarlijks aan de Waddenzee wordt onttrokken, kan geschat worden op 12 gram per m<sup>2</sup> (tabel 2). Dit totaal is berekend voor het hele gebied, dus met inbegrip van de permanent onder water staande delen. De schatting voor alleen de platen is daarvan overigens niet erg verschillend, omdat het getal voor de vogels dan evenveel groter wordt als dat voor de mens kleiner. Een belangrijke beperking van deze geschatte waarde is wèl, dat alleen de grotere bodemdieren in aanmerking zijn genomen. Inclusief de kleinere bodemdieren en het dierlijke plankton zou het totaal aanzienlijk groter worden door de (overigens niet betrouwbaar te schatten) aandelen van allerlei carnivore ongewervelde dieren in en op de bodem en in het water en de hoog in het water zwemmende vissen als jonge haring en sprot.

Tabel 2. Voorlopig energiebudget van de Waddenzee, uitgedrukt in grammen organische stof per m<sup>2</sup> per jaar. (In de tekst worden bronnen en achtergronden van de schattingen beschreven). Onder de energiebehoefte van de vleeseters is alleen het jaarlijks verbruik aan grotere bodemdieren gekwantificeerd.

|               | Produktie  | Energiebehoefte |
|---------------|------------|-----------------|
| Planten       |            |                 |
| algen         | 400        | licht           |
| aanvoer       | <u>600</u> | transport       |
| totaal        | 1000       |                 |
| Planteneters  |            |                 |
| grote         | 20         |                 |
| kleine        | <u>30</u>  |                 |
| totaal        | 50         | 250             |
| Vleeseters    |            |                 |
| vogels        |            | 4               |
| bodemvis      |            | 4 + ?           |
| ongewervelden |            | 2 + ?           |
| mens          |            | 2               |
| totaal        |            | <u>12 + ?</u>   |

Bij een vergelijking van de vraag van 12 gram per  $\text{m}^2$  met het aanbod moeten dus ook alleen de grotere bodemdieren in aanmerking worden genomen, waarvan de jaarlijkse produktie ongeveer 20 gram per  $\text{m}^2$  bedraagt (tabel 2). Van dit aanbod zal ongeveer 15 gram exploiteerbaar zijn, de rest zit te diep of in een te dunne bezetting om economisch exploiteerbaar te zijn. Het bruikbare aanbod is dus maar weinig groter dan de vraag. In deze schakel van de voedselketens blijken er dus geen grote overschotten te bestaan en moet eerder van een smalle marge tussen aanbod en behoefte gesproken worden.

De situatie in deze schakel van de voedselketens naar de vogels en de bodemvissen is dus heel verschillend van die in de eerste schakel van plantaardig materiaal naar planteneters, waarin eerder het teveel bedreigend is voor een ongestoord functioneren van het oecosysteem. Bij de voedselvoorziening van de vleeseters lijkt het optreden van een tekort niet helemaal ondenkbaar bij verstoringen van het normale produktieproces of bij verkleining van het produktiegebied. Zorgvuldig beheer en afzien van verdere inpoldering lijken dus geboden, zowel voor de instandhouding van het oecosysteem van de Waddenzee zelf als van een aantal positieve invloeden die dit oecosysteem uitoefent op omliggende gebieden.

## De betekenis van de produktie van de Waddenzee

### Import en export

De oecosystemen van de Waddenzee en de Deltawateren zijn geen gesloten systemen. We hebben al gezien, dat er een grote import is van organisch materiaal vanuit de Noordzee en via het spuien van zoetwater. De import van giftige stoffen en de belangrijke rol van de afvoer van de Rijn hierbij, wordt behandeld in het hoofdstuk van Duinker. Hier zullen we ons beperken tot de produktieprocessen: de energiestromen in de vorm van organische stof in allerlei gedaanten van min of meer amorf organisch materiaal en ééncellige algen via meercellige planteneters naar uiteindelijk gecompliceerd functionerende vleeseters als vissen en vogels. Het geïmporteerde ruwe organische materiaal wordt in de Waddenzee en Deltawateren ten dele omgezet in voedsel voor vissen en vogels en uiteindelijk in de weefsels van deze dieren zelf, die daarna voor een groot deel deze gebieden weer verlaten. Op deze wijze exporteren onze kustgebieden dus ook organische stof, maar nu voor een deel in de 'veredelde' vorm van vissen en vogels.

Trekvogels verblijven in grote aantallen in onze kustgebieden en vormen er vetreserves voor de lange tochten naar verdere overwinteringsgebieden of naar broedgebieden (zie het hoofdstuk van Swennen).

### Kinderkamer voor vis

Van de vissen in onze kustgebieden verblijft maar een betrekkelijk klein deel er permanent (Zijlstra, 1978). Voor veel soorten, zoals schol en tong en mogelijk ook haring, vervullen de Wadden- en Deltawateren een kinderkamerfunctie (Zijlstra, 1972), d.w.z. deze vissen leven als volwassenen in de Noordzee en schieten daar ook kuit. De larven worden door zeestromingen getransporteerd naar de kust en vervolgens de zeearmen en de Waddenzee in. In de zeegaten spelen de in- en uitgaande getijstromen een belangrijke rol. Voor hun transport naar binnen weten de vislarven er een selectief gebruik van te maken (Creutzberg et al., 1978), om zo bij honderden miljoenen in de Waddenzee terecht te komen. Aangekomen in het voedselrijke wadengebied vermindert met de toenemende gevuldheid van de maag de trekdrang (Creutzberg, 1978) en vestigen de jonge scholletjes zich op de wadplaten (Bergman et al., 1976). Met het groter-worden gaat zich een getijmigratie ontwikkelen (Kuipers, 1978) en verblijven de scholletjes alleen nog maar met hoogwater op de voedselrijke wadplaten om de laagwater perioden in de voedselarme randen van de geulen door te brengen. Na ruim 2 jaar van snelle groei in Waddenzee of Deltawateren en na het bereiken van een lengte van ongeveer 20 cm verlaat de schol de kustgebieden en voegt zich bij de volwassen schol in de Noordzee. Aangenomen mag worden, dat niet minder dan ca. 80% procent van de Noordzee-schol opgroeit in de Waddenzee (Zijlstra, 1972). Figuur 4 geeft een beeld van de verspreiding van één-jarige schol langs onze kust: hoge dichtheden in de Waddenzee en Deltawateren, lage langs het strand en praktisch geen verder de zee in.

Ook voor de tong vervullen onze kustwateren een dergelijke rol als kinderkamer. Alleen trekt de tong niet de bij laagwater droogvallende platen op, maar zoekt de voedselrijke delen van permanent onder water staande gebieden op. Van deze soort groeit ongeveer 65% van de Noordzee-populatie op in de Waddenzee (Zijlstra, 1972). De Waddenzee speelt voor zowel schol als tong een belangrijker rol als kinderkamer dan de Deltawateren. Dit komt zowel door het grotere oppervlak van de Waddenzee als door de grotere aantallen platvissen per eenheid van oppervlakte. Dit betekent overigens bepaald niet, dat de bijdragen van de Ooster- en Westerschelde aan de visstand van de Noordzee verwaarloosbaar zijn.

Zowel voor de schol als de tong geldt, dat ze in de Waddenzee sneller groeien in de jaren dat er weinig aanwezig zijn dan in de jaren waarin de stand dicht is (Rauck & Zijlstra, 1978). Veel varkens maken blijkbaar de spoeling dun, m.a.w. het voedselaanbod in de Waddenzee zou wel eens een beperkende factor voor de groei van jonge platvis kunnen zijn. Ook hier weer een aanwijzing dat de marge tussen aanbod van en vraag naar voedsel in deze schakel van de voedselketens maar smal is!

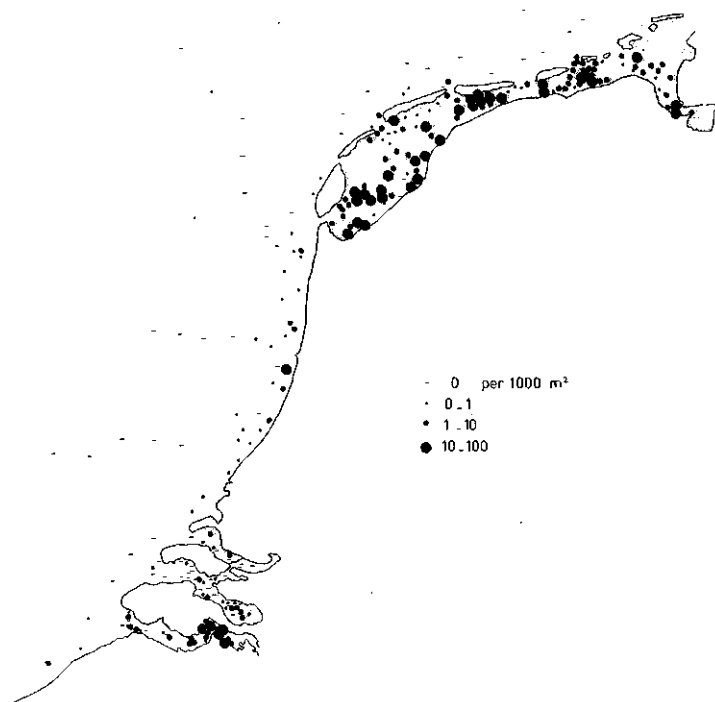


Fig. 4. De verspreiding van éénjarige schol langs de Nederlandse kust in het voorjaar van 1970. Elk stipje duidt een plaats aan waar éénjarige schol gevangen werd. Hoe groter de stip, hoe meer er gevangen werden op eenzelfde afgevist oppervlak. Waar een streepje staat werd wel gevist, maar werden geen éénjarige scholletjes gevangen. (Naar Zijlstra, 1972.)

### Nog meer kinderkamers

Een kinderkamerfunctie als voedselrijk en beschut gelegen gebied blijkt niet beperkt te zijn tot vissoorten. Ook een aantal ongewervelde bodemdieren maakt gebruik van voedselrijke delen van onze kustwateren om hun jongen er snel te laten opgroeien, waarna deze vervolgens naar dieper water wegtrekken. Net als de jonge schol groeien ook jonge strandkrabben en garnalen vooral op de wadplaten op, eerst als permanente bewoners van de periodiek droogvallende platen, later als trekkers tussen geulen en droogvallende gebieden langs de geulen om tenslotte als volwassen dier vrijwel alleen nog maar in dieper water te leven, waar ook de jonge generatie geboren wordt, die als larve weer naar de droogvallende gebieden getransporteerd wordt.

Zelfs bij enkele ingegraven levende bodemdieren komt dit mechanisme voor. Jonge wadpieren zijn vooral te vinden op de hoogste delen van het wad (Farke et al., 1979) en groeien daar in hun eerste zomer snel op tot een lengte van ongeveer 4 cm om in de winter voor het overgrote deel weg te trekken naar lager gelegen wadplaten en permanent onder water staande gebieden (Beukema & De Vlas, 1979).

Ook jonge exemplaren van het nonnetje, een tweekleppig schelpdier, leven vooral op de hoogste en meest beschutte delen van het wad (Beukema, 1972). Een broedval van meer dan 1000 exemplaren per m<sup>2</sup> is daar niet ongewoon. Ze groeien er op tot een lengte van ongeveer een halve cm. In hun eerste winter verlaten ze het slik en laten zich met honderden miljoenen meevoeren met de getijstroom. Zo komen ze terecht op lagere wadplaten, in de geulen en zelfs voor een deel in de Noordzee. Juist vóór de zeegaten tussen de Waddeneilanden komen in de Noordzee grote aantallen nonnetjes voor en zitten er maar heel weinig precies boven het midden van de eilanden. Vóór de zeegaten domineren ze vaak de bodemfauna. Binnen de Waddenzee komen de grootste aantallen volwassen nonnetjes voor op de lagere platen, die dicht bij hoge broedgebieden liggen en komen kleine aantallen voor waar zulk hoog en beschut wad in de buurt ontbreekt, zoals langs de Afsluitdijk. De talrijkheid van het nonnetje wordt dus blijkbaar over grote delen van de Waddenzee en het kustgebied van de Noordzee beheerst door de aanvoer uit relatief kleine hoge wadgebieden die geschikt zijn voor de opgroei van het broed.

## Conclusies

De Deltawateren en de Waddenzee zijn niet alleen zeer produktief en voedselrijk, ze zorgen ook nog voor de bevolking van veel grotere gebieden elders. Trekvogels kunnen zich er vol eten om de tocht naar veraf gelegen broedgebieden of overwinteringskwartieren te volbrengen. Jonge platvis kan er snel opgroeien om de sterk beviste stand in de Noordzee op peil te houden. Diverse soorten ongewervelde dieren doorlopen er hun jonge levensstadia en zijn vervolgens van belang voor de visserij (garnaal) of als voedsel (wadpier, nonnetje, strandkrab) in dieper water, dat anders aanzienlijk voedselarmer zou zijn.

Vooraf voor deze ongewervelde dieren geldt dat de hoogste delen het wad, die het dichtst bij de kust en betrekkelijk beschut liggen, het meest van belang zijn voor de jonge dieren. Ook de waadvogels en de scholletjes foerageren vooral op wadplaten, die betrekkelijk dicht bij de kust liggen, ongetwijfeld omdat die het rijkst zijn aan voedsel. Juist deze dicht bij de kust gelegen wadgebieden worden het meest bedreigd door inpoldering en andere technische werken. De grond is er door het hoge slibgehalte geschikt voor landbouw en dijken zijn er relatief goedkoop aan te leggen.

Twee redenen vooral zijn in het bovenstaande aangevoerd om af te zien van verdere aantasting van de Waddenzee:

1. Er is geen grote overvloed aan voedsel voor de vogels en de vissen, die leven van de grotere bodemdieren, zoals met bijna alle vogels en bodemvissen het geval is. Verkleining of verarming van het gebied kan dus gevolgen hebben voor de stand van de vogels in verre gebieden van tropisch Afrika tot de Arctische toendra's, die hier op hun doortrek moeten foerageren en voor de stand van de voor de visserij op de Noordzee zo belangrijke en reeds zo sterk beviste soorten als tong en schol.

2. De hoogste delen van de Waddenzee exporteren voedseldieren naar de voedsel-armere geulen en naar de delen van de Noordzee vlak buiten de zeegaten.

Processen die zich afspelen op de wadplaten hebben dus een gunstige, wellicht onmisbare functie voor veel groter gebieden buiten de Waddenzee zelf. Ditzelfde zal ook gelden voor de overgebleven open Deltawateren.

## Literatuur

- Bennekom, A.J. van, W.W.C. Gieskes & S.B. Tijssen, 1975. Eutrophication of Dutch coastal waters. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 189: 359-374.
- Bergman, M., B. Kuipers, P. Spliethoff & H. v.d. Veer, 1976. Garnalen en krabben als mogelijke predatoren van 0-jarige schol op het Balgzand. *Visserij* 29: 432-438.
- Beukema, J.J., 1972. De speciale betekenis van hoog en beschut gelegen wad. *Waddenbull.* 7(4): 25-27.
- Beukema, J.J., 1974. Seasonal changes in the biomass of the macrobenthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 94-107.
- \*Beukema, J.J., 1975. Biologische produktie in zee. In: G.J. Vervelde (red.): *Produktie in biologische systemen*. Pudoc, Wageningen, p. 243-262.
- Beukema, J.J., 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 10: 236-261.
- Beukema, J.J., 1977a. De voedselrijkdom van de Waddenzee. *Waddenbull.* 12: 304-311.
- Beukema, J.J., 1977b. De rol van bodemdieren in de voedselketens van de zee. *Vakblad Biol.* 57: 284-287.
- Beukema, J.J., 1979. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea: effects of a severe winter. *Neth. J. Sea Res.* 13: 203-223.

---

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

- \*Beukema, J.J., 1981. The role of the larger invertebrates in the Wadden Sea ecosystem. In: N. Dankers, H. Kühl & W.J. Wolff (Eds): *Invertebrates of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam, p. 211-221.
- Beukema, J.J. & J. de Vlas, 1979. Population parameters of lugworms, *Arenicola marina*, living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 13: 331-353.
- \*Cadée, G.C., 1978. Voedselproductie in de Waddenzee. *Natuur en Techniek* 46: 730-749.
- Creutzberg, F., 1978. Transport of marine organisms by tidal currents. In: N. Dankers, W.J. Wolff & J.J. Zijlstra (Eds): *Fishes and fisheries of the Wadden Sea*. Wadden Sea Working Group Report 5: 26-32.
- Creutzberg, F., A.T.G.W. Eltink & G.J. van Noort, 1978. The migration of plaice larvae *Pleuronectes platessa* into the western Wadden Sea. In: D.S. McLusky & A.J. Berry (Eds): *Physiology and behaviour of marine organisms*. Pergamon Press, Oxford, p. 243-251.
- Es, F.B. van, 1977. A preliminary carbon budget for a part of the Ems estuary: the Dollard. *Helgoländer wiss. Meeresunt.* 30: 283-294.
- Farke, H., P.A.W.J. de Wilde & E.M. Berghuis, 1979. Distribution of juvenile and adult *Arenicola marina* on a tidal mud flat and the importance of nearshore areas for recruitment. *Neth. J. Sea Res.* 13: 354-361.
- Hoek, C. van den, W. Admiraal, F. Colijn & V.N. de Jonge, 1979. The role of algae and seagrasses in the ecosystem of the Wadden Sea: a review. In: W.J. Wolff (Ed.): *Flora and vegetation of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam, p. 9-118.
- \*Hulscher, J.B., 1975. Het wad, een overvloedig of schaars gedekte tafel voor vogels? In: Symposium Waddenonderzoek. Meded. Werkgr. Waddengebied 1: 57-82.
- Janssen, G.M., 1980. De voedselopname van de garnaal *Crangon crangon* (L.) Int. Versl. NIOZ, Texel 1980-3: 1-34.
- Jonge, V.N. de & H. Postma, 1974. Phosphorus compounds in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 139-153.
- Klein Breteler, W.C.M., 1976. Oecologie van de strandkrab *Carcinus maenas* (L.) in de westelijke Waddenzee. Dissertatie, Leiden.
- Kuipers, B.R., 1978. Opname en gebruik van voedsel door de jonge schol (*Pleuronectes platessa* L.) in een getijdengebied. Dissertatie, Amsterdam.
- \*Postma, H., 1975. De belasting met organische stof van de westelijke Wadden zee. In: Symposium waddenonderzoek. Meded. Werkgr. Waddengebied 1: 33-37.
- Rauck, G. & J.J. Zijlstra, 1978. On the nursery aspects of the Waddensea for some commercial fish species and possible long-term changes. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* 172: 266-275.
- Smit, C.J., 1980. Production of invertebrates and consumption by birds in the Dutch Wadden Sea. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (Eds): *Birds of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam.
- \*Swennen, C., 1975. Aspecten van voedselproductie in Waddenzee en aangrenzende zeegebieden in relatie met de vogelrijkdom. *Vogeljaar* 23: 141-156.

- Tijssen, S.B. & A.J. van Bennekom, 1976. Lage zuurstofgehaltes in het water op het Balgzand. *H<sub>2</sub>O* 9(2): 28-31.
- Vlas, J. de, 1979. Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey. *Neth. J. Sea Res.* 13: 117-153.
- \*Vosjan, J.H., 1979. Microbiologische afbraak in de wadbodem. *Natuur en Techniek* 47: 232-247.
- \*Whittaker, R.H., 1975. *Communities and ecosystems*. Macmillan, London, 385 p.
- \*Wilde, P.A.W.J. de, 1975. De rol van bodemdiatomeeën en detritus als voedselbron voor benthische evertetraten in de Waddenzee. *Meded. Werkgr. Waddengebied* 1: 39-49.
- Wolf, P. de, 1978. Effects of organic waste on primary and secondary production in the Ems-Dollard estuary. *Hydrobiol. Bull.* 12: 260-272.
- Wolff, W.J., 1977. A benthic food budget for the Grevelingen Estuary, the Netherlands, and a consideration of the mechanisms causing high benthic secondary production in estuaries. In: B.C. Coull (Ed.): *Ecology of marine benthos*. Univ. S. Carolina Press, p. 267-280.
- Wolff, W.J. & L. de Wolf, 1977. Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen Estuary, the Netherlands. *Est. Coast. Mar. Sci.* 5: 1-24.
- 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. Persoone & E. Jaspers (Eds): *Proc. 10th European Mar. Biol. Symp.* Universa Press, Wetteren 2, p. 673-689.
- \*Zijlstra, J.J., 1972. On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the Southern North Sea fishery resources. *Symp. zool. Soc. Lond.* 29: 233-258.
- Zijlstra, J.J., 1978. Quantitative aspects of the role of fishes in Wadden Sea food chains. In: N. Dankers, W.J. Wolff & J.J. Zijlstra (Eds): *Fishes and fisheries of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam, p. 124-132.

V. Westhoff en E. van der Maarel

Hoewel onze zeekust slechts één van de vele mogelijkheden van kustlandschappen vertegenwoordigt – namelijk een vlakke, geleidelijk naar zee aflopende kust in een getijdengebied – is de verscheidenheid daarbinnen zeer groot, men kan wel zeggen maximaal. In geen ander land in West-Europa treft men over eenzelfde kustlengte en tevens op eenzelfde oppervlakte zo'n grote variatie aan. Bovendien is dit gehele complex beter behouden gebleven, d.w.z. relatief minder gestoord en meer samenhangend dan in de meeste vergelijkbare gebieden buitenslands, hoe paradoxaal dit ook moge lijken in ons vlakke en overbevolkte land, waarin de randstad Holland tot in het duingebied doordringt.

Onze zeekusten hebben over het algemeen het karakter van een vlak, beweeglijk sediment, periodiek overstroomd dank zij de getijden. Vooral die getijdenwerking geeft het kustgebied zijn eigen karakter. We kunnen dit illustreren aan de gebruikelijke indeling in factoren die we in oecologische handboeken aantreffen: klimaatfactoren, hydrologische factoren, bodemfactoren, biotische factoren. De voor een getijdengebied wezenlijke factor, namelijk de kosmische, door de maan teweeggebracht, pleegt men daarbij te vergeten, al is het wel zo, dat deze kosmische factor zijn invloed op de biosfeer uitoefent via structuren en processen in het substraat. Van der Maarel (1979b) neemt in zijn rangorde-model van de hiërarchie der sferen de kosmosfeer niet alleen op, maar beschouwt haar tevens terecht als dominant, hetgeen inhoudt, dat van de kosmische factor de sterkste effecten zijn te verwachten op dynamiek en structuur van milieu en vegetatie.

Dit maritieme grensgebied heeft nu een zeer verschillend karakter naarmate de bodem uit min of meer zuiver zand bestaat dan wel uit zand met een bijmenging van fijne deeltjes, slib genaamd, hier te definiëren als deeltjes met een diameter van maximaal  $50\mu\text{m}$ . Het gaat hier niet om een tegenstelling tussen 'zand' en 'klei'. Klei bestaat overwegend of zelfs geheel uit slib; maar het wezenlijke verschil in milieu ligt tussen nagenoeg zuiver zand en zand met een bijmenging van tenminste 5% slib, die het een donkere kleur geeft.

## Ontstaan van de duinen

De zandige kust, waarvan de kleur kan variëren van bijna wit in het noorden tot 'blond' in het zuiden des lands, noemen we het strand; het donkergekleurde substraat daarentegen het 'wad' in het noorden van ons land, 'slik' in het zuiden. Bij 'strand' horen duinen; bij 'wad' hoort 'kwelder' en bij 'slik' 'schor' of 'gors'. Kwelder, schor en gors zijn in wezen synoniemen.

Of we met strand dan wel met wad of slik te maken hebben, hangt af van de bewe-

gelijkheid van het zeewater. Aan de gesloten Noordzeekust van het grootste deel van Holland, waar de branding op het strand slaat, kunnen alleen de zwaarste korrels bezinken; het fijnere en lichtere slib blijft zweven. In rustiger water, dus in de Waddenzee en de Zeeuwse en Zuidhollandse estuariën, krijgt ook het slib de kans te sedimenteren. Voor de levensgemeenschappen en vooral voor de plantengroei van het kustgebied, en daarmee ook voor het kustlandschap, is dit een wezenlijk verschil (Ranwell, 1972; Westhoff et al., 1970; Westhoff & Schouten, 1979).

Het strand is, zoals Wolff in zijn hoofdstuk stelt, wel het meest extreme milieu dat we in ons land kennen. Zeer grote en snelle schommelingen in temperatuur en vocht- en zoutgehalte van het zand gaan hier gepaard aan de mechanische werking van het striemende zand en de instabiliteit van het oppervlak. Onder deze omstandigheden kan zich geen enkele hogere plant vestigen. Niettemin wordt de duinkust niet alleen opgebouwd door de samenwerking van zand en wind; de daardoor gevormde duintjes zijn slechts mogelijk door de samenwerking van zand, wind en plantengroei (Van Dieren, 1934). De verklaring van deze paradox ligt in het vloedmerk, het meestal snel overstoven organisch aanspoelsel op het strand. Dank zij de daarin meer stabiele vocht- en zouthuishouding en de in overmaat beschikbare nutriënten kunnen in deze vloedmerken bepaalde gespecialiseerde plantesoorten kiemen en zich vestigen. Deze behoren tot twee levensvormen: zomerannuellen zoals de zeeraket (*Cakile maritima*), en geofyten, dat zijn ondergronds overwinterende overblijvende planten. Beide vangen zand en bouwen daardoor duinen op; doch terwijl de door de eenjarige soorten gevormde duinen met de dood van hun bouwers weer teloorgaan, kunnen de geofyten blijvende duinen vormen. Slechts drie soorten zijn in ons klimaatgebied tot het laatste in staat; daarvan is de plant met de stroeve naam biestartewegras, tot voor kort *Elytrigia junceiformis*, thans *Elymus farctus* te noemen, de enige die onder de geschetste omstandigheden allerwege kan optreden. De beide andere, zandhaver (*Leymus arenarius*) en zeepostelein (*Honkenya peploides*), doen dit slechts in bepaalde gevallen.

De hier bedoelde zomerannuellen en geofyten zijn halofyten, dat wil zeggen dat ze in staat zijn in zout water te leven. Wanneer het jonge biestartewegras-duin evenwel boven het plaatselijke tijverschil uitrijst, vormt zich daar bovenin een zoetwaterreservoir, het eerste begin van de zoetwaterlens in het duingebied, waaraan wij een deel van ons drinkwater te danken hebben. In dit zoetwaterreservoir nu kan zich een nieuwe geofyt vestigen en zich ontwikkelen, de helm (*Ammophila arenaria*), een gras dat geen zeewater verdraagt, maar dat veel dieper en sneller wortelt dan het biestartewegras en dat dus zijn pionier en wegbereider snel overvleugelt, waarna het biestartewegras bij gebrek aan water en voedingsstoffen wordt weggeconcentreerd.

Boven: De duinen bij Voorne.

Onder: Begroeiing van kraaiheide (*Empetrum nigrum*) en struikheide (*Calluna vulgaris*) met eikvaren (*Polypodium vulgare*): een karakteristieke associatie der noordheilingen van droge duinen van het Waddendistrict.



Het is de helm die dan de hoger wordende duinen verder opbouwt en ze aaneen doet sluiten tot een duinrichel, zeereep genaamd. Halofyten komen daaraan niet meer te pas, en de verdere ontwikkeling van het duingebied wordt nog slechts indirect door de zee beïnvloed, namelijk door de wind en de door de wind meegevoerde zouten.

Op deze verdere ontwikkeling zullen we straks nader ingaan. We keren eerst terug naar de slibhoudende kust.

### Kwelders en schorren

Wad of slik, en de zich daaruit ontwikkelende kwelder of schor, zijn in zoverre een minder extreem milieu, dat de bodem door de bijmenging met slib beter water kan vasthouden, en daardoor ook een wat gelijkmatiger temperatuur en een minder bewogen oppervlak heeft. Het aantal halofyten dat hier kan leven is, hoewel beperkt, toch aanzienlijk talrijker dan op het strand, zowel wat soorten als wat individuen betreft. Anderzijds blijft deze begroeide bodem over grotere oppervlakten en langere perioden zout, ten eerste omdat slibhoudend zand niet tot duinen opstuift en ten tweede omdat slib het zout veel langer vasthoudt dan zand.

### Groene stranden

Bijzonder belangwekkend zijn de grensgevallen, de overgangen tussen duingebied en kwelder- of schorrelandschap. We vinden deze in de eerste plaats op de 'scharnier' van de kusten, dus bij de mondingen van de zeegaten. Een dergelijke kust wordt 'groen strand' genoemd. Bekende voorbeelden zijn het Groene Strand van West-Terschelling, de voormalige Kwakgors aan de zuidwestkust van Voorne en het voormalige Springersgors van Ouddorp, de Kwade Hoek op Goeree, de Zoute Haard en de Westenschouwense Inlagen op Schouwen en de Ondergelopen Zwarte Polder bij Cadzand. In geobotanisch opzicht zijn dit zeer bijzondere gebieden met relatief rijke flora en vegetatie, waaronder een aantal karakteristieke soorten. Vergelijkbaar met de groene stranden zijn de 'achterduinse strandvlakten', zoals de Kroonspolders op Terschelling en Vlieland, het Gritjeplak (in zijn voormalige toestand) op Terschelling en de Lange Duinen op Ameland.

Laatstgenoemde biotopen ontstaan doordat zich in de richting van de zee op het strand een nieuwe duinreeks ontwikkelt en er op de daarachter gelegen strandvlakte enig slib bezinkt. Het verschil met een 'echt' groen strand is hierin gelegen, dat de achterduinse strandvlakte slechts een betrekkelijk kortstondig bestaan leidt (bijvoorbeeld enkele decennia), omdat zij zich na algehele sluiting van de zeereep tot

een zoetwaterduinvallei ontwikkelt; de echte groene stranden daarentegen kunnen eeuwen oud zijn en danken vooral daaraan hun eigen geobotanisch karakter.

Sommige kleine eilanden bestaan in hun geheel uit een dynamisch complex van een duingebied en een daarachtergelegen kwelder, met een overgangsstrook daartussen. Het beste, meest bekende en ook meest zorgvuldig bestudeerde voorbeeld is het eiland Griend in de Waddenzee, restant van een voorheen veel groter en tot 1877 ook door mensen bewoond eiland. Het uitermate dynamische duingebied heeft hier de vorm van een halvemaanvormige strandwal. Griend, als natuurreservaat door 'Natuurmonumenten' permanent gepacht van de Dienst der Domeinen, is vooral bekend als broedgebied van grote stern, noordse stern en dwergstern, alsmede als pleisterplaats voor ontelbare vogels in de trektijd. Aan Brouwer et al. (1950) danken wij een voortreffelijke monografie over dit eiland.

### Het duingebied

Bezien we thans eerst het duingebied nader. De verscheidenheid die we daarbinnen aantreffen wordt in hoofdzaak bepaald door vier groepen van factoren. In de eerste plaats is dit de geologische geschiedenis (Westhoff et al., 1970; Zagwijn, 1971; Van der Maarel, 1979a; Adriani et al., 1980). Tussen ongeveer 3000 v. Chr. en 900 n. Chr. hebben zich langs de Nederlandse kust de zogenaamde oude strandwallen met oude duinen gevormd; van de 12e tot aan de 17e eeuw hebben zich de jonge duinen ontwikkeld, die we nu kennen als ons eigenlijke duingebied. Voorzover de oude duinen niet door de jonge duinen overstoven werden, zijn ze aan de binnenzijde daarvan gelegen en thans zowel door denudatie als door menselijk toedoen zodanig afgevlakt en veelal bebouwd of in cultuur gebracht, dat de leek ze niet meer als duinlandschap herkent.

In de tweede plaats valt het verschil tussen een aangroeiende en een stabiele dan wel afslaande duinkust in het oog. Het zojuist besproken proces van duinvorming kan slechts optreden wanneer de zandaanvoer vanuit zee de afvoer overtreft. Langs de vastelandskust van Holland is dit nauwelijks het geval; hier overheerst het bekende beeld van de naar het strand steil afhellende, hoge, met helm begroeide zeereep, die veelal slechts dank zij de kunstgrepen van Rijkswaterstaat, bijvoorbeeld aanplant van helm, niet verder terugwijkt. Aangroeiende duinkusten met vorming van jonge duinen komen in het zuidwestelijk estuariëengebied voor, doch fraai en op grote schaal ontwikkeld vindt men ze vooral op de Waddeneilanden, met name op de oostelijke platen van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog. In het algemeen is op de Waddeneilanden de zandbalans positief aan de flanken, negatief in het mid-

den, zodat de Noordzeekust van het eiland in het midden afslaat en het eiland daar als het ware middendoor dreigde te breken.

Een derde belangrijk verschil, en wel op Westeuropees niveau, is toe te schrijven aan de chemische samenstelling van het strandzand en daardoor van het duinzand. Juist in ons land, en wel bij Bergen, ligt een scherpe grens tussen de noordelijke duingebieden, in grote lijnen tot aan Kaap Skagen, die van hun eerste aanzet af kalkarm zijn, en de zuidelijke, ongeveer tot de monding van de Gironde, die uit kalkhoudende tot zeer kalkrijke stranden voortkomen. Deze grens berust op een verschil in schelpenrijkdom van het strand – arm in het noorden, rijk in het zuiden – alsmede op een kwalitatief verschil tussen de gemakkelijk verwerende strand-schelpen, die in het zuiden overwegen en de hardschalige kokkels die in het noorden de overhand hebben. Van belang is tevens het verschil in herkomst van het zand: pleistoceen in het noorden, fluviatiel in het zuiden (Eisma, 1968). Ook is er een verschil in ijzergehalte, waardoor het zand in de noordelijke duinen blank is, in de zuidelijke blond. Het verschil in kalkgehalte is voor de plantengroei zo belangrijk dat hierop het plantengeografische verschil berust tussen het Waddendistrict ten noorden van Bergen en het Duindistrict ten zuiden daarvan. Slechts secundair speelt daarbij een klimaatgradiënt mee, die hierin tot uiting komt, dat een aantal boreale soorten langs onze kust op verschillende afstanden hun zuidgrens bereiken, een aantal mediterraan-Atlantische soorten daarentegen hun noordgrens.

Voorbeelden van de eerste categorie zijn:

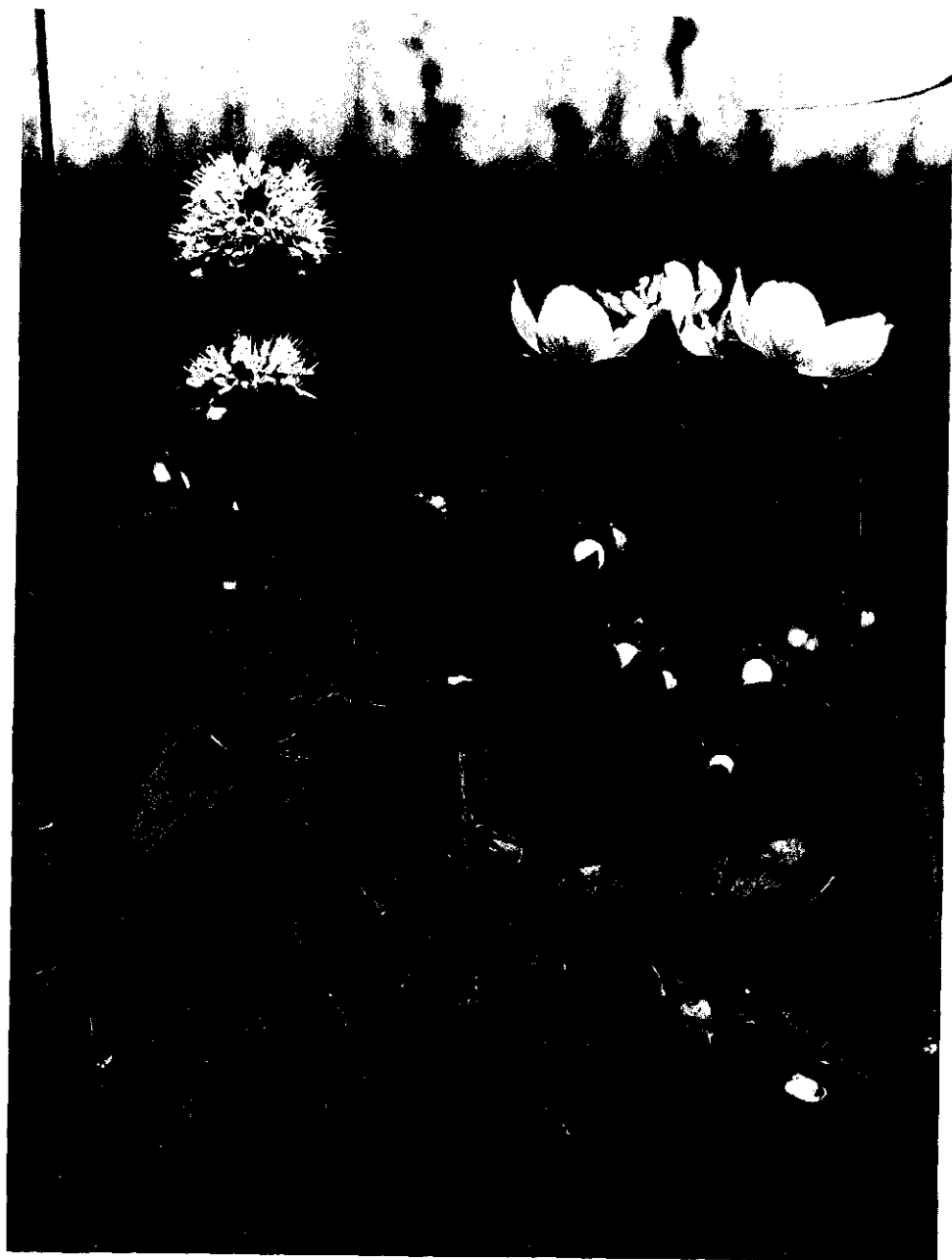
- zevenster (*Trientalis europaea*), zuidwaarts tot Borkum;
- berendruif (*Arctostaphylos uva-ursi*), tot Terschelling;
- kleine keverorchis (*Listera cordata*), tot Texel, vroeger tot Overveen;
- zeelathyrus (*Lathyrus japonicus*), tot den Helder;
- rode bies (*Scirpus rufus*) tot Schouwen.

Als voorbeelden van de tweede groep vermelden we:

- onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum*), noordwaarts tot Walcheren;
- ruwe klaver (*Trifolium scabrum*), tot Goeree;
- bitterling (*Blackstonia perfoliata*), tot Voorne;
- zeewolfsmelk (*Euphorbia paralias*), tot Hoek van Holland, vroeger tot Terschelling;
- laksteeltje (*Desmazeria marina*), tot Ameland;
- gevlekt zonneroosje (*Tuberaria guttata*), tot Norderney;
- zeewinde (*Calystegia soldanella*), tot Denemarken.

Daar de isothermen evenwijdig aan de kust verlopen, dient men de oorzaak van dit verschijnsel niet te zoeken in de tolerantie ten opzichte van gemiddelde tempera-

Watermunt (*Mentha aquatica*) en parnassia (*Parnassia palustris*): soorten van vochtige duinvalleien, die na daling van het grondwaterpeil verdwijnen.



turen, maar in de tolerantie ten opzichte van extremen, te weten de van noord naar zuid langs de kust afnemende aantallen vorst- en ijsdagen en de periode tussen de eerste en de laatste vorst- en ijsdag.

Globaal uit een en ander zich in de plantengroei daarin, dat zich in het Duin-district achter de zeereep een complex van dichte, hoge en soortenrijke duinstruwelen met overwegend gesloten, kruidenrijke graslanden uitstrekt. Bijzonder belangwekkend, fraai en soms ook zeer soortenrijk zijn de duinberkenbossen in de valleien (Boerboom, 1960; Hoffmann & Westhoff, 1951).

In de duinstruwelen, die in de loop van de successie soortenrijker worden, valt vooral het grote aandeel aan besdragende soorten op; de belangrijkste zijn:

- duindoorn (*Hippophae rhamnoides*)
- vlier (*Sambucus nigra*)
- meidoorn (*Crataegus monogyna*)
- wegedoorn (*Rhamnus cathartica*)
- kardinaalsmuts (*Euonymus europaeus*)
- elegantier (*Rosa rubiginosa*)
- hondsroos (*Rosa canina*)
- liguster (*Ligustrum vulgare*)
- zuurbes (*Berberis vulgaris*)
- asperge (*Asparagus officinalis*)
- heggerank (*Bryonia dioica*)
- kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*).

Deze hoge mate van endozoöchorie mag wel in verband gebracht worden met de herfststrekvogelbanen langs de kust.

Deze struwelen vormen in hoofdzaak vier associaties; in volgorde van de kust landinwaarts zijn dit: Hippophao-Sambucetum, Hippophao-Ligustretum, Rhamno-Crataegetum en Ligustro-Betuletum (Sloet van Oldruitenborgh, 1976). Het valt op, dat deze gemeenschappen wat hun plantengeografische verwantschap betreft, geen oceanisch karakter vertonen, maar veeleer een continentaal-submediterrane inslag hebben. Aan de binnenduintrand gaan de duinstruwelen over in duinbossen, waarvan nog een aantal voorbeelden goed behouden is gebleven.

In het Waddendistrict daarentegen spelen zulke struwelen slechts een ondergeschikte rol; karakteristiek zijn hier droge en vochtige duinheiden, terwijl de duin-graslanden een meer open karakter hebben en vooral rijk zijn aan mossen en lichenen. Overigens wordt deze variatie nog versterkt door inwendige verschillen. Zo zijn Schoorl en Terschelling het meest kalkarm en daardoor het meest kenmerkend voor het Waddendistrict, terwijl Texel en Schiermonnikoog relatief kalkrijk zijn. Ander-

zijds vinden we op Walcheren, Schouwen en Goeree ten dele kalkarme duinen, terwijl het grootste deel van Voorne, de strook tussen Katwijk en Noordwijk en de omgeving van Haarlem het kalkrijkst zijn. Al deze verschillen komen in de plantengroei tot uiting. Wij moeten hiervoor verwijzen naar Adriani et al. (1980), Boerboom (1957, 1960), Doing (1966, 1974), Van der Maarel & Westhoff (1964), Sloet van Oldruitenborgh (1976), Weevers (1940), Westhoff (1953), Westhoff et al. (1970), Westhoff & Schouten (1979), Joentje et al. (1976), De Vries (1950) en Westhoff (1951, 1954). Als oorzaken van de verscheidenheid binnen het duingebied noemden we tot dusverre de geologische geschiedenis, de mate van stabiliteit van het duingebied en de chemische samenstelling van het zand, en als punt van minder belang de klimaatverschillen.

### **Vochtige duinvalleien**

Ten vierde hebben we dan nog te maken met het belangrijke verschil tussen droog en nat, dus tussen boven het grondwater gelegen droge duinen en onder invloed van het grondwater verkerende duinvalleien. Is zulk een duinvallei ontstaan door afsnoering van een strandvlakte, doordat zich zeewaarts daarvan een nieuwe zeereep gevormd heeft, dan noemen wij die primair. Een secundaire duinvallei ontstaat wanneer de wind in het duinzand stuifkuilen uitblaast, eventueel tot op het grondwater. Wanneer dit in een droge periode geschiedt, kan zich daarna een permanent dan wel een periodiek droogvallend duinmeer vormen. Al naar gelang de invloed van het water groter is, duidt men de zich in het duinmilieu ontwikkelende reeksen van plantengemeenschappen aan als xeroserie (buiten invloed van het grondwater), mesoserie (invloed van het grondwater in de kruidlaag nog juist merkbaar), hygroserie (van de zone die alleen in droge zomers droogvalt tot de zone die alleen in natte winters onder water staat) en hydroserie (waterplantengemeenschappen).

Flora en vegetatie van de vochtige duinvalleien zijn niet alleen soortenrijk, maar vooral ook rijk aan bijzondere, elders in ons land niet of nauwelijks meer voorkomende soorten en levensgemeenschappen, en bovendien uitermate gevarieerd. Behalve de verschillen in waterhuishouding spelen in deze variatie het kalkgehalte, de mate van instuivend zand, de wisselwerking tussen kalkrijk zand en humus, en de ouderdom – dus het successie-stadium – een rol. Wij kunnen slechts enkele markante stadia uit dit rijk geschakeerde patroon aanstippen (zie verder o.m. Adriani et al., 1980; Westhoff & Den Held, 1969; Westhoff et al., 1970; De Vries, 1950; Van der Maarel & Westhoff, 1964; Hoffmann & Westhoff, 1951). Een opvallende pioniergemeenschap in de hygroserie is de associatie van strandduizendguldenkruid en sierlijke vetmuur (*Centauro-Saginetum*), tevens gekenmerkt door de zeldzame

slanke duingentiaan (*Gentianella amarella*) en in de duinvalleien van Voorne bovendien door bitterling (*Blackstonia perfoliata*) en bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*). Op de vochtige zandplaten in het Grevelingenbekken heeft deze meestal kortstondige gemeenschap in de laatste jaren een (vermoedelijk tijdelijke) massale verbreiding gekregen.

Jonge duinvalleien die gedurende een langere periode van het jaar onder water staan kenmerken zich door plantengemeenschappen van het oeverkruidverbond met als karakteristieke levensvorm de amfifyten, die zowel in als buiten het water hun volledige levenscyclus volbrengen, zoals oeverkruid (*Littorella uniflora*), kleine waterweegbree (*Echinodorus ranunculoides*) en waterpunge (*Samolus valerandi*). In slechts zelden droogvallende jonge duinmeren vallen verder bijvoorbeeld kranswier-soorten (*Chara* spp.) en ongelijkbladig fonteinkruid (*Potamogeton gramineus*) op. In dit verband zij opgemerkt, dat de grote duinplassen (duinmeren) van Nederland een mondiaal tamelijk zeldzaam en belangwekkend verschijnsel zijn (Leentvaar, 1962, 1967).

Iets oudere duinvalleien met wisselende waterstand, waarin zich al een duidelijke zwarte humuslaag heeft gevormd, kenmerken zich veelal door de knopbiesgemeenschap (*Schoenetum nigricantis*), een der fraaiste en bloemrijkste begroeiingstypen van ons land, waarin behalve de naamgevende soort o.m. parnassia (*Parnassia palustris*), moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*), sturmia (*Liparis loeselii*), moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) en bonte paardestaart (*Equisetum variegatum*) opvallen. In verwante begroeiingen op Voorne en Schiermonnikoog valt het alleen daar talrijke orchideetje herminium (*Herminium monorchis*) op. Een specialiteit der vochtige duinvalleien van Voorne is de moerasgamander (*Teucrium scordium*); Texel en Voorne kennen hier voorts het teer guichelheil (*Anagallis tenella*).

In wat oudere stadia komt de muggenorchis (*Gymnadenia conopsea*) meer naar voren; later, vooral bij overstuiving, addertong (*Ophioglossum vulgatum*), wintergroen (*Pyrola rotundifolia* en *P. minor*) en duinriet (*Calamagrostis epigeios*).

De Waddeneilanden hebben bovendien eigen soorten, zoals de noordse rus (*Juncus arcticus* ssp. *balticus*), en in latere stadia verschillende natte heidegemeenschappen, waarvan wij slechts de associatie van kraai- en dopheide (*Empetro-Ericetum*), met op Terschelling de aldaar vermoedelijk in de 19e eeuw door een schipbreuk terechtgekomen neofyt cranberry of lepeltjeheide (*Oxycoccus macrocarpus*) kunnen vermelden. Duin-moerasbossen ontwikkelden zich ternauwernood in het Wadden-district, maar daarentegen wel op Voorne, waar het duin-elzenbos met gele lis (*Iris pseudacorus*) vermoedelijk uniek is voor geheel Europa.

Sommige plantetaxa zijn in ons land karakteristiek voor vochtige duinvalleien in hun geheel, zonder aan bepaalde stadia gebonden te zijn, met name driennervige zegge (*Carex trinervis*), duinrus (*Juncus alpino-articulatus* ssp. *atricapillus*) en late zegge (*Carex serotina* ssp. *pulchella*). Andere soorten blijken een voorkeur te hebben voor secundaire t.o.v. primaire duinvalleien, bijvoorbeeld de zeldzame dwerg-rus (*Juncus mutabilis*).

### Microklimaat

Voor de kleinschalige verscheidenheid binnen het duingebied is dan nog een vijfde factor van veel belang, te weten het relief, met name het verschil in microklimaat tussen noord- en zuidhelling, dat tot uiteenlopende begroeiingen leidt.

Het verdient daarbij de aandacht, dat het verschil tussen Waddendistrict en Duindistrict des te sterker tot uiting komt naarmate men zich verder van zee verwijderd. In de zeereep overwegen de werking van de wind en de turbulentie van het zand zozeer, dat de betekenis van chemische bodemfactoren daaraan ondergeschikt is. De meeste plantesoorten van de zeereep komen dan ook in beide districten evenzeer voor; dit geldt bijvoorbeeld voor helm (*Ammophila arenaria*), zandhaver (*Leymus arenarius*), de duinvorm van akkermelkdistel (*Sonchus arvensis* var. *maritimus*), de duinvorm van rood zwenkgras (*Festuca rubra* var. *arenaria*), zeewinde (*Calystegia soldanella*), blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*) en duindoorn (*Hippophae rhamnoides*). Naarmate landinwaarts de invloed van de wind afneemt, worden kalkgehalte en microklimaat beperkende factoren.

### Dynamiek

De lokale variatie in plantengroei wordt mede bepaald door de wisselwerking tussen kalk en humus. Overheerst daarbij de organische component, dan kunnen soortenrijke gradiëntmilieu's ontstaan; wanneer daarentegen veel kalkhoudend zand op betrekkelijk weinig organisch materiaal terecht komt, volgt een snelle ontleding daarvan, en deze dynamisering levert een grofkorrelig en betrekkelijk soortenarm vegetatiepatroon op, dat een min of meer ruderaal indruk kan maken (Westhoff et al., 1970; Sloet, 1976).

Het zou te ver voeren, ons te verdiepen in de geomorfologische ontwikkeling van duinvormen, als wisselwerking tussen wind, plantengroei en biotische invloeden (Van Dieren, 1934). Wij moeten ons bepalen tot het zichtbare resultaat daarvan: complexe stelsels van onderling verweven paraboolduinen, streepduinen, kamduinen en secundaire duinvalleien, die elkaar op velerlei wijze doorkruisen en overlap-

pen tot een schijnbaar grillig geheel van heuvel en dalen.

Hoewel ons duingebied, mede onder invloed van konijn en mens, zeker een dynamisch landschap genoemd mag worden, zou het toch niet juist zijn, aan deze dynamiek de oecologische en in het bijzonder de geobotanische rijkdom en verscheidenheid van het duinlandschap toe te schrijven. De grote betekenis van de duinen als milieu voor spontane plantengroei is veeleer gelegen in de welhaast oneindige kleinschalige en ruimtelijke verscheidenheid, alsmede in de variatie in de omvang van die milieudynamiek, van groot naar klein, in ruimte zowel als in tijd (Sloet van Oldruitenborgh, 1976; Westhoff et al., 1970).

Het wordt echter tijd, dat wij ons gaan afvragen hoe de mens in de loop der eeuwen het duingebied beïnvloed heeft (Adriani et al., 1980; Van Dieren, 1934; Van der Maarel, 1979a; Sloet van Oldruitenborgh, 1976).

### Het konijn

Het zal misschien verwondering wekken, dat wij dan beginnen met de invloed van het konijn, ogenschijnlijk een natuurlijke factor. We moeten echter wel bedenken, dat de mens vanuit Spanje het konijn in onze duinen heeft ingevoerd, en wel terwille van de jacht, vermoedelijk niet later dan in de tweede helft van de 13e eeuw. De konijnenpopulatie in ons land is dus ongeveer even oud als het jonge duinlandschap; zij is als het ware met dat landschap meegegroeid en is er nauwelijks meer uit weg te denken.

Gewoonlijk wordt het konijn als een voor de duinvegetatie destructieve factor beschouwd. Dat is echter slechts ten dele juist. Bij een te dichte stand — zoals in vroegere eeuwen in het belang van de jacht vaak optrad — werkt de populatie inderdaad egaliserend. Verstuiving wordt dan sterk bevorderd en plantesoorten die door het konijn versmaad worden — zoals de muurpeper (*Sedum acre*) — kunnen volledig gaan overheersen. Ook kunnen struwelen tot afsterven worden gebracht, waarbij het konijn het in het bijzonder op de kardinaalsmuts (*Euonymus europaeus*) begrepen heeft.

Een matige konijnenstand draagt daarentegen bij tot de verscheidenheid (partroondiversiteit) van het vegetatiedek. De konijnen beïnvloeden de vegetatie zowel indirect, via de bodem, door graven en bemesting, als direct door begrazing. Deze begrazing geschiedt selectief, waarbij enerzijds een voorkeur aan de dag wordt gelegd voor bepaalde soorten en bepaalde terreintypen en anderzijds een afkeer van andere soorten en andere plekken. Hun voedselterreinen zijn open, grazig en kort begroeid; de plekken die ze als voedselgebied vermijden zijn met hoog gras (duinriet) of laag struweel bedekt. Deze ruige begroeiingen hebben zij evenwel nodig als dekking.

De horizontale structuur van dit mozaïek van open en gesloten plantengemeenschappen wordt in de eerste plaats bepaald door de geomorfologie en de waterhuishouding van het duinlandschap. De konijnen dragen evenwel in belangrijke mate bij tot versterking van deze structuur. Zij houden hun weidjes zorgvuldig vrij van opslag van ruige gewassen en laten de hogere begroeiingen ongemoeid.

Na het eerste en het sindsdien herhaalde optreden van de myxomatose is de betekenis van de konijnen duidelijk gebleken: na plotseling sterke daling van de populatie verandert het vegetatiepatroon. De open plekken raken begroeid en associaties als *Tortulo-Phleëtum* en *Taraxaco-Galietum* gaan achteruit. De schommeling van de konijnenpopulatie om een evenwicht, die nu langzamerhand is ingetreden, kan voor het duinlandschap niet als ongunstig worden beschouwd.

Wij komen thans tot enkele meer rechtstreekse vormen van menselijke invloed (tabel 1).

### **Voormalige invloed van de mens**

Ontbossing van het oude duinlandschap zal reeds in de vroege Middeleeuwen op grote schaal hebben plaatsgevonden, en mede hebben geleid tot de bedreiging van het menselijke woongebied door de aanstuivende jonge duinen. Het jonge duinlandschap is tot in de vorige eeuw sterk in beweging geweest, en zeker veel minder begroeid dan tegenwoordig. Dit is in de eerste plaats toe te schrijven aan de exploitatie door de mens, die veelal het karakter van rooibouw aannam. In hoofdzaak bestond deze uit drie activiteiten: ten eerste het weiden van vee; ten tweede het plunderen van plantenmateriaal voor brandstof, dakbedekking, strooisel en mest; ten derde de bevordering van een dichte konijnenstand, in het belang van de jacht, plaatselijk met strenge bedreiging van draconische straffen jegens boeren die de overlast bezorgden de konijnen te lijf wilden gaan. Daarbij komt nog, dat het uitgraven van konijnholen de verstuiwing van het duin bevorderde. Van waardering voor de schoonheid van het duinlandschap was niet of nauwelijks sprake; men zag het als een barre woestijn, en eerst F.W. van Eeden (1886) kwam tot een meer positieve benadering.

### **Ontginning**

Pas in de tweede helft van de 18e eeuw ging men plaatselijk trachten duingebieden in cultuur te brengen; een der eerste geboekstaafde pogingen is de ontginning van de huidige Harstenhoek bij Scheveningen, waarmee Leendert van der Harst in 1768 begon. In de tweede helft van de 19e eeuw zijn echter al deze ontginningen geleidelijk verlaten en in verval geraakt, vooral als gevolg van de hierna te bespreken daling van het grondwater. Slechts aan de binnenduinrand zijn tot op de dag van heden land-

Tabel 1. Menselijke invloeden in kustgebieden gerangschikt naar de componenten van het ecosysteem waarop zij betrekking hebben. (Naar E. van der Maarel, 1979a.)

| Componenten van het oeco-systeem | Menselijke invloed         | Grondgebruik    |                      |                           |                      |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|---------|--------------------------|
|                                  |                            | kustverdediging | waterwinning: afvoer | waterwinning: infiltratie | recreatie: substraat | recreatie: landschap | recreatie: natuurbehoud en onderzoek | winning aardolie en aardgas | zandwinning | oogst van vruchten | bosbouw | militaire oefenterreinen |
| substraat                        | artefacten                 | x               | x                    | x                         |                      |                      | x                                    |                             |             |                    | x       |                          |
|                                  | zandtoevoer                | x               |                      |                           |                      |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | zandafgraving              | x               |                      |                           | x                    |                      |                                      | x                           |             |                    |         |                          |
|                                  | zandverstuiving            |                 |                      |                           | x                    |                      |                                      | x                           |             |                    | x       |                          |
|                                  | vastlegging van zand       | x               |                      |                           |                      |                      |                                      |                             |             | x                  |         |                          |
| bodemstructuur                   | ploegen                    |                 |                      |                           |                      |                      | x                                    | x                           |             |                    | x       |                          |
|                                  | verdichting                |                 |                      |                           | x                    | x                    | x                                    |                             |             |                    |         |                          |
| grondwater                       | verlaging grondwaterstand  |                 | x                    |                           |                      |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | verhoging grondwaterstand  |                 |                      | x                         |                      |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | onder water zetten         |                 |                      | x                         |                      |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
| voedselvoorziening               | eutrofiëring               |                 | x                    | x                         | x                    | x                    |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | beschikbaar komen van kalk |                 |                      |                           | x                    |                      |                                      | x                           |             |                    | x       |                          |
|                                  | mineralisering             |                 | x                    |                           | x                    |                      |                                      |                             |             |                    |         |                          |
| flora                            | verdelging                 | x               |                      |                           | x                    | x                    |                                      |                             | x           |                    |         |                          |
|                                  | invoer                     | x               |                      |                           |                      | x                    |                                      |                             |             | x                  |         |                          |
| vegetatie                        | verdelging                 | x               |                      |                           | x                    |                      |                                      | x                           |             |                    |         |                          |
|                                  | betreding                  |                 |                      |                           | x                    | x                    | x                                    |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | beplanting                 | x               |                      |                           |                      |                      |                                      |                             |             |                    | x       |                          |
| fauna                            | verdelging                 |                 |                      |                           |                      | x                    |                                      |                             |             |                    |         |                          |
|                                  | invoer                     |                 |                      |                           |                      |                      |                                      |                             |             | x                  |         |                          |
|                                  | verstoring                 |                 |                      |                           | x                    | x                    |                                      | x                           |             |                    | x       |                          |

bouwbedrijven in stand gebleven; ten behoeve van de zo rendabele bloembollenteelt is veel binnenduin geëgaliseerd, zelfs tot in recente tijd.

### **Bebossing**

Uiteraard heeft de mens reeds eeuwen lang getracht stuivende duinen vast te leggen, vooral door de aanplant van helm. Eerst in de loop van de 19e eeuw is men er toe overgegaan hiertoe duinen met naaldhout te beplanten. De pionier van deze onderneming was de geoloog W.C.H. Staring, die in 1863 in opdracht van de regering proeven nam met aanplant van verschillende naaldhoutsoorten. Droogte en konijnenvraat deden deze proeven gedeeltelijk mislukken, maar bij Den Haag en Schoorl hield het bos stand. De regering zag er echter sinds 1871 geen heil meer in. Eerst in 1893 nam de Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij de aanplant weer ter hand, en sinds 1899 heeft vooral het Staatsbosbeheer zich hiermee bezig gehouden. Ook op de Waddeneilanden en Schouwen kwamen uitgebreide duinbebossingen tot stand. Uit een oogpunt van natuurbeheer zijn de duinbeplantingen met naaldhout veelal als verarming te beschouwen, vooral in de kalkrijke duinen; op verscheidene plaatsen zijn deze monoculturen trouwens inmiddels weer te gronde gegaan. In het Waddendistrict evenwel hebben zich plaatselijk botanisch interessante naaldbossen ontwikkeld, die het karakter van natuurlijke dennenbossen benaderen (Westhoff, 1959).

### **Waterwinning**

Wij komen thans tot de invloed van de mens op het water in de duinen (Adriani et al., 1980; Croin Michielsen, 1974; Londo, 1971; Van der Maarel, 1965, 1979a; Bakker et al., 1979, 1981; Van Zadelhoff, 1981).

Natte duinvalleien met hun karakteristieke en rijke begroeiing waren in vroegere eeuwen algemeen verbreid, al kon in perioden met geringere neerslag, zoals omstreeks 1800, hun areaal tijdelijk inkrimpen. Afgezien van deze periodieke schommelingen werd echter in de 19e eeuw een geleidelijke verdroging van de vastelandsduinen geconstateerd, ook in gebieden waar toen nog geen drinkwater gewonnen werd. Een aantal factoren droegen hiertoe bij, zoals afzanderijen aan de binnenduinrand, verlaging van het polderpeil en het graven van het Noordzeekanaal; doch de hoofdoorzaak moet gezocht worden in de veranderingen in de waterhuishouding als gevolg van het vastleggen van het duin en de daardoor toegenomen begroeiing. Uit lysimeterwaarnemingen is gebleken, dat van de neerslag op onbegroeid zand 77% aan het grondwater ten goede komt, bij duinstruweel 44% en bij dennenbos slechts 22%.

In het midden van de vorige eeuw deden duinwaterleidingen hun intrede, te begin-

nen met die van Amsterdam in Vogelenzang in 1853. Omstreeks 1900 had dit plaatselijk reeds geleid tot verlaging van het freatisch oppervlak met enkele meters, maar de begroeiing van de vochtige duinvalleien was toen toch nog zeer verbreid. Eerst in de 20e eeuw is deze begroeiing als gevolg van de steeds toenemende wateronttrekking op het vasteland vrijwel geheel verdwenen. Op Voorne en op de Waddeneilanden zijn vochtige duinvalleien behouden gebleven, maar ook hier zijn ze op vele plaatsen sterk achteruitgegaan, vooral als gevolg van ontwatering door bebossing.

Weliswaar is de duinwaterstand na 1940 plaatselijk weer gestegen door de infiltratie met rivierwater, doch in het algemeen werkt dit eerder verarmend dan verrijkend op de duinbegroeiing (Croin Michielsen, 1974; Van der Maarel, 1979a). De infiltratieplassen kunnen de voormalige natte duinvalleien niet vervangen. In de eerste plaats niet omdat de schommeling van de waterstand in de loop van het jaar niet bepaald wordt door de seizoenen, maar door de techniek. In de tweede plaats niet omdat het met fosfaat en nitraat beladen infiltratiewater een triviale, ruige oeverbegroeiing teweegbrengt, waarin voor de oorspronkelijke flora van hydro- en hygroserie geen plaats is. Wellicht kan dit euvel ten dele worden ondervangen door het water vooraf van fosfaat te zuiveren; zuivering van nitraat is evenwel minder eenvoudig. De aanleg van infiltratieplassen heeft daarenboven geleid tot aanmerkelijke aantasting van het duinlandschap en vermindering van het areaal van associaties der droge duinvalleien (Taraxaco-Galietum, Violo-Corynephoretum).

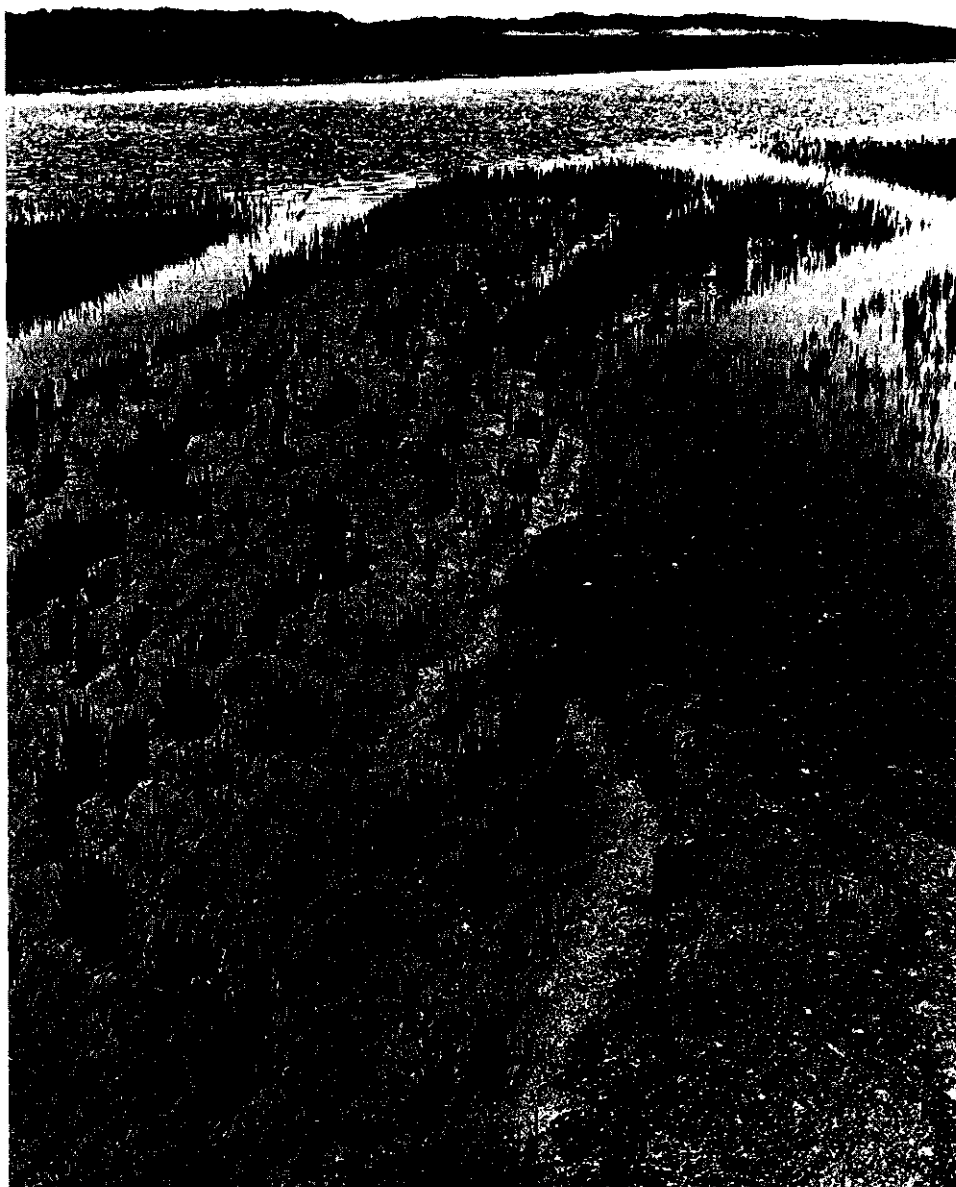
Positiever kan het oordeel luiden over de uitgraving van duinplassen ten behoeve van de recreatie of als natuurtechnisch beheer, waarbij bijvoorbeeld op Terschelling, bij Schoorl, om Haarlem en op Voorne waardevolle kunstmatige secundaire duinvalleien zijn ontstaan. Grootschalige voorbeelden daarvan bieden de in het kader van het Deltaplan ontstane begroeiingen in het Grevelingenbekken. Een daarmee vergelijkbaar oecosysteem heeft zich onlangs ontwikkeld in het Lauwersmeer (Joenje, 1978).

## Het zilte kustgebied

Zeer in het kort dienen we thans nog in te gaan op de verscheidenheid binnen het zilte kustgebied, dat eenvoudiger te overzien is dan het zo complexe duinlandschap (Adriani, 1945; Beeftink, 1965, 1977; Joenje et al., 1976; Ranwell, 1972; Westhoff et al., 1970; Westhoff & Schouten, 1979). Deze verscheidenheid wordt in eerste instantie bepaald door vier gradiënten, in volgorde van groot naar klein.

Ten eerste de longitudinale macrogradiënt, evenwijdig aan de Westeuropese kust, bepaald door het klimaat.

Zeekraal (*Salicornia stricta*), een pionier van de begroeiing van kwelders en schorren; tweemaal daags door de vloed overstroomd.



Ten tweede de transversale macrogradiënten van de monding der estuaria af in stroomopwaartse richting, dus langs de Westeuropese kust vooral van west naar oost, in ons land in het zogenaamde Deltagebied. Deze gradiënt wordt bepaald door het oostwaarts dalende zoutgehalte van het overstromingswater en door het oostwaarts fijner en weker wordende slik (Beeftink, 1965).

De derde gradiënt valt het meest in het oog, omdat hij zich afspeelt op de schaal van de menselijke waarnemer. Dit is de microgradiënt evenwijdig aan het bodemoppervlak en loodrecht op de kust; hij komt overeen met de zonatie van de zoutplantengemeenschappen, die een weerspiegeling is van de als 'haloserie' aan te duiden successie. Deze gradiënt wordt bepaald door overspoelingsduur en overspoelingsfrequentie van het zeewater, die op hun beurt weer het zoutgehalte en de vocht- en luchthuishouding van de bodem bepalen. Sterk geschematiseerd begint deze zoning met dagelijks overspoelde, soortenarme gemeenschappen van de zomerannuel zeekraal (*Salicornia stricta*) en de geofyt slijkgras (*Spartina anglica*). Ze zet zich dan voort in de gesloten, nog slechts door springvloeden overstroomde begroeiing van de lage kwelder of het lage schor, met o.a. kweldergras (*Puccinellia maritima*), zee-weegbree (*Plantago maritima*), lamsoor (*Limonium vulgare*) en zulte (*Aster tripolium*), doorsneden met krekens met oeverwallen, waarop zoutmelde (*Halimione portulacoides*) en zealsem (*Artemisia maritima*) domineren. Ze eindigt in de minder vaak door de zee bereikte hoge kwelder of het hoge schor met o.a. ronde rus (*Juncus gerardii*), engels gras (*Armeria maritima*), rood zwenkgras (*Festuca rubra* ssp. *litoralis*), zeerus (*Juncus maritimus*) en melkkruid (*Glaux maritima*). Binnen deze gradiënt werken verder twee belangrijke factoren differentiërend: het grotere of kleinere slibgehalte van het zand, en de mate van beweiding.

De vierde gradiënt tenslotte is de microgradiënt loodrecht op het bodemoppervlak, dus het bodemprofiel.

Landschap en begroeiing van het betrekkelijk zandige Waddengebied met relatief gering tijverskil vertonen een duidelijk onderscheid met het slibrijkere zuidwestelijk estuariëengebied, waarin het tijverskil veel hoger is. Een zeer opvallende en ecologisch belangrijke differentiatie is voorts die tussen wel respectievelijk niet beweide kwelders, zoals we die aantreffen op de Boschplaat van Terschelling. Men moet daarbij bedenken, dat een werkelijk natuurlijke kwelder beweid zou worden door grote herbivoren, doch vermoedelijk met geringe dichtheid en niet het gehele jaar door. Nu deze dieren door de mens zijn uitgeroeid, kan men de natuurlijke toestand nog het beste benaderen door een deel van het oecosysteem met vee te beweiden en een ander deel onbeweid te laten (Westhoff, 1951, 1969).

Lamsoor (*Limonium vulgare*).



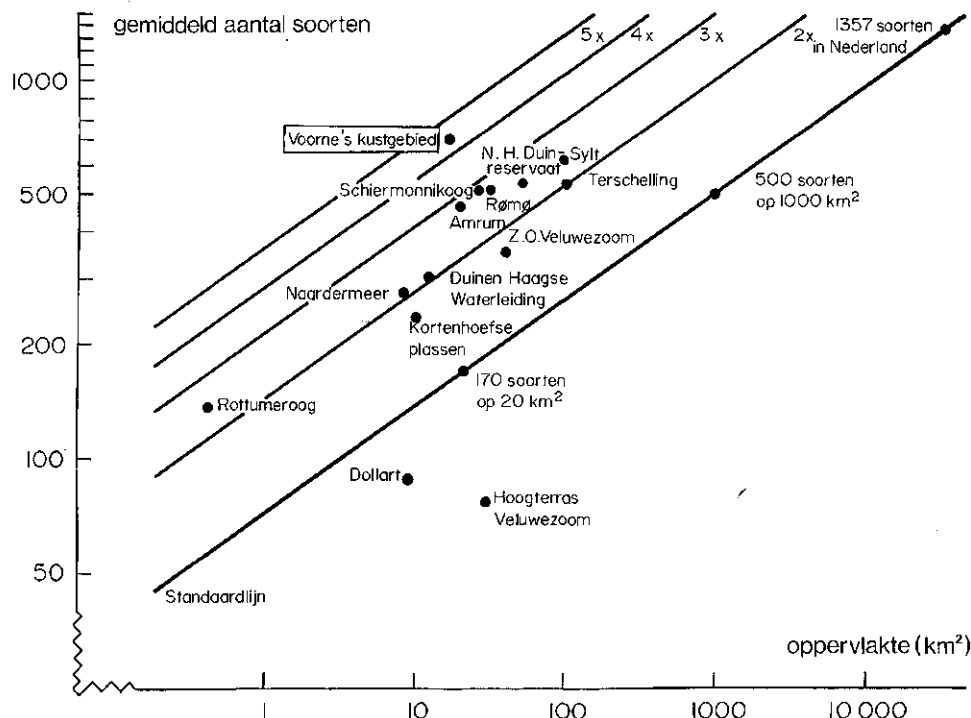


Fig. 1. De soortenrijkdom van het kustgebied van Voorne en andere natuurgebieden vergeleken met de standaardlijn voor de relatie tussen soort en oppervlakte in de Nederlandse flora. (Ontleend aan Adriani & Van der Maarel, 1968.)

## Besluit

Het zo sterk gevarieerde kustgebied van Nederland is het enige natuurgebied in ons land van mondiaal belang. Het is het grootste en tevens rijkste duin-, kwelder- en schorrengebied van West-Europa. Behalve aan zijn uitgestrektheid en inwendige verscheidenheid, niet in de laatste plaats door zijn rijkdom aan milieu-gradiënten, dankt het kustlandschap deze betekenis ook aan zijn relatieve ongestoordheid, althans in planologisch opzicht. Wanneer we het aantal soorten hogere planten, dat in Nederland ca. 1350 bedraagt, als maatstaf nemen voor de rijkdom van een gebied, blijkt het duingebied 900 soorten oftewel tweederde van de totale flora rijk te zijn, waarvan bijna 200 soorten uitsluitend of voornamelijk in het kustgebied voorkomen. Voorne is met 684 soorten viermaal zo rijk als een gemiddeld Nederlands gebied van dezelfde grootte, Schiermonnikoog driemaal, Terschelling en Meijndel tweemaal; wanneer de zeldzame soorten beschouwd worden, bereikt Voorne zelfs een factor 13 (fig. 1). Deze waarden blijven bovendien stijgen, omdat het overgrote deel van ons land veel sneller in natuurwaarde daalt dan het kustgebied (Adriani & Van der Maarel, 1968; Van der Maarel, 1979a).

De natuurbescherming heeft deze grote betekenis terdege ingezien en dit inzicht in daden omgezet (tabel 2). Ons kustgebied telt 120 natuurreservaten, althans als zodanig beheerde gebieden, die samen 43 000 ha beslaan, dat is 40% van het totaal aan natuurreservaten in Nederland. Wanneer we deze oppervlakte uitdrukken als

Tabel 2. Grondgebruik van het Nederlandse kustduingebied als percentages van het geheel. Haakjes slaan op waarden lager dan 1%. De groepen I + II omvatten samen het gehele gebied (totaal dus 100%); de groepen II + III eveneens. (Gegevens ontleend aan Van der Maarel, 1979a.)

|                                               | Gebied |                                                       |                     |        |
|-----------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|---------------------|--------|
|                                               | Delta  | Duindistrict<br>van Hoek<br>van Holland<br>tot Bergen | Wadden-<br>district | totaal |
| I Gehele duingebied                           | 10     | 56                                                    | 34                  | 100    |
| Strand en zeereep                             | 2      | 1                                                     | 13                  | 16     |
| Valleien, struwelen,<br>heiden, graslanden    | 5      | 17                                                    | 16                  | 38     |
| Parklandschap oude duinen                     | 0      | 4                                                     | 0                   | 4      |
| Aanplantingen naalddhout                      | 1      | 7                                                     | 4                   | 12     |
| II Land- en tuinbouw (oude duinen)            | 0      | 16                                                    | 0                   | 16     |
| Stedelijk en industrieel gebied               | 2      | 11                                                    | 1                   | 14     |
| III Kustverdediging primair                   | 2      | 1                                                     | 6                   | 9      |
| Waterwingebieden                              | 1      | 13                                                    | 0                   | 14     |
| Recreatieterreinen, staatseigendom            | 0      | 2                                                     | 9                   | 11     |
| Idem, bezit van organisaties                  | 0      | 4                                                     | 1                   | 5      |
| Idem, bezit van gemeenten en<br>particulieren | 0      | 4                                                     | 1                   | 5      |
| Natuurreservaten, staatsbezit                 | 2      | 4                                                     | 15                  | 21     |
| Idem, bezit van particuliere<br>organisaties  | 2      | 1                                                     | 2                   | 5      |
| Overige terreinen (niet toegankelijk)         | 1      | 1                                                     | 0                   | 2      |

een strook van 90 bij 5 km, dan zien we, dat we niet meer zo heel ver verwijderd zijn van het ideaal van Jac. P. Thijsse: het kustgebied van Cadzand tot Rottum één groot nationaal park.

Tot ongenueanceerd optimisme mag deze constatering echter niet leiden. In de eerste plaats zijn er in het verleden vele aanslagen op het kustgebied gepleegd en vele waardevolle gebieden verloren gegaan; men behoeft slechts het verlies te noemen van de Fonteinnol op Texel, de Rietput bij Callantsoog, de Breesaap bij Velzen, de Beer bij Hoek van Holland en, recenter, de enorme verliezen als gevolg van het Deltaplan, waaronder vóór alles het teloorgaan van het unieke zoetwatergetijdengebied de Biesbosch. Er is geen reden om te veronderstellen dat men niet waakzaam zou behoeven te zijn voor verdere aantastingen van deze aard. Er is echter meer dat zorg baart. De halfnatuurlijke levensgemeenschappen van het kustgebied worden in hun voortbestaan bedreigd door ontoereikend inwendig beheer, mede te wijten aan de huidige ijskoude wind van bezuiniging. De min of meer natuurlijke landschappen daarentegen gaan voornamelijk verloren als gevolg van verstarring van de dynamiek. Daardoor ontstaan geen nieuwe primaire en secundaire duinvalleien meer; de successie leidt in toenemende mate naar monotone eindstadia. Dit euvel kan ten dele worden ondervangen door natuurtechnisch ingrijpen, dus milieubouw, op grotere schaal toe te passen dan doorgaans geschiedt; bemoedigend zijn in dit opzicht de ervaringen in de nieuwe natuurterreinen in het zuidwestelijke estuariëgebied.

Voorts wordt speciaal het duingebied bedreigd door massale recreatie (Van der Werf, 1970) en door luchtverontreiniging; bij dit laatste ware vooral te denken aan uitstoot van zwaveldioxyde, hetgeen o.a. leidt tot verzuring van de neerslag, en aan eutrofiëring, vooral door stikstofverbindingen. Verstoring door recreatie is te keren door een wijs en genuanceerd beleid; luchtverontreiniging daarentegen slechts door een meer doelmatig milieubeheer, dat grotendeels ver boven het kustgebied uit zal moeten gaan.

## Literatuur

- Adriani, M.J., 1945. Sur la phytosociologie, la synécologie et le bilan d'eau de halophytes de la région néerlandaise méridionale, ainsi que de la Méditerranée française. Dissertatie, Amsterdam. J.B. Wolters, Groningen.
- Adriani, M.J. & E. van der Maarel, 1968. Voorne in de branding. Stichting Wetensch. Duinonderzoek, Oostvoorne.

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

- \*Adriani, M.J., G.P. Gonggrijp, J.A. Nijkamp & J.F. van Regteren Altena, 1980. Ontdek de duinen. Instituut voor Natuurbeschermingseducatie.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1979. Duinen en duinvaleien – Een landschapsoecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1981. Nederlandse kustduinen – Landschapsoecologie. Pudoc, Wageningen.
- \*Beefink, W.G., 1965. De zoutvegetatie van Zw-Nederland beschouwd in een Europees verband. Dissertatie, Wageningen. Mededelingen Landbouwhogeschool 65-1. 167 p.
- Beefink, W.G., 1977. The coastal salt marshes of Western and Northern Europe: an ecological and phytosociological approach. In V.J. Chapman (Ed.): Wet coastal ecosystems. Elsevier, Amsterdam, p.93-121.
- Boerboom, J.H.A., 1957. Les pelouses sèches des dunes de la côte néerlandaise. Acta Bot. neerl. 6: 642-680.
- Boerboom, J.H.A., 1960. De plantengemeenschappen van de Wassenaaarse duinen. Dissertatie, Wageningen. H. Veenman, Wageningen.
- Brouwer, G.A., J.W. van Dieren, W. Feekes et al. 1950. Griend, het vogeleiland in de Waddenzee. Nijhoff, Den Haag.
- \*Croin Michielsen, N. (red.), 1974. Meijndel, duin-water-leven. W. van Hoeve, Den Haag-Baarn.
- \*Dieren, J.W. van, 1934. Organogene Dünenbildung, eine geomorphologische Analyse der westfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Dissertatie, Amsterdam, Nijhoff, Den Haag.
- Doing, H., 1966. Beschrijving van de vegetatie der duinen tussen IJmuiden en Camperduin. Mededelingen Landbouwhogeschool 66-13. 63 p.
- Doing, H., 1974. Landschapsecologie van de duinstreek tussen Wassenaar en IJmuiden. Mededelingen Landbouwhogeschool 74-12. 111 p.
- Eeden, F.W. van, 1886. Onkruid, botanische wandelingen. Tjeenk Willink, Haarlem.
- Eisma, D., 1968. Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland. Neth. J. Sea Res. 4: 123-267.
- Hoffmann, M.E. & V. Westhoff, 1951. Flora en vegetatie van de verbrande Pan bij Bergen (N.H.). De Levende Natuur 54: 45-51, 74-79, 92-98.
- Jefferies, R.L., & A.J. Davy (Ed.), 1979. Ecological processes in coastal environments. 1st. Europ. Ecol. Symp., Norwich 1977. Blackwell, Oxford, etc.
- Joenje, W., 1978. Plant colonization and succession on embanked sandflats. Dissertatie, Groningen.
- \*Joenje, W., V. Westhoff & E. van der Maarel, 1976. Plantengroei. In: J. Abrahamse, W. Joenje & N. van Leeuwen-Seelt, Waddenzee:177-196. Landelijke Ver. tot Behoud van de Waddenzee en Ver. tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland.
- Leentvaar, P., 1962. Dune waters in the Netherlands. I. Acta Bot. neerl. 12: 498-520.
- Leentvaar, P., 1967. Duinmeren II. Biol. Jaarb. 35: 228-266.

- Londo, G., 1971. Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen. Dissertatie, Nijmegen. J.A. Derks, Cuyk.
- \*Maarel, E. van der, 1965. Dutch studies on coastal sand dune vegetation, especially in the Delta region. *Wentia* 15: 47-82.
- Maarel, E. van der, 1979a. Environmental management of coastal dunes in the Netherlands. In: R.L. Jefferies & A.J. Davy (Eds.), 1979.
- Maarel, E. van der, 1979b. Structuur en dynamiek van oecosystemen landschaps-oecologisch gezien. *Contactblad voor Biologen* 15: 37-50.
- Maarel, E. van der & V. Westhoff, 1964. The vegetation of the dunes near Oostvoorne. *Wentia* 12: 1-61.
- Ranwell, D.S., 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman & Hall, London.
- Sloet van Oldruitenborgh, C.J.M., 1976. Duinstruwelen in het Deltagebied. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. 76-8. 112 p.
- Vries, V. de, 1950. Vlieland, landschap en plantengroei. E.J. Brill, Leiden.
- Weevers, Th., 1940. De flora van Goeree en Overflakkee dynamisch beschouwd. *Ned. Kruidk. Arch.* 50: 285-354.
- Werf, S. van der, 1970. Recreatie-invloeden in Meijendel. *Meded. Landbouwhogeschool.* 70-17.
- Westhoff, V., 1951. De Boschplaat op Terschelling. *Natuur en Landschap* 5: 15-22.
- Westhoff, V., 1953. Landschap en plantengroei van Voorne's Duin. *Natuur en Techniek* 21: 222-230.
- Westhoff, V., 1954. Landschap en plantengroei van Schiermonnikoog. *Natuur en Techniek* 22: 188-192, 240-245.
- Westhoff, V., 1959. The vegetation of Scottish pine woodlands and Dutch artificial coastal pine forests. *Acta bot. neerl.* 9: 422-448.
- Westhoff, V., 1969. Die Reste der Naturlandschaft und ihre Pflege. In: K. Buchwald & W. Engelhardt (Eds): *Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz* 3, p. 252-266.
- Westhoff, V., 1980. Duinen en wadden. In: J. Vlieger (red.): *It Fryske Gea - Het Friese landschap.* Friese Pers, Leeuwarden.
- \*Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen.
- Westhoff, V. & M.G.C. Schouten, 1979. The diversity of European coastal ecosystems. In: R.L. Jefferies & A.J. Davy (Eds.), 1979.
- \*Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E. van der Voo, 1970. Wilde Planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden. I. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland.
- Zadelhoff, F.J. van, 1981. Nederlandse Kustduinen - Geobotanie. Dissertatie, Wageningen. Pudoc, Wageningen.
- Zagwijn, W.H., 1971. Vegetational history of the coastal dunes in the Western Netherlands. *Acta bot. neerl.* 20: 174-182.

C. Swennen

Vogels zijn net als andere dieren en ook planten duidelijk gebonden aan bepaalde biotopen. Ondanks dat zij door hun vliegvermogen in staat zijn zich snel over grote afstanden te verplaatsen, wijkt de vogelbevolking langs de kust dan ook zowel in soorten als in aantallen aanzienlijk af van die in het binnenland en ook van die op open zee.

In dit hoofdstuk zal de aandacht worden gevestigd op het verschijnsel van de geconcentreerde vogeltrek langs de kust, op het voorkomen van broedvogels die min of meer kustgebonden zijn en op het gebruik dat er van onze kust wordt gemaakt door soorten die elders broeden, maar die buiten de broedtijd voor hun voortbestaan zijn aangewezen op specifieke kustbiotopen.

## De vogeltrek langs de kust

Het overgrote deel van de bij ons voorkomende vogels bewoont in de winter een ander gebied dan in de zomer. Deze gebieden kunnen tientallen, honderden maar vaak ook duizenden kilometers van elkaar zijn gelegen. Deze vogels noemt men trekvogels in tegenstelling tot de standvogels, die het gehele jaar door in hetzelfde gebied blijven. Veel soorten trekken 's nachts en op grote hoogte.

De eigenlijke trek kan men zonder speciale hulpmiddelen zoals radar alleen goed waarnemen bij vogels die overdag en op geringe hoogte trekken. Van oudsher is bekend dat men de trek van deze dagtrekkers het beste kan waarnemen langs de duinkust. Hier vliegen in de herfst vrijwel dagelijks indrukwekkende aantallen vogels parallel aan de kustlijn. Landvogels zoals spreeuwen, vinken, leeuweriken, lijsters, kraaien en kieviten vliegen doorgaans aan de landzijde en zeevogels zoals zeeëenden, zeedukkers, sterns, meeuwen, jagers en stormvogels vliegen boven het water. Buiten het kustgebied zijn zowel op zee als op het land de aantallen trekkende individuen van deze soorten zoveel kleiner dan zij doorgaans alleen door geoefende waarnemers worden opgemerkt.

Vroeger werd verondersteld dat de kustlijn voor de trekvogels als oriëntatielijn fungeerde bij hun vlucht tussen broed- en overwinteringsgebied. Thans is echter duidelijk geworden, dat er alleen sprake is van een door de terreinomstandigheden geïnduceerde afleiding van de gewenste trekrichting.

Waarnemingen hebben aangetoond dat de meeste vogels tijdens hun trek boven uniform terrein min of meer een rechte koers aanhouden van hun startplaats naar de uiteindelijke bestemming. In het algemeen is het dus zo dat de trekkende vogels in een breed maar ijl front in de gewenste richting vliegen. Laag trekkende vogels gaan echter aarzelen als zij een voor hen onaantrekkelijk landschap naderen. Voor

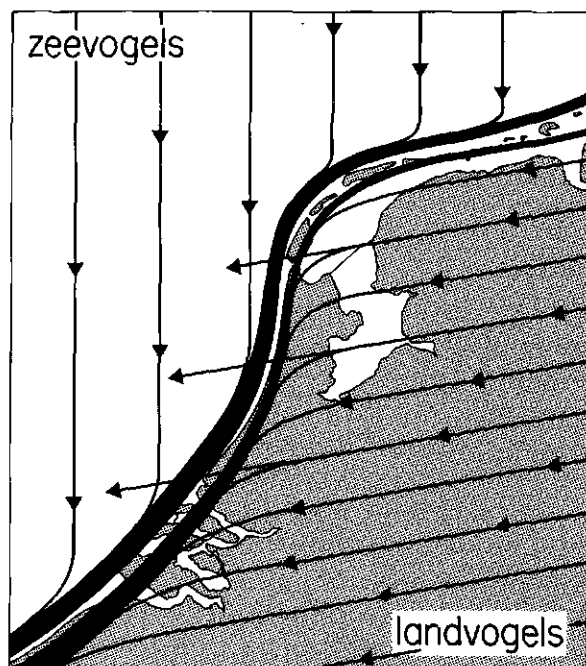


Fig. 1. De kust als geleidingsbaan voor een aantal soorten trekkende vogels in de herfst (Schematische weergave naar verschillende bronnen.)

landvogels is dit vaak de zee en voor zeevogels juist het land. Soms gaan de trekkende vogels cirkelen, maar uiteindelijk gaan zij vaak parallel aan de kustlijn vliegen in de richting die het minst afwijkt van hun tevoren aangehouden koers. Hierdoor ontstaat dan de steeds aanzwellende geconcentreerde trekstroom langs de kust (fig. 1).

### Trek over land

De landvogels die zich aldus laten stuwen zijn voornamelijk West- en Centraal-europese soorten, die hun winterkwartieren op de Britse eilanden hebben. Uiteindelijk steken zij bij Kaap Gris Nez het Nauw van Calais over, waarbij zij niet hun oorspronkelijke standaardrichting maar een iets noordelijker koers aanhouden en zo corrigeren om toch op hun doel te komen (Perdeck, 1970).

Lang niet altijd volgen alle individuen deze kustroute. Vooral op plaatsen waar de kustlijn een sterke hoek maakt steken veel vogels eerder in zee. Vaak treedt er dan een splitsing in de groep op, zodat een deel over zee gaat en een ander deel de kustlijn volgt. Dit gedrag verschilt van dag tot dag en is afhankelijk van de weersgesteldheid. Bij kalm stabiel weer met wind in de rug vliegen er nauwelijks landvogels parallel aan de kust en gaan de meeste direct over zee.

De neiging om de ene of de andere route te kiezen is bij de geslachten verschillend. Deelder (1949) vond dat de trek van de vink langs de kust bij gunstige weersomstan-

digheden gering is en dat de vogels die dan toch parallel aan de kust trekken een sterk overschot aan wijfjes vertonen. De neiging om de zee over te vliegen is bij de mannetjes blijkbaar sterker ontwikkeld. Voorts bleek ook dat de trek onder voor zeewaartse trek gunstige weersomstandigheden (tijdens stabiele hoge druksystemen met kalme noordoosten-wind) zich op veel grotere hoogte voltrok. Hierdoor werd de zeewaartse trek pas relatief laat ontdekt.

Bij tegenwind vliegen veel vogels niet in het begin van de trekperiode. Later in de trektijd is de drang om toch te gaan vliegen groter en dan ziet men de groepen spreuwen en vinken als het ware over de duinen kruipen en zoveel mogelijk de dalen volgen, waarbij zij bijvoorbeeld ook tussen de Scheveningse bebouwing door vliegen. Bij de geconcentreerde trek van landvogels langs onze kust in het najaar lijkt het derhalve alsof er bij tegenwind meer vogels trekken dan bij meewind. Dit komt echter doordat de zeer hoge trek bij meewind zich niet laat storen door bijzonderheden in het landschap en de vogels dan in een breed front, dus onverdicht, hoog over de waarnemer heen vliegen. Op het totale aantal vogels dat van het broedgebied naar het wintergebied gaat heeft dit uiteraard geen invloed.

Het zal wel geen toeval zijn dat juist de soorten met een westzuidwest gerichte trekroute, die soms de gehele trekperiode in de herfst vrijwel dagelijks met tegenwind te kampen hebben, de methode van trekomleiding via stuwing in het hiervoor gunstig gevormde Noordzeegebied hebben ontwikkeld.

De voedselproblemen van de talrijke zangvogels die zich in de herfst langs de duinen spoeden – het gaat daarbij om miljoenen individuen – hebben weinig de aandacht getrokken. Het duin is op vele plaatsen overdekt met een keur van besdragende planten (vlier, duindoorn, lijsterbes, liguster, braam, kamperfoelie, salomonszegel enz.), waarvan de bessen door veel soorten gretig worden gegeten. Door de grote hoeveelheid water die deze bessen bevatten is hun voedingswaarde wel niet zo groot, maar door de grote aantallen die in korte tijd kunnen worden opgepikt, kunnen de vogels tijdelijk toch wel grotendeels in hun calorische behoefte voorzien.

Het idee dat deze vogels zich in het algemeen geruime tijd met deze bessen kunnen voeden is echter onjuist. Bij experimenten met zangvogels vond Berthold (1976) dat zangvogels op een dieet van uitsluitend bessen in gewicht afnamen en op de duur ziek werden. Experimenteel kon worden aangetoond dat het ging om een gebrek aan proteïne, dat door een kleine gift aan dierlijk eiwit kon worden aangevuld. Mogelijk is dit de reden dat de over het duin trekkende zangvogels die wat langduriger gaan foerageren meestal na korte tijd weer het binnenland invliegen, waar op de iets rijkere grond een grotere voorraad aan dierlijk leven is te verwachten.

### Trek over zee

Omgekeerd aan wat bij de landvogels regel is, lijken zeevogels ongaarne over land te vliegen. Als het per se moet doen ze het op zeer grote hoogte. Dit laatste is geconstateerd bij verschillende soorten zeevogels die tussen de Oostzee en de Noordzee trekken. Trekkende zeevogels worden door onze kustlijn dan ook net zo duidelijk gestuwd als landvogels.

Het beeld van de parallel aan het strand vliegende zeevogels wordt versterkt doordat ook bij het zoeken naar voedsel, waarbij vaak mede onder invloed van de wind lange rechte trajecten worden gevlogen, de kust voor een afbuiging zorgt. Hierdoor kan op enige afstand van het strand soms van eenzelfde soort zowel een stroom naar het noorden als een tegengestelde stroom naar het zuiden ontstaan.

Een bijzonder geval betreft de stroom boven de zeereep zeilende meeuwen. Deze vliegen 's ochtends in de schemering en in de namiddag duidelijk van of naar een gemeenschappelijke rustplaats, maar overdag tijdens het foerageren gaan zij vaak in beide richtingen. Vaak gaat het vliegen van de meeuwen hier met opvallend weinig vleugelbewegingen gepaard. De vogels hangen als het ware op de tegen de duinrichel opstijgende wind. Het gebruik maken van deze opstijgende luchtstroom is stellig een goed gekozen vorm van energiebesparing bij deze vogels. Het normale vliegen is een inspannende bezigheid die gepaard gaat met een aanzienlijke versnelling van de hartslag. Via radio-telemetrie konden Kanwisher et al. (1978) aantonen dat de hartslag van meeuwen tijdens het zeilen in de lucht vrijwel gelijk was aan die gedurende het rusten op de grond.

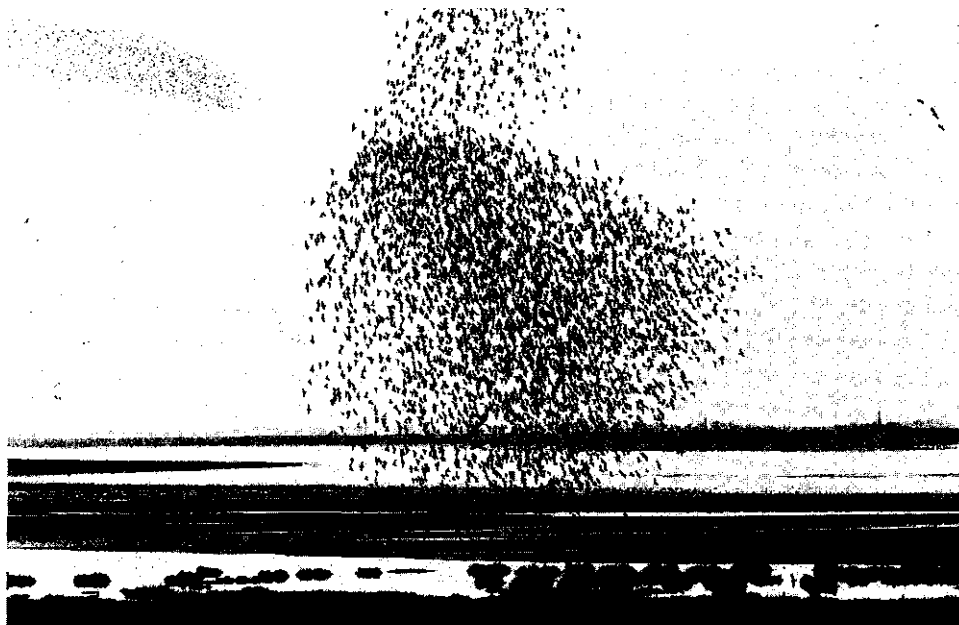
Een prettige bijkomstigheid is dat al de hierboven geschetste verschijnselen door ieder die dat wil langs onze kust kunnen worden geobserveerd zonder dat er vrees hoeft te bestaan dat de vogels hierdoor in hun belangen worden geschaad.

### De broedvogels van onze kust

Uit recente gegevens van de SOVON-broedvogel-inventarisaties uitgevoerd in blokken van 5 km  $\times$  5 km over geheel ons land (Teixeira, 1979) blijkt dat slechts weinig soorten, zoals de buizerd, bij ons kustmijdend zijn. Omgekeerd zijn er ook maar weinig vogels, zoals de eidereend en de grote stern, die bij ons uitsluitend langs de zeekust nestelen. Gedeeltelijk komt dit doordat door inpolderingen belangrijke delen van onze vroegere kustlijn nu tot het binnenland behoren (Zuiderzee, Lauwerszee, vele kustpolders en grote delen van het deltagebied) of doordat bijvoorbeeld door opspuiting van terreinen een kustaspect aan in het binnenland gelegen gebieden is gegeven.

Boven: Zwermen vogels van diverse pluimage en afkomstig uit een gebied dat naar het noorden toe de halve aardbol omvat, maken de Waddenzee tot een natuurgebied van internationaal belang.

Onder: In de herfst volgen miljoenen spreeuwen onze kustlijn als zij zich naar hun winterkwartieren op de Britse eilanden begeven.



Van de ruim 150 in ons land broedende vogels zijn er 16 die als karakteristieke kustvogels zijn aan te duiden. Voor deze soorten geldt bovendien dat hun voedsel voor een belangrijk deel van het jaar van mariene oorsprong is. Het is opvallend dat 75% van hen koloniebroeder is (tabel 1). De meeste vogels broeden immers solitair. Als voordeel van solitair broeden wordt doorgaans genoemd dat hierdoor de opvallendheid van het nest voor predatoren gering is en dat de dieren rond hun nest kunnen foerageren in een territorium dat zowel het nest als de foerageerplaats omvat.

Het broeden in kolonies komt volgens Lack (1968) slechts bij ongeveer 13% van alle vogelsoorten voor, maar juist bij kustvogels is het regel. Voor het ontstaan van het broeden in kolonies zijn door verschillende onderzoekers uiteenlopende hypothesen aangevoerd. Eén ervan is dat het zeldzaam voorkomen van geschikte broedplaatsen een intensief gebruik van een dergelijke plek noodzakelijk maakt. Doordat het foerageren op zee vaak met speciale morfologische adaptaties gepaard gaat, zoals het bezit van extreem korte poten bij stootduikers, het bezit van extreem korte

Tabel 1. Karakteristieke broedvogels van onze kust, hun nestelwijze en de aard van hun voedsel (K = broedt in kolonies, S = broed solitair).

| Soort              | Nestelwijze | Voedsel                                 |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------|
| grote stern        | K           | pelagische prooien                      |
| visdief            | K           |                                         |
| noordse stern      | K           |                                         |
| dwergstern         | K           |                                         |
| zilvermeeuw        | K           | zowel pelagische als benthische prooien |
| kleine mantelmeeuw | K           |                                         |
| stormmeeuw         | K           |                                         |
| kokmeeuw           | K           |                                         |
| lepelaar           | K           |                                         |
| eidereend          | K           | benthische prooien                      |
| bergeend           | K/S         |                                         |
| kluut              | K/S         |                                         |
| scholekster        | S           |                                         |
| tureluur           | S           |                                         |
| bontbekplevier     | S           |                                         |
| strandplevier      | S           |                                         |

vleugels bij soorten die hun prooi onder water vliegend achtervolgen en extreem lange vleugels bij soorten die ver van de broedplaatsen foerageren, kunnen sommige soorten nauwelijks lopen en andere niet opvliegen of neerstrijken tenzij het terrein daartoe speciaal geschikt is.

Het zeldzaam voorkomen van geschikte en veilige broedplaatsen lijkt de omvang van sommige zeevogelpopulaties wel te beperken (Kartaschew, 1960). Bij ons zouden sommige sterns daar wel eens mee geconfronteerd kunnen zijn.

Volgens een tweede hypothese zou kolonievorming in de hand gewerkt zijn doordat de vogels alleen de onmiddellijke omgeving van hun nest tegen soortgenoten gingen verdedigen, waardoor efficiënt gebruik van de beperkte geschikte ruimte mogelijk werd. Vervolgens ontwikkelden zich dan kenmerken als aantrekking van de concentratie op nieuwkomers, alsmede gedragingen die de toegenomen kans op predatie weer deden verminderen.

Een derde hypothese gaat juist uit van de veronderstelling, dat omdat gewoonlijk één van de partners ver op zee foerageert, de verdediging van het nakomelingschap door de andere partner aanzienlijk versterkt kon worden door dichter bijeen te gaan broeden. Koloniegewijs broeden zou zodoende ontstaan zijn door de noodzaak van sociale nestbescherming. Het gunstige effect hiervan tegen roofvijanden is bij een aantal in kolonies broedende kustvogels duidelijk aangetoond (Kruuk, 1964; Veen, 1977).

Een vierde hypothese gaat uit van de gedachte dat groepsgewijs foerageren van voordeel is om gemakkelijker prooi-concentraties op te sporen. Minder succesvolle dieren zouden dan de plekken leren kennen van de meer ervaren individuen. Inderdaad blijkt het foerageren in sociaal verband vaak van voordeel te zijn en zijn het ook overwegend de sociale voedselzoekers of de soorten die gemeenschappelijke rustplaatsen gebruiken die ook in kolonies gaan broeden. Binnen één kolonie gaan dieren die bij elkaar broeden ook vaak naar dezelfde foerageergronden (Krebs, 1974; Veen, 1977).

Welke de eerste beslissende factor is geweest voor de ontwikkeling van het koloniegewijs broeden is achteraf moeilijk aan te geven. Het is met deze vragen echter als bij de vraag: wat was er eerder, de kip of het ei? Daarbij komt het verschijnsel in zoveel uiteenlopende vogelfamilies voor dat het niet zo waarschijnlijk is dat het bij allemaal onder dezelfde drang is geëvolueerd. Duidelijk is dat er nog steeds een selectiedruk werkt op kolonievogels om in kolonies te blijven broeden. Kleine individuele afwijkingen in dit gedrag blijken reeds de kans op voortplantingssucces te verlagen (Veen, 1977).

### Ontwikkelingen in het aantal broedparen

Helaas zijn er over de omvang van onze kustvogelpopulaties weinig gedetailleerde historische gegevens te vinden. Dit geldt ook voor de situatie in de ons omringende landen. Waar sprake is van meeuwen en sterns gaat het altijd over het grootscheeps rapen van de eieren. Waar de kolonies in het bezit waren van een duidelijke eigenaar, een grootgrondbezitter, pachter of een goed georganiseerde gemeenschap, was er sprake van beheer, dat tot doel had de kolonie ter wille van het profijt in stand te houden. Het rapen was dan bijvoorbeeld beperkt tot een bepaalde datum of ieder jaar werd slechts een bepaald deel van de kolonie geraapt.

Zo beschrijft Pieter van Cuyck omstreeks 1750 in zijn reisbrieven (Oldebarnevelt, 1789) hoe de pachter van Eyerland (thans één geheel met Texel) in de maand mei 6 of 7 man in dienst nam om eieren van meeuwen en sterns te rapen. Alleen al naar de koekebakkers in Amsterdam werden per seizoen 30 000 eieren gezonden. De latere broedsels werden gespaard. De stern- en kokmeeuwkolonies in de inlagen van Schouwen bleven stellig niet ondanks maar juist dank zij het systeem van verpachting van het eierrapen in stand (Fokker & Van der Vliet, 1912, Beekman, 1980).

De exploitatie van de kolonies op Rottum door de voogd van dat eiland is uitvoerig beschreven door Droste-Hulshoff (1869). Ook hier ging het beslist niet om een ondoordachte roof, want alles werd gedaan om de broedvogelstand op peil te houden. Uit de beschrijving krijgt men de indruk dat ook op Sylt van een rijke, goed geëxploiteerde kolonie sprake was, maar dat op alle overige waddeneilanden als er vogels tot nestelen kwamen de eieren zonder restrictie werden geraapt. Bij de bescherming van vogels had de mate van nuttigheid wel een zekere invloed.

Omstreeks 1880 kregen de blauwe reigers op Texel enige schoontijd van de pachter en ook van de stropers en wel omdat de bakkers nogal op reigereieren waren gesteld en daar een goede prijs voor gaven. De lepelaar werd echter als een nietsnut beschouwd, de eieren smaakten modderig en konden op zijn best als varkensvoer worden gebruikt (Drijver, 1934). Naast de enkele plekje waar kolonies van kustvogels beschermd werden ter wille van de exploitatie van de eieren stond vooral in de vorige eeuw de stand in het overige gebied aan een sterke over-exploitatie bloot.

Voor de mens zullen bij het eierenzoeken de smakelijkheid, het formaat en het aantal dat men per keer kon vinden stellig belangrijke factoren zijn geweest. De hoogste menselijke eipredatie is te verwachten op soorten met relatief grote, smakelijke eieren, die in gemakkelijk toegankelijk terrein broeden. Een positief effect van de gedurende deze eeuw ingevoerde maatregelen tegen het rapen van eieren zou bij deze soorten zichtbaar moeten zijn.

In tabel 2 zijn enkele bijzonderheden over de eieren van onze kustvogels samenge-

vat, terwijl tevens is aangegeven hoe de omvang van de populatie is veranderd ten opzichte van de toestand rond het begin van deze eeuw. Het blijkt dat acht soorten duidelijk in aantal zijn toegenomen. Deze soorten hebben allemaal grote en smakelijke eieren. De aantallen van de acht overige soorten zijn niet opvallend veranderd of zijn zelf afgenomen. Onder deze soorten is er één met grote, maar ongenietbare eieren, terwijl de andere smakelijke maar kleine eieren hebben. De toename lijkt op een herstel van de omvang van populaties die door menselijke over-exploitatie waren gereduceerd en vormt dus een sprekend succes van de ingevoerde beschermende maatregelen.

De eidereend vestigde zich in 1906 opnieuw in ons land. In 1925 waren er nog maar 10 nesten, in 1980 was dit aantal aangegroeid tot ongeveer 5500. Bij deze soort

Tabel 2. Gewicht van het ei, aantal eieren, smakelijkheid (schaal 1-10) van de eieren (naar Cott, 1954), alsmede verloop van de stand in de 20e eeuw van onze kustvogels.

| Soort              | Eigewicht<br>(g) | Grootte<br>legsel | Relatieve<br>smakelijkheid | Verloop van<br>de stand           |
|--------------------|------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| eidereend          | 107              | 5                 | 6,0                        | vestiging 1906,<br>sterke toename |
| kleine mantelmeeuw | 77               | 3                 | 8,3                        | vestiging 1926,<br>sterke toename |
| stormmeeuw         | 52               | 3                 | 7,0                        | vestiging 1908,<br>sterke toename |
| zilvermeeuw        | 78               | 3                 | 7,9                        | sterke toename                    |
| bergeend           | 78               | 10                | 6,3                        | toename                           |
| scholekster        | 46               | 3                 | 7,1                        | toename                           |
| kokmeeuw           | 36               | 3                 | 6,6                        | toename                           |
| grote stern        | 37               | 1-2               | 6,6                        | aankomelijk toename               |
| lepelaar           | 83               | 4                 | 3,9                        | niet opvallend veranderd          |
| kluut              | 32               | 3-4               | 7,5                        | niet opvallend veranderd          |
| tureluur           | 22               | 4                 | 7,4                        | niet opvallend veranderd          |
| visdiefje          | 20               | 2-3               | 7,3                        | afname                            |
| noordse stern      | 19               | 2                 | 6,8                        | afname                            |
| bontbekplevier     | 14               | 4                 | 6,4                        | afname                            |
| dwergstern         | 10               | 2-3               | 6,2                        | afname                            |
| strandplevier      | 9                | 3                 | 7,0                        | afname                            |

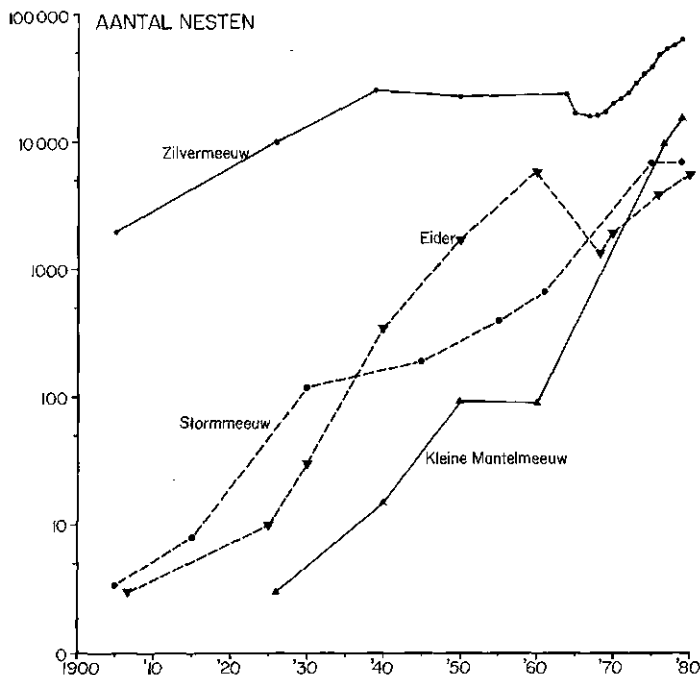


Fig. 2. Ontwikkeling van de broedpopulaties van zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw, stormmeeuw en eidereend in ons land gedurende de 20e eeuw. (Naar Braaksma, 1964; Meeuwenrapporten RIN; Spaans, 1980; Swennen, 1976 en ongepubliceerde gegevens.)

is ook de broedende vogel gemakkelijk op het nest te verschalken. De eskimo's op Groenland maken van die mogelijkheid tegenwoordig nog gebruik om behalve het legsel ook de broedende eend als buit mee te nemen. Waarschijnlijk is de eidereend al heel vroeg in de geschiedenis door menselijke predatie uit onze streken verdwenen en heeft vermindering van de achtervolging een hervestiging mogelijk gemaakt.

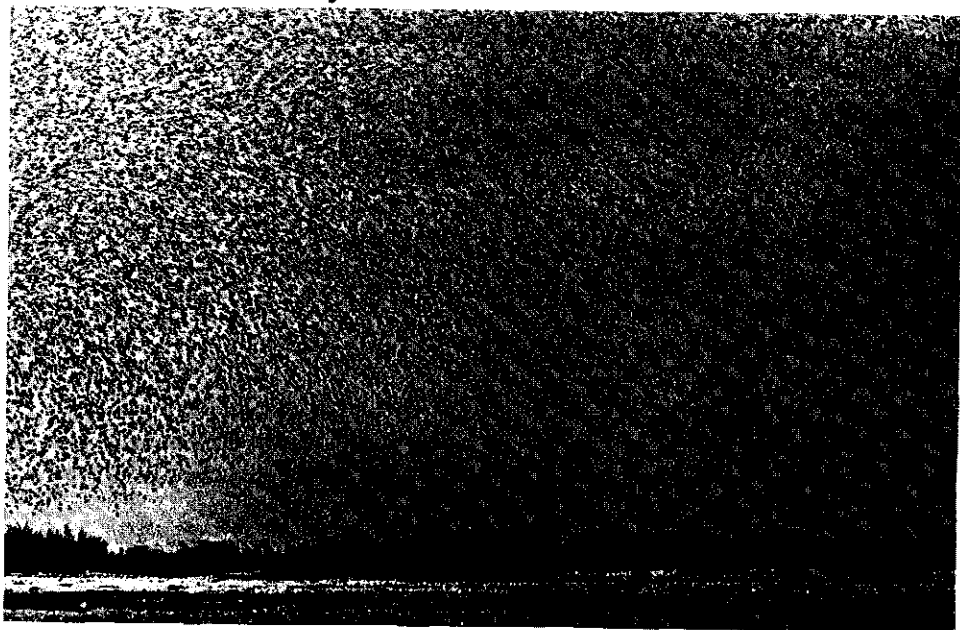
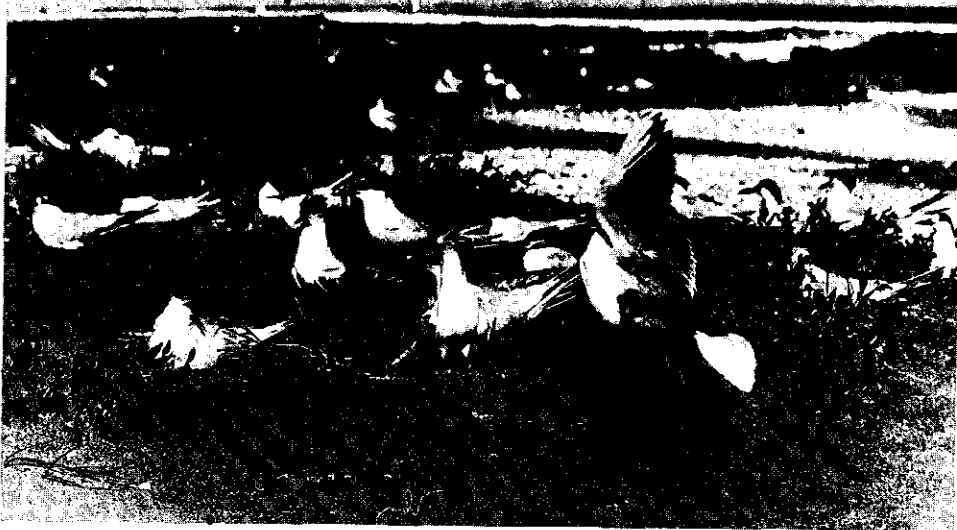
De kleine mantelmeeuw vestigde zich opnieuw in ons land. In 1940 bedroeg het aantal nesten 15 en in 1979 waren dit er al 11 000. De soort broedt dichter bijeen dan de zilvermeeuw, waarbij de kolonies zich steeds in tamelijk vlakke grazige duingedeelten bevinden. Sterke beweiding en ontginning van deze plekken kan naast het verzamelen van eieren deze soort al vroeg bij ons hebben verdreven. Dat deze soort door de zilvermeeuw verdreven zou zijn, zoals ook wel is verondersteld, lijkt niet waarschijnlijk (Voous, 1960).

Ook de stormmeeuw vestigde zich opnieuw in het begin van deze eeuw. Het aantal nesten bedroeg in 1930 nog slechts 120, maar dit aantal was in 1979 aangegroeid tot 7000. Het aantal nesten van de zilvermeeuw was in 1900 gereduceerd tot een paar duizend, in 1979 was dit aangegroeid tot 62 000.

Over de totale stand van de bergeend, kokmeeuw en scholekster zijn geen betrouwbare oude gegevens bekend, maar gedurende de gehele eeuw is er overal sprake van toename. De sterns, die aan het begin van deze eeuw zwaar werden be-

Boven: De grote stern is een kwetsbare kolonievogel, die alleen de onmiddellijke omgeving van zijn nest verdedigt. Door dicht in de buurt van meeuwenkolonies te gaan nestelen, profiteren zij van de bescherming van de meeuwen, die op hun beurt van de sterns de eieren en jongen roven die niet goed worden bedekt (bijvoorbeeld bij verstoring).

Onder: Kanoetstrandlopers concentreren zich rond hoogwater in enkele zeer grote zwermen om gemeenschappelijk te rusten. Het zijn hoog noordelijke broedvogels, die 9-10 maanden van het jaar voor hun voortbestaan op wadachtige gebieden zijn aangewezen.



jaagd ten behoeve van de huiden voor de damesmode, namen na de bescherming aanvankelijk toe. Biotoop-degradatie en -verontreiniging dragen thans bij in de huidige achteruitgang van deze vogels.

Figuur 2 geeft de spectaculaire groei van de populaies van de drie grote meeuwen en de eidereend weer. De groei blijkt min of meer exponentieel te zijn verlopen, maar een tweetal afwijkingen in de rechte lijnen zijn opvallend. De eerste is de afvlakking van de groei bij de meeuwen tussen ongeveer 1935 en 1964, die het duidelijkst optrad bij de zilvermeeuw en een gevolg was van een uit natuurbeschermingsmotieven uitgevoerde bestrijdingsactie. De tweede is de tijdelijke opvallende achteruitgang rond 1965 die het duidelijkst is te zien bij de eidereend en de zilvermeeuw en die geweten moet worden aan een tijdelijke milieuverontreiniging door pesticiden. Beide onderwerpen worden hierna behandeld.

### **De meeuwenbestrijding**

Van de wettelijke bescherming en vooral van de bewaking van broedplaatsen profiteerden als eerste kolonievogels zoals de meeuwen. De stand van zilver- en kokmeeuw steeg in de jaren twintig al zo duidelijk dat men ook minder plezierige aspecten van deze vogels ging opmerken. De natuur- en vogelbeschermmer Drijver (1934) neemt in zijn boek over Texel dan ook een hoofdstuk op getiteld 'De meeuwen en hun wandaden'. Hierin worden de klachten kleurrijk beschreven. De jonge mussen en spreuwen onder de dakpannen tot in de kom van de Texelse dorpen werden opgevreten door de te talrijke kokmeeuwen. De zilvermeeuwen waren in dit alles echter nog een graadje erger. Geen enkele jonge vogel, zelfs die van de grotere soorten, ook al was die nagenoeg volwassen, was meer veilig. Jonge grutto's, kieviten en tureluurs ontgingen evenmin de vraatzucht van de rovers als jonge koekoeken, leeuweriken en paapjes. De zilvermeeuwen aten kippekuikens en zelfs kippeëieren. Er waren zilvermeeuwen die van hok tot hok vlogen en andere die rustig op het dak van de kippenverblijfplaats wachtten en pas in actie kwamen als de hen het sein gaf dat ze haar ei had gelegd, aldus Drijver.

Met dit soort verhalen, die vaak stoelden op een onzorgvuldige waarneming of een generalisering van een bijzonder geval, kwamen de natuurbeschermers in een moeilijk parket. Termen als bevolkingsexplosie en overbevolking onder de meeuwen, die door voedselgebrek tot wandaden zouden worden gedreven, maakten kennelijk grote indruk. Het is dan ook geen wonder dat men uit zorg voor het voortbestaan van de andere vogelsoorten, alsmede bij gebrek aan ervaring en kennis van de populatie-dynamiek van vogels, pogingen ging aanwenden om de meeuwenstand weer in te perken, vooral door het neerleggen van vergiftigd aas. Het plan bestond

om Vlieland geheel vrij te maken van zilverbmeeuwen en om de stand elders op in totaal ongeveer 15 000 broedparen te consolideren. Door ambtenaren van het Staatsbosbeheer werden hiertoe tegen het eind van de jaren dertig ruim 10 000 en na 1945 nog eens ongeveer 100 000 volwassen zilverbmeeuwen gedood. Ruim 70 000 hiervan in de jaren 1954 t/m 1964. Daarnaast werd eenzelfde aantal legsels in die periode vernietigd.

Tijdens het begin van deze acties merkte Van Dobben (1934) al op dat er ondanks dat er door zilverbmeeuwen op Vlieland veel kuikens van bergeenden en eidereenden werden opgegeten, de stand er ogenschijnlijk geen schade van ondervond. Deze situatie is zo gebleven nu inmiddels het aantal zilverbmeeuwen ruim driemaal zo groot is geworden. Op alle waddeneilanden broeden nog steeds weidevogels. En in de dorpen op de eilanden nestelen nog steeds grote aantallen mussen en spreeuwen, alhoewel het aantal kokmeeuwen sinds de beschrijving van hun wandaden nog aanzienlijk is toegenomen.

De schade aan de vogelstand bleek niet zo absoluut te zijn als aanvankelijk werd gevreesd. Een aantal vogels, waaronder de eidereend, wordt duidelijk aangetrokken door bestaande meeuwenkolonies en de dieren die daar gaan broeden blijken doorgaans een groter broedsucces te hebben dan degene die broeden op plaatsen zonder meeuwenkolonie (Lack, 1954).

Onder meer door deze factoren en twijfel aan de zin zijn de meeuwenbestrijdingsacties doodgebloed; het doel bleek niet te bereiken. Tegenwoordig worden ook in de leidende natuurbeschermingskringen dergelijke grootscheepse en totale vernietigingsacties tegen predatoren als niet-zinvol beschouwd. Hoewel thans lokale acties ter voorkoming van vestiging van nieuwe kolonies meeuwen op kwetsbare plaatsen uit natuurbeschermingsoogpunt wel algemeen van belang worden geacht, zijn er zowel ornithologen die geen enkele directe menselijke ingreep aanvaardbaar vinden als anderen die een regulatie van het aantal meeuwen voorstaan en menen dat dit ook succes kan hebben.

Een goed verslag van omvang en resultaat van de vroegere bestrijdingscampagnes, laat staan een evaluatie van alle aspecten ervan, is (helaas) nog niet gepubliceerd.

### **Effecten van milieu-verontreiniging**

Het meest opvallend effect van milieu-verontreiniging is nog altijd het dodelijk gevolg van olie op vogels. De grootste vogelramp in ons land door olie vond plaats in februari 1969. Toen stierven er naar schatting 40 000 vogels, voornamelijk zwarte zeeëenden en eiders, bij Texel, Vlieland en Terschelling. Hoewel daar ook lokale broedvogels bij betrokken waren, bleek het effect op de lokale broedpopulaties ge-

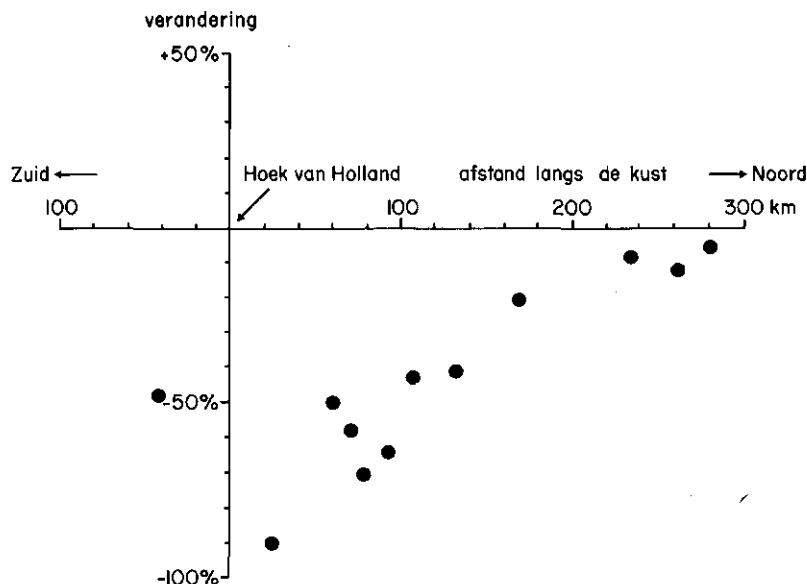


Fig. 3. Verandering in het aantal broedparen in de kolonies van de zilverbmeeuw in relatie met de afstand van de kolonies tot de monding van de Nieuwe Waterweg tijdens het hoogtepunt van de sterfte van zeevogels door lozing van chloorkoolwaterstoffen in het Rijnmondgebied. De verandering is aangegeven als procentueel verschil tussen de jaren 1964 en 1965. (Naar Spaans, 1980.)

lukkig marginaal. De hoeveelheid olie bedroeg weinig meer dan 150 ton. Op weg naar ons land verongelukte de Amoco Cadiz in Bretagne en verloor daarbij 222 000 ton; het gevaar voor een veel ingrijpender incident langs onze kust lijkt derhalve niet denkbeeldig (Swennen & Spaans, 1970; Swennen, 1979).

Chemische verontreinigingen werken meer in het verborgene en zijn minder spectaculair, maar in ons land zijn de gevolgen beter aantoonbaar. De afname van de populatie bij zilverbmeeuw en eidereend (fig. 2) is het gevolg van een vergiftiging door de lozing van chloorkoolwaterstoffen in het Rijnmondgebied. Wat de doelbewuste vergiftiging van 70 000 volwassen zilverbmeeuwen en vernietiging van minstens 150 000 eieren in de voorgaande tien jaren niet lukte, bracht de chemische industrie in korte tijd tot stand. De stand van de zilverbmeeuw in Nederland werd met 1/3 gereduceerd en die van de eidereend met ruim 3/4. Gelukkig kon door Koeman (1971) de aard van de verontreiniging worden opgespoord en werden de lozingen in 1965 gestaakt. Intussen was niet alleen de stand van de beide genoemde soorten, maar ook die van de lepelaar, grote stern, visdiefje en dwergstern zeer ernstig gereduceerd. Na 15 jaar heeft de zilverbmeeuw de verliezen meer dan gecompenseerd. De totale stand van de eidereend is weer bijna op het oude peil, maar de kustkolonies van de genoemde sterns en de lepelaar zijn, hoewel iets hersteld, toch nog zeer veel lager dan het vroegere niveau.

Het effect van de toenemende afstand tot de bron van het vergif is af te lezen aan

de veranderingen in de eidereendkolonies in de Waddenzee. Bij Den Helder, op Texel, Vlieland, Terschelling en Ameland namen de kolonies tussen 1960 en 1966 af met respectievelijk 100%, 95%, 75%, 55% en 40%, terwijl oostelijker nog geen effect was te constateren (Swennen, 1972). Voor het effect van de afnemende concentratie langs ons gehele kustgebied is het beeld van de zilvermeeuw zeer illustratief (fig. 3).

### Het beheer

Uit voorgaande paragrafen blijkt dat de broedvogels van de kust al heel lang sterk onder invloed van de mens staan. Die invloed was vaak negatief: over-exploitatie van de eieren, massale jacht voor de huiden vanwege de mode, opzettelijke vergiftiging vanwege vermeende schade, onopzettelijke vergiftiging door lozing van schadelijke stoffen in het milieu. In een voor hen gunstige omgeving hebben vogelpopulaties echter een groot incasseringsvermogen. Dit wordt geïllustreerd door het mislukken van de meeuwenbestrijdingscampagnes en de toename van aantallen en soorten na het instellen van beschermde reservaten en het stoppen van het grootscheeps rapen van eieren.

Dank zij allerlei beschermende maatregelen broedt thans nog een naar verhouding groot deel van de totale Westeuropese broedpopulatie van lepelaar, kluut, scholtekster en grote stern binnen onze grenzen. Zonder beschermende maatregelen waren, bij onze huidige bevolkingsomvang, de ruimere vrije tijd en de vele mogelijkheden tot verplaatsing, de meest soorten thans bij ons stellig uitgeroeid of uiterst zeldzaam geworden.

Het valt op dat vooral soorten die in relatief stabiele en daardoor gemakkelijker te beschermen milieus broeden vooruit zijn gegaan. De soorten die in meer dynamische milieu's broeden, zoals de vier sterns en de beide plevieren, vertonen daarentegen weer een afname. Het vinden van een aangepast en flexibel beheer van voor deze vogels geschikte broedbiotopen zal noodzakelijk zijn om ook hen in de toekomst in ons land te kunnen behouden.

### Onze kustwateren als foerageergebied voor vogels

Naast de lokale broedvogels zijn er nog een hele reeks vogels die elders broeden maar buiten de broedtijd onze kustwateren en droogvallende gronden van het Delta-gebied en de Waddenzee gebruiken als foerageergebied. Als voedsel voor vogels spelen grotere planten in deze biotopen een zeer ondergeschikte rol, omdat alleen de schorren of kwelders goed zijn begroeid. De plantaardige produktie in onze kust-

wateren wordt vrijwel uitsluitend geleverd door ééncellige algen, die door vogels niet zijn te begrazen.

Plantenetende vogels zijn in het gebied dan ook slechts door enkele soorten vertegenwoordigd. De belangrijkste zijn de rotgans, de brandgans en de smient. Vooral voor beide eerste soorten is ons land van zeer groot belang. Vrijwel de gehele populatie van het donkerbuikige ras van de rotgans is een bepaalde tijd van het jaar voor zijn voedsel op het Wadden- en Deltagebied aangewezen en voor de brandgans is dit meer dan de helft van de gehele wereldpopulatie.

Naast deze korte lijst van planteneters staat een lijst van vele tientallen carnivore kustvogels. Zij exploiteren twee typen van prooidieren, namelijk vrij zwemmende (vele vissoorten, inktvissen, sommige wormen en kreeftachtigen) en bodembewonende prooien (schelpdieren, kreeftachtigen en wormen). Uit het hoofdstuk van Beukema blijkt dat juist de bodembewonende groep in Waddenzee en Deltagebied zeer rijk is ontwikkeld.

Bij de exploitatie van de voedselbronnen zijn een drietal strategieën te onderscheiden. (1) De vogels blijven voortdurend op zee en duiken naar vrij zwemmende of bodembewonende prooien (eidereend, zwarte zeeëend, roodkeelduiker enz.). (2) De vogels rusten op de wal en vliegen naar de foerageerplaats waar ze gaan stootduiken naar vrij zwemmende prooien (sterns, meeuwen). (3) De vogels rusten tijdens hoogwater op de wal en gaan lopend of wadend foerageren op bodembewonende prooien op en in de tijdens laagwater droogvallende delen van de zeebodem (steltlopers, bergeenden, meeuwen).

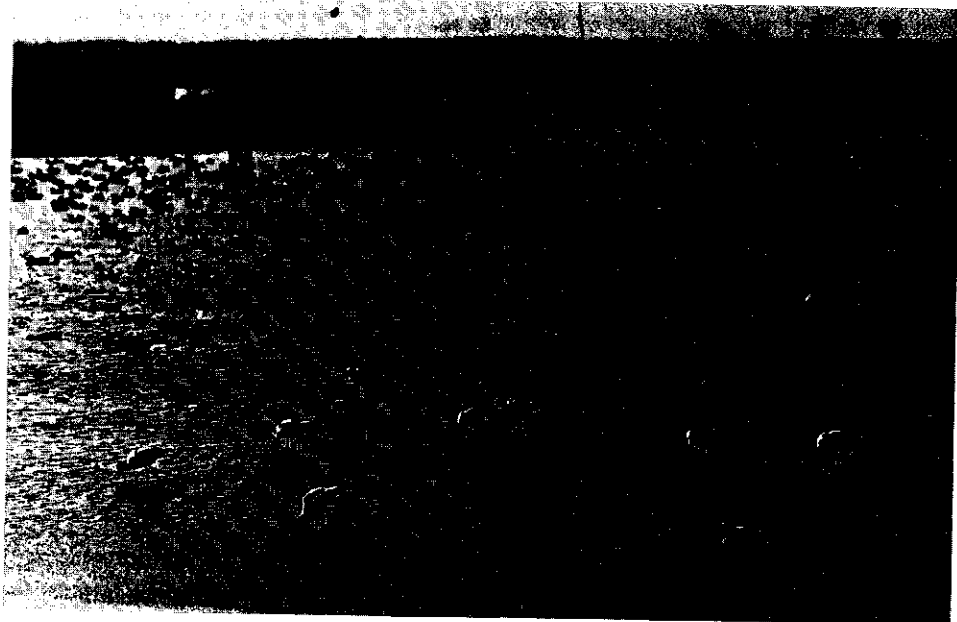
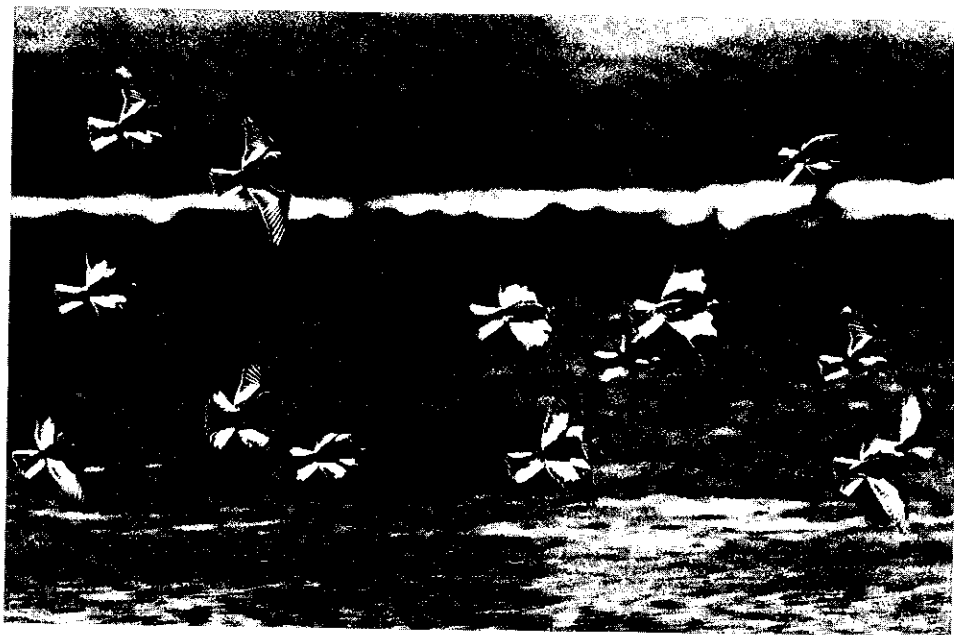
### **De vogeldichtheden**

Op de open Noordzee treft men gemiddeld 3 vogels per km<sup>2</sup> aan. In de strook van 10 km van onze kust zijn dat er 11 en in de Waddenzee 216 vogels per km<sup>2</sup>. Dit hangt samen met de hoeveelheid beschikbaar en bereikbaar voedsel die afneemt bij toenemende afstand tot de kust (Swennen, 1974). Ook op een veel beperkter gebied bestaat er een duidelijke relatie tussen de aantallen vogels – eigenlijk nog beter de biomassa (aantal  $\times$  gewicht) van die vogels – en de hoeveelheid voedsel.

Op de droogvallende platen van het Balgzand werd de relatie onderzocht tussen de op de platen aanwezige totale biomassa van de bodemdieren (schelpdieren, kreeftachtigen en wormen) en de biomassa van de hierop foeragerende vogels, waarbij rekening werd gehouden met de totale tijd besteed aan foerageren per oppervlakte-eenheid. Het verband tussen de foeragerende vogels en de potentiële prooibiomassa is zeer duidelijk, waarbij de afstand van de kust en de tijd van droogvallen vrijwel geen rol spelen (fig. 4). Op voedselarme platen komen weinig vogels

Boven: De fraaie sneeuwgorzen broeden in een brede gordel rond de Noordelijke IJsee. Buiten de voortplantingstijd zijn zij ook in ons land langs de kust aan te treffen. Zij voeden zich met zaden.

Onder: De slikkige en brakke Dollard vertegenwoordigt een kusttype dat in West-Europa nog maar schaars voorhanden is. De kluten en talingen die op de foto ieder op eigen wijze voedsel zoeken, bereiken in dergelijke gebieden hun hoogste dichtheden.



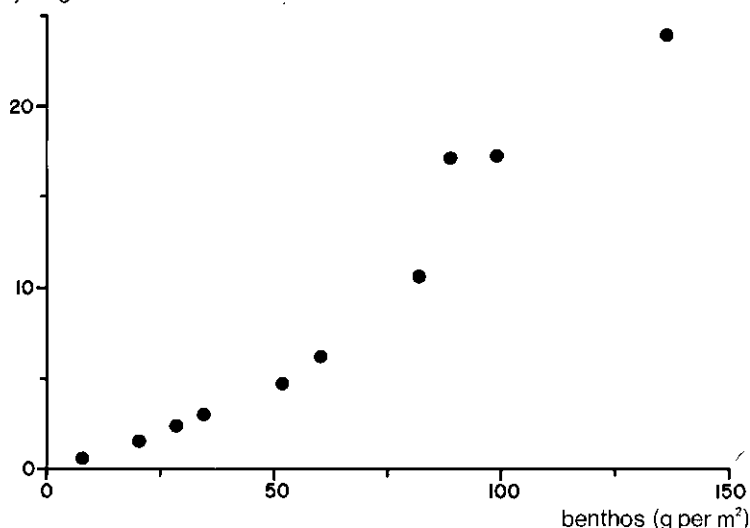


Fig. 4. Relatie tussen de aanwezige biomassa bodemdieren (benthos) uitgedrukt in droge organische stof en de biomassa van de hierop foeragerende vogels uitgedrukt in versgewicht per tij.

foerageren of zij blijven er maar kort.

De biomassa van de gezamenlijke bodemdieren wordt gevormd door totaal verschillende eenheden, die diep of ondiep voorkomen, verstopt in de bodem of juist aan het oppervlakte leven, voorzien zijn van een harde schelp of nauwelijks beschermd zijn. De samenstelling verschilt van plaats tot plaats. De gevonden relatie betekent dan ook dat de uiteenlopende vogelsoorten van eidereend (2250 gram) tot bonte strandloper (50 gram) zodanig zijn gedifferentieerd dat zij de uiteenlopende prooidieren efficiënt kunnen exploiteren. Dit uit zich behalve in opvallende verschillen in snavelvorm ook in de verschillen in snavellengte (fig. 5).

Ook in het tijdstip binnen de getijcyclus waarin de vogels op een wadplaat foerageren zitten opvallende verschillen. De situatie is natuurlijk van plaats tot plaats verschillend, maar in het algemeen wordt een niet te hoog gelegen rijke wadplaat eerst bezocht door eidereenden, die naar hun voedsel duiken. Deze vogels zijn al weg als het water tot enkele decimeters diepte is gezakt en dan komen er meeuwen eerst stootduikend en later zwemmend foerageren. De meest meeuwen zijn al weer verdwenen als de eerste langpotige steltlopers arriveren, meestal wulpen gevolgd door rosse grutto's en scholeksters, die al komen als zij nog nauwelijks kunnen staan. Hun aantallen nemen snel toe maar dalen dan geleidelijk tot een dieptepunt omstreeks en kort na laag water. Vlak voor het opkomende water weer over de plaat komt, is er weer een tijdelijke verhoging van hun aantal. Intussen zijn kortpotige soorten als bonte strandlopers nog bezig geweest toen de plaat nog wel vochtig was maar niet meer echt onder water stond. Deze situatie in relatie met het verloop van het getij is weergegeven in figuur 6.

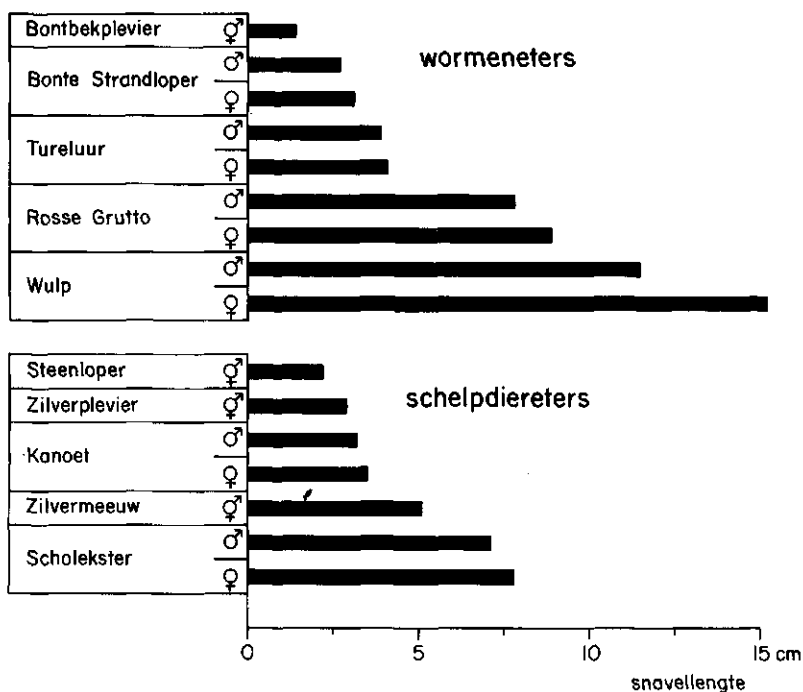


Fig. 5. De lengte van de snavel van vogels die tijdens laagwater op wadplaten hun voedsel zoeken.

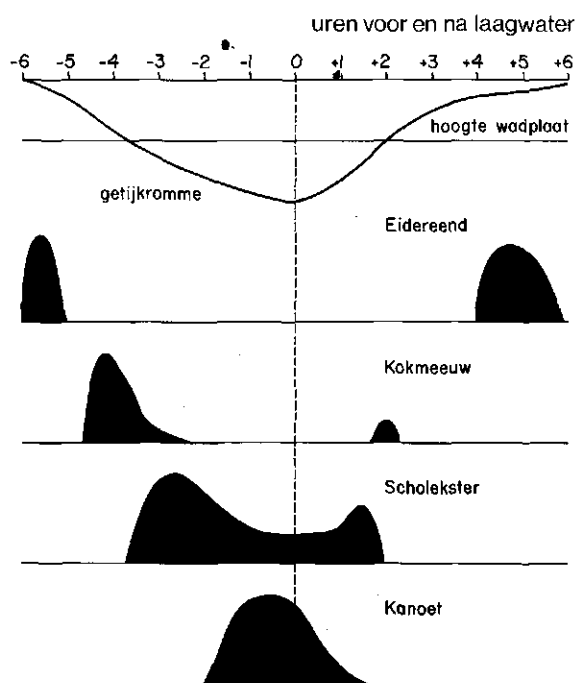


Fig. 6. Foerageer-activiteit van vogels op een wadplaat op het Balgzand.

In het hoofdstuk van Beukema wordt behandeld hoeveel voedsel er gemiddeld jaarlijks voor de carnivoren beschikbaar komt en hoeveel hiervan naar de vogels, de vissen en naar de andere predatoren gaat. Het blijkt dat deze samen de gemiddelde jaarproduktie vrijwel opeten en dat er dus weinig voedsel in de afvalbak verdwijnt. Daar er ten opzichte van de verscheidenheid aan predatoren maar relatief weinig soorten prooidieren zijn, betekent dit echter ook dat er ondanks de verscheidenheid aan vangtechnieken en de verschillen in foerageertijd toch een grote onderlinge concurrentie om de verschillende prooien moet zijn. De kokkel, die tijdens hoogwater door een eidereend wordt opgegeten, kan het volgende laagwater niet meer door een scholekster worden verorberd en als de kokkelvisser een dag eerder komt dan 'vissen beide vogels achter het net'.

De onderlinge samenhang van al deze voedselrelaties is in een gebied als de Waddenzee erg complex en moeilijk te kwantificeren. Dat de mens of een diersoort zijn aandeel in de vangst erg kan verhogen zonder dat dit ten koste gaat van de andere exploitanten lijkt op het ogenblik niet erg waarschijnlijk.

### **De herkomst van de vogels**

Het broedgebied van de vogels die langs onze kust en wel voornamelijk in de Waddenzee en het Deltagebied foerageren strekt zich uit van ons eigen land tot de uiterste door vogels bewoonde gebieden in het hoge noorden. Het belang van onze foerageergebieden blijkt bovendien uit het feit dat de herkomst van deze bezoekers niet beperkt is tot Noord-Europa, maar dat het areaal de helft van het noordelijk halfrond beslaat (fig. 7), van oostelijk Canada (Ellesmere) tot ver in Siberië (Taimir).

De soorten die uit deze veraf gelegen streken komen doen dit niet bij wijze van uitzondering maar jaarlijks. De hoog noordelijke soorten zijn 9 tot 10 maanden van het jaar aangewezen op een verblijf buiten hun broedgebied. Voor ongeveer 50 soorten eenden, ganzen, meeuwen, sterns en steltlopers, ongeveer 20% van de regelmatig in ons land voorkomende vogelsoorten, is onze kust van levensbelang, omdat vrijwel de gehele of tenminste een groot deel van hun populatie voor een deel van het jaar van dit gebied afhankelijk is.

Wolff behandelt in zijn hoofdstuk de schaarste aan ondiepe voedselrijke zeeën en vooral aan gebieden zoals de Waddenzee. Een deel van de in het noorden van Europa, Azië en Amerika broedende steltlopersoorten maakt gebruik van dergelijke gebieden. Het is opvallend dat juist zij zijn aangepast om de zandige of modderige getijdenezones tijdens laagwater te exploiteren, terwijl de dichter bij deze gebieden broedende steltlopersoorten van zuidelijker breedten hiervan geen gebruik (kunnen) maken.

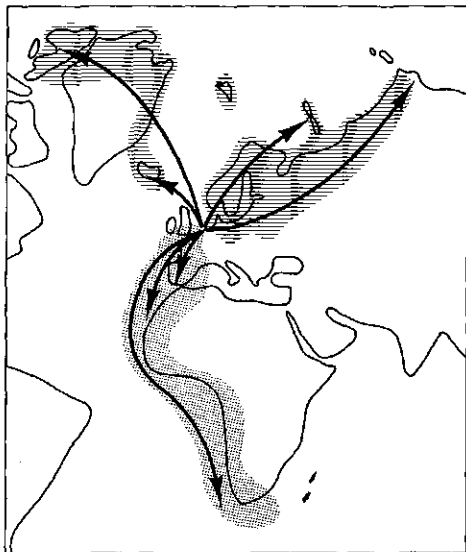


Fig. 7. Herkomst en verblijfgebied van de Nederlandse wadvogels. Broedgebieden zijn gearceerd, overwinteringsgebieden zijn gestippeld.

Zo kan men overal ter wereld tot in het uiterste zuiden van de continenten buiten de broedtijd in wadachtige gebieden juist de hoog noordelijke steltlopers aantreffen. Een deel van deze soorten bestaat dan ook uit formidabele trekkers. Zo moeten kanoetstrandlopers en steenlopers vanuit de Waddenzee in mei in één ruk over de Atlantische Oceaan vliegen naar hun broedplaatsen in het noorden van Groenland en naar het nog verder achter de grote ijskap van Groenland gelegen eiland Ellesmere.

Het hele patroon van het broeden, ruien en overwinteren op verschillende breedten is ergens in hun genetische code vastgelegd. De jongen trekken onafhankelijk van de ouden. Het is interessant dan te weten dat steeds meer gegevens erop duiden dat veel individuele vogels, ondanks hun wereldreizen, niet alleen terugkeren naar hun eigen broedplekje, maar ook naar diverse vaste plaatsen die zij buiten de broedtijd onderweg aandoen.

## Slotwoord

Lang niet alle eisen die de verschillen soorten aan hun verblijfsgebied stellen zijn goed bekend. Het is duidelijk dat het gebied geschikt moet zijn voor hun specifieke wijze van prooizoecken. Voor vogels die leven van bodemdieren moet de prooidichtheid hun in staat stellen voldoende voedsel te bemachtigen. Zoeken naar een schaarse prooi, zoals onze vissers kunnen doen, is voor deze vogels onmogelijk. Alle energie die zij gebruiken om hun voedsel op te sporen en te bemachtigen is afkomstig van energie die zij halen uit voedsel dat zij tevoren hebben genuttigd. De visserij

werkt doorgaans met van elders afkomstige energie en kan zich door deze subsidiëring blijvend permitteren energetisch inefficiënt te werken.

Doorgaans is door het getij het foerageren aan een beperkt aantal uren gebonden. Als door windinvloeden het water wordt opgestuwd, heeft dit tot gevolg dat de platen niet of slechts kort droogvallen. Het is gebleken dat als dit enige dagen aanhoudt een deel van de vogels in moeilijkheden komt. Regelmatig uitvallen van een deel van de foerageerperiode door menselijke verstoring maakt een gebied dus ook minder geschikt.

Tijdens hoogwater worden de vogels gedwongen uit te wijken naar veilige rustplaatsen, waar ze vaak in dichte groepen verblijven. 's Nachts blijken de vogels tijdens hoogwater weer andere eisen aan hun rustplaatsen te stellen dan overdag.

Rust en voedsel zijn dus wel hoofdzaken. Deze zijn in onze streken lang voorhanden geweest, want anders hadden niet zoveel soorten hun fysiologisch ritme zo ingesteld dat ze juist hier hun ruiperiode doormaken. Tijdens de rui is het vliegvermogen verminderd of geheel afwezig en zijn ze in velerlei opzicht kwetsbaarder dan normaal. Dat populaties van zoveel verschillende en gespecialiseerde vogelsoorten in bepaalde perioden van het jaar voor hun voortbestaan op onze kustwateren zijn aangewezen en dat deze vogels afkomstig zijn uit een zo uitgestrekt broedgebied schept zeker internationale verplichtingen.

## Literatuur

- Beekman, F., 1980. Landschap en bestaan aan de zuidkust van Schouwen. *Sterna* 24: 34-45.
- Berthold, P., 1976. The control and significance of animal and vegetable nutrition in omnivorous songbirds. *Ardea* 64: 140-154.
- Braaksma, S., 1964. Het voorkomen van de Stormmeeuw (*Larus canus* L.). *Limosa* 37: 58-95.
- Cott, H. B., 1954. The palatability of the eggs of birds: mainly based upon observations of an egg panel. *Proc. Zool. Soc. London* 124: 335-463.
- Deelder, C.L., 1949. On the autumn migration of the Scandinavian Chaffinch (*Fringilla c. coelebs* L.). *Ardea* 37: 1-88.
- Dobben, H.W. van, 1934. Bijdrage tot het meeuwenvraagstuk. *Orgaan Club Nederlandse Vogelkundigen* 5: 63-78.
- Droste-Hülshoff, F., 1869. Die Vogelwelt der Nordseeinsel Borkum. Munster, 289 p.
- Drijver, J., 1934. Texel het vogeleiland. Amsterdam, 302 p.
- Fokker, A.J.F. en D. van der Vliet, 1912. Naar aanleiding van de nieuwe vogelwet. *De Levende Natuur* 16: 118-119.
- Kanwisher, J.W., T.C. Williams, J.M. Teal en K.O. Lawson, 1978. Radio-telemetry of heart rates form free-ranging gulls. *Auk* 95: 288-293.

- Kartaschew, N.N., 1960. Die Alkenvögel des Nordatlantiks. Neue Brehm Bücherei, Stuttgart, 154 p.
- Koeman, J.H., 1971. Het voorkomen en de toxicologische betekenis van enkele chloorkoolwaterstoffen aan de Nederlandse kust in de periode van 1965 tot 1970. Proefschrift R.U., Utrecht. 136 p.
- Krebs, J.R., 1974. Colonial nesting and social feeding as strategies for exploiting food resources in the Great blue heron (*Ardea herodias*). *Behaviour* 51: 99-134.
- \*Kruuk, H., 1964. Predator and anti-predator behaviour of the Black-headed Gull (*Larus ridibundus*). *Behaviour Suppl.* 11: 1-130.
- Lack, D., 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford, 343 p.
- \*Lack, D., 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen & Co., London, 409 p.
- Mörzner Bruyns, M.F., 1958. Gulls which are a menace to other species; the Herring Gull problem in the Netherlands. International Council for Bird Preservation, Bulletin 7: 103-107.
- Oldenbarnevelt, J.G. van, 1789. Facsimile-uitgave 1969. Brieven over Texel en de nabyliggende eilanden van de heere Pieter van Cuyck. Delft, 125 p.
- Perdeck, A.C., 1970. The standard direction of the Scandinavian Chaffinch during autumn migration throughout its area of passage. *Ardea* 58: 142-170.
- Rooth, J., 1977. De zilvermeeuwenkolonies [in Nederland] 1976. Rapport RIN, Leersum.
- Spaans, A.L., 1980. Gull demography in The Netherlands. *Gull Study Group Bulletin* 2: 4-9.
- Swennen, C. en A.L. Spaans, 1970. De sterfte van zeevogels door olie in februari 1969 in het Waddengebied. *Vogeljaar* 18: 233-245.
- Swennen, C., 1972. Chlorinated hydrocarbons attacked the Eider population in the Netherlands. *T.N.O.-nieuws* 27: 556-560.
- \*Swennen, C., 1974. Wadden Seas are rare, hospitable and productive. *Proc. Int. Conference on the Conservation of wetlands and waterfowl*, Heiligenhafen, December 1974, p. 184-198.
- Swennen, C., 1976. Populatie-structuur en voedsel van de Eidereend *Somateria m. mollissima* in de Nederlandse Waddenzee. *Ardea* 64: 311-371.
- Swennen, C., 1979. Effecten van olieverontreiniging op zeevogels. In: *Olieverontreiniging op zee. Laboratorium voor Aquatische Oecologie*, K.U., Nijmegen. 110 p.
- Teixeira, R.M. (ed.), 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Vereniging tot Behoud Natuurmonumenten in Nederland, 's Graveland, 430 p.
- \*Veen, J., 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (*Sterna sandvicensis*). *Behaviour Suppl.* 20: 1-193.
- Voous, K.H., 1960. Atlas van de Europese vogels. Amsterdam.

---

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

# De oecologische consequenties van de Deltawerken

101

P.H. Nienhuis

Na een aarzelende start in de 11e eeuw is er vanaf het midden van de 12e eeuw sprake geweest van stelselmatige dijkbouw en inpoldering. Twee motieven gingen daarbij samen: het verdedigen van have en goed tegen de grillen van de zee en het winnen van nieuw land voor agrarische doeleinden. Eeuwenlang is er gevochten met de zee – Onwillekeurig bezigt men voor deze handelingen van onze voorouders een heldhaftig taalgebruik – Moeizaam werden kleine stukjes land op het water veroverd. Vaak ook werd het werk van generaties door één stormvloed tenietgedaan.

Als we de lange periode van omstreeks het jaar 1000 tot aan het begin van de 20e eeuw overzien, blijkt dat de invloed van de mens op het onder de zeespiegel gelegen Nederlandse kustgebied in oecologische zin verrijkend heeft gewerkt. Door dijkbouw en inpoldering zijn verscheidene elementen aan het oorspronkelijke landschap toegevoegd, zoals terpen, vliedbergen, kreekresten, welen, bloemdijsen, inlagen en met natuursteen beklede dijkgloreringen. Dit zijn typische Nederlandse landschappen die er zonder menselijk ingrijpen niet geweest zouden zijn. De waterbouwkundige handelingen van de mens waren in vroeger eeuwen veelal kleinschalig. Met spade en kruiwagen is zeer veel tot stand gebracht. Daarbij kwam dat dikwijls heel lang achter elkaar een bepaalde vorm van beheer (maaien, beweiden e.d.) op dezelfde plek werd uitgevoerd.

In de loop van de 20e eeuw – en plaatselijk misschien al eerder – is dit patroon doorbroken: verrijking sloeg om naar verarming. De waterbouwkundige ingrepen werden steeds grootschaliger. De gebezigde methoden werden uniformer. De traagheid van oecologische processen werd dikwijls verstoord door snel op elkaar volgende beheershandelingen. Vanuit deze gezichtshoek zijn er twee grote waterbouwkundige werken die de aandacht vragen, de Zuiderzeewerken en de Deltawerken. Van beide werken is, anno 1980, het einde in zicht.

Bij de Zuiderzeewerken, begonnen in 1920 met de aanleg van de Afsluitdijk, speelden de motieven 'veiligheid' en 'landaanwinst' de hoofdrol. Grote polders zijn in de loop der jaren drooggelegd. De vanzelfsprekendheid van verdergaande inpoldering werd echter in het begin van de jaren 70 doorbroken door de hoog oplaaierende discussie over de keuze tussen een nat Markermeer of een droge Markerwaard.

Bij de Deltawerken in Zuidwest-Nederland stond (en staat) de veiligheid centraal, beklemtoond door het schokeffect van de ramp van 1953. Er zal in deze bijdrage worden gezocht naar een antwoord op de vraag hoe de uitvoering van de Deltawerken oecologisch moet worden gewaardeerd. Is het al mogelijk een balans op te maken?

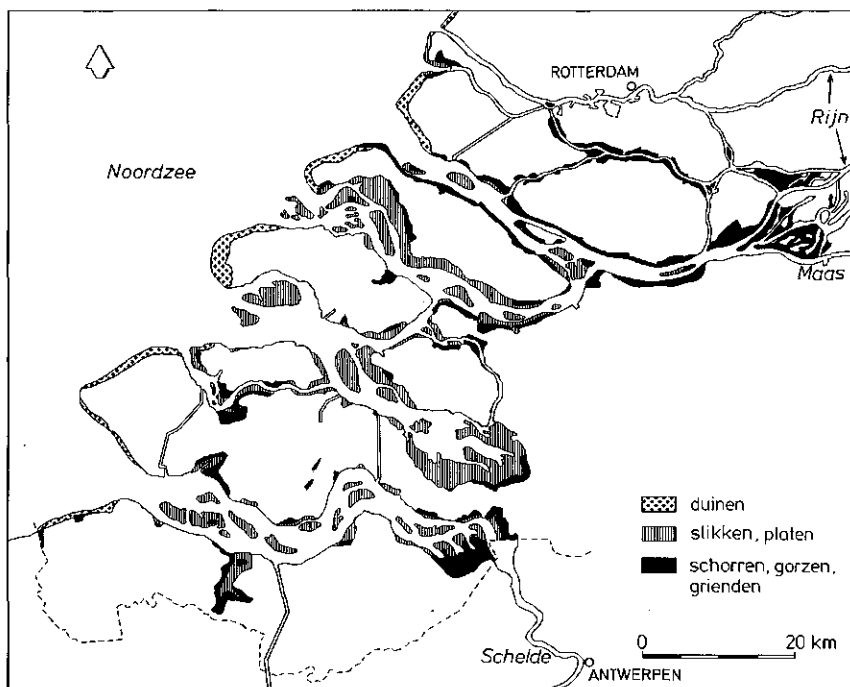


Fig. 1. Het Deltagebied in 1950.

## Het Deltagebied voor 1950

Voor het opmaken van een oecologische balans van de effecten van de Deltawerken is kennis van de vroegere situatie noodzakelijk. In de loop der jaren zijn uitgebreide overzichtsstudies verschenen (o.a. Zonneveld, 1959; Den Hartog, 1959; Beefink, 1965, 1975; Wolff, 1973; Nienhuis, 1975; Saeijs & Bannink, 1978). Breed opgezette, gepopulariseerde beschrijvingen zijn gegeven door Van de Kam & Wolff (1974), Wolff & Post (1979) en Nienhuis et al. (1980). Zuidwest-Nederland (we zullen hierna de meer ingeburgerde naam het 'Deltagebied' gebruiken) is het mondingsgebied van de rivieren Rijn, Maas en Schelde. Samengevat zag dit Deltagebied (fig. 1) er in de periode 1920-1950 als volgt uit:

- Het was een estuariumgebied, gekenmerkt door een grote verscheidenheid in milieu en planten en dieren. Niet alleen gaande van de zoute zee naar de zoete rivier werden allerlei overgangssituaties aangetroffen, maar ook verticaal, vanaf het land naar het water, gedomineerd door een getijverschil van 2 tot 5 m. Nauwkeurig onderzoek aan de verspreiding van milieufactoren en planten en dieren uit de periode vóór 1950 is niet beschikbaar. Gegevens over de abiotische en biotische verscheidenheid in het Deltagebied in de periode 1960-1973 zijn wel verzameld (fig. 2 en 3). We gaan er vanuit dat het beeld dat in deze figuren geschetst is niet wezenlijk afwijkt van de situatie vóór 1950.

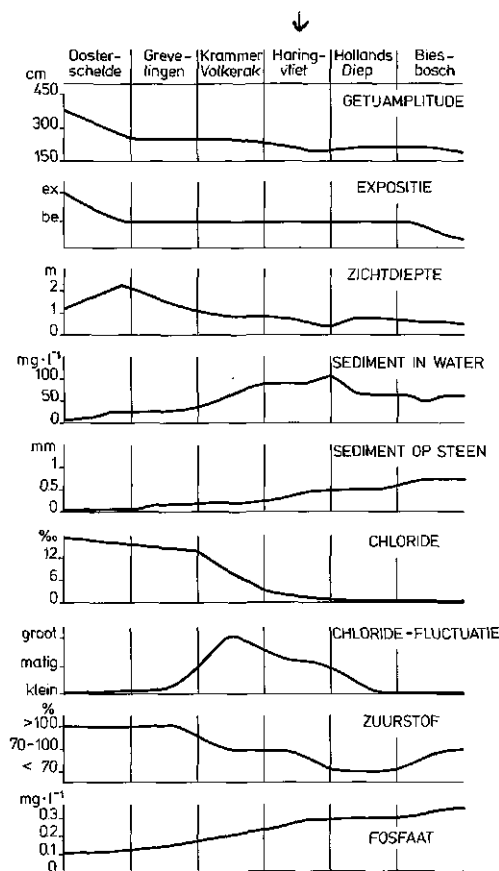


Fig. 2. Gradiënten in de milieufactoren van de estuaria in het Deltagebied, van west naar oost, (periode 1960-1970). Gegevens ontleend aan Peelen (1967, 1974), Wolff (1973), Nienhuis (1975) en archief DIHO. Getijamplitude bij gemiddeld hoog- en laagwater; expositie = de mate waarin de kustlijn is blootgesteld aan de wind (ex = geëxponeerd, be = beschermt); zichtdiepte gemeten met een Secchi-schijf; sediment in water = de hoeveelheid afgefilterd droog sediment uit 1 liter water; sediment op steen = de dikte van de sedimentlaag op de steenglooiing bij de hoogwaterlijn; chloride = gemiddelde chlorideconcentratie oppervlaktewater (titrimetrisch) op halftij bij gemiddelde rivierafvoer; chloride-fluctuatie = fluctuatie in chlorideconcentratie van het oppervlaktewater op halftij bij zeer lage en zeer hoge rivierafvoeren; zuurstof = percentage zuurstofverzadiging (titrimetrisch bepaald) in het oppervlaktewater; fosfaat = concentratie orthofosfaat in oppervlaktewater.

- Oecologisch gezien vormde dit gebied een eenheid. Het was een ingewikkeld eilandenrijk, omgeven door een grillig patroon van duinen en dijken en doorsneden met smalle en brede zeestromen en rivieren.
- Op wereldschaal had het gebied een grote zeldzaamheid. Alleen op de smalle grens tussen zee en land kan men een dergelijk landschap vinden. Kenmerkend was verder het zeer omvangrijke brak- en zoetwatergetijdengebied.

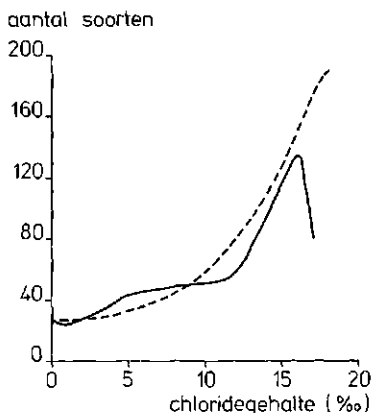


Fig. 3. Toename van het aantal soorten benthische planten en dieren in de estuaria van het Deltagebied, onder invloed van het stijgende gemiddelde zoutgehalte (titrimetrisch bepaald) (periode 1960-1973). Getrokken lijn = aantal soorten benthische blauw-, groen-, bruin- en roodwieren (Nienhuis, 1975); gestreepte lijn = aantal soorten van enkele macrozoöbenthos-groepen (dat zijn bodemdieren groter dan 1 mm) (Naar Wolff, 1973; Schmidt-van Dorp, 1979.)

- De grote uitgestrektheid van het gehele estuariene gebied, inclusief de bewoonde eilanden. Het geheel besloeg een oppervlak van ca. 10 000 km<sup>2</sup>.
- Het getijdengebied was gekenmerkt door zijn relatieve natuurlijkheid en ongereptheid, nog verrijkt door menselijke activiteiten in de voorgaande eeuwen. Het Deltagebied was (en is nog steeds) relatief dun bevolkt. Verstedelijking en industrialisatie vonden vroeger alleen plaats in het uiterste noorden (Rotterdam) en zuiden (Antwerpen).

### Het Deltaplan

Het hierboven geschetste beeld is van voor de overstromingsramp van 1 februari 1953. De dijken braken toen op vele plaatsen door en grote delen van het Deltagebied kwamen onder water te staan. Meer dan 1800 mensen verloren het leven. Deze ramp heeft de gedachtenvorming over de beveiliging van het Deltagebied sterk versneld. Iets dergelijks mocht nooit weer gebeuren. Uit die gedachte is het Deltaplan geboren. Dit plan, in 1958 tot wet gemaakt, behelsde een drastische verkorting van de kustlijn, waardoor grotere veiligheid voor de bewoners en hun bezittingen gegarandeerd zou zijn, en waardoor tevens een verbetering van de waterhuishouding zou kunnen worden verwezenlijkt.

Het oorspronkelijke Deltaplan omvatte vier grote, zogenaamde primaire dammen die de zeegaten tussen de Westerschelde en de Nieuwe Waterweg zouden moeten afsluiten. De Westerschelde en de Nieuwe Waterweg zelf zouden in open verbinding blijven met de Noordzee, aangezien het de belangrijke toegangswegen zijn tot de havens van Antwerpen en Rotterdam. Wel zouden de dijken langs deze wateren een

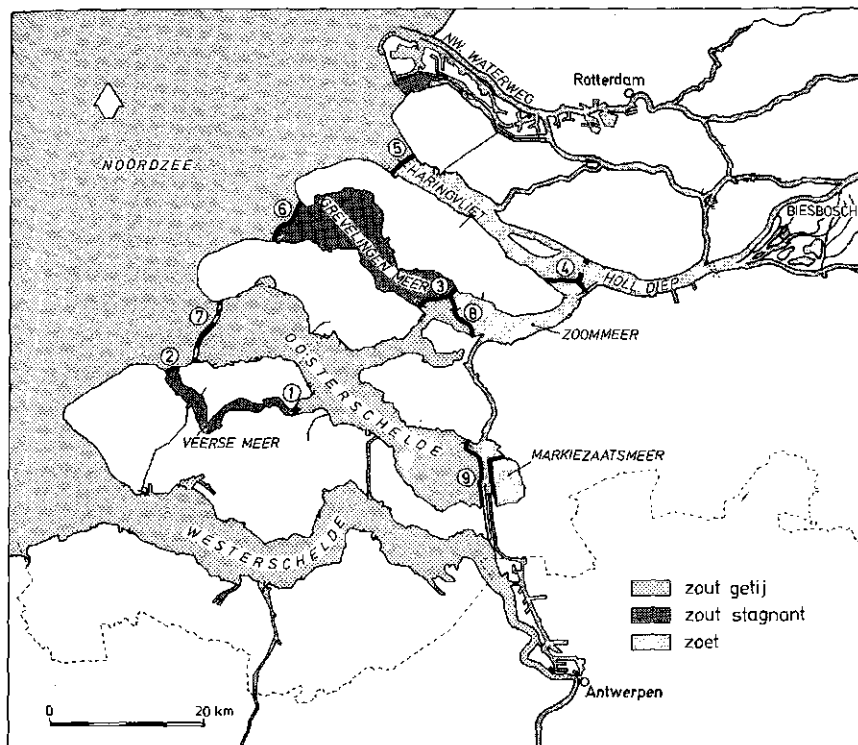


Fig. 4. Het Deltagebied in 1985. 1 = Zandkreekdam; 2 = Veerse dam; 3 = Grevelingendam; 4 = Volkerakdam; 5 = Haringvlietdam; 6 = Brouwersdam; 7 = Stormvloedkering Oosterschelde; 8 = Philipsdam; 9 = Oesterdam.

flink stuk worden verbreed en verhoogd tot de zogenaamde Deltahoogte (dat is de hoogte waarbij de kans bestaat dat de dijk eens in de 4000 jaar door een stormvloed zal worden overstroomd). Behalve deze primaire dammen in het Veerse Gat, de Oosterschelde, het Brouwershavense Gat en het Haringvliet waren er in het Deltaplan nog drie dammen opgenomen die meer landinwaarts zouden komen te liggen. Deze secundaire dammen, namelijk de Zandkreekdam, de Grevelingendam en de Volkerakdam, waren nodig om de bouw van de primaire dammen mogelijk te maken. Ze moesten rondstroming van het getijwater voorkomen. Door deze rondstroming zouden de grote dammen in de monden van de zeegaten als het ware in de rug kunnen worden aangevallen.

In 1958 ging het in de eerste plaats om de veiligheid, op de tweede plaats de zoetwaterhuishouding. Het behoud van natuur, milieu en landschap speelde in de argumentatie geen rol (Vaas & Wolff, 1978). De economische groei van de jaren vijftig, zestig en begin zeventig maakte het mogelijk om grote delen van het Deltaplan snel en zonder al te grote offers uit te voeren (fig. 4). Het Veerse Meer ontstond in 1961 door de sluiting van het Veerse Gat tussen Walcheren en Noord-Beveland. In 1964

werd de Grevelingendam tussen Schouwen-Duiveland en Goeree-Overflakkee gesloten en in 1971 ging de Brouwersdam aan de Noordzeekant dicht. Ondertussen was ook het Haringvliet-Hollands Diep-Biesbosch-gebied getijloos geworden door de afdamming van de Volkerak in 1969 en de sluiting van het Haringvliet in 1970. De Haringvlietdam, een combinatie van een primaire dam en een groot sluizencomplex, fungeert sindsdien als de hoofdkraan van de Rijn en de Maas, waardoor de afvoer van het rivierwater geregeld wordt. Al in 1965 was de Zeelandbrug over de Oosterschelde buiten het kader van het Deltaplan klaargekomen. De Schelde-Rijn-verbinding tussen Antwerpen en Rotterdam kwam stap voor stap tot stand. De 'afsluiting' van de Oosterschelde, het sluitstuk van de Deltawerken, is een verhaal apart. Daarover zal in een volgende paragraaf meer worden gezegd.

### Oecologische consequenties per deelgebied

De problematiek die in het Deltagebied aan de orde is, is een zeer bijzondere. Waar ter wereld vindt men een gebied waarin op een vergelijkbare grote schaal estuaria worden afgesloten en vervangen worden door met zout of zoet water gevulde bekkens? Een groot aantal onderzoekers heeft zich dan ook in de loop der jaren beziggehouden met het Deltagebied. Naast een aantal instellingen die zich richten op bepaalde facetten van het oecologisch onderzoek en de daarop geënte planning van het beheer en de inrichting van de Deltawateren zijn er twee instituten met name opgericht om de veranderingen in het gebied te bestuderen. In de eerste plaats is dat het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen te Yerseke. De taak van dit instituut, opgericht in 1957, is het geven van een wetenschappelijke analyse van de biologische veranderingen die het gevolg zijn van de uitvoering van de Deltawerken. Sinds 1971 houdt ook de Milieuafdeling van de Deltadienst van Rijkswaterstaat in Middelburg zich bezig met deze problematiek. De onderzoekingen van deze dienst zijn gericht op het beheer en de inrichting van de Deltawateren. Tussen beide instellingen bestaat een zeer nauwe samenwerking.

Alle onderzoeksinspanningen tot nu toe hebben een zeer grote hoeveelheid, soms wat chaotisch aandoende, informatie opgeleverd. In de loop van de tijd zijn de filosofieën omtrent onderzoeksprioriteiten en beheer en inrichting van de Deltabekken aan wijzigingen onderhevig geweest. Lang niet alle aspecten van de veranderingen die na het gereedkomen van een Deltadam optraden zijn onderzocht. Soms blijkt achteraf dat zeer wezenlijke processen niet zijn bestudeerd, bijvoorbeeld omdat de geschikte methodiek of onderzoeker ontbrak. Verreweg de meeste samenhangende

informatie is verzameld over de waterkwaliteit, de hogere planten en de vogels. Van een synthese per geografisch deelgebied of per probleemgebied (hogere planten, vogels enz.) is nog geen sprake, laat staan van een synthese voor het gehele Delta-gebied. Eén en ander bemoeilijkt het leggen van verbanden en het trekken van conclusies in het kader van deze beknopte beschrijving. Toch zal een poging worden ondernomen om de oecologische consequenties van de Deltawerken voor het gehele meer of estuarium dat in discussie is onder woorden te brengen.

### **Haringvliet – Hollands Diep – Biesbosch**

Vóór 1970 was het Haringvliet-Hollands Diep-Biesbosch-gebied een langgerekt brakwatergebied, vanaf de zoute Noordzee tot aan de zoete rivieren Waal (Rijn) en Maas. Overheersend was een getijverschil van ongeveer 2 m, gecombineerd met grote schommelingen in zoutgehalte (fig. 2), met name in het Haringvliet. In het uiterste westen lagen zoute slikken en schorren, meer naar het oosten toe overgaande in brakwater-slikken en brakke grasgorzen. In het oosten lag het zoetwater-getijdengebied de Biesbosch, een gebied volstrekt uniek in Europa. (We dienen zuinig te zijn op het woord 'uniek'; ik reserveer het voor de vroegere Biesbosch.) Het Biesboschlandschap was opgebouwd uit een fijnvertakt krekensstelsel met onbegroeide zand- en slikplaten, biezen- en grasvelden – eeuwenlang door de mens bewerkt – uitgestrekte meer dan manshoge rietvelden en geheimzinnige vloedbossen: de ondoordringbare grienden.

De soortenrijkdom in het gebied was niet bijzonder hoog (fig. 3). Wel kwamen er 'typische' brakwatersoorten voor, terwijl ook bijzondere combinaties van soorten en merkwaardige aanpassingen werden gevonden (bijvoorbeeld de reuzengroei van planten en de 'spinnen' van de dotterbloem; beschreven door Westhoff et al., 1971).

In 1970 werd de Haringvlietdam gesloten. Het meest kenmerkende, het getij, viel weg. Momenteel is er in het gebied nog een schijngetij van 20 cm, terwijl er verder onregelmatige fluctuaties van de waterstand plaatsvinden, afhankelijk van het beheer van de Haringvlietstuizen. De Oude Maas heeft nog een duidelijke getijbeweging en men zou kunnen stellen dat het vroegere Biesboschlandschap een refugium (vluchtplaats) heeft gevonden in dat deel van de benedenloop van de Rijn (Werkgroep Oude Maas, 1978).

Na de sluiting van de dam in 1970 drong het Rijn- en Maaswater door tot vlak bij de zee: het gehele bekken verzoette. Wat er in dit zoete bekken gebeurde wordt geëvalueerd en samengevat door Saris et al., (1980). Ook aan Fabritius (1979) en Ouweneel (1975) zijn voor het hierna volgende gegevens ontleend.

De landschappelijke variatie is afgenomen. Het vroegere dynamische systeem, waarin het getij in geomorfologische zin differentiërend werkte, is vervlakt. De oevers

kalfden af en steeds meer land verdween permanent onder water. De natuurlijke isolatie van het gehele gebied, die vroeger door het getij in stand werd gehouden, nam sterk af. Natuurlijke isolatie houdt in een geringe aantasting door de mens en rust voor de aanwezige dieren (bijvoorbeeld ruiende vogels). De enorme toename van de recreatie kan dan ook worden gerekend tot de indirecte gevolgen van de bouw van de Haringvlietdam.

De zeldzaamheid van de aanwezige landschapstypen met hun flora en fauna is afgenomen. Er trad na de afsluiting een sterke verruiging op van de rietgorzen en grienden. Algemene soorten als brandnetels, wilgenroosjes, distels en bramen groeien nu overal. Ook het feit dat men in de vijftiger jaren op vele plaatsen al gestopt is met het snijden van biezten en met de griendcultuur, heeft de allesoverheersende verruiging van de vegetatie versneld. Er zijn uit het zwak brakke en zoete deel van het Hollands Diep-Biesbosch-gebied na 1970 (vermoedelijk) geen of zeer weinig hogere plantesoorten verdwenen. Wel zijn ondergedoken waterplanten en kwetsbare planten als kievitsbloem en gulden boterbloem praktisch onvindbaar geworden (Werkgroep Oude Maas, 1978). Een aantal elders in Nederland algemene soorten is er bij gekomen in de loop der jaren.

Voor de vogels is het gehele gebied, evenals vroeger, ook nu nog erg belangrijk (Lebret, 1979). Wel traden duidelijke verschuivingen op na 1970. Bijvoorbeeld steltlopers en wintertalingen, die vroeger op de getijdeslikken waren aangewezen, verdwenen vrijwel geheel. Duikeenden en viseters zoals fuut en aalscholver zijn daarentegen sterk in aantal toegenomen. Voor ganzen is het Haringvliet-Hollands Diep en de wijde omstreken, nog steeds een belangrijke pleisterplaats. Er zijn nu meer broedvogels dan vroeger. Vooral zangvogels, die niets moeten hebben van de fysische krachten van het getij, broeden nu volop in de verwaarloosde rietgorzen en grienden.

Over de vissen kan gezegd worden dat weliswaar de variatie aan soorten na 1970 kleiner is geworden, maar dat de aantallen per soort zijn toegenomen (Saris et al., 1980). Met name blankvoorn en brasem zijn nu erg algemeen (Wolff, 1978). Beide soorten komen ook elders in Nederland algemeen voor in zoetwater.

Samenvattend komt het totale beeld er op neer dat het bijzondere, het (voor Nederland en ver daarbuiten) karakteristieke na 1970 vrijwel verdween, en dat de meer algemene landschapstypen en flora- en fauna-elementen daarvoor in de plaats zijn gekomen.

### **Veerse Meer en Grevelingenmeer**

Het vroegere Zandkreek-Veerse Gat-gebied en het gebied Grevelingen-Brouwers-

havense Gat droegen bij aan de rijke estuariene verscheidenheid van het Deltagebied. De Zandkreek en het Veerse Gat vormden samen een smalle zijtak van de Oosterschelde, beschut gelegen tussen de grote eilanden, met relatief veel goed ontwikkelde schorren en slikken en met zeewieren begroeide dijkglaoingen. De Grevelingen en het Brouwershavense Gat vormden een uitgestrekt, zeer rustig gelegen estuarium waarin vrij veel brakwater terecht kwam via het Volkerak-Krammer en ook vanuit het Haringvliet via rondstroming om de kop van Goeree. Het oostelijk deel van de Grevelingen, ongeveer op de plaats waar nu de Grevelingendam ligt, was een wantij-gebied (dat wil zeggen dat de horizontale component van de getijbeweging, namelijk stroming, er zeer gering was). Hoewel nauwkeurige informatie ontbreekt, kan toch gezegd worden dat hier van oudsher al grote zeegrasvelden hebben gelegen met de daarmee verbonden specifieke levensgemeenschap.

Het Veerse Meer is in 1961 ontstaan door de afdamming van het Veerse Gat. Het is een brakwatermeer gekenmerkt door een relatief grote belasting met voedingsstoffen vanuit het geloosde polderwater en een onregelmatige wisseling van de waterstand ('s zomers NAP, 's winters 70 cm onder NAP; Bakker & Vegter, 1978). Het Grevelingenmeer ontstond in 1971 toen de Brouwersdam werd gesloten. Het is een zoutwatermeer met een zeer goede waterkwaliteit en vrijwel zonder peilfluctuaties. Via de spui- en inlaatsluis in de Brouwersdam staat het Grevelingenwater 's winters in open verbinding met de Noordzee, terwijl 's zomers de sluis wordt gesloten om op deze wijze ongewenste stratificaties en de daaraan gekoppelde zuurstofloosheid te vermijden.

Wat gebeurde er in beide meren na het wegvallen van het getij? Deze vraag is uitvoerig aan de orde geweest in het onderzoek van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek. Het vroegere estuarium was een eenheid met slibrijke slikken en grofzandige platen, begroeide strandvlaktes, onbeweide schorren, bekade grasgorzen waarop schapen graasden en rijk geschakeerde en begroeide steenglaoingen. Dit alles werd beheerst door een getijverschil van ca. 3 m.

Deze eenheid werd na het uitbannen van het getij plotseling gesplitst in twee totaal verschillende systemen: het drooggevalen land en het water. Op het land vond een opeenvolging van gebeurtenissen plaats die van plek tot plek weliswaar sterke verschillen vertoonde, maar die in grote lijnen toch overal dezelfde successie volgde (Noordwijk-Puijk et al., 1979).

Het schor en het slik vielen voorgoed droog. De bodem verdroogde snel en de bodemdieren en de plantengroei, aangepast aan de getijbeweging, stierven af. De vogels, zoals steltlopers die van de bodemdieren leven, verdwenen. Ook de zeewierzonering op de steenglaoingen van de dijken stierf — afhankelijk van het heersende

Boven: Het Veerse Meer is in 1961 afgesloten van de zee. Veere, eens een belangrijk havenstadje, kreeg daardoor een andere bestemming als watersportcentrum.

Onder: De Middelplaten in het Veerse Meer vormen een belangrijk natuurgebied waar zowel 's zomers als 's winters duizenden watervogels rust en voedsel vinden.



weertype — in korte tijd af. Het droge zand van de platen verstoof onder invloed van de wind. Een snelle groei van goudwieren (*Chrysophyceae*) en blauwwieren (*Cyanophyceae*) stabiliseerde de natste plekken, zodat daar geen verstuiwing optrad. De ingedroogde kleibodem van hooggelegen slikken en schorren ging een patroon van diepe krimpscheuren vertonen.

In het jaar volgend op dat van de afsluiting traden invasies op van zoutminnende, en veelal ook stikstofminnende éénjarige planten (zeekraal- en meldesoorten, schorrekruid). Deze kolonisten kregen bij verzoeting van de bodem al snel gezelschap van allerlei ruigtekruiden. Bij verdergaande verzoeting verdwenen de zoutplanten langzamerhand, om plaats te maken voor overblijvende grassen en kruiden. Als een dergelijk gebied beweid wordt gaan de grassen domineren, zoals gebeurde op de Middelpaten in het Veerse Meer. Er kan een soortenrijke vegetatie ontstaan die ongeveer 10 jaar na de afsluiting een maximale diversiteit heeft bereikt (Beeftink et al., 1971; Beeftink, 1979; Van Noordwijk-Puijk et al., 1979; De Jong & De Kogel, 1979). De ontwikkeling die daarna optreedt is volledig afhankelijk van het gevoerde beheer.

Als het gebied niet beweid wordt zal er steeds meer struweel opslaan (duindoorn, vlier, bramen en wilgensoorten). Na ongeveer 10 jaar is dan een laag bos (3-7 m hoogte) ontstaan waarin op de vochtige plekken kruidenrijke vegetaties, met plaatselijk orchideeënsoorten, voorkomen. Een voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling is het Aardbeieneiland, een vroegere zandplaat in het Veerse Meer, waar zich nu bijna 20 jaar ongestoord en onbeweid een vegetatie heeft kunnen ontwikkelen, opgebouwd uit 150 soorten kruiden en bomen en gedomineerd door een dicht wilgenbos (Saeijs & Pavlicek, 1975; Saeijs, 1979, 1980).

Met het voortschrijden van de ontwikkeling van de vegetatie nam het aantal broedvogels, zowel in het Veerse Meer als in het Grevelingenmeer, gestaag toe. Met name de broeders van het open veld, die vroeger waren aangewezen op de zeer hooggelegen buitendijkse en binnendijkse terreinen, hebben zich nu overal gevestigd. Nieuw zijn de bosbroeders (15 soorten in het Grevelingenmeer volgens Beijersbergen & Van den Berg, 1980) die vroeger in het getijdenlandschap niet voorkwamen (Baptist & Meininger, 1979). Dit zijn echter vrijwel allemaal algemene vogels die over grote delen van Europa voorkomen. In het bijzonder verdient de vogelbevolking van de Hompelvoet vermeld te worden, waar dank zij een zorgvuldig beheer de grootste broedpopulaties in Nederland van de grote stern en de dwergstern voorkomen.

Toen het Veerse Meer in 1961 werd afgesloten, had men nog weinig kennis van de natuurlijke successie die op een drooggevalen slik of schor kan plaatsvinden. Grote

oppervlakten zijn toen via cultuurtechnische maatregelen ingezaaid met soorten-arme grasmengsels (vooral rogge en gerst) en ingeplant met pionierbos. Tien jaar later, in het Grevelingenmeer, is meer gebruik gemaakt van de geomorfologische mogelijkheden van de bodem. Door de mens geplaatste stuifschermen moesten evenwel voorkomen dat er op grote schaal zand zou worden verplaatst door de wind. Grote oppervlaktes zijn ook hier nog ingezaaid met gras. Echter, op vele plaatsen heeft zich ook een natuurlijke ontwikkeling kunnen voltrekken. We weten nu dat spontaan ontwikkelde vegetaties vaak veel gevarieerder en beter ontwikkeld zijn dan ingezaaide of ingeplante. Ook voor het verstuiwen van zand zijn we niet meer zo bang. Hierdoor kan immers een interessant relief ontstaan dat een extra dimensie geeft aan het oorspronkelijk zo vlakke landschap.

De natuurlijke ontwikkeling op het land die zich in kleine delen van het Veerse Meer en over grote gebieden van het Grevelingenmeer voordoet, heeft geleid (en zal nog leiden) tot een aantal – voor Nederlandse begrippen – nieuwe landschapstypen met de daarin passende flora en fauna. Het uiterst waardevolle en op wereldschaal zeldzame getijdemilieu met slikken en schorren is echter verdwenen. De voorlopige conclusie moet dan ook luiden dat, ondanks een interessante avifauna, met broedvogels als grote stern en dwergstern (Beijersbergen & Van den Berg, 1980) en het plaatselijk voorkomen van een bijzondere vegetatie, met planten als *parnassia*, bitterling en moeraswespenorchis (Beijersbergen & Slim, 1976), het beeld wordt beheerst door elders in Nederland ook algemene planten en dieren.

### **Veranderingen in het water**

Wat gebeurt er in het zoute water na het wegvallen van het getij? Als voorbeeld nemen we het uitvoerige bestudeerde Grevelingenmeer.

Direct na de afsluiting in mei 1971 trad op zeer grote schaal sterfte van organismen op. Levensgemeenschappen veranderden, met name in kwantitatieve zin, volledig van samenstelling. Na ongeveer één jaar trad een zekere stabilisatie op en toen bleek dat ongeveer 25% van de oorspronkelijke estuariene soorten was verdwenen. Uit het restant groeiden in de loop der jaren anders gestructureerde levensgemeenschappen (Nienhuis, 1978a). Sommige soorten vertoonden direct een zeer snelle ontwikkeling (bijvoorbeeld groot zeegras), andere soorten gaven aanvankelijk een langzame populatieopbouw te zien om pas in een later stadium een versnelde vermeerdering door te maken (bijvoorbeeld de gevlochten fuikhoorn, een slak die pas in 1976-1977 exponentieel toenam).

De import van organisch materiaal vanuit de Noordzee werd in 1971 volledig afgesneden. Dit betekende dat de totale hoeveelheid in het water aanwezige organische

deeltjes op jaarbasis met bijna de helft werd verkleind. In de loop der jaren is deze afname door de sterke ontwikkeling van de macrofyten vrijwel gecompenseerd. Het groot zeegras en de macroalgen samen vormen nu een bron van primair gevormd organisch materiaal, die ongeveer tweederde is van de import van aan deeltjes gebonden organisch materiaal vroeger (Nienhuis, 1978a, b).

Hoewel de oorzakelijke koppeling nooit bewezen is, gaan we er toch vanuit, dat de geringe hoeveelheid beschikbaar voedsel na 1971 leidde tot een afname van de produktie van de bodemdieren, zoals de mossel. De laatste jaren trad evenwel herstel op van de produktie van benthische tweekleppige schelpdieren en ook die van grote wormen tot op een niveau dat zeker het vroegere estuariene niveau evenaarde (Lambeck, 1979).

Het huidige water van het Grevelingenmeer laat zich het beste omschrijven als een vereenvoudigd estuarium waaruit bepaalde (litorale) habitats (habitat = levensruimte) zijn verdwenen, waarin toppredatoren (bijvoorbeeld mariene vissen) een ondergeschikte rol zijn gaan spelen en waarin de voedselketens, zowel in het water als in de bodem, korter zijn geworden (Bakker, 1978; Nienhuis, 1978 b, c).

Het zoute Grevelingenmeer is gezien vanuit het standpunt van natuur, milieu en landschap een bijzonder interessant water. De waarden van dit oecosysteem zijn kort samengevat gelegen in:

- De waterkwaliteit is zeer goed.
- Er floreert een omvangrijke zeegrasvegetie (4000 ha) met een daarin thuishorende levensgemeenschap. Vele dieren vinden direct voedsel en beschutting in de zee-grasvelden en de voedselbron die als detritus beschikbaar is, is in sterke mate medebepalend voor het functioneren van het systeem. De zeegraspopulatie is de enige van deze omvang langs de zuidelijke Noordzee.
- Er is een goed ontwikkeld onderwaterleven op het harde substraat van de dijken en grinddammen, waaraan in het zeer heldere water van het meer uitzonderlijk goed veldwaarnemingen gedaan kunnen worden.
- Het meer herbergt een goed ontwikkelde bodemfauna met daarin een omvangrijke mosselpopulatie en een bestand van de platte zeeuwse oester. Dit is de enige oorspronkelijke oesterpopulatie die na de strenge winter van 1962-1963 is overgebleven in Nederland.
- Er is een, ook kwantitatief, interessante visfauna waarvan door het contact met de Noordzee (Brouwerssluis, sluis in de Grevelingendam) de betekenis van mariene (trek)vissen nog kan toenemen.
- Het meer heeft een belangwekkende en omvangrijke vogelbevolking. Met name de plantenetende vogels (roigans, smient e.d.) en de visetende vogels (fuut, aalschol-

Boven: De Grevelingendam verbindt sinds 1964 Schouwen-Duiveland met Goeree-Overflakkee. Deze foto is niet recent; inmiddels hebben zich al heel wat bouw- en inrichtingsactiviteiten voltrokken op en rond deze dam.

Onder: Langs de oevers van de Oosterschelde ligt een grillig landschap van inlagen en karrevelden. De Plompetoren aan de Schouwse zuidkust is het laatste restant van een in vroeger eeuwen verdrinken dorp.



ver e.d.) zijn sterk toegenomen, als ook de zoëbenthos-etende duikeenden. De vogels die op bodemdieren in het intergetijdengebied foerageren zijn echter vrijwel allemaal verdwenen. De totale consumptie in het bekken door vogels nam daardoor met ruim 50% af vergeleken met de situatie voor 1971.

– Er bevindt zich een gradiënt in de vegetatie die voorkomt in het overgangsg gebied van het zoute open water naar de plantengroei op het land, die aan zoetwater gebonden is.

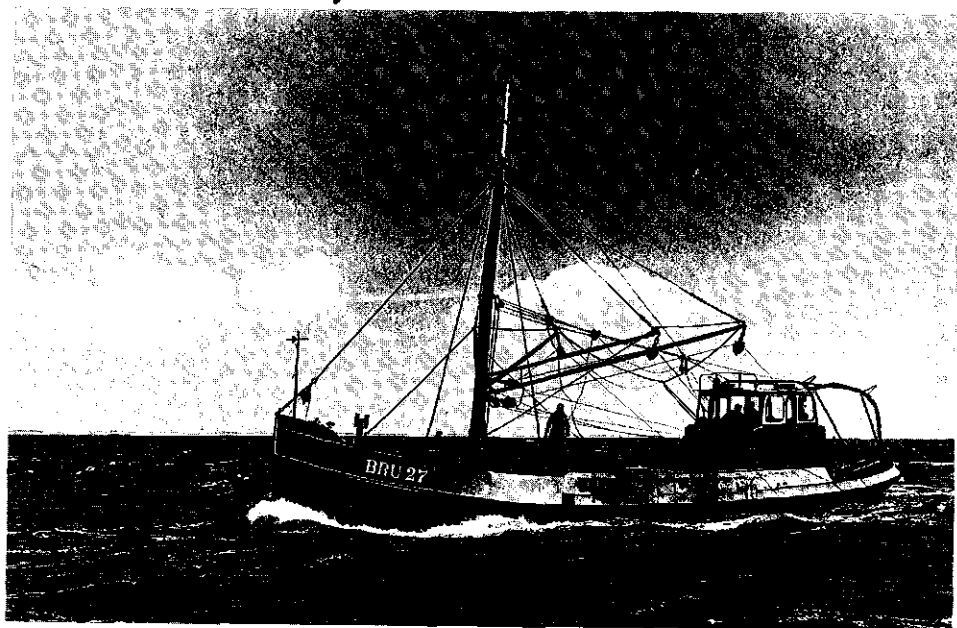
De waarde van het Grevelingenmeer hangt samen met de schaal waarop men het beoordeelt. Op grond van de ontwikkelingen in het Deltagebied kan men tot de conclusie komen dat de aanwezigheid van een zout stagnerend Grevelingenmeer naast de Westerschelde als estuarium, de Oosterschelde als zeearm en het Haringvliet-Hollands Diep als zoet bekken, een toename van de milieudifferentiatie betekent. Gelet op de Europese schaal dient gezegd te worden dat het huidige Grevelingenmeer op onze breedtegraad nergens mee kan worden vergeleken. Als we toch naar even omvangrijke vergelijkingsobjecten zoeken, komen we terecht bij specifieke milieus als de Deense 'fjorden', de Schotse 'lochs' en de Zuidfranse 'étangs'. Als we echter de zeldzaamheid van het vroegere getijdengebied op wereldschaal aanvoeren, dan moet gezegd worden dat de verliezen aan oorspronkelijk estuariumlandschap na 1971 slechts ten dele te compenseren zijn door een zout Grevelingenmeer met vrijwel stilstaand water.

Het huidige zoute Grevelingenmeer verdient verre de voorkeur boven het zoete alternatief, namelijk een met sterk vervuild Rijn- en Maaswater (Bik, 1976; Greven, 1980) gevulde Grevelingen en de daarbij behorende, zeer sterk verarmde levensgemeenschappen (Wolff, 1977, 1978). Dit leidt tot de conclusie dat het Grevelingenmeer op basis van de huidige waarden van natuur, milieu en landschap zout dient te blijven. Er zal gestreefd moeten worden naar stabiliteit in het beheer, waardoor de genoemde waarden nog kunnen toenemen.

### Westerschelde

Naast de Eems-Dollard is de Westerschelde het enige echte estuarium dat in Nederland nog resteert (fig. 4). Het is een dynamisch gebied, beheerst door een getijverschil van 4 tot 5 m. Een duidelijke gradiënt tekent zich af in het verloop van de milieufactoren en in het planten- en dierenleven. Tot ver naar het oosten is de invloed van de Noordzee overheersend. Ter hoogte van Terneuzen begint het water een echt brak karakter te dragen, om daar voorbij snel in zoutgehalte af te nemen. Over de Belgische grens bevat het water minder dan 3 promille chloride (titrimetrisch bepaald). Opvallend zijn enkele omvangrijke natuurgebieden, in het westen

Boven: De Westerschelde zal straks als enige estuarium in het Deltagebied nog in open verbinding staan met de Noordzee, niet gehinderd door dammen of andere obstakels.  
Onder: De mosselkotters van Bruinisse hebben na het ontstaan van het Grevelingenmeer in 1971 hun activiteiten moeten verleggen naar de Oosterschelde.



de Hooge Platen, een complex van zand- en slikplaten en in het oosten het Verdrongen Land van Saeftinge, de grootste brakwaterschorren van West-Europa.

Voor vogels is de Westerschelde een belangrijk gebied. Ongeveer 20% van de doortrekkende en overwinterende watervogels van het Deltagebied kan zich tijdelijk in het estuarium bevinden (Saeys & Baptist, 1977a). Rust, ruimte en de aanwezigheid van voedsel zijn de voorwaarden waaraan in dit gebied (nog) wordt voldaan.

Het is een zeer drukke scheepvaartroute van en naar de industrie- en havengebieden bij Vlissingen, bij Terneuzen, langs het kanaal van Gent naar Terneuzen en bij Antwerpen. Het water van de Westerschelde is sterk vervuild door een aantal omvangrijke Nederlandse lozingen van (vrijwel) ongezuiverd afvalwater, en door de grote lozingen van Antwerpen en het Belgische achterland. Ondanks de grote potentie van het estuarium om afvalstoffen op te vangen en af te breken, is ook de draagkracht van dit systeem beperkt. De zuurstofgehalten in het water rond de Belgische grens kunnen soms, gemeten met oecologische maatstaven, gevaarlijk laag zijn (Saeys, 1977).

De Westerschelde zal in het kader van het Deltaplan niet worden afgesloten. De garantie voor een vrije doorvaart naar Antwerpen moet blijvend worden gegeven. Om de veiligheid voor de bewoners, hun land en hun bezittingen tegen overstromingen te vergroten, is hier gekozen voor het verhogen en verzwaren van de bestaande dijken tot op Deltahoogte, of ook wel voor het aanleggen van nieuwe dijken op kwetsbare plaatsen. Dit karwei is nu ik dit schrijf, eind 1980, voor het grootste deel afgewerkt. Oecologisch gezien is het verzwaren van de zeedijken een nogal ingrijpende maatregel geweest. Er is echter nooit veel ophef van gemaakt, aangezien de effecten niet spectaculair zijn.

De vroegere dijken zijn in een proces van vele tientallen en plaatselijk meer dan honderden jaren tot stand gekomen. De dijkbouwmethoden waren niet overal gelijk en ook de gebruikte klei had een verschillende samenstelling. Men bezigde een brede variatie aan natuursteen om de glooiingen te bekleden, vaak versterkt met rijen korte paaltjes. Het patroon van de aangelegde dijken was grillig, met golfbrekers en 'nollen' (restanten van dijken die overeind bleven na een vroegere dijkdoorbraak).

De aan de volle golfslag blootgestelde dijken raakten bevolkt met taaie soorten. In de luwe hoekjes nestelden zich planten en dieren die een voorkeur hadden voor een rustig milieu. Op de allerrustigste plaatsen vond opslibbing en daarna de vorming van kleine schorren plaats. Zo ontstond in de loop van de tijd een langgerekt, gedifferentieerd, door de mens opgezet landschap van uitzonderlijke waarde. Nergens elders langs de Europese kusten kan men dergelijke gevarieerde dijken aantreffen.

Op vele plaatsen is tijdens de dijkverzwaring rekening gehouden met de waarden van natuur en landschap. Toch heeft het op Deltahoogte brengen van de zeewering in de afgelopen 25 jaar sterk verarmend gewerkt. De moderne dijkbekleding is uniform en grootschalig: beton en asfalt zijn de materialen die toegepast worden. De methodiek is vrijwel overal dezelfde. Op uitgespaarde restanten van oude dijkgloreringen werden de holtes tussen de slordig gestapelde brokken natuursteen, microhabitats in oecologische zin, volgestort met specie. Hier is een oude steengloring, in natuursteen uitgevoerd, verdwenen, daar is een klein schorretje weggewerkt en elders zoekt men tevergeefs naar het vroegere oude havenhoofd met zijn rij markante palen. Dijkverhoging betekent een stille nivellering van kleine landschapselementen. Het levert ons een uniform, gladgestreken kustlijn op waaruit de vroegere variatie is verdwenen.

### **Oosterschelde**

De Oosterschelde is een bijzonder natuurgebied. De zeearm combineert een rijke verscheidenheid aan levensvormen met een grote voedselrijkdom. De milieuomstandigheden zijn voor Nederlandse begrippen ideaal; het water is relatief gezien, niet vervuild, het is erg helder, bovendien is het flink zout en komt er nauwelijks zoetwater bij. 's Zomers is de temperatuur van het water hoog. In en rondom de Oosterschelde treffen we een ruime verscheidenheid aan bijzondere landschappen aan: de slikken en zandplaten, uitgestrekte vlaktes krioelend van leven, die bij laagwater droogvallen en dan bijna de helft van het gebied beslaan; de schorren, ruige zoutmoerassen begroeid met planten die aan het leven in zout water zijn aangepast; het levende open water dat er – afhankelijk van de getijfase – telkens weer anders uitziet; de dijken, de Zeeuwse rotskust, bewoond door organismen die men nergens anders langs de Nederlandse kust kan vinden; de inlagen, stukken geaccidenteerd, brak en begroeid land achter de dijk en omsloten door een tweede dijk. Verspreid over al deze landschapstypen komt een bonte verscheidenheid aan levende wezens voor. Alleen al in het water en op de bodem komen meer dan 1450 soorten planten en dieren voor (Elgershuizen et al., 1979).

De Oosterschelde is één van de rijkste vogelgebieden van Nederland. Regelmatig zijn er, verspreid over het gebied, een kleine 200 000 vogels te vinden. De meeste van hen gebruiken de Oosterschelde als voedselgebied. Dat voedsel wordt meestal gezocht op de bij eb droogvallende slikken en platen. De voorraad wordt optimaal gebruikt, omdat veel soorten gespecialiseerde eters zijn. De rijkdom aan vissen in de Oosterschelde is groot. Er komen meer dan 80 soorten voor in vele miljoenen exemplaren. Ze benutten het gebied om door te trekken, maar ook wel om zich voort te

planten; ook fungeert het water als 'kinderkamer'. Zeker waard om te vermelden is ook, dat het oostelijke deel van de Oosterschelde de enige plaats in Nederland is waar dank zij het bijzondere samenspel van milieufactoren de mossel- en oesterteelt floreren. Dit alles samen maakt de Oosterschelde tot een werkelijk zeer bijzonder natuurgebied waarvan er rondom de Noordzee geen tweede te vinden is.

Volgens het oorspronkelijke Deltaplan zou de Oosterschelde in 1978 door een dichte dam van de Noordzee moeten zijn afgegrensd en gevuld worden met zoet (Rijn)water. Al in 1968 was men met de bouw van deze 9 km lange dam begonnen. Aan het einde van 1973 was al 5 km van deze hoogwaterkering in ruwe vorm klaar. De torens voor de kabelbanen, waarmee de betonblokken zouden worden gestort in de resterende drie sluitgaten, werden geplaatst in 1973 en 1974. Toen kwam de grote ommekeer. Van de ene dag op de andere werden de werken stilgelegd. De Oosterschelde was door een beslissing van ons parlement een strijdperk voor de landspolitiek geworden. Wat was daar allemaal aan vooraf gegaan?

Al in het begin van de zestiger jaren gingen er stemmen op om de Oosterschelde niet af te sluiten en te vullen met vervuild Rijnwater maar om de enorme biologische rijkdommen en de landschappelijke schoonheid van dit getijdegebied op de één of andere manier veilig te stellen. De natuurbeschermers die in die tijd hun stem verhieven waren hun tijd vooruit. Aanvankelijk was hun geluid zwak maar al vrij gauw zwol het verzet van wetenschapsmensen, actiegroepen en particuliere natuurbeschermers aan tegen de afsluiting van de Oosterschelde. Dat verzet werd uiteindelijk gedragen door een groeiend milieubewustzijn bij het Nederlandse volk.

Het kabinet kondigde in 1974 aan dat het zou laten uitzoeken of de Oosterschelde kon worden afgesloten met een waterdoorlatende dam. Die dam zou uiterlijk in 1985 klaar moeten zijn. Bovendien zouden alle dijken rondom de zeearm vóór 1980 gedeeltelijk versterkt en verhoogd moeten worden. De einddatum van de periode waarbinnen aan de Zeeuwen 'Deltaveiligheid' was beloofd – waarop de dijken op Deltahoogte zouden zijn – werd immers verschoven van 1978 naar 1985. Uiteindelijk is in 1976 gekozen voor een stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde: een betonnen constructie met rechthoekige gaten die door middel van stalen schuiven kunnen worden afgesloten. Het is een peperduur politiek compromis dat samen met de andere aanpassingswerken 3 miljard gulden meer kost dan volledige afsluiting van de Oosterschelde.

Aan de bouw van de stormvloedkering is tevens een compartimentering van de Oosterschelde verbonden. Om een getijvrije doorvaart van Antwerpen naar Rotterdam te garanderen, en ook ten behoeve van de waterhuishouding, zullen er in het oosten en noorden gedeelten van het Oosterscheldebekken worden afgesneden door

middel van zogenaamde compartimenteringsdammen. Zowel aan de stormvloedkering als aan de Oesterdam in het oosten en de Philipsdam in het noorden wordt momenteel volop gebouwd. De drie werken moeten in 1985 klaar zijn (fig. 4).

Na 1985 zal dan achter de Oesterdam het omkade zoete Markiezaatsmeer liggen. Juist in dit gebied beslaan de schorren en slikken relatief grote oppervlakten en zijn deze landschappen goed ontwikkeld. Bijvoorbeeld ten zuiden van Bergen op Zoom bevindt zich de enige plaats in Nederland waar het hoge Pleistocene zand overgaat in het, alleen door springvloed overstromde, beweidde gors, dat op zijn beurt, via een stelsel van terrassen, overloopt in het zoute schor met zijn meanderende kreken. Om het grote verlies aan schorren en slikken in dit deel van de Oosterschelde na 1985 enigszins te compenseren zouden de natuurlijke potenties volledig moeten worden uitgebuit. Ideeën daarvoor zijn inmiddels reeds ontwikkeld (Rabe, 1980).

In het noorden zal na 1985 het Zoommeer liggen, een langgerekt zoetwaterbekken waardoor de scheepvaartroute tussen Antwerpen en Rotterdam loopt. Ook deze arm van de Oosterschelde wordt geamputeerd. De Eendracht is al gekanaliseerd. Vroeger was het een grillige, smalle wantigeul met een aantal, weliswaar kleine, maar goed ontwikkelde schorren, slikken en steenglooingen.

De gedeeltelijke dijkverzwaring, die gekoppeld is aan de bouw van de stormvloedkering, is in 1980 vrijwel klaargekomen. Deze grote operatie heeft zich bijna geruisloos in een paar jaar tijds voltrokken. Natuur en landschap zijn, zoveel als mogelijk was, ontzien. Toch heeft ook hier een stille nivellering van kleine landschapselementen plaatsgevonden: Muraltmuurtjes met soortenrijke begroeiingen van korstmossen verdwenen; bloemrijke zuidhellingen van grasdijken veranderden in monotone grasmatten (er kan nu nog niet worden gezegd of dat zo blijft); kalksteenglooingen, vanouds de rijkste plekjes van onze kunstmatige rotskust, zijn gladgestreken met cement; houten loswallen en buitendijkse oesterputten werden opgeruimd; schorfragmenten liggen nu onder een dijkvoet. De dijkverzwaring bracht niet alleen verlies. Op Noord-Beveland zijn twee nieuwe inlagen ontstaan die zich door een gericht beheer kunnen ontwikkelen tot waardevolle brakke natuurgebieden.

De stormvloedkering zal, als alles volgens de plannen verloopt, in 1985 klaar zijn. Er zijn inmiddels modelberekeningen doorgevoerd en prognoses gedaan over de toekomstige situatie in de Oosterschelde (Goeller et al., 1978; Anonymus, 1978). Bij een doorstroomopening van de stormvloedkering van 14 000 m<sup>2</sup> neemt het getijverschil by Yerseke met 23% af (van 3,5 m tot 2,7 m). De stroomsnelheden zullen daardoor worden gereduceerd tot tweederde à de helft van de huidige waarden. In het Keeten-Krabbenkreek-gebied zal de stroomsnelheid zelfs beperkt worden tot éénderde van de waarden van dit moment. Dit heeft weer tot gevolg dat er een toename zal

zijn van de sedimentatie van zand en slib. Het water wordt daardoor helderder. De verblijftijd van het water zal toenemen en de spreiding van temperaturen wordt iets groter. In het uiterste noordoosten en oosten zal de zoetwater-invloed toenemen (Smies & Huiskes, 1980).

De bouw van de stormvloedkering, met name ook in combinatie met de compartimentering, zal zeer drastische gevolgen hebben voor het areaal van slikken en schorren. Het oppervlak van de slikken en platen in het intergetijdegebied van Oosterschelde-Volkerak zal in 1985 afnemen van ca. 22 000 ha tot ca. 10 000 ha. Het schorrenoppervlak zal dalen van ca. 1 600 tot ca. 600 ha (gegevens Rijkswaterstaat DDMI, Middelburg). Een klein deel van het schorrenareaal zal zich naar lagere niveaus verplaatsen, afhankelijk van het nieuwe getijregime. Ook het zoneringspatroon van wieren en dieren op de steenglooing van de dijken zal zich moeten aanpassen.

We moeten hieruit concluderen dat de gevolgen van de bouw van de stormvloedkering en de aanpassingswerken op ingrijpende wijze ten koste gaat van de huidige waarden van natuur en landschap. De veranderingen zullen veel groter zijn dan men zich tijdens de besluitvorming in 1976 realiseerde. Het zal vele jaren duren alvorens het gehele oecosysteem zich heeft ingesteld op de nieuwe situatie.

Daar komt nog iets bij. Al deze veranderingen gelden slechts als de stormvloedkering volledig open staat, met andere woorden als er geen gebruik wordt gemaakt van de schuiven om de doorstroomopeningen mee af te sluiten. Als er manipulaties met de schuiven worden uitgevoerd (stormvloedkering halfdicht, een dag geheel dicht, langer dicht enz., het aantal mogelijkheden is legio; Anonymus, 1980c) treedt er een extra verstoring op in het bekken die niet thuishoort in de getijritmiek waaraan het planten- en dierenleven is aangepast. Verstoring, hoe klein en ongeschijnlijk weinig ingrijpend ook, betekent dat de ontwikkeling na 1985 van een uiterst complex oecosysteem zal worden afgeremd of teruggedraaid. Manipuleren met de dominerende factor, namelijk het getij, kan gevaarlijk zijn aangezien we niet tot in de details weten wat de consequenties zijn.

De stormvloedkering gebruiken als offensief middel, als beheersinstrument, houdt daarnaast het grote gevaar in dat verscheidene maatschappelijke groeperingen hun randvoorwaarden zullen dicteren. Van een dergelijk beheer moet worden gevreesd dat het ten koste zal gaan van de natuurwaarden. Men kan vanuit de natuurbehoudsgedachte filosoferen over 'optimaliseren' van het Oosterscheldemilieu door een gericht beheer. Men dient zich daarbij te realiseren dat het 'optimaliseren' van een zeer ingewikkeld, 400 km<sup>2</sup> groot getijdenmilieu, met een uiterst ingewikkeld samenspel van fysische en chemische factoren, met duizenden soorten en met nog

meer interacties tussen deze soorten, niet behoort tot de menselijke mogelijkheden.

De stormvloedkering is een defensief middel. Slechts als er een (overstromings)ramp dreigt zouden de schuiven dienen te worden gesloten. Berekeningen zullen moeten uitwijzen of de aanwezigheid van de stormvloedkering met open schuiven, waardoor de hoogte van de getijgolf drastisch wordt afgevlakt, gecombineerd met de verhoogde dijken, op zich al niet voldoende is om Deltaveiligheid te garanderen. Het is een feit dat deze Deltaveiligheid langs de Westerschelde bereikt zal worden door de dijken te verhogen.

### De oecologische balans

Het opmaken van een oecologische balans met het einde van de Deltawerken in zicht is een moeilijke en enigszins subjectieve zaak. Dat komt niet alleen omdat het feitenmateriaal veelal ontoereikend is om een dergelijke balans samen te stellen, maar ook omdat naast de directe oecologische gevolgen van de uitvoering van de Deltawerken, een aantal indirecte effecten een rol spelen.

Genoemd moet worden de ontsluiting van de vroegere eilanden in het Deltagebied. Via dammen en bruggen zijn deze gebieden nu snel en gemakkelijk bereikbaar. Oecologisch gezien betekent dat verlies aan natuurlijke isolement, een negatief te wegen factor. Ook de sterk toegenomen recreatie betekent verstoring en belasting van het landschap. Verder moet de industrialisatie langs de kust genoemd worden, op plaatsen waar vroeger natuurgebieden lagen (o.a. De Beer, Zuid-Sloe, Braakman). Oecologisch gezien is dit een absoluut verlies. Tot slot moet de in de jaren zestig ontwaakte en in het begin van de jaren zeventig uitgegroeide maatschappelijke waardering voor het behoud van natuur, milieu en landschap genoemd worden. Oecologisch gezien is dat pure winst. Deze maatschappelijke ontwikkeling heeft er toe geleid dat de visie op het beheer en de inrichting van nieuwe Deltabekkens veranderd is. In het Veerse Meer werd de gedragslijn van de strakke inrichting met cultuurtechnische maatregelen gevolgd. Slechts enkele gebieden (o.a. Middelplaten, Goudplaat) zijn hieraan ontsnapt. In het Grevelingenmeer, tien jaar later, werd de natuur een handje geholpen en in de Oosterschelde, weer tien jaar later, zal men – voorlopig op papier – de natuur zoveel mogelijk zijn gang laten gaan.

### Verlies

Hoe ziet, samengevat, de verlieszijde van de balans eruit? In de zeldzame combinatie van uitgestrekte zoute, brakke en zoete getijdengebieden in de Delta zijn kort

gezegd vier elementen van bijzondere betekenis. Dat zijn de steenglooiingen, de schorren, de slikken en de steltlopers.

De steenglooiingen, de Zeeuwse rotskust, vormen een rijk gedifferentieerd landschap in een door de mens gebouwd decor, begroeid met een variatie aan soorten die men elders in Nederland tevergeefs zal zoeken. De dijken met dergelijke steenglooiingen hebben door de Deltawerken voor een deel hun oorspronkelijke landschappelijke betekenis verloren (Veerse Meer, Grevelingenmeer, Haringvliet-Hollands Diep) en op andere plaatsen zijn ze door de dijkverzwaringen sterk genivelleerd en aan elkaar gelijk gemaakt.

De zoute schorren en groene strandvlaktes, de brakke gorzen en de zoete grienden vormen een karakteristiek en kostbaar landschap. Het areaal aan getijdengrienden en aansluitende riet- en biezen gorzen is door de afsluiting van het Haringvliet sterk gedecimeerd. Wat de schorren en gorzen betreft, in 1955 was daarvan in het Delta-gebied ongeveer 8000 ha. In 1985 zal nog slechts ongeveer 3700 ha over zijn (fig. 5). Door de aanleg van de stormvloedkering en de uitvoering van de compartimentering zal er uit de Oosterschelde en aangrenzende wateren ca. 1000 ha van dit landschapstype verdwijnen. In 30 jaar tijd zal het schorrenareaal met 54% zijn afgenomen. Van de resterende 3700 ha wordt ca. 2700 ha ingenomen door het Verdrongen land van Saeftinge, het grootste brakwaterschorrencomplex in Europa. Door de schrikbarende achteruitgang van het totale oppervlak aan schorren en gorzen wordt de betekenis van Saeftinge, relatief gezien, steeds groter.

De slikken en zandplaten in het intergetijdengebied zijn uitgestrekte dynamische vlaktes, krioelend van leven. In 1955 was er in het Deltagebied ca. 47 000 ha van dit landschapstype. In 1985 zal daar nog ca. 18 000 ha van over zijn (fig. 5). Dat betekent een afname van 60%. Alleen al in het Oosterscheldegebied zal na 1985 ruim 11 000 ha verdwenen zijn. Het zijn terreinen die hetzij permanent onder water verdwijnen, hetzij permanent droogvallen.

De steltlopers vormen een grote groep watervogels waarvoor het Deltagebied tot nu toe de tweede plaats inneemt in de rij van Europese doortrek- en overwinteringsgebieden (tabel 1; Saeijs & Baptist, 1977a, 1977b, 1978; Lambeck, 1980; Anonymus 1980a, 1980b). Deze prominente plaats bezit het Deltagebied nog steeds, ondanks de verliezen aan voedselgebieden voor deze vogels, de slikken en de zandplaten in het getijgebied. In de periode 1965-1975 zijn de aantallen steltlopers 's winters niet kleiner geworden. Wel zijn de dichtheden op de nu nog estuariene Deltawateren anderhalf tot twee keer zo groot geworden, en op het Krammer-Volkerak-gebied zelfs vier keer zo groot (Saeijs & Baptist, 1977b). Dat betekent dat de verliezen aan voedselgronden in Haringvliet-Hollands Diep en Grevelingenmeer-Veerse Meer ertoe geleid

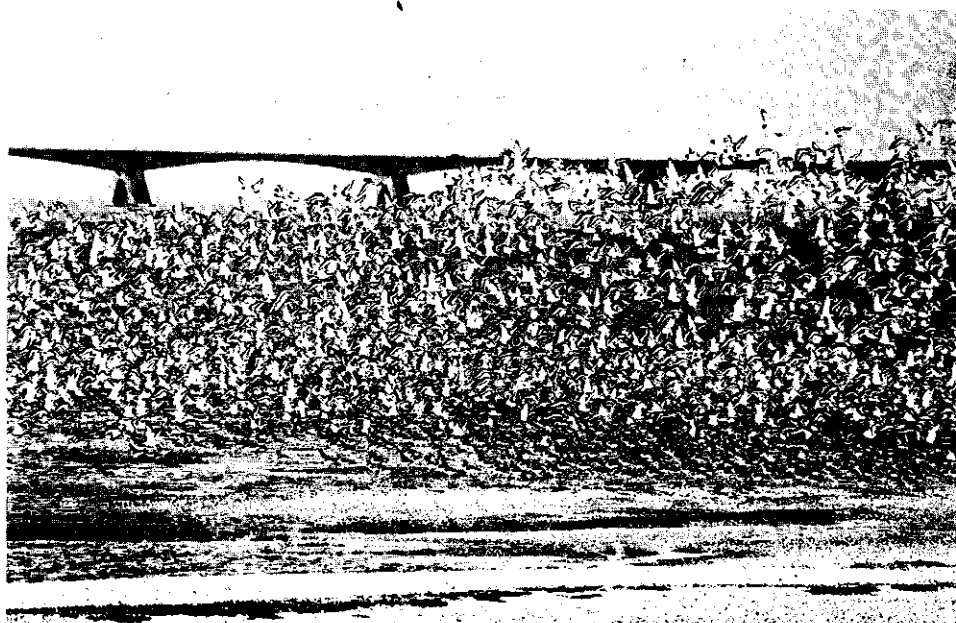
Boven: De steenglooingen van de Zeeuwse rotskunst vormen een rijk gedifferentieerd landschap in een door de mens gebouwd decor, begroeid met een variatie aan soorten die men elders in Nederland tevergeefs zal zoeken.

Onder: De schorren, ruige zoutmoerassen, vormen een karakteristiek en kostbaar landschap in het Deltagebied.



Boven: De slikken in het intergetijdengebied zijn uitgestrekte dynamische vlaktes krioelend van leven.

Onder: De steltlopers vormen een grote groep watervogels waarvoor het Deltagebied tot nu toe de tweede plaats inneemt in de rij van Europese doortrek- en overwinteringsgebieden.



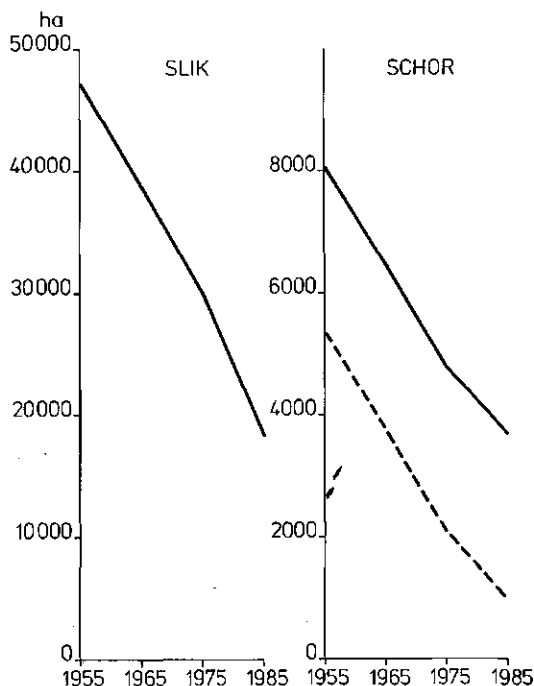


Fig. 5. De oppervlakte van slikken en zandplaten in het getijgebied en de oppervlakte van schorren en gorzen in het Deltagebied. De onderbroken lijn schetst het schorrenareaal zonder het Verdronken Land van Saeftinge. (Gegevens Rijkswaterstaat, Deltadienst, hoofdafd. Milieu en Inrichting en Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.)

hebben dat de druk op de resterende slikken en platen sterk is vergroot.

Voor de Waddenzee is berekend dat het wegvallen van enkele duizenden hectares wadbodem door inpoldering inhoudt dat de totale in het Waddengebied beschikbare hoeveelheid voedsel, zoals schelpdieren en wormen, terugvalt. En dat betekent dat de aantallen foeragerende steltlopers ook zullen afnemen (Beukema, 1977; Zwarts, 1977) (zie ook de hoofdstukken van Beukema en Swennen).

Als deze redenering wordt toegepast op de Oosterschelde dan zou het wegvallen van meer dan 10 000 ha voedselgrond kunnen betekenen dat het aantal overwinterende steltlopers met ruwweg éénderde daalt. Dat is niet alleen een zeer gevoelige klap voor het Deltagebied, maar dat kan ook gevolgen hebben voor de Waddenzee, met name in strenge winters. Als de Waddenzee bedekt wordt door sneeuw en ijs, fungeert het Deltagebied namelijk als overloop- en opvanggebied voor watervogels.

Getoetst aan de genoemde vier karakteristieke elementen van het getijdenlandschap moet geconcludeerd worden dat de uitvoering van de Deltawerken, oecologisch gezien, tot grote verliezen heeft geleid en nog zal leiden.

## Winst

Hoe ziet de winstzijde van de balans eruit? In geen van de besproken Deltawateren is het verlies aan natuurwaarden absoluut. Voor elk van de bekkens zijn ook winstpunten geboekt. Een oecologische groep waar relatief veel onderzoek aan is gedaan is die van de hogere planten. In algemene termen kan gesteld worden dat door de Deltawerken bijzondere vegetaties verdwijnen, om op ruimere schaal plaats te maken voor meer algemene vegetaties, die, afhankelijk van het beheer, eindigen in weiland (beweid) of bos (niet beweid). Vergeleken met de echte zoute begroeiingen van vroeger zijn de 'nieuwe' vegetaties soortenrijker en opgebouwd uit meer vegetatie-eenheden. Er ontwikkelen zich plaatselijk interessante soorten-combinaties van planten die ook elders in Nederland niet algemeen zijn. Met name moet worden genoemd de overgangsbegroeiing van het zoute of brakke water naar de zoete landvegetatie. De zeldzaamheidswaarde van de 'nieuwe' vegetaties blijft echter duidelijk beneden die van de vroegere plantengroei.

Een tweede groep die goed bestudeerd is is die van de vogels. Voor de watervogels ziet het algemene plaatje er als volgt uit (tabel 1). Gemiddeld bezoeken ca. 400 000 watervogels op een bepaald tijdstip in de winter de Deltawateren. De planteneters en de veel kleinere groep van de viseters concentreren zich op het Haringvliet-Hollands Diep en op het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Met name op deze laatste twee meren zijn de vogeldichtheden bijzonder hoog. De vertegenwoordigers van de grootste groep, de steltlopers die bij voorkeur op de intergetijdenslikken foerageren, bevinden zich 's winters met name in de estuaria Oosterschelde en Westerschelde. De Oosterschelde valt daarbij op door zijn hoge vogeldichtheid (zie ook het hoofdstuk van Swennen).

Nederland is een belangrijk land voor doortrekkende en overwinterende ganzen. Deze vogels eisen voedsel, een slaapplek en rust. Voedsel vinden ze vooral in grootschalig grasland (met uitzondering van de rotgans). Droogvallende zand- en slikplaten fungeren vaak als slaapplek. Voor de ganzen is de uitvoering van de Deltawerken dan ook slechts indirect van betekenis. Het beheer van droogvallende gebieden in de nieuwe Deltawateren is erg belangrijk (bijvoorbeeld de Middelpalen in het Veerse Meer). Als de vegetatie verruigt, vertrekken de ganzen.

Sterns en enkele plevieren broeden op kale of vrijwel kale overgangsstroken tussen land en water of op kale door de mens opgespoten of verstoorde (zand)vlaktes. Ze komen dus zowel voor in de open estuaria als in de nieuwe meren, mits de vegetatie zich niet te sterk gaat ontwikkelen. (Vergelijk bijvoorbeeld de Hooge Platen in de Westerschelde met de Hompelvoet in het Grevelingenmeer: beide eilanden herber-

gen grote kolonies sterns.) Eén en ander houdt in dat niet gezegd kan worden dat de groep van de sterns en de plevieren negatief wordt beïnvloed door de uitvoering van de Deltawerken. Deze vogels hebben, als kolonisten, zelfs een lichte voorkeur voor gebieden waar door de mens verstoringen zijn aangebracht en die daarna met rust gelaten worden.

Tot slot de kleinere broedvogels, zoals de zangvogels. In het algemeen geldt voor deze dieren dat ze nadat het getij is weggevallen geleidelijk algemener worden. Voor al als de vegetatie dichter wordt en struweel en bomen zich gaan ontwikkelen, worden de zangvogels kwantitatief belangrijker.

Winst wordt verder geboekt in de zogenaamde Voordelta, het gebied dat zich ontwikkelt voor de primaire dammen die de zeegaten afsluiten. Voor de kust van Oostvoorne en voor de Brouwersdam groeien stranden en strandvlaktes en hier en daar vindt duinvorming plaats. Voor de Veerse dam die in 1961 is gesloten, is die ont-

Tabel 1. Gemiddeld aantal watervogels en percentage per oecologische groep over twee simultaantellingen (september 1975 en januari 1976) in het Deltagebied. (Naar Saeijs & Baptist, 1977a.)

|                                                      | Aantal  | HH   | GV   | O    | W    | R  |
|------------------------------------------------------|---------|------|------|------|------|----|
| <i>Aantallen, totaal<sup>a</sup></i>                 | 403 200 |      |      |      |      |    |
| Procentuele aandeel per gebied                       |         | 8    | 19   | 42   | 22   | 9  |
| Aantal per km <sup>2</sup>                           |         | 224  | 826  | 609  | 282  | .  |
| Aantal per dominante groep per km <sup>2</sup>       |         | 170P | 600P | 450S | 190S | .  |
| <i>Percentage per oecologische groep<sup>b</sup></i> |         |      |      |      |      |    |
| Planteneters                                         | 137 000 | 19   | 40   | 17   | 15   | 9  |
| Bodemdiereters                                       | 22 800  | 10   | 34   | 14   | 12   | 30 |
| Steltlopers                                          | 193 000 | 2    | 4    | 60   | 32   | 2  |
| Viseters                                             | 5 600   | 28   | 59   | 4    | 2    | 7  |
| Meeuwen                                              | 44 800  | 2    | 14   | 43   | 11   | 30 |

HH = Haringvliet-Hollands Diep; GV = Grevelingenmeer-Veerse Meer; O = Oosterschelde; W = Westerschelde; R = Voordelta en enkele binnendijkse gebieden.

a. P = Planteneters; S = Steltlopers.

b. Onder 'bodemdiereters' verstaan we eters van permanent ondergedoken bodemdieren, onder 'steltlopers' eters van bodemdieren in het intergetijdengebied.

wikkeling het verst. Daar is een strand ontstaan dat Walcheren met Noord-Beveland verbindt. Aan de Noordbevelandse zijde valt duinaangroei op, terwijl ook het strand plaatselijk begroeid raakt. Dit is een waardevolle ontwikkeling.

Winst, zij het van een andere orde van grootte, is ook gelegen in het feit dat de uitvoering van de Deltawerken een sterke impuls heeft gegeven aan het oecologisch onderzoek in ons kustgebied (zie mijn paragraaf 'Oecologische consequenties per deelgebied'). Dit onderzoek levert kennis op het gebied van het beheer van door de mens gemaakte systemen over de gehele wereld.

## Balans opmaken

In termen van een oecologische balans gesproken, gelet op de internationale positie van onze estuaria en op datgene wat daarvoor in de plaats is gekomen, moet gezegd worden dat het resultaat van de positieve en negatieve bijdragen te zamen sterk negatief is. De verliezen zijn vrijwel nergens absoluut. Overal vond (en vindt nog steeds) een gedeeltelijke compensatie plaats. In het gebied van Haringvliet, Hollands Diep en Biesbosch lijkt die compensatie vrij klein. In het Veerse Meer en in het Grevelingenmeer is de oecologische compensatie aanzienlijk groter. In de Oosterschelde en in de Westerschelde zijn de verliezen – naar het zich laat aanzien – relatief het kleinst.

Deze negatieve balans, waarin het bijzondere verdween en het algemene verscheen, trekt een zware wissel op het beheer van de restanten van het vroeger zo opmerkelijke Deltagebied, de geamputeerde Oosterschelde en de verziekte Westerschelde. Het verplicht ons er toe om datgene wat tot de relatieve winst mag worden gerekend, zoals het zoute Grevelingenmeer en de Voordelta, eveneens zeer zorgvuldig te beheren.

Langjarig wetenschappelijk onderzoek zal nodig blijven om dit beheer zo verantwoord als mogelijk is te funderen.

## Literatuur

Anonymus, 1978. Aanstaande veranderingen in de getij-beweging op het Oosterscheldebekken. Driemaand. Bericht Deltawerken nr. 86: 284-290.

\*Anonymus, 1980a. Watervogeltellingen in het Deltagebied. Driemaand. Bericht Deltawerken nr. 91: 42-52.

---

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

- \*Anonymus, 1980b. De internationale betekenis van het Deltagebied als overwinteringsgebied voor vogels. Driemaand. Bericht Deltawerken nr. 92: 42-52.
- Anonymus, 1980c. Het toekomstige beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde. Driemaand. Bericht Deltawerken nr. 92: 103-108.
- \*Bakker, C., 1978. Some reflections about the structure of the pelagic zone of the brackish Lake Grevelingen (SW-Netherlands). *Hydrobiol. Bull.* 12: 67-84.
- Bakker, C. & F. Vegter, 1978. General tendencies of phyto- and zooplankton development in two closed estuaries (Lake Yeere and Lake Grevelingen) in relation to an open estuary (Eastern Scheldt) SW Netherlands. *Hydrobiol. SBull.* 12: 226-245.
- Baptist, H.J.M. & P.L. Meininger, 1979. Broedvogels van het Oosterscheldegebied c.a. 1978. Rijkswaterstaat DDMI, Middelburg, Nota 79-07. p. 1-141.
- Beeftink, W.G., 1965. De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 65-1. 167 p.
- \*Beeftink, W.G., 1975. The ecological significance of embankment and drainage with respect to the vegetation of the SW-Netherlands. *J. Ecol.* 63: 423-458.
- Beeftink, W.G., 1979. The structure of salt marsh communities in relation to environmental disturbances. In: R.L. Jefferies & A.J. Davy (Eds): *Ecological processes in coastal environments*. Blackwell, Oxford, p. 77-93.
- \*Beeftink, W.G., M.G. Daane & W. de Munck, 1971. Tien jaar botanisch-oecologische verkenningen langs het Veerse Meer. *Natuur en Landschap* 25: 50-65.
- Beukema, J.J., 1977. De voedselrijkdom van de Waddenzee. *Waddenbull.* 1977-2: 304-311.
- Beijersbergen, J. & A. van den Berg, 1980. De Grevelingen; de vogels van een afgedamde zee-arm. Kerckebosch, Zeist, 102 p.
- Beijersbergen, J. & P. Slim, 1976. Een vondst van de bitterling in de Grevelingen. *De Levende Natuur* 79: 273-276.
- Bik, M., 1976. De Rijn, riool van West-Europa. *Waddenbull.* 1976-1: 7-10.
- Elgershuizen, J.H.B.W., C. Bakker & P.H. Nienhuis, 1979. Inventarisatie van aquatische planten en dieren in de Oosterschelde. DIHO Yerseke, Rapp. Verslagen nr. 1979-3: 1-105.
- Fabritius, H.E., 1979. Beheersschets voor de buitendijkse terreinen aan Haringvliet, Spui en Hollandsch Diep. Staatsbosbeheer. Consulentenschap Natuurbehoud Z.-Holland, 1979-13: 1-19 + bijlagen.
- Goeller, B.F., A.F. Abrahamse, J.H. Bigelow, J.G. Bolten, D.M. de Ferranti, J.C. de Haven, T.F. Kirkwood & R.L. Petruschell, 1978. Protecting an estuary from floods - a policy analysis of the Oosterschelde. I. Summary report. Rand, Santa Monica, p. 1-153.
- Greven, P.A., 1980. Bestrijdingsmiddelen in Nederlands oppervlaktewater. *Natuur en Milieu* 80-10: 9-13.
- Hartog, C. den, 1959. The epilithic algal communities occurring along the coast of the Netherlands. *Wentia* 1: 1-241.
- Jong, D.J. de & T.J. de Kogel, 1979. Vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee 1972 t/m 1978. Rijkswaterstaat DDMI, Middelburg, Nota 79-11.

- Kam, J. van de & W.J. Wolff, 1974. Op de grens van zout en zoet. Ploegsma, Amsterdam, 160 p.
- Lambeck, R.H.D., 1979. Investigations on macrozoobenthos in Lake Grevelingen, with special emphasis on the role of polychaetes. *Hydrobiol. Bull.* 13: 81.
- Lambeck, R.H.D., 1980. Vogels en de Oosterschelde. *Natura* 77: 200-208.
- \*Lebret, T., 1979. Biesbosch – vogels. Kosmos, Amsterdam, 123 p.
- Nienhuis, P.H., 1975. Biosystematics and ecology of *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harv. (Chlorophyceae, Cladophorales) in the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Ph. D. Thesis, RU Groningen. Bronder, Rotterdam, 240 p.
- Nienhuis, P.H., 1978a. De Grevelingen, een afgesloten zee-arm. DIHO Yerseke, Rapp. en Verslagen nr. 1978-3: 1-85.
- \*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., 1978c. Lake Grevelingen: a case study of ecosystem changes in a closed estuary. *Hydrobiol. Bull.* 12: 246-259.
- Nienhuis, P.H., R.J.B.M. Willems & R.H.G. Kleingeld, 1980. Het Zeeuwse landschap. Spectrum, Utrecht, 120 p.
- \*Noordwijk-Puijk, K. van, W.G. Beeftink & P. Hogeweg, 1979. Vegetation development on salt-marsh flats after disappearance of the tidal factor. *Vegetatio* 39: 1-13.
- Ouweneel, G.L., 1975. Het Hollands Diep-Haringvliet vijf jaar na de afsluiting. *Natuur en landschap* 29: 107-115.
- Peelen, R., 1967. Isohalines in the Delta area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. *Neth. J. Sea Res.* 3: 575-597.
- Peelen, R., 1974. Data on temperature, oxygen, sediment and transparency of the water in the northern part of the Delta area of the Netherlands between 1961 and 1972. *Hydrobiologia* 45: 115-134.
- Rabe, F., 1980. Het Markiezaatsmeer: van oud naar nieuw natuurgebied. *Natuur en Milieu* 80-6: 3-8.
- Saeijs, H.L.F., 1977. De Westerschelde, een milieu in beweging. Zeeuws Coördinatieorg. Natuur-, Landschaps- en Milieubescherming, Goes, 32 p.
- \*Saeijs, H.L.F. 1979. Ecological impact of the Delta project in the Netherlands. *Land and water internat.* 40: 21-34.
- \*Saeijs, H.L.F., 1980. Ecological impact of the Delta project in the Netherlands, landscape development and ecological possibilities of terrestrial areas. *Land and water internat.* 42:9-16.
- Saeijs, H.L.F. & B.A. Bannink, 1978. Environmental consideration in a coastal engineering project. *Hydrobiol. Bull.* 12: 180-202.
- Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1977a. Vogels in de Deltawateren van Zuid-west Nederland. Rijkswaterstaat DDMI, Middelburg, Nota 77-34: 1-159.
- Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1977b. Watervogels in de veranderende Delta van Zuidwest Nederland. *Limosa* 50: 98-113.

- Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist, 1978. Steltlopers in het Deltagebied. *Limosa* 51: 52-63.
- Saeijs, H.L.F. & K.O. Pavlicek, 1975. Vegetatie Aardbeien-eiland 1973. Rijkswaterstaat DDMI, Middelburg. Nota 75-67: 1-47.
- Saris, F., H. Vrijhof & W. v.d. Velden, 1980. De regio Moerdijk-Biesbosch als toetsings- en toepassingsgebied voor de MER en het GEM. Gestencild rapport RIN, Leersum en KU afd. Milieukunde Nijmegen.
- Schmidt-van Dorp, A.D., 1979. Literatuuronderzoek naar de soortenrijkdom van het makro-zoobenthos in relatie tot het zoutgehalte. DIHO Yerseke, Rapp. Verslagen nr. 1979-5.
- \*Smies, M., & A.H.L. Huiskes, 1981. Holland's Eastern Scheldt estuary barrier scheme: some ecological considerations. *Ambio* 10: 158-165.
- Vaas, K.F. & W.J. Wolff, 1978. Large hydraulic engineering projects in the Netherlands, and studies of their environmental impact. *Hydrobiol. Bull.* 12: 176-179.
- Werkgroep Oude Maas, 1978. De Oude Maas als groene rivier. Openbaar Lichaam Rijnmond, Rotterdam, 117 p.
- Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1971. Wilde planten, flora en vegetatie van onze natuurgebieden. Deel 2: Het lage land. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 304 p.
- Wolff, W.J., 1973. The estuary as a habitat. *Zoöl. Verhand. Rijksmuseum Nat. Hist. Leiden* 126: 1-242.
- Wolff, W.J., 1977. Verziekte Rijnmilieus. *Natuur en Milieu* 77-2: 24-28.
- \*Wolff, W.J., 1978. The degradation of ecosystems in the Rhine. In: M.W. Holdgate & M.J. Woodman (Eds): *The breakdown and restoration of ecosystems*. Plenum, New York London, p. 169-191.
- Wolff, W.J. & J. Post, 1979. Oosterschelde, het leven in en om het water. Sijthoff, Alphen aan de Rijn, 206 p.
- Zonneveld, I.S., 1959. De Brabantse Biesbosch. A study of soil and vegetation of a fresh-water tidal area. Versl. Landbouwk. Onderz. 65.20. Pudoc, Wageningen, tevens als Bodemkundige studies. Deel 4; A: 1-210; B: 1-396; C: bijlagen.
- Zwarts, L., 1977. Hebben wadvogels uitwijkmogelijkheden? *Waddenbull.* nr. 3: 338-343.

H. A. Udo de Haes

Toen halverwege de vorige eeuw ontdekt werd dat het drinken van water uit de grachten cholera kan veroorzaken, moest er naar veiliger bronnen voor de watervoorziening worden gezocht. In het westen van het land was de keuze beperkt: ofwel de rivieren en plassen, die toen nog niet zo sterk vervuild waren, ofwel de duinen, die over grote delen met moeras bedekt waren en waaruit het water via talloze beekjes naar buiten stroomde.

Een aantal steden heeft voor deze tweede mogelijkheid gekozen, vooral vanuit de overweging dat het duingebied door zijn geïsoleerde ligging en zelfstandige waterhuishouding een blijvende veilige bron zou kunnen vormen. Zo werd in 1853 door het Amsterdamse waterleidingbedrijf met grondwaterwinning uit de duinen begonnen, later gevolgd door ondermeer de bedrijven van 's-Gravenhage (1875), Leiden (1878) en Haarlem (1898). In totaal wordt nu in 24 duingebieden grondwater gewonnen met een totale capaciteit van ca. 40 miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

Terugblikkend kan gesteld worden dat het inderdaad een veilige keuze is geweest; maar ook dat deze bron minder duurzaam bleek te zijn dan was verwacht. Zo werd al in het begin van deze eeuw door het Haagse waterleidingbedrijf het moment bereikt dat meer water uit het gebied gewonnen werd dan het totale neerslagoverschot: het interen op de voorraad begon, in de twintiger jaren gevolgd door een beginnende verzilting van de putten.

Toen aldus bleek dat de voorraad zoetwater onder de duinen niet onuitputtelijk was volgde een nieuwe fase, die van de infiltratie van rivierwater. Hiermee wordt de zoetwatervoorraad aangevuld, terwijl het duinzand tevens tot op zekere hoogte als filter voor het verontreinigde water fungeert. In 1940 werd hiermee begonnen door het Leidse bedrijf, in de vijftiger jaren gevolgd door het Haagse en Amsterdamse bedrijf en op Goeree en meer recent, in de zeventiger jaren, bij Monster, in het Noordhollands Duinreservaat, op Schouwen en, als proef, in de Kennemerduinen. In totaal wordt nu ca. 150 miljoen m<sup>3</sup>/jaar door middel van infiltratie gewonnen.

De keuze om de duinen voor de waterwinning te gebruiken heeft zeer verstrekkende gevolgen voor het duingebied gehad. Deze zijn zowel positief als negatief van aard. In dit hoofdstuk zal allereerst worden ingegaan op de bescherming die de duinen onder invloed van de waterwinning ondervinden. Vervolgens zal de aandacht worden gericht op de aantasting van het natuurlijk duinmilieu, zowel door de grondwaterwinningen als door de infiltratie. Tenslotte zal worden getracht om mogelijkheden tot integratie te formuleren voor de beide belangen.

Infiltratiegebied in Meijndel bij Den Haag. Boven in de foto zien we de infiltratieplassen en bedrijfswegen, midden op de foto twee fietspaden met daarlangs de oude hoofdader van de waterwinning.



(De foto staat gekanteld op de pagina.)

## Bescherming

Bij de bescherming van het natuurlijk milieu door de waterleidingbedrijven gaat het om maatregelen die primair een bescherming van de waterwinningsfunctie ten doel hebben, maar die tegelijk, vanwege het samenvallen van de belangen, een bescherming van het natuurlijk milieu met zich meebrengen. Onderscheiden kunnen hier worden: een planologische bescherming, een milieuhygiënische bescherming en een bescherming door terreinbeheer.

### Planologische bescherming

Dank zij de betekenis van het duingebied als waterwingebied wordt dit beschermd tegen andere functies, zoals vooral woningbouw, verkeer en recreatie. Het meest uitgesproken voorbeeld hiervan vormen de duinen langs de Zuid- en Noord-hollandse kust. Ontwikkelingen zoals die zich in België hebben voorgedaan en die geleid hebben tot een vrijwel algeheel verlies van het duingebied, konden hier mede dank zij de waterwinningsfunctie worden afgewend.

Bij het keren van meer recente bedreigingen, zoals de autosnelweg tussen Scheveningen en Katwijk (de Duinweg) en het verlengde van deze weg door de Luchterduinen bij de Zilk (de 'Amsterdamse waterleidingduinen') speelden daarnaast de natuurbeschermingsbelangen sterk mee.

Zeer belangrijk zijn ook de beperkingen die aan de recreatie worden gesteld. Ter bescherming van de waterwinning worden in het algemeen alle intensieve recreatievormen en in het bijzonder ook het gemotoriseerde verkeer in de betreffende duingebieden beperkt. Deze bepalingen komen de rust ten goede en zijn daarmee mede dienstbaar aan het natuurbehoud. Deze bescherming blijkt overigens niet altijd even effectief te zijn. De sterke erosie van de vegetatie in Berkheide, het gebied van het Leidse bedrijf, en in het westelijk deel van de Kennemerduinen maakt duidelijk dat, ondanks de geldende waterwinningsbescherming, de betreffende gebieden letterlijk onder de voet werden gelopen (zie het hoofdstuk van Van Leeuwen).

### Milieuhygiënische bescherming

Een twee vorm van bescherming is specifiek gericht op het voorkomen van verontreiniging van waterwingebieden. Deze is geregeld in provinciale verordeningen welke o.a. een verbod inhouden voor de aanwezigheid van schadelijke stoffen en voor tal van activiteiten die verontreiniging met zich mee kunnen brengen. Het oudste voorbeeld vormt hier de discussie die in 1897 gevoerd is over het plan om de duinen als vloeiveld te gebruiken voor rioolwater teneinde dit te zuiveren en daar-

mee tegelijk het duingebied voor de landbouw meer vruchtbaar te maken. Dit plan werd afgewezen op grond van de functie van de duinen voor de waterwinning (De Gruyter & Molt, 1950). Zeker de laatste tijd blijkt het uitzonderlijke belang van een goede milieuhygiënische bescherming van de voedingsgebieden van de winplaatsen. Problemen zijn er hier zeker: de olietanks van villa's, gas- en oliewinningen, parkeerterreinen en bestrijdingsmiddelen op landbouwenclaves. Behoudens een enkele uitzondering zoals bij Bloemendaal, konden grote vuilstorten uit het duingebied echter worden geweerd. De waterleidingbedrijven vallen overigens met hun exploitatie zelf niet onder deze verordeningen; deze laatste bieden daarom geen aanknopingspunt voor de oplossing van verontreinigingsproblemen die samenhangen met de infiltratie van rivierwater in duinwaterwingebieden.

### **Bescherming door terreinbeheer**

Een derde vorm van bescherming ligt op het gebied van het terreinbeheer. Een belangrijk aspect hiervan vormt de terreinbewaking, waar de commercieel werkende waterleidingbedrijven meestal meer middelen toe hebben dan natuurbeschermingsinstanties. Verder moeten, in visueel-landschappelijk opzicht, hier ook de beplantingen genoemd worden als herstel van de vegetatie na vergravingswerkzaamheden of na een te intensieve betreding door recreanten. Voor het natuurbehoud ligt hier echter een duidelijk conflict: aanplant van bomen, struiken en helm en de bedekking met hooi, strooisel of dode takken vertraagt de spontane vegetatie-ontwikkeling. Bovendien vormt de waterwinning een beperking voor de mogelijkheden tot uitstuiwen en begrazen als maatregelen ten behoeve van het natuurbeheer.

### **Grondwaterwinning**

De eerste winningen van grondwater vonden aan de duinvoet plaats, daar waar het water via duinbeekjes uit het duinmassief opkwelde. Later ging men over tot de aanleg van kanalen dwars door de duingebieden heen, waarmee de natuurlijke afstroming van het water werd versneld (de zogenaamde prise d'eau's). Tenslotte moesten putten geslagen worden om de dalende grondwaterspiegel te 'volgen' en om tevens aan de stijgende vraag naar water te voldoen. Hierdoor daalde de grondwaterstand nog sterker, plaatselijk tot vele meters diep.

De winning van grondwater kan aldus diep ingrijpen in de waterhuishouding van een gebied. Hierbij kunnen drie typen gevolgen voor het abiotisch milieu worden onderscheiden; deze zijn:

- een al dan niet plaatselijke daling van de gemiddelde grondwaterstand, te zamen

met een vergroting van de fluctuaties daarin;

- een met de verlaging van de grondwaterstand samengaande toenemende doorluchting van de bodem, waardoor een versterkte mineralisatie van organisch materiaal optreedt;

- een effect op grotere afstand door een invloed op kwelwaterstromen.

Bedacht moet worden dat naast grondwaterwinning er ook andere factoren in het duingebied werkzaam zijn, dit tot een verlaging van de grondwaterspiegel leiden. Deze zijn met name:

- een versmalling van het duingebied door kustafslag of door zandafgravingen aan de binnenduinrand;

- beplantingen, met name met bos, waardoor de verdamping toeneemt (een droge duinvegetatie verdampt ca. 300-400 mm per jaar, een naaldbos op droog duinterrein 500-600 mm, bij een neerslag van gemiddeld 750 mm);

- veranderingen in het achterland, zoals verlaging van polderpeil, het droogmalen van meren en het graven van kanalen;

- klimaatsveranderingen.

Door Bakker et al. (1979) is voor het gehele Nederlandse duingebied onderzoek gedaan naar de relatieve betekenis van deze verschillende factoren. Een van hun conclusies is, dat in de meeste duingebieden van het vasteland waarin geen infiltratie plaatsvindt, de waterwinning de voornaamste oorzaak van de verdroging vormt. Voorbeelden van sterk verdroogde gebieden vormen de Kennemerduinen en het zuidelijke deel van de Amsterdamse waterleidingduinen (de Luchterduinen). Ook op de Waddeneilanden is de verdroging ten gevolge van de waterwinning een factor van betekenis; daar gaat het tot nu toe echter meestal om effecten van meer plaatselijke aard.

Op zich kan een betrekkelijk geringe daling van de grondwaterstand<sup>kan)</sup> al over een grote oppervlakte gevolgen hebben. De oorzaak hiervan is dat het grondoppervlak van de duinvalleien, ten gevolge van het feit dat deze laatste bij hun ontstaan tot aan de grondwaterspiegel zijn uitgestoven, in de buurt van de oorspronkelijke grondwaterspiegel gelegen is. Een geringe daling kan dan meteen een hele vallei of een stelsel van valleien beïnvloeden. Van oorsprong bestond ongeveer eenderde van het gehele duingebied van het vaste land uit nat of vochtig terrein (Londo, 1972).

### **Gevolgen voor de plantengroei**

De daling van de gemiddelde grondwaterstand en de extra lage zomerwaarden daarin hebben tot gevolg dat vochtige en natte valleien verdrogen en dat de plantensoorten daarin, die aan de aanwezigheid van het grondwater of oppervlaktewater

gebonden zijn, zullen afnemen of verdwijnen. Voor een beschrijving van de gevolgen kunnen de plantengemeenschappen worden ingedeeld naar hun afhankelijkheid van de grondwaterstand. Zo maakte Londo (1971) voor de duinen een onderscheid tussen gemeenschappen van open water (hydroserie), die welke op plaatsen voorkomen die periodiek onder water staan (hygroserie), die welke aan vochtige gebieden gebonden zijn maar die nooit onder water staan (mesoserie) en die welke buiten de invloed van het grondwater voorkomen (xeroserie).

Karakteristieke aan vochtige omstandigheden gebonden vegetatietypen in de duinen zijn o.a. de lage moerasvegetaties uit de hygroserie, vochtige graslanden en vochtige pioniervegetaties uit de mesoserie en verder de meer landinwaarts gelegen vochtige berkenbossen, die een zeer rijke onderbegroeiing kunnen hebben.

De vegetatie vormt dikwijls een ringvormige zonering die door de afstand tot het grondwater, respectievelijk de periode van droogstand in het zomerhalfjaar, bepaald wordt. Een dergelijke fijnschalige zonering ontstaat vooral bij lage vegetaties in een vochtig, zacht glooiend terrein, zoals met name ook in duinvalleien aanwezig zijn; hier kunnen hoogteverschillen van minder dan 10 cm al in de samenstelling van de vegetatie tot uitdrukking komen (Van der Maarel, 1976).

De betekenis van het grondwater als differentiërende factor blijkt verder uit het feit dat van de 66 door Westhoff en Den Held onderscheiden vegetatieassociaties in het duingebied er 41 afhankelijk zijn van een hoge grondwaterstand (zie ook het hoofdstuk van Westhoff). Bij een daling van de grondwaterstand blijven alleen de gemeenschappen die tot de xeroserie behoren onbeïnvloed, afgezien van een invloed via het microklimaat. Bij de overige zien we hoe de ringvormige zonering als het ware inkrimpt en tenslotte verdwijnt.

Naast deze beschrijving op vegetatie-niveau zijn er ook classificaties van afzonderlijke plantesoorten beschikbaar die de afhankelijkheid van het grondwater en daarmee de gevoeligheid voor verdroging aangeven (o.a. Ellenberg, 1974; Londo, 1975a; Bakker et al., 1979). Volgens de indeling van Londo (1975a) zijn er onder de in totaal 860 plantesoorten van de gehele Nederlandse duinflora 300 soorten als 'grondwaterplanten' (freatofyten) geclassificeerd, d.w.z. soorten die in het duingebied alleen of voornamelijk bij een nabije aanwezigheid van het grondwater voorkomen. Figuur 1 laat als voorbeeld de achteruitgang van deze grondwaterplanten zien in een zevental duinvalleien bij Bergen aan Zee, waar sinds het begin van de eeuw de waterstand 1 tot 1,5 m gedaald is (uit Klijn, 1979).

De laatste vochtvegetaties zijn dan dikwijls te vinden in onnatuurlijke laagten in het terrein, zoals langs gegraven kanalen en in bomkraters. Zo gaf het onderzoek van het Centrum voor Milieukunde in het kader van de MER-waterwinning Zuid-



na alle verdroogd. Enkele zijn er nog over, vooral aan de rand van het Noord-hollands-Duinreservaat, bij Schoorl en Groet, vaak met een karakteristieke vegetatie met klimopwaterranonkel.

### **Gevolgen voor de vogelstand**

Naar de gevolgen van de grondwaterwinning voor de fauna in het duingebied zijn veel minder onderzoeken gedaan. Wat echter duidelijk in het oog springt is dat vooral voor de vogelstand de verdroging een sterke achteruitgang met zich meebrengt. Enkele getallen kunnen dit verduidelijken. Van de 121 regelmatige plus onregelmatige broedsoorten van de vastelandduinen (inclusief Voorne) zijn er naar schatting 47 in meerdere of mindere mate aan vochtig of nat biotoop gebonden (15 vochtpreferente soorten, 20 moerasvogels en 12 watervogels; Udo de Haes et al., 1980). Aangenomen mag worden dat het de soorten uit deze groepen zullen zijn die bij verdroging achteruit gaan of verdwijnen. Verder zijn de vochtige duingebieden ook voor foeragerende vogels en voor trekvogels van zeer groot belang. Indicatief zijn hier gegevens uit Meijndel: jaarlijks broeden er ca. 90 soorten en worden er 100-110 niet-broedende soorten waargenomen. Van deze soorten zijn er in totaal 60-70 aan de aanwezigheid van water gebonden (Van Dongen, 1974). In de volgende paragraaf over de gevolgen van de infiltratie, zal dieper op de vogelstand worden ingegaan.

### **Oppervlakte-infiltratie**

Zoals al in de inleiding werd gezegd, vormt de infiltratie van rivierwater een antwoord op het probleem, dat de grondwaterwinningen steeds meer de (technisch) duurzaam winbare hoeveelheid gingen overtreffen en op de zoetwatervoorraad werd ingeteerd. Als tussenvraag kan gesteld worden waarom de waterleidingbedrijven de duinen niet verlaten hebben toen de voorraad grondwater uitgeput raakte. Waarschijnlijk hebben praktische overwegingen hierbij de doorslag gegeven. Zowel uit het oogpunt van de zuiveringsaspecten als uit het oogpunt van de veiligheid van de voorraadvorming kan de produktie van drinkwater middels spaarbekkens vrijwel gelijk gesteld worden aan die door oppervlakte-infiltratie in de duinen (zie het Tweede Structuurschema Drink- en Industrierwatervoorziening, in voorbereiding).

Oppervlakte-infiltratie kent in principe twee (extreme) uitvoeringswijzen: een extensieve en een intensieve. Bij extensieve infiltratie worden natuurlijke valleien geïnundeerd, waarbij ook het drainagesysteem niet is gemaximaliseerd. Dit laatste leidt tot het optreden van kwelplassen op kleinere of grotere afstand van de infiltra-

tiebekkens. Voorbeelden vormen de oudere infiltratiewerken in Meijndel en in Berkheide van respectievelijk het Haagse en het Leidse waterleidingbedrijf. Intensieve infiltratie vindt plaats in daartoe gegraven bekkens, meestal in de vorm van lange, smalle, rechte kanalen, die zodanig worden gedraineerd dat geen kwelwater aan de oppervlakte komt. In verband met ruimtegebrek worden de laatste tijd vrijwel alleen nog intensieve infiltratiesystemen aangelegd, alhoewel plaatselijk nog tussenvormen worden gekozen. Uitgesproken voorbeelden van intensieve infiltratiewerken vormen de bekkens in het Noordhollands duinreservaat en het produktiegebied in de Luchterduinen.

Tot nu toe is ten behoeve van de totale (nog niet volledig benutte) infiltratiecapaciteit van ca. 200 miljoen  $\text{m}^3$ /per jaar niet minder dan 390 ha duingebied onder water gezet en een extra oppervlakte van 1180 ha vergraven (Melman, 1979). Uit het onderzoek van Van Dijk (1980) in Meijndel en Berkheide blijkt, dat in deze gebieden per produktiecapaciteit van 1 miljoen  $\text{m}^3$ /jaar gemiddeld 5 ha duinterrein nodig is, waarvan 2 ha openwater en een extra 3 ha vergraven terrein. In de loop van de tijd is, door intensivering van de opzet, de benodigde wateroppervlakte per eenheid produktie afgenomen; de vergraven oppervlakte nam echter overeenkomstig toe, zodat het totaal steeds op de hoge waarde van 5 ha per 1 miljoen  $\text{m}^3$ /jaar bleef liggen. Onderdeel van deze vergravingen vormen zandstorten en zogenaamde 'landschapsaanpassingen', waarbij getracht wordt de werken min of meer in het landschap in te passen.

### **Gevolgen voor de plantengroei**

De gevolgen van oppervlakte-infiltratie voor de plantengroei werden aanvankelijk gematigd positief beoordeeld, omdat een aantal van de oorspronkelijke vochtminnende soorten weer terugkwam (Boerboom, 1958, 1960). Bij verder onderzoek wijzigde het beeld echter aanzienlijk en maakte het aanvankelijke optimisme duidelijk plaats voor een grote teleurstelling. De resultaten van het onderzoek kunnen nu als volgt worden samengevat (Londo, 1966ab, 1975b; Van der Werf, 1974; Hoekstra, 1974; Van Dijk et al., 1978; Van Dijk, 1980). De ter plaatse aanwezige vegetatie verdwijnt, door vergraving of door inundatie. Hierbij gaan zeer waardevolle veelal tot Nederland beperkte vegetaties verloren, voornamelijk van de xeroserie (o.a. de zeldzame duinpaardebloem-gemeenschap); maar in een aantal gevallen verdwenen ook de laatste natuurlijke vochtplekken. Verder sterft langs de oevers van de bekkens en in de kwelgebieden de droogtevegetatie af.

In het water zelf kan een waterplantenvegetatie tot ontwikkeling komen, althans wanneer in dit water door middel van voorzuivering het orthofosfaatgehalte bene-

den een niveau van ca. 0,03 mg P/l gebracht wordt. Deze vegetatie is kenmerkend voor voedselrijk (eutroof) water; mesotrofie treedt pas op bij orthofosfaatgehalten van 0,003-0,015 mg P/l; oligotrofie bij minder dan 0,003 mg P/l (Leentvaar, 1970). De plantesoorten die verschijnen, zoals brede waterpest, hoornblad en aarvederkruid, zijn dan ook niet of nauwelijks voor de duinen karakteristiek (afgezien nog van het feit dat diepe open wateren op zich weinig natuurlijk zijn voor uitblazingsvalleien in de duinen). Zonder defosfatering van het infiltratiewater tot minder dan ca. 0,03 mg P/l treedt een dúsdanige algenbloei op dat door licht- en koolzuurbrek er geen hogere waterplanten meer groeien (Van Dijk, 1980). Deze ontwikkeling is niet alleen nadelig uit het oogpunt van natuurbehoud, maar ook van de waterwinning zelf in verband met de afscheiding van toxische stoffen door blauwwieren.

Langs de oevers van de infiltratiebekkens komt een dichte begroeiing tot ontwikkeling, waarin naast zich nieuw-vestigende vochtplanten ook ter plaatse nog aanwezige voedselminnende, van het grondwater onafhankelijke soorten zich sterk kunnen uitbreiden (o.a. duinriet en hondsdrif). Ook deze begroeiing is in hoge mate afhankelijk van de mate van voorzuivering van het infiltratiewater. Hierbij valt op dat ook bij lage fosfaatconcentraties nog steeds een vegetatie tot ontwikkeling komt die nauwelijks gelijkenis vertoont met de oorspronkelijke vochtflora. Zo bestonden de ca. 90 nieuwe plantesoorten, die door de infiltratie (merendeels tijdelijk) in Meijendel kwamen (toen het infiltratiewater nog niet zo fosfaatrijk was), maar voor één-derde uit soorten die eerder in dat gebied waren uitgestorven, terwijl er daarvan maar 8 karakteristiek voor de duinen waren te noemen; deze bleven bovendien bijna allemaal zeldzaam (Van der Werf, 1974). De verklaring hiervoor lijkt geleverd te zijn door Van Dijk (1980), die sterke aanwijzingen vond dat niet alleen de concentratie van de voedingsstoffen in het water van betekenis is, maar veeleer de belasting, d.w.z. het produkt van de concentratie en de stroomsnelheid van het infiltratiewater door het zandpakket. Zijn onderzoeksgegevens, die vooralsnog alleen gebaseerd zijn op orthofosfaat en niet totaal-fosfaat, resulteren in het volgende beeld (Van Dijk & Janssen, 1980):

- De natuurlijke belastingsniveau's met orthofosfaat liggen van 0-0,3 met zeer lokaal maximale waarden tot 1 g P/m<sup>2</sup>·jaar<sup>-1</sup>. Hierbij kunnen de natuurlijke vegetaties van de vochtige duinvalleien tot ontwikkeling komen, mits ook andere voorwaarden zijn vervuld. Vooral gaat het hier om beheersmaatregelen die het pionierkarakter van de vegetatie bevorderen, zoals uitstuiven, begrazing en maaien.
- Bij een voorzuivering tot 0,03 mg P/l ontstaan, bij gangbare stroomsnelheden van 100-200 m/jaar, bruto belastingsniveau's van 3-6 g P/m<sup>2</sup>·jaar<sup>-1</sup>. Hierbij kan een storingsvegetatie met daarin een bedekking van boven de 50% met ruigtesoorten

als duinriet, watermunt, wolfspoot, akkerdistel, harig wilgenroosje, koninginnekruid en grote brandnetel verwacht worden, maar waarin nog vele andere, meestal voor de duinen niet-karakteristieke soorten kunnen optreden.

– Zonder voorzuivering ontstaan bruto-belastingswaarden tot boven de  $30 \text{ g P/m}^2\text{-jaar}^{-1}$ . Tussen de  $6$  en  $20 \text{ g P/m}^2\text{-jaar}^{-1}$  bereiken de 6 genoemde soorten te zamen een bedekking van 100%. Bij waarden boven de  $60 \text{ g P/m}^2\text{-jaar}^{-1}$  zijn de vier laatstgenoemde soorten – de meest extreme ruigtesoorten – nog maar als enige soorten aanwezig. Voorts speelt bij deze verruiging waarschijnlijk ook het onnatuurlijke fluctuatiepatroon van de waterstand een rol.

Uit het onderzoek van Van Dijk (1980) blijkt dat de verruiging van de oevers van de infiltratieplassen al zeer ver is voortgeschreden, ook in die gebieden waar al kortere of langere tijd van voorgezuiverd water gebruik gemaakt wordt. In Meijendel, Berkheide, Solleveld (de Westlandse duinen) en de Luchterduinen wordt gemiddeld 70% van alle infiltratieoevers bedekt door de zes hierboven genoemde soorten (bij een totale bedekking van gemiddeld 85% (Van Dijk & Janssen, 1980)).

Voor de kwelplassen geldt dezelfde afhankelijkheid van de fosfaatbelasting als hierboven werd aangegeven. Door bijmenging met regenwater en door adsorptie van fosfaat aan de bodem kan echter verwacht worden dat de schade geringer zal zijn dan langs de infiltratieplassen; ook het fluctuatiepatroon zal, vooral in de verderweg gelegen kwelplassen, natuurlijker kunnen zijn. Uit het genoemde onderzoek van Van Dijk blijkt dat dit alles maar gedeeltelijk het geval is. Inderdaad is de verruiging van de kwelplassen gemiddeld nog minder ver voortgeschreden. Toch blijkt deze zich al over grote afstanden (meer dan 300 m vanaf de infiltratieplassen) te kunnen uitstrekken. Tevens werd hierbij een negatief verband aangetoond tussen de bedekking met de zes ruigtesoorten enerzijds en de diversiteit van de overige aanwezige plantesoorten anderzijds.

Ter verklaring van de verruiging van de oevers van de kwelplasjes is door Van Dijk nader onderzoek gedaan naar de verspreiding van het fosfaat over de duingebieden. Het bleek dat, althans in gebieden met weinig veen in de bodem, al op grote schaal verspreiding van fosfaat door de bodem plaatsvindt. Bij verlaging van de fosfaatconcentratie van het infiltratiewater bleek voorts desorptie te kunnen gaan optreden van de in de bodem geaccumuleerde fosfaten. Dat het om zeer grote hoeveelheden gaat blijkt wel uit de gegevens van Steenkamp & De Groot (1979). Zowel in Meijendel, Berkheide als de Luchterduinen is tot nu toe meer dan 80 ton P in de vorm van orthofosfaat ingebracht (respectievelijk meer dan 100 ton P als totaal fosfaat). Het merendeel hiervan ligt thans nog in de bodem geaccumuleerd (Steenkamp, 1979). Deze toevoer van fosfor kan primair betrokken worden op de opper-

vlakke van de infiltratiebekkens (de 330 ha voor de drie gebieden te zamen); dit resulteert in een hoeveelheid van gemiddeld 700 kg P/ha. Door de verspreiding van het fosfaat over de gebieden blijft het effect echter niet tot de genoemde oppervlakte beperkt.

Een laatste punt is dat in Meijndel zelfs de laatste kwelplasjes, die nog niet onder invloed van het infiltratiewater staan, waarschijnlijk tengevolge van onnatuurlijke waterstandsveranderingen met duinriet aan het dichtgroeien zijn.

Dit alles leidt tot de conclusie dat, zelfs wanneer voorzuivering van het infiltratiewater plaatsvindt tot regenwaterkwaliteit, nog steeds geen natuurlijke ontwikkeling van de vochtvegetatie verwacht mag worden: de hoge doorstroomsnelheid van het infiltratiewater en de onnatuurlijke schommelingen staan een dergelijke ontwikkeling in de weg. Samengevat kunnen de gevolgen van infiltratie voor de plantengroei getypeerd worden door de uitspraak van Londo (1975c): 'infiltreren is nivelleren'.

Een aparte plaats nemen tenslotte de gevolgen van de vergravingen in, die al verschillende malen genoemd zijn. Vergravingen zijn nodig bij de aanleg van de infiltratiebekkens, het storten van het overtollige zand en het leggen van toevoerleidingen, drainageleidingen en puttenseries. Bij deze laatste zijn de vergravingen meestal periodiek van karakter (elke 40-50 jaar). Bij vergraving gaat niet alleen de aanwezige vegetatie geheel verloren, er vinden ook zodanige veranderingen in de gesteldheid van de bodem plaats, dat het herstel van de vegetatie tot de oorspronkelijke toestand zeer kan worden vertraagd en zelfs onmogelijk wordt.

Van nature is er een grote differentiatie in de gesteldheid van de bodem in de duinen (Boerboom, 1963). Op macro-niveau zijn er in het bijzonder twee processen van belang als oorzaak voor het ontstaan van deze differentiatie. Het eerste vormt de uitspoeling van kalk door het regenwater, waardoor de pH daalt en de afbraak van humus wordt geremd (bodenvorming). Het andere vormt de verstuiwing die als verjongingsproces polair tegenover de bodenvorming staat en die van nature vanuit zee in landinwaartse richting in intensiteit afneemt. De beide processen samen leiden ertoe dat er een zonering in de vegetatie aanwezig is, met stuifduinvegetaties in de zeereep en lage struwelen daarachter, met een mozaïek van mosvlakten, grazige vegetaties en struwelen in het middenduin en met hoge struwelen en bossen in het binnenduin (Doing, 1966, 1974). Hiernaast is er ook op microschaal sprake van een verscheidenheid van bodemtypen, afhankelijk van verschillen in expositie en in bodemvochtigheid, die een verdere afwisseling in de vegetatie met zich meebrengt.

Vergravingen hebben evenals verstuiwingen een verjongende invloed op de bodemgesteldheid. De verschillen zijn echter dat na vergraving niet opnieuw een natuurlijk reliëf ontstaat; dat vergravingen niet geleidelijk en sterk gespreid plaats-

vinden en ook niet volgens een afnemende gradiënt vanaf de zee; dat bij vergraving steeds de gehele vegetatie verloren gaat waardoor een nieuwe vestiging wordt bemoeilijkt; en tenslotte dat bij vergravingen niet tot aan het grondwater uitgestoven kommen ontstaan, die de successie van een natuurlijk vochtige valleivegetatie mogelijk maken (mits ook natuurlijk grondwater aanwezig is).

Om deze redenen werken vergravingen juist nivellerend op de vegetatie: overal ontstaan grote vlakten met 'droge' pioniersoorten, voorzover daar vestigingsmogelijkheden voor aanwezig zijn tussen de inplant van helm en duindoorn. Deze inplant vond weliswaar al van oudsher plaats, maar lang niet zo systematisch als nu door de waterleidingbedrijven (en de zeereep-beheerders!) gebeurt.

Nu zou gesteld kunnen worden dat de gevolgen van vergraving minder ernstig zijn omdat de plantengroei zich toch weer kan herstellen. Het herstel van de oorspronkelijke vegetaties duurt echter lang, en wel steeds langer naarmate de vergraving in een gebied plaatsvindt waar de bodenvorming en de ontwikkeling van de vegetatie verder waren voortgeschreden. Zo toonde Van Dijk (1980) aan dat in de meest uitgeoogde zones zelfs na 80 jaar nog geen volledig herstel van de oorspronkelijke bodemgesteldheid en van de vegetatie is opgetreden. In het algemeen, zo blijkt uit dit onderzoek, herstelt de kruidlaag zich kwantitatief al redelijk na 5-10 jaar, maar kwalitatief pas na 40-80 jaar, terwijl hogere struwelen en bossen, maar ook uitgeoogde korstmosvlaktes na 80 jaar nog weinig tekenen van herstel vertonen. Bij een periodieke vergraving eens per 40-50 jaar zal dus maar zelden volledig herstel van de vegetatie kunnen optreden. De in totaal ca. 1200 ha vergraven duinterrein betekenen dan ook een zeer groot verlies voor de plantengroei.

### **Gevolgen voor de vogelstand**

De gevolgen van infiltratie voor de vogelstand zijn van geheel andere aard. Lange tijd werden deze alleen maar positief beoordeeld: er kunnen ca. 20 nieuwe broedvogelsoorten worden verwacht, terwijl de infiltratiegebieden ook van grote betekenis zijn voor de trekvogels.

Toch vond onlangs een duidelijke nuancering van dit beeld plaats door een (oriënterend) onderzoek waarbij de aantallen soorten broedvogels vergeleken werden van een achttal Zuid- en Noordhollandse duingebieden. Hieronder bevonden zich zowel natuurlijke vochtige gebieden, extensieve infiltratiegebieden als intensieve infiltratiegebieden (Udo de Haes et al., 1980). De resultaten van dit oriënterende onderzoek kunnen als volgt worden samengevat (fig. 2).

Ten opzichte van de verdroogde toestand neemt het aantal broedvogelsoorten onder invloed van infiltratie (sterk) toe. Deze toename betreft in hoofdzaak water- en

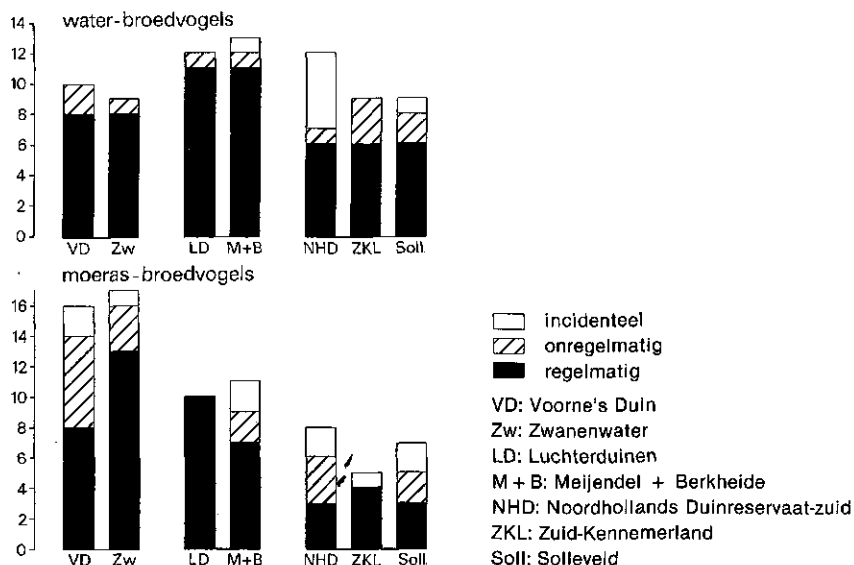


Fig. 2. Aantallen soorten water- en moerasvogels in de verschillende duingebieden. Alleen broedvogels; gegevens over de periode 1970 t/m 1979. (Uit Udo de Haes et al., 1980.)

moerasbroedvogels. Over de vraag in hoeverre aan droog terrein gebonden soorten afnemen bestaat nog geen voldoende duidelijkheid.

Ten opzichte van de natuurlijke vochtige toestand, zoals geschat uit gegevens over Voorne en het Zwanenwater, wordt voorlopig geconcludeerd dat:

- bij een extensieve winningsmethode het aantal soorten watervogels groter is dan in natuurlijke vochtige duingebieden; de oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de veel grotere wateroppervlakte in de infiltratiegebieden;
- bij een extensieve winningsmethode het aantal soorten moerasvogels lager is dan in de natuurlijke vochtige gebieden, ondanks het feit dat de oppervlakte moerasgebied niet altijd kleiner is; met name de zeldzame soorten blijken te ontbreken (zoals bruine kiekendief, porseleinhoen en baardmannetje);
- bij een intensieve winningsmethode zowel het aantal water- als moerasbroedvogels lager is dan in de natuurlijke vochtige gebieden (bij gelijke wateroppervlakte maar veel kleinere moerasoppervlakte); ook hier betreft het bij de moerasvogels vrijwel alleen vrij algemene tot zeer algemene soorten (zoals rietgors, bosrietzanger en waterhoen).

Bij een interpretatie van deze gegevens moet worden bedacht dat de aan droog terrein gebonden soorten, waarvan verwacht kan worden dat ze in aantallen broedparen zullen afnemen, merendeels zeer karakteristiek zijn voor de duinen. De moerasvogels zijn dat in mindere mate omdat deze ook, en zelfs in veel hogere dichtheden, in andere Nederlandse landschappen broeden; zij behoren echter wel in de duinen thuis. Bij de watervogels is het zelfs de vraag in hoeverre deze oorspronkelijk in de hier beschouwde duingebieden gebroed hebben, zeker in de huidige dichtheden, ge-

geven het feit dat in de vastelandduinen van nature maar weinig echte (permanente) meren voorkwamen. In hoeverre de drie typen vochtgebieden ook verschillen in betekenis voor de trekvogels is nog niet onderzocht.

### **Gevolgen voor het landschap**

Veel meer dan bij de grondwaterwinning het geval is hebben de infiltratiewerken invloed op de verschijningsvorm van het landschap. Ook bij grondwaterwinning zijn er aanzienlijke gevolgen, te weten het verdwijnen van alle natte en vochtige valleien. Wat er overblijft biedt nog een natuurlijke aanblik. Voor infiltratievelden is dit echter steeds minder het geval.

Ook in landschappelijk opzicht blijkt er een groot verschil te bestaan tussen de gebieden met de beide onderscheiden typen winningssystemen. Inundatie van oorspronkelijke valleien die gepaard gaat met beperkte vergravingen kan tot op zekere hoogte als een herstel van differentiatie worden beschouwd, dat min of meer aansluit bij de oorspronkelijke landschapsopbouw.

De gunstige gevolgen voor de verschijningsvorm van het landschap gelden echter niet voor gebiedsdelen met een intensief winningssysteem. De rechte kanalen met steile oevers, de onnatuurlijke storten van zand langs de kanten en de kunstmatig aandoende 'landschapsaanpassingen' vormen een ernstige verstoring van het landschapsbeeld. Dit beeld wordt nog geaccentueerd door de helminplant op de vergraven terreingedeelten, de ruigtevegetaties langs de oevers van de infiltratiekanalen en verder door de vele verstedelijkende elementen zoals ontsluitingswegen, pompgebouwen en puttenseries. Een indruk van de versnippering van het duingebied die onder invloed van de waterwinning ontstaat levert het duidelijk sprekende voorbeeld van de kaart van Berkheide (fig. 3). Voor dit gebied is, ter uitbreiding van de winning, een aanvraag ingediend voor het aanleggen van nog eens 10 km drainageleiding, veelal juist door nu nog onversneden terreingedeelten.

### **Mogelijke oplossingen**

#### **Uitgangspunten**

In de vorige paragraaf zijn de relaties tussen de waterwinning en het natuurbehoud in de duinen uitgewerkt, zowel voor wat betreft de bescherming die de duinen onder invloed van de waterwinning ondervinden als de verschillende vormen van aantasting. De beschermende functies zijn wezenlijk en zullen, althans voor vele gebieden, ook in de toekomst niet gemist kunnen worden. De aantastingen zijn echter zo groot, dat de situatie voor het natuurbehoud niet meer aanvaardbaar is. Dit oor-

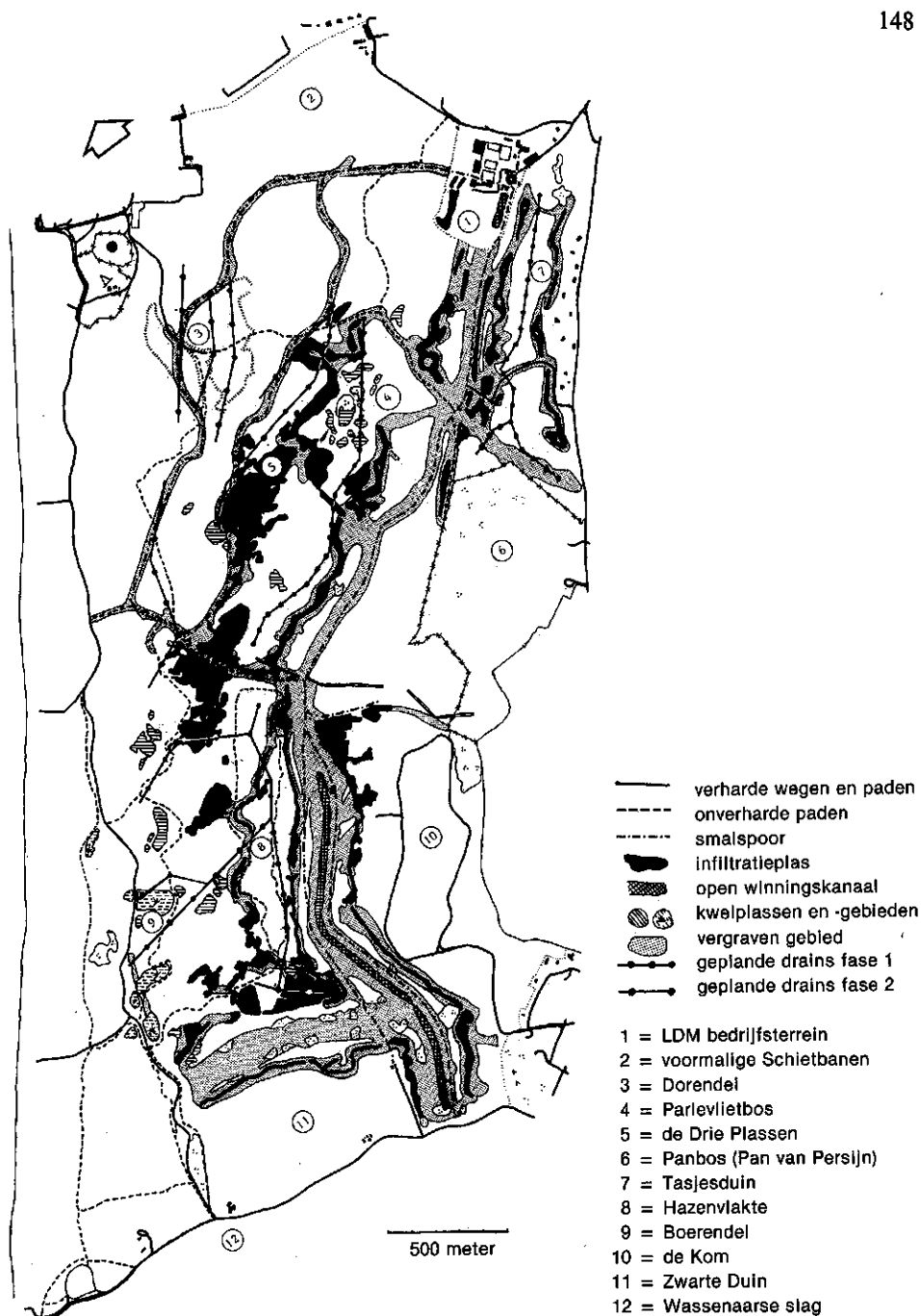


Fig. 3. Overzicht Berkheide en een aantal invloeden van waterwinning. (Uit Vertegaal et al., 1979.)

deel moet gezien worden tegen de achtergrond dat de duinen, zowel in nationaal als internationaal opzicht van uitzonderlijke betekenis voor het natuurbehoud zijn.

Het probleem wordt nog klemmender als bedacht wordt welke uitbreidingsplannen van waterleidingbedrijven in het verschiet liggen: uitbreiding van de infiltratie op Schouwen en op Goeree van ca. 2 naar ca. 4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, in het Solleveld (Monster) van 3 naar 15, in Meijendel (Den Haag) van 45 naar 65, in Berkheide (Leiden) van 17 naar 40, in de Kennemerduinen (o.a. Haarlem) van de huidige proefinfiltratie van 1 tot 28 of zelfs 36 en in het Noordhollands Duinreservaat van 22 tot ruim 50 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (bron: Tienjarenplan van de VEWIN).

Voor werkelijke oplossingen voor het natuurbehoud gelden de volgende drie uitgangspunten:

- een zodanige beperking van de grondwaterwinning, dat deze binnen de randvoorwaarden van de natuurbescherming is gebracht;
- een beëindiging van de huidige oppervlakte-infiltratie;
- de handhaving van een zodanige betekenis van het duingebied voor de waterwinning dat een blijvende bescherming gewaarborgd is.

Daarnaast moet – vanzelfsprekend – het uitgangspunt gelden van een veilige en betrouwbare drinkwatervoorziening die aan de vraag, zeker voorzover deze de volksgezondheid betreft, voldoet.

Op de technische kant van het natuurbeheer, en in het bijzonder op de vraag welke maatregelen genomen zullen moeten worden om de huidige schade aan de diverse duingebieden te herstellen, zal hier niet verder worden ingegaan. Gewezen zij slechts op het feit dat herstel na verdroging, hoe moeilijk op zich ook, relatief nog eenvoudig zal zijn vergeleken met herstel van een natuurlijk duinmilieu na beëindiging van oppervlakte-infiltratie.

De vraag waar het hier om gaat is welke rol de duinen, vanuit het natuurbehoud gezien, voor de waterwinning kunnen blijven vervullen en welke verdere alternatieven er voor de waterwinning zijn. Hieraan kan de vraag voorafgaan in hoeverre met besparingen op het waterverbruik oplossingen kunnen worden bereikt. Duidelijk is dat door de huidige afzwakking van de groei, vooral door de besparingen in de industrie, de druk wat van de ketel is. Bij de bovengenoemde inperkingen van de huidige duinwaterwinning zal dit nooit voldoende kunnen zijn en zal ook in de productiesfeer naar andere mogelijkheden moeten worden gezocht. Wel biedt de huidige afname van de groei meer ruimte voor een goed onderzoek in die richting.

### **De mogelijke toekomstige rol van de duinen voor de drinkwatervoorziening**

Als de grondwaterwinning sterk in capaciteit wordt teruggebracht zal deze alleen maar plaatselijk een kwantitatieve rol van betekenis kunnen spelen (bijvoorbeeld op de Waddeneilanden, maar zeker ook daar in een te beperken omvang). Maar dit is niet de enige rol die het grondwater kan spelen: een tweede functie is die als calamiteitsvoorraad voor situaties dat de andere produktiesystemen uit zouden vallen. Hiervoor is een stelsel van diepe putten nodig dat ook duurzaam (op laag niveau) in gebruik gehouden wordt. Een plotselinge sterke inschakeling zal dan, afhankelijk van aanwezige kleilagen, tot een aanzienlijke daling van de grondwaterstand kunnen leiden. Zolang een dergelijke daling maar een enkel groeiseizoen betreft, lijken de gevolgen niet al te groot te zijn. Zo bleek op Voorne dat, na de droge zomer van 1976 waarin de waterstand ca. 40 cm lager was dan normaal, de vegetatie zich weer goed herstelde (behalve op plaatsen met meer humusrijke bodem) (Van der Laan, 1979).

Het volgende punt betreft de infiltratie. Wanneer de oppervlakte-infiltratie wordt beëindigd hoeft dit nog niet een beëindiging van alle infiltratieactiviteiten te betekenen. Er is namelijk geen nieuwe techniek ontwikkeld, die nu in technische zin vrijwel operationeel is en die in sommige opzichten minder schadelijk voor de natuur lijkt te kunnen zijn, te weten diepte-infiltratie met behulp van persputten. Hierbij wordt het infiltratiewater onder overdruk in de bodem geïnfilteerd en op andere plaatsen weer opgepompt. De functie hiervan is, evenals bij oppervlakte-infiltratie, primair voorraadvorming met daarbij piekafvlakking van diverse parameters en in beperkte mate zuivering van het water. Voor de waterwinning is het voordeel van dit systeem dat ondergrondse opslag veiliger is dan voorraadvorming die (gedeeltelijk) boven de grond plaatsvindt. Uit het oogpunt van natuurbehoud zijn er twee belangrijke voordelen. In de eerste plaats kan het ruimtebeslag geringer worden, omdat geen infiltratiebekkens behoeven te worden aangelegd. In de tweede plaats kunnen de hydrologische gevolgen beperkt blijven wanneer lokaties onder een weerstandslaag gekozen worden. Dit laatste zou mogelijk zijn in verschillende duingebieden, die bij diepte-infiltratie een relatief natuurlijke waterhuishouding in het freatische (dat is het bovenste watervoerende) pakket zouden kunnen krijgen.

Er zijn echter toch nog steeds aanzienlijke problemen te verwachten (Salman, 1980). Het voornaamste vormen wel de vergravingen die voor het aanleggen van de puttenseries nodig zijn. De pers- en zuigputten zullen namelijk op bepaalde — slechts binnen beperkte grenzen variabele — afstanden ten opzichte van elkaar moeten liggen; dit betekent dat lang niet altijd gebruik gemaakt zal kunnen worden van tracés van bestaande wegen of drainageleidingen. Het is nog niet duidelijk in hoe-

verre dit probleem opgelost zal kunnen worden door pers- en zuigputten alternerend in enkele reeksen te plaatsen, die zeker makkelijker kunnen worden ingepast. Dit geldt eens te meer als bij het aanleggen meer aandacht besteed gaat worden aan het sparen van het natuurlijk reliëf. Een volgend probleem levert het onderhoud van de persputten. Deze moeten namelijk, afhankelijk van de mate van voorzuivering van het infiltratiewater, regelmatig ( $1 \times$  per week tot  $1 \times$  in de paar maanden) worden geregenereerd (d.w.z. schoongespoeld om verstopping tegen te gaan). Dit betekent een voortdurende aanwezigheid van tankauto's langs de puttenseries en daarmee het risico van een aanzienlijke verstoring van de vogelstand. Ook bestaat de mogelijkheid dat de putten af en toe met chloor moeten worden behandeld.

Concluderend kan gezegd worden dat hier zeker mogelijkheden aanwezig zijn, die ook tot een continuering van de zeer wenselijke planologische bescherming leiden. Gezien de problemen en risico's die diepte-infiltratie in de duinen met zich meebrengt zal echter zeker ook naar andere oplossingen moeten worden gezocht.

### **Mogelijkheden buiten de duinen**

Tenslotte de vraag welke meer milieuvriendelijke produktiemogelijkheden er zijn buiten de duinen, die van betekenis kunnen zijn voor de verzorgingsgebieden van de duinwaterleidingbedrijven. Hier een kort, maar niet volledig overzicht; voor een meer uitgebreide behandeling zij verwezen naar Udo de Haes et al. (1980).

Een eerste groep van mogelijkheden betreft voorraadvorming d.m.v. spaarbekkens. Nadrukkelijk wordt hier niet bedoeld dat, om de duinen te sparen, dan maar een vierde bekken in de Biesbosch moet worden aangelegd. Wel is een mogelijkheid om voor de korte en middellange termijn gebruik te maken van de enorme overcapaciteit die de huidige Biesboschbekkens hebben. Deze zou voldoende zijn om tot 1990 de tekorten van alle Zuidhollandse duinwaterleidingbedrijven te dekken (Vertegaal & Udo de Haes, 1978); wel zou hierbij een uitbreiding van het zuiveringsstation in Kralingen nodig zijn. Een oplossing voor langere termijn zou zijn dat door een aangepaste bedrijfsvoering de capaciteit van de huidige bekkens wordt vergroot. Een mogelijkheid daartoe ontstaat bij een verlaging van de huidige grenswaarde ten aanzien van de Maas ( $25 \text{ m}^3$  per seconde), waarbeneden geen water uit deze rivier meer mag worden onttrokken, hetgeen in 1976 al feitelijk is gebeurd. Ook een beperkte verkorting van de huidige verblijftijd van 3 maanden geeft al een belangrijk capaciteitsuitbreiding (beide te zamen leveren een uitbreiding van ca.  $50$  miljoen  $\text{m}^3$  per jaar).

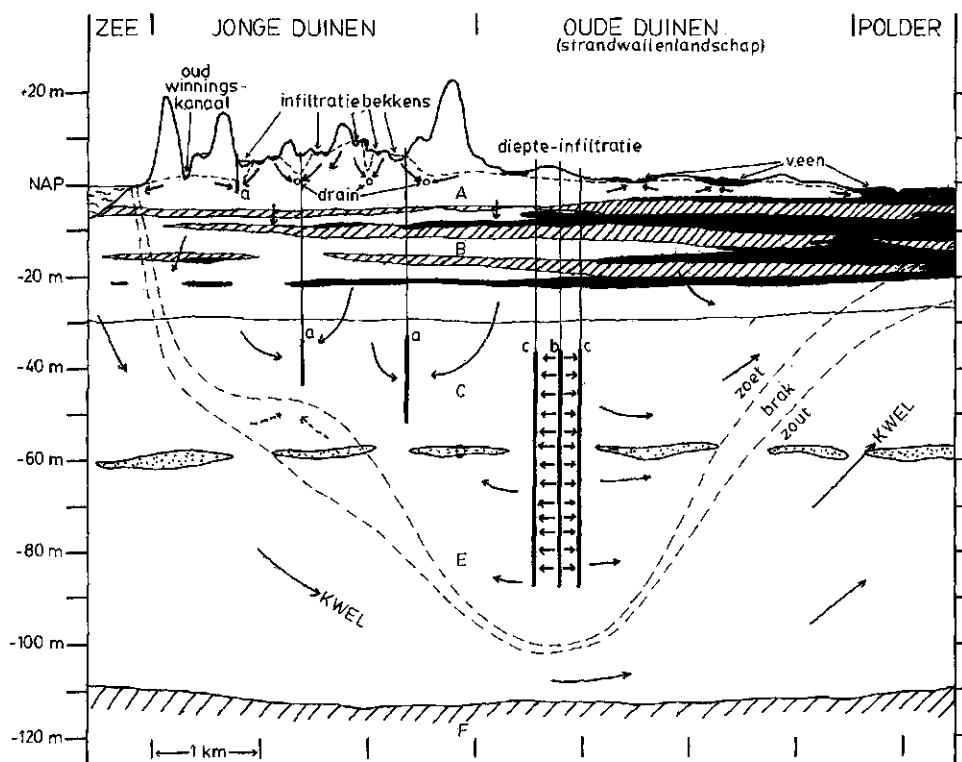
Andere mogelijkheden voor spaarbekkens zijn die in Zuidelijk Flevoland en in het IJsselmeer. Een spaarbekken in Zuidelijk Flevoland zou, bij zorgvuldige lokatiekeu-

ze, nauwelijks schadelijk behoeven te zijn voor het natuurlijk milieu. Dit bekken zal ook in veel ruimer opzicht van betekenis kunnen zijn, voor al ter vermindering van de grondwaterwinning in het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug. Een spaarbekken in het IJsselmeer lijkt in eerste instantie, gezien de landschappelijke gevolgen, bepaald minder gunstig. In het recente rapport van de Commissie Spaarbekken IJsselmeer wordt echter ook de mogelijkheid genoemd van het gebruik van een deel van het huidige IJsselmeer als voorraad; in dat geval zou alleen een klein analysebekken behoeven te worden aangelegd.

Een tweede type oplossing betreft de zogenaamde oever-infiltratie. Deze methode lijkt primair van belang langs de Lek; de gevolgen voor de plantengroei en de vogelstand vormen nu een punt van onderzoek. Ook een variant van deze methode lijkt interessant, namelijk het gebruik van zandputten voor de infiltratie, met een terugwinning van het water langs de oevers ervan. Een plaatskeuze is nodig, met een voldoende diepe ligging van het zoet-zout-grensvlak (De Groot & Drijver, in druk).

Een derde mogelijkheid vormt opnieuw de diepte-infiltratie, maar nu in andere zandige gebieden met een voldoende dikke laag zoetwater in de bodem. Uitgaande van plaatsen met een watervoerend pakket van tenminste 40 m dik, met een chlooridegehalte van duidelijk onder de 500 mg/l en tevens met een goed ontwikkelde weerstandslaag erboven, lijken – op grond van de studie van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in Wageningen naar de hydrologie en de waterkwaliteit van het midden van West-Nederland – met name plaatsen in het strandwallenlandschap en langs de Oude Rijn mogelijk (bij Santpoort en Bloemendaal bijvoorbeeld met een gezamenlijke capaciteit van ca. 40 miljoen, bij Wassenaar ca. 80 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Voor een overzicht van deze mogelijkheid, zie figuur 4, waarin tevens ook de huidige grondwaterwinning en oppervlakte-infiltratie in de duinen zijn weergegeven. Het lijkt zeer de moeite waard om hier proefprojecten te starten, vooral ook omdat de vergravings- en verstoringsschade mogelijk beperkt zal kunnen blijven; de putten kunnen misschien in de trotoirs en de bermen langs (niet te drukke) wegen worden aangelegd. Een dergelijk winningssysteem zou overigens uit het oogpunt van de volksgezondheid een duidelijke vooruitgang betekenen vergeleken met vele daar ter plaatse bestaande grondwaterwinningen.

Een probleem bij de keuze van het strandwallenlandschap voor diepte-infiltratie wordt gevormd door de (potentiële) verontreinigingen in dit gebied. Hierdoor zou minder eenvoudig voldaan kunnen worden aan de recent opgestelde richtlijnen omtrent de bescherming van waterwingebieden. Hier ligt een belangrijk gevaar, namelijk dat deze nieuwe richtlijnen gaan resulteren in een vlucht voor (potentiële) verontreinigingen van de bodem in plaats van deze te helpen bestrijden. De natuur-



- A Bovenst watervoerend pakket, bestaand uit oud en jong duinzand (soms met dunne veenlenzen). Dikte watervoerend pakket 6 à 10 m. Holocene oorsprong.
- B Eerste weerstandslaag, bestaand uit veen, zeeklei en slihboudend zeezand (wadafzettingen). Dikte 15 à 30 m; weerstand sterk variabel. Holocene oorsprong, onderkant jong pleistoceen.
- C Middelst watervoerend pakket, bestaand uit grof rivierzand. Dikte 20 à 100 m. Jong-pleistocene oorsprong.
- D Tweede weerstandslaag, bestaand uit kleiëem en zand. Soms ontbrekend, soms goed ontwikkeld. Dikte 5 à 30 m. Midden-pleistocene oorsprong.
- E Onderst watervoerend pakket, bestaand uit rivierzand (en kleilaagjes). Dikte 50 à 70 m. Midden-pleistocene oorsprong.
- F Hydrologische basis, bestaand uit zeeklei beginnend op 100 à 160 m – NAP. Oud-pleistocene oorsprong.
- a Zuigputten t.b.v. grondwaterwinning
- b Persputten t.b.v. diepte-infiltratie
- c Zuigputten t.b.v. diepte-infiltratie
- Grondwaterstand (freatisch vlak)

Fig. 4. Schematisch overzicht van de geohydrologische situatie in de duinen, de invloed van de waterwinning en de mogelijke inpassing van diepte-infiltratie hierin (ontwerp Ton Roeloffzen). (Uit Salman, 1980.)

gebieden zouden dan eens te meer onder druk komen te staan. Het is van groot belang dat de waterwinning en het natuurbehoud hier werkelijk gezamenlijk actie ondernemen.

Verder kan de mogelijkheid van hyperfiltratie genoemd worden ('omgekeerde osmose') waarbij het te zuiveren water door membranen geperst wordt. Het ruwwater vormt hierbij het knelpunt. De gemakkelijkste bron wordt gevormd door brakwater dat met dit proces ontzout wordt; maar dat is maar in beperkte hoeveelheid als duurzame (bij gebruik niet verder verziltende) bron aanwezig. Ontzilting van zeewater vergt (nog) teveel energie en zuivering van oppervlaktewater met deze methode is nog niet operationeel. Verder onderzoek in deze richting is zeer gewenst, omdat invoering van dit systeem een sterke beperking van de noodzaak tot voorraadvorming met zich mee zou kunnen brengen.

## Slot

Uit het bovenstaande volgt dat er ruime mogelijkheden aanwezig zijn voor meer milieuvriendelijke produktiemethoden, gedeeltelijk binnen maar zeker ook buiten de duinen. In deze richting worden ook op beleidsniveau al verschillende onderzoeken uitgevoerd, zoals de milieueffectrapportage Waterwinning Zuid-Kennemerland en het zogenaamde Integraal Onderzoek Drinkwatervoorziening Zuid-Holland. Van groot belang is dat, wanneer het waterwinningsbeleid in een meer milieuvriendelijke richting kan worden omgebogen, alle aandacht weer gericht kan worden op die punten waarop de beide belangen parallel lopen en waarbij samenwerking mogelijk en noodzakelijk is. Dat geldt voor samenwerking bij (1) de bescherming en het beheer van de betrokken duingebieden, (2) een effectieve milieuhygiënische bescherming van de bodem in andere voedingsgebieden en (3) — in feite het belangrijkste — het bestrijden van de vervuiling van de internationale rivieren.

## Literatuur

- \*Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1979. Onderzoekproject Nederlandse duinvalleien. Studie- en Informatiecentrum TNO voor milieuonderzoek, Delft. Zie tevens samenvatting: Duinen en duinvalleien. Pudoc, Wageningen, 1979.
- Boerboom, J.H.A., 1958. Wijzigingen in flora en vegetatie der Haagse duinen ten gevolge van de bevoeding met rivierwater. De Levende Natuur 61: 25-31.

---

\* Met een ster aangegeven referenties worden als eerste voor verdere studie aanbevolen.

- Boerboom, J.H.A., 1960. De huidige begroeiing in en rond de duinmeren bij Den Haag. *De Levende Natuur* 63: 32-43.
- Boerboom, J.H.A., 1963. Het verband tussen bodem en vegetatie in de Wassenaarse duinen. *Boor en Spade* 13: 120-155.
- Doing, H., 1966. Beschrijving van de vegetatie der duinen tussen IJmuiden en Camperduin. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 66-13. 63 p.
- Doing, H., 1974. Landschapsoecologie van de duinstreek tussen Wassenaar en IJmuiden. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 74-12. 111 p.
- Dongen, H. van, 1974. Het duin, een rijke vogeltuin. In: N. Croin Michielsens (ed.): *Meijendel, duin-water-leven*. W. ter Hoeve, Den Haag-Baarn, p. 128-141.
- Dijk, H.W.J. van, 1980. Gevolgen van waterwinning door infiltratie op de vegetatie in de duinen. Rapport aan het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Vakgroep Milieubiologie der Rijksuniversiteit Leiden.
- \*Dijk, H.W.J. van & M. Janssen, 1980. Eutrofiëring van oevervegetaties in geïnfiltreerde duinen. *Duin* 3(4): 11-20.
- \*Dijk, H.W.J. van, G. van Ommering, J. Runhaar, A.H.D.M. Salman & C.T.M. Vertegaal, 1978. Invloed van waterwinning op natuurlijk duinmilieu. *Natuur en Milieu* 2(1): 3-10.
- Ellenberg, H., 1974. *Zeigerwerte der Gefäszpflanzen Mitteleuropas*. Scripta Geobotanica IX, Göttingen.
- Groot, W.T. de & C.A. Drijver, in druk. Drinkwatervoorziening rond zandwinplaatsen: een eerste verkenning. Verschijnt in *H<sub>2</sub>O*.
- Gruyter, P. de & E.L. Molt, 1959. *Rijnlands boezem, de hoedanigheid van het boezemwater*. Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden. Met verwijzing naar: D.J. Sanches, 1897. *Bevloeiingsvelden - drinkwatervoorziening*. *De Ingenieur*, p. 404 en 431.
- Hoekstra, A.C., 1974. De infiltratievijver en zijn levende have. In: N. Croin Michielsens (ed.): *Meijendel, duin-water-leven*. W. ter Hoeve, Den Haag-Baarn, p. 216-221.
- Hommel, P.W.F.M., A.H.D.M. Salman & G.J. Baaijens, in voorbereiding. *Honderd jaar verdroging, achteruitgang van de vochtflora in de duinen van Noord- en Zuid-Kennemerland*. Verschijnt in het tijdschrift *Duin*.
- Klijn, J.A., 1979. Het TNO-duinvalleienonderzoek. *Duin* 2(3): 17-20.
- Laan, D. van der, 1979. Gevolgen extreme grondwaterstanden op vochtige duinvalleien. *Duin* 2(1): 22-24.
- Leentvaar, P., 1970. Het probleem van de eutrofiëring. *H<sub>2</sub>O* 3(5): 101-103.
- Londo, G., 1966a. Veranderingen in flora en vegetatie van het Lekwaterinfiltratiegebied in de duinen bij Zandvoort. *De Levende Natuur* 69: 121-129.
- Londo, G., 1966b. De huidige flora van het infiltratiegebied bij Zandvoort in vergelijking met andere natte duinvalleien in heden en verleden. *De Levende Natuur* 69: 145-151.
- Londo, G., 1971. *Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen*. Dissertatie, Nijmegen.

- Londo, G., 1975a. Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- \*Londo, G., 1975b. Opgang en afgang van een duinmeer. *De Levende Natuur* 78: 263-271.
- \*Londo, G., 1975c. Infiltreren is nivelleren. *De Levende Natuur* 78: 74-79.
- Maarel, E. van der, 1976. De winning en aanvulling van grondwater, ecologische gevolgen. *H<sub>2</sub>O* 9(26): 533-542.
- Melman, Th. C.P., 1978. Overzicht duinen en ingrepen. *Duin* 1(3/4): 14-15.
- Melman, Th. C.P., 1979. Vergravingen en inundaties. In: W.T. de Groot et al. (eds.): Waterwinning in de duinen, aantasting en regeneratiemogelijkheden van het abiotisch milieu. CML-mededelingen nr. 1, Rijksuniversiteit Leiden.
- Salman, A.H.D.M., 1980. Diepte-infiltratie, een nieuwe waterwintechniek met kansen voor het natuurbehoud. *Duin* 3(2): 3-9.
- Steenkamp, F.E.M., 1979. Fosfaat in de duinen. *Duin* 2(3): 12-16.
- Steenkamp, F.E.M. & W.T. de Groot, 1979. Fosfaten in de infiltratiegebieden. In: W.T. de Groot et al. (eds.): Waterwinning in de duinen, aantasting en regeneratiemogelijkheden van het abiotisch milieu. CML-mededelingen nr. 1, Rijksuniversiteit Leiden.
- \*Udo de Haes, H.A., C.A. Drijver & C.T.M. Vertegaal. Is duininfiltratie wel zo gunstig voor de vogelstand? *Duin* 3(1): 3-11.
- \*Udo de Haes, H.A., m.m.v. G.J. Baaijens & H.W.J. van Dijk, 1980. Drinkwaterwinning en natuurbehoud: conflicten en mogelijkheden tot integratie. *H<sub>2</sub>O* 19(13): 441-448.
- Vergegraal, C.T.M. & A.H.D.M. Salman, m.m.v. J.M. v.d. Langkruis & J. Runhaar, 1979. Drains in Berkheide? *Duin* 2(1): 3-8.
- Vertegraal, C.T.M. & H.A. de Haes, 1978. Alternatieven voor uitbreiding waterwinning in de duinen. *Duin* 1(1/2): 3-10.
- \*Werf, S. van der, 1974. Infiltratie: met water meer plant. In: N. Croÿn Michielsen (ed.): *Meijndel, duin-water-leven*. W. ter Hoeve, Den Haag-Baarn, p. 226-230.

B.L.J. van Leeuwen

Natuurgebieden zijn voor de recreatie van groot belang omdat zich hierin een aanzienlijk deel van de openluchtrecreatie afspeelt. Deze vorm van recreëren neemt steeds meer toe, waarbij de behoefte aan rust, ruimte, frisse lucht en natuur- en landschapsbeleving de mensen in hun vrije tijd steeds meer uit stedelijke en gecultiveerde milieus doet wegtrekken.

Dit geldt in het bijzonder voor de natuurgebieden van de Waddenzee, de Hollandse kust en het Deltagebied. Belangrijke delen van de kuststrook en het strand zijn gemakkelijk toegankelijk en liggen op korte afstand van de grote bevolkingsconcentraties. Sterker nog, zij vormen vaak het enige natuurgebied van betekenis voor de betreffende regio. Doch ook van verre komt men naar deze gebieden om te recreëren. De recreërende mens voelt zich het best thuis in situaties waarbij verschillende landschapstypen aan elkaar grenzen, zoals de overgang van bos naar heide, land naar water. Ook fraaie uitzichten worden hoog gewaardeerd. Aan de kust zijn deze omstandigheden ruim, en veel sterker dan ergens in het binnenland voorhanden. De zee is oneindig, het frisse zilte klimaat wordt plezierig gevonden. De duinen vormen bij ons de enige heuvelrug van formaat in het westen des lands. Deze duinen verschaffen de recreant (ondanks het volgens sommigen te rijkelijk aanwezige prikkeldraad) samen met het aangrenzende strand en de zee het gevoel van ruimte, variatie in natuurschoon en ongebondenheid dat zij elders zo node missen. Ook de estuariën met hun schorren en slikken appelleren aan deze gevoelens.

Natuurbeheer en -behoud wordt gevoerd omwille van het voortbestaan van de waarden van de natuur zelf (het landschap met de erin voorkomende levensgemeenschappen van planten en dieren), maar ook opdat de mens hiervan kan blijven genieten. Wanneer dit medegebruik door de mens echter dergelijke vormen gaat aannemen dat de natuur hiervan duidelijk schade ondervindt, is het evenwicht verstoord en komt men in strijd met het uitgangspunt. Recreatief gebruik van natuurgebieden kan schadelijk zijn als dit gepaard gaat met biotoopverlies, verstoring, vervuiling. Soms gebeurt dit met opzet of uit onverschilligheid, soms uit onkunde en onbegrip. Het hangt van de grootte, de kwetsbaarheid en de zeldzaamheidswaarde van het natuurgebied af welke mate van schade tolerabel is.

In principe zijn bijna alle recreatievormen in het kustgebied uit te voeren. Uitgaande van het aspect van natuur- en landschapsbehoud zijn echter alleen die vormen acceptabel die op enigerlei wijze gebonden zijn aan de beleving van natuur en landschap. Al het andere kan elders even goed gebeuren. Op het land zijn dit met name: wandelen, fietsen, paardrijden, spelen, natuurstudie. Aan de kust vooral: zitten, spelen, zwemmen, vissen, wadlopen. Op het water: allerlei vormen van varen, vissen, onderwatersport. Mits de druk op een bepaald gebied niet te groot is, de

mogelijkheden en/of voorzieningen voor genoemde recreatievormen aanwezig zijn en men zich aan de regels houdt, kan een dergelijk gebruik van grote delen van onze Wadden-, duinen- en Deltagebieden plaatsvinden.

## De ontwikkeling van de recreatie

Nog voor het ontstaan van de massarecreatie groeiden kleine vissersplaatsen uit tot badplaatsen met boulevards en hotels. Na de tweede wereldoorlog werden hier op grote schaal kampeerterreinen, parkeerplaatsen en toegangswegen aan toegevoegd. Door dit alles is het landschappelijk aspect ter plaatse sterk gewijzigd.

In het verleden behoorde het duinlandschap voornamelijk toe aan particuliere grondbezitters, die het als buitenverblijf of jachtgebied beheerden, of aan dorps-gemeenschappen, die er o.a. hun vee weidden. Vanaf het midden van de 19e eeuw kregen drinkwaterleidingmaatschappijen grote delen in bezit. Deze hadden er belang bij het karakter van het gebied te handhaven, hoewel er later geleidelijk aan wel degelijk veranderingen optraden door hun eigen activiteiten. Ook de Staat (Staatsbosbeheer en Domeinen) verkreeg een aanzienlijke oppervlakte van het duingebied en buitendijks gebied. Staatsbosbeheer beheerde zijn eigendommen als natuurgebied, doch legde later, vooral om de verstuiving tegen te gaan, op vele plaatsen naaldbossen aan in de duinen, die het oorspronkelijke milieu sterk veranderden. In de 20e eeuw begonnen ook het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (later vooral CRM), provincies, gemeenten en particuliere natuurbeschermingsorganisaties (zoals de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten) natuurgebieden langs de kust en in het Deltagebied aan te kopen en te beheren.

De schorren en slikken en de zeegaten in het Deltagebied met hun sterke stromingen en zandbanken waren voor wandelen, zwemmen of varen weinig geschikt. Deze gebieden lagen bovendien vrij geïsoleerd. Slechts een handjevol doorgewinterde natuurliefhebbers en zomergasten trok er naar toe. Nu is deze situatie geheel veranderd en hebben juist deze gebieden te maken met explosieve ontwikkelingen op het gebied van de recreatie.

Met goede zeilschepen en motorkruisers zijn de Waddenzee en de Zeeuwse stromen wel te bevaren. Aangezien steeds meer mensen zich dergelijke schepen kunnen veroorloven, worden de mogelijkheden van deze gebieden steeds meer benut en verschijnen er jachthavens, bijbehorende bungalowterreinen en andere voorzieningen. Door de toename van vrije tijd en recreatiebehoefte en het ter beschikking staan van meer technische en financiële middelen om op iedere gewenste plaats te komen, kon beoefening van buitensporten en natuurstudie (sportvisserij, onderwatersport, wad-

lopen, vogels bekijken en fotograferen) zich ook hier gaan manifesteren.

## Wadden- en Deltagebied

De schorren en slikken en de zeegaten met hun zandbanken vormen vanouds een zeer rijk en uniek leefmilieu voor talloze diersoorten, variërend van bodemdieren en vissen tot vogels en zeehonden (zie de hoofdstukken van Wolff en Beukema). Thans wordt hier ook gevaren, gezwommen, het wadlopen beoefend, gevist, onderwatersport bedreven en naar vogels en zeehonden gekeken als uiting van natuurbeleving.

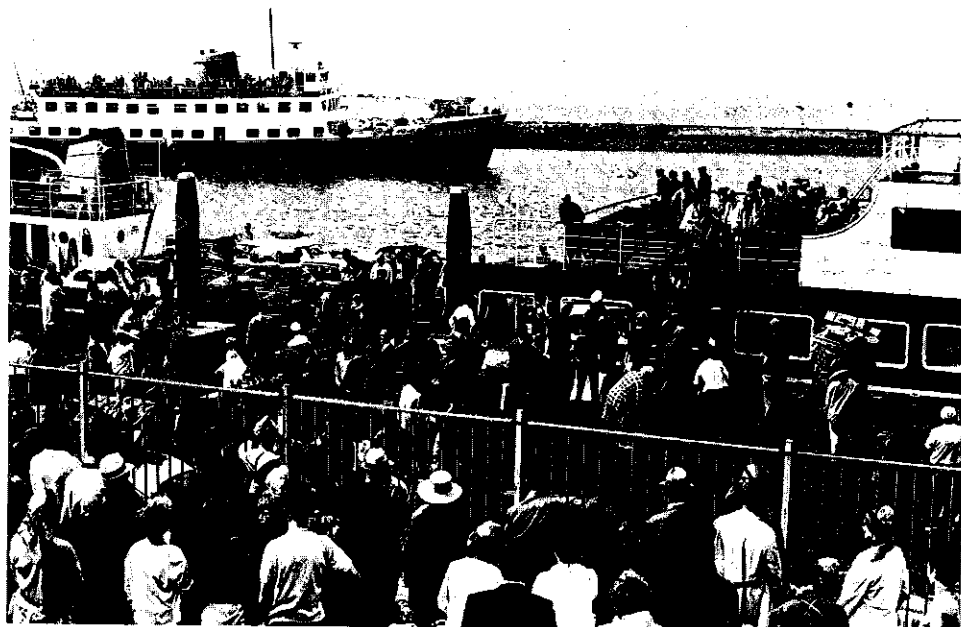
Een zekere mate van verstoring is in de natuur normaal; de dieren zijn hierop ingesteld. Ze dienen tenslotte ook te vluchten als een natuurlijke vijand zich aandient. Een frequente of langdurige verstoring, waarbij het er niet toe doet of deze geschiedt door een enkele 'vogelaar' of een groot aantal mensen, is echter zeer schadelijk. Dit is niet alleen bij broedvogels het geval, doch ook bij trekvogels die van juli tot en met april in enorme aantallen deze gebieden bezoeken. Wanneer de dieren te vaak moeten opvliegen, kunnen ze onvoldoende rusten en voedsel zoeken en derhalve niet de benodigde energievoorraad opslaan om de uitputtende tocht naar de winter- of zomerkwartieren met goed gevolg te kunnen volbrengen en mogelijk hierna succesvol te broeden (zie ook het hoofdstuk van Swennen). Aangezien dit milieu internationaal gezien zeldzaam is, zijn veel vogelsoorten voor een groot deel van hun wereldpopulatie van ons Wadden- en Deltagebied afhankelijk bij hun mogelijkheden tot voortbestaan.

Ook tijdens de broedtijd is verstoring desastreus. Broedsels worden definitief verlaten of de jongen worden geroofd door predatoren (bijvoorbeeld zilverbreeuwen) voordat de oudervogels kunnen terugkeren. Jonge vogels kunnen op deze wijze ook verloren raken of, zoals bij eidereenden, onvoldoende gelegenheid krijgen op de kant uit te rusten en hun veren te laten drogen. Bij zeehonden doen zich vergelijkbare problemen voor: zij gebruiken de zandbanken onder meer om er hun jongen te werpen en te zogen. Als de in zee gelegen banken en platen tijdens vloed onder water raken trekken de vogels naar de zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen, hoger gelegen delen langs de kust of binnendijkse gebieden, waar zij zich in grote aantallen concentreren en uitrusten totdat zij bij afgaand water weer naar de voedselbanken kunnen terugkeren.

Motor- of zeilschepen kunnen een bron van verstoring zijn als zij droogvallen op het wad of als de opvarenden aan land gaan op zandbanken waar zich zeehonden of vogels bevinden. Pierenstekers en wadlopers kunnen er de oorzaak van zijn dat duizenden steltlopers niet op een slik durven neerstrijken om te foerageren. Wande-

Boven: Toeristen vertrekken met de boot uit Harlingen. Het bezoek aan de Waddeneilanden is vooral in het zomerseizoen aanzienlijk. Op een aantal plaatsen nemen de omvang van de verblijfsrecreatieve voorzieningen en beschadigingen van het duinmilieu vormen aan die ernstig afbreuk doen aan de oorspronkelijke waarden van het gebied.

Onder: Het wadlopen vormt als sport voor velen een uitdaging. Toch kan het, wanneer het frequent en massaal plaatsvindt, een bron van verstoring betekenen voor op de platen verblijvende vogels en zeehonden.



laars en vissers die zich ophouden langs dijken en schorren kunnen, vooral als zij vergezeld zijn van loslopende honden, verstoringen teweegbrengen aan broedgebieden en hoogwatervluchtplaatsen. Laag overvliegende sportvliegtuigjes kunnen eveneens vogels op de wieden doen gaan.

Veel vogelbroedgebieden worden tegenwoordig bewaakt door natuurbeschermingsinstanties. Het infiltreren van deze terreinen vanaf de waterzijde vormt echter nog een probleem.

Biotoopverlies als gevolg van de recreatie is opgetreden op plaatsen waar jachthavens, bungalowterreinen en oeverparken verschenen. Dit is vooral in het Deltagebied het geval geweest, doch dreigt ook op de Wadden (Balgzand).

Als gevolg van de aanwezigheid van grote concentraties vaartuigen en oeverrecreatie kan plaatselijk vervuiling optreden. De eerlijkheid gebiedt te zeggen dat in het buitendijkse deel van de Wadden en het Deltagebied biotoopverlies en vervuiling door niet-recreatieve oorzaken een grotere rol spelen dan de met recreatie verband houdende effecten (zie het hoofdstuk van Duinker). Verstoring komt echter wel voor een belangrijk deel op rekening van de recreatie.

## De duinen

Hierbij worden alle duingebieden, ook die van Zeeland en de Waddeneilanden, in beschouwing genomen.

### Het strand

Op deze strook speelt zich veel van het recreatief gebeuren af. Onze stranden vormen een extreem dynamisch milieu waarop wind en water voortdurend grote invloed uitoefenen. Hoewel ook hier van biotoopverlies (strandtenten), verstoring (zonder bezoek zouden er enkele vogelsoorten op de hoger gelegen delen broeden) en vervuiling (afval) sprake is, kan de invloed van de recreatie, zelfs bij druk bezoek, relatief gering genoemd worden gezien de instabiliteit van het milieu zelf.

### Strandslagen en toegangswegen

Het kustbezoek heeft echter wel blijvende invloed op de duinen. Vele wegen en strandslagen doorsnijden thans de duinen om het strand te ontsluiten. Teneinde de drukte in het hoogseizoen te kunnen opvangen, werden parkeerterreinen van grote omvang aangelegd. Dit alles heeft een flink ruimtebeslag gelegd op het duinmilieu en betekende beslist geen verfraaiing van het landschap. Bovendien vormen ze een bron van onrust in een natuurgebied.

### Droge duinen

De bezoeker die de duinen zelf tot doel van zijn uitstapje heeft gekozen, kan dit doen om verschillende redenen. Wil hij wielrennen (de laatste tijd zeer in opmars), trimmen of ravotten, dan heeft hij daar strikt genomen de duinen niet voor nodig. Deze activiteiten kunnen evengoed plaatsvinden in recreatiegebieden die buiten de duinen zijn aangelegd. Het merendeel van de bezoekers gaat echter bewust naar de duinen om al wandelend, fietsend of zittend van het landschap en de natuur te genieten. Zij hebben, veelal onbewust, ook een belangrijke invloed op het milieu ter plaatse.

Nu heeft iedereen die ergens een stap doet wel een zekere invloed, doch in de duinen, en met name de drogere delen, zijn omstandigheden aanwezig waardoor dit effect groter is dan op vele plaatsen elders. Zoals bekend bestaan duinen uit zand. Zandkorrels hebben de eigenschap om slecht aan elkaar te hechten en slecht water en voedingsstoffen vast te houden. Speciaal wanneer de bodem droog is, hetgeen hier extra bevorderd wordt door krachtige wind en dikwijls grote diepte van het grondwater, raakt hij zeer snel beschadigd door bijvoorbeeld vertrapping. Vooral op steile hellingen en plaatsen die aan de wind zijn blootgesteld treden dan ook gemakkelijk kale plekken op die zich zonder tegenmaatregelen kunnen uitbreiden en tot biotoopverlies leiden.

Wanneer dit laatste optreedt trachten terreinbeheerders de verstuiwing aan banden te leggen door helm in te planten als het betreffende duin dicht bij zee ligt of de plek af te dekken met duindoorn en ander struweel. Door hun stuivend karakter en het gebrek aan vocht en humus in de bodem raken dergelijke plekken moeilijk weer begroeid. Een plant die bij de regeneratie van stuifplekken een rol speelt is de zandzegge, die met zijn uitlopers een waar netwerk maakt onder de oppervlakte, waarna zich weer andere soorten kunnen vestigen.

Omdat de duinvegetatie op veel plaatsen laag is en open van structuur, heeft men gemakkelijk de neiging van het pad af te gaan en dwars door het gebied te lopen. Hellingen en duintoppen oefenen daarbij een grote aantrekkingskracht uit. Vooral op dergelijke veelbezochte plaatsen kan het verstuiwingsproces een onaanvaardbare omvang gaan aannemen. In de kalkarme duinen ten noorden van Bergen en op de Waddeneilanden zijn de meest schrale delen begroeid met mossen en korstmossen. Hier zijn geen wortels en stevige plantedelen aanwezig om de eerste schokken op te vangen. Deze plaatsen zijn dan ook extra gevoelig voor betreding, terwijl regeneratie van het plantenkleed uiterst langzaam verloopt.

Sommige onderzoekers hebben door middel van luchtfoto's of karteringen de omvang van het padennet en aanwezige stuifplekken afgebeeld (o.a. in Werkgroep,

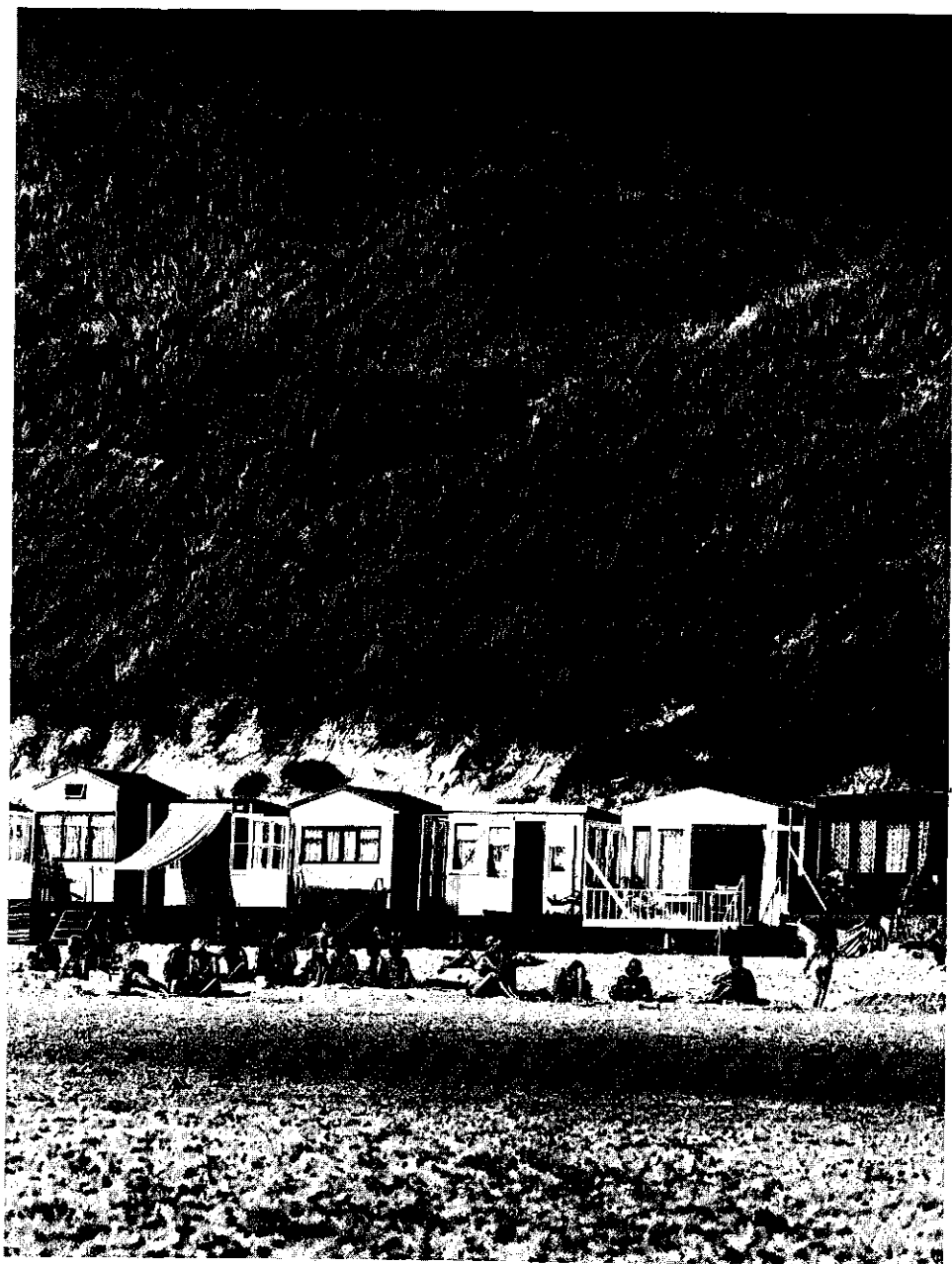
1977). Bij vergelijking van vroegere gegevens met de huidige blijkt overal de lengte van het padennet te zijn toegenomen (soms met 40% binnen 10 jaar). Deze paden waren in overgrote meerderheid niet aangelegd door de beheerders van de terreinen, maar spontaan ontstaan door herhaalde betreding. De paden in duingebieden hebben soms ook de neiging steeds breder te worden omdat men bij het mul worden van het middengedeelte, waar dit kan, op de stevige randen gaat lopen. Beheerders moeten dus zorgen voor een goede begaanbaarheid van de paden.

Wanneer het padennet fijnmaziger wordt neemt ook de beïnvloeding van het aangrenzend duinterrein als gevolg van de recreatie toe. Deze invloed is des te sterker naarmate de intensiteit van het gebruik toeneemt.

Een van de oorzaken van verstoring van de vegetatie, namelijk betreding, is hiervoor reeds aangegeven. Nog voordat de begroeiing echter geheel verdwijnt en dus van biotoopverlies sprake is, kunnen veranderingen in het plantenkleeid plaatsvinden. Betreding heeft o.a. bodemverdichting tot gevolg, hetgeen weer leidt tot veranderingen in het abiotisch milieu ter plaatse. Planten die hiervoor gevoelig zijn verdwijnen dan en maken plaats voor meer tolerante soorten en bij veelvuldige betreding zelfs 'tredplanten' (bijvoorbeeld weegbree). Deze laatste soorten komen in de meest uiteenlopende milieus voor, terwijl juist de gevoelige soorten gebonden zijn aan een specifiek milieu, in dit geval de duinen. Aangezien de duinen door hun relatieve droogte, kalkrijkdom, aanwezigheid van hellingen, soms extreem hoge temperaturen, nogal wat plantesoorten herbergen die elders in Nederland zeer zeldzaam zijn (zie het hoofdstuk van Westhoff), is een vervanging van deze soorten door meer ordinare, biologisch gezien, een verarming. Het sterkst zijn de invloeden nabij parkeerplaatsen, rond speelweiden en andere speciale voorzieningen en langs paden (Blom, 1980; Boomsma & Van der Ploeg, 1976; Adviescommissie, 1978).

Ook broedvogels worden beïnvloed door recreatie. Onderzoek hiernaar is niet gemakkelijk uit te voeren omdat een zogenaamde nulsituatie moeilijk is te berekenen. Dat wil zeggen dat men eerst moet nagaan hoeveel vogels van welke soort aanwezig zouden zijn in het gebied bij totale afwezigheid van recreatie. Soms kan men dit echter nagaan door vergelijking met gegevens uit een vroegere situatie of een aangrenzend identiek duinterrein dat niet voor publiek is opengesteld. (Overigens weer een voorbeeld van het belang van reservaten voor de wetenschap.) Tot nu toe bleek o.m. bij de wulp als voorbeeld van een bodembroeder een duidelijk negatief effect ten aanzien van de relatie broedgevallen-recreatiedruk (Van der Zande et al., 1980). Ook bij vele andere vogelsoorten zijn hierover gegevens verzameld, hoewel meestal niet in de duinen. Het valt echter aan te nemen dat vogels van een zelfde soort zich in het bos of op de heide ongeveer even schuw of minder schuw zullen gedragen als in

Tenthuisjes langs de kust. Een landschappelijke aantasting van de overgang strand-duin.



het duingebied. In het algemeen geldt een vrij grote gevoeligheid ten opzichte van onrust bij roofvogels en grondbroeders (nachtzwaluw), terwijl sommige kleine zangvogels als fitis of roodborst zich kennelijk minder van menselijke aanwezigheid aantrekken.

Het ree, de laatste jaren in de duingebieden van het vaste land een gewone verschijning, vlucht bij de nadering van mensen en vooral jagende honden, en verlangt dekking waarin het zich bij onrust kan terugtrekken.

Beïnvloeding door vervuiling treedt vooral op rond concentratiepunten. Het duinmilieu in de droge duinen is voedselarm. De ter plaatse voorkomende planten zijn aan deze situatie aangepast. Treedt nu een geringe bemesting op door het wegwerpen van vuilnis, door de uitwerpselen van honden etc., dan heeft dit een relatief veel groter effect op het milieu en bijgevolg op de er thuishorende planten dan dat dit zou hebben in een van nature voedselrijke situatie. Er treden hierdoor al snel veranderingen in de vegetatie op in de richting van meer triviale soorten en ruigtekruiden. In meer extreme gevallen kunnen brandnetels en akkerdistels optreden. Overigens zijn de effecten van betreding en vervuiling dikwijls identiek, terwijl deze invloeden ook op dezelfde plaatsen optreden.

### **Duinvalleien**

Deze zijn in het algemeen vochtiger en meer begroeid dan de droge duinen. Daardoor zijn ze minder gevoelig voor erosie. Omdat ze echter aantrekkelijk zijn om in te vertoeven en te spelen, bestaat het gevaar dat ze daardoor juist meer mensen ontvangen waardoor veranderingen in de vegetatie en erosie ook hier gaan optreden. In een aantal duinvalleien zijn meren gelegen van ornithologisch uitzonderlijk belang (Voorne, Zwanenwater, De Muy op Texel).

Deze gebieden worden vanwege hun kwetsbaarheid in het broedseizoen voor het publiek gesloten. Ook de hier voorkomende vochtige duingraslanden van bijzondere botanische waarde zijn zo gevoelig voor recreatief gebruik, dat ook zij gedeeltelijk niet toegankelijk worden gesteld. De duinmeren die door infiltratie met rivierwater ontstonden behoren niet tot deze categorie. Ze zijn biologisch aanzienlijk minder interessant (zie het hoofdstuk van Udo de Haes).

### **Binnenduinen**

Daar waar de duinen breed zijn, kunnen binnen- en buitenduinen onderscheiden worden. De binnenduinen zijn ouder, het gehalte aan humus in de bodem is hoger en het kalkgehalte is lager. Door de voortgeschreden successie is een opgaand bos ontstaan. Op veel plaatsen zijn hier in het verleden buitenplaatsen gesticht, waar-

door een parkachtige aanleg de natuurlijke begroeiing heeft vervangen of sterk beïnvloed. Deze bossen worden gekenmerkt door een grote verscheidenheid aan broedvogelsoorten en herbergen dikwijls stinzeplanten. Zij zijn zeer geschikt als wandelgebied waarvoor ze ook druk gebruikt worden.

Deze gebieden zijn minder open en storingsgevoelig en minder kwetsbaar ten aanzien van erosie en vervuiling dan de droge of vochtige duinen, hoewel ook hier bij te intensief gebruik uiteindelijk dezelfde effecten van verstoring en vervuiling optreden.

### Belangstelling voor de natuur door recreatief gebruik

Naast de tot nu toe opgesomde negatieve invloeden van de recreatie op het kustmilieu dient ook duidelijk gesteld te worden dat er in Nederland veel belangstelling bestaat voor dit milieu en het behoud ervan. Het succes van de actie ten behoeve van de aankoop van het Zwanenwater, het grote aantal leden van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten en de Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, de acties voor het behoud van een open Oosterschelde en tegen de inpoldering van de Markerwaard getuigen hiervan.

Deze publieke belangstelling heeft tot gevolg gehad dat inmiddels grote delen van het kustgebied een redelijk planologische bescherming hebben verkregen en vele honderden hectaren konden worden aangekocht door natuurbeschermingsorganisaties. Dit betekent geenszins dat aantasting en bedreiging niet meer plaatsvinden, maar veel kon gelukking tot nu toe behouden blijven.

Men zal zich er nog meer dan tot nu toe van bewust moeten worden, dat het zo waardevolle kustmilieu slechts uit een uiterst smal strookje bestaat langs een heel continent. Dat het onvervangbaar is en niet ergens anders opnieuw te creëren is en dat nieuwvorming van duinen langs de kusten van Holland en Zeeland nauwelijks meer plaatsvindt (integendeel). Te veel positieve belangstelling kan op zijn beurt weer leiden tot een intensiever recreatief gebruik, waardoor de waarden van natuur en landschap onder druk komen te staan en zelfs uiteindelijk de recreatieve aantrekkelijkheid vermindert (overvolle Waddeneilanden in de vakantieweken).

Er dient dan ook in het kustgebied een goed evenwicht te zijn tussen recreatie en natuurbehoud, waarvan beide kunnen profiteren.

### Maatregelen voor de toekomst

De politieke wil om het kustgebied een volledige planologische bescherming te geven lijkt soms aanwezig. Zo wordt gesproken over het verplaatsen van niet op de

beleving van het kustgebied gerichte recreatievoorzieningen en vormen van recreatie naar terreinen elders (bijvoorbeeld sportvelden, schietbanen, trimbanen, circuit van Zandvoort, racefietsen, deltavliegen). En verder over het aanleggen of bevorderen van wandel-, fiets- en speelmogelijkheden in meer landinwaarts gelegen en minder kwetsbare delen van de kustprovincies, opdat de duinen niet als enig alternatief overblijven voor bewoners van de kustplaatsen (voorbeelden: het recreatiegebied Spaarnwoude bij Haarlem en het recreatiegebied bij Voorschoten).

Een andere mogelijkheid is het aanbrengen, voor zover mogelijk, van een goede zonering en recreatie-opvangmogelijkheden in de terreinen, opdat het recreatief gebruik zo min mogelijk schade veroorzaakt op plaatsen waar dit ongewenst is. Een goed voorbeeld van het werken met zoneringen is te vinden in de Kennemerduinen (Wijkhuizen, 1978).

Van het meeste belang is ten slotte het bevorderen van een goede controle op ongewenste activiteiten. Een uitgebreide voorlichting aan het publiek, die niet alleen toeristisch gericht is en wijst op aanwezige dieren en planten, doch ook aandacht besteedt aan oecologische processen en de invloed van het eigen handelen van de mens op het milieu.

## Literatuur

- Adviescommissie Recreatie-Sociologische Onderzoek Meijndel, 1978. Recreatie in Meijndel.
- ANWB, Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, Stichting Natuur en Milieu, 1974. Recreatie en natuurbehoud in het Waddengebied.
- Blom, C.W.P.M., 1980. De invloed van betreding en bodemverdichting op het voorkomen van *Plantago*-soorten in duingebieden. Vakblad voor Biologen nr. 14.
- Boomstra, J.J. & S.W.F. van der Ploeg, 1976. Effecten van meerjarige experimentele betreding op een duinvallei. Rapport Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Linden, W.J. van der, 1980. Openluchtrecreatie en milieu-aantasting in duingebieden. Rapport Instituut voor milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Studiegroep recreatie en natuurbehoud in de duinen, 1978. Duinrecreatie, een onderzoek naar het recreatieve gebruik van de duinen en de gevolgen voor het natuurlijk milieu. Rapport Rijksuniversiteit Leiden.
- Udo de Haes, H.A. & A.N. van der Zande, 1977. Recreatie en natuurbehoud in de duinen. Recreatie nr. 7.
- Werkgroep recreatie van de Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, 1977. Eilanden onder de voet. Harlingen.

Wijkhuisen, H., 1978. Recreatie in de Kennemerduinen. Duin nr. 1/2.

Zande, A.N. van der, A.J. Poppelaars, T. van Tilburg & H.A. Udo de Haes, 1980.  
Openluchtrecreatie en de dichtheid van enkele broedvogels in de duinen. Recreatievoorzieningen nrs. 1 en 2.

J. C. Duinker

Het water langs onze kust is samengesteld uit water van de Atlantische Oceaan dat voornamelijk via het Nauw van Calais de Noordzee binnendringt en van zoetwater uit enkele rivieren, waarvan de Rijn verreweg het meeste aanvoert (80%). De verontreinigende stoffen die vanuit de rivieren in zee terecht komen, wijzigen de samenstelling van de biotische en abiotische componenten in het kustgebied in aanzienlijke mate. Hoewel atmosferisch transport van stoffen vanaf het land een zekere bijdrage kan leveren tot de samenstelling van water in de open oceaan — is de invloed van rivieren verreweg de belangrijkste factor bij de verontreiniging van kustwateren. De samenstelling van rivierwater kan belangrijke veranderingen ondergaan voordat de erin meegevoerde verontreinigende stoffen in kustzeeën komen. Ook hier zijn deze stoffen aan processen blootgesteld die de concentraties en de verdeling van deze stoffen over de verschillende milieucompartimenten nog verder wijzigen voordat transport naar de open oceaan en de diepzee kan plaatsvinden. In dit hoofdstuk zal ik de belangrijkste processen die hier een rol spelen behandelen. Tevens zullen resultaten van recent onderzoek besproken worden.

## Transport van stoffen naar zee door rivieren

Rivieren transporteren zowel de minerale, natuurlijke verweringsprodukten als de stoffen die door menselijke activiteiten vrijkomen: de verontreinigende stoffen. De natuurlijke en de verontreinigende stoffen nemen alle deel aan de stofkringloop op aarde: ze worden getransporteerd naar de oceaan waar ze na een verblijftijd in oceaanwater, die voor verschillende stoffen varieert van enkele tientallen tot miljoenen jaren, uiteindelijk in de diepzeebodem terecht komen, waar ze opnieuw gaan behoren tot de aardkorst. De periode waarin de mens verontreinigende stoffen produceert is uitermate klein ten opzichte van de tijdschaal die de natuurlijke cyclus karakteriseert (honderden miljoenen jaren). Desondanks zijn de effecten op een aantal plaatsen op aarde reeds duidelijk aan de dag getreden.

Natuurlijke en verontreinigende stoffen volgen in hoofdzaak dezelfde wegen. Het belangrijkste transportsysteem is dat door de rivieren naar estuaria, vandaar uit naar kustzeeën, de open oceaan en de diepzee. Voor alle van nature in zeewater voorkomende stoffen, zoals metalen, geldt dat bij een homogene verdeling over het onvoorstelbaar grote volume van de oceanen, de door menselijke activiteiten veroorzaakte extra bijdragen niet of nauwelijks tot een meetbare verandering in de concentraties zouden leiden, zelfs niet wanneer de door de mens gemobiliseerde hoeveelheden die van de natuurlijke verweringsprocessen aanzienlijk zouden overtreffen, zoals dat nu het geval is voor ijzer, koper, nikkel, fosfor en kwik. Dit ligt anders

voor de stoffen waarvan het bestaan en voorkomen uitsluitend het gevolg zijn van menselijke activiteiten.

De jaarlijkse produktie van DDT (100 000 ton), homogeen verdeeld over de oceanen, zou leiden tot een concentratieverandering van één tienmiljoenste gram per m<sup>3</sup> zeewater. Dit is weliswaar zeer gering, nog tienmaal lagere concentraties van PCB-componenten werden onlangs op Bermuda aan de hand van water uit de Sargasso Zee vastgesteld (Anonymous, 1981; Duinker et al., 1980b). Mariene organismen blijken dit soort stoffen uit het omringende milieu in hun weefsel op te nemen, zelfs bij zeer lage concentraties in zeewater. Verdunning is daarom geen afdoende methode voor het effectief verwijderen van deze verbindingen op langere termijn.

De effecten in het mariene milieu die het gevolg zijn van de introductie van verontreinigende stoffen, zowel natuurlijke (metalen) als synthetische, blijken op vele plaatsen ver uit te gaan boven wat verwacht zou kunnen worden op grond van een homogene verdeling van deze stoffen over de oceanen. Dit hangt samen met de aanwezigheid van een aantal obstakels in de transportwegen. De belangrijkste zijn de trage uitwisseling van water en slib tussen rivieren, kustzeeën, open oceaan en de diepzee.

De problemen die hiermee samenhangen zullen we nader bezien aan de hand van situatie in ons kustgebied nabij de monding van de grote rivieren alsmede de Waddenzee.

### Mechanismen van verontreiniging

Water dat de zuidelijke Noordzee binnenkomt door het Nauw van Calais kan beschouwd worden als oceaankwater met de daarvoor karakteristieke eigenschappen: een hoog zoutgehalte en een lage concentratie zwevende deeltjes, alsook lage concentraties van verontreinigende stoffen, zowel in het water opgelost als gesuspenderd (d.w.z. geassocieerd met de deeltjes die in het water zwevend worden meegevoerd). Met het langs de kust in noordelijke richting getransporteerde water wordt water van de Schelde en van het Rijn/Maas-systeem gemengd. Deze menging vindt plaats in de zogenaamde estuaria. Deze vormen een deel van het kustwater met een enigszins beperkte toegang tot de open zee. De estuaria zijn ontstaan door rijzen van het zeewater na de laatste ijstijd, ruim 20 000 jaar geleden. In die korte geologische tijdsperiode is nog geen volledig evenwicht bereikt tussen aan- en afvoer van deeltjes die door water worden getransporteerd en van daar uit op de bodem als sediment worden afgezet. De snelheid waarmee nieuwe sedimentpakketten worden afgezet in estuaria kan door de mens beïnvloed worden, bijvoorbeeld door intensief baggeren

om de vaargeulen op diepte te houden en werken van Rijkswaterstaat. Daarnaast wordt de afzetting van nieuwe sedimentpakketten sterk bevorderd door enkele processen die zorgen voor een landwaarts gericht transport van deeltjes.

Hoe dit mechanisme werkt, kan worden toegelicht aan de hand van de situatie die we in het Rijn/Maas-estuarium aantreffen. Zoetwater is lichter dan zoutwater. Er ontsaat daardoor gemakkelijk een gelaagdheid. Zoutwater dat met de getijdenbeweging heen en weer stroomt dringt zich als een wig onder de zoete laag, die niet zout blijft doordat het uit de diepere laag zoutwater opneemt. Daardoor ontstaat een bodemstroom naar binnen toe die het ontsnappen van zwevende stof tegengaat en zelfs vaste deeltjes van buiten de riviermond stroomopwaarts vervoert. Dit proces wordt estuariene circulatie genoemd. De hoogste concentraties aan vaste deeltjes worden opgebouwd waar de bodemstroom in het binnendeel van de rivier eindigt op de grens met de rivier: we spreken hier van het troebelingsmaximum (Postma, 1967).

Deze processen belemmeren het ontsnappen van deeltjes uit het estuarium naar zee, vooral waar het grotere deeltjes van hoge dichtheid betreft. Deeltjes met geringe afmetingen en lage dichtheid kunnen wel ontsnappen, samen met het water en de daarin opgeloste stoffen.

De meeste verontreinigende stoffen die door de rivier worden getransporteerd komen zowel aan deeltjes gebonden als in oplossing voor. De verhouding tussen deze twee vormen verandert tijdens het transport van rivier via estuarium naar zee als gevolg van de zojuist beschreven processen. Maar er is nog een factor.

Op grond van uitgebreide onderzoeken in het Rijn-estuarium en verschillende andere estuaria is vastgesteld dat een aantal door de rivier in opgeloste vorm aangevoerde metalen (zink, koper, cadmium, ijzer) in de eerste stadia van estuariene menging worden verwijderd uit de oplossing en overgaan in aan deeltjes gebonden vormen (Duinker & Nolting, 1976, 1977, 1978; Duinker, 1980). Deze overgang wordt bevorderd door hoge concentraties zwevende deeltjes, zoals die in het gebied van het troebelingsmaximum optreden, door de verandering in de zuurgraad en de concentratie opgeloste zuurstof alsmede door de destabilisering van in het water meegevoerde, zich als opgeloste stoffen gedragende, zeer fijne deeltjes, de zogenaamde colloïdale fractie die onder invloed van reeds geringe bijmenging van zeewater optreedt.

De hoeveelheden in oplossing en suspensie blijken niet al te veel te verschillen. Er kan dus verwacht worden dat een toename in de concentratie van o.a. zink in suspensie zou zijn waar te nemen. Dit bleek meestal niet het geval te zijn. Kennelijk biedt de bijdrage van de oorspronkelijk opgeloste hoeveelheid metalen aan de suspensie onvoldoende compensatie voor het verlies van de in de oppervlaktelaag

Boven: Olietransport over de Oude Maas.  
Onder: Industrialisatie langs de kust.



gesuspenderde hoeveelheid aan de zoutere diepere laag. Deze twee verwijderingsprocessen zorgen voor een relatief grote afzetting van de door de rivier aangevoerde hoeveelheden metalen in het sediment van het estuarium.

Tussen metalen zijn grote verschillen gevonden in het percentage door de rivier in oplossing en suspensie aangevoerde materiaal dat aldus wordt verwijderd: ruwweg tussen 10 en 80%. Perioden van grote waterafvoer en stormen zijn in staat om grote hoeveelheden sediment te verplaatsen, zowel stroomopwaarts als naar het kustgebied. Er kan dan in enkele uren meer gebeuren dan in een heel jaar onder rustige omstandigheden. Deze perioden zijn helaas niet de meest geschikte om betrouwbare waarnemingen te doen. Processen van deze aard zijn ook vastgesteld in de rivieren Schelde, Eems, Weser, Elbe en Varde Å. (Duinker et al., 1980a; Wollast et al., 1979; Duinker et al., 1979b).

De samenstelling van het materiaal dat tenslotte uit het estuarium ontsnapt is een heel andere dan die van het door de rivier aangevoerde. In zee komt het materiaal in een chemisch en fysisch-chemisch constantere omgeving waarin organismen en biologische processen een belangrijker rol spelen. Processen die de verdeling van verontreinigende stoffen over de diverse milieucompartimenten veranderen, kunnen zich hier op langere termijn gaan afspelen, gezien de veel grotere verblijftijd in kustwater (maanden, jaren) dan in estuaria (dagen, weken). Opgeloste componenten kunnen, door de traagheid van wateruitwisselingsprocessen, langzaam getransporteerd worden via het kustwater en de centrale Noordzee naar de open oceaan. Stoffen aan deeltjes gebonden kunnen niet zo gemakkelijk uit het kustgebied ontsnappen. Bepaalde mechanismen zijn verantwoordelijk voor een netto-transport van gesuspenderde deeltjes naar de Nederlandse kust toe (Postma, 1981; Duinker, 1981). Voor een deel zijn deze mechanismen in dit gebied nog niet goed begrepen.

Sterke accumulatie van gesuspenderd materiaal op langere termijn treedt op in de Waddenzee. Reeds een dertigtal jaren geleden is dit verklaard (door studies van Postma, Van Straaten en Kuenen) op grond van topografische, hydrografische en sedimentologische kenmerken. Ook tweekleppige schelpdieren kunnen zeer grote hoeveelheden fijn materiaal uit suspensie opnemen (Verwey) en als pseudofaeces vastleggen. Zo wordt een deel van het buiten de Waddenzee geproduceerde plantaardig organisch materiaal in de Waddenzee zelf gedeponed, een proces dat de grote voedselrijkdom van de Waddenzee voor een deel verklaart. Tegelijkertijd wordt ook verontreinigd zwevend materiaal afkomstig uit de grote rivieren binnengevoerd in de Waddenzee. Ook kan een deel van de in oplossing aanwezige verontreinigende stoffen bij het transport in zee in de deeltjes zijn opgenomen.

De Waddenzee herbergt grote aantallen van een reeks organismen die met elkaar

verbonden zijn door voedselketens. Zij kunnen schadelijke effecten ondervinden van verontreinigende stoffen, zowel in oplossing als in suspensie. Voor het effect is het van groot belang in welke vorm de betreffende stof aanwezig is: opgeloste stoffen zijn directer beschikbaar dan wanneer ze aan deeltjes zijn gebonden.

Belangrijke veranderingen in de bodem kunnen optreden onder reducerende omstandigheden die een gevolg zijn van afbraak van dode organische stof onder invloed van micro-organismen. Onder deze omstandigheden worden metalen en slecht afbreekbare organische verontreinigingen omgezet in vormen die gemakkelijker beschikbaar zijn voor de omgeving en dus ook voor de organismen. Zo werd gevonden (Duinker et al., 1974) dat het water dat zich tussen de bodemdeeltjes bevindt (interstitieel water) in de Waddenzee verrijkt is met metalen en organische chloorverbindingen. Vanuit de bodem kan het bovenliggend water worden verrijkt, waarna een deel van wat in de vorm van deeltjes de Waddenzee binnenkwam, in opgeloste toestand de Waddenzee weer kan verlaten. Dit betekent dat de concentraties in dit water ten opzichte van het aangrenzende water in de Noordzee hoger zijn. Men dient te beseffen, dat de hoeveelheden die op deze wijze kunnen worden afgevoerd een slechts gering deel vormen van wat in de bodem van de Waddenzee met deeltjes wordt afgezet.

### Effecten van verontreiniging

We hebben zo enkele van de belangrijkste mechanismen besproken die van belang zijn voor het begrijpen van de mate waarin het Nederlandse kustwater, het materiaal in suspensie, het bodemsediment en organismen verontreinigd worden door stoffen uit de rivieren.

Dit zal worden geïllustreerd aan de hand van de resultaten van onderzoek hiernaar. Ons kustwater staat sterk onder invloed van de Rijn. Deze rivier brengt niet alleen van alle rivieren van Noordwest-Europa de grootste hoeveelheid zoetwater in de Noordzee, maar we treffen er ook de grootste concentraties van verontreinigende stoffen in aan (tabel 1). Zo is de concentratie van cadmium, koper, zink in oplossing en suspensie veel groter dan van de rivieren Schelde, Maas, Eems, Weser, Elbe en Varde Å.

De jaarlijks getransporteerde hoeveelheden, berekend op grond van concentraties en waterafvoer, demonstrenen nog duidelijker de omvang van de verontreiniging door de Rijn. Het Nederlandse kustwater is ten opzichte van het zoutste water in het centrale deel van de Zuidelijke Bocht, zo'n 50 mijl uit de kust, meetbaar verontreinigd met metalen als koper, zink, cadmium en lood. De concentraties in oplossing in

een relatief smalle strook langs de kust en in de Waddenzee zijn beduidend hoger dan die in het centrale deel van de Zuidelijke Bocht iets verder van de kust af; de laatste waarden zijn niet of nauwelijks van die van niet-verontreinigd open oceaanwater te onderscheiden.

Alle milieucompartimenten van ons kustgebied zijn tevens verontreinigd, en wel sterk verontreinigd met een aantal niet-natuurlijke organische (chloor)-verbindingen zoals lindaan, hexachloorbenzeen en polychloorbifenylen. De meeste van deze stoffen lossen weliswaar in water op, maar in het algemeen veel minder dan in vetachtig weefsel van organismen. Ze kunnen door organismen worden opgenomen direct uit water, uit zwevende deeltjes en uit andere organismen die hun tot voedsel dienen. Veel verbindingen uit deze groep zijn zeer persistent in het mariene milieu: zij worden veel langzamer tot onschadelijke verbindingen afgebroken dan natuurlijke organische stoffen. Een deel van de in het lichaam opgeslagen hoeveelheden wordt

Tabel 1. Aanvoer (in mg metaal per m<sup>3</sup> water en in ton per jaar) door de grote rivieren van Noordwest-Europa aangevoerd in oplossing en in suspensie. (Ongepubliceerde metingen Duinker en Nolting, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee in de periode 1973-1979.)

|                                | Oplossing |      |         |      | Suspensie |      |         |      |
|--------------------------------|-----------|------|---------|------|-----------|------|---------|------|
|                                | koper     | zink | cadmium | lood | koper     | zink | cadmium | lood |
| <i>in mg per m<sup>3</sup></i> |           |      |         |      |           |      |         |      |
| Schelde                        | 4         | 10   | 0,1     | 1    | 40        | 200  | 10      | 20   |
| Maas                           | 4         | 50   | 0,2     | 2    | 6         | 45   | 0,5     | 15   |
| Rijn                           | 5         | 90   | 2       | 3    | 14        | 70   | 2       | 30   |
| Eems                           | 4         | 8    | 0,1     | 16   | 4         | 20   | 0,2     | 12   |
| Weser                          | 4         | 13   | 0,3     | 1,2  | 5         | 30   | 0,2     | 18   |
| Elbe                           | 6         | 9    | 0,2     | 1,2  | 1,5       | 20   | 0,2     | 7    |
| <i>in ton per jaar</i>         |           |      |         |      |           |      |         |      |
| Schelde                        | 15        | 30   | 0,3     | 3    | 120       | 750  | 30      | 60   |
| Maas                           | 30        | 500  | 2       | 20   | 60        | 450  | 5       | 150  |
| Rijn                           | 330       | 6000 | 130     | 200  | 900       | 4450 | 100     | 1500 |
| Eems                           | 16        | 32   | 0,4     | 2,4  | 12        | 40   | 0,4     | 20   |
| Weser                          | 48        | 150  | 3,6     | 12   | 60        | 360  | 2,4     | 210  |
| Elbe                           | 150       | 220  | 5       | 29   | 36        | 480  | 5,6     | 180  |

Boven: Zwarte zeeëend, omgekomen als olieslachtoffer.

Onder: De gewone zeehond, evenals andere in zee levende zoogdieren zeer gevoelig voor niet-natuurlijke organische chloorverbindingen.



overgedragen op een volgende generatie via eieren en bij zoogdieren via moeder-melk.

Onlangs is bewezen (Duinker & Hillebrand, 1979) dat bij zoogdieren (bruinvis) ook overdracht via de placenta plaatsvindt, zodat tijdens de zwangerschap, in het moederlichaam opgeslagen hoeveelheden op het jong kunnen worden overgedragen met als gevolg dat pasgeboren dieren reeds een hoog gehalte aan dit soort verbindingen hebben, van dezelfde orde als de oudere dieren.

Tot de verbindingen die in plankton, garnalen, schelpdieren, vis en verschillende organen van zeehonden, bruinvissen en witsnuitdolfijnen in de Waddenzee werden geïdentificeerd en gekwantificeerd, behoren polychloorbifenylen (PCB), p,p'-DDT, p,p'-DDE, dieldrin, mirex, pentachloorbenzeen, hexachloorbenzeen,  $\alpha$ -,  $\beta$ - en  $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan. De gehalten van vooral PCB in zoogdieren van de Waddenzee zijn zeer hoog, vergelijkbaar met de waarden waarbij experimenteel vermindering van reproductievermogen in zeehonden van de Oostzee werd vastgesteld. Concentraties in onze Waddenzee zijn hoger dan in het Oosten (tabel 2). Ze behoren tot de allerhoogsten die op aarde zijn vastgesteld. In de zoogdieren zijn het vooral de hoger gechlloreerde PCB-componenten die geaccumuleerd worden (Duinker et al.,

Tabel 2. Gehalten aan polychloorbifenylen (PCB, in Aroclor 1260 equivalenten),  $\Sigma$ DDT (i.e. som van p,p'-DDT, p,p'-DDE en p,p'-DDD) in organen van doodgevonden zeehonden in de westelijke (Nederlandse, W) en oostelijke (Duitse, O) Waddenzee. Minimale en maximale gehalten zijn gegeven in mg per kg nat gewicht weefsel. (Uit Duinker et al., 1979a)

|          | PCB |         | $\Sigma$ DDT |
|----------|-----|---------|--------------|
| Spek     | W   | 22-600  | 0,5-24       |
|          | O   | 27-564  | 2-23         |
| Lever    | W   | 2-36    | 0,1-1,3      |
|          | O   | 0,4-2   | 0,1-1,3      |
| Nier     | W   | 2-31    | 0,05-0,8     |
|          | O   | 0,2-0,9 | 0,05-0,3     |
| Hersenen | W   | 1-46    | 0,06-3       |
|          | O   | 0,3-3,0 | 0,04-2       |
| Milt     | W   | 1-5     | 0,03-0,2     |
| Hart     | W   | 2-40    | 0,3-0,6      |

1979a). Deze worden minder makkelijk of onmeetbaar langzaam afgebroken.

Er bestaat nu een sterk vermoeden dat er een direct verband bestaat tussen de aanwezigheid van organische chloorverbindingen, met name van PCB, en het vrijwel verdwenen zijn van de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de voorheen grote populatie bruinvissen (*Phocoena phocoena*) en van het sterk teruglopen van de populatie gewone zeehonden (*Phoca vitulina*). Voor de zeehond is aangetoond dat dit zijn oorzaak vindt in een verminderd aantal succesvolle geboortes in ons kustgebied (Reynders, 1976, 1978). De vrijwel enige exemplaren bruinvissen die nog worden aangetroffen zijn dood aangespoeld.

Het is van groot belang dat al het beschikbare materiaal op de gehalten aan niet-natuurlijke organische chloorverbindingen worden onderzocht in samenwerking met de nadere studies die reeds gedurende een groot aantal jaren aan deze organismen worden verricht. Pogingen om dit werk gerealiseerd te krijgen zijn mislukt, mede omdat de afdeling Fauna van het Ministerie van CRM de bruinvis 'niet meer als inheemse diersoort beschouwt'.

De vaak geuite veronderstelling dat niet-natuurlijke organische chloorverbindingen uit de Rijn afkomstig zouden zijn heeft onlangs een stevige basis gekregen door het onderzoek dat werd verricht naar de karakteristieken en het gedrag van organische chloorverbindingen in de Rijn, Maas, Waal, Deltawateren, estuarium, kustgebied, Waddenzee en het minimaal door rivierwater beïnvloede deel van de Zuidelijke Bocht (Duinker & Hillebrand, 1979). De resultaten van dit onderzoek kunnen hier slechts heel summier worden aangegeven.

Een deel van de door de rivieren aangevoerde verbindingen wordt mét het zwevend materiaal waaraan ze gebonden zijn, afgezet op de bodem van de rivier en het estuarium voordat het de zee kan bereiken. Een verrassing is dat, in tegenstelling tot wat altijd werd aangenomen, deze stoffen niet noodzakelijkerwijs allemaal hoofdzakelijk in suspensie vervoerd worden.

Enkele componenten zijn vrijwel uitsluitend in oplossing aanwezig. PCB's blijken in rivierwater voor 30-70% in opgeloste vorm vervoerd te worden. Het bleek ook dat tijdens estuariene menging opgeloste componenten in oplossing bleven: het voor metalen waargenomen verwijderingsmechanisme geldt dus wellicht niet voor deze stoffen. Ook bij het verdere transport in het kustgebied en in de Waddenzee zijn geen overgangen tussen oplossing en suspensie vastgesteld. De gemeten concentraties in water van de westelijke Waddenzee komen voor de meeste componenten heel goed overeen met wat men op grond van de concentraties in Rijnwater-oplossing en de verdunningsfactor met zeewater zou verwachten. De concentraties in het zoutste water van de Zuidelijke Bocht zijn laag. De waarden in de westelijke Waddenzee

zijn veel hoger dan in oceaanwater, hetgeen praktisch geheel toe te schrijven is aan de Rijn. Deze invloed vermindert naar het oosten zoals geconstateerd is aan de hand van concentraties in water. Dit is ook aannemelijk op grond van de afnemende bijdragen van de Rijn en de veel lagere bijdragen van de rivieren die direct in de Waddenzee uitmonden. De vermindering van de Rijninvloed naar het oosten is ook te constateren aan gehalten in bodemorganismen die in staat zijn deze verbindingen op te slaan in weefsel ook wanneer de concentraties in het omringende milieu zeer laag zijn. Deze gehalten nemen af van west naar oost in de Nederlandse Waddenzee (Duinker et al., in voorbereiding). De gehalten weerspiegelen in grote mate de belasting van het milieu waarin ze leven.

Verontreinigende stoffen in zee kunnen effecten uitoefenen op verschillende niveaus van biologische organisatie: cel, weefsel, organisme, populatie, gemeenschap en oecosysteem. Voor vele stoffen zijn laboratoriumexperimenten uitgevoerd voor het bepalen van de concentraties in het omringende water waarbij het aantal levende proefdieren binnen een bepaalde (korte) tijd tot een bepaald percentage (bijvoorbeeld de helft) was teruggebracht (lethale concentraties). Deze concentraties blijken gewoonlijk ver uit te gaan boven wat in het milieu verwacht zou kunnen worden. Een meer reële schatting van de te verwachten schade van een verontreinigende stof in het milieu wordt verkregen uit studies van effecten in biologische systemen die optreden bij langdurige belasting met lagere concentraties verontreinigende stoffen dan die waarbij binnen korte tijd de dood intreedt. Deze zogenaamde sublethale effecten van verontreinigende stoffen op het functioneren van de cel (enzymen, fysiologische processen), van weefselcomponenten (lever) en van organismen (groei, gedrag) zijn gedurende de laatste jaren de onderwerpen van studie in een groot aantal instituten op aarde. Grote problemen worden ondervonden bij dit soort experimenten onder meer samenhangend met de grote variaties in biologische systemen. Daarnaast veroorzaken fysisch-chemische veranderingen in de gebruikte oplossingen van de verontreinigende stoffen problemen bij het handhaven van de gewenste concentraties.

Voor vele stoffen is met deze experimenten vastgesteld welke de aard is van de effecten en wat de minimale concentraties zijn waarbij deze effecten nog konden worden gemeten. Het is moeilijk de resultaten te extrapoleren naar de natuurlijke situatie. Deze is biologisch en chemisch gezien gewoonlijk veel ingewikkelder dan door laboratoriumexperimenten kan worden benaderd. Andere complicaties worden veroorzaakt doordat enerzijds de concentraties van iedere bestudeerde verontreinigende stof in het omringende water vaak lager blijkt te zijn dan de laagste concentraties waarbij in laboratoriumexperimenten nog effecten zijn waargenomen,

maar anderzijds de uiteindelijke effecten in het milieu veroorzaakt worden door de gezamenlijke werking van een aantal verontreinigende stoffen. Het is praktisch niet doenlijk om alle mogelijke combinaties van verontreinigende stoffen in laboratorium-experimenten op hun effecten te testen. Wel is gebleken dat sommige stoffen de werking van andere stoffen kunnen versterken, dan wel verzwakken (synergisme). Een deel van het totaal aan verontreinigende stoffen is bovendien nog niet geïdentificeerd. Storingen in het functioneren van biologische systemen in de natuur kunnen behalve door verontreinigende stoffen ook veroorzaakt worden door andere factoren.

Zo is gebleken dat ruggegraatvergroeiingen bij vissen veroorzaakt kunnen worden door zowel chloorkoolwaterstoffen (toxafeen), organische fosforverbindingen (malathion, parathion) en zwarte metalen, alsmede door erfelijke factoren, onvolledige embryonale ontwikkeling, ongeschikte watertemperatuur, variaties in zoutgehalte, lage opgeloste- $O_2$ -concentraties, parasitaire infecties en elektrische stroom. Een aantal van deze laatste factoren kunnen ook samenhangen met waterverontreiniging.

Het is moeilijk om de invloed die het totaal van verontreinigende stoffen heeft op de levensgemeenschappen in de Waddenzee te kwantificeren. Eén ding is zeker: de invloed van de vele verontreinigende stoffen in de Waddenzee kan alleen maar negatief zijn. Het is waarschijnlijk dat de mogelijkheden tot gezond functioneren van oecosystemen zo geleidelijk verminderen dat dit niet of nauwelijks op korte termijn is waar te nemen. Eerder kan de invloed op populaties aan de dag treden, zoals op die van de zeehonden en dolfijnen in de westelijke Waddenzee. Als de problemen inderdaad veroorzaakt worden door niet-natuurlijke organische chloorkoolwaterstoffen en als we dit signaal van de ernstige verontreiniging van de Waddenzee als basis voor actie willen gebruiken is er slechts één weg: de Rijn moet reiner!

## Literatuur

- Anonymus, 1981. Workshop on the intercalibration of sampling procedures of the IOC/WMO/UNEP Pilot project on monitoring background levels of selected pollutants in open-oceanwaters. Bermuda januari 1980. IOC workshop report No 25, Unesco.
- Duinker, J.C. 1980. Suspended matter in estuaries: adsorption and desorption processes. In: E. Olausson & I. Cato (Eds): Chemistry and biogeochemistry of estuaries. J. Wiley & Sons Ltd. p. 121-151.
- Duinker, J.C., 1981. Partition of Fe, Mn, Al, K, Mg, Cu and Zn between particulate organic matter and minerals, and its dependence on total concentrations of suspended matter.

- Spec. Publ. int. Ass. Sediment. 5 (in press).
- Duinker, J.C. & M.T.J. Hillebrand, 1979. Behaviour of PCB, pentachlorobenzene, hexachlorobenzene,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, dieldrin, endrin 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: 71-102.
- Duinker, J.C. & R.F. Nolting, 1977. Dissolved and particulate trace metals in the Rhine estuary and the Southern Bight. *Mar. Pollut. Bull.* 8: 65-71.
- Duinker, J.C. & R.F. Nolting, 1978. Mixing, removal and mobilization of trace metals in the Rhine estuary. *Neth. J. Sea Res.* 12: 205-223.
- Duinker, J.C., G.T.M. van Eck & R.F. Nolting, 1974. On the behaviour of copper, zinc, iron and manganese and evidence for mobilization processes in the Dutch Waddensea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 214-239.
- Duinker, J.C., M.T.J. Hillebrand & R.F. Nolting, 1979a. Organochlorines and metals in harbour Seals (Dutch Wadden Sea). *Mar. Pollut. Bull.* 10: 360-364.
- Duinker, J.C., R. Wollast & G. Billen. 1979b. Manganese in the Rhine and Scheldt estuaries. Part 2: Geochemical cycling. *Est. Coast. Mar. Sci.* 9:727-738.
- Duinker, J.C., M.T.J. Hillebrand, R.F. Nolting, S. Wellershaus & N. Kingo Jacobsen, 1980a. The river Varde Å: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing. *Neth. J. Sea Res.* 14: 237-267.
- Duinker, J.C., M.T.J. Hillebrand, K.H. Palmork & S. Wilhelmsen, 1980b. An evaluation of existing methods for quantitation of polychlorinated biphenyls in environmental samples and suggestions for an improved method based on measurement of individual components. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 25: 956-964.
- Duinker, J.C., M.T.J. Hillebrand & J.P. Boon, in voorbereiding. Organochlorines in benthic organisms and abiotic components of the Dutch Wadden Sea.
- Postma, H., 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: G.H. Lauff (Ed.): *Estuaries. Am. Ass. Adv. Sci. Publ.* 83: 158-179.
- Postma, H., 1981. Exchange of materials between the North Sea and the Wadden Sea. *Mar. Geol.* 40: 199-213.
- Reynders, P.J.H., 1976. The harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea: size and composition. *Neth. J. Sea Res.* 10: 223-235.
- Reynders, P.J.H., 1978. Recruitment in the harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 12: 164-179.
- Wollast, R., G. Billen & J.C. Duinker, 1979. Manganese in the Rhine and Scheldt estuaries. Part 1: Physico-chemical behaviour. *Est. Coast. Mar. Sci.* 9: 161-169.

P. Nijhoff

Fascinerend en beangstigend: dat is, in twee woorden, de eindindruk van hetgeen in de acht voorgaande hoofdstukken is gepresenteerd. Fascinerend is de schoonheid van de onderwaterfauna in de Oosterschelde en van de orchideeënrijke vochtige duinvalleien; fascinerend is ook het fijne web van relaties van planten en dieren in en op het wad. Beangstigend zijn de naar beneden tuimelende lijnen in een van de grafieken over de soortenrijkdom van de Deltawateren; beangstigend zijn ook de sluipende, vaak onzichtbare bedreigingen van ons kustgebied door industriële vergiften.

De auteurs hebben duidelijk gemaakt dat het Nederlandse kustgebied, ook internationaal gezien, een bijzondere betekenis heeft, die evenwel door menselijk ingrijpen van velerlei aard voortdurend terugloopt.

Dat is voor een deel te danken aan het feit dat de mens zich, al zo'n duizend jaar, intensief met de ontwikkelingen daar heeft bemoeid; de heren Wolff en Nienhuis hebben hiervan voorbeelden gegeven. Die bemoeiingen waren eeuwenlang bescheiden en kleinschalig en daardoor vaak verrijkend, zoals in het voorbeeld van de uit steen gezette dijkgloreringen, die onze eigen kunstmatige rotskusten werden. Ook de beweiding van kwelders en schorren heeft — zoals de heer Westhoff heeft uiteengezet — tot die biologische verscheidenheid bijgedragen.

Maar de verrijkende invloed van de mens is in deze eeuw omgeslagen in zijn tegendeel. Menselijk ingrijpen nú betekent te vaak verlies aan grilligheid en verscheidenheid, het luidt nivellering in van biologische rijkdommen op een tot dusverre ongekende schaal. Het afsluiten van zeearmen betekent doorgaans het uitsluiten van het getij; verzwaring van zeedijken gaat meestal gepaard met het gladstrijken van kustlijnen, maar ook waterververontreiniging, tast juist de rijkste delen van onze ondiepe zeeën aan; grondwaterwinning en infiltratie, zelfs luchtverontreiniging, verarmen de duinvegetaties; massaliteit en motorisering van de openlucht recreatie verscheuren ruimte en stilte. Dit alles wordt omgeven door versnippering van bevoegdheden, zodat inzicht in en invloed op de besluitvorming worden bemoeilijkt. Ons kustgebied wordt niet als een eenheid beheerd.

## Kinderkamer, bunkerstation en botanische betekenis

Het is de doelstelling van de natuur- en milieubescherming om, gebruik makend van wetenschappelijke inzichten, de processen die de waarden van ons kustgebied bedreigen tot staan te brengen, of althans bij te buigen, om roofofbouw op natuurlijke hulpbronnen te vervangen door verstandig 'oogsten'.

De heer Beukema heeft uitgelegd hoe de enorme dichtheden van bodemdieren in Waddenzee en Deltawateren tot gevolg hebben dat die gebieden fungeren als 'kin-

derkamer' voor Noordzeebewoners en als 'bunkerstation' voor miljoenen vogels tijdens de trek, als rustoord in de ruitijd en als verblijfplaats gedurende de winter. Het ornithologisch aspect is vooral uitgewerkt door de heer Swennen; de heer Westhoff voegde daar de unieke vegetatiekundige betekenis van duinen en groene stranden aan toe. Die feiten accentueren onze internationale verantwoordelijkheid voor Wadden, duinen en Delta, voor het geheel dat zo veel méér is dan de som der delen!

De in maart 1980 gelanceerde 'World Conservation Strategy' (IUCN et al., 1980) – een internationaal actieplan voor overleving – legt bijzondere nadruk op het behoud van riviermondingen en ondiepe kustzeeën, o.a. als eiwitbron voor een wereldbevolking waar steeds meer honderden miljoenen mensen permanent honger lijden. Overal ter wereld staan kustgebieden onder zware druk. Zo ook hier.

Onze internationale verantwoordelijkheid voor de in dit boek geschetste waarden van het Nederlandse kustgebied, gevoegd bij de als regel onomkeerbaarheid van de gevolgen van menselijke ingrepen, maken het noodzakelijk het behoud in één samenhangende opzet ter hand te nemen. Uitgangspunt dient te zijn dat oecologische randvoorwaarden worden gesteld aan menselijke activiteiten.

Hier ligt het raakvlak van de verantwoordelijkheid van wetenschap en beleid. Om de politieke besluitvorming juist op dit punt zindelijker te laten verlopen, is het noodzakelijk dat als hulpmiddel zo spoedig mogelijk een sluitend systeem van milieueffectrapportage wordt ingevoerd. Van vitale betekenis daarbij is dat toetsing van in beginsel ieder milieueffectrapport door onafhankelijke wetenschappelijke deskundigen en het beschouwen van een zo breed mogelijk spectrum van alternatieven worden gegarandeerd. Vergroting van de onderzoekcapaciteit is hierbij noodzakelijk – een kwestie van geld, want werkloze biologen en andere academici zijn er helaas voldoende.

De natuur- en milieubescherming beoogt hiermee niet de economische exploitatie van ons kustgebied te blokkeren, wél de rooibouw op natuurlijke rijkdommen tot staan te brengen. Dat het veiligstellen van natuurgebieden door aankoop en beheer daarvoor niet voldoende is, heeft de heer Westhoff aangetoond waar hij schreef over de 'zure regen' die duinvegetaties bedreigt.

## Industrialisatie en havenontwikkeling

Een ander voorbeeld: het Eems-Dollardgebied. Natuurmonumenten en Het Groninger Landschap kochten daar – met financiële steun van overheid en particulieren – meer dan 4000 ha natuurgebied van internationale allure. Maar ter weerszijden van de grens dreigen gevaren: door een verlegging van de Eems en door industrialisatieplannen van Emden (Dollarthafen) en in het Oostgroningse Eemsmond-

Boven: Pierstekers op het wad bij Nes, Ameland.

Onder: Sommige schorren langs de Oosterschelde worden beweid met schapen. De stelle afslagrandjes wijzen op een langzame erosie.



gebied. Het Milieukundig Studiecentrum van de Rijksuniversiteit Groningen heeft aangetoond dat in beide regio's een volwaardige industriële ontwikkeling mogelijk is zonder nog meer belasting van het milieu. Men moet daarbij denken aan industriële activiteiten met een vernieuwend karakter, zoals technieken voor energiebesparing, alternatieve energiebronnen, zuivering, recycling, ontziltng enz.

Door een tekortschieten van internationale afstemming op het gebied van de zeehavenontwikkeling loopt de natuur hier en in ons enige andere estuarium, de Westerschelde, gevaar. Zonder uitdrukkelijke toestemming van het Nederlandse parlement is de regering in 1975 in beginsel akkoord gegaan met aantasting van het Verdrongen Land van Saeftinge en doorgraving van oostelijk Zeeuws-Vlaanderen voor de aanleg van het Baalhoekkanaal en de afsnijding van het Nauw van Bath ten behoeve van de havenontwikkeling van Antwerpen. Nu de haven van Zeebrugge aanzienlijk wordt uitgebreid en Zeeland zich tégen het Baalhoekkanaal heeft verklaard, moet het destijds bereikte akkoord tussen beide landen worden heroverwogen en zal alsnog een milieueffectrapportage moeten worden uitgevoerd.

## Het natte hart van Nederland

In verschillende hoofdstukken is aangetoond dat de oecologische balans van het Deltaplan negatief is. De heer Nienhuis heeft gewaarschuwd voor een 'Nederland-is-bijna-klaar'-syndroom nu de regering van plan is de Markerwaard in te polderen. Met Waddenzee en Delta behoort het IJsselmeer tot de belangrijkste watervogelgebieden in Europa; uit overwegingen van internationaal natuurbehoud moet inpoldering van de Markerwaard daarom worden afgewezen. Maar ook de betekenis van dit 'natte hart van Nederland' voor (drink)watervoorziening, visserij en waterrecreatie wordt steeds duidelijker onderkend.

De regering heeft nagelaten de ontwikkelingsmogelijkheden van een IJsselmeer zonder Markerwaard te onderzoeken en de resultaten in de besluitvorming te betrekken. Daarom hebben zeventien organisaties besloten dit zelf te doen. Daaronder zijn zowel Natuurmonumenten en andere landelijke en provinciale natuur- en milieuorganisaties, alsook de ANWB, het Visserijchap en aanverwante instellingen. Als alternatieve ontwikkeling tegenover een Markerwaard laten zij een 'ontwikkelingsvisie IJsselmeer' opstellen door o.a. een ingenieursbureau en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

## Een 'schone' Oosterschelde

Van onze kustwateren is de Oosterschelde het rijkst aan soorten planten en dieren. Hier wordt een peperduur compromis uitgevoerd om veiligheid en natuurbehoud te verzoenen. De stormvloedkering zal de grootst mogelijke doorstroomopening moeten krijgen en alleen mogen worden gesloten als een ramp dreigt. De heer Nienhuis heeft duidelijk gemaakt dat deze zeearm te kostbaar is voor experimenten met de natuur: dat zou kunnen leiden tot vivisectie van ongekende schaal!

Wanneer in de Oosterschelde het areaal voor de vogels toch al drastisch wordt beperkt door de geringere getijverschillen, zullen recreatieve ontwikkelingen zorgvuldig moeten worden geleid. Voor het behoud van de natuurlijke waarden van de Oosterschelde – de laatste nog 'schone' en onaangetaste zeearm – is alleen integrale veiligstelling op basis van ondubbelzinnige wettelijke bescherming afdoende. De Natuurbeschermingswet kan hiervoor de basis leggen. Het Oosterscheldegebied mag geen speelbaal worden van 'speculanten': niet alleen die in grond, maar ook van hen die speculeren op een gebrek aan bestuurskracht van de overheden.

In het Markiezaatsmeer is, aldus weer de heer Nienhuis, het verlies aan schorren en slikken niet te compenseren; wel is het de moeite waard dat de natuurlijke ontwikkeling alle kansen krijgt. Wanneer Bergen op Zoom meent het noordelijk deel nodig te hebben voor woningbouw en Zeeland het zuidelijk deel voor recreatieve doeleinden, dan is het zaak dat het Ministerie van CRM bekend maakt welke visie men heeft op het beheer van het geheel. Ook hier is duidelijkheid geboden en leidt versnipperde besluitvorming onherroepelijk tot verlies van natuurwaarden.

Een ramp als die welke Zeeland in 1953 trof mag nooit meer voorkomen: dat is en blijft óók het standpunt van de natuur- en milieubescherming. Maar wanneer de minister van Financiën nog meer bezuinigingsmogelijkheden zoekt, dan is het goed te bedenken dat in de mond van de Oosterschelde 'the point of no return' weliswaar politiek, maar niet technisch is overschreden. Tegenover het technische waagstuk van de stormvloedkering staat de zekerheid dat een volledige dijkverzwaring – aansluitend op de succesvolle operatie van de partiële – tijdig de vereiste veiligheid kan brengen.

De ontwikkeling van het Grevelingenmeer is biologische gezien één van de schaarste winstpunten van de Deltawerken; hier is namelijk een zeldzame combinatie van soorten en levensgemeenschappen ontstaan. De heer Nienhuis heeft uitdrukkelijk gepleit de Grevelingen zout te laten. Wanneer de Philipsdam in 1985 is voltooid komt het zoete water zo dicht bij Schouwen-Duiveland dat de watervoorziening voor land- en tuinbouw mogelijk kan worden gemaakt met bijvoorbeeld een pijplei-

ding. De studie van Rijkswaterstaat, die in deze jaren wordt verricht, zal ook dit alternatief in beschouwing moeten nemen, vergezeld van een milieueffectrapportage.

Voor de Oosterschelde wordt weliswaar een milieuvriendelijke oplossing nagestreefd, dat mag er niet toe leiden dat de problemen worden afgeleid naar de Westerschelde. Bij de natuur- en milieubescherming is de vrees ontstaan dat de toekomstige lozing van grote hoeveelheden zoetwater uit het Zoommeer op de Westerschelde ernstige gevolgen zal hebben voor de foerageergebieden van steltlopers.

## De voordelen

Het Deltaplan is destijds gepresenteerd als één samenhangend project; wij zien echter in deze laatste fase een toenemende versnippering van onderzoek en besluitvorming. Alvorens verdere beslissingen worden genomen is een integrale visie nodig op inrichting en beheer van de Delta, met inbegrip van de waterhuishoudkundige infrastructuur die relaties in de Delta legt die haaks op de oorspronkelijke staan. Een uitstekend object voor milieueffectrapportage omdat dan ook alternatieve oplossingsrichtingen, met hun voor- en nadelen, tijdig op tafel komen.

Voor de dammen in de zeegaten ontstaat de zogenaamde voordelta. De verstar- ring van de dynamiek, die de heer Westhoff heeft gesignaleerd, kan hier worden doorbroken: er kan spontane strand- en duinvorming plaatsvinden, misschien zelfs met duinvalleien, al zal de mens daarbij een handje moeten helpen. Ander gebruik van de voordelta zullen wij bij voorbaat moeten reguleren en ten dele zelfs aan banden leggen. Dat betekent eerbiediging van de destijds door regering en parlement vastgestelde hooflijzerstructuur, waarvan het open deel naar het westen wijst. De voordelta blijve gevrijwaard van doorgaande wegen, pretparken en industriële ontwikkelingen! Hetgeen óók inhoudt dat de destijds overeengekomen demarcatieline tussen de Maasvlakte en het duingebied van Voorne niet zal worden overschreden en dat de voordelta zich ook daar op natuurlijke wijze zal ontwikkelen.

De heer Westhoff heeft de grote waarde van het Nederlandse duingebied geschetst en eraan herinnerd dat de waterleidingbedrijven de duinen voor afgraving en bebouwing hebben behoed. Mevrouw Van Leeuwen en de heer Udo de Haes hebben gewezen op de gevaren die er dreigen. Ten aanzien van de recreatie is gepleit voor het vinden van het juiste evenwicht tussen natuurbehoud en recreatief gebruik. Dit betekent in beginsel alleen daarin passende, milieuvriendelijke recreatievormen (wandelen en fietsen) toelaatbaar zijn en dat het gemotoriseerde verkeer uit ons duingebied moet worden geweerd.

Overigens liggen hier taken voor de ruimtelijke ordening en wel in tweeërlei op-

Boven: Bij laagwater valt de getijzone droog. Op de kunstmatige rotskust langs de Oosterschelde is een grote verscheidenheid aan planten en dieren te vinden.  
Onder: Duinen in het natuurgebied De Slufter, Texel.



zicht: enerzijds om recreatiegebieden in en nabij de stedelijke gebieden te scheppen en met openbaar vervoer bereikbaar te maken; anderzijds om in en langs onze duinstrook een zorgvuldig gekozen zonering tot stand te brengen, waarbij ook samenwerking tussen de beheerders niet kan worden gemist.

## Energie- en drinkwatervoorziening

De heer Westhoff heeft nog gewezen op de bedreiging van de vegetatie door emissies van zwaveldioxyde. Zijn waarschuwingen illustreren de noodzaak dat ook biologen zich meer dan tot nu toe gaan mengen in de discussie over onze toekomstige energiehuishouding. Laten wij goed bedenken dat niet alleen kernenergie, maar ook het grootscheeps opstoken van fossiele brandstoffen een bedreiging van het leven op aarde inhoudt en dat andere methoden van energievoorziening politiek bereikbaar zullen moeten worden gemaakt.

De heer Udo de Haes heeft duidelijk gemaakt dat de grootschalige grondwaterwinning en de infiltratie van rivierwater in de duinen zo schadelijk zijn voor de daar aanwezige levensgemeenschappen dat uitbreiding van deze werken niet meer kan worden toegestaan. De resultaten van verschillende onderzoeksprojecten zullen aanzetten moeten geven voor herstel van de situatie in de duinen en voor een hechtere samenwerking – zonder competentiegeschillen – tussen de waterleidingbedrijven onderling. Met overheid en bedrijfsleven zullen zij zich moeten inspannen voor een zuiniger gebruik van drinkwater, ook door particulieren, en voor een zorgvuldig beheerd IJsselmeer zonder Markerwaard. Laat dit de 'blauwe draad' zijn in het toekomstige beleid op het gebied van de drinkwatervoorziening, waaraan duidelijke oecologische randvoorwaarden moeten worden gesteld.

## Een schone Rijn, een schone Noordzee

Niet minder dan beangstigend was de bijdrage van de heer Duinker over de chemische verontreiniging van het kustwater. De mogelijkheden voor een gezond functioneren van de levensgemeenschappen in ons kustgebied verminderen daardoor op een sluipende, 'geniepige' wijze. De vervuiling van de Rijn is hiervoor in hoofdzaak verantwoordelijk. Een schone(re) Rijn is daarom van vitale betekenis voor het behoud van het bijzondere oecosysteem in ons kustgebied.

Wat niet in de 'levensader' van Europa mag worden geloosd komt toch wel in de Noordzee terecht door het dumpen per schip. Het feit dat industriële bedrijven nog steeds vergunning krijgen om miljoenen tonnen giftige afvalstoffen in de Noordzee

te lozen, illustreert dat de in 1972 gesloten verdragen van Oslo en Londen – ondanks de inspanningen van de Directie Noordzee van Rijkswaterstaat – niet goed werken. Het afvalprobleem kan niet worden 'opgelost' in het Noordzeewater; dat moet gebeuren door de bedrijven, aan de bron: door wijziging van productieprocessen en zuivering van afvalprodukten.

### Tenslotte

Wat de auteurs ons hebben gemeld leidt niet bepaald tot een opwekkend beeld over de toekomst van ons kustgebied. Laten wij hopen dat dit boek zal bijdragen aan behoud en herstel van de fascinerende rijkdom van Wadden, duinen en Delta!

### Literatuur

IUCN, UNEP & WWF, 1980. World Conservation Strategy. Living resource conservation for sustainable development. IUCN/UNEP/WWF, Gland, Switzerland. De Nederlandse bewerking van dit rapport verscheen in 1981, onder de titel Bewaar de Aarde. Samenstellers: Irene Dankelman, Peter Nijhoff & Jan Westerman (†). Meulenhoff Informatie bv.

*Prof.dr. J.G. ten Houten*, emeritus hoogleraar aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, studierichting Milieuhygiëne, specialisatie luchtverontreiniging, was ten tijde van het symposium voorzitter van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, lid van o.m. de Raad van de Waterstaat en van de Biologische Raad en de Commissie Man and Biosphere/SCOPE van de KNAW. Hij studeerde biologie in Utrecht (1928-1935) en promoveerde aldaar op een plantenziektenkundig onderwerp. Verder is hij Doctor honoris causa van de Universiteit van Gent. Van 1949-1974 was hij directeur van het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek te Wageningen.

*Dr. W.J. Wolff* is sinds 1975 hoofd van de afdeling Estuariene Ecologie van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer op Texel. Hij houdt zich bezig met oecologisch onderzoek ten behoeve van natuurbeheersproblemen in de Nederlandse kustwateren. In 1964 studeerde hij af aan de Rijksuniversiteit te Leiden met oecologie als hoofdvak. Van 1965 tot 1975 was hij verbonden aan het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, alwaar hij oecologisch onderzoek verrichtte aan bodemdieren en wadvogels. Hij promoveerde in 1973 te Leiden op een proefschrift over de samenstelling en verspreiding van de bodemfauna van de wateren van het Deltagebied.

*Dr. J.J. Beukema* werkt sinds 1967 op het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee op Texel, waar hij onderzoek doet aan de bodemfauna van de Waddenzee. Hij studeerde biologie en promoveerde aan de Rijksuniversiteit in Groningen op een proefschrift over de invloed van honger en aangeleerd gedrag op het voedselzoeken van de driedoornige stekelbaars. Nadien was hij enkele jaren werkzaam bij de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.

*Prof.dr. V. Westhoff* is sinds 1967 hoogleraar in de botanie aan de Katholieke Universiteit Nijmegen en hoofd van de afdeling Geobotanie, alwaar men zich bezichthoudt met de vegetatie – vooral van West- en Midden-Europa – en met de oecologische aspecten van het natuurbehoud. In 1942 studeerde hij af te Utrecht in de biologie met als hoofdvak plantkunde en als bijvakken dierkunde, plantengeografie en bodemkunde. Hij promoveerde te Utrecht in 1947 op een proefschrift over de plantengroei der duinen en kwelders op Terschelling. Nadien was hij verbonden aan het Laboratorium voor Plantensystematiek en -geografie der Landbouwhogeschool en het RIVON. Hij is o.m. voorzitter van de Natuurwetenschappelijke Commissie van Natuurbeschermingsraad, lid van de KNAW en de Biologische Raad, en erelid van de British Ecological Society.

*Prof.dr. E. van der Maarel* is hoogleraar in de oecologische botanie aan de Universiteit van Uppsala (Zweden), alwaar hij vooral betrokken is bij onderzoek naar structuur en dynamiek van diverse plantengemeenschappen. Hij studeerde in 1959 af aan de Universiteit van Amsterdam met als hoofdvak bijzondere plantkunde (vegetatiekunde en biosystematiek) en als bijvakken dieroecologie, plantenfysiologie en didactiek. Hij promoveerde in 1966 aan de Rijksuniversiteit te Utrecht op een proefschrift over vegetatiestructuren, -relaties en -systemen.

*C. Swennen* is als oecoloog verbonden aan het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee op Texel, waar hij onderzoek verricht naar de rol van zee- en kustvogels in de mariene voedseltekens. Hij studeerde MO-biologie aan de Rijksuniversiteit Leiden. Voor 1964 was hij

als conservator werkzaam bij de Gemeentelijke Dienst voor School- en Kindertuinen in Den Haag.

*Dr. P.H. Nienhuis* is als wetenschappelijk hoofdamtenaar verbonden aan het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek van de KNAW te Yerseke. Hij treedt daar op als leider van een werkgroep die onderzoek verricht aan de stikstofkringloop en de voedselketens in het Grevelingenmeer en de Oosterschelde, met name de biologische veranderingen die zich voltrekken als gevolg van de Deltawerken. Hij studeerde biologie aan de Vrije Universiteit in Amsterdam met als hoofdvak plantensystematiek en -oecologie. Hij promoveerde in 1975 aan de Universiteit van Groningen op een proefschrift over de biosystematiek en oecologie van de holoerythaliene groenalga in het Deltagebied.

*Dr. H.A. Udo de Haes* is directeur van het Centrum voor Milieukunde van de Rijksuniversiteit Leiden. Tevens is hij voorzitter van de Stichting Duinbehoud. Hij studeerde van 1960 tot 1967 biologie in Leiden en promoveerde in 1971 op een ethologisch onderzoek verricht op het Max Planck Instituut voor Gedragsonderzoek in Seewiesen (bij München). Zijn huidige onderzoek is voor een belangrijk deel gericht op de relatie tussen waterwinning en natuurbehoud.

*Mej. drs. B.L.J. van Leeuwen* is als inspecteur terreinbeheer werkzaam bij de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, en als zodanig verantwoordelijk voor de bezittingen in Noord-Holland en Utrecht. Sinds 1975 is zij tevens rentmeester van de Stichting het Noordhollands Landschap. Van 1968 tot 1973 studeerde zij biologie aan de Rijksuniversiteit te Leiden met als vakken vegetatiekunde, algologie, limnologie en natuurbescherming. Zij acht zich niet specifiek deskundig op het gebied van recreatie en onderzoeksbioologie, maar schreef haar bijdrage vooral vanuit de achtergrond van praktijkervaringen.

*Dr. J.C. Duinker* is sinds 1970 verbonden aan het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (Texel) als leider van de werkgroep zeeverontreiniging, die zich bezighoudt met het lot van verontreinigende stoffen in zee en de effecten daarvan op organismen. Hij studeerde scheikunde, met als hoofdvak anorganische chemie, aan de Universiteit van Amsterdam en promoveerde aldaar (met lof) in 1964 op een theoretisch onderwerp over moleculaire vibraties. Van 1964-1970 was hij lector anorganische chemie aan dezelfde universiteit.

*P. Nijhoff* is sinds zijn MO-studie biologie te Leiden in de natuur- en milieubescherming werkzaam, aanvankelijk als secretaris van de Contactcommissie voor Natuur- en Landschapsbescherming, sinds 1972 als algemeen directeur van de Stichting Natuur en Milieu. Hij is voorzitter van de Stuurgroep World Conservation Strategy, heeft zitting in diverse 'Haagse' adviescolleges en publiceert regelmatig over milieu-politieke onderwerpen.

- addertong 63
- afvalwater 117
- afzanderijen 68
- akkerdistel 139
- aliekruiken 45
- Ameland 58, 184
- bacteriën 42
- Balgzand 37, 93
- begrazing 65
- beheer en behoud 69, 74, 75, 92, 112, 136, 154, 157, 166, 187
- beleid 182
- berendruif 59
- bergeend 83, 87
- betreding 163
- beweiden 66, 111
- Biesbosch 75, 107, 151
- biestarwegras(-duin) 55
- biologische produktie 32
- biologische rijkdommen 73, 119, 182
- biomassa 33, 35, 93
- biotoopverlies 157, 161
- bitterling 59
- blauwe zeedistel 64
- blauwwieren 142
- bloembollenteelt 68
- bodemdieren 33, 46
- bodemfauna 113
- Bol, De 19
- bonte strandloper 95
- borale soorten 59
- Boschplaat 24, 71
- bosrjetzanger 146
- bot 35
- Braakman 19
- brakwater 19, 109
- brakwatergetijdengebied 26, 103
- brakwaterschorren 117
- Brielse gat 19
- broedvogels 78, 81, 83, 111, 159, 163
- Brouwersdam 106
- Brouwershavense Gat 105
- bruinvis 28, 177, 178
- buitendelta's 21
- carnivoren 43
- chloorverbindingen, organische 91, 174, 175
- cranberry 63
- DDT 170, 177
- Deltahoogte 105, 117
- Deltawateren 42, 102
- Deltawerken 101
- Deltawet 27
- diepte-infiltratie 150, 152
- dijkbouw 18, 101, 117
- dijkglooingen 19, 109
- dijkverzwaring 19, 118, 186
- Dollard 23, 26, 27, 42, 94, 183
- doorstroomopeningen 121
- duikeenden 115
- duinbebossingen 61, 67, 144
- duinbeken 139
- Duindistrict 59
- duindoorn 61
- duinen 54, 58, 68, 161, 167
- duingraslanden 61
- duinheiden 61
- duinmeren 62, 63
- duin-moerasbossen 63
- duinriet 63, 139
- duinstruilen 61
- duinvalleien 58, 62, 64, 165
- duinvegetatie 58, 162
- duinvorming 11, 58
- dumpen (afvalstoffen) 189
- dwergstern 25, 58, 91, 111
- Eems-Dollard-gebied 23, 42, 183
- egelantier 61
- eidereend 81, 83, 86
- eierrappen 85
- energiehuishouding 189
- engels gras 71
- erosie 28, 165
- estuaria 23, 115, 159, 169
- estuariene circulatie 171
- eutrofiëring 42, 142
- foerageergebied 92
- fosfaten 43, 142, 143
- ganzen 93, 113, 127
- garnaalen 35, 45
- geomorfologie 64
- getijbekken 14
- getijdengebieden 122
- getijdenwerking 54
- getijgeulen 18, 41
- getijmigratie 48
- getijritmiek 121
- getijstromen 18
- getijverschil 12, 102, 107, 109
- Goeree 57, 62, 114
- gorzen 20, 25, 54, 108, 123
- gradiënten 69, 103, 115
- gradiëntmilieu's 64
- Grevelingen 41
- Grevelingenmeer 105, 108, 112, 114, 186
- Griend 58
- grienden 108, 123
- groen strand 57
- grondwaterplanten 138
- grondwaterspiegel 69, 136
- grote stern 58, 81, 88, 91, 111
- halofyten 55
- haloserie 71
- haring 46
- Haringvliet 105-107
- havenontwikkeling 183
- helm 55
- herminium 63
- herstel vegetaties 145
- Hollands Diep 106, 107
- Hompelvoet 111

- Hondsbosse Zeewering 20  
 hondsroos 61  
 Hooge Platen 117  
 hoogwatervlucht-  
   plaatsen 159  
 hydroserie 62, 138  
 hygroserie 138  
 hyperfiltratie 154  
 industrialisatie 122, 183  
 infiltratie 69, 133, 140,  
   149, 189  
 inlagen 118, 120  
 innunderen 140  
 inpolderingen 20, 101, 126  
 intergetijdengebied 115,  
   123  
 kardinaalsmuts 61  
 kinderkamerfunctie 32,  
   48, 49, 119, 182  
 Kennemerduinen 137  
 kleine keverorchis 59  
 kleine mantelmeeuw 83, 87  
 klimopwaterranonkel 140  
 kluut 74, 92  
 kokkels 33, 35  
 kokmeeuw 83, 87  
 koloniebroeders 83, 85  
 konijn 65  
 koninginnekruid 139  
 kraai- en dopheide 63  
 krabben 35, 40, 45  
 krekens 71  
 kruipwilg 139  
 kustafslag 26, 137  
 kustlandschap 54  
 kustverdediging 18, 22  
 kustvogels 83  
 kustvorm 11, 20  
 kustwater 169  
 kweldergras 71  
 kwelders 12, 20, 24, 54, 57  
 kwelplassen 140, 143  
 lamsoor 25, 71, 72  
 landaanwinningen 20  
 landschap 147  
 landverlies 17  
 landvogels 78, 79  
 Lauwerszee 19  
 lepelaar 83, 91  
 lethale concentraties 179  
 liguster 61  
 luchtverontreiniging 75  
 Maas 170  
 Maasvlakte 187  
 Markiezaatsmeer 120, 186  
 meeuwenbestrijding 89  
 meidoorn 61  
 meiobenthos 41  
 melkkruid 71  
 mesoserie 138  
 mesotrofie 142  
 metalen 171, 174  
 microbenthos 41  
 microklimaat 64  
 milieubouw 75  
 milieueffectrapportering  
   139, 183  
 milieuhygiënische bescher-  
   ming 135, 154  
 moerasvogels 146  
 moeraswespenorchis 63  
 mossel 33, 35, 36, 113,  
   119  
 muggenorchis 63  
 muurpeper 65  
 natuurbeleving 157, 159,  
   166  
 Natuurbeschermings-  
   wet 186  
 natuurreservaten 74, 183  
 neerslagoverschot 133  
 Nieuwe Waterweg 104  
 nivellering (landschap) 120  
 nonnetje 50  
 noordse stern 58  
 Noordzee 42, 170, 189  
 oester 113, 119  
 oever-infiltratie 152  
 oeverkruid 63  
 oeverwallen 71  
 olievrontreinigingen 28,  
   90, 176  
 oligotrofie 142  
 ontbossing 65  
 ontginning 16, 66  
 ontziltling 154  
 Oosterschelde 105, 114,  
   118, 184, 186, 188  
 oppervlakte-infiltratie 140,  
   149  
 Oude Maas 107, 172  
 overstroming 17  
 paalworm 18  
 padennet (duinen) 163  
 parnassia 60, 63  
 patroondiversiteit 65  
 PCB 170, 177  
 pers- en zuigputten 150  
 plankton, dierlijk 33, 46  
 planologische bescherming  
   135  
 plantengroei 54, 137, 141  
 platen 41  
 platvissen 45, 48  
 plevieren 25, 83, 127  
 recreatie 28, 75, 122, 135,  
   157, 167, 187  
 ree 165  
 riet 25  
 Rijn 174, 178, 180, 189  
 roofbouw 66, 182  
 rosse grutto's 95  
 rotskusten, kunstmatige  
   19, 118, 123, 124, 188  
 ruigtesoorten 142  
 ruimtelijke ordening 187  
 scheepvaart 117  
 Schelde 170  
 schelpdieren 45, 113  
 Schiermonnikoog 58, 61  
 scholekster 83, 87, 95  
 Schoorl 61

- schoorwallen 11, 12  
 schorren 12, 20, 22, 25,  
     54, 57, 118, 123, 124, 184  
 Schouwen 22, 57, 62, 114  
 sediment 171, 173  
 slijkgras 71  
 slikken 25, 54, 118, 123  
 smient 93, 113  
 spaarbekkens 151  
 sprout 46  
 stabilisatie 112  
 steltlopers 95, 123, 125  
 sterfte 91, 112  
 stern 83, 87, 127 (zie ook  
     bij de soorten)  
 stinzeplanten 166  
 stofkringloop 169  
 stormmeeuw 83, 87  
 stormvloedkering 27, 119,  
     186  
 strand 24, 25, 54, 161  
 strandduizenguldenkruid 62  
 strandlagen 161  
 strandvlakte 57, 62, 123  
 strandwal 58, 152  
 struweel 111, 114  
 stuifdijken 20  
 stuifkuilen 62  
 sublethale effecten 179  
 suspensie 171, 173  
 teer guichelheil 63  
 Terschelling 24, 57, 58, 61  
 Texel 19, 23, 26, 61, 165  
 troebelheid 43, 171  
 tuimelaar 177, 178  
 turfwinning 17, 18  
 uitspoeling 144  
 veengebied 15, 16  
 Veerse Meer 105, 108, 110  
 verdroging 68, 137  
 Verdrongen Land van Saef-  
     tinge 20, 27, 117, 185  
 vergraving 136, 144  
 verontreiniging 27, 90,  
     135, 169  
 verruiging 108, 143  
 verstoring 88, 157, 159  
 verstuiwing 65, 112, 144,  
     162  
 vertrapping 28, 162  
 vervuiling 157, 161, 165  
 verzoeting 111  
 verzilting 133  
 visdiefje 91  
 vislarven 48  
 vissen (algemeen) 32, 45,  
     108, 118, 180  
 vleeskleurige orchis 63  
 vlier 61  
 vloedmerk 55  
 voedselketens 43, 47, 174  
 voedselpyramides 43  
 voedselvoorziening, pri-  
     maire 41  
 vogels (algemeen) 32, 44,  
     78, 108, 113, 118, 127,  
     140, 145, 159  
 vogeltrek 78  
 voordelta 128, 187  
 Voorne 57, 62, 165, 187  
 wadden 25, 35, 54  
 Waddendistrict 56, 59  
 Waddenzee 42, 173  
 wadlopen 157, 159, 160  
 wadpieren 35, 40, 45  
 Walcheren 62  
 waterhuishouding 68, 187  
 watermunt 60  
 waterpunge 63  
 watersport 28, 157, 161  
 watervogelgebieden 29,  
     126  
 watervogels 146  
 waterwinning 28, 68, 133,  
     136, 149, 189  
 wegedoorn 61  
 Westerschelde 23, 104,  
     115, 116, 187  
 wintergroen 63  
 World Conservation  
     Strategy 29, 183  
 wormen 35, 113  
 wulken 45  
 wulpen 95, 163  
 xeroserie 62, 138, 141  
 IJsselmeer 42, 151, 185  
 zandbanken 11  
 zandhaver 55  
 zandplaten 118, 123  
 zandtransport 11  
 zealsem 71  
 zeearm 118, 186  
 zeebies 25  
 zeegaten 18, 21, 26  
 zeegrass 33, 112, 113  
 zeehonden 159, 176-178  
 zeekraal 70, 71  
 zeekusten 11  
 Zeeland 18  
 zeepostelein 55  
 zeeraket 55  
 zeereep 57, 58, 144  
 zeesterren 45  
 zeevogels 78, 81  
 zeevinde 59  
 zeewolfsmelk 59  
 zilvermeeuw 83, 87, 92  
 zoetwatergebied  
     27, 103, 107  
 zoetwatervoorraad 133,  
     140  
 zonering (zonatie) 71,  
     138, 144, 167, 189  
 Zoommeer 120  
 zoutwinning 17, 18  
 Zuiderzeewerken 101  
 zuite 71  
 zure regen 189  
 zuurbes 61  
 zuurstofgehalte 43  
 Zwanenwater 165  
 zwarte zeeënd 90, 176

Frits van Daalen (Haarlem), pag. b94

Jan van de Kam (Griendtsveen), omslagfoto's, pag.: (8), 22, 24, 26, o40, b56, 60, 70, 72, b82, 88, o94, b110, o114, 116, b160, o172, b176, o184, 188

René Kleingeld (Delta Instituut, Yerseke), pag. 124 en 125

KLM Aerocarto (Schiphol), pag. 134

Wim Klomp (Callantsoog), pag. o56

Marcel Minnée (Den Haag), pag. o82

Foto-archief Natuurmonumenten ('s-Graveland), pag. b40 en o160

Peter Nijhoff ('s-Graveland), pag. b172

Wim Riemens (Middelburg), pag. o110 en 164

Bureau Slagboom en Peeters (Middelburg), pag. b114

Marinus de Wind (Vianen), pag. b184

Rob de Wind (Maartensdijk), pag. o176

<sup>1</sup> b = bovenste foto, o = onderste foto.