Bepaling van stikstof- en fosfaatvrachten in oppervlaktewater



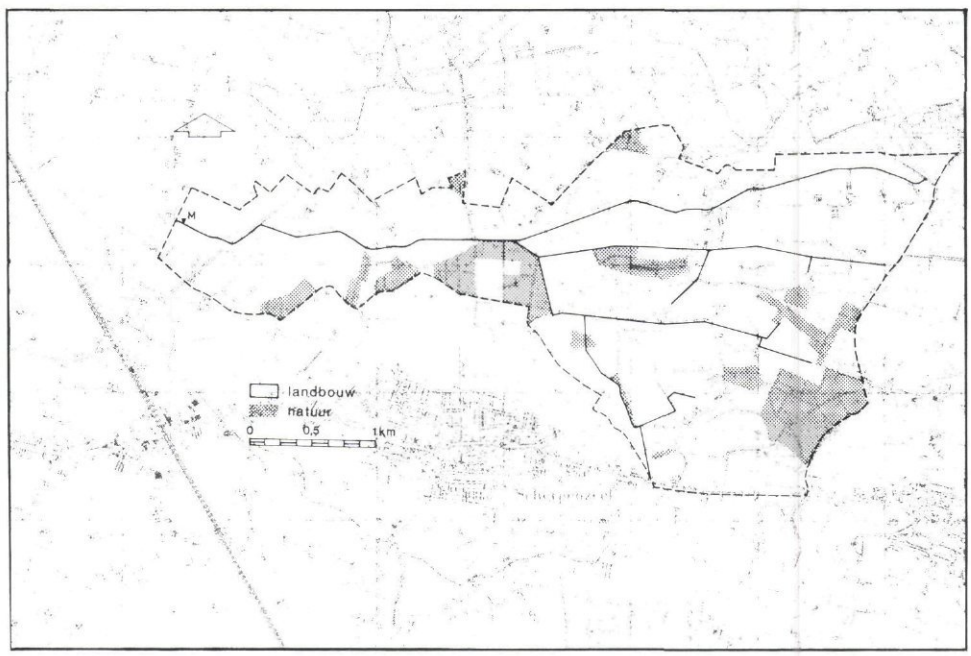
J. H. A. M. STEENVOORDEN
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen



T. J. HOEIJMAKERS
Landbouwhogeschool, studierichting Cultuurtechniek

Inleiding

Een plan ter vermindering van de stikstof- en fosfaatbelasting van oppervlaktewateren zal mede moeten zijn gebaseerd op betrouwbare meetgegevens over de stikstof- en fosfaatafvoer uit afwateringseenheden. Concreet betekent dit dat er eisen dienen te worden gesteld aan de nauwkeurigheid en de frequentie van debietmetingen en bemonsteringen. Daarbij zal een afweging moeten worden gemaakt tussen de gewenste nauwkeurigheid van de N- en P-afvoer en de beschikbare mensen en financiële middelen voor veldwaarnemingen, analyses en verwerking.



Afb. 1 - Afwateringsgebied van de Nattegatsloot, gelegen ten noorden van Scherpenzeel in de Gelderse Vallei. Aangegeven zijn de grens van de afwateringseenheid (open lijn), de ligging van de belangrijkste waterlopen en het meetpunt M.

Om inzicht te verkrijgen in de N- en P-belasting van het oppervlaktewater door diffuse bronnen in het landelijk gebied is een onderzoek opgezet in het afwateringsgebied van de Nattegatsloot gelegen in de Gelderse Vallei. Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de Dienst Waterhuishouding van de Provincie Gelderland en het Zuiveringsschap Veluwe. Voor een verslag hierover wordt verwezen naar Hoekstra en Steenvoorden [1981].
De gegevens die tijdens genoemd onderzoek zijn verzameld, lenen zich voor een nadere analyse van de nauwkeurigheid van berekende N- en P-vrachten bij toepassing van verschillende bemonsteringsprogramma's en berekeningsmethoden. Ook recent zijn resultaten gepubliceerd van een vergelijkbaar onderzoek in een stroomgebied waarin de effluentlozingen van een rioolwaterzuiveringsinstallatie een belangrijke rol speelden [Kouwe, 1983].
In dit artikel wordt een selectie uit de onderzochte alternatieve berekeningswijzen behandeld. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Hoeijmakers [1982].

Probleemstelling

Bij de bemonstering van oppervlaktewater kan onder normale omstandigheden uit de volgende methoden worden gekozen:
– Steekmonsters, waarbij het monster dat op een bepaald moment met de hand is genomen als maatstaf dient voor 1 of meer dagen.
– Continue bemonstering met automatische apparatuur, waarbij één monsterfles gevuld wordt met deelmonsters die na bepaalde tijdsintervallen worden genomen.
Afhankelijk van het ingestelde bemonsteringsprogramma bij continue bemonstering kunnen zoveel monsters worden verkregen dat dit al snel leidt tot een overbelasting van het laboratorium en een overbodig zijn van een deel van de monsters. Het is daarom noodzakelijk dat continu genomen monsters voor de analyse worden gemengd. Dit kan op twee manieren:
• het mengen van monsters genomen binnen een vast tijdsinterval (bijv. 1, 2, 3 of meer dagen);
• het mengen van monsters genomen over vaste debietintervallen.
De N- en P-vrachten kunnen nu worden berekend uitgaande van de gemeten debieten en de concentraties die met één van de hiervoor beschreven methoden zijn verkregen. Nagegaan dient te worden welke de meest verkieslijke methode voor de bemonstering van oppervlaktewater is. Tevens zullen de gevolgen van de genoemde bemonsterings- en berekeningsmethoden voor de berekende N- en P-vracht worden aangegeven.

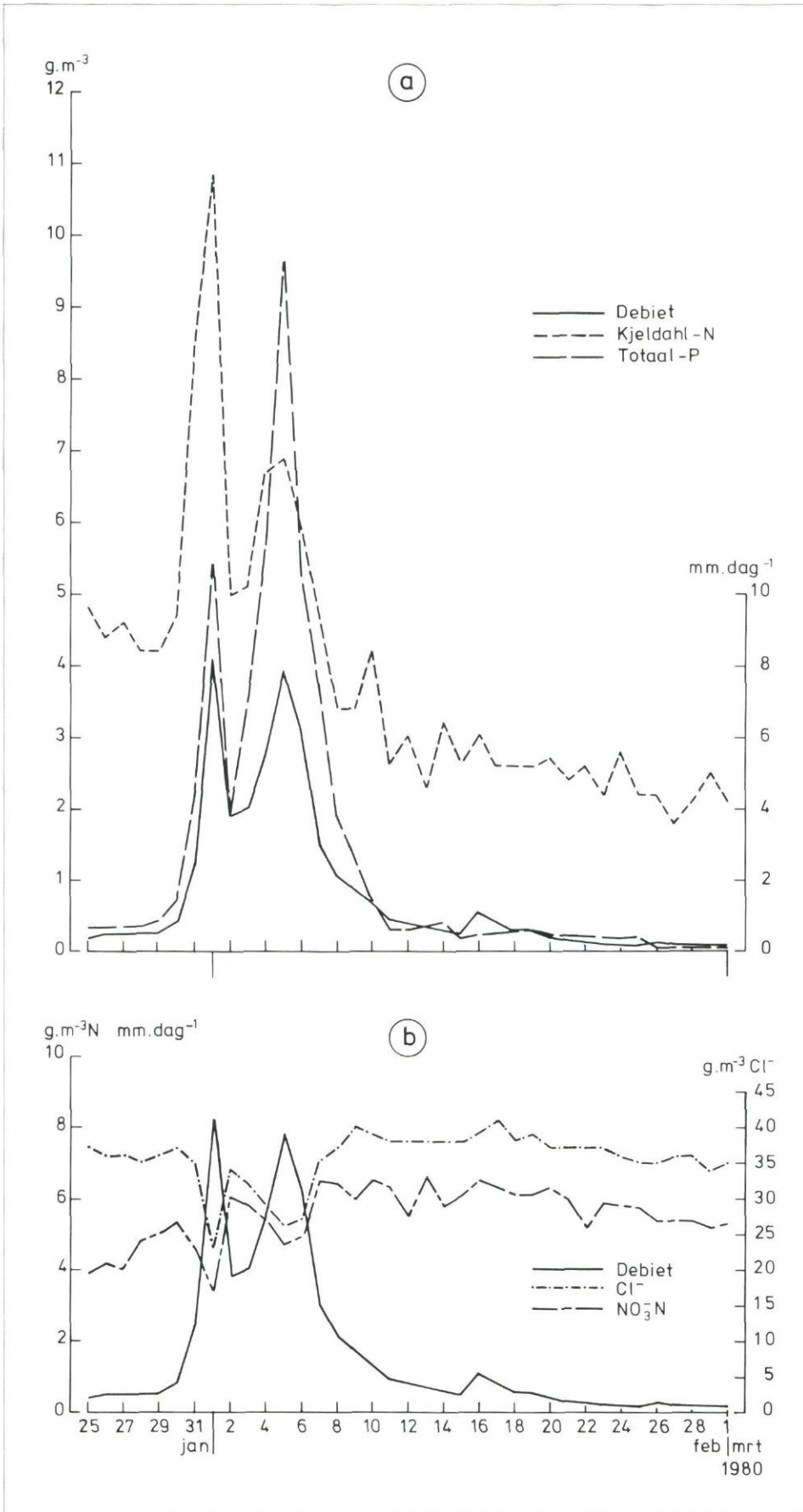
Gebiedsbeschrijving

Het afwateringsgebied van de Nattegatsloot is gelegen ten noorden van Scherpenzeel in de Gelderse Vallei en heeft een zichtbaar afwaterende oppervlakte van circa 850 ha (afb. 1). In het gebied staan 70 woonhuizen waarin circa 250 mensen woonachtig zijn. Het huishoudelijk afvalwater wordt binnen het gebied geloosd. Er is geen industriële activiteit en bovendien vinden geen effluentlozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties plaats.
De landbouwkundig gebruikte oppervlakte bedraagt 560 ha, circa 480 ha bestaat uit grasland en 80 ha uit bouwland waarvan circa 50 ha snijmaïs. De 56 agrarische bedrijven die in het gebied zijn gehuisvest, hebben een gemiddelde veebezetting van circa 7,6 grootvee-eenheden (gve), waarbij 1 gve equivalent is met 1 melkkoe. De veebezetting kan dus als hoog worden gekwalificeerd. De grondwaterspiegel beweegt zich tussen maaiveld in de winterperiode en ongeveer 1,50 m diepte in de zomerperiode. Door variatie in maaiveldhoogte en ontwateringssituatie zijn er uiteraard verschillen in grondwaterstand.
De belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat in de periode 1 april 1979 tot en met 31 maart 1980 is berekend op 25,7 kg N en 5,2 kg P per ha afwaterende oppervlakte [Hoekstra en Steenvoorden, 1981]. Daarbij is gebruikgemaakt van alle ter beschikking staande gegevens van continue bemonstering en debietmetingen.
De vrachten kwamen tot stand via een afvoer van 295 mm bij een totale hoeveelheid neerslag van 838 mm. Van de totale N- en P-belasting is circa 85% afkomstig van landbouwkundige activiteiten. Voor meer informatie over de berekeningswijze van het aandeel van de verschillende bronnen wordt verwezen naar de hiervoor vermelde publikatie.

Metingen

Metingen van debiet en bemonsteringen van het afgevoerde oppervlaktewater hebben plaatsgevonden in 1979 en 1980. De berekeningen hebben vrijwel uitsluitend plaats-

Afb. 2 - a. Verloop van de concentraties van Kjeldahl-N en totaal-P en het debiet in de periode 25 januari - 1 maart 1980 in de Nattegatsloot; b. Verloop van de concentraties van Cl^- en NO_3^- en het debiet in de periode 25 januari - 1 maart 1980 in de Nattegatsloot.



gevonden met de gegevens van maart 1979 tot en met februari 1980. In deze periode is van 36 dagen geen analyse beschikbaar als gevolg van vorst of defecte apparatuur. De totale jaarvracht (zie vorige paragraaf) is hiervoor gecorrigeerd. Het debiet is berekend uit de overstorthoogte van een meetstuw waar de waterhoogte continu is geregistreerd. De bemonsteringen vonden plaats juist bovenstrooms van deze meetstuw (meetpunt M, zie afb. 1).

De continue bemonstering is uitgevoerd met een Manning S 4040, waarbij 6-uurs monsters werden verkregen uit 6 deelmonsters met een constant volume die om het uur werden genomen (de grootte van het monster is dus niet afhankelijk van het debiet). Voordat de monsters op het laboratorium voor analyse werden afgeleverd, zijn in afhankelijkheid van het debietverloop monsters gemengd tot 6-, 12-, 18- of 24-uurs monsters. Bij lage afvoeren werden 24-uurs monsters samengesteld en bij hoge afvoeren en snelle debietveranderingen werden 6-uurs monsters gehandhaafd (zie verderop bij resultaten en discussie). De monsters zijn geanalyseerd door het Laboratorium van het Waterleidingbedrijf Midden-Gelderland op het gehalte aan Kjeldahl-N, NO_3^-, totaal-P en Cl^-.

Behalve het continue bemonsteringsprogramma zijn minimaal eenmaal in de 6 dagen eveneens steekmonsters genomen. Ook hiervan zijn de gegevens bij het onderzoek gebruikt.

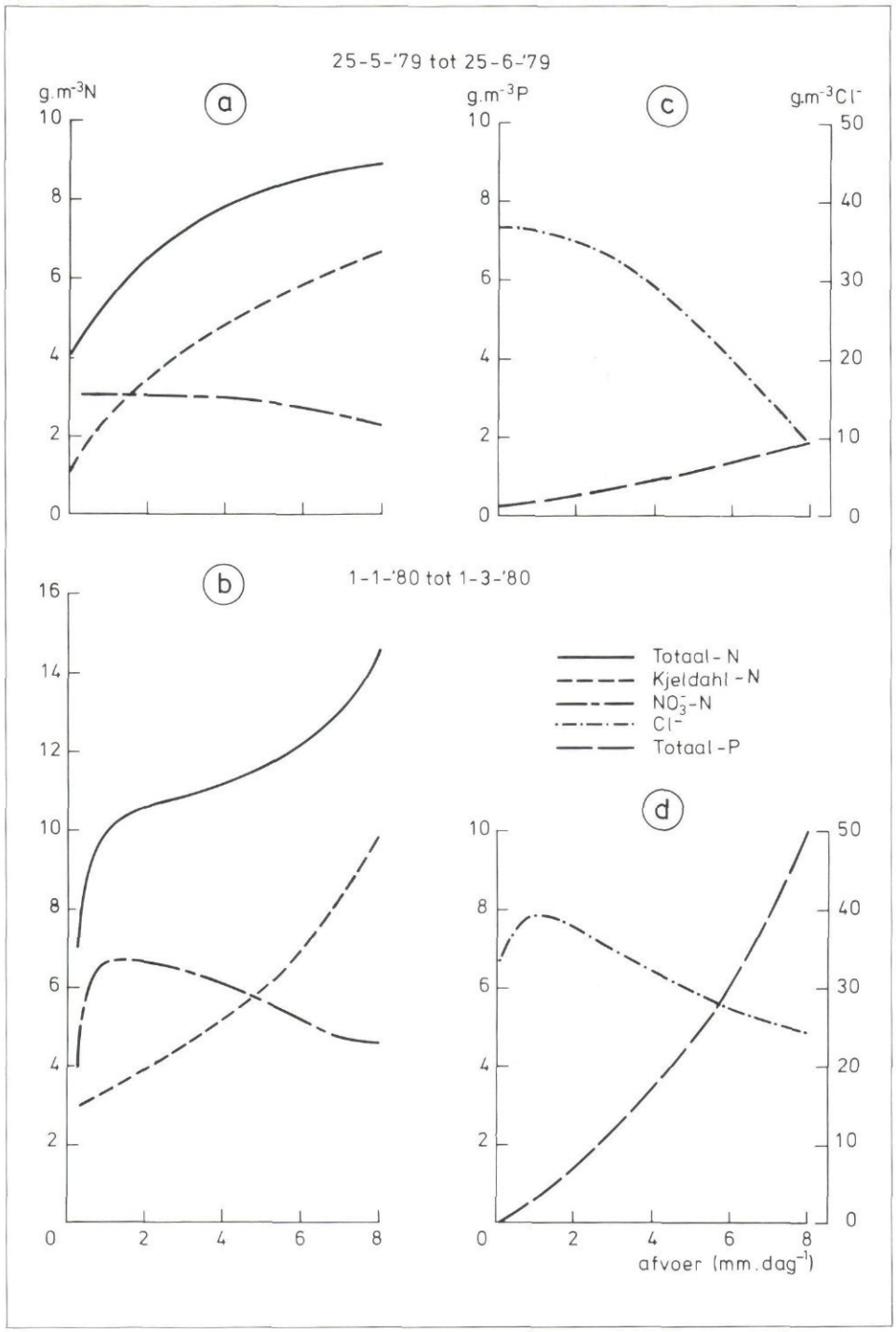
Resultaten en discussie

Concentratieverloop

Het verloop van de concentraties van de N- en P-verbindingen is onder andere afhankelijk van de aard van de vervuilingsbronnen die in het gebied een rol spelen en de klimatologische en hydrologische situatie. Een voorbeeld van het verloop in de tijd is voor totaal-P en Kjeldahl-N gegeven in afb. 2a en voor NO_3^- en Cl^- in afb. 2b.

Een verhoogde waterafvoer gaat veelal samen met een verhoogde concentratie voor totaal-P en Kjeldahl-N. De gehalten aan NO_3^- en Cl^- liggen bij afvoerpieken juist op een lager niveau. Dit is te verklaren uit het gedrag van de verbindingen, dat samenhangt met hun eigenschappen en de transportweg van het neerslagoverschot.

De ionen NO_3^- en Cl^- worden vrijwel niet door bodemdeeltjes gebonden en worden dan ook zeer gemakkelijk met de neerslag dieper de bodem in getransporteerd indien bergingscapaciteit beschikbaar is. Neerslag die over de bodem tot afvoer komt, de zogenaamde oppervlakte-afvoer, zal daardoor weinig NO_3^- en Cl^- bevatten. Voor de verbindingen NH_4^+, organisch N en fosfaat functioneert de bodem als een goed werkend filter, zodat in zandgebieden in het onder-



Afb. 3 - Relatie tussen het debiet en de concentraties van Kjeldahl-N, NO_3^--N en totaal-N (= Kjeldahl- + NO_3^--N) (a, b) en totaal-P en Cl^- (c, d) in de Nattegatsloot in de periode 25 mei tot 25 juni 1979 en in de periode 1 januari tot 1 maart 1980.

gronds toestromende water relatief lage gehalten worden gemeten van 1 à 2 g · m^{-3} Kjeldahl-N en circa 0,1 g · m^{-3} totaal-P. Aangezien in de toplaag wel NH_4^+, organisch N en fosfaat beschikbaar is, met name na een recente bemesting, zal oppervlakte-afvoer vooral met deze verbindingen worden verrijkt.

Voor zowel de periode mei/juni 1979 als januari en februari 1980 zijn de relaties weergegeven tussen het debiet op meetpunt M en NO_3^-, Kjeldahl-N (afb. 3a, b), totaal-P en Cl^- (afb. 3c, d). Met name in de maanden januari en februari 1980 blijken de Kjeldahl-N en totaal-P gehalten veel sterker toe te nemen met een stijging van het debiet dan in de periode mei/juni 1979. Dit hangt waarschijnlijk samen met de grotere bergingscapaciteit van de bodem in laatstgenoemde periode. Als gevolg hiervan zullen nog op de bodem aanwezige mestdeeltjes met de neerslag iets dieper de wortelzone inspoelen, zodat oppervlakte-afvoer die daarna kan optreden minder mestbestanddelen zal opnemen. Deze veronderstelling wordt bevestigd door het gedrag van het chlorideion, waarvan de concentratie in de periode mei/juni veel sterker daalt met toenemend debiet dan in januari en februari. Naarmate het debiet toeneemt, benadert het chloridegehalte van mei/juni steeds dichter het gehalte van de neerslag zelf, dat circa 3 g · m^{-3} bedraagt.

Een belangrijke oorzaak van concentratieveranderingen bij hoge afvoeren is de bijdrage van oppervlakte-afvoer aan het debiet. Bij de hoogste afvoeren (circa 8 mm · dag^{-1}) in de periode mei/juni is op basis van chloridegehalten berekend dat circa 80% van de afvoer, dus ruim 6 mm, bestaat uit oppervlakte-afvoer.

De resultaten illustreren dat debietsvariaties grote invloed hebben op de concentraties van vele verbindingen en dat de aard van de invloed afhankelijk is van de periode.

Steekmonsters en continumonsters

De vergelijking van vrachten bij gebruik van steekmonsters en continumonsters is alleen uitgevoerd voor totaal-P. Voor de berekeningen is uitgegaan van de dagen waarop steekmonsters beschikbaar waren. Van het totaal aantal steekmonsters (75) was de helft (38) bruikbaar omdat van de continue bemonstering op die dagen gegevens voorhanden waren en/of het debiet groter was dan 0. Met behulp van de continumonsters zijn op twee wijzen vrachten berekend:

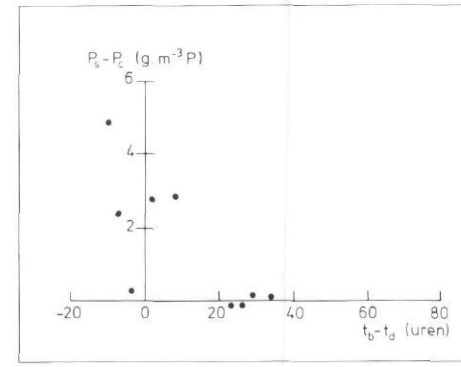
– elke beschikbare analyse (P_i) is vermenigvuldigd met het bijbehorende debiet. Dat levert in dit onderzoek de nauwkeurigste schatting, en de fosfaatvracht wordt dan ook op 100% gesteld;

– uit de daggemiddelden van de totaal-P concentratie (P_{gem}) en het dagdebiet.

De resultaten van de berekeningen staan vermeld in het volgende overzicht:

Wijze van bemonstering	Debiet	P-vracht
Continu	dagdeel	P_i = 100%
Continu daggemiddelde	dag	P_{gem} = 102%
Steek	dag	P_s = 57%

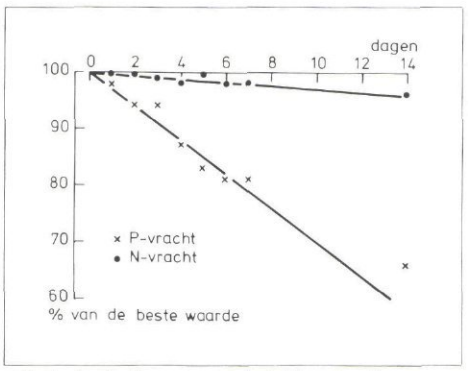
Afb. 4 - Verschil in totaal-P gehalte tussen steekmonsters (P_s) en continumonsters (P_c) uitgezet tegen het tijdsverschil tussen het moment van bemonstering (t_b) en het tijdstip van de debietpiek (t_d) bij afvoeren groter dan 2 mm · dag^{-1}.



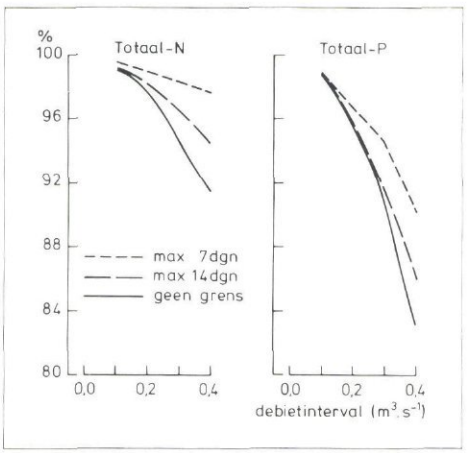
Het blijkt dat de steekbemonstering kan leiden tot een grote fout bij de berekening van de vrachten. Om enig inzicht te verkrijgen in de mate waarin dit in de praktijk een rol kan spelen, zijn de analyseresultaten van de al eerder genoemde 38 dagen aan een nader onderzoek onderworpen. Op 34 dagen blijken de resultaten van de continue bemonstering redelijk goed overeen te komen met die van de steekbemonstering. Bij 4 dagen bestaan grote verschillen in de uitkomsten, zoals uit het volgende overzicht blijkt:

Wijze van bemonstering	Tijdsinterval debiet	P-vracht (34 dagen)	P-vracht (4 dagen)
Continu	dagdeel	P_i = 100%	100%
Continu daggemiddelde	dag	P_{gem} = 97%	105%
Steek	dag	P_s = 90%	44%

Deze 4 dagen worden gekenmerkt door relatief grote debieten of een relatief belangrijke toename van het debiet.
De steekmonsters zijn alle vlak voor of vlak na (max. 10 uren) een debietpiek genomen (afb. 4). Een mogelijke verklaring voor de verschillen in concentratie tussen steek- en continumonsters zal hierna worden gegeven. Een hoog debiet wordt gekenmerkt door hoge snelheden waarbij sedimenttransport een rol gaat spelen. De sedimentmassa die op transport is, is ongelijk over het profiel verdeeld door verschillen in deeltjesgrootte. De zwaarste deeltjes bewegen zich dicht over de bodem van de sloot, de zogenaamde 'bedload'. Bij piekafvoeren wordt het steekmonster waarschijnlijk dichter bij het oppervlak genomen dan het continumonster, dat wordt aangezogen bovenstrooms van de meetstuw op het niveau van de onderkant van de overstortbalk. De lagere gehalten in de steekmonsters bij relatief hoge debieten zijn hiermee verklaarbaar.
Ook bij lagere afvoeren worden verschillen gemeten tussen steek- en continumonsters, namelijk bij relatief belangrijke debietveranderingen. Een ongelijke verdeling van sediment over het profiel zal hierbij vrijwel geen rol kunnen spelen vanwege lagere stroomsnelheden. Vermoedelijk wordt licht materiaal van de slootbodem opgenomen en afgevoerd. Verschillen in resultaten ontstaan als deze verhoogde afvoer slechts gedurende bijvoorbeeld maximaal 2 uur plaatsvindt en in deze periode ook het steekmonster wordt genomen. Als mengmonsters over 6 of meer uren worden samengesteld, wordt de bijdrage van het verhoogde P-gehalte afgevlakt. In dit geval leidt vooral de steekbemonstering tot een overschatting van de P-vracht.
Geconcludeerd kan worden dat gebruik van een continu-bemonsteringsapparaat leidt tot een beter inzicht in de processen die een rol



Afb. 5 - Invloed van mengperiode (dagen) op het percentage van N- en P-vracht dat bij berekeningen wordt gevonden.



Afb. 6 - Invloed van de grootte van het debietinterval op het percentage van de berekende N- en P-vracht voor de situatie van geen beperkingen ten aanzien van de mengperiode en bij een maximumgrens van 7 dagen en 14 dagen.

spelen bij de P-belasting. Gezien de overeenkomst tussen totaal-P en Kjeldahl-N ten aanzien van de concentratieveranderingen in het oppervlaktewater in samenhang met het debiet (zie afb. 3) kan worden gesteld dat deze conclusie in principe ook geldt voor stikstof.
In situaties waarin sedimenttransport een rol speelt, kan de steekbemonstering leiden tot een onderschatting van de P-vracht, de continue bemonstering daarentegen tot een overschatting. Nader onderzoek naar de problematiek rond sedimenttransport en bemonstering is gewenst.

Mengmonsters over vast tijdsinterval
Een eenvoudige wijze om minder monsters te hoeven analyseren, is het samenstellen van mengmonsters over een bepaald tijdsinterval. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de debietvariaties in dit tijdsinterval verwaarloosbaar klein zijn. Als namelijk over de mengperiode het debiet wel in belangrijke mate verandert, zal de vracht systematisch te laag uitvallen, zoals de volgende berekening voor 1 dag duidelijk maakt. Hierbij wordt bijvoorbeeld uitgegaan van het verband tussen totaal-P gehalte (tot-P) en debiet (Q): tot-P = 2Q (P-vracht = tijd x debiet x concentratie) (zie onderstaande tabel).

Naarmate het tijdsinterval groter wordt, zal deze veronderstelling minder juist zijn en leiden tot grotere debietvariaties en daarmee samenhangende concentratieveranderingen. Een praktische grens wordt gesteld door de houdbaarheid van de monsters. Bij de berekeningen is ten aanzien van de maximale mengtijd de grens gelegd bij 14 dagen.
Bij onderzoek naar invloed van de bewaartijd van monsters op het totaal-P gehalte blijkt de spreiding na een week al sterk te zijn toegenomen [Harmsen en Van Drumpt, 1982]. Uit de ter beschikking staande totaal-P en totaal-N gehalten zijn de waarden berekend voor mengmonsters over 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 en 14 dagen. Hierbij is wel de tijd in rekening gebracht, bijvoorbeeld het feit of het gehalte bepaald is in een 6-uurs monster of in een 18-uurs monster. De gehalten zijn vermenigvuldigd met de bijbehorende debieten over de 1- tot en met 7- en 14-daagse perioden. De resultaten van de vrachtberekeningen zijn afgebeeld in afb. 5. De fout die bij totaal-P wordt gemaakt, is aanmerkelijk groter dan bij totaal-N. Bij uitbreiding van het tijdsinterval, waarover wordt gemengd, met 1 dag wordt bij totaal-P 3% minder en bij totaal-N 0,3% minder van de nauwkeurigste schatting van de vracht gevonden. Dit zijn gemiddelde waarden over een heel jaar. In perioden waarin relatief een groot deel van de P-vracht tot afvoer komt, is de invloed van de mengperiode ook veel ingrijpender.

Mengmonsters over vast debietinterval
Het mengen van monsters over bepaalde debietintervallen is complex maar kan een belangrijke besparing in monsters opleveren. Continudebiet- of overstorthoogteregistratie is nodig om op grond daarvan de verzamelde deelmonsters te kunnen samenvoegen. Bij klassegrootten van bijvoorbeeld 0,2 $m^3 \cdot s^{-1}$ horen dan debietintervallen van 0-0,2 $m^3 \cdot s^{-1}$, 0,2-0,4 $m^3 \cdot s^{-1}$, enz. Telkens als het debiet genoemde intervallen overschrijdt,

• *Slot op pagina 599*

	Tijd (uur)	(dag)	Debiet ($m^3 \cdot dag^{-1}$)	Tot-P ($g \cdot m^{-3}p$)	P-vracht ($g \cdot dag^{-1}$)
2 mengmonsters:	0 – 12	0,5	Q_1	$2Q_1$	Q_1^2
	12 – 24	0,5	Q_2 (= bijv. $2Q_1$)	$2Q_2$ (= $4Q_1$)	$4Q_1^2$
				totaal	$5Q_1^2$
1 mengmonster:	0 – 24	1,0	$0{,}5Q_1 + 0{,}5Q_2 = 1{,}5Q_1$	$3Q_1$	$4{,}5Q_1^2$

TABEL I – *Verandering in het aantal thermotolerante bacteriën van de coligroep in monsters rivier- en zeewater, bewaard onder verschillende omstandigheden.*

Serie	Gemiddeld ^{10}log verschil t.o.v. direct onderzoek	
	na 6 uur	na 24 uur
I	− 0,28 *	− 0,54 **
II	+ 0,14	− 0,33 *
III	+ 0,10	+ 0,04
IV	− 0,03	+ 0,03
V	− 0,10	− 0,16
VI	− 0,21 *	− 0,25 *

* Significant verschillend ($1 < p < 5\%$).
** Sterk significant verschillend ($p < 1\%$).

monsterflessen is gegeven in afb. 1. Hieruit blijkt dat bij bewaren van de monsters in een isolerende container, doch zonder verdere koeling (serie I), de temperatuur steeg van 6-14 °C naar 12-23 °C. In alle overige gevallen daalde de temperatuur in de monsterflessen, in de koelkast van de laboratoriumwagen tot een minimum van 6 °C (series II, IV en VI), in smeltend ijs tot 0-4 °C (serie III en V). In de koelkast in het laboratorium bereikte de temperatuur van het water meestal een waarde van 5-6 °C. De resultaten van het bacteriologisch onderzoek zijn weergegeven in tabel I. Hierbij is steeds aangegeven de gemiddelde stijging (positief getal) of daling (negatief getal) van de logaritmen der MPN-waarden in de monsters na 6 en 24 uur ten opzichte van de waarden, gevonden direct na monstername. De in de tabel gegeven getallen hebben steeds betrekking op rivier- en zeewatermonsters tezamen. De resultaten voor deze monstersoorten afzonderlijk vertoonden slechts geringe verschillen. Uit de tabel kunnen de volgende conclusies worden afgeleid.

– Bewaren van de monsters in ongekoelde toestand (serie I - 6 uur) leidde tot een significante daling van de MPN-waarden met een factor 2. Deze daling zette zich voort bij verdere bewaring in een koelkast (serie I - 24 uur) tot een factor 3,5.
– Bewaren van de monsters in de koelkast van een laboratoriumauto, gevolgd door bewaren in een laboratoriumkoelkast, leidde soms wel (series II - 24 uur, VI - 6 en 24 uur) en soms niet (series II - 6 uur, en VI - 6 en 24 uur) tot een significante daling van de MPN-waarden. De dalingen bleven beperkt tot hoogstens een factor 2.
– Bewaren van de monsters in smeltend ijs leidde niet tot significante veranderingen in de gevonden MPN-waarden (series III en V).

Op grond van deze resultaten kan dan ook de aanbeveling worden gedaan dat monsters water, bestemd voor bacteriologisch onderzoek, zo snel mogelijk gekoeld dienen te worden tot een temperatuur iets boven het vriespunt. Dit kan op eenvoudige wijze bereikt worden door de flessen te plaatsen in smeltend ijs, zoals ook aanbevolen door Dutka en El-Shaarawi [1980].

Literatuur

Dutka, B. J. and El-Shaarawi, A. (1980). *Microbiological water and effluent sample preservation.* Can J. Microbiol. *26*, 921-929.
Kampelmacher, E. H., Leussink, A. B. en Noorle Jansen, L. M. van (1973). *Directe en uitgestelde MPN bepalingen van thermotolerante E.coli in zeewater.* H_2O 6.
Man, J. C. de (1975). *The probability of most probable numbers.* Eur. J. Appl. Microbiol. *1*, 67-78.

● ● ●

Bepaling stikstof- en fosfaatvrachten

● *Slot van pagina 595*

wordt een nieuw mengmonster samengesteld. Voor klassegrootten van 0,1, 0,2, 0,3 en 0,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ zijn de N- en P-jaarvrachten berekend bij verschillende randvoorwaarden ten aanzien van de maximale mengperiode. In afb. 6 zijn de resultaten weergegeven in procenten van de nauwkeurigste vracht. Het aantal monsters bij een maximale mengperiode van 7 dagen zou bij een debietinterval van 0,1 $m^3 \cdot s^{-1}$ 105 en bij 0,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ 49 per jaar hebben bedragen voor het onderzoeksjaar 1979/1980. Voor stikstof zou dit respectievelijk 99,5 en 97,7% van de vracht hebben opgeleverd en voor fosfaat respectievelijk 98,8 en 90,1%. Zeker bij stikstof kan dus met een betrekkelijk gering aantal monsters toch een zeer nauwkeurig beeld van de vracht worden verkregen.

Samenvatting en conclusies

In een landelijk gebied met een geringe bewoningsdichtheid en een intensief ontwikkelde landbouw is onderzoek gedaan naar de invloed van de wijze van bemonstering op de berekende N- en P-vracht van het oppervlaktewater. Hierbij stonden debietgegevens ter beschikking van een continue registratie en wateranalyses van steekmonsters die minimaal eenmaal in de 6 dagen werden genomen, en van een continue bemonstering. Bij de continue bemonstering zijn in afhankelijkheid van de afvoersituatie 6-, 12-, 18- of 24-uurs mengmonsters geanalyseerd.
Uit een analyse van de gegevens van de periode mei/juni 1979 en januari en februari 1980 blijkt een zeer grote invloed van het debiet en periode van het jaar op met name de concentraties van Kjeldahl-N, totaal-P en Cl^-. Oppervlakte-afvoer blijkt in het groeiseizoen tot veel lagere gehalten te leiden dan in de winterperiode.
Bij vergelijking van de vrachten berekend uit de continubemonstering en de steekbemonstering blijkt de steekbemonstering tot aanmerkelijk lagere waarden te leiden. De monsters waarop dit betrekking heeft, zijn alle kort (± 10 uur) vóór of na een afvoergolf genomen of tijdens een relatief belangrijke toename van het debiet.
Geconcludeerd is dat in situaties met sedimenttransport de steekbemonstering zal leiden tot een onderschatting van de P-vracht en de continubemonstering tot een overschatting.
Bij gebruik van continue bemonsteringsapparatuur kunnen de monsters over een aantal dagen worden gemengd ter beperking van de analyses. Uitbreiding van het tijdsinterval waarover gemengd wordt, betekent dat gemiddeld over een heel jaar per dag bij totaal-P 3% minder en bij totaal-N 0,3% minder van de vracht wordt berekend. Voor perioden met een groot aandeel in de vracht heeft uitbreiding van het tijdsinterval met 1 dag ingrijpende gevolgen. Mengen van watermonsters bij continue bemonstering over een vast debietinterval is complexer maar kan leiden tot een belangrijke besparing in monsters. Bij stikstof zou 98% van de vracht kunnen worden vastgesteld met circa 50 monsters in 1 jaar, terwijl voor 96% van de P-vracht circa 70 monsters benodigd zouden zijn geweest bij een goede keuze van het debietinterval. Verder onderzoek moet worden gedaan naar de belangrijke verschillen in totaal-P gehalte tussen de resultaten van steek- en continubemonstering.

Literatuur

Harmsen, J. en Drumpt, H. van (1982). *Conservering van watermonsters.* Rapporten nieuwe serie ICW 6. 11 p.
Hoekstra, J. Th. and Steenvoorden, J. H. A. M. (1981). *Phosphorus from diffuse sources for the surface water in the watershed Nattegatsloot.* In: J. H. A. M. Steenvoorden and W. Rast (eds.) Impact of non-point sources on water quality in watersheds and lakes: field measurements and the use of models. Programme on Man and Biosphere. UNESCO, Paris, France No. 5: 198-215.
Hoeijmakers, T. J. (1982). *Bepaling van fosfaat- en stikstofvrachten in oppervlaktewater.* Nota ICW 1380. 34 p.
Kouwe, F. A. (1983). *Fosfaattransport in een laaglandbeek: rol van de beekbodem, de invloed van bemonsteringsfrequentie en berekeningsmethode.* H_2O (16), nr. 4, p. 70-73.

● ● ●