

NOTA 1275

mei 1981

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARRINGGEBOUW**

**EUTROFIE VAN HET BOEZEM- EN POLDERWATER IN NOORD-HOLLAND
BENOORDEN HET NOORDZEEKANAAL EN HET IJ**

ing. S.H.B. Daamen

XXVII



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publicaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

31 OKT. 1990

15n = 522047 4

STADSGEBOUW
BIBLIOTHEEK

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Algemene inleiding	1
1.2. Eutrofie van oppervlaktewater	2
1.3. Normen voor waterkwaliteit	3
1.4. Oorzaken van eutrofie	5
2. GEBIEDSBESCHRIJVING	11
2.1. Ligging	11
2.2. Bodemkundige gesteldheid en grondgebruik	11
2.3. Waterhuishouding	13
3. ONDERZOEK	15
3.1. Monsterplaatsen	15
3.2. Gebruikte gegevens	19
4. VERWERKING RESULTATEN	21
4.1. Berekeningen	21
4.2. Tabellen	22
4.3. Kaarten	22
4.4. Verlooplijnen	23
5. BESPREKING RESULTATEN	24
5.1. Bijdragen van de afzonderlijke stikstofver- bindingen	24
5.2. Concentratie van enkele parameters per monsterplaats	28
5.3. Verlooplijnen voor een aantal monsterplaatsen in boezem- en polderwater	33

	blz.
5.4. Relaties tussen verschillende parameters voor het gehele onderzoeksgebied	35
5.5. Correlaties tussen twee monsterpunten in de boezem	37
6. SAMENVATTING	39
7. LITERATUUR	44
8. BIJLAGEN	46

1. INLEIDING

1.1. Algemene inleiding

De kwaliteit van het oppervlaktewater gaat een steeds belangrijkere rol spelen bij het waterbeheer. Dit komt niet alleen omdat de kwaliteit van het water waarover men de beschikking heeft, dikwijls te wensen overlaat, maar ook omdat de eisen van de gebruiker zijn verhoogd. Hierbij wordt gedacht aan een vrij grote verscheidenheid van gebruikers zoals voor recreatie, landbouw, natuurbeheer, industrie en drinkwatervoorziening.

Bij elke vorm van waterrecreatie is het belangrijk dat de waterkwaliteit zodanig is, dat deze vorm van recreëren nog als prettig wordt ervaren. Zo geldt voor de landbouw dat de waterkwaliteit niet moet leiden tot produktieverlaging en voor het natuurbeheer is het van belang te voorkomen dat door eutrofiëring een uniforme fauna en flora ontstaat. De laatste jaren speelt het oppervlaktewater een belangrijke rol bij de drinkwaterbereiding, omdat de grondwatervorraden ontoereikend of ongeschikt zijn, zoals in het onderzoeksgebied het geval is.

Niet in de laatste plaats moet worden geconstateerd dat men hogere eisen stelt aan de kwaliteit van het woonmilieu, waarin directe lozingen van huishoudelijk afvalwater en zeker rottend oppervlaktewater niet passen. Een gevolg hiervan is dat in de afgelopen jaren een aanzienlijk aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn gerealiseerd. De in deze nota verzamelde gegevens kunnen misschien een indicatie geven omtrent de noodzaak van fosfaat verwijdering bij deze installaties.

Met name zal aandacht worden besteed aan het stikstof- en fosfaatgehalte van het oppervlaktewater in Noord-Holland.

1.2. Eutrofie van oppervlaktewater

Eutrofiëring is de verrijking van het oppervlaktewater met voedingsstoffen waardoor een ongewenste toename van de groei van algen en waterplanten plaatsvindt. Dit zal vooral plaatsvinden indien de belasting van zowel stikstof als fosfaat toeneemt (HOSPER, 1978). Daarnaast vindt er een verschuiving plaats in de soorten samenstelling van levensgemeenschappen. Deze wordt vooral veroorzaakt doordat bij verhoogde toevoer van voedingsstoffen de concurrentiepositie binnen de ecologische samenleving verandert. Van sommige soorten wordt deze versterkt, terwijl die van anderen wordt verzwakt.

De benodigde mineralen voor de groei van algen worden door GOLTERMAN (1972) onderscheiden in:

macro-elementen		micro-elementen	spore-elementen	
Ca ²⁺	Fe ²⁺	N	Zn	Bo
Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	P	Co	Mo
K ⁺	SO ₄ ²⁻	Si	Mn	Fe
Na ⁺	Cl ⁻		Cu	enz.
NH ₄ ⁺	F ⁻			

De micro-elementen bepalen welke algen voorkomen, terwijl de macro-elementen bepalen hoeveel algen van die soort voorkomen.

Op basis van N- en P-gehalten, die de omvang van de plankton-groei bepalen, deelt VOLLENWEIDER (1968) oppervlaktewateren als volgt in:

	totaal P (mg.l ⁻¹)	tot. anorg. N (mg.l ⁻¹)
1. ultra-oligotroof	< 0,005	< 0,20
2. oligo-mesotroof	0,005 - 0,01	0,20 - 0,40
3. meso-eutroof	0,01 - 0,03	0,30 - 0,65
4. eu-polytroof	0,03 - 0,10	0,30 - 1,50
5. polytroof	> 0,10	> 1,50

Deze normen zijn afkomstig van diepe meren; voor ondiepe en stromende wateren gelden andere waarden.

Behalve door het gehalte aan bepaalde mineralen, wordt de hoeveelheid algen, die zich kan ontwikkelen ook beïnvloed door secundaire omstandigheden, zoals de hoeveelheid zonnestraling, de helderheid van het water en de temperatuur. Indien de omstandigheden gunstig zijn, kunnen zich grote hoeveelheden algen ontwikkelen. Tijdens deze zogenaamde algenbloei ontstaat via de fotosynthese een zuurstofoverschot. 's Nachts ontstaat daarentegen een zuurstoftekort voor de ademhaling van de waterorganismen en voor de mineralisatie door bacteriën. In deze fase kunnen zich vissterften voordoen. Bij verdergaande verslechtering van de toestand kan het water geheel anaeroob worden. Hierbij kunnen rottingsreacties optreden, die gepaard gaan met stankontwikkeling.

1.3. Normen voor waterkwaliteit

Slechts voor een beperkt aantal gebruiksdoeleinden van oppervlaktewater zijn tot op heden normen en ook wel voorlopige grenswaarden opgesteld. De best onderbouwde lijsten tot nu toe zijn die voor oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt bereid.

In het Indicatief Meerjarenprogramma 1975 - 1979 (I.M.P.) (MINISTERIE VOOR VERKEER EN WATERSTAAT, 1975) wordt onderscheid gemaakt tussen de minimum-waterkwaliteit op korte termijn en de kwaliteit op lange termijn. De korte-termijn-maatregelen moeten vóór alles ten doel hebben het wegnemen van situaties, die meer of minder ernstige schade, gevaar of hinder kunnen veroorzaken. Een dergelijke kwaliteit zou moeten waarborgen dat het water tenminste van een zodanige aard is dat het:

- geen overlast (stank) aan de menselijke samenleving veroorzaakt;
- geen onaantrekkelijk uiterlijk bezit (verkleuring, troebeling en drijvende verontreiniging);
- een aanvaardbaar milieu vormt voor een aërobe levensgemeenschap, waarin zich ook grotere vissoorten zoals snoekbaars, snoek, baars, voorn en brasem kunnen handhaven en voortplanten;
- met betrekking tot de aanwezigheid van toxische, persistente en accumulerende stoffen er zodanig aan toe is, dat de vis-etende dieren daarvan niet het slachtoffer worden.

De laatste twee kenmerken geven aanleiding tot het opstellen van de strengste van de vier benodigde eisen-pakketten.

Met betrekking tot het begrip minimum-waterkwaliteit voor de korte termijn, moet worden benadrukt, dat dit niet méér is dan een tussenfase, die op den duur moet overgaan in de waterkwaliteit op lange termijn. In tabel 1 worden voor enkele parameters de voorlopige grenswaarden voor de korte termijn en de streefwaarden van de waterkwaliteit op lange termijn weergegeven, zoals in het I.M.P. is voorgesteld.

Tabel 1. Enkele parameters met voorlopige grens- en streefwaarden
(Min. voor Verkeer en Waterstaat, 1975) *I.M.P. 1980-1984

Parameter	Eenheid	Voorl.grenswaarde		Streefwaarde
Temp.	°C	25		23
ZVP	%	> 50		80-120
zuurgraad	pH	6,5-8,5 6,5-9,0*		6,5-8,5
Kjel.N	mg.N.l ⁻¹	3		1
NH ₄ ⁺	mg.N.l ⁻¹	2,0	1,0*	< 0,5
NO ₂ ⁻	mg.N.l ⁻¹	1,0		-
NO ₃ ⁻	mg.N.l ⁻¹	4		2
tot.P	mg.P.l ⁻¹	0,3	0,2*	0,05
Tot.N	mg.N.l ⁻¹	7	2,0*	-

Voor de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater wordt in de EEG als absolute norm 10 mg.l⁻¹ nitraat-N + nitriet-N gehanteerd (MIN. VOOR VERKEER EN WATERSTAAT, 1981). Ook voor vee kunnen hoge concentraties aan nitraat en nitriet in drinkwater in combinatie met nitratrijk voedsel aanleiding geven tot sterfte (KEMP, e.a., 1976).

In het IMP 1980-1984 zijn op een aantal punten de grenswaarden voor de waterkwaliteit op korte termijn, op grond van gewijzigde inzichten, aangepast. In deze versie is de kolom streefwaarden niet meer opgenomen omdat in diverse gebieden deze als gevolg van natuurlijke omstandigheden zodanig zijn, dat zelfs de grenswaarde niet kan worden gehaald.

Ter voorkoming van eutrofiëringsprocessen dient voor de voorjaarsconcentratie onder Nederlandse omstandigheden de volgende norm gesteld te worden (LEENTVAAR, 1970):

0,03 mg opneembaar P.l⁻¹
0,2-0,3 mg anorganisch N.l⁻¹

Voor viswater wordt gestreefd naar een gehalte van maximaal 0,5 mg.l⁻¹ in de vorm van organisch N en amonium (MIN. VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975).

In verband met de toxiciteit van vrij ammoniak voor vissen geldt hiervoor een absolute norm van 0,02 mg.l⁻¹. Het aandeel vrij ammoniak in de som ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) is afhankelijk van de pH en de watertemperatuur. De absolute norm van 0,02 mg N.l⁻¹ voor vrij ammoniak komt overeen met de volgende gehalten aan ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$).

Tabel 2. Het gehalte aan $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ bij verschillende waarden van de pH en temperatuur uitgedrukt in mg N.l⁻¹

pH	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
°C						
5	50,0	16,7	5,1	1,6	0,5	0,2
10	33,3	10,5	3,4	1,1	0,4	0,1
15	22,2	7,4	2,4	0,8	0,3	0,1
20	15,4	5,0	1,6	0,5	0,2	0,1
25	11,1	3,6	1,2	0,4	0,1	0,1

bron: IMP '80-'84

1.4. O o r z a k e n v a n e u t r o f i e

1.4.1. Mineralenaanvoer via neerslag

De toevoer van fosfaat vanuit de atmosfeer via de neerslag is een belangrijke factor bij grote wateroppervlakten en voedselarme natuurgebieden. De aanvoer van mineralen via neerslag bedraagt gemiddeld 2,04 mg N, 0,15 mg P en 0,60 mg K per liter (HENKENS, 1976).

Deze gegevens zijn verzameld op 14 plaatsen verspreid over Nederland in de periode van 1-10-1973 tot 1-10-1974.

Gebaseerd op de indeling van Vollenweider en de normen die Leentvaar geeft, moeten in Nederland de oppervlaktewateren die alleen worden gevoed door regenwater reeds tot de eutrofe wateren worden gerekend.

1.4.2. Basisbelasting door uitspoeling en diepe kwel

Onder de basisuitspoeling, ook wel uitloging genoemd, kan worden verstaan de belasting aan mineralen die na transport van het water door een bodem die niet wordt bemest, naar het oppervlaktewater of eventueel naar het diepe grondwater bij grondwaterwinning worden afgevoerd. De chemische samenstelling van het water ontstaat mede tijdens het passeren van de bodem in afhankelijkheid van het profiel-type en de chemische rijkdom van de bodem.

De fosfaatgehalten van het grondwater zijn in belangrijke mate afhankelijk van de bodemsamenstelling. Over het algemeen blijkt, dat hoe rijker een bodem is aan organische stof, des te hoger het totaal fosfaatgehalte. De totaal fosfaatgehalten in het grondwater variëren ook sterk in afhankelijkheid van de invloed van de zoute kwel. De basisuitspoeling is onderzocht bij een aantal natuurterreinen in het noordelijk zeeleigebied. De relatie tussen het fosfaatgehalte en het chloridegehalte is weergegeven in tabel 3 (BOTS e.a., 1978).

Tabel 3. Stikstof- en fosfaatgehalten in drie natuurterreinen in het noordelijk zeeleigebied in relatie met het chloridegehalte in de bovenste meter van het grondwater

Cl ⁻	mg/l	150	863	5570
NO ₃ ⁻	mg N/l	0,2	0,2	0,7
NO ₂ ⁻	"	0,02	0,01	0,01
NH ₄ ⁺	"	8,1	13,1	6,2
Org.N	"	1,9	2,5	5,0
Tot. N	"	10,2	15,8	11,9
Ortho P	mg P/l	1,4	3,0	4,7
Totaal P	"	1,5	3,5	6,0

In vrijwel al het diepe grondwater (15-45 m -NAP) van Noord-Holland wordt, evenals in Midden-West-Nederland, stikstof en fosfaat aangetroffen (VAN REES VELLINGA en WITT, 1980). De gehalten lopen sterk uiteen. Aan de hand van de profielbeschrijvingen kan worden vastgesteld dat op vrij veel plaatsen veen en/of veenresten op verschillende diepten voorkomen. Aangenomen wordt, dat de hogere concentraties van N en P in dit brakke milieu mede worden beïnvloed door de aanwezigheid van veel organische stof (ICW, 1976).

1.4.3. Uitspoeling en afspoeling door bemesting

Verschillen in uitspoeling als gevolg van verschillen in bodemgebruik hangen vooral samen met de aan- of afwezigheid van een gewas. Op bouwland is slechts voor een gedeelte van het jaar een gewas aanwezig dat de vrijgekomen stikstof kan opnemen. Op grasland is het gehele jaar door begroeiing aanwezig waardoor het gehele jaar door stikstof opname optreedt.

Ondanks de hogere mestgiftten bij grasland ligt de uitspoeling voor bouwland op een beduidend hoger niveau. De geringe benutting van de toegevoerde stikstof resulteert in steeds hogere nitraatgehalten in het afgevoerde grondwater (fig. 1).

Ondanks de dalende benutting door het gewas bij hogere mestgiftten is het verloop van de nitraat-uitspoeling tegen de N-bemesting vrijwel lineair. Dit betekent dat ofwel de vastlegging in de humus of de denitrificatie procentueel een sterkere rol gaan spelen in de stikstofbalans naarmate de mestgiftten hoger zijn.

Gezien de lage veebezetting in het onderzoeksgebied is er nauwelijks sprake van stikstof- en fosfaat-overbemesting. Omdat er hoge gehalten aan stikstof en fosfaat in het diepe grondwater worden aangetroffen, zoals in enkele delen van Noord-Holland voorkomt, is een emissie vanuit de landbouw naar het diepe grondwater van weinig belang (RIJTEMA, 1976). Bovendien is de P-toevoer naar de bodem, door de P-accumulatie in de bodem, beperkt.

De toevoer van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater, afkomstig van meststoffen wordt bij stikstof vooral veroorzaakt door uitspoeling en bij fosfaat door afspoeling van landbouwgrond. Bij een goede ontwateringstoestand zal het neerslagoverschot via het

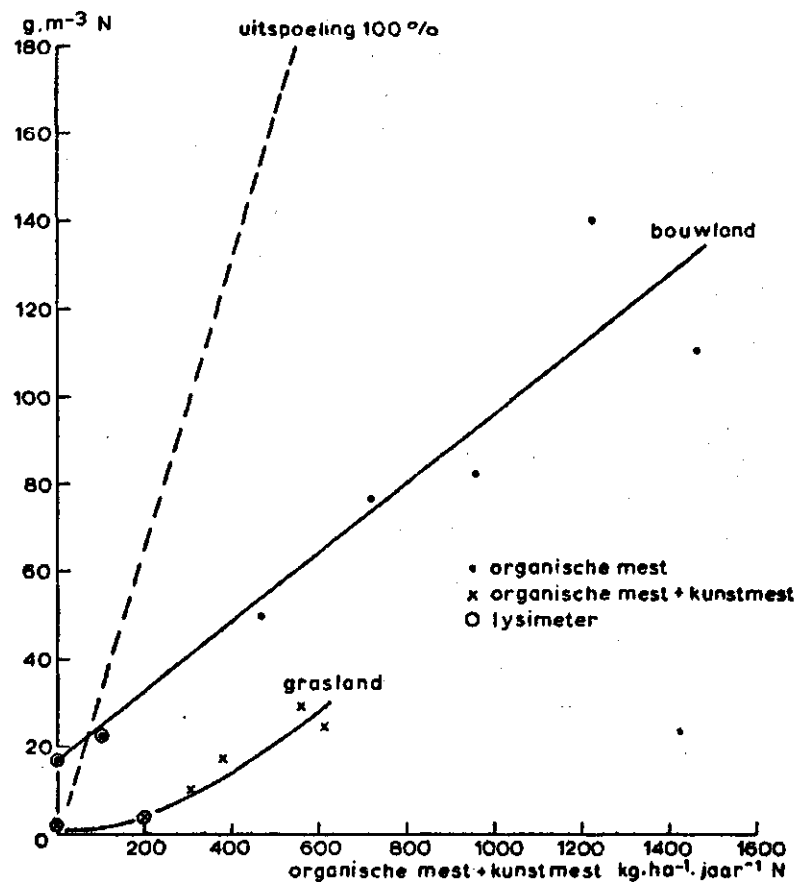


Fig. 1. Verloop van de nitraatconcentratie (g N/m^3) in het bovenste grondwater onder invloed van de toegediende stikstofbemesting bij bouw- en grasland op zandgrond (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1979)

- drijfmest op mais
- lysimeteronderzoek
- x stalmest + kunstmest op grasland
- ⊗ lysimeteronderzoek
- (---: verloop van nitraatconc. indien alle toegediende stikstof uitspoelt bij een gem. grondwatervoeding van 300 mm/jaar)

diepe grondwater en door drains worden afgevoerd en bij een slechte ontwatering deels via oppervlakkige afstroming naar greppels.

Uit de resultaten van lysimeter- en drainwateronderzoek blijkt dat de invloed van bemesting voor de uitspoeling van stikstof en fosfaat sterk verschilt. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de stikstof- en fosfaatgehalten in de afvoer van grasland en bouwland.

Tabel 4. Concentratie van stikstof en fosfaat in de afvoer van grasland en bouwland op basis van lysimeter- en drainwateronderzoek (RIJTEMA, 1976)

Bodemgebruik	Grondsoort	Methode onderzoek	Concentratie		Auteur
			mg N/l	mg P/l	
Natuurgebied	duinzand	lysimeter	2,0	0,05	Minderman en Leeftang (1968)
Grasland	zand	"	4,3	0,08	Kolenbrander (1971)
Grasland	klei	"	4,3	0,08	"
Bouwland	zand	"	25,0	0,02	"
Bouwland	klei	"	12,0	0,02	"
Bouwland	zeeklei	drain	19,4	0,07	Henkens (1976)
Bouwland	rivierklei	"	15,9	0,03	"
Bouwland	zand	"	28,3	0,02	"
Bouwland	oude dalgrond	"	10,1	0,02	"
Bouwland	jonge dalgrond	"	8,8	0,71	"
Grasland	klei op veen	"	-	0,08	"
Grasland	zand	"	-	0,03	"
Glastuinbouw	-	"	34,2	1,8	Van Schie (1972)

Uit de tabel blijkt het fosfaatgehalte van het drainwater onafhankelijk te zijn van het bodemgebruik. Door de verstoring van het profiel treedt er bij de jonge dalgronden uitspoeling van fosfaat op. Naarmate de grond ouder wordt loopt het fosfaatgehalte in het drainwater weer terug. Bij de glastuinbouw neemt het fosfaatgehalte van het drainwater toe met de ouderdom van een kas (VAN SCHIE, 1972). Door jarenlang intensief te bemesten neemt de P-accumulatie van de bodem af, waardoor P-uitspoeling optreedt. De uitspoeling van stikstof daarentegen is duidelijk afhankelijk van bodemgebruik, bemesting en

grondsoort. Naast deze factoren speelt ook de ontwateringstoestand een belangrijke rol zowel bij de fosfaatbelasting als bij de stikstofbelasting. Bij een langere transportweg door de bodem wordt het fosfaatbindend vermogen van de bodemdeeltjes beter benut, hierdoor wordt de fosfaatbelasting via oppervlakkige afstroming van het oppervlaktewater geringer. Een diepere ontwatering zal eveneens bijdragen aan een afname van de stikstofbelasting, als gevolg van verwijdering van stikstof door denitrificatie en biochemische processen.

1.4.4. Huishoudelijk afvalwater

De hoeveelheid N en P, afkomstig van faeces, urine en keukenafvalwater wordt door KOLENBRANDER (1971) berekend op 4,7 kg N en 1,42 kg P per persoon per jaar. Uit een door de RIZA in 1965 uitgevoerd onderzoek naar het verontreinigend vermogen van huishoudelijk afvalwater, uitgevoerd in 5 plaatsen, bleek dat de bijdrage van huishoudelijk afvalwater varieerde van 3,0 tot 5,0 kg N per inwoner per jaar. De gemiddelde bijdrage was 3,7 kg N. Bij het fosfaat is 0,77 kg afkomstig van detergenten in de vorm van hydroliseerbare fosfaten. Bij de gebruikelijke zuiveringsmethoden voor huishoudelijk afvalwater treedt hoofdzakelijk oxidatie op van de aanwezige verbindingen, zodat de meeste stikstof als nitraat of bij onvoldoende zuivering als ammonium de installatie verlaat, terwijl ook fosfaat grotendeels geloosd wordt. De maximale verwijdering van N en P bedraagt respectievelijk 50 en 35%. De gemiddelde samenstelling van het effluent van zuiveringsinstallaties bedraagt $3 \text{ à } 10 \text{ mg P.l}^{-1}$ en $25 \text{ à } 40 \text{ mg N.l}^{-1}$ (KOOT, 1970). Uit een onderzoek in 1976 in de Schermerboezem werd gemiddeld circa 35 mg N.l^{-1} in het effluent gevonden (HOOGHEEMRAADSCHAP, 1976). Het al dan niet gezuiverde industriële afvalwater kan eveneens een belangrijke bijdrage leveren aan de stikstof- en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater.

1.4.5. Gas- en koelbronnen

Naast de aanvoer van mineralen via kwelwater, speelt in het onderzoeksgebied de belasting van het oppervlaktewater door gas- en koelbronnen een belangrijke rol. In het algemeen worden in het water in grotere of kleinere hoeveelheden chloride, stikstof en fosfaat aangetroffen (TOUSSAINT, 1978).

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1. L i g g i n g

Tot het onderzoeksgebied behoort dat gedeelte van de provincie Noord-Holland dat ten noorden van het Noordzeekanaal en het IJ ligt, met uitzondering van Marken en Texel.

Om een goed inzicht te krijgen in het onderzoeksgebied is het onderverdeeld in 6 detailgebieden (fig. 2). Bij de keuze hiervan is rekening gehouden met het gemiddelde stromingsbeeld van het oppervlaktewater en andere interne omstandigheden, zoals grondgebruik en eventuele aanwezige verontreinigingsbronnen.

2.2. B o d e m k u n d i g e g e s t e l d h e i d e n g r o n d - g e b r u i k

De bodemkundige gesteldheid in het gebied is van invloed op de samenstelling van het door de polders geloosde water. De vormingsgeschiedenis van de betreffende bodem en de fysische en chemische processen, die zich daarna hierin hebben afgespeeld, bepalen voor een groot deel de invloed van het grondwater op de nutriëntenhuishouding van het oppervlaktewater. Daarnaast heeft de grondsoort invloed op eventuele uitspoeling van aangewende meststoffen.

De ondergrond van Noord-Holland is zeer complex samengesteld. In de loop der tijden zijn verschillende marine-, glaciaire- en fluviatiele sedimenten afgezet en naderhand voor een groot deel weer geërodeerd door de Noordzee vanuit het westen en de rivieren vanuit het oosten en het zuidoosten (POMPER, 1979).

In het Holoceen werd het klimaat wat milder waardoor vegetatie zich sterk ontwikkelde. Met deze temperatuursstijging steeg het zeeniveau, waardoor praktisch het gehele onderzoeksgebied opnieuw werd overstroomd waarbij het Hollandveen werd verspoeld. In deze periode werden de strandwallen en duinen gevormd.

In de kop van Noord-Holland, direct achter de duinen, liggen kalkarme matig fijne zandgronden die, indien infiltratie of beregening mogelijk is, geschikt zijn voor de bollenteelt.

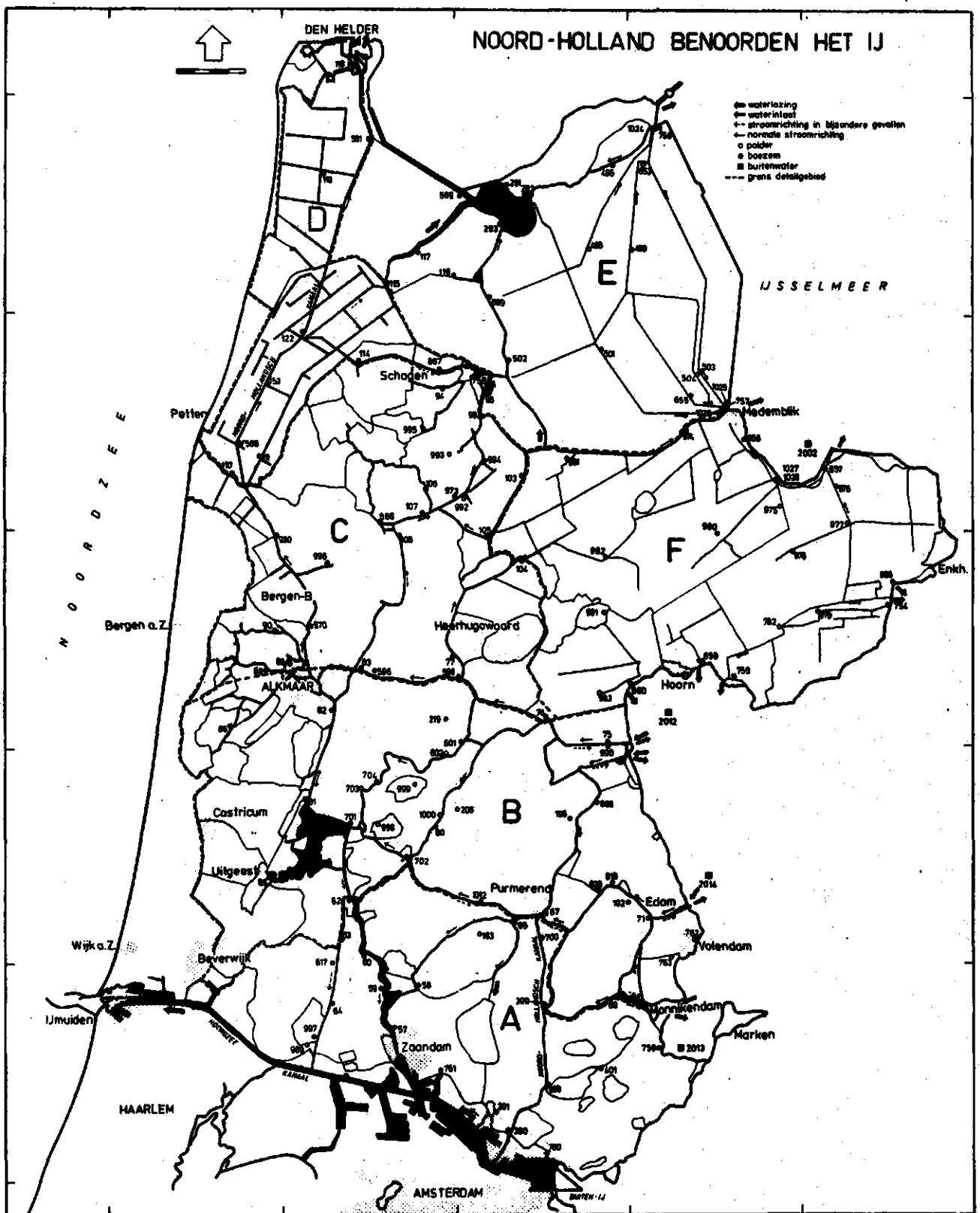


Fig. 2. Overzichtskaart monsterplaatsen

In het gedeelte van het onderzoeksgebied dat ligt tussen Schagen en Purmerend, komt voornamelijk oude en jonge zeeklei voor, afgewisseld met wat lichtere zavelgronden. De oude zeeklei wordt voornamelijk aangetroffen in de droogmakerijen. De lichtere gronden worden veelal gebruikt voor de vollegrondtuinbouw, de zwaardere gronden zijn in gebruik als bouwland of grasland.

Het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied, inclusief het zuidelijk deel van de Purmer, bestaat uit organische gronden. Meestal ligt hier een dunne kleilaag op de veenondergrond. In de kleine droogmakerijen komen restveengronden voor. Het gehele gebied is als grasland in gebruik.

De jongste polder, de Wieringermeer, is opgebouwd uit oude zeekleigronden die varieëren van zware klei tot zware zavel. De bollenteelt komt voor op de zavelige gronden, de zwaardere gronden zijn in gebruik als bouwland of grasland (RAPPORT VAN DE VERKENNING VAN DE BODEMGESTELDHEID VAN NOORD-HOLLAND; Stiboka, 1957).

2.3. Waterhuishouding

Het merendeel van de hoeveelheid water, dat het onderzoeksgebied, hoofdzakelijk in het zomerhalfjaar, nodig heeft voor peilbeheersing en doorspoeling wordt ingelaten bij Lutje Schardam, Monnikendam en Edam (fig. 2). In het algemeen is er voldoende IJsselmeerwater van een redelijk goede kwaliteit voorhanden, met uitzondering van zeer droge zomers, zodat de boezem frequent kan worden doorgespoeld.

Het Noordhollandskanaal vervult een belangrijke transportfunctie voor het boezemwater. Bij Den Helder wordt, voor het noordelijk deel, het overtollige boezemwater uitgeslagen op de Noordzee. Voor het zuidelijk deel van het gebied wordt dit boezemwater via de Zaan, uitgeslagen op het Noordzeekanaal. De Wieringermeer heeft twee aparte lozingspunten bij Medemblik en Den Oever. Hier wordt voornamelijk kwelwater geloosd op het IJsselmeer. De kwelpolders lozen het hele jaar door water op de boezem; de infiltratiepolders slaan hoofdzakelijk in de winterperiode water uit op de boezem. In de zomerperiode wordt vaak water ingelaten om het polderpeil te kunnen handhaven, vooral in de tuinbouwgebieden is dit van groot belang, al komt dit de kwaliteit niet overal ten goede.

Het grote aantal polders in Noord-Holland speelt een belangrijke rol bij de waterhuishouding van het gehele gebied. Al deze polders hebben namelijk een eigen polderpeil. Dit peil is afhankelijk van de gewenste ontwateringsdiepte, de doorlatendheid van het profiel en het bodemgebruik.

3. ONDERZOEK

3.1. M o n s t e r p l a a t s e n

Door de technische diensten van het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland (US) en de Provinciale Waterstaat (PWS) van Noord-Holland wordt het boezem- en polderwater regelmatig bemonsterd. Hierbij wordt echter door beide instanties, voor veelal dezelfde monsterplaatsen, een eigen nummering toegepast. Tijdens het onderzoek heeft dit nogal eens problemen met zich meegebracht, met name bij de automatische verwerking van de gegevens. In overleg met de betrokken instanties is bij de verwerking van de gegevens de nummering aangehouden, zoals deze door PWS wordt gehanteerd.

In dit onderzoek wordt ingegaan op de periode april 1972 tot en met maart 1979. Gedurende deze periode is het aantal monsterplaatsen aan verandering onderhevig geweest. Over de periode april 1972 tot en met december 1976 zijn er in het boezemwater 25 en in het polderwater 22 monsterplaatsen opgenomen met een frequentie van 6, 12 of 24 keer per jaar. In het jaar 1977 is het aantal uitgebreid tot 65 monsterplaatsen in het boezem- en polderwater. In 1978 is deze situatie weer herzien, waarbij het aantal monsterplaatsen in het boezemwater op 39 en in het polderwater op 60 kwam te liggen. De frequentie van opname was 12 tot 24 keer per jaar. Om een indruk te krijgen over de kwaliteit van het ingelaten water zijn eveneens de analyseresultaten van de Rijn bij Lobith en de IJssel bij Kampen weergegeven. Deze punten worden wekelijks tot 2-wekelijks bemonsterd door Rijkswaterstaat (RWS).

In het Markermeer wordt, door dezelfde dienst, eenmaal per maand op 3 plaatsen een bemonstering uitgevoerd (2013, 2014, 2015, fig. 2); deze resultaten zijn eveneens in dit onderzoek verwerkt.

Voor het in deze nota beschreven onderzoek zijn, voor het polderwater de monsterplaatsen die dicht bij de gemalen liggen, genomen. Hierdoor verkrijgt men een reëler beeld van de waterkwaliteit over de gehele polder, terwijl bovendien de polders onderling kunnen worden vergeleken.

De ligging van de monsterplaatsen in het boezem- en polderwater is gegeven in fig. 2. Ter nadere oriëntering zijn de monsterplaatsen in het boezemwater omschreven in tabel 5a en die in het polderwater in tabel 5b.

Tabel 5a. Omschrijving van de monsterplaatsen in het boezemwater

Detailgebied A Schermerboezem-Zuid en Waterland

- 57 Zaan Prins Bernhardbrug Zaandam
- 58 Ringvaart Wijde Wormer brug Haaldersbroek
- 59 Zaan Julianabrug Zaandam
- 60 Zaan brug weg Wormerveer-Wormer
- 63 Nauernasche Vaart brug Krommenie
- 64 Nauernasche Vaart brug Vrouwenverdriet

Detailgebied B Schermerboezem-Midden

- 62 Tapsloot brug Westknollendam
- 67 Beemsterringvaart brug Purmerend
- 69 Purmerringvaart brug Monni kendammerweg
- 71 Purmerringvaart Jan Koningbrug Edam
- 75 Beemsteruitwatering brug weg Oosthuizen-Hoorn
- 80 Beemsterringvaart brug De Rijp
- 81 Noordhollandsch Kanaal pontveer Akersloot
- 82 Noordhollandsch Kanaal Leeghwaterbrug Alkmaar
- 85 Uitgeestermeer bij gemaal polder Uitgeester- en Heemskerkerbroek
- 86 Egmondervaart brug Heilooërzeeweg
- 601 Schermerringvaart brug Schermerhorn
- 620 Purmerringvaart brug Koedijk
- 701 Noordhollandsch Kanaal Koogerpolderbrug
- 702 Noordhollandsch Kanaal Spijkerboor
- 704 Schermerringvaart brug bij Driehuizen
- 868 Beemsterringvaart stenen brug Oosthuizen
- 1012 Noordhollandsch Kanaal tegenover Middenweg Beemster

**Detailgebied C Verenigde Raaksmaats- en Nidiorperkoggeboezem,
Schagerkoggeboezem en Schermerboezem-West**

- 76 Beemsterringvaart brug Avenhorn
- 77 Ringvaart van de Heerhugowaard brug Korteweg Hoensbroek
- 83 Ringvaart van de Heerhugowaard brug Huygendijk
- 88 Kromme Sloot brug weg Alkmaar-Egmond aan de Hoef
- 89 Ringvaart van de Bergermeer brug weg Alkmaar-Bergen bij Alkmaar
- 90 Ringvaart van de Bergermeer brug weg Alkmaar-Bergen bij Bergen
- 94 Mient brug bij Raadhuis Barsingerhorn
- 98 Kanaal Omval-Kolhorn brug bij Mienthoeve Lutjewinkel
- 103 Langereis Winkelerbrug
- 104 Wijzend brug Wipbruglaan bij Opmeer
- 105 Langereis brug A.C. de Graafweg

Vervolg tabel 5a.

Detailgebied C (vervolg)

- 106 Boomervvaart brug Weelweg bij Waarland
- 107 Kanaal Omval-Kolhorn brug Hogebrugweg bij Waarland
- 108 Kanaal Omval-Kolhorn zuidzijde Roskamsluis Noord-Scharwoude
- 110 Hondsbossche Vaart brug Hargerweg
- 570 Noordhollandsch Kanaal Koedijkervlotbrug
- 598 Schermerringvaart brug Rustenburg
- 866 Achtergracht brug bij Prot. Kerk Oudkerspel
- 930 Noordhollandsch Kanaal brug Schoorldam
- 973 Kanaal Omval-Kolhorn Leyenbrug De Rijp

Detailgebied D Schermerboezem-Noord

- 111 Groote Sloot Burgerbrug
- 114 Kanaal Stolpen-Schagen Trapbrug bij Schagen
- 115 Groote Sloot brug Kom Oudesluis
- 118 Noordhollandsch Kanaal brug bij Spoorweghaven Den Helder
- 119 Lange Vliet brug Schoolweg Julianadorp
- 122 Noordhollandsch Kanaal brug De Stolpen
- 153 Noordhollandsch Kanaal St. Maartenvlotbrug
- 581 Noordhollandsch Kanaal Kooybrug
- 586 Noordhollandsch Kanaal Burgervlotbrug
- 758 Hoogsloot gemaal Schagerkoggeboezem
- 867 Kanaal Schagen-Kolhorn brug Mioldijk

Detailgebied E Boezem van het Amstelmeer en Wieringermeer

- 96 Kanaal Omval-Kolhorn bij gemaal De Waakzaamheid
- 116 Uitwatering polder Wieringerwaard bij v.m. Trambrug
- 117 Van Ewijcksvaart brug Kleine Sluis
- 291 Amstelmeer strekdam haven Westerland
- 292 Amstelmeer strekdam haven De Haukes
- 293 Amstelmeer strekdam Ulkesluis
- 495 Amstelmeerkanaal brug Burgerweg
- 502 Waardkanaal brug Schagerweg
- 569 Balgzandkanaal brug bij Van Ewijcksluis
- 889 Waardkanaal Nieuwesluizerbrug

Detailgebied F Westfriesland

geen monsterplaatsen

Tabel 5b. Omschrijving van de monsterplaatsen in het polderwater

Detailgebied A	Schermerboezem-Zuid en Waterland
183	W'schap de Wijde Wormer Machinetocht brug Noorderweg
390	H'H'schap Waterland Noordhollandsch Kanaal brug Buiksloterdijk
391	H'H'schap Waterland Gemaal Kadoelen
399	H'H'schap Waterland Noordhollandsch Kanaal Ilpendam
401	H'H'schap Waterland brug Broekervaart Broek in Waterland
617	Polder Assendelft bij gemaal
700	H'H'schap Waterland Noordhollandsch Kanaal Spoorbrug
759	H'H'schap Waterland gemaal De Poel
761	Polder Oostzaan bij gemaal
888	H'H'schap Waterland Noordhollandsch Kanaal brug het Schouw
889	Polder Assendelft bij gemaal aan zijkanaal D
997	Veenpolder te Assendelft bij gemaal
Detailgebied B	Schermerboezem-Midden
192	W'schap de Purmer Middentocht brug Edammerweg
198	W'schap de Beemster Oosthuizenersloot brug Purmerenderweg
208	W'schap de Beemster Middensloot brug Wormerweg
219	W'schap de Schermeer Noordertocht brug Rustenburgerweg
602	W'schap de Schermeer gemaal Emma
618	Polder de Zeevang bij gemaal
703	W'schap de Schermeer gemaal Juliana
762	Zuidpolder bij Edam bij gemaal De Volendam
763	Polder Katwoude bij gemaal
990	Polder Beetskoog bij gemaal
998	Polder de Graftermere toevoerleiding gemaal Duiker Groeneweg
999	Noordeindermerpolder toevoerleiding gemaal kruising Middenweg
1000	H'schap de Eilandspolder bij gemaal
Detailgebied C	Verenigde Raaksmats- en Nieuwkoopse- en Nieuwkoopse- en Schermerboezem-West
596	Polder Heerhugowaard bij gemaal
992	W'schap de Nieuwkoopse gemaal De Leijen
993	W'schap de Nieuwkoopse gemaal De Kampen
994	W'schap de Nieuwkoopse gemaal van de v.m. Oosterpolder
995	Slikkenpolder bij gemaal
996	Polder Geestmerambacht bij nieuwe gemaal
Detailgebied D	Schermerboezem-Noord
	geen monsterplaatsen
Detailgebied E	Boezem van het Amstelmeer en Wieringermeer
498	H'schap De Wieringermeer Den Oversche Vaart brug Wierweg
499	H'schap De Wieringermeer Robbevaart brug Wierweg
501	H'schap De Wieringermeer Westfriesche Vaart brug Alkmaarse weg
503	H'schap De Wieringermeer Lage Kwelvaart brug Wagenpad
504	H'schap De Wieringermeer Hoekvaart brug wagenpad
653	H'schap De Wieringermeer Robbevaart brug Rijksweg

Tabel 5b vervolg

Detailgebied E (vervolg)

655	H'schap de Wieringermeer Medemblickervaart brug Wagenpad
756	H'schap de Wieringermeer gemaal Leemans Hooge Kwelvaart
757	H'schap de Wieringermeer gemaal Lely Medemblickervaart
1024	H'schap de Wieringermeer gemaal Leemans den Oeversche vaart
1025	H'schap de Wieringermeer gemaal Lely Lage Kwelvaart
1026	H'schap de Wieringermeer gemaal Lely Westfriesche Vaart

Detailgebied F Westfriesland

656	Vier Noorder Koggen bij oude gemaal
657	Polder het Grootslag bij nieuwe gemaal Andijk
658	Polder het Grootslag bij gemaal Broekerhaven
659	Oosterpolder in Drechterland gemaal Hoorn
660	Polder de Westerkogge gemaal de Hulk
754	W'schap de Drieban bij gemaal
755	Polder Schellinkhout bij gemaal
782	Polder Het Grootslag duiker in weg bij vuilstort Westwoud
974	Vier Noorder Koggen sloot brug Almersdorperweg Opperdoes
975	Vier Noorder Koggen Zuidwerksloot brug bij molen Wevershoof
976	Polder Het Grootslag stuw Hoogwatersloot Kleingouw Andijk
977	Polder Het Grootslag Natte Cel kruising Molensloot
978	Polder Het Grootslag Kadijk brug Tolweg
979	Polder de Drieban, Hoofdwatergang duiker Torenweg
980	Vier Noorder Koggen Wikgouw brug Heemraadwitweg
981	Vier Noorder Koggen Veersloot brug in weg door Braakpolder
982	Vier Noorder Koggen sloot langs A.C. de Graafweg bij km. 20,7
983	Polder de Wester Koggen Naamsloot brug 1 km west van de Hulk
991	Baarsdorpermeerpolder toevoerleiding gemaal brug in weg
1027	Vier Noorder Koggen Hoogwatersloot bij nieuwe gemaal
1028	Vier Noorder Koggen Laagwatersloot bij nieuwe gemaal

3.2. Gebruikte gegevens

De analyses van de boezemwatermonsters zijn uitgevoerd door het laboratorium van U.S. De monsters van het polderwater heeft PWS laten analyseren bij het Provinciale Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN). Alle analyses zijn uitgevoerd volgens de algemeen in de laboratoria bestaande normen en voorschriften.

De analyse resultaten van de parameters zijn uitgedrukt in milligrammen per liter (mg.l^{-1}). De volgende bepalingen werden uitgevoerd:

ammonium (NH_4^+)	; uitgedrukt in mg N per liter
nitriet (NO_2^-)	; uitgedrukt in mg N per liter
nitraat (NO_3^-)	; uitgedrukt in mg N per liter
Kjeldahl N	; uitgedrukt in mg N per liter
tot. fosfaat	; uitgedrukt in mg P per liter
ortho-fosfaat (PO_4^{3-})	; uitgedrukt in mg P per liter
zuurgraad	; pH

Met behulp van deze gegevens was het mogelijk het organische, het minerale en het totale stikstofgehalte te berekenen.

4. VERWERKING RESULTATEN

4.1. B e r e k e n i n g e n

Voor het uitvoeren van de verschillende berekeningen zijn de analyseresultaten van elke monsterplaats afzonderlijk op ponskaarten overgebracht. De gegevens vanaf 1978 zijn verkregen door een computerschijf van PWS te kopiëren. Voor de verwerking van de gegevens zijn een aantal programma's geschreven. De berekeningen werden uitgevoerd met behulp van een computer. Het geheel is verzorgd door het Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek (IWIS-TNO).

4.1.1. Analyseresultaten

Van elke bepaling afzonderlijk is per monsterplaats en per detailgebied de mediaan berekend, de maximum- en minimumwaarde, de standaardafwijking en de waterkwaliteitsklasse. Omdat de waarden van de zomer- en wintermaanden sterk uiteenlopen, zijn de resultaten verdeeld in zomer- (april t/m september) en winterperioden (oktober t/m maart).

4.1.2. Correlatie en regressie

Om een verband tussen de verschillende parameters te kunnen nagaan is voor een aantal combinaties de correlatiecoëfficiënt en regressielijn berekend (bijlage 72 t/m 80). Op deze wijze kan ook een inzicht worden verkregen in de correlatie tussen het ingelaten water en enkele strategische punten in het gebied. Hiervoor is de regressie van y op x berekend volgens:

$$Y = A + BX$$

waarbij geldt dat:

- N ; aantal waarnemingen X en Y
- R ; correlatiecoëfficiënt
- Xgem ; gemiddelde van ΣX
- Ygem ; " " ΣY
- B ; helling van de regressielijn

SB ; spreiding van B

A ; intercept

SA ; spreiding van A

Tevens is de regressie van x op y berekend volgens:

$$X = C + DY$$

waarbij geldt dat:

D ; helling van de regressielijn

SD ; spreiding van D

C ; intercept

SC ; spreiding van C

4.2. T a b e l l e n

De resultaten van de berekeningen zijn voor de afzonderlijke monsterplaatsen en per detailgebied weergegeven. De bijlage 3 t/m 24 geven een overzicht van de concentraties in het boezemwater. De resultaten van het polderwater zijn vermeld in bijlage 25 t/m 49 en die van het IJsselmeer, de IJssel en de Rijn in bijlage 1 t/m 3. In alle tabellen is een verdeling gemaakt in zomer- en winterhalfjaar.

4.3. K a a r t e n

De gemiddelde situatie van de bepalingen in boezem- en in polderwater wordt per monsterpunt per zomer en winter weergegeven in kaarten I t/m IX, waarbij de gehalten in klassen zijn ingedeeld. Bij deze indeling is rekening gehouden met de gestelde limieten van de verschillende gebruikers en overleg gepleegd met PWS en US. In de kaarten I, II en III zijn de ammoniumgehalten, per half jaar, weergegeven vanaf zomer 1976 t/m winter 1978/1979. Op de zelfde wijze zijn de totale stikstofgehalten en totale fosfaatgehalten weergegeven, in respectievelijk kaarten IV, V, VI en VII, VIII, IX.

4.4. Verlooplijnen

Voor enkele strategische monsterpunten in het gebied wordt het verloop van een aantal bepalingen weergegeven over de periode april 1972 t/m maart 1979, deze verlooplijnen zijn te vinden in bijlage 50 t/m 71. De gekozen monsterpunten in het boezemwater liggen veelal in of nabij belangrijke waterlopen en zijn als zodanig min of meer representatief voor een bepaald stroomgebied (fig. 2). Bij de keuze van de polders is rekening gehouden met het verschil in grondgebruik en bodemsamenstelling. Er zijn polders opgenomen met overwegend grasland, bouwland of vollegrondstuinbouw. Hierbij moet worden opgemerkt dat er in Noord-Holland geen polder ligt met meer dan 50% tuinbouw.

5. BESPREKING RESULTATEN

5.1. Bijdragen van de afzonderlijke stikstofverbindingen

Om na te gaan welke invloed het NH_4 , $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ en org. N-gehalte heeft op de kwaliteit van het boezem- en polderwater ter plaatse, is het van belang te weten hoe groot de bijdrage is van de afzonderlijke stikstofverbindingen aan het totale stikstofgehalte. De resultaten in onderstaande tabel zijn berekend over het totaal aantal monsterplaatsen per detailgebied. Ter vergelijking is het IJsselwater bij Kampen opgenomen.

Tabel 6. De procentuele bijdrage voor het boezemwater per detailgebied van het ammonium-, nitriet-, nitraat- en organisch stikstofgehalte tot het totale stikstofgehalte in de gemiddelde zomers en winters (1972 t/m 1979)

Detailgebied	NH_4 %	$\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ %	Org.N %	tot.N %	tot.N mg.l. ⁻¹
A	10(23)	22(42)	68(35)	100	3,1(6,4)
B	8(22)	27(39)	65(39)	100	2,6(4,6)
C	9(19)	18(47)	73(34)	100	2,2(6,2)
D	23(29)	21(38)	56(33)	100	4,3(7,2)
E	3(14)	13(45)	84(41)	100	3,1(6,3)
Gemiddeld	11(22)	20(42)	69(36)	100	3,1(6,1)
IJsselwater	19(25)	59(59)	22(16)	100	6,3(8,1)
(.....) bijdrage in winter					

Het nitrietgehalte in het oppervlaktewater van het onderzoeksgebied ligt zo laag dat besloten is deze parameter niet meer afzonderlijk weer te geven. Besloten is het nitriet- en nitraatgehalte bij elkaar op te tellen en in één klasse-indeling op te nemen.

Door het ammonium-, nitriet-, nitraat- en organische stikstofgehalte bij elkaar op te tellen wordt het totale stikstofgehalte verkregen.

In de zomer is het organisch stikstof in alle detailgebieden als belangrijkste stikstofcomponent aanwezig. In detailgebied E (boezem van het Amstelmeer en Wieringermeer) loopt dit zelfs op tot 84%.

Dit hoge percentage is te verklaren door de geringe aanvoer van nitraat en ammonium uit de aangrenzende polders en de geringe stroomsnelheid van de boezem ter plekke. Onder deze omstandigheden kan het ammonium gemakkelijk worden omgezet in nitraat, dat vervolgens weer wordt opgenomen door plantaardige en dierlijke organismen of verdwijnt door denitrificatie.

In de winter levert het nitriet en nitraat in alle detailgebieden de belangrijkste bijdrage tot het totaal stikstofgehalte. Dit kan deels worden toegeschreven aan het uitgeslagen polderwater (uitspoeling, afspoeling, huishoudelijk afvalwater) en deels aan bijvoorbeeld geloosde effluënten van zuiveringsinstallaties. Ook kan verminderde denitrificatie door de lagere temperatuur een rol spelen. Ook het ammoniumgehalte levert een grotere bijdrage als gevolg van het uitslaan van ammoniumrijk polderwater. Dit is vooral het geval bij polders met gasbronnen en kwel. In de zomer wordt een groot deel van dit ammonium door nitrificerende bacteriën omgezet in nitraat, dat vervolgens weer wordt opgenomen door de organismen.

In het IJsselwater levert het nitraat verreweg de grootste bijdrage aan de totale hoeveelheid stikstof. Hiervoor kunnen meerdere verklaringen worden gegeven. Een geringere bijdrage van het ammoniumgehalte in het water kan enerzijds duiden op een relatief minder lozen van huishoudelijk afvalwater, anderzijds (dat is waarschijnlijk een meer aanvaardbare verklaring) dat de nitraatopname door de organismen geringer is vanwege de kleinere hoeveelheid algen en waterplanten, die in het veel sneller stromende IJsselwater wordt aangetroffen.

Uit tabel 7 blijkt dat het onderzoeksgebied voor een belangrijk deel in gebruik is voor landbouwkundige doeleinden en dat gemiddeld circa 7% door water wordt ingenomen. Het urbaangebied waaronder verharde oppervlakten is bij de berekening buiten beschouwing gelaten.

Tabel 7. Het bodemgebruik uitgedrukt in procenten van de totale oppervlakte van de polders (RYHINER, 1980)

Polder	Open water	Grasland	Akkerbouw	Tuinb. volle grond	Braak land
Purmer	6	94	-	-	-
Schermer	5	67	28	-	-
Heerhugowaard	4	68	28	-	-
Wieringermeer	2	23	69	6	-
Geestmeramb.	7	48	18	27	-
Beemster	4	68	19	9	-
Oostzaan	24	75	-	1	-
Eilandspolder	onbekend				
Oosterpolder	5	59	18	18	-

Voor een negental polders zijn de procentuele bijdragen van de stikstofcomponenten gegeven in tabel 8. Hiervan zijn de eerste 6 kwelpolders en de overige zijn infiltratiepolders. Ook hier is een duidelijke verschuiving van de bijdrage in zomer en winter te zien. Het stikstofgehalte van het polderwater wordt in de zomer eveneens voor het grootste deel bepaald door het organische stikstof (in de Eilandspolder zelfs voor 96%). In twee polders is het stikstofgehalte op een afwijkende manier opgebouwd, namelijk in de Purmer en in de Beemster. In deze polders is de bijdrage van ammonium in zomer en winter vrijwel gelijk. Voor de Purmer kan dit voor een deel worden toegeschreven aan de kwel en huishoudelijk afvalwater, die een vrij grote ammoniumbelasting geven.

Het huishoudelijk afvalwater dat hier zowel gezuiverd als ongezuiverd wordt geloosd, en in mindere mate het water van de gas- en koelbronnen dragen eveneens tot dit hoge ammoniumgehalte bij. In de Beemster kan het hoge ammoniumgehalte vrijwel geheel worden toegeschreven aan de belasting door de gas- en koelbronnen. In de drie infiltratiepolders zijn de bijdragen van ammonium, nitriet en nitraat in de zomer gering.

In de winter neemt de absolute concentratie van het organisch stikstof iets af. Daar staat tegenover dat in alle polders de ammonium-, nitriet- en nitraatgehalten toenemen. In de kwelpolders is de bijdrage van ammonium vrijwel gelijk aan die van nitriet en nitraat. In de Wieringermeer en de Geestmerambacht is in de winter vooral de nitriet- en nitraatbijdrage groot als gevolg van de grotere uitspoeling bij land- en tuinbouwgronden. In de infiltratie polders blijft de bijdrage van ammonium gering en neemt als gevolg van uitspoeling het nitraatgehalte 's winters toe. Daarbij komt dat in de Oosterpolder de bijdrage van nitriet en nitraat in de winter het grootst is. In deze polder beslaat de land- en tuinbouw eveneens een vrij groot areaal (tabel 7).

Tabel 8. De procentuele bijdrage van het ammonium-, nitriet-, nitraat- en organische stofgehalte tot het totale stikstofgehalte van enkele polders in de gemiddelde zomers en winters (1976 t/m 1979)

Polder	NH ₄ %	NO ₂ +NO ₃ %	Org.N %	tot.N %	tot.N mg.N.l ⁻¹
KWELPOLDERS:					
Purmer	25(26)	11(28)	64(46)	100	8,3(7,2)
Schermeer	11(37)	5(24)	84(39)	100	5,5(10,9)
Heerhugowaard	16(36)	5(21)	79(43)	100	5,6(9,6)
Wieringermeer	10(29)	15(40)	75(31)	100	4,1(8,3)
Geestmeramb.	5(18)	7(40)	88(42)	100	4,3(7,6)
Beemster	38(47)	12(26)	50(27)	100	12,5(16,7)
INFILTRATIEPOLDERS:					
Oostzaan	6(12)	2(17)	92(72)	100	6,3(6,0)
Eilandspolder	2(10)	2(30)	96(60)	100	6,3(7,1)
Oosterpolder	6(21)	3(42)	91(37)	100	3,2(9,0)
(.....) bijdrage in winter					

5.2. Concentratie van enkele parameters per monsterplaats

De mate van eutrofiëring wordt voornamelijk getoetst aan het totale stikstof- en fosfaatgehalte van het water. De invloed hierop van menselijke activiteiten wordt bij stikstof vooral teruggevonden in het ammoniumgehalte. Dit is dan ook de reden dat de concentraties van totaal stikstof, totaal fosfaat en ammonium in kaarten is weergegeven. De concentraties zijn, per zomer- en winterhalfjaar, in acht klassen ingedeeld over een periode van april 1976 t/m maart 1979.

Om een indruk te krijgen van de verandering van de concentraties binnen het gebied, zijn ze van een aantal strategische boezempunten in een grafiek uitgezet. Hiervoor zijn alleen de concentraties van de zomerhalfjaren 1977 en 1978 uitgewerkt.

5.2.1. Kaarten met klasseindeling

Het ammoniumgehalte per monsterplaats is in de kaarten I, II en III weergegeven, met behulp van een klasse-indeling. Kaart I geeft de situatie weer van de zomer 1976 en winter 1976/1977, kaart II de zomer 1977 en winter 1977/1978 en kaart III de zomer 1978 en winter 1978/1979.

Als grenswaarde voor ammonium wordt door het IMP '80-'84 $1,0 \text{ mg N.l}^{-1}$ aangehouden. Dit komt overeen met klasse 2 zoals op de kaarten is aangegeven. In de winter wordt deze waarde zowel in het boezemwater als in het polderwater op de meeste plaatsen overschreden. In de zomer blijft de concentratie in het algemeen beneden deze waarde.

De ammoniumconcentratie van het polderwater is wel hoger dan die van het boezemwater. Echter in het boezemwater rond Alkmaar zijn in alle drie de winters hogere concentraties waargenomen dan in het overige boezemwater. In de winter 1978/1979 wordt in het ingelaten water bij Monnikendam eveneens een hogere ammoniumconcentratie gevonden, ook verderop in het gebied wordt in dat jaar een hogere concentratie waargenomen.

In het polderwater is de ammoniumconcentratie in de zomer ook lager dan in de winter. De concentraties die in Waterland in de winter

zijn gevonden, liggen lager dan in de rest van het onderzoeksgebied. Zeer hoge concentraties worden aangetroffen in de Baarsdorpermeer en de Beemster (respectievelijk monsterpunten 991 en 198). Het grote aantal gasbronnen in deze polders zal een belangrijke bijdrage leveren, vooral omdat er zowel 's zomers als 's winters hoge waarden worden gevonden. Andere polderpunten met hoge concentraties zijn 782, 658, 653, 997 en 989. De verklaring hiervoor kan mogelijk worden gezocht in een hoge bevolkingsdichtheid, grote agrarische activiteiten en aan de invloed van het diepe grondwater als gevolg van kwel.

De gehalten aan totaal stikstof voor boezem- en polderwater zijn weergegeven in kaarten IV, V en VI. Kaart IV geeft de toestand weer van de zomer 1976 en de winter 1976/1977. Helaas zijn in de zomer van 1976 weinig punten bemonsterd, waardoor een duidelijk inzicht in de situatie ontbreekt. De concentratie in de winter 1976/1977 is over het algemeen hoger dan in de 2 daarop volgende jaren. Desondanks is de concentratie totaal N, van zowel het boezemwater als van het polderwater, vrij hoog in het gehele onderzoeksgebied. Het verschil in totaal-N gehalte tussen zomer en winter is minder groot dan voor het ammonium. In het boezemwater is dit verschil weer groter dan in het polderwater. De kwel- en infiltratiepolders zijn op grond van het totaal stikstofgehalte niet te onderscheiden (zie o.a. tabel 8).

De gehalten aan totaal fosfaat, over de periode april 1976 t/m maart 1979 in het oppervlaktewater, zijn weergegeven in de kaarten VII, VIII en IX. De gehalten van het totaal fosfaat liggen bijna allemaal boven de voorlopige grenswaarde zoals deze door het IMP 1980-1984 wordt gesteld; dit geldt voor zowel het boezemwater als voor het polderwater. Alleen de fosfaatconcentraties bij de inlaatpunten liggen onder de $0,3 \text{ mg P.l}^{-1}$. De gemiddelde concentraties van de zomers en de winters liggen zeer dicht bij elkaar; in sommige polders is de concentratie in de zomer zelfs hoger dan in de winter. In de kwelpolders en de polders met veel gasbronnen, bevat het polderwater zeer hoge fosfaatgehalten zowel 's zomers als 's winters. De polders met veel organisch materiaal in het profiel,

hebben eveneens vrij hoge fosfaatgehalten. Wanneer de kaarten waarop de ammoniumconcentraties zijn weergegeven (I, II en III), worden vergeleken met de kaarten van de fosfaatconcentraties (IV, V en VI) dan kunnen er verschillen worden geconstateerd. Beide parameters worden beïnvloed door de bevolkingsdichtheid en de kwel, waarbij ook nog de samenstelling van de diepere ondergrond belangrijk is. Toch liggen de fosfaatconcentraties over het gehele gebied hoog, in tegenstelling tot de ammoniumconcentraties. Deze hoge concentratie is niet alleen te wijten aan de hoge concentratie van stikstof en fosfaat in het grondwater. De fosfaatbelasting door het huishoudelijk afvalwater is ook in Noord-Holland een niet onbelangrijke bron.

Op alle kaarten is duidelijk te zien hoe de kwaliteit van het Rijnwater verbetert tijdens het verblijf in het IJsselmeer.

5.2.2. Verloop van de concentraties binnen het onderzoeksgebied

Om de veranderingen van de concentraties in het boezemwater binnen het gebied na te gaan, zijn van drie boezemtrajecten de concentraties van enkele parameters gedurende het zomerhalfjaar in figuren uitgezet.

In fig. 3 a t/m c is het traject Lutje Schardam-Kooybrug uitgezet. Tussen de monsterpunten 75 en 598 blijven de concentraties nagenoeg constant. Voorbij Alkmaar neemt de NH_4 -concentratie sterk toe, vooral door lozing van effluent uit de rioolwaterzuiveringsinstallatie Alkmaar. Verderop stijgen de nitraat-, nitriet- en org. stikstof-concentraties eveneens vrij sterk (zie ook: HOOGHEEMRAADSCHAP, 1981). Dit zal voor een deel het gevolg zijn van nitrificatie en consumptie van NH_4 door organismen. Ook het fosfaat- en Cl-gehalte neemt voorbij Alkmaar sterk toe.

In het traject Lutje Schardam - Balgzandkanaal (fig. 3 d t/m f) is een ander verloop te constateren: vanaf het inlaatpunt tot aan monsterpunt 104 is een geleidelijke toename te zien van de concentratie. Bij monsterpunt 98 neemt de concentratie van alle parameters snel toe, bij het daarop volgende punt nemen de nitraat-, nitriet- en ammoniumgehalten af. Na het verblijf in het Amstelmeer nemen ook de fosfaatgehalten sterk af, waarbij waarschijnlijk een deel van het fosfaat is vastgelegd in het bodemslib. Het org.stikstofgehalte blijft

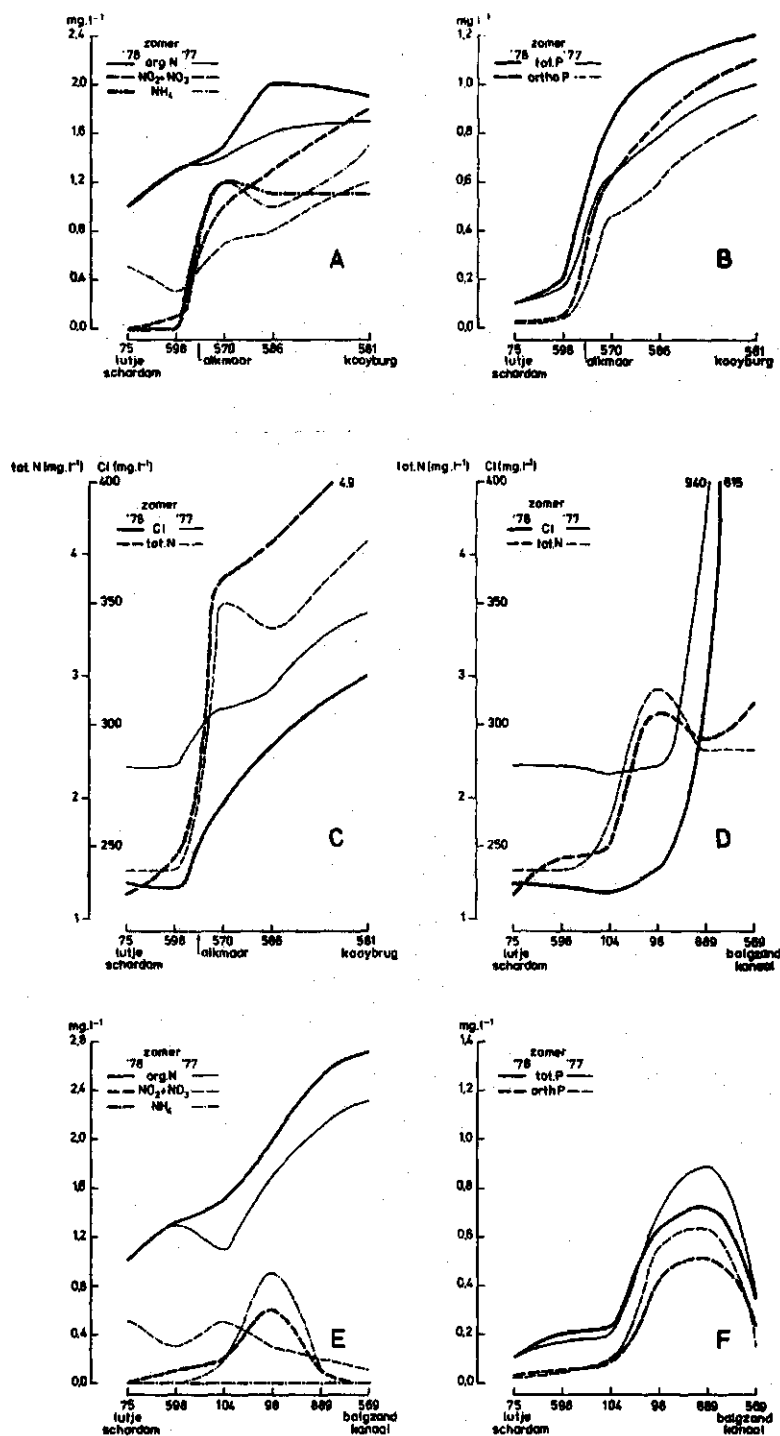


Fig. 3. Concentratieverloop van stikstof, fosfaat en chloride tussen enkele strategische boezempunten vanaf Lutje Schardam tot aan Kooybrug (uitgedrukt in resp. mg N.l⁻¹, mg P.l⁻¹ en mg Cl.l⁻¹)

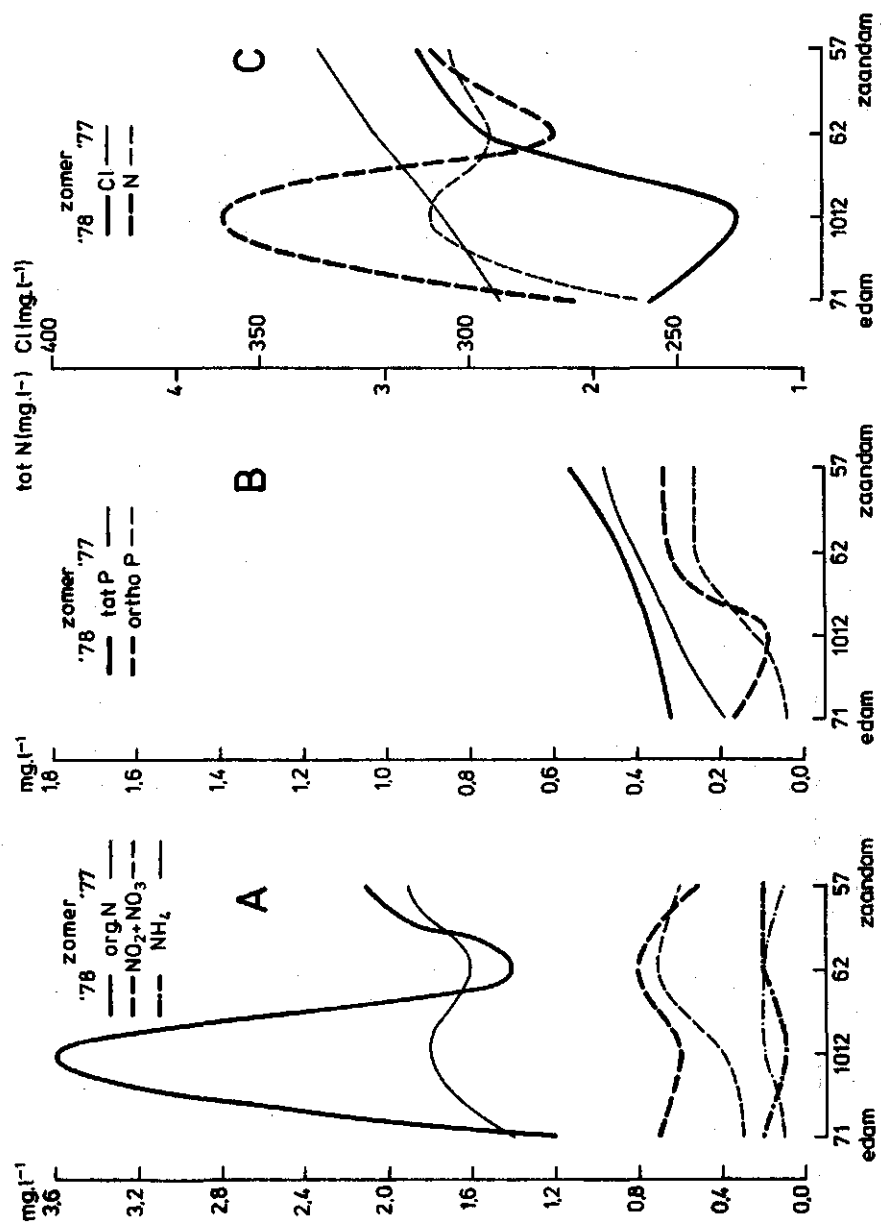


Fig. 4. Concentratieverloop van stikstof, fosfaat en chloride tussen enkele strategische boezempunten vanaf Edam tot aan Zaandam (uitgedrukt in resp. mg N.l^{-1} , mg P.l^{-1} en mg Cl.l^{-1})

gedurende het hele traject oplopen evenals het chloridegehalte, dat zeer hoog oploopt in het Balgzandkanaal. In tegenstelling tot de zomer van 1977 is de NH_4^+ -concentratie in de zomer van 1978 bijzonder laag gebleven. Het in gebruik nemen van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Niedorpen zal hierbij een belangrijke rol hebben gespeeld (HOOGHEEMRAADSCHAP, 1980).

Het derde traject dat in de figuren 4 a t/m c is uitgezet geeft het concentratieverloop weer tussen Edam en Zaandam. De concentraties van het ingelaten water zijn over het algemeen hoger dan bij Lutje Schardam. De concentraties van nitriet, nitraat en ammonium schommelen rond een vrij laag concentratieniveau (fig. 4a). Het org. stikstofgehalte in 1978 loopt bij monsterpunt 1012 zeer snel op tot $3,6 \text{ mg.l}^{-1}$, waarna het gehalte bij het volgende monsterpunt weer terugloopt tot $1,4 \text{ mg.l}^{-1}$. Zowel het ortho-P als het tot.P heeft een vrij geleidelijk verloop. Bij het chloridegehalte (fig. 4c) loopt de concentratie bij monsterpunt 1012 in 1978 terug, waarna het bij het volgende monsterpunt weer geleidelijk toeneemt.

5.3. Verlooplijnen voor een aantal monsterplaatsen in boezem- en polderwater

De concentraties van de parameters veranderen in de tijd. Door het verloop van deze concentraties tegen de tijd uit te zetten kan hiervan een beeld worden verkregen. Bij de meeste parameters is een duidelijk verschil te constateren in de concentratie in het zomer- en winterhalfjaar. Van enkele parameters zijn deze verlooplijnen opgenomen in de bijlagen. De keuze is beperkt gebleven tot enkele strategische punten in de boezem en een zestal polders.

5.3.1. Stikstofgehalten

In bijlage 50 t/m 59 zijn de verlooplijnen opgenomen van het ammonium-, het organisch stikstof- en het totaal stikstofgehalte. Voor het boezemwater zijn de twee belangrijkste inlaatpunten respectievelijk 75 en 69 opgenomen, daarnaast nog een zestal punten verderop in het gebied.

Bijlage 50 t/m 52 geeft het verloop van het ammoniumgehalte weer. Er valt een duidelijk verschil te constateren tussen de zomer en de winter. Bij de inlaatpunten schommelt het maximum tussen de 2-3 mg N.l⁻¹ en overlapt de lage zomerconcentratie een deel van het winterhalfjaar. Verder het gebied in loopt de concentratie geleidelijk op. De toename van de concentratie begint al in het laatste deel van het zomerhalfjaar. In de zeven jaren die hier worden getoond, is geen wezenlijke verandering te constateren, zij het dat in het voorjaar van 1979 extreem hoge waarden worden gevonden. Waarschijnlijk staat dit in verband met de vrij strenge winter die hieraan is vooraf gegaan.

In het polderwater gaat het beeld van een lage zomerconcentratie en een hoge concentratie in de winter niet altijd op. De polders Oostzaan, Schermeer en Heerhugowaard zijn hiervan een voorbeeld. In het polderwater van de Oosterpolder, de Wieringermeer en de Drieban treedt deze wisselwerking weer wel op. De verstoring van dit wisselende concentratieniveau moet worden gezocht in bijdragen die het gehele jaar doorgaan. Gedacht wordt dan aan industriële lozingen en effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (polder Oostzaan), die als belangrijkste bronnen kunnen worden genoemd. (Bijlage 63 t/m 65).

Het verloop van het organische stikstofgehalte wordt in bijlage 53 t/m 55 weergegeven. Het inlaatwater bij de monsterpunten 75 en 69 geeft een beeld met een grillig karakter, er valt geen regelmaat te bespeuren en de concentratie schommelt tussen de 1-2 mg N.l⁻¹. Het boezemwater verderop in het gebied geeft eveneens een grillig beeld te zien, echter de concentratie neemt geleidelijk door het gebied heen toe, met name in de zomers.

Van laatstgenoemde zes polders is alleen in de polder Oostzaan een verschil te zien tussen het gehalte in het zomer- en het winterhalfjaar. Zowel in de zomer als in de winter zijn, in de overige polders, zeer hoge en zeer lage concentraties te zien (bijlage 66 en 67).

Als optelsom van alle stikstofvormen zijn in bijlage 56 t/m 59 de verlooplijnen van het totaal stikstof uitgezet. Het boezemwater

geeft weer een verschil te zien tussen de zomer- en winterconcentratie. Vooral in de winter komen extreem hoge waarden voor, terwijl in de zomer de waarden over het algemeen dicht bij elkaar liggen. Verder het gebied in wordt het concentratieniveau hoger, terwijl eveneens de extreme waarden toenemen.

Bij de polders verloopt het totaal stikstofgehalte, evenals bij het ammoniumgehalte, vrij grillig. Ook hierbij is een concentratieverschil te constateren tussen zomer en winter in de Oosterpolder en de Drieban. De bijdrage van het ammonium speelt in deze polders een zodanige rol dat het ook het totaal stikstofverloop beïnvloedt. (Bijlage 68 en 69).

5.3.2. Fosfaatgehalte

In bijlage 60 t/m 62 zijn de verlooplijnen van het ortho-fosfaatgehalte opgenomen, omdat het in deze vorm direkt opneembaar is voor de planten. De concentratie van het ingelaten water is vrij laag, desondanks wordt de streefwaarde van het IMP dicht benaderd. In de wintermaanden is een lichte toename van de concentratie te zien. Bij de monsterpunten verder het gebied in neemt de ortho-fosfaatconcentratie toe en neemt het concentratieverschil van de zomer en de winter af.

In het polderwater is de ortho-fosfaatconcentratie duidelijk hoger dan in de boezem. Met name in de Schermeer en de Heerhugowaard is de concentratie in het zomerhalfjaar hoog. In de andere polders is de ortho-fosfaatconcentratie gemiddeld over de hele periode hoog (bijlage 70 en 71).

5.4. Relaties tussen verschillende parameters voor het gehele onderzoeksgebied

De stikstof- en fosfaathuishouding is een complex geheel. Door opsplitsing in verschillende verbindingen kan de herkomst van de verontreiniging dikwijls beter bepaald worden. Om een beeld te krijgen van de onderlinge beïnvloeding van de parameters, zijn voor enkele parameters correlatie- en regressieberekeningen uitgevoerd (bijlage 72 t/m 74).

In bijlage 72 is de correlatie en regressie berekend voor totaal stikstof en totaal fosfaat, opgesplitst in zomer en winter. De correlatiecoëfficiënt is in beide gevallen vrij laag: de spreiding van de punten ten opzichte van de regressielijn is groot. De optimale waarde van B is circa 1,5, bij deze waarde maakt de lijn een hoek van 45° met de y-as. In de zomer ligt de waarde van B lager en de gemiddelde concentraties zijn voor fosfaat hoog en voor stikstof vrij laag. In de winter neemt de gemiddelde stikstofconcentratie met een faktor 2 toe, terwijl de fosfaatconcentratie nagenoeg gelijk blijft. Dit komt tot uiting in een sterke toename van de hellingshoek (B). Ook de spreiding van de punten neemt iets toe.

De correlatie- en regressieberekening van het organische stikstof en het totaal stikstof is gegeven in bijlage 73. Hier is eveneens voor de zomer en winter een aparte berekening gemaakt. In de zomer is de spreiding rond de regressielijn gering wat tot uiting komt in een hoge waarde van de correlatiecoëfficiënt. De hellingshoek ligt eveneens vrij goed ten opzichte van het optimum 1. Dit ligt ook in de lijn der verwachting, want zoals in 5.1 berekend is, is de bijdrage van het organische stikstof tot het totaal stikstof in de zomer het grootst. In de winter neemt de gemiddelde waarde van X (= totaal N) sterk toe, terwijl de gemiddelde waarde van Y gelijk blijft. Dit heeft tot resultaat dat de spreiding van de waarden groot is geworden en de richtingscoëfficiënt (B) is laag door de onevenredig snel toegenomen waarden van X.

Wordt van het Kjeldahl-stikstofgehalte het ammoniumgehalte afgetrokken dan houdt men het gehalte aan organische stikstof over. Uit het voorgaande blijkt dat het ammoniumgehalte in de zomer laag is. Volgens de correlatie- en regressieberekening in bijlage 74 is de waarde van de richtingscoëfficiënt laag, evenals de waarde van de correlatiecoëfficiënt. In de winter is de gemiddelde waarde van Kjeldahl-N bijna verdubbeld, terwijl de waarde van ammonium 4 maal zo hoog is geworden. In de winter wordt het Kjeldahlstikstofgehalte voor een groter deel beïnvloed door het ammonium, waardoor er een goede correlatie tussen beide parameters wordt gevonden.

5.5. Correlaties tussen twee monsterpunten in de boezem

Het stikstof- en fosfaatgehalte verandert binnen de boezem. Enerzijds door toevoeging van water met een andere kwaliteit, anderszijds door de processen die zich in het water afspelen tijdens het verblijf in de boezem. Getracht is, met behulp van correlatie- en regressieberekeningen na te gaan waar een verandering optreedt. Beschouwd wordt de verandering tussen het IJsselwater bij Kampen en het inlaatwater, daarnaast wordt gekeken naar de verandering van het inlaatwater ten opzichte van enkele punten in de boezem. In tabel 9 zijn de correlaties weergegeven voor totaal stikstof. De monsterplaatsen 69 en 75 zijn de inlaatpunten bij respectievelijk Monnikendam en Lutje Schardam, monsterplaats 2001 is de IJssel bij Kampen en de overige monsterplaatsen liggen verspreid in het gebied. Het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt (R) geeft een indruk van het verband dat bestaat tussen die 2 punten. Is $R^2 > 0,50$ dan kan er een verband bestaan. Voor het totaal stikstof is er in de zomers een relatie te zien tussen de inlaatpunten en de monsterplaatsen in het gebied. Vooral in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied (monsterplaatsen 62 en 57). Met name in het zomerhalfjaar vinden de biochemische processen plaats, waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater aan verandering onderhevig is.

In het winterhalfjaar worden geen correlaties gevonden tussen de monsterplaatsen. Een uitzondering vormt Lutjewinkel (monsterplaats 96), hier wordt juist in de winter een correlatie gevonden, terwijl deze er in het zomerhalfjaar niet is (zie ook bijlage 75 t/m 77).

Tabel 10 geeft de resultaten van de correlatie- en regressieberekeningen van het totaal fosfaat. Voor deze parameter is geen correlatie aanwezig tussen de monsterplaatsen. Dit geldt voor zowel het zomer- als het winterhalfjaar. Bij monsterplaats 570 (Koedijker-vlotbrug) wordt een gering verband gevonden. Echter hier wordt gedacht aan een schijnrelatie omdat juist dit punt sterk beïnvloed wordt door lozing van effluent (zie 5.2.2 en bijlage 78 t/m 80).

Tabel 9. Correlatie tussen enkele monsterplaatsen voor totaal stikstof, waarbij geldt: $Y = A + BX$

	X	Y	B	A	R ²
Monsterplaats	69	2001	0,65(0,81)	-1,92(-2,62)	0,61(0,18)
"	69	62	0,51(0,52)	0,10(1,03)	0,88(0,17)
"	69	57	0,47(0,58)	0,23(0,06)	0,52(0,20)
"	75	2001	0,68(1,38)	-2,12(-6,56)	0,32(0,18)
"	75	96	-0,05(0,49)	1,99(-0,71)	0,00(0,73)
"	75	570	0,28(0,27)	0,44(1,65)	0,54(0,07)
"	75	581	0,33(0,87)	0,01(-2,48)	0,43(0,29)
(.....) waarde winterhalfjaar					

Tabel 10. Correlatie tussen enkele monsterplaatsen voor totaal fosfaat, waarbij geldt: $Y = A + BX$

	X	Y	B	A	R ²
Monsterplaats	69	2001	-0,08(0,13)	0,26(0,15)	0,05(0,01)
"	69	62	0,26(1,36)	0,02(-0,43)	0,25(0,38)
"	69	57	0,44(0,46)	-0,09(-0,11)	0,22(0,18)
"	75	2001	-0,29(-0,11)	0,32(0,32)	0,13(0,01)
"	75	96	0,01(0,22)	0,14(0,11)	0,00(0,04)
"	75	570	0,38(0,22)	0,08(-0,08)	0,05(0,47)
"	75	581	0,00(-0,01)	0,10(0,26)	0,00(0,00)
(.....) waarde winterhalfjaar					

Bij beschouwing van de resultaten van de tabellen 9 en 10 moet rekening worden gehouden met het feit, dat de verblijftijd van het water in de boezem niet bij de berekening is betrokken. Dit wil zeggen dat de kwaliteit van het inlaatwater wordt vergeleken met de kwaliteit van het boezemwater bij een monsterplaats op ongeveer hetzelfde tijdstip. Door de variatie van de kwaliteit van het inlaatwater, de variatie in lozingen en biochemische processen kan dit een vertekend beeld geven.

6. SAMENVATTING

Het oppervlaktewater in Nederland wordt voor steeds meer verschillende doeleinden gebruikt, waardoor het kwaliteitsaspect belangrijker wordt. In deze nota is aandacht besteed aan de eutrofie van het oppervlaktewater. Onder eutrofiëring wordt verstaan: de verrijking van het oppervlaktewater met voedingsstoffen, waardoor een ongewenste toename van de groei van algen en waterplanten plaatsvindt. Vooral indien de belasting van zowel stikstof als fosfaat toeneemt (HOSPER, 1978). Daarnaast speelt de helderheid van het water, de hoeveelheid zonnestraling en de temperatuur eveneens een belangrijke rol.

Door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat wordt iedere 5 jaar een Indicatief Meerjarenprogramma opgesteld, waarin grenswaarden zijn opgenomen voor alle parameters die in het oppervlaktewater kunnen voorkomen.

De belasting van het oppervlaktewater wordt door verschillende oorzaken beïnvloed. De directe toevoer van fosfaat naar het open water via de neerslag, is een belangrijke factor bij voedselarme wateren. Ook zonder bemesting vindt een uitspoeling van N en P plaats. Deze zogenaamde basisbelasting geeft afhankelijk van het profieltype en de chemische rijkdom van de bodem, een mineralenbelasting van het oppervlaktewater. In Noord-Holland speelt deze factor een belangrijke rol, daarnaast vindt er aanvoer van grondwater via de koel- en gasbronnen plaats. De uitspoeling van mineralen via bemesting is een bijdrage die in dit onderzoek minder nauwkeurig is bepaald, gezien het grote areaal en de diversiteit in bodemgebruik. Met name het stikstofgehalte van het oppervlaktewater wordt door deze factor beïnvloed. Het huishoudelijk en industrieel afvalwater kan in grote mate bijdragen tot de verontreiniging van het oppervlaktewater. Ondanks de zuivering worden er nog grote hoeveelheden nitraat, ammonium en vooral fosfaat geloosd.

Het onderzoeksgebied beperkt zich tot dat deel van Noord-Holland dat ten noorden van het Noordzeekanaal en het IJ ligt, de beide eilanden Texel en Marken zijn niet bij dit onderzoek betrokken. Het

gebied wordt gekenmerkt door een groot aantal droogmakerijen en een dicht stelsel van waterlopen. Voor het onderzoek zijn de analyse-resultaten verwerkt van de periode april 1972 tot en met maart 1979. Gedurende deze periode is het aantal monsterplaatsen in boezem- en polderwater aan veranderingen onderhevig geweest, waarbij tevens de frequentie van bemonstering varieerde van 6 tot 24 keer per jaar. Voor het verkrijgen van een goed overzicht is het onderzoeksgebied verdeeld in 6 detailgebieden, die ieder een eenheid vormen.

De gegevens zijn met behulp van een computer verwerkt. In bijlage 1 tot en met 49 zijn de zomer- en wintermedianen per monsterplaats weergegeven. De medianen zijn in acht klassen ingedeeld. Voor drie parameters, ammonium, totaal stikstof en totaal fosfaat zijn de klassen voor de laatste drie zomers en winters in kaarten uitgezet. Voor ammonium wordt in het Indicatief Meerjarenprogramma '80-'84 (IMP) als grenswaarde $1,0 \text{ mg N.l}^{-1}$ aangehouden, wat overeenkomt met klasse 2 op de kaarten I t/m III. In de winter wordt deze waarde over het algemeen overschreden, terwijl in de zomer de gehalten onder deze waarden blijven. Vrij hoge concentraties zijn waargenomen in het boezemwater rond Alkmaar. Polders met veel gasbronnen hebben in zomer en winter een hoge ammoniumconcentratie; duidelijke voorbeelden hiervan zijn de Baarsdorpermeer (m.p. 99) en de Beemster (m.p. 198).

De gehalten aan totaal stikstof zijn weergegeven in de kaarten IV, V en VI. Ook nu is de concentratie in de winter hoger dan in de zomer, zowel bij het polder- als boezemwater. De verschillen zijn echter kleiner dan bij het ammonium.

De kaarten VII, VIII en IX geven de totaal fosfaat concentraties weer. De gehalten liggen nagenoeg allemaal boven de voorlopige grenswaarde zoals deze door het IMP '80-'84 wordt gesteld. Alleen de concentraties bij de inlaatpunten liggen onder de $0,3 \text{ mg P.l}^{-1}$. De gemiddelde concentraties van de zomers en de winters liggen dicht bij elkaar. In de kwelpolders en de polders met veel gasbronnen, bevat het polderwater, zowel 's zomers als 's winters zeer hoge fosfaatgehalten.

Op alle kaarten is duidelijk te zien hoe de kwaliteit van het Rijnwater verbetert tijdens het verblijf in het IJsselmeer.

Om de veranderingen van de concentratie in het boezemwater binnen het gebied na te gaan, zijn van drie boezemtrajecten de concentraties van enkele parameters, gedurende de zomerhalvjaar '77 en '78 in figuren uitgezet (fig. 3 en 4). In het traject Lutje Schardam-Kooybrug (fig. 3) is voorbij Alkmaar een duidelijke concentratietoename te constateren, die onder andere een gevolg is van lozing van effluent uit de rioolwaterzuiveringsinstallatie aldaar. Het traject Lutje Schardam-Balgzandkanaal (fig. 3d) laat een geleidelijk verloop zien. Bij monsterplaats 98 lopen de concentraties sneller op, terwijl de nitriet-, nitraat- en ammoniumconcentraties later weer afnemen. De fosfaatconcentraties lopen pas terug na het verblijf in het Amstelmeer (fig. 3f). De concentraties tussen Edam en Zaandam hebben een vrij constant niveau. De concentraties van het bij Edam ingelaten water zijn over het algemeen hoger dan bij Lutje Schardam. In de zomer van 1978 is het organisch stikstof bij monsterplaats 1012 extreem hoog, waarvoor geen verklaring kan worden gegeven.

Door de concentraties uit te zetten tegen de tijd wordt een goed beeld verkregen van het concentratieverloop (bijlage 50 t/m 71). Het ammoniumgehalte is in de zomer aanzienlijk lager dan in de winter, wat in de winter duidelijk valt te constateren. In het polderwater komt deze schommeling niet altijd even goed naar voren. De concentratie van het organische stikstof heeft een zeer onregelmatig verloop zowel in boezem- als polderwater. Zeer hoge concentraties komen in zomer en winter voor. Bij het totaal stikstofgehalte, dat een totaal is van alle stikstofverbindingen in het oppervlaktewater, zijn de hoge waarden in de winter weer terug te vinden (bijlage 56 t/m 59). In het polderwater is dit echter niet altijd even duidelijk.

Teneinde het verloop van het fosfaatgehalte weer te geven, is volstaan met het ortho-fosfaatgehalte, omdat het fosfaat in deze vorm direkt opneembaar is (bijlage 60 t/m 62). De concentratie van het ingelaten water is vrij laag, maar verder van de inlaatpunten af, neemt de concentratie toe, terwijl het verschil in zomer- en winterconcentratie steeds meer afneemt. In de polders is de ortho-fosfaatconcentratie gemiddeld over de gehele periode hoog.

Om een inzicht te krijgen in de opbouw van het totaal stikstof zijn in tabel 6 de bijdragen van de afzonderlijke stikstofverbindingen per detailgebied berekend. In de zomer is het organisch stikstof in alle detailgebieden als belangrijkste stikstofcomponent aanwezig. Bij een lange verblijftijd wordt ammonium omgezet in nitraat en vervolgens in organisch stikstof. In de winter is de bijdrage van nitriet en nitraat het grootst, als gevolg van uitspoeling. Het ammoniumgehalte is eveneens hoog in de winter, wat met name veroorzaakt wordt door het polderwater dat veel ammonium bevat. In het IJsselwater levert het nitraat verreweg de grootste bijdrage aan de totale hoeveelheid stikstof. In de polders van tabel 8 is ook een verschuiving van de bijdrage in de zomer en de winter te zien. In de zomer wordt het stikstof voor het grootste deel bepaald door het organisch stikstof. Bij de Purmer en de Beemster blijft in de zomer het ammoniumgehalte hoog, dit wordt bij de Purmer toegeschreven aan de kwel en afvalwaterlozingen. In de Beemster komt het hoge ammoniumgehalte vooral voor rekening van de gas- en koelbronnen. In de infiltratiepolders zijn de bijdragen van ammonium, nitriet en nitraat in de zomer gering. In alle polders neemt het absolute gehalte van organisch stikstof iets af. De ammonium-, nitriet- en nitraatgehalten nemen daarentegen toe.

Voor enkele parameters zijn correlatie- en regressieberekeningen uitgevoerd, waarmee een beeld wordt verkregen van de onderlinge samenhang van deze parameters (bijlage 72 t/m 74). In bijlage 72 is de correlatie en regressie berekend tussen totaal stikstof en totaal fosfaat, opgesplitst in zomer en winter. De correlatie is in beide gevallen vrij laag. De correlatie- en regressieberekening tussen het organisch stikstof en het totaal stikstof geeft in de zomer een goed resultaat. In de winter neemt het totaal stikstof sterk toe, terwijl het organisch stikstof gelijk blijft. De correlatie in de winter is minder goed. De correlatie tussen Kjeldahl-stikstof en ammonium is in de zomer redelijk. In de winter hangt het Kjeldahl-stikstofgehalte voor een groter deel samen met het ammonium, waardoor er een goede correlatie tussen beide parameters wordt gevonden.

Met behulp van correlatie- en regressieberekeningen is geprobeerd te bekijken in welk deel van de boezem veranderingen in de stikstof-

en fosfaatgehalten optreden. Eerst wordt ingegaan op het totaal stikstof, daarna op het totaal fosfaat. In bijlage 75 en 76 wordt een beeld gegeven van de correlatie tussen de inlaat bij Monnickendam en twee monsterplaatsen gelegen in en nabij de Zaan. Hier wordt zowel in de zomer als in de winter een redelijke correlatie gevonden. In de zomer wordt tussen Lutje Schardam en Lutjewinkel (respectievelijk monsterplaatsen 75 en 96) een slechte correlatie gevonden. In de winter wordt daarentegen een vrij goed verband gevonden tussen beide punten (tabel 9). Tussen de overige monserplaatsen wordt een matig verband gevonden zowel voor de zomer- als winterperiode.

Uit de berekeningen en figuren van bijlage 78 t/m 80 blijkt dat er bij het totaal fosfaat weinig verband bestaat tussen het ingelaten water en het water in de boezem. Vooral in de zomer is de correlatie erg laag, er vindt binnen het onderzoeksgebied een sterke concentratieverhoging plaats. In de winter is er een lichte verbetering te bespeuren. De uitkomsten van de correlatie- en regressieberekeningen voor het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied zijn over het algemeen iets gunstiger (tabel 10).

7. LITERATUUR

- BOTS, W.C.P.M. e.a., 1978. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het Noorden des Lands. ICW, Regionale studies 13
- DAAMEN, S.H.B. en C.G. TOUSSAINT, 1980. De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en het IJ. ICW nota 1223
- GOLTERMAN, H.L., 1970. De invloed van het menselijk handelen op de biocoenen in het water. Biosfeer en mens. Pudoc, Wageningen
- HENKENS, CH.H., 1976. Voedingsstoffen of mineralenbalansen. Stikstof band 7 nr. 83-84; 355-362
- HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DE UITWATERENDE SLUIZEN IN KENNEMERLAND EN WESTFRIESLAND, 1981. Algen ontwikkeling in het eigen beheersgebied.
- _____ 1980. Bacteriologische waterkwaliteit 1976 tot en met 1979
- _____ 1980. Fysisch-chemische waterkwaliteit in eigen beheersgebied
- _____ 1976. Jaarverslag technische dienst.
- HOSPER, S.H., 1978. Stikstof, fosfaat en eutrofiëring. H_2O 11(18): 385-387
- INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West Nederland. ICW, Regionale studies 9
- KEMP, A. e.a., 1976. Nitraatvergiftiging bij rundvee. Stikstof 82 band 7: 322-328
- KOLENBRANDER, G.J., 1971. De eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw en de stedelijke bevolking. Stikstof 69: 384-396
- KOOT, A.C.J., 1970. De toekomstige behandeling van huishoudelijk afvalwater H_2O 3(22): 551-559
- LEENTVAAR, P., 1970. Het probleem van de eutrofiëring H_2O (5): 100-103
- MINISTERIE VOOR VERKEER EN WATERSTAAT, 1975. De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979
- _____ 1981. Indicatief meerjarenprogramma, water 1980-1984
- POMPER, A.B., 1979. De geologische en hydrologische opbouw van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal. ICW nota 1135

- REES VELLINGA, E. VAN en H. WITT, 1980. De chemische samenstelling van het grondwater in Hollands Noorderkwartier. ICW nota 1258
- RIJKSINSTITUUT VOOR ZUIVERING VAN AFVALWATER, 1968. Onderzoek naar het verontreinigend vermogen van huishoudelijk afvalwater. Meded. 5
- RIJTEMA, P.E., 1976. Emissie van fosfaat en stikstof uit landbouwgronden. ICW nota 929
- RYHINER, A.H. en K.E. WIT, 1980. Waterbalansen oppervlakte- en grondwater voor een aantal polders in Noord-Holland benoorden het IJ. ICW 1262
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1973. Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in het grond- en oppervlaktewater van enkele gebieden. Cultuurtechn. Tijdschr. 12, 6
- _____ 1979. Fosfaat- en stikstofbalansen voor oppervlaktewater in polders en beekgebieden $H_2O(12)$ 2; 33-40
- _____ 1981. De gevolgen van het landbouwkundig bodemgebruik voor de chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater. ICW, nota 1264
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1957. Rapport van de verkenning van de bodemgesteldheid van het noordelijk, midden en zuidelijk gedeelte van de provincie Noord-Holland
- TOUSSAINT, C.G. en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1973. Eutrofie en organische vervuiling van het oppervlaktewater in West-Nederland. ICW nota 711
- _____ en T. BOOGAARD, 1978. Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van polderwater door gas- en koelbronnen. ICW nota 1061
- VOLLENWEIDER, R.A., 1968. Scientific fundamentals of the eutrofication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. O.E.C.D. DAS (CSI) 27. Bibliografy, Parijs

8. BIJLAGEN

Kaarten	I	II	III	ammoniumgehalte in polder- en boezemwater
"	IV	V	VI	totaal stikstof- gehalte " " " "
"	VII	VIII	IX	totaal fosfaat- gehalte " " " "
bijlage	1	t/m	3	overzichtstabellen rijkswateren per zomer en per winter
"	4	t/m	24	overzichtstabellen boezemwater per zomer en per winter
"	24a			overzichtstabellen boezemwater zomer 1976
"	25	t/m	49	overzichtstabellen polderwater per zomer en per winter
"	50	t/m	52	verlooplijnen NH_4 in boezemwater
"	53	t/m	55	" org.N " "
"	56	t/m	59	" tot.N " "
"	60	t/m	62	" ortho P " "
"	63	t/m	65	" NH_4 " 6 polders
"	66	t/m	67	" org.N " " "
"	68	t/m	69	" tot.N " " "
"	70	t/m	71	" ortho P " " "
"	72	t/m	74	correlatie- en regressieberekeningen tussen 2 parameters in de boezem
"	75	t/m	77	correlatie- en regressieberekeningen tussen 2 punten in de boezem voor tot.N
"	78	t/m	80	correlatie- en regressieberekeningen tussen 2 punten in de boezem voor tot.P