

# Globale fosfaatbalans van Frieslands boezem

Voordracht uit de 13e vakantie cursus in behandeling van afvalwater: 'De belasting van het milieu door fosfaten en verspreide lozingen', die op 30 en 31 maart 1978 werd gehouden aan de TH Delft.

## Inleiding

Eutrofiëring is een van de voornaamste aandachtsvragende problemen voor de water-beheerders. Onder eutrofiëring verstaat men het voedselrijker worden van het water. De gevolgen zijn enerzijds een overmatige groei van algen en andere waterplanten en anderzijds neemt de soortdiversiteit af en komen vaak blauwalgen tot dominantie. De trofiegraad van het water geeft een indicatie van de voedselrijkdom. Aan het onderscheiden van trofiegraden is reeds in het begin van deze eeuw aandacht besteed.



DRS. T. H. L. CLAASSEN  
Provinciale Waterstaat van  
Friesland,  
Leeuwarden

In 1921 neemt Naumann aan dat de primaire produktie volledig voor de stikstof- en fosfaatconcentratie wordt bepaald. De fytoplanktonbiomassa gold als indicator van de trofiegraad. Uit latere studies bleek dat lage voedingsstoffenconcentraties niet zonder meer gepaard gingen met een geringe fytoplanktonontwikkeling (Ruttner 1962, Kouwe en Golterman 1976). Er kan fosfaat worden opgeslagen in algen en in de bodem, waarvan althans een deel weer kan bijdragen tot algengroei. Een betere indicator voor de trofiegraad is dan de intensiteit van de primaire produktie.

Naast bovengenoemde energie-biologische methoden van trofiebepaling zijn ook andere methoden toegepast: informatie-biologische, waarbij gebruik wordt gemaakt van de indicatorwaarden van de afzonderlijke soorten en fysisch-chemische, gebruikmakend van de watersamenstelling (Uhlmann en Hrbáček 1976, Van Dam 1977). Diverse factoren hebben echter pogingen bemoeilijkt de ogenschijnlijk duidelijke relatie tussen nutriëntenconcentraties en algengroei vast te stellen. Golterman (1970) toonde aan dat niet zozeer de concentratie van belang is, maar juist de snelheid waarmee fosfaat wordt opgenomen en weer vrijkomt. Een kwantitatieve benadering van het eutrofiëringsprobleem is noodzakelijk, omdat inzicht gewenst is in de bijdrage van verschillende bronnen aan de nutriëntenhuishouding en indirect aan de waterkwaliteit. Voor beheersmaatregelen is dit van groot belang. Het opstellen van een nutriëntenbudget is een eerste stap om deze relatie te kwantificeren. Naast biologische en chemische processen spelen ook fysische processen, zoals neerslag, verdamping, doorstroming en sedimentatie een rol. Met behulp van fosfaatbalansen kan de

bruto fosfaatbelasting worden bepaald, uitgedrukt in  $\text{gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ . Van de buitenlandse studies over P-belasting kunnen hier genoemd worden Vollenweider (1968), Shannon en Brezonik (1972), Imboden (1974), Riemann (1977) en Preuss (1977). Voor Nederland verscheen de eerste fosfaatbalans in 1972 (Centraal Bureau voor de Statistiek), daarna gevolgd door gelijksoortige studies van Scholte Ubing (1973), Kolenbrander (1974) en de Stuurgroep Fosfaten (1976). Zowel door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1975) als door de Stuurgroep Fosfaten (1976) wordt gewezen op het belang van het opstellen van regionale balansen per waterhuishoudkundige eenheid. Naast genoemde landelijke studies verschenen ook al van kleinere gebieden fosfaatbalansen.

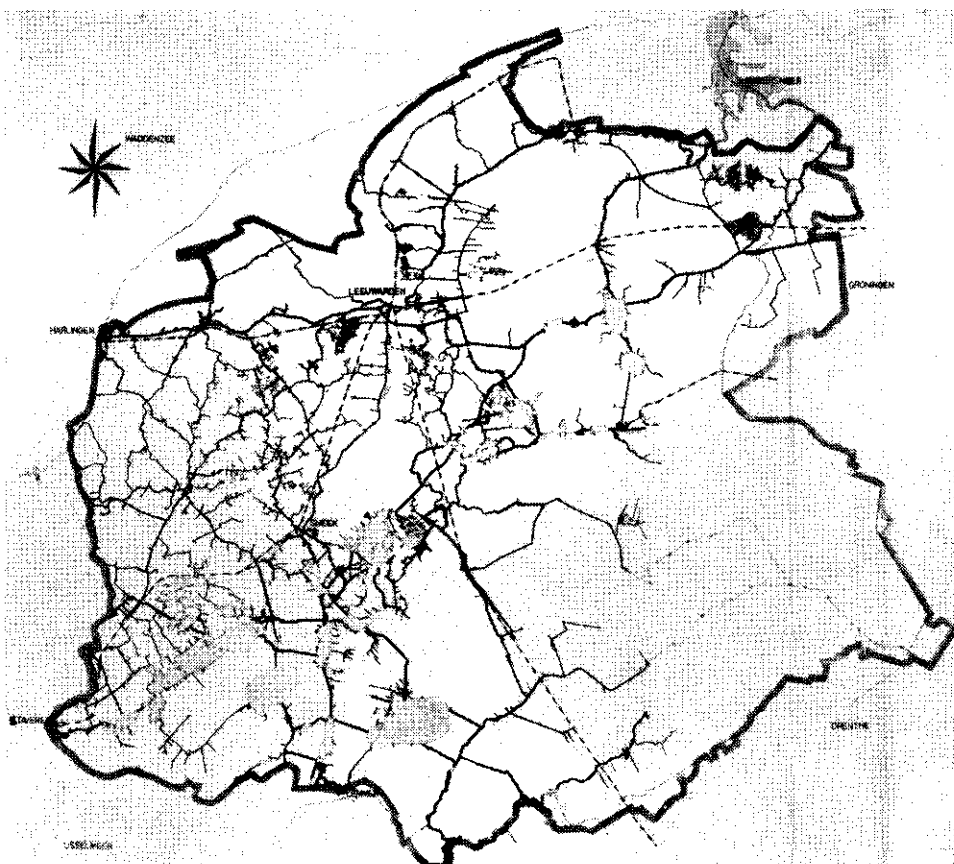
Voor de fosfaatbelasting is voor Nederlandse situaties  $1 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  als streefwaarde gesteld, terwijl de huidige belasting ruim  $6 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  bedraagt (Stuurgroep Fosfaten 1976). Grote regionale afwijkingen van deze  $6 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  komen voor (Klapwijk 1977), zodat het gewenst is voor kleinere gebieden advies uit te brengen over te treffen zuiveringstechnische maatregelen. Dit na het opstellen van een fosfaatbalans en het berekenen van de fosfaatbelasting. In het kader van het zuiveringsplan van de Provinciale Waterstaat van Friesland is voor

het Friese boezemgebied in 1974 een P-balans voor het jaar 1973 opgesteld. Deze balans is daarna in 1976 gecorrigeerd en diende als basis voor de balansen die zijn opgesteld voor de jaren 1974 tot en met 1977. Deze balansen zijn opgesteld enerzijds ter controle van de balans van 1973 die gold voor een gemiddeld jaar, anderzijds om te zien hoe groot de fluctuaties van diverse posten op de balans kunnen zijn (bijv. drogere of nattere jaren) en of er een tendens te herkennen is in de loop der jaren. Ter controle is gewerkt aan een waterbalans en een chloridebalans.

## Gebiedsbeschrijving

Friesland is bodemkundig een zeer afwisselende provincie. In het oostelijke deel bevindt zich nog een restant hoogveen. Meer naar het westen vinden wij resp. zand, laagveen en klei. Tussen het laagveen en de pure zeeklei ligt een overgangszone waar klei op een veenondergrond ligt. In Gaasterland bevindt zich een stuwwalheuvelrug. De Waddenzee scheidt de vier Friese eilanden van het vaste land. De eilanden verder buiten beschouwing gelaten, bestaan er in Friesland drie waterhuishoudkundige eenheden. In het noordwesten een gebied van ca. 13.500 ha van het waterschap Noordlik Westergo dat via

Afb. 1 - Het gebied, afwaterend op de Friese boezem.



twee gemalen rechtstreeks op de Waddenzee loost. In het noordoosten een gebied van ca. 13.000 ha van het waterschap Tusken Waed en Ie dat via een gemaal rechtstreeks op het Lauwersmeer loost. En als derde het Friese boezemgebied (ca. 305.000 ha), de grootste bemalingseenheid in Nederland, waarvan enkele kleine delen in de provincies Overijssel, Drenthe en Groningen liggen. Het verdere verhaal blijft beperkt tot het Friese boezemgebied (afb. 1).

In de zomer wordt er via de inlaatsuizen te Teroelsterkolk en Tacozijl bij Lemmer en incidenteel via het J. L. Hooglandgemaal te Stavereen IJsselmeerwater ingelaten om het boezempeil te handhaven (op 0,50 à 0,55 m — NAP) en voor doorspoeling van de boezem. Afvoer vindt plaats bij Harlingen naar de Waddenzee en bij Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het Lauwersmeer. Van het ingelaten water wordt een deel doorgevoerd naar de twee hiervoor genoemde van de boezem afgesloten gebieden, naar Groningen, Overijssel en de Noord-oostpolder.

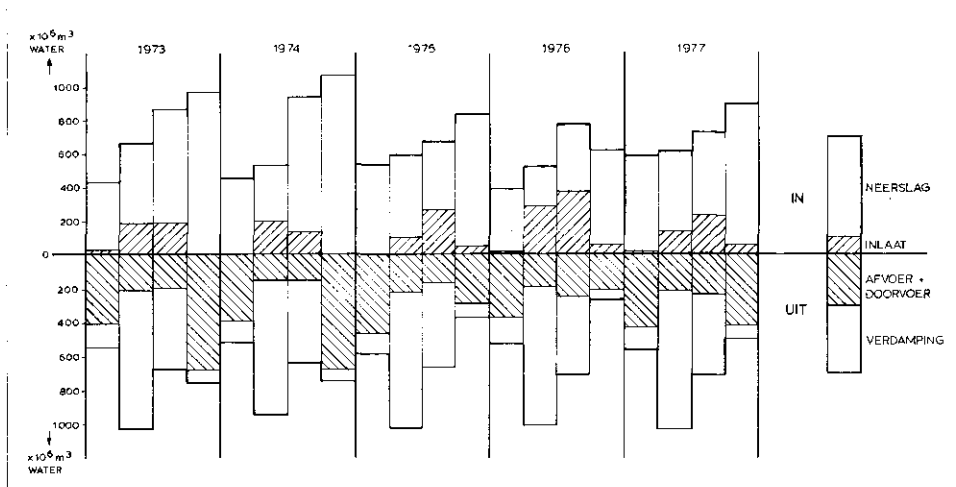
Het eigenlijke boezemwater beslaat een oppervlakte van ongeveer 14.000 ha, waarvan de meren ruim 10.000 ha uitmaken. Deze wateren staan onderling vrij met elkaar in verbinding. De diepte bedraagt gemiddeld 1,30 m en de inhoud is berekend op ruim 180 miljoen m<sup>3</sup>. Buiten dit boezemwater komt nog ca. 16.000 ha water voor, zodat ongeveer 10 % van de 305.000 ha uit water bestaat.

### Berekening van de balansen

Voor het opstellen van balansen zijn diverse gegevens van in- en uitgaande posten nodig. De bij de berekeningen betrokken posten zijn in tabel I vermeld. Een aantal onbekende of minder belangrijk geachte posten zijn weggelaten.

#### a. De waterbalansen

Voor doorvoer, afvoer en inlaat van water, evenals voor neerslag en verdamping zijn kwartaalgegevens gebruikt. Genoemde posten zijn in afb. 2 kwantitatief weergegeven. Waterinlaat vindt vooral zomers plaats, terwijl de maximum afvoer in de winter-



Afb. 2 - Grootte van de posten op de waterbalansen van 1973 tot en met 1977.

periode valt. Kwel, wegzijging en toevoer van grondwater naar het oppervlaktewater zijn weggelaten, omdat de invloed van deze bronnen reeds merendeels in de posten van de opgestelde balans zijn verdisconteerd (Van der Molen 1977). Als de afvoer en doorvoer plus de verdamping op 100 % worden gesteld, dan vinden wij het volgende: 1973 4 % tekort, 1974 3 % over, 1975 0,4 % tekort, 1976 8 % tekort en 1977 0,6 % over. Riemann (1977) vindt een discrepantie van 5 % acceptabel. Alleen 1976 overschrijdt deze grens. De waterbalansen over deze jaren mogen als kloppend worden beschouwd.

#### b. De chloridebalansen

De hoeveelheden chloride van de posten inlaat en afvoer plus doorvoer zijn berekend uit hoeveelheden water ingelaten of afgevoerd, vermenigvuldigd met de gemiddelde Cl-concentratie, voor ieder kwartaal afzonderlijk. Evenals voor fosfaatconcentraties is gebruik gemaakt van monsterpunten, behorende tot de 90 vaste punten die maandelijks worden bemonsterd door de Provinciale Waterstaat. Voor IJsselmeerwater is bovendien gebruik gemaakt van kwartaalgegevens verstrekt door Rijkswaterstaat. De chloride die met de neerslag valt, wordt geacht geheel uit te spoelen (Steenvoorden 1977), zodat deze post gecombineerd is weergege-

ven met de natuurlijke uitspoeling. Voor het chloridegehalte van regenwater is genomen 7 mg Cl<sup>-</sup>/l (Steenvoorden 1977). De bijdrage van de landbouw, veroorzaakt door bemesting is vastgesteld op ca. 20 kg Cl<sup>-</sup>/ha j (Steenvoorden en Toussaint 1974). Voor industriewater en drinkwater is de bijdrage berekend uit opgepompt grondwater. De huishoudelijke bijdrage — naast het drinkwater — is met behulp van effluentmetingen geschat op 6000 ton chloride per jaar. Als lek- en schutwater is gehanteerd het verschil in afvoer van chloride van twee monsterpunten in het Van Harinxmakanaal. Uit een verziltingsonderzoek van Rijkswaterstaat (1959) is gebleken dat deze verzilting op het ene punt (het dichtst bij het sluiscomplex te Harlingen) nog duidelijk waarneembaar is, op het andere punt niet meer. Voor strooizout is uitgegaan van een gemiddeld verbruik van 175 kg zout per winterperiode. De balansen van 1973 tot en met 1977 zijn weergegeven in tabel II.

In alle jaren overtreft de afvoer- en doorvoerhoeveelheid de ingekomen hoeveelheid. Er is een negatief saldo. Voor genoemde jaren is het tekort op de balans resp. 43, 28, 27, 8 en 40 %. Dit negatieve saldo wijst op een kwelinvloed en geeft een indruk omtrent de kwelintensiteit. De zoute kwel in noord en noordwest Friesland kan grote invloed hebben op de chloridebalansen en op de fosfaatbalansen (Bots e.a. 1978). Preciese gegevens ontbreken nog. Onlangs heeft Rijkswaterstaat (1977) hierover een rapport opgesteld, waaruit voor het Friese boezemgebied berekend kan worden hoe groot de zoutbelasting door kwel bedraagt. Dit is circa 160.000 ton Cl per jaar.

Steenvoorden en Toussaint (1974) vinden voor enkele polders in Midden-West Nederland dat de chloridebelasting door kwelwater 25 % tot 56 % kan bedragen. Globaal is dit in overeenstemming met onze gegevens.

TABEL I - Beschouwde posten voor balansberekeningen.

IN				UIT			
Post	water	chloride	fosfaat	Post	water	chloride	fosfaat
inlaat	x	x	x	afvoer en doorvoer	x	x	x
neerslag	x		x	verdamping	x		
natuurlijke uitspoeling		x	x				
landbouw		x	x				
industrie		x	x				
huishoudens		x	x				
lek- en schutwater		x					
strooizout		x					

TABEL II - Chloridebalans Friese boezem van 1973 t/m 1977.  
(Getallen in tonnen chloor per jaar.)

	1973	1974	1975	1976	1977
inlaat	94.444	84.864	81.599	176.386	87.152
neerslag	17.471	18.282	15.658	11.138	16.695
natuurlijke uitspoeling					
landbouw	4.790	4.790	4.790	4.790	4.790
industriewater	40.000	41.192	38.050	36.467	36.000
drinkwater	1.882	1.663	1.775	2.179	2.237
huishoudelijke bijdrage	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
lek- en schutwater	25.246	44.369	48.820	43.743	116.617
strooizout	14.648	14.837	15.215	15.593	16.065
bruto belasting	204.481	215.997	211.907	296.296	285.556
af- en doorvoer	359.444	301.151	291.833	323.346	474.640
saldo	- 154.963	85.154	79.926	27.050	189.084

TABEL III - Bruto belasting en saldo van de fosfaatbalansen van 1973 voor en na correctie.  
(Getallen in tonnen P per jaar.)

	Oorspronkelijke balans (1974)	Eerste correctie (1976)	Tweede correctie (1978)
bruto belasting	950 (100 %)	1130 (119 %)	1233 (130 %)
saldo	+ 60 (100 %)	240 (400 %)	609 (1015 %)

### c. De fosfaatbalans

De eerste balans verscheen in 1974 en betrof het jaar 1973 (Provinciale Waterstaat 1974). Daarna werd deze balans gecorrigeerd (Provinciale Waterstaat 1976) voor de posten uitspoeling uit de bodem en de industriebijdrage. Vooral de invloed van het afvalwater van de zuivelindustrie was onderschat. Ruim 90 % van de industrie-fosfaten is afkomstig van de zuivelindustrie. Omdat pas vanaf 1974 P-totaal werd bepaald, is de hoeveelheid fosfaat van inlaatwater en afvoerwater voor 1973 geschat. Met een lineaire regressie-analyse zijn beide posten voor 1973 nu gecorrigeerd. Deze gemaakte correcties hebben een geringe invloed op de brutobelasting, maar een grote invloed op het saldo. De inlaat, doorvoer- en afvoerhoeveelheden zijn berekend analoog aan chloride. Als fosfaatgehalte van regenwater is genomen 0,1 mg P/l. De bijdrage van de natuurlijke uitspoeling en de landbouw kan op twee manieren worden benaderd. In 1974 en 1976 zijn beide posten gecombineerd en is aangenomen een uitspoeling uit veengronden van 1,4 kg P/ha . j en voor zand- en kleigronden een uitspoeling van 0,5 kg P/ha . j. Aldus berekend is deze post ca. 220 ton P per jaar. Willen we onderscheid aangeven tussen natuurlijke uitspoeling en de bijdrage van de landbouw, dan levert dit resp. 56 ton en 163 ton. Voor de natuurlijke uitspoeling is genomen 0,22 kg P/ha . j (Kolenbrander 1974, Stuurgroep Fosfaten 1976), voor de landbouw 0,18 kg P/ha . j voor oppervlakkige afspoeling plus 0,50 kg P/ha . j voor directe lozingen (Kolenbrander 1974, CBS 1972). Beide benaderingswijzen komen goed met elkaar overeen. De industriebijdrage

is zo goed mogelijk berekend, evenals de huishoudelijke bijdrage, waarbij is uitgegaan van een belasting van 4 g P/inw.dag. De fosfaatbalansen zijn in tabel IV weergegeven.

TABEL IV - De fosfaatbalansen voor de jaren 1973 t/m 1977.  
(Getallen in tonnen P per jaar.)

	1973	1974	1975	1976	1977
inlaat	66	37	65	175	92
neerslag	11	12	10	7	11
landbouw	163	163	163	163	163
natuurlijke uitspoeling	56	56	56	56	56
industrie	280	288	264	247	250
huishoudelijk	657	653	650	646	643
bruto belasting	1233	1209	1208	1294	1215
afvoer en doorvoer	624	625	578	492	511
saldo (in bodem)	+ 609	584	630	802	704

De inbreng via de neerslag is weergegeven voor alleen het boezemwater (14.000 ha). De brutobelasting is vrij constant over deze 5 jaren. De grootste afwijking bedraagt 7 %. De gemiddelde belasting bedraagt 1231 ton P per jaar. Voor het gebied van Rijnland werd een verschil van 4,4 % gevonden tussen de brutobelasting in 1974 (nat jaar) en 1975 (droog jaar) (Hoogheemraadschap van Rijnland 1977). Over de jaren 1973 tot en met 1977 blijft tussen de 48 % en 62 % van de brutobelasting achter als saldo in het bodemslib. Er is een positief saldo. In het natste jaar (1974) is dit saldopercentage het kleinst, in het droogste jaar (1976) is dit percentage het hoogst. Landelijk blijft ca. 22 % van de brutobelasting achter in het bodemslib (Stuurgroep Fosfaten 1976), voor het gebied van Rijnland 27 à 32 %. Wordt dit procen-

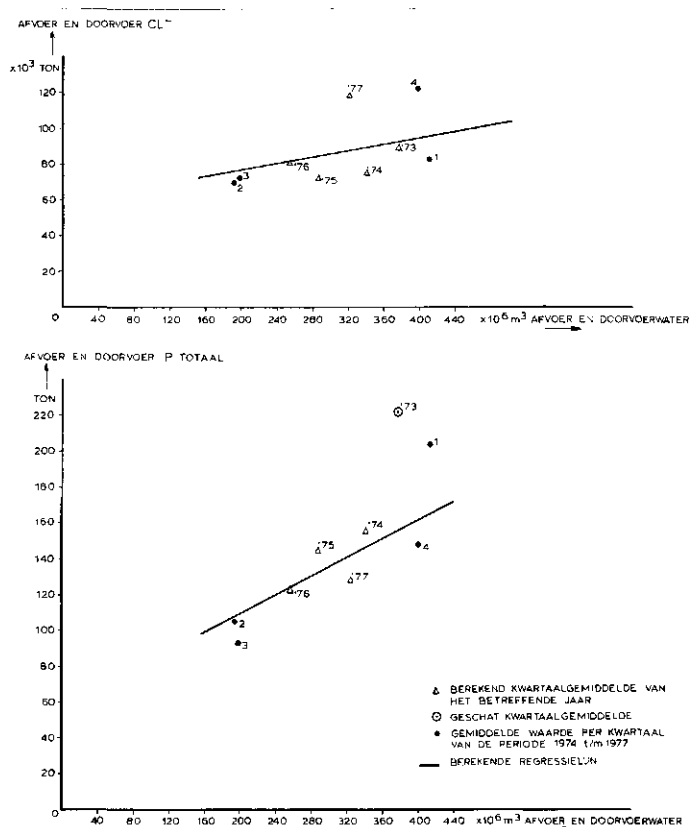
tuel aandeel omgerekend in hoeveelheden  $\text{gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  dan is de brutobodembelasting landelijk  $4,9 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ , voor Rijnland  $4 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  en voor het Friese boezemgebied  $2,2 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ . Er is verder een negatieve correlatie tussen invoer van P en afvoer van P voor het Friese boezemgebied (correlatie-coëfficiënt = -0,91). De berekende brutobelasting kan nog toenemen door fosfaatvoer via kwelwater, met name zout kwelwater. Voor Midden West Nederland bleek deze post 6 - 19 % van de fosfaatbelasting uit te maken, een veel geringere invloed dan voor chloride. Ook voor het Friese boezemgebied is te verwachten dat de kwel minder invloed zal hebben op de fosfaatbelasting dan op de chloridebelasting. Het negatieve saldo op de chloridebalans en het positieve saldo op de fosfaatbalans wijzen in deze richting. Ook vinden we een grotere correlatie tussen waterafvoer en fosfaatafvoer (correlatie-coëfficiënt = 0,63), dan tussen waterafvoer en chloride afvoer (correlatie-coëfficiënt = 0,25). In afb. 3 is dit grafisch weergegeven. In het rapport van het Centraal Bureau voor de Statistiek (1972) wordt gesteld dat de resulterende fosfortoevoer aan het oppervlaktewater door kwel verwaarloosbaar klein is.

Een tweede opvallend verschijnsel is in afb. 3 af te lezen. Na de zomerperiode spoelt chloride sneller uit dan fosfaat. Voor chloride valt de maximumafvoer in het 4e kwartaal, voor fosfaat in het 1e kwartaal. Dit wijst op een verschil in verblijftijd tussen beide elementen. Mede gezien het verloop van de perioden met neerslagoverschot en verdampingoverschot roept dit de vraag op of het niet beter is balansen op te stellen over de perioden 1 april tot en met 31 maart in plaats van 1 januari tot en met 31 december.

### De fosfaatbelasting

Klapwijk (1977) wijst op grote regionale verschillen in fosfaatbelasting en heeft voor Friesland een brutobelasting berekend van  $8 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ , daarbij uitgaande van 14.000 ha boezemwater. Wanneer we evenwel uitgaan van het totale wateroppervlak (30.000 ha), dan was een bruto fosfaatbelasting van  $4,1 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$  gevonden. Deze waarde mag worden vergeleken met de gevonden waarden voor het Sloterveer ( $1,3 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ ) en de landelijke belasting ( $6 \text{ gP m}^{-2} \text{j}^{-1}$ ). Voor het Friese boezemgebied is de brutobelasting van de jaren 1973 tot en met 1977 op drie manieren berekend:

a. deze methode is vergelijkbaar met de landelijke berekeningen, waarbij het totale wateroppervlak (30.000 ha) wordt beschouwd;



Afb. 3 - Verband tussen afvoerhoeveelheden water met chloride en totaalfosfaat.

b. hier veronderstellen wij (evenals Klapwijk) dat alle inbreng uiteindelijk in het boezemwater (14.000 ha) terecht komt;

c. ook hier beschouwen wij 14.000 ha boezemwater, maar berekenen dan ook slechts een gedeelte van de totale belasting op deze boezem, namelijk de inlaat, neerslag, industrie en huishoudelijke bijdrage.

In afb. 4 is het resultaat weergegeven. Het streven naar een brutobelasting van  $1 \text{ gP m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  zou via afbouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties, defosfatering en vervanging van fosfaatwasmiddelen moeten worden bereikt. Deze norm van  $1 \text{ gP m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  zou zowel voor al het water (30.000 ha) als voor het boezemwater (14.000 ha) moeten worden bereikt. Om te zien wat het effect zou zijn geweest wanneer reeds vanaf 1973 al het huishoudelijk en industrieel afvalwater oxidatief-biologisch was gezuiverd en defosfatering had plaatsgevonden en fosfaatvrije wasmiddelen waren gebruikt, zijn de afb. 5a, b en c weergegeven. Cumulatief is het te verwachten effect van genoemde maatregelen op de P-belasting af te lezen, waarbij de waarde van  $1 \text{ gP m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  in geen van de gevallen wordt bereikt. Bij de methoden a en b, waarin de landbouw is betrokken, maakt deze uiteindelijk ruim 40 % van de totale belasting uit. In geval c — geen landbouw-

bijdrage en geen uitspoeling — blijkt het in te laten water 54 % van de belasting te bepalen. Genoemde zuiveringstechnische maatregelen hebben dus enerzijds als effect een verlaging van de brutofosfaatbelasting, anderzijds vindt een verschuiving plaats in het aandeel van de diverse posten aan de P-belasting. In tabel V is deze verschuiving weergegeven voor de genoemde gevallen a, b en c.

**Samenvatting**

Tot slot wil ik het u voorgelegde verhaal kort samenvatten.

— In het vervullen van de behoefte tot het opstellen van een fosfaatbalans heeft Friesland al in 1974 voldaan door het maken van een balans van het jaar 1973. De gemaakte correcties op deze balans in 1976 en nu hebben slechts geringe gevolgen voor de brutobelasting, echter wel voor het saldo dat achterblijft. In de loop der jaren is gebleken dat het saldo 4 tot 10 maal te laag is geschat.

— De waterbalans mag als kloppend worden beschouwd.

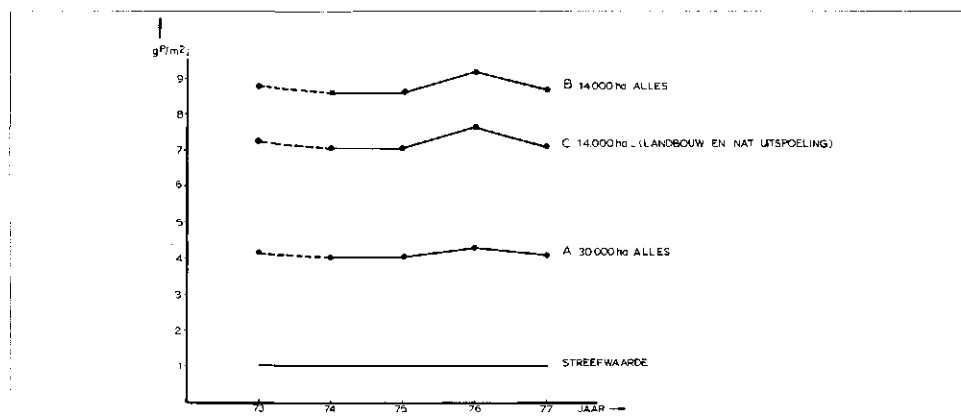
— De chloridebalans is nog niet naar

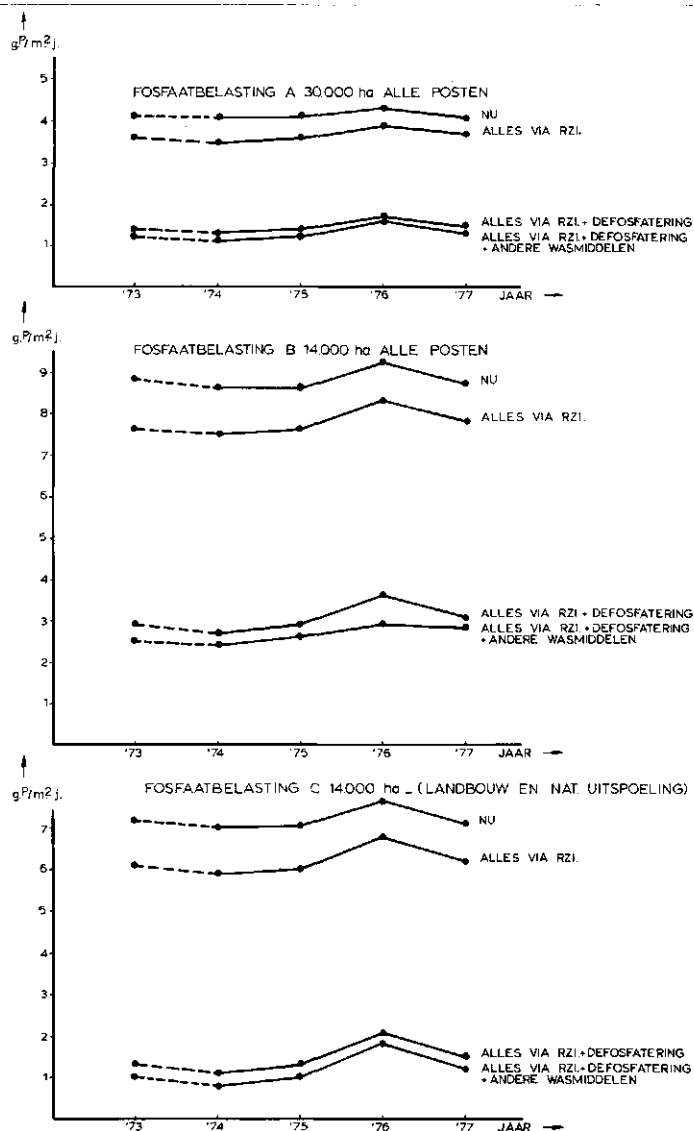
TABEL V - Procentueel aandeel van de diverse posten op de fosfaatbelasting nu en bij verdere maatregelen.

Berekeningsmethode	A. Alle posten 30.000 ha			B. alle posten 14.000 ha			C. - (landb. en nat. uitsp.) 14.000 ha		
	1*	2*	3*	1	2	3	1	2	3
inlaatwater	7	15	22	7	15	22	9	24	54
neerslag	2	4	4	1	2	3	1	3	6
natuurlijke uitspoeling	5	9	14	5	10	15	—	—	—
landbouw	13	28	42	13	28	43	—	—	—
industrie	21	21	8	21	21	8	26	35	19
huishoudens	52	23	9	53	24	9	64	38	21

- \* 1. Zoals de situatie nu is.
- 2. Wanneer al het afvalwater via rwzi's wordt gezuiverd met defosfatering van 50 % van het afvalwater en bij gebruik van fosfaatvrije middelen.
- 3. Wanneer al het afvalwater via rwzi's wordt gezuiverd, alles wordt gedefosfateerd en fosfaatvrije wasmiddelen worden gebruikt.

Afb. 4 - Verschillend berekende brutofosfaatbelasting binnen het Friese boezemgebied van 1973 t/m 1977.





Afb. 5 - Huidige en verwachte brutofosfaatbelasting binnen het Friese boezemgebied van 1973 t/m 1977.

tevredenheid afgerond. De invloed van zoute kwel is nog onvoldoende bekend. Controle van de waterbalans was niet meer nodig en aannemelijk is gemaakt dat de (zoute) kwel minder invloed heeft op de fosfaatbalans dan op de chloridebalans.

— De brutofosfaatbelasting van het Friese boezemgebied over de jaren 1973 t/m 1977 fluctueert slechts tussen 1208 en 1294 ton P per jaar met een gemiddelde belasting van 1231 ton P per jaar.

Hieruit mag geconcludeerd worden dat:  
a. er geen belangrijk effect waar te nemen is van drogere of nattere jaren op deze belasting;  
b. er geen tendens, bijv. van toenemende belasting, te herkennen is.

— De (door Klapwijk) berekende brutobelasting van  $8 \text{ g P m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  voor het Friese boezemgebied mag niet vergeleken worden met de  $6 \text{ g P m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ , die als gemiddelde

waarde geldt voor geheel Nederland. Voor een landelijke vergelijking geldt voor Friesland een belasting van  $4,1 \text{ g P m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ .

— Naarmate meer zuiveringstechnische maatregelen worden getroffen, wordt de rol van de landbouwbijdrage enerzijds en de rol van het ingelaten (IJsselmeer)-water anderzijds belangrijker.

— Het lijkt niet zinvol voor het Friese boezemgebied als geheel defosfatering van rioolwater voor te stellen. Dit grote gebied heeft te grote onderlinge verschillen en gemiddeld komt men dan niet beneden de kritische grens van  $1 \text{ g P m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ . Deelbalansen voor kleinere gebieden zijn nodig en hierop zal het advies moeten worden gebaseerd.

— De rol van het achterblijvende P zal moeten worden onderzocht. Hierbij ligt de nadruk op bodemonderzoek.

## Literatuur

- Bots, W. C. P. M., Jansen, P. C. en Noordewier, G. J. (1978). *Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het noorden des lands*. Wageningen, deel-rapport I ISP.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1972). *Waterverontreiniging met afbreekbaar organische en eutrofiërend materiaal*. 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij.
- Dam, H. van (1977). *Waarom biologische waterbeoordeling?* In: Lange, L. de en Ruiters, M. A. de. *Biologische Waterbeoordeling*.
- Dijk, T. A. v. en Kolenbrander, G. J. (1976). *De bijdrage van de landbouw in de afvoer van plantenvoedende stoffen uit het bemalingsgebied 'De Hooge Warren'*. Instituut v. Bodemvruchtbaarheid, Haren, nota no. 26.
- Golterman, H. L. (1970). *Mogelijke gevolgen van fosfaateutrofiëring van het oppervlaktewater*. *H<sub>2</sub>O* 3 (10) : 209-215.
- Hoogheemraadschap van de uitwaterende sluizen in Kennemerland en West-Friesland te Edam (1976). *Onderzoek naar de fosfor- en stikstofhuishouding van de polderwateren op Texel*.
- Hoogheemraadschap van Rijnland (1976). *Nota betreffende de toepassing van fosfaatverwijdering uit afvalwater op zuiveringsinstallaties in het gebied van Rijnland*.
- Imboden, D. M. (1974). *Phosphorus model of lake eutrophication*. *Limnology and Oceanography* 19 (2), 297-304.
- Klapwijk, S. J. P. (1977). *De fosfaatennota van de interdepartementale coördinatiecommissie voor de milieuhygiëne*. Waterschapsbelangen 20: 432-437.
- Kolenbrander, G. J. (1974). *Een schatting van de fosfaataccumulatie in Nederland in 1970*. Haren, rapport 10-1974.
- Kolenbrander, G. J. en Dijk, T. A. van (1974). *De afvoer van plantenvoedende stoffen uit het bemalingsgebied 'De Leijen'*. Nota no. 7 van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.
- Korf, J. K. (1973). *Ons Water II. Het water van Friesland*. In: *Tijdschrift Kon. Ned. Heidemij* 84 (3): 103-126.
- Kouwe, F. A. en Golterman, H. L. (1976). *Rol van bodemfosfaten in het eutrofiëeringsproces*. *H<sub>2</sub>O* 9 (5): 84-86.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1975). *De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater*. IMP 1975-1979.
- Molen, W. H. van der (1977). *Beheer van Grondwater*. Herzene uitgave 1977, collegedictaat, L.H. Cultuurtechniek.
- Preuss, E. (1977). *Anwendung des USDAHL-Modells zur Wasser- und Nährstoffbilanzierung*. *Wasser und Boden*, 10 1977, pp. 286-289.
- Provinciale Waterstaat van Friesland (1974). *Zuiveringsplan provincie Friesland*, september 1974.
- Provinciale Waterstaat van Friesland (1976). *Nota biologische aspecten van de kwaliteit van het Friese oppervlaktewater in het bijzonder de eutrofiëring*. December 1976.
- Provinciale Waterstaat van Noord-Holland (1977). *Fosfaat in water*. Haarlem, juni 1977.
- Riemann, B. (1977). *Phosphorusbudget for a non stratified Danish lake and horizontal differences in phytoplankton growth*. *Arch. Hydrobiol.* 79 (3): 357-381.
- Ruttner, F. (1962). *Grundriss der Limnologie*. Berlin.
- Rijkswaterstaat, Dienst voor de Waterhuishouding (1959). *Verziltingsonderzoek in de provincie Friesland*.
- Rijkswaterstaat, directie waterhuishouding en waterbeweging (1977). *Een globale berekening van de kwel en infiltratie in Noord-Holland, Friesland en Groningen*. Nota WH-77.20.
- Scholte Ubijng, D. W. (1973). *De kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland*. TNO-rapport, 34 pp.