

Memorandum over de Rijn en het eutrofiëringsvraagstuk in Nederland

1. Inleiding

Eutrofiëring is een uiterst belangrijk probleem dat is verbonden met de vervuiling van oppervlaktewateren. Onder eutrofiëring wordt verstaan de verrijking van een water met plantenvoedingsstoffen. Het vraagstuk van de eutrofiëring openbaart zich vooral op plaatsen waar oppervlaktewater, dat rijk is aan plantennutriënten, stagneert.

Naar aanleiding van het OECD-rapport over eutrofiëring [Vollenweider, 1970] kunnen de onderstaande typische gevolgen van beginnende eutrofiëring worden genoemd:

1. toename van de biomassa van vooral phytoplankton en draadalg, waarbij tevens een verschuiving optreedt van soorten;
2. wijzigingen in de kwantitatieve en kwalitatieve samenstelling van levensgemeenschappen in het water, waarbij een nivellering van de diversiteit en zeldzaamheid van de soorten plaatsvindt;
3. wijziging van de fysisch-chemische toestand van het water zoals vermindering van de helderheid, verandering van de kleur, fluctuaties in het zuurstofgehalte en accumulatie van organisch materiaal.

Bij verdere voortschrijding van de eutrofiëring worden genoemde verschijnselen eerst meer geprononceerd waarna echter catastrofale veranderingen en processen gaan optreden zoals:

- massale bloei van gesuspendeerde en drijvende algenpopulaties, die zich als matten bij de waterkant kunnen ophopen onder invloed van de wind en die bij ontbinding tot stank aanleiding geven;
- periodieke uitputting van de hoeveelheid opgeloste zuurstof met als gevolg massale vissterfte en stank door rottingsverschijnselen;
- verstoring van de inwendige stabiliteit van de levensgemeenschappen in het water en vergroting van de kans op het dominant voorkomen van blauwieren die berucht zijn vanwege hun vermogen tot vorming van verschillende gifstoffen voor dieren en mensen en hinderlijke stank.

De nadelige gevolgen van menselijk contact met blauwalgen beperken zich tot nu toe tot ingewandstoornissen en huid- en slijmvliesirritaties [Kappers, 1973].

Deze veranderingen van de waterkwaliteit door eutrofiëring hebben voor het oppervlaktewater naast de natuurwetenschappelijke functie ten aanzien van zeldzaamheidswaarde, onvervangbaarheid en diversiteit van levensgemeenschappen, vergaande praktische consequenties voor de volgende bestemmingen:

1. openbare watervoorziening van bevolking en industrie;
2. recreatie;
3. beroepsvisserij;
4. watervoorziening agrarische sector.

Bij de drink- en industriewaterbereiding met behulp van eutroof oppervlaktewater zullen de volgende problemen optreden:

- verhoogde kans op toxiciteit;
- moeilijk te verwijderen reuk en smaak;
- moeilijk te verwijderen kleur;

Dit Memorandum is tot stand gekomen door de bijdragen van een groep deskundigen in Nederland op het gebied van het eutrofiëringsvraagstuk. Deze groep bestond uit:

Dr. H. L. Golterman, Limnologisch Instituut, Nieuwersluis.

Ir. C. H. de Jong, Rijkswaterstaat, Dienst der Zuiderzeewerken, 's-Gravenhage.

Ir. R. Klomp, Rijkswaterstaat, Deltadienst, 's-Heer Arendskerke.

Ir. J. L. Koolen, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Voorburg.

Dr. H. W. Kroes, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Inspectie van de Volksgezondheid, Leidschendam.

Ir. J. W. Pulles, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, 's-Gravenhage.

Dr. C. O. Schaeffer, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Inspectie van de Volksgezondheid, Leidschendam.

Dr. Ir. D. W. Scholte Ubink, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, Delft.

Ir. M. A. Stiphout, Secretaris Nederlandse Delegatie van de Internationale Rijn Commissie, 's-Gravenhage.

Ir. D. Tromp, Rijkswaterstaat, Directie Noordzee, Rijswijk.

Ir. H. de Vries, Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren, Rijswijk.

Het Memorandum is opgesteld voor de Werkgroep B van de Internationale Rijn Commissie waarvan de Nederlandse delegatie bestaat uit:

Drs. F. W. J. van Haaren, Bostel.

Ir. C. van der Veen, Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.

Ir. B. C. J. Zoeteman, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage.

- moeilijke bedrijfsvoering, o.a. wegens versnelde verstopping van filters, door de geringe voorspelbaarheid van perioden van algenbloei.

Nog verdergaande consequenties heeft de eutrofiëring voor recreatie en visserij door o.a.:

- massale vissterfte bij zuurstofgebrek;
- onesthetisch uiterlijk van het water door slijmerigheid, troebelheid en stank waardoor het onaantrekkelijk wordt voor zwemmen en andere vormen van watersport;
- verschillende vormen van huid- en oogirritaties (o.a. „swimmers' itch”);
- verlengde overleving van pathogene organismen en daardoor vergroting van het infectiegevaar;
- meer frekwent voorkomen van insectenbeten.

Tenslotte zijn een groot aantal gevallen over de gehele wereld bekend van diersterfte als gevolg van vergiftiging door blauwalgen waarbij vooral de geslachten *Anabaena*, *Aphanizomenon* en *Microcystis* veel slachtoffers onder

knaagdieren, vogels, pluimvee, honden, paarden en andere dieren hebben veroorzaakt [Schwimmer en Schwimmer, 1964 en 1968]. Bij de watervoorziening in de agrarische sector is naast deze risico's tevens de versnelling van het verlandingsproces in sloten van belang.

Het OECD-rapport van 1970 concludeert dan ook ten aanzien van de gevolgen van voortschrijdende eutrofiëring: „these changes have serious repercussions on the value of bodies of water and their surroundings, including establishments having a direct interest therein”.

Het is algemeen aanvaard dat deze eutrofiëeringsverschijnselen worden veroorzaakt door menselijke activiteiten waarbij met name de lozing van fosfor- en stikstofverbindingen als oorzaak moet worden aangewezen.

Daar een eventueel tekort aan stikstofverbindingen in oppervlaktewater door blauwwieren kan worden aangevuld met behulp van stikstoffixatie uit de atmosfeer zal een oplossing voor het eutrofiëeringsprobleem primair moeten worden gezocht in een vermindering van de fosforbelasting van oppervlaktewateren, hetgeen bovendien technisch het eenvoudigste is te verwezenlijken. In dit kader wordt in het „Report of the Water Management Sector Group on Eutrophication Control” van de OECD van 15 februari 1973 gesteld: „Control of eutrophication is possible in most instances by decreasing the input of phosphorus to surface waters”.

Overeenkomstig het OECD-rapport van 1970 beginnen eutrofiëeringsverschijnselen in diepe meren op te treden boven fosforconcentraties van 10 mg P/m³ en fosforbelastingen boven 0,2 - 0,5 g P/m² per jaar.

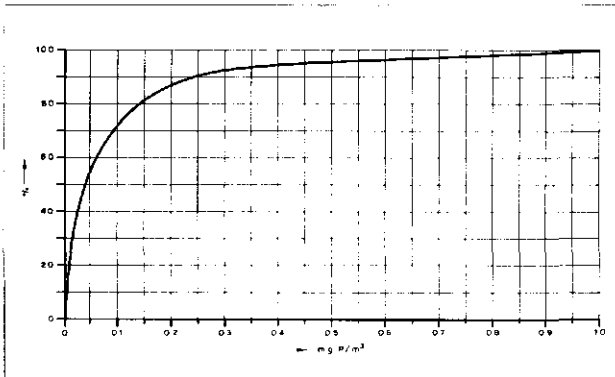
In de Nederlandse situatie met ondiepe meren en bekkens zijn wellicht grotere belastingen mogelijk voordat een gelijke situatie als in diepe meren wordt verkregen gezien de effectieve sedimentatie en de afwezigheid van een hypolimnion, waardoor het fosfaat een geringere omloopsnelheid heeft. Naarmate meer fosfor ter beschikking is zal de maximale fotosynthetische activiteit in een oppervlaktewater toenemen.

Volgens de in tabel I vermelde gegevens treedt deze toename op totdat het water een grensconcentratie aan fosfor heeft bereikt die vermoedelijk ligt tussen 0,5 - 1,0 gP/m³.

In het algemeen neemt bij stijgende concentraties niet alleen de totale biomassa toe maar tevens kan een toename van de groeisnelheid van algen worden geconstateerd zoals voor *Scenedesmus obliquus* in afb. 1 is weergegeven. Een verzadigingseffekt blijkt hier op te treden bij concentraties boven 0,5 - 1,0 gP/m³.

Uiteraard zal dit punt in de natuur nooit worden bereikt daar onder natuurlijke omstandigheden reeds een vermindering van de groeisnelheid zal plaatsvinden door de vermindering van de lichtpenetratie bij dergelijke hoge biomassa's.

Afb. 1 - Relatieve groei constante als functie van de fosforconcentratie voor *Scenedesmus obliquus* [Golterman et al, 1969].



TABEL I - Relatie fosforconcentratie - maximale *) fotosynthetische activiteit voor verschillende meren [Golterman, 1973].

Naam meer	Totaal P concentratie mg/m ³	Maximale *) fotosynthese uitgedrukt in mg O ₂ /m ³ /uur
Neusiedler	25	300
Loch Leven	70	1000
Lake Chad	130	900
Tjeukemeer	160	1500
Lake George	220	3000
Kitotes	2500	4000-9500

*) Bedoeld is het maximum in de tijd van het fotosynthetische maximum als functie van de diepte.

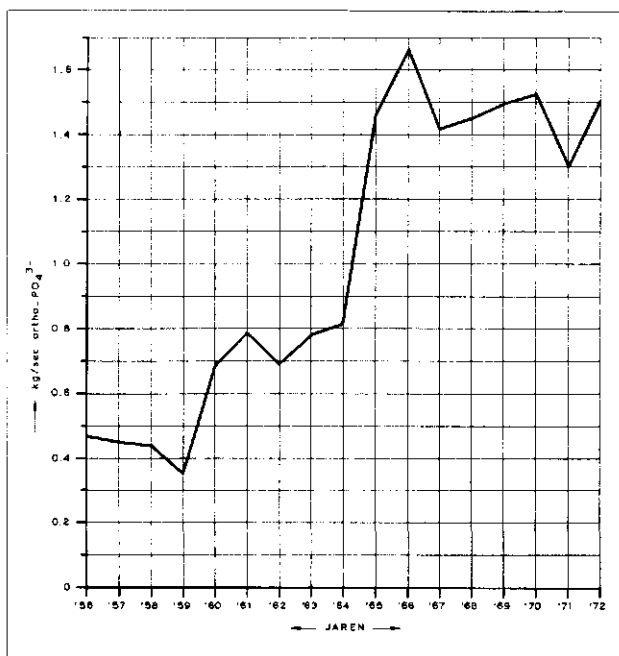
Oppervlaktewater dat een overmaat aan fosforverbindingen bevat wordt wel hypertroof genoemd. Daar het oppervlaktewater in Nederland bijna overal als eutroof tot hypertroof moet worden gekarakteriseerd doen de geschetste eutrofiëeringsverschijnselen zich hier dan ook op grote schaal voor. Reeds nu zijn chlorofylgehalten beneden 100 mg/m³ 's zomers in het oppervlaktewater van Nederland uitzondering en worden op meerdere plaatsen, waaronder het Brielse Meer, waarden tot 500 mg/m³ aangetroffen. Een intensivering van de problematiek door de toenemende belasting van het oppervlaktewater moet hierbij onder ogen worden gezien. In het onderstaande zal, aan de hand van de oppervlaktewateren in Nederland die door de Rijn worden beïnvloed en de bestemmingen daarvan, het grote belang van de Rijn voor het eutrofiëeringsvraagstuk in Nederland worden aangegeven. Vervolgens zal een globale raming van de hoedanigheid van het Rijnwater in de toekomst worden opgesteld voor het geval dat geen maatregelen ter vermindering van de rijkdom aan plantenvoedingsstoffen van het Rijnwater zouden worden getroffen.

Tenslotte zullen aan de hand van de geschetste problemen mogelijkheden voor effectieve maatregelen worden beschouwd en aanbevelingen ter vermindering van het eutrofiëeringsvraagstuk in Nederland worden gedaan.

2. Stand van zaken

De toevoer van fosforverbindingen naar Nederland via de Rijn is de afgelopen periode sterk toegenomen (afb. 2).

Afb. 2 - Toeneming fosforbelasting van de Rijn te Lobith [RIZA metingen voor de Int. Rijn Cie].



De gemiddelde samenstelling van het Rijnwater te Lobith over 1972 is in tabel II weergegeven, waaruit blijkt dat het totaal fosfaatgehalte ten opzichte van het gehalte aan ortho-fosfaat bijna een factor 3 hoger ligt.

TABEL II - Gehalten aan fosforverbindingen in de Rijn te Lobith voor 1972 (RIZA-metingen voor de Int. Rijn Cie).

Parameter	gP/m ³
ortho-fosfaat	0,35
hydrolyseerbaar fosfaat	0,08
totaal fosfaat (ongefiltreerd)	0,92

Uit deze gegevens moge blijken dat het Rijnwater bijzonder rijk is aan fosforverbindingen.

Dit sterk eutrofe water stagneert nu in Nederland op vele plaatsen. Via de IJssel stroomt het uit in het IJsselmeer en via de Waal en de Lek beïnvloedt het de kwaliteit van de Deltameren in het zuidwesten van het land: Brielse meer, Haringvliet, Grevelingenbekken, Zeeuwse meer en Veerse meer (afb. 3). Tevens wordt het Rijnwater gebruikt voor de verversing en compensatie van de verdamping van het polderwater, de plassen en de meren in het westelijk en noordelijk deel van Nederland, welke een groot recreatiebelang vertegenwoordigen. Ook funktioneert het ter bestrijding van de verzilting vanuit zee. Zoals in afb. 4 is aangegeven wordt ruim 40 % van het totale Nederlandse land- en wateroppervlak door de Rijn beïnvloed terwijl vrijwel al het beschikbare oppervlak aan zoet oppervlaktewater op een of andere wijze met de Rijn in verbinding staat. Het merendeel van het Rijnwater stroomt vooral via de Waal direct naar zee en veroorzaakt hier een fosforbelasting van ongeveer 60.000 ton P/jaar. Deze van de Rijn afkomstige belasting is volgens ramingen gelijk aan de belasting van het zuidelijk deel van de Noordzee via het Kanaal of via het noordelijk gedeelte van de Noordzee. In de Noordzee, evenals in de Waddenzee, is de laatste jaren dan ook een toename van de eutrofiëring geconstateerd hetgeen voor de toekomst noopt tot grote voorzichtigheid [Postma, 1973].

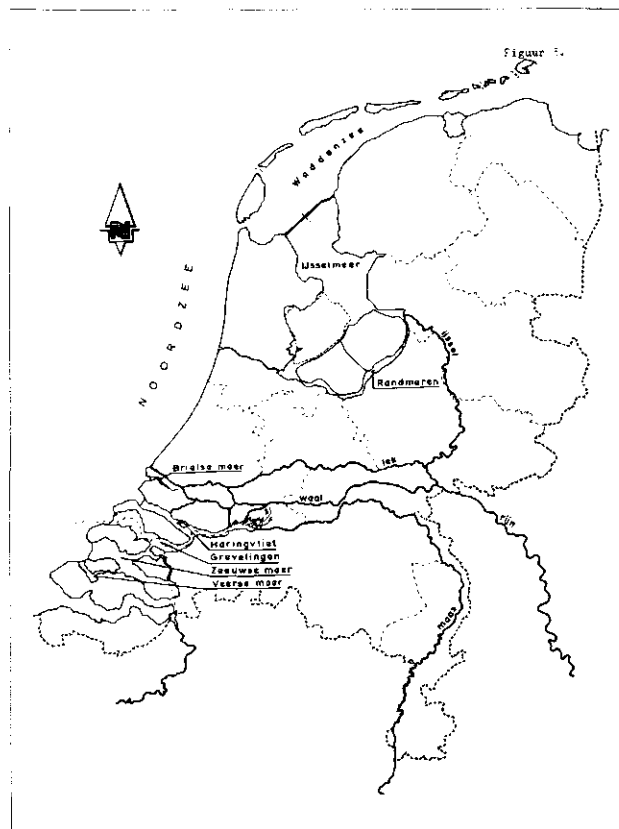
Een nadere illustratie van de nadelige invloed van de nutriëntenrijkdom van de Rijn voor de vele bestemmingen van de belangrijkste oppervlaktewateren in Nederland geeft tabel III. Hierbij moet nog worden vermeld dat het grootste deel van het in het rivierwater aanwezige fosfaat in de waterbekkens en de polderwateren sedimenteert en accumuleert. Daar een deel van de in het bodemslib aanwezige fosfaten beschikbaar is voor algengroei [Golterman et al, 1969] wordt op deze wijze de waterkwaliteit latent bedreigd.

Een overzicht van de huidige en voor de toekomst geraamde werken voor de drinkwatervoorziening waarbij spaarbekkens of infiltratiewerken een rol spelen geeft tabel IV.

Van de geraamde totale waterbehoefte in het jaar 2000 van 4 miljard m³ zal ca. 2 miljard m³ (50 %) worden beïnvloed door de kwaliteit van het Rijnwater.

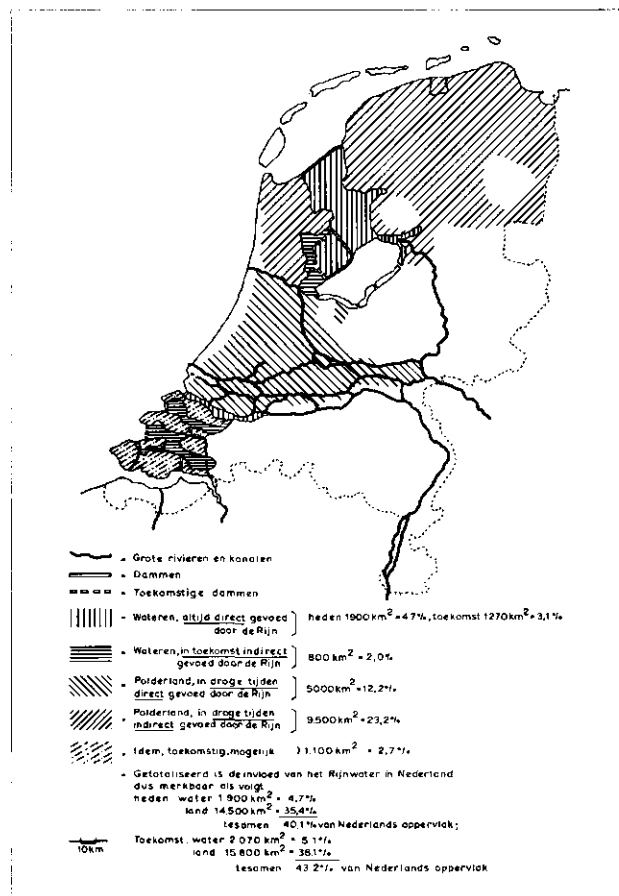
Teneinde het eutrofiëringsprobleem te kunnen bestrijden is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de herkomst van het fosfaat in het rivierwater. Volgens gegevens van Scholte Ubing (1972) en het Centraal Bureau voor de Statistiek te 's-Gravenhage (1972) kan de herkomst van het achterblijvende fosfor in het zoete oppervlaktewater en bodemslib van Nederland als volgt worden geraamd, indien wordt aangenomen dat fosforlozingen op de grensoverschrijdende rivieren in dezelfde verhouding als in Nederland geschieden (tabel V).

Een beeld van de ontwikkeling gedurende de afgelopen periode in Nederland van de belangrijkste fosforbron, de wassmiddelen, geeft afb. 5.



Afb. 3 - Situatieschets.

Afb. 4 - Invloed Rijnwater in Nederland [RIZA, afd. opp. water, 7 mei 1973].



TABEL III - Grote oppervlaktewateren in Nederland, die door de Rijn worden beïnvloed, en enige van hun bestemmingen.

Grote oppervlaktewateren met stagnerend Rijnwater in Nederland	Oppervlak (km ²)	Gem. diepte (m)	Inhoud (km ³)	Bestemmingen					
				Fosforbelasting gP/m ² per jaar		recreatie	visserij	openbare water-voorziening	watervoor-ziening agrarische sector
				totaal	via Rijn				
Toekomstig IJsselmeer	1) 2) 1210	3,8	4,6	7-9	3-4	x	x	x	x
Brielse meer	3) 4	5,0	0,02	21	12	x	x	x	x
Haringvliet	3) 120	5,0	0,6	125	123	x	x	x	x
Toekomstig Grevelingen bekken	3) 115	5,0	0,6	1,6	1,4	x	x	x	x
Toekomstig Zeeuwse meer	3) 400	7,0	2,8	8,1	7,0	x	x	x	x
Toekomstig Veerse meer	3) 18	6,0	0,1	10	7,9	x	x	x	x

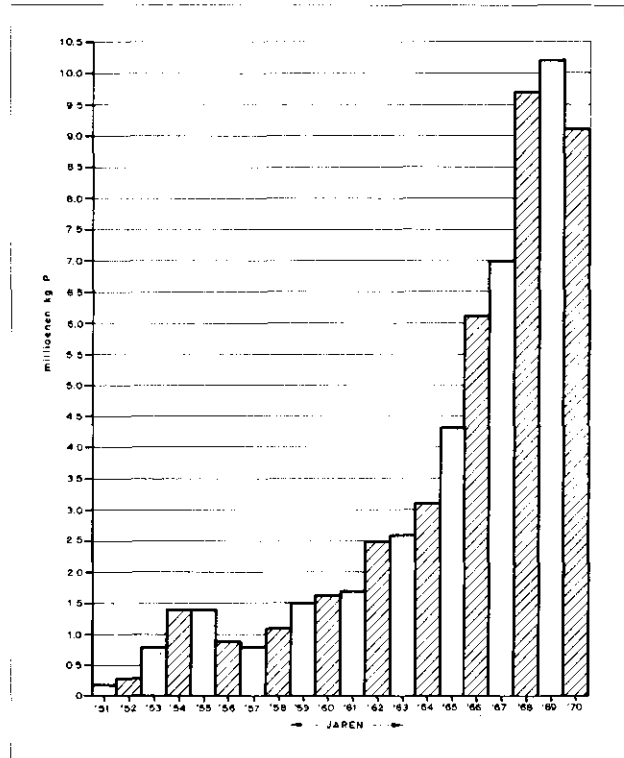
1) Gotterman et al, 1969. 2) Scholte Ubing, 1972. 3) Deltadiens 1973.

TABEL IV - Huidige en toekomstige projecten voor de drink- en industriewatervoorziening van Nederland welke afhankelijk zijn van de Rijn [Concept Structuurschema Drink- en Industriewater-voorziening 1972, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening].

Naam	Bron	Eind capaciteit (miljoenen m ³ /jaar)
1972		
Spaarbekken Biesbosch	Maas/Waal	500
Spaarbekken Merwelanden	Waal	30
Loenderveense Plas	Lek	60
Duininfiltratie	Lek	320
Spaarbekken Andijk	IJsselmeer	20
1972-1980		
Spaarbekken IJsselmeer	IJsselmeer	500
Infiltratie Veluwe	Lek/IJssel	500
Spaarbekken Twente	bekken/IJssel	80
Spaarbekken Z.-Flevoland	Lek	90
1980-2000		
Spaarbekken Zeeland	Grevelingen	250
Spaarbekken Z.O.-Friesland	IJsselmeer	90

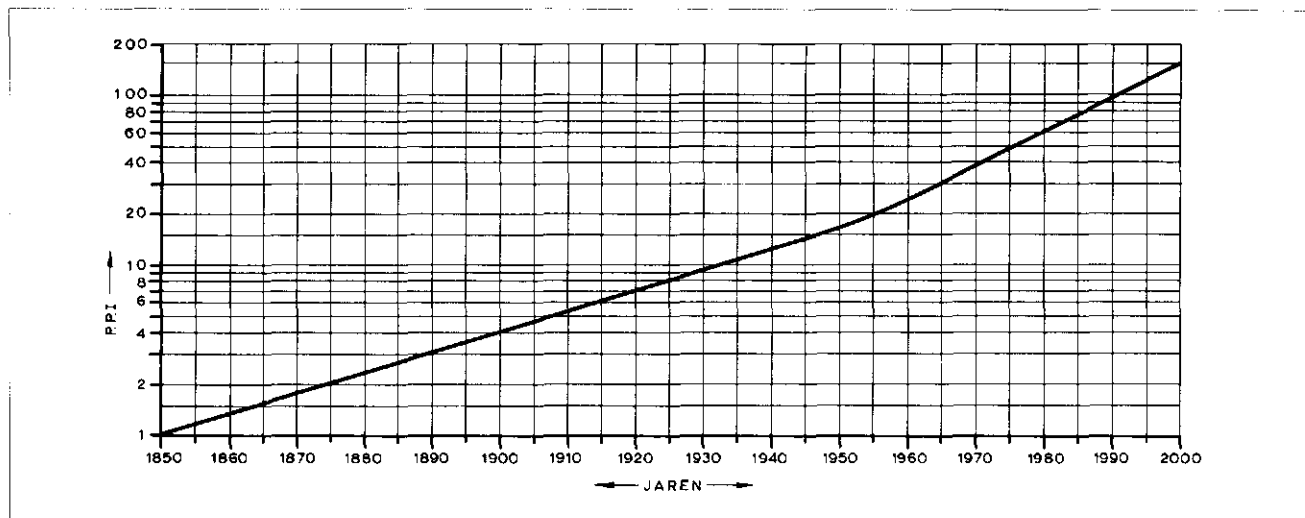
TABEL V - Geraamde herkomst achterblijvend fosfor in het Nederlandse zoete oppervlaktewater en bodemslib.

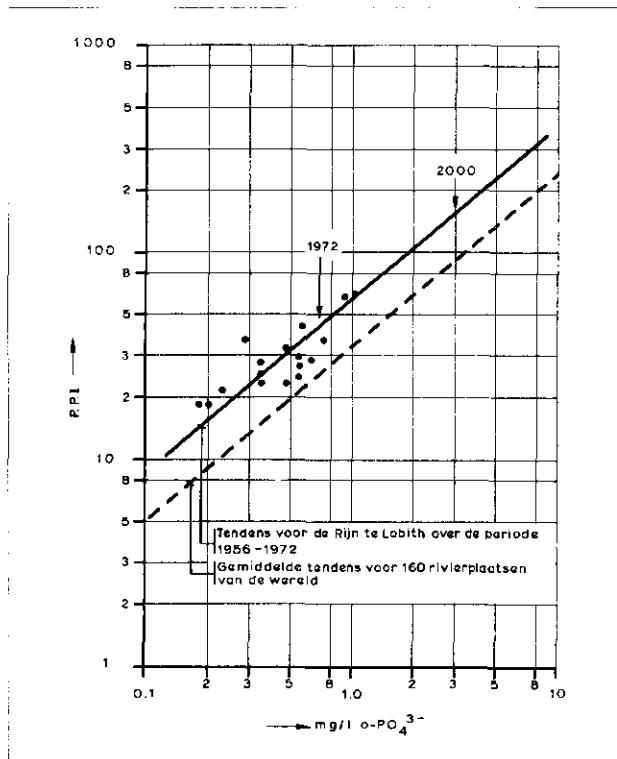
Fosforbron	% totaal
Wasmiddelen	37-45
Uitscheiding mens	28-32
Industrie	11-15
Landbouw	7-13
Neerslag	4-8



Afb. 5 - Hoeveelheden gebruikt natriumtripolyfosfaat in Nederland, afgeleid uit de benodigde hoeveelheden alkalisfosfaat in de zeep-, was- en reinigingsmiddelenindustrie naar gegevens van het CBS.

Afb. 6 - Toeneming „Potential Pollution Index” voor de Rijn te Lobith (raming voor de periode 1850-2000).





Afb. 7 - Prognose ortho-fosfaat gehalte van het Rijnwater te Lobith voor het jaar 2000 bij achterwege blijven van saneringsmaatregelen.

3. Prognose toekomstige fosforbelasting van de Rijn te Lobith

De potentiële vervuilinggraad van de rivier kan, overeenkomstig een studie van de rivieren van de wereld van het WHO International Reference Centre for Community Water Supply, worden benaderd door een index die als volgt is gedefinieerd:

$$P.P.I. = \frac{N \times BNP/\text{hoofd}}{Q \times 10^6}$$

waarin:

P.P.I. = „Potential Pollution Index”, ter plaatse van het waarnemingspunt en op het jaar van waarneming.

N = Bevolkingsgrootte in het betreffende stroomgebied.

BNP/hoofd = Gemiddelde waarde van het Bruto Nationaal Product/hoofd (US dollars) betrekking hebbend op de bevolking van het stroomgebied.

Q = Gemiddelde jaarlijkse afvoer ($m^3/sec.$).

In afb. 6 is een raming voor het verloop van de P.P.I. gegeven voor de Rijn te Lobith, terwijl in afb. 7 op grond van waarnemingen bij 160 meetplaatsen van rivieren verspreid over de wereld de gemiddelde tendens voor het verband tussen P.P.I. en ortho-fosfaatgehalte is aangegeven [Zoeteman, 1973].

Aan de hand van de metingen voor de Internationale Rijn Commissie van het RIZA over de periode 1956 - 1972 is een meer specifieke raming voor de Rijn te Lobith tevens in afb. 7 vermeld. Wanneer nu de jaren 1972 en 2000 worden vergeleken voor het geval dat in beide jaren een gemiddelde afvoer van $2200 m^3/sec.$ zou optreden dan blijkt een stijging van de als ortho-fosfaat bepaalde fosforconcentratie over deze periode van ca. 0,25 mg P/l naar 1,0 mg P/l te verwachten te zijn indien geen zuiveringsmaatregelen zouden worden getroffen. Tot het jaar 2000 kan dus volgens deze

prognose bij achterwege blijven van saneringsmaatregelen voor de fosforbelasting van de Rijn een verviervoudiging van de belasting worden verwacht, hetgeen nog eens duidelijk de noodzaak illustreert van een krachtige aanpak op korte termijn van het eutrofiëringsvraagstuk bij de Rijn.

4. Conclusies en aanbevelingen voor maatregelen ter bestrijding van de eutrofiëring in het Nederlandse stroomgebied van de Rijn

Het grootste deel van Nederland is wat het oppervlaktewater en de bestemmingen daarvan betreft afhankelijk van de Rijn. Hoewel op nationaal niveau nog meerdere problemen moeten worden opgelost is een werkelijk effectieve bestrijding van het eutrofiëringsvraagstuk alleen mogelijk indien tevens het grensoverschrijdende Rijnwater een duidelijke verlagings van de rijkdom aan plantennutriënten en met name fosfaten te zien geeft.

Een verlagings van het gehalte aan fosfaten is te meer van belang om de reeds ingezette sanering van lozingen van zuurstofverbruikende stoffen te effectueren zodat een gezonde zuurstofhuishouding in het stroomgebied van de Rijn en zijn delta werkelijkheid wordt. Daar de huidige eutrofe toestand van het Rijnwater in de delta een hernieuwde massale introductie van organische stoffen door algengroei met zich brengt dient op korte termijn de lozing van fosfaten te worden betreden. Gesteld moet dan ook worden:

Een gezondmaking van de zuurstofhuishouding van de Rijn en zijn delta kan niet alleen door sanering van biologisch afbreekbare stoffen worden bereikt.

Hiertoe is tevens sanering van de fosforlozingen in het gehele stroomgebied noodzakelijk in het komende decennium.

Gezien de zeer hoge rijkdom aan plantennutriënten van het Rijnwater, de accumulatie van fosfaten in het zoete oppervlaktewater en bodemslib van Nederland en de toenemende thermische belasting van deze oppervlaktewateren worden huidige en toekomstige bestemmingen hiervan ernstig bedreigd.

Indien een spoedige en krachtige bestrijding van de eutrofe toestand van het water in de Rijn delta achterwege blijft moet rekening worden gehouden met catastrofale gevolgen voor o.a. visserij, recreatie en openbare watervoorziening.

Een aanpak van het eutrofiëringsvraagstuk van de Rijn dient hoofdzakelijk te geschieden door het vinden van een oplossing voor:

Het vervangen in internationaal verband van polyfosfaten in wasmiddelen en het terugdringen van de vervaardiging van polyfosfaten als gevolg daarvan,

en door het op korte termijn bouwen van zuiveringsinrichtingen met mogelijkheden tot:

Het defosfateren van huishoudelijk en industrieel afvalwater, teneinde het fosforgehalte van effluënten tot een minimum te beperken.

Tegelijkertijd dient aandacht te worden besteed aan:

Het tegengaan van het terechtkomen van meststoffen van de landbouw in het water van de Rijn.

Literatuur

- Centraal Bureau voor de Statistiek. „Waterverontreiniging met afbreekbaar organisch en eutrofiërend materiaal”. 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1972.
- Deldtendienst, Afdeling Milieu Onderzoek (Rijkswaterstaat) (ongepubliceerde gegevens) (1973).
- Golterman, H. L., Bakels, C. C., Jakobs-Mögelin, J. „Availa-