

Het Deltagebied

Lezing gehouden tijdens de technische bijeenkomst van de CHO 'Samenhang tussen waterkwaliteit en -kwantiteit bij studies van oppervlaktewateren' op 18 oktober 1978.

1. Inleiding

Het begrip waterkwaliteit heeft in de laatste jaren een steeds ruimere inhoud gekregen, met name door de toenemende belasting van het oppervlaktewater met verontreinigende stoffen. Voor de relatie tussen de waterkwaliteit en de waterkwantiteit, ook wel waterhuishouding genoemd, moeten er dus nieuwe aspecten worden beschouwd. Aanvankelijk was de relatie tussen de waterhuishouding en het chloridegehalte de enige die in beschouwing werd genomen. Vervolgens werd de relatie uitgebreid met



IR. B. A. BANNINK
Rijkswaterstaat, Deltadienst,
afd. Milieu en Inrichting

afbreekbare stoffen in verband met de zuurstofhuishouding. Van zuurstof naar algen en opgeloste voedingsstoffen — nutriënten — was verder een kleine stap. Momenteel wordt de waterkwaliteit ook in relatie gebracht met het zwevende sediment, met de zgn. xenobiotische stoffen en met thermische verontreinigingen.

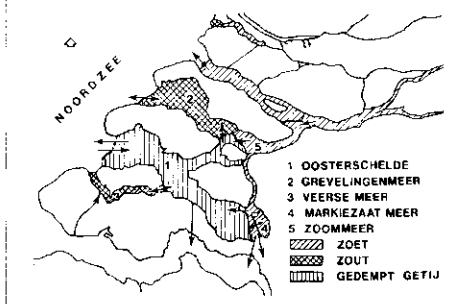
Met name in het Deltagebied is de relatie waterhuishouding-waterkwaliteit onderdeel van de bredere relatie, die bestaat tussen de waterhuishouding en het buitendijkse natuurlijke milieu. De waterhuishouding beïnvloedt nl. niet alleen de samenstelling of kwaliteit van het water, maar via de peilen en peilvariaties ook de ontwikkelingsmogelijkheden van de oevers. Men denke hierbij aan oevervegetaties, geomorfologische oeverprocessen, aan vogels en bodemdieren.

In deze bespreking worden enkele voorbeelden gegeven van de relatie tussen de door de Deltawerken veranderende waterhuishouding en het buitendijkse natuurlijke milieu, maar met accent op de waterkwaliteit. Waar mogelijk worden modeluitkomsten gepresenteerd, zij het kortheids halve zonder nadere afleidingen.

2. Beschrijving van de huidige situatie

2.1. Het huidige Deltaplan in relatie tot het waterhuishoudkundige instrumentarium

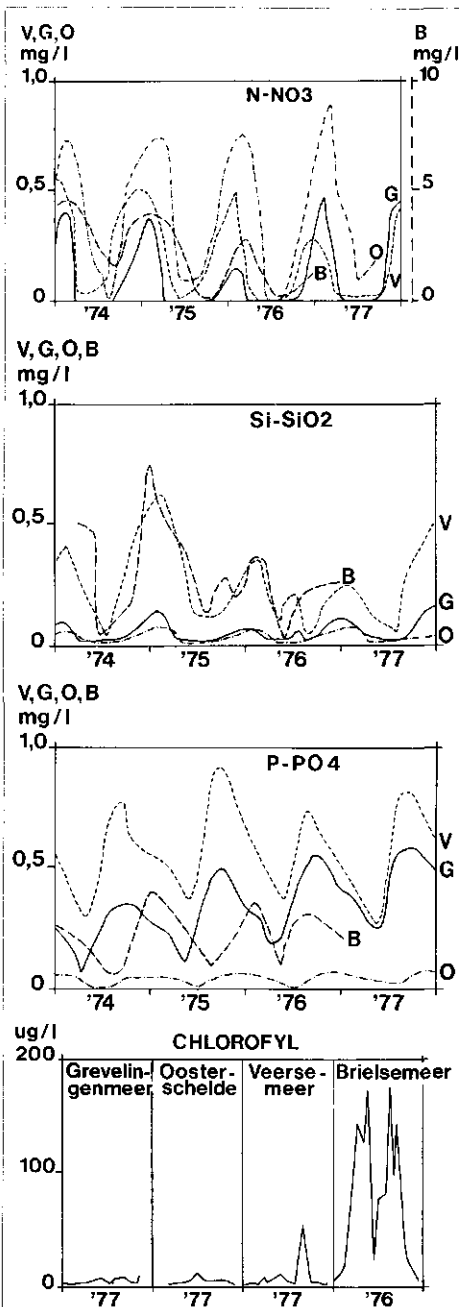
Na voltooiing van het Deltaplan zal het voormalige estuariene gebied van Rijn, Maas en Schelde veranderd zijn in een samenhangend complex van bekkens van zeer uiteenlopende aard (afb. 1). Van twee bekkens staat momenteel niet vast tot welk type zij zullen behoren: bij het Veerse Meer moet nog gekozen worden tussen verschillende brakwatersystemen, terwijl de keuze



Afb. 1 - Het huidige Deltaplan.

Afb. 2 - Het gemiddelde verloop van de gehalten van opgeloste voedingsstoffen en chlorofyl in de Deltawateren.

V = Veerse Meer O = Oosterschelde
G = Grevelingenmeer B = Brielse Meer



voor het Grevelingenmeer gaat tussen zout en zoet.

De Oosterschelde-werken vormen de afsluiting van het Delta-project. De stormvloedkering wordt aangebracht in de monding van de Oosterschelde tegelijk met de compartimenteringsdammen: de Philipsdam, tussen St. Philipsland en de Grevelingen; de Oosterdam, tussen Zuid-Beveland en Tholen. Deze vormen de gewenste scheiding tussen Oosterschelde en Zoommeer. Ten behoeve van de scheepvaart worden er in Philipsdam sluisen aangebracht en wordt het kanaal door Zuid-Beveland verbreed. Ten behoeve van het waterhuishoudkundige beheer wordt verder nog een spuikanaal gegraven van Zoommeer naar Westerschelde langs de Schelde-Rijnverbinding.

Het geheel van dammen, sluisen en doorlaatmiddelen scheidt en verbindt zoute, zoete, brakke en estuariene gebieden. Dit alles samen vormt de basis van het te voeren waterhuishoudkundige beheer na 1985.

2.2. De relatie voedingsstoffen en algen groei

Als onderbouw voor een te voeren waterkwantiteitsbeheer gericht op de optimalisering van de waterkwaliteit in de Deltabekkens dienen onder meer de routinematig ingewonnen nutriëntengegevens (afb. 2). Het jaarlijkse ritme van de gehalten aan voedingsstoffen en de relatie van deze stoffen met het jaarritme van chlorofyl indiceert een verschil in gedrag tussen de bekkens onderling. Alle bekkens, zowel zoete als zoute, vertonen minima in de opgeloste siliciumgehalten in het voorjaar. Voor deze minima zijn de kiezelalgen verantwoordelijk, die met name in het voorjaar, bij lage watertemperaturen, reeds beschikken over relatief hoge groeisnelheden. Aangezien deze soort niet als schadelijk of hinderlijk wordt ervaren hoeft er geen beheer te worden gevoerd ter beperking van de siliciumbelasting op deze bekkens.

In het zoete Brielse Meer vertoont het fosfaat min of meer het gebruikelijke beeld van minimale gehalten van het opgeloste — voor opname beschikbare — orthofosfaat in de zomerperiode. Het zal hierdoor misschien mogelijk zijn via beperkende maatregelen voor de fosfaatbelasting op het meer de excessieve algenbloei te normaliseren. Het opgeloste stikstof is in ruimere mate voorradig en heeft alleen onder excessieve algenbloei-omstandigheden mogelijk een beperkende invloed op de maximale biomassa van algen in dit meer. Voor de zoute bekkens — en wel met name voor de afgesloten zoute bekkens — is naar alle waarschijnlijkheid niet het beschikbare

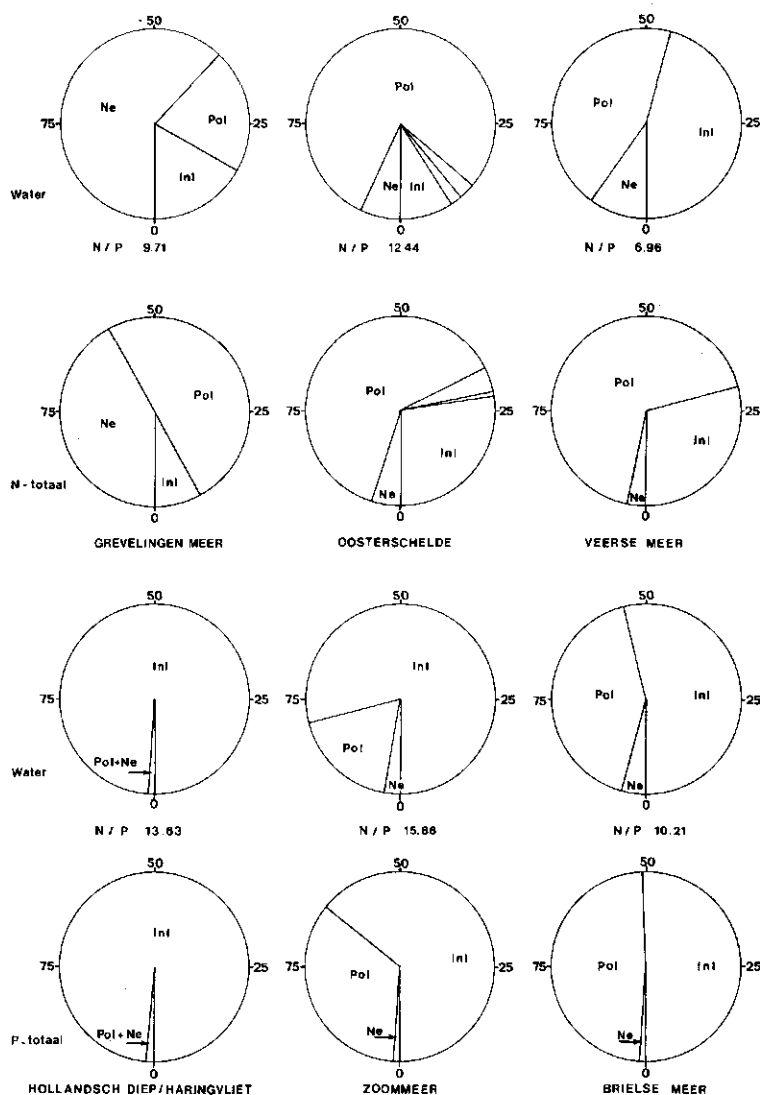
fosfaat maar de beschikbare stikstof een beperkende factor voor de ontwikkeling van algen. Dit is te zien aan de minimale zomergehalten van deze voedingsstof.

Welke processen er in de zoute bekkens oorzaak van zijn, dat algengroei door een waarschijnlijk tekort aan stikstof gelimiteerd wordt is momenteel nog niet bekend en daarom een onderwerp van studie.

Voor het voeren van kwaliteitsbeheer moet men daarom rekening houden met de verwachting, dat defosfatering van de lozingen op de zoute bekkens wel eens minder effect zou kunnen hebben, dan een gericht kwantitatief beheer op een verminderde stikstofbelasting van de bekkens. Het is ook niet ondenkbaar, dat bij de toekomstige keuze tussen een zout of zoet Grevelingenmeer het voor algengroei beperkende stikstofgehalte in het huidige Grevelingenmeer een belangrijk argument kan worden in het voordeel van een zout Grevelingenmeer. Bij welke chloridegehalten de stikstofverlagende processen de overhand hebben is eveneens nog onbekend. Uit overwegingen met betrekking tot reductie van de algengroei kan dan ook gepleit worden voor een voorlopig beheer dat gericht is op de handhaving van een zo hoog mogelijk zoutgehalte in de bekkens, naast een minimalisering van de stikstofimport. Een hoog zoutgehalte is daarnaast ook een voorwaarde voor de vestiging van zoveel mogelijk soorten organismen.

Voor een nadere onderbouwing van een te voeren kwaliteits-kwantiteitsbeheer is het tevens nodig de aard en de verdeling van de belastende bronnen voor de betreffende bekkens nauwkeurig te kennen (afb. 3). In het licht van bovenstaande beschouwing zijn de relatieve verdelingen van de fosfaatbelastingsbronnen gegeven voor de zoete bekkens en de stikstofbelastingsbronnen voor de zoute bekkens. Onmiddellijk valt de verdeling op van het Hollandsch Diep-Haringvliet, waar de doorvoer van de rivier allesoverheersend de fosfaatbronverdeling bepaalt. Hier moet weinig verwacht worden van defosfateringsmaatregelen voor de zijdelingse toevoeren. Ook is duidelijk, dat de polderbelastingen op het Veerse Meer van relatief grotere invloed zijn, dan die op het Grevelingenmeer. Ook hierin ligt een sleutel voor het afleiden van polderlozingen begrepen kan worden, speciaal als deze samen kunnen vallen met ruilverkavelingsprojecten. Ter informatie zijn de stikstof-fosfor (N/P)-verhoudingen aangegeven van de totale stofbelastingen.

Na deze schets van de uitgangstoestand wordt in het onderstaande een bespreking gegeven van de samenhang kwaliteit-kwantiteit in het licht van de



Afb. 3 - De procentuele water- en stofbelastingen op de Deltawateren.
Ne = Neerslag Pol = Polders Inl = Inlaat

advisering t.b.v. het ontwerpen van de werken in de beleidsanalytische fase, t.b.v. beheersproblemen in de nieuwe bekkens en t.b.v. de begeleiding tijdens de uitvoering van werken, elk aan de hand van een voorbeeld.

3. Bouwontwerpadviezen

Tijdens het ontwerpen van de Deltawerken komen vragen van uiteenlopende aard naar voren, waarvan sommige van invloed zijn op de relatie kwaliteit-kwantiteit. Een van de belangrijkste was wel de keuze van de grootte van de doorstroomopening in de stormvloedkering, waarover reeds geschreven is in de nota 'Varianten Doorstroomopening Stormvloedkering'. Voorts bepalen de tracé's van de secundaire dammen (de zgn. compartimenteringsdammen) naast de volumina en oppervlakten van de nieuwe bekkens, ook de fysische transportmogelijkheden door

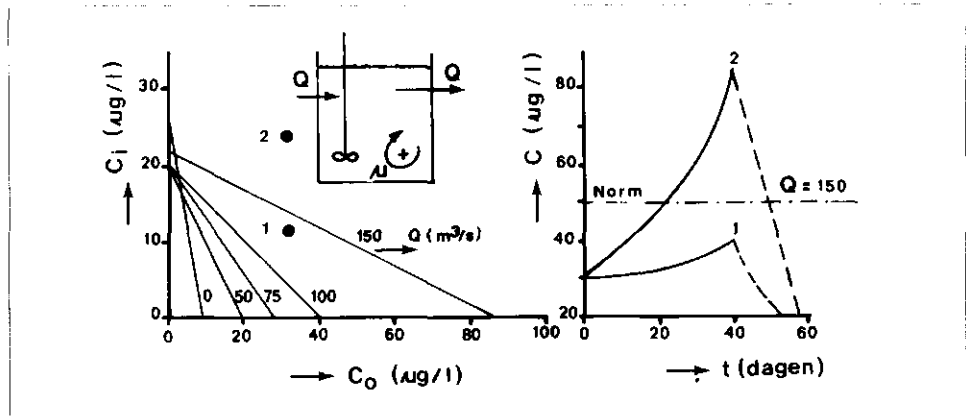
menging en stroming. Met name de tracé-keuze voor de Oesterdam is interessant. Bij een oostelijk tracé is om stromingstechnische redenen bij de aanleg van de Oesterdam een omkading gewenst van het huidige Verdrongen land van het Markiezaat van Bergen op Zoom. In het toekomstig Zoommeer zal in dat geval sprake zijn van subcompartimentering. Gezien de positieve ontwikkelingen in het omdijkte Markermeer (Hosper, mond. mededeling) biedt een omkaad Markiezaatmeer goede vooruitzichten voor de te verwachten waterkwaliteit, mede door de mogelijkheid van een onafhankelijk van het Zoommeer te voeren waterhuishoudkundig beheer. Voor de waterhuishouding van het Zoommeer zelf is alleen al uit oogpunt van peilregulatie een lozingsmiddel noodzakelijk. Het afspuien van overtollig zoet water onder vrij verval (geen energiekosten) kan in principe plaatsvinden in drie richtingen: richting Grevelingen, richting Oosterschelde

en richting Westerschelde. Daar de Westerschelde estuarien van karakter is, met relatief grote variaties in het zoutgehalte, is naast andere argumenten voor de oplossing gekozen het lozingsmiddel richting Westerschelde te gaan ontwerpen.

In de afweging van de te installeren capaciteit zijn naast peilregulatie en financiële aspecten tevens de waterkwaliteitsgevolgen bekeken. Hierin spelen de beheersmogelijkheden voor het handhaven van zo laag mogelijke chloridegehalten in het Zoommeer een belangrijke rol. In relatie tot de Oosterschelde staat de zgn. terugwinning centraal. Hiermee wordt bedoeld het terugwinnen van zoetwater bij de Philips-sluisen, welke uitgerust zijn met een zout-zoet scheidingsysteem. Met het terugwinnen van schutwater wordt de toelast op de Oosterschelde geminimaliseerd, waardoor de zoutgehalteverdeling van de Oosterschelde in de toekomst sterke gelijkenis blijft vertonen met de huidige verdeling. Echter met het teruggewonnen verbrakte water wordt extra zout op het Zoommeer gebracht, hetgeen duidelijk strijdig is met de beheersdoelstelling het chloridegehalte op het Zoommeer te minimaliseren. Extra doorspoeling van het Zoommeer richting Westerschelde lijkt hierin een oplossing te bieden. Modelberekeningen tonen aan dat er met extra doorspoeling een verlaging van het chloridegehalte bereikt kan worden. Helaas betekent doorspoeling een vergrote invoer van verontreinigd Rijnwater. De belasting met toxische stoffen wordt o.a. door verhoogde sedimentatie van het aangevoerde zwevende sediment door de doorspoelingsmaatregel vergroot. Evenals bij het Haringvliet kan de maatregel tevens tot gevolg hebben, dat de doorvoer allesoverheersend o.a. de fosfaathuishouding gaat bepalen. Niet alleen het Zoommeer, maar ook levensgemeenschappen in en om de Westerschelde zullen bij continue hoge doorspoeldebieten via de veranderende zoutgehalteverdeling wellicht kwantitatief veranderen.

Naast de invoer van verontreinigingen zou ook de uitspoeling van algen, dit in het Zoommeer groeien, van belang kunnen zijn, zoals dit waarschijnlijk het geval is in het Haringvliet. Hiertoe is ter verkenning een eenvoudig algengroei-uitspoelingsmodel opgezet (afb. 4).

In verschillende Nederlandse meren is een schatting gemaakt van de netto groeisnelheid van de algen, afgeleid van de waargenomen gehaltestijgingen van het chlorofyl gedurende de exponentiële groeifase. Uiteraard zijn er allerlei mogelijke beïnvloedingen te bedenken, welke van invloed zijn op deze groeisnelheidscoëfficiënt, zoals begrazing door zoöplankton, onderwaterlichtklimaat, voedingsstoffensituaties e.d. Waar het hier



Afb. 4 - De veiligheidsgebieden voor algenbloei in het toekomstige Zoommeer behorende bij diverse doorspoeldebieten.

om gaat is een schatting te maken van een snelheidscoëfficiënt welke in de praktijk waargenomen is en deze dan te vergelijken met de uitspoelsnelheden die het gevolg zullen zijn van het continue doorspoelen met 50, 75, 100 of 150 m³/sec. De waargenomen groeisnelheidscoëfficiënten varieerden tussen 6 en 10 % per dag.

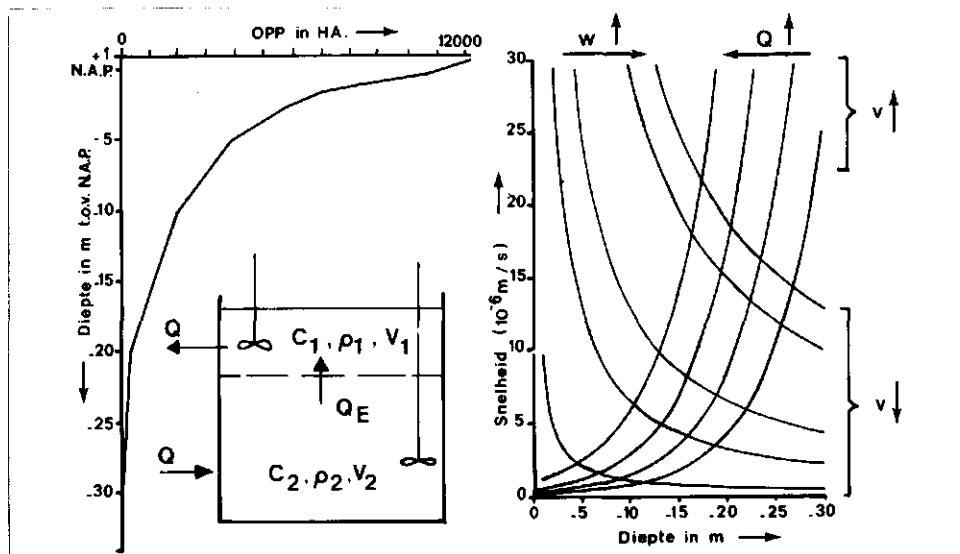
De exponentiële groeifase duurt in de praktijk niet langer dan 3 weken. Hier is veiligheidshalve een groeiperiode van 40 dagen aangehouden. Als na deze periode het chlorofylgehalte beneden 50 ug/ltr. blijft, mag worden aangenomen dat er geen excessieve algengroei heeft plaatsgevonden. De gevoeligheid van het model voor de grootte van de groeisnelheidscoëfficiënt is bijzonder groot te noemen: bij 10 % groei per dag waren geen der alternatieve capaciteiten voldoende om algengroei te voorkomen. In het uiteindelijke advies is dan ook vermeld, dat er geen zekerheid is te geven over de mate van reductie van de algengroei door over te gaan op geforceerde doorspoeling, zelfs niet bij hoge debieten.

4. Beheersadviezen

Ook de beheersproblemen m.b.t. de nieuwe bekkens zijn uiteenlopend van aard. Problemen als peilregulatie in relatie tot de biologische ontwikkeling van oeverlevensgemeenschappen, zandwinning, ruilverkavelingen met hun gevolgen voor de afwatering, speciebergings, inrichting van bekkens voor hun nieuwe bestemmingen en vele andere moeten worden aangepakt. Met name de ontwikkelingen van het Grevelingenmeer bieden perspectieven met betrekking tot de bestemming natuurgebied, mits het meer zodanig beheerd kan worden dat het voldoende zout blijft. Het bekken biedt echter ook recreatieve mogelijkheden, naast mogelijkheden voor de beroepsvisserij, waarvan de palingvisserij de belangrijkste is. In de nieuwe inrichtingsschets voor het Grevelingenmeer zijn de natuur- en

recreatiefunctie primair gesteld. Ten behoeve van de natuurfunctie is het, zoals reeds eerder opgemerkt, van belang dat een voldoende hoog zoutgehalte wordt nagestreefd om de vestiging van vele soorten organismen mogelijk te maken. Hiertoe is contact met de Noordzee gewenst. Met betrekking tot de relatie waterkwaliteit-waterkwaliteit heeft het inspoelen van zeewater een voor zoutwatersystemen specifieke reeks van gevolgen. De dichtheid van water is namelijk niet alleen, zoals bekend, een functie van temperatuur, maar ook van het zoutgehalte (hogere zoutgehalten betekenen hogere dichtheden). Aangezien een verschil in chloridegehalten van ruwweg 1 g/l Cl⁻ een zelfde dichtheidsverschil veroorzaakt als een temperatuurverschil van 10° C, en een verticale temperatuursgelaagdheid van 10° C als redelijk stabiel mag worden beschouwd, zal het inspoelen van zeewater een sterke verticale gelaagdheid doen ontstaan. Het verschil in zoutgehalte is momenteel nl. gemiddeld 4 g/l Cl⁻. Deze gelaagdheid wordt stratifikatie genoemd (afb. 5).

Een heel belangrijk gevolg van stratifikatie is het wegvallen van de menging van water van de boven- met de onderlaag. Als gevolg hiervan zijn wederzijdse uitwisselingsmogelijkheden van opgeloste stoffen beperkt tot niveau's van moleculaire diffusie of iets hogere. Dit heeft belangrijke gevolgen voor de zuurstofhuishouding. De bovenlaag staat in contact met de atmosfeer, zodat aanvulling van zuurstof via reëratie kan plaatsvinden indien dit nodig mocht zijn. De onderlaag is door het grote dichtheidsverschil afgesloten van het transport van zuurstof uit de lucht. Niets echter beperkt het zuurstofverbruik in de onderlaag: de mineralisatie van organische stof in de waterfase of aan het bodem-water-grensvlak betekent een voortdurende onttrekking van zuurstof aan de onderlaag. Het gehalte zal dientengevolge dalen. Het is dus belangrijk te weten hoe en wan-

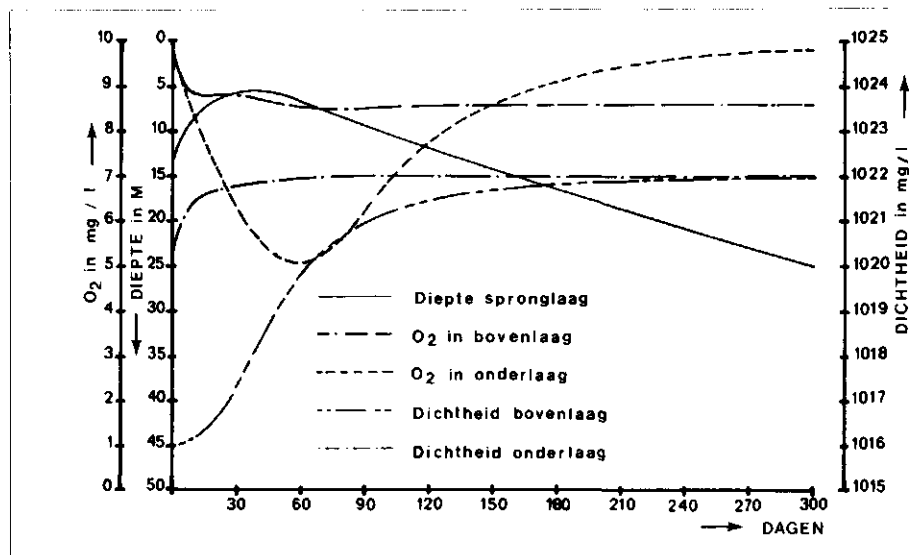


Afb. 5 - De hypsografische curve van het Grevelingenmeer, met de voor dit meer karakteristieke verplaatsingssnelheden van het grensvlak.

V ↑ = opwaartse verplaatsingssnelheid van het grensvlak bij verschillende doorspoeldebieten.

V ↓ = neerwaartse verplaatsingssnelheid bij verschillende windsnelheden.

W ↑ = toename windsnelheid; Q ↑ toename debiet.



Afb. 6 - De dichtheden en zuurstofgehalten van boven- en onderlaag als functie van tijd.

neer het zeewater zonder al te grote risico's kan worden ingelaten in het Grevelingenmeer. Twee fysische processen zijn hierbij van belang: één die het grensvlak omhoog wil bewegen en één die het grensvlak omlaag wil bewegen. Het eerste is een gevolg van de inspoelsnelheid van zeewater en wordt sterk bepaald door de morfologie van het bekken. Het tweede wordt naast de morfologische invloed vooral bepaald door de windsnelheid, de bron van turbulente energie, maar ook door het dichtheidsverschil tussen boven- en onderlaag.

Studies met een gelaagdheidsmodel hebben uitgewezen, dat als er water ingelaten wordt dit het best met de grootste debieten kan plaatsvinden: de verkorting van de tijdsduur van de aanwezigheid van een grensvlak en

de maximale inspoeling van zuurstofrijk zeewater beperken de daling van het zuurstofgehalte van de onderlaag (afb. 6).

Bovendien kan het inlaten het best gebeuren bij lage temperaturen. Hiervoor zijn drie argumenten aan te voeren, waarvan de eerste twee deel uitmaken van het model. Ten eerste is het zuurstofgehalte 's winters in het in te spoelen zeewater maximaal door de temperatuursafhankelijke oplosbaarheid van zuurstof in water in evenwicht met de atmosfeer. Ten tweede zijn de zuurstofverbruikssnelheden in de winter minimaal door de vertraging van de bacteriologische afbraak bij lage temperaturen. Tenslotte vertonen de aquatische organismen bij lagere watertemperaturen grotere toleranties voor verlaagde zuurstofgehalten

vanwege hun vertraagd metabolisme. Het kwantitatieve beheer, dat plaats zal vinden met de dit jaar gereedgekomen doorlaat-sluis in de Brouwersdam, zal dan ook voorlopig beperkt blijven tot de winterperiode. Gestreefd zal worden naar het tot stand brengen van een maximale uitwisseling tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer, tot er in de eindsituatie geen sprake meer zal zijn van stratifikatie. Het doorlaatmiddel zal als in- en uitlaat-sluis fungeren, zodat het uitwisselen vergezeld zal worden door een beperkte peilvariatie, nl. in de orde van 6 cm peilverschil per getij, hetgeen binnen de variatie valt als gevolg van windopzet. Dit heeft dus geen negatieve gevolgen voor de oevers.

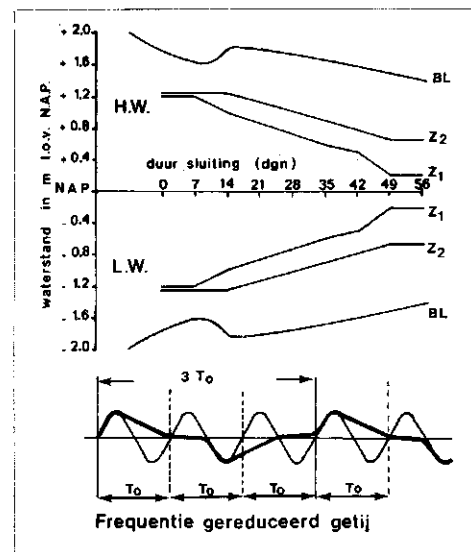
5. Begeleiding van de uitvoering van de werken

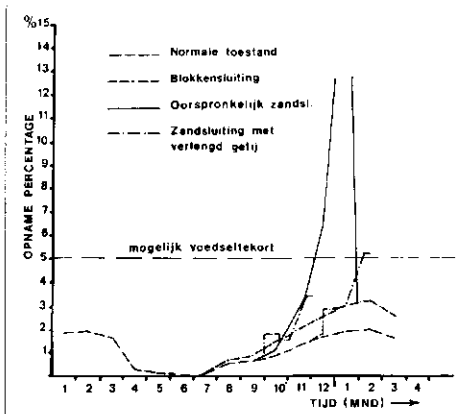
Evenals bij de voorbereiding voor de bouw van de werken en bij het beheer van de nieuwe bekkens ontstaan vele vragen bij de uitvoering van de werken. Een ingewikkeld vraagstuk hierbij is de onderlinge afstemming van de aanleg van de stormvloedkering met die van de compartimenteringsdammen (afb. 1). Gestreefd wordt naar een zo gelijktijdig mogelijke aanleg, i.v.m. de komberging.

Bij gelijktijdige aanleg bestaan er meerdere technische mogelijkheden voor de sluiting van de compartimenteringsdammen. Naast een blokkensluiting of een caissonsluiting behoort ook een zandsluiting tot de mogelijkheden. Voor deze laatste is het nodig de stormvloedkering te gebruiken om de stroomsnelheden in de sluit-

Afb. 7 - De verwachte getijde amplitude als functie van tijd tijdens alternatieve sluitingsmethoden van de compartimenteringsdammen, alsmede het waterstandsverloop tijdens 'gerekt' getij.

B1 = Blokkensluiting.
Z1 = Oorspronkelijke zandsluiting.
Z2 = Zandsluiting met gereduceerde getijfrequentie.





Afb. 8 - De verwachte fouragedruk van vogels op bodemdieren in procenten van de aanwezige biomassa tijdens de sluiting van de compartimenteringsdammen (naar gegevens van Baptist).

gaten te verkleinen. Men realiseert zich, dat een zandsluiting ca. 50 mln. gulden goedkoper is dan een blokken- of caisson-sluiting. De blokkenluiting kan bij volgetij plaatsvinden, zodat deze sluitingswijze nagenoeg geen nadelige effecten zal hebben op het milieu in de Oosterschelde (afb. 7). Bij de zandsluiting werd in eerste instantie gedacht aan reductie van de getij-amplitude, door steeds meer schuiven dicht te zetten in de stormvloedkering. In de eindfase zou er dan gedurende 5 dagen nagenoeg geen getij meer zijn op de Oosterschelde. Indien deze sluitingswijze in het winterseizoen plaatsvindt, zouden de gevolgen voor het aquatische milieu en de overlevingsgemeenschappen beperkt kunnen blijven, en zou een spoedig herstel kunnen worden verwacht. Mede gezien het eenmalig voorkomen van deze gebeurtenis werd de ingreep niet onaanvaardbaar geacht. Toch werden vraagtekens gezet bij deze sluitingsmethode, zowel ten aanzien van de fourageermogelijkheden voor vogels (afb. 8), als ten aanzien van het vermijden van stratifikatie. Bij het wegvallen van het getij zou gelaagdheid kunnen ontstaan ten gevolge van de doorgaande zoetwaterlazingen, waardoor de chloridegehalten van de bovenste waterlagen mogelijk te ver zouden dalen. Juist deze bovenste lagen staan in contact met de rijke overlevingsgemeenschappen. Verhoogde sedimentatie en mogelijke zuurstofproblemen zouden eveneens het gevolg kunnen zijn van de afwezigheid van menging door het getij. In tweede instantie wordt nu gewerkt aan een verkenning van de mogelijkheden voor een zandsluiting onder 'gerekt' getij: niet de amplitude, maar de getijfrequentie wordt hierbij op kunstmatige wijze verlaagd door gebruik te maken van de stormvloedkering (afb. 7). De amplitude blijft daarbij zo groot mogelijk, de stroomsnelheden worden verlaagd, maar reduceren niet tot nul. Ook voor vogels lijken de ingeschatte

gevolgen dan niet onoverkomelijk (afb. 8). Op twee belangrijke details zij tenslotte nog gewezen. De laagwaterperioden moeten zo veel mogelijk overdag vallen, daar het fourageersucces voor vogels overdag waarschijnlijk groter is dan 's nachts. Ten tweede zal de fasering van de sluiting van de Oesterdam zodanig op die van de Philipsdam moeten worden afgestemd, dat er geen reststroming zuidwaarts zal plaatsvinden in de Eendracht, daar dan het relatief zoete water uit het Volkerak, achter Tholen langs, de kom van de Oosterschelde zal binnenstromen. Door de geringe uitwisseling van dit gebied met de Noordzee zal herstel van een verlaagd zoutgehalte pas na enkele maanden mogelijk zijn.

6. Conclusie

Voor het voeren van een succesvol waterkwaliteitsbeheer is de samenhang waterkwaliteit-waterkwantiteit, met name in het Deltagebied van belang, omdat de Deltawerken, via deze relatie, nieuwe beheersmogelijkheden zullen scheppen. Soms kan een beïnvloeding van de waterkwaliteit in een bekken, via waterhuishoudkundige maatregelen, consequenties hebben op de waterkwaliteit in een aangrenzende bekken. De waterhuishouding heeft daarnaast, via de waterpeilen, of de fluctuatie hierin, mogelijke invloed op de ontwikkelingen in en van oevers: in deze gevallen is er eerder sprake van een relatie waterkwantiteit-kwaliteit van buitendijks milieu, waarvan de relatie waterkwantiteit-kwaliteit deel uitmaakt. Tenslotte wordt opgemerkt, dat het opzetten en hanteren van veelal eenvoudige modellen stimulerend werkt op de gedachtenvorming bij de wegging van alternatieve handelwijzen en soms richtinggevend is voor nader onderzoek.



● *vervolg van pagina 51*

Dynamische aspecten van trofiegradiënten in een Kraggelandschap

De totale weerstand in het gebied is ten behoeve van de boezemfunctie gering. De verblijftijd van het water is aldus verkort.

3. Operationele omgevingseigenschappen. Zoals deze in de plantengroei tot uiting komen zijn er thans minder verschillen in operationele omgevingseigenschappen. De afwijkende 'typen' zijn bovendien zeldzaam. Het gebied is dus minder rijk geschakeerd.

Als oorzaken voor deze veranderingen kan gedacht worden aan de vervening, het boezemregime, de inpolderingen in de

omgeving, de rietcultuur en de recreatie. Vooral de veranderingen in de conditionele structuur hebben geholpen de 'potentiaalverschillen' in het veld te nivelleren.

5. Besluit

Het was in het bestek van dit artikel niet mogelijk basisgegevens over vegetatie en kwalitatieve waterhuishouding die eraan ten grondslag liggen te vermelden. Deze gegevens zijn door de auteur met medewerking van een groot aantal studenten en praktikanten van verschillende onderwijsinstellingen in Nederland verzameld. Dit zou nimmer mogelijk zijn geweest zonder de inspanningen, financieel, materieel en personeel, van die instellingen en van de instituten die tijdelijke aanstellingen voor hun rekening namen.

De Fototheek van de Topografische Dienst te Delft heeft de afb. 1 en 2 welwillend ter beschikking gesteld.

Literatuur

- Du Rietz, G. E., 1954. *Die Mineralbodenwasserzeignergrenze auf Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der Nord- und Mitteleuropäischen Moore*. Vegetatio 5/6: 571-585.
- Geus-Kruyt, M. de, Segal, S., 1973. *Notes on the productivity of *Stratiotes aloides* in two lakes in the Netherlands*. Pol. Arch. Hydrobiol. 20 (1): 195-205.
- Haans, J. C. F. M., Hamming, C., 1962. *Over de bodemgesteldheid in het veengebied in het Land van Vollenhove*. Rapp. Stiboka 583.
- Ingram, H. A. P., 1967. *Problems of hydrology and plant distribution in mires*. J. Ecol. 55: 711-724.
- Kulczynski, S., 1949. *Peatbogs of Polesie*. Mem. Ac. Sci. Cracovie B: 1-356.
- Lange, L. de, 1972. *An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands*. Ac. proefschr. U.v.A.
- Lijklema, L., Straten, G. van, 1977. *De waterbeweging in het plasseengebied van Noordwest-Overijssel*. H₂O 10(16): 360-363.
- Moore, P. D., Bellamy, D. J., 1974. *Peatlands*. London.
- Overbeck, F., 1975. *Botanisch-geologische Moorkunde*. Neumünster.
- Steenvoorden, J. H. A. M., Oosterom, H. P., 1979. *Fosfaat- en stikstofbalansen van polder- en beekgebieden*. H₂O (12) 1979, nr. 2.
- Ulehlavá, B., 1970. *An ecological study of aquatic habitats in North-West Overijssel, The Netherlands*. Acta Bot. Neerl. 19(6): 830-858.
- Veenbos, J. S., 1950. *De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoostpolder*. De bodemkartering van Nederland, deel V, V.L.O. 55.12.
- Westhoff, V., Held, A. J. den, 1969. *Plantengemeenschappen van Nederland*. Zutphen.

