

Waterkwaliteitsbeheersing door afvoersturing in het watergangenstelsel rondom Almelo

Samenvatting

In het watergangenstelsel rondom Almelo kan het afstromende water op verschillende manieren over de watergangen worden verdeeld. De grootste problemen ten aanzien van de waterkwaliteit treden op bij lage afvoeren. Onderzocht is in hoeverre het mogelijk is onder deze omstandigheden een verbetering van de waterkwaliteit te bereiken door een geschikte keuze van de waterverdeling.

Voor dit doel is een model opgesteld waarmee de concentraties van zuurstof,



IR. P. H. VAN RIEL
Technische Hogeschool
Twente, Enschede



IR. G. VAN STRATEN
Technische Hogeschool
Twente, Enschede



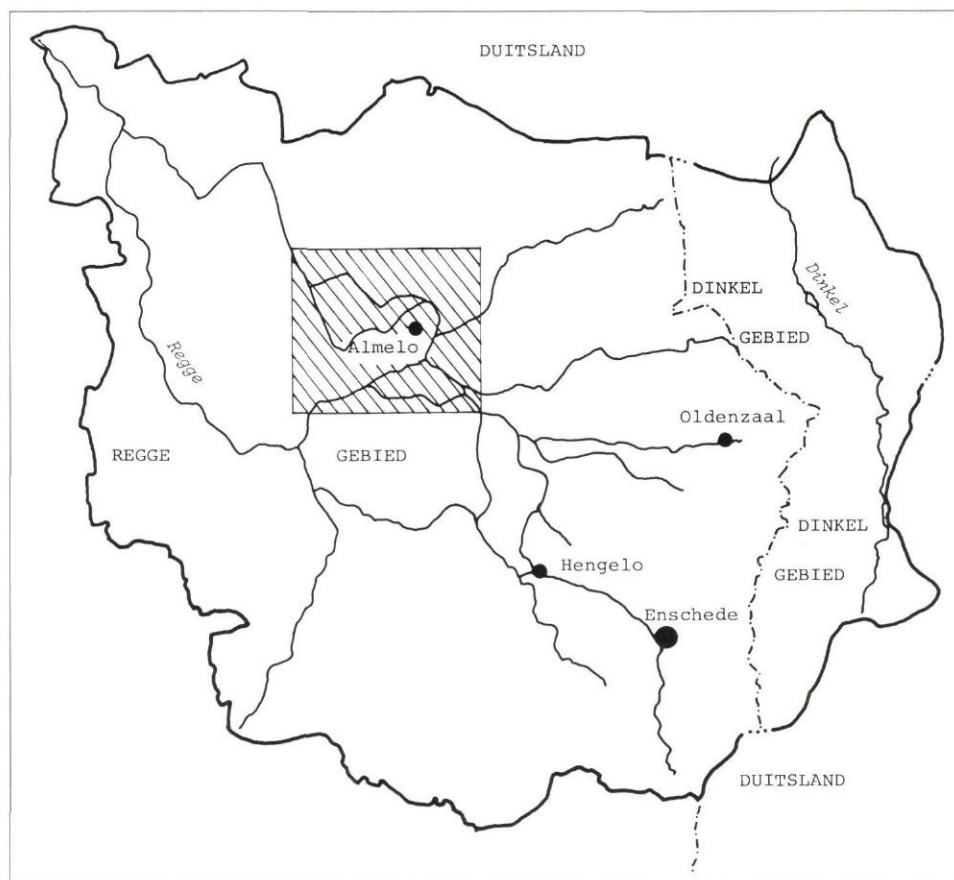
IR. W. C. P. M. BOTS
Waterschap Regge en Dinkel,
Almelo

koolstof-BZV, ammonium, organisch stikstof, en algen kunnen worden gesimuleerd. De belangrijkste parameters van het model zijn uit metingen in het veld bepaald. Uit de simulaties blijkt dat door gerichte afvoersturing problemen met overmatige algengroei kunnen worden voorkomen. Als gevolg van het plaatselijk hoge zuurstofverbruik van het sediment kan echter niet overal aan de IMP-norm voor zuurstof worden voldaan.

De robuustheid van de resultaten is onderzocht door de parameterwaarden van het model rond de onzekerheidsgrenzen te variëren. Zoals verwacht had dit wel invloed op de hoogte van de voorspelde zuurstof- en algengehalten, maar niet op de keuze van de instelling van de debietverdeling. De keuze is evenmin erg afhankelijk van de grootte van het debiet in de lage afvoerrange. De conclusie is dat door middel van een goedgekozen sturing van de afvoer tegen geringe kosten een aantrekkelijke verbetering van de waterkwaliteit is te bereiken.

1. Inleiding

In situaties waarin water langs verschillende wegen kan worden afgevoerd is het mogelijk de waterkwaliteit te beïnvloeden door sturing van de afvoer. Door afvoersturing wordt rechtstreeks de verblijftijd in de watergangen



Afb. 1 - Overzicht Waterschap Regge en Dinkel.

beïnvloed, en daarmee de beschikbare tijd voor algengroei en andere biologische, chemische en fysische processen. Daarnaast heeft de met afvoersturing gepaard gaande verandering van de stroomsnelheid invloed op processen als herbeluchting, bezinking, dispersie en menging. De mogelijkheid van afvoersturing is onderzocht voor een deel van het gebied van het Waterschap Regge en Dinkel. Het onderzoek is uitgevoerd door de onderzoeksgroep Technisch Milieubeheer van de Technische Hogeschool Twente, in opdracht van en in samenwerking met het Waterschap Regge en Dinkel, in het kader van een afstudeeropdracht.

Het Waterschap Regge en Dinkel is voor de regio Twente belast met de zorg voor zowel de waterkwaliteit als de waterkwaliteit. Een overzicht van de belangrijkste watergangen van het Waterschap Regge en Dinkel wordt gegeven in afb. 1. Het waterschapsgebied is opgebouwd uit twee aparte stroomgebieden, het stroomgebied van de Regge en het stroomgebied van de Dinkel. Beide stroomgebieden zijn gescheiden door een stuwwal die van Ootmarsum via Oldenzaal naar Enschede loopt. De hoofdstroomrichting is Noord-West. Door vergroting van het verhard oppervlak en verbetering van de afwatering bovenstrooms vindt een versnelde afvoer van de

neerslag plaats, waardoor verbetering van de afwatering rondom Almelo noodzakelijk was. In de afgelopen jaren is hiertoe het Lateraalkanaal aangelegd. Met de aanleg van dit kanaal zijn een aantal stuipunten rondom Almelo gerealiseerd. Een overzicht van de belangrijkste watergangen rondom Almelo wordt gegeven in afb. 2. Alle watergangen zijn genormaliseerd, waarbij de gemiddelde diepte voor de hoofdwaterweg (Loolee en Lateraalkanaal) ± 2 m is. De overige watergangen hebben een geringere diepte (± 1 m). Tijdens droge perioden treden er in deze watergangen lange verblijftijden op. De combinatie van de lange verblijftijden en de aanwezige hoge nutriëntenconcentraties kunnen sterke algengroei veroorzaken [1]. Door de geringe stroomsnelheid en de algengroei treden er tevens risico's op voor het zuurstofgehalte. Het onderzoek heeft zich beperkt tot de bepaling van het effect van de afvoersturing op het zuurstof- en algengehalte. Zuurstof is van overheersend belang voor het leven in het water; algenbloeit heeft een grote invloed op het optredende zuurstofgehalte en is nadelig voor onder andere de stabiliteit van het ecosysteem en voor de recreatie. Problemen met betrekking tot zuurstof en algen zijn vooral te verwachten tijdens perioden met een lage afvoer en relatief hoge

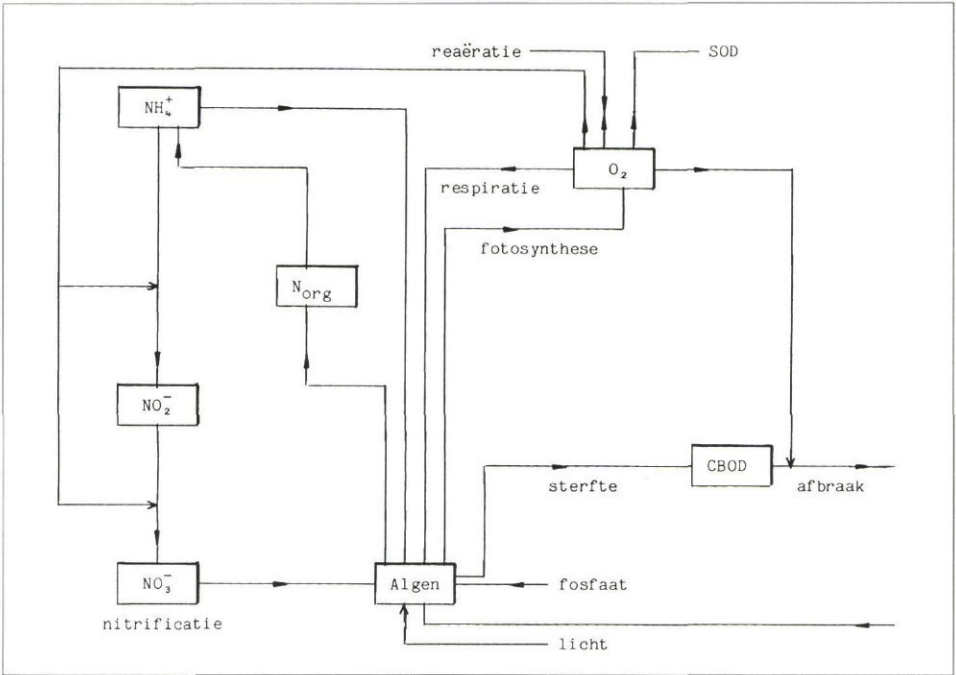
temperatuur. Het onderzoek heeft zich daarom beperkt tot deze situaties. Omdat het systeem te complex is om op eenvoudige wijze een uitspraak te kunnen doen over het effect van de debietverdeling en experimenteren in de praktijk niet gewenst is, is het effect van de afvoersturing op de optredende zuurstof- en algengehaltes onderzocht met behulp van een waterkwaliteitsmodel.

2. Model

De belangrijkste kenmerken van het gehanteerde model zijn:

- stationaire input;
- verwaarlozing dispersie (geen longitudinale menging);
- maximum-gradiëntbenadering (geen concentratiegradiënten over de breedte en hoogte);
- propstroombeschrijving;
- a priori benadering (voor de beschrijving van de processen wordt uitgegaan van reeds bestaande kennis).

De geldigheid van de aannames, die aan de eerste drie kenmerken ten grondslag liggen, is in de praktijk onderzocht [8]. Voor de a priori benadering is gekozen omdat op deze wijze het effect van wijzigingen in de afvoer beter wordt beschreven dan met een model uitsluitend gebaseerd op data [2]. In het model worden alleen die processen beschreven die van invloed zijn op de

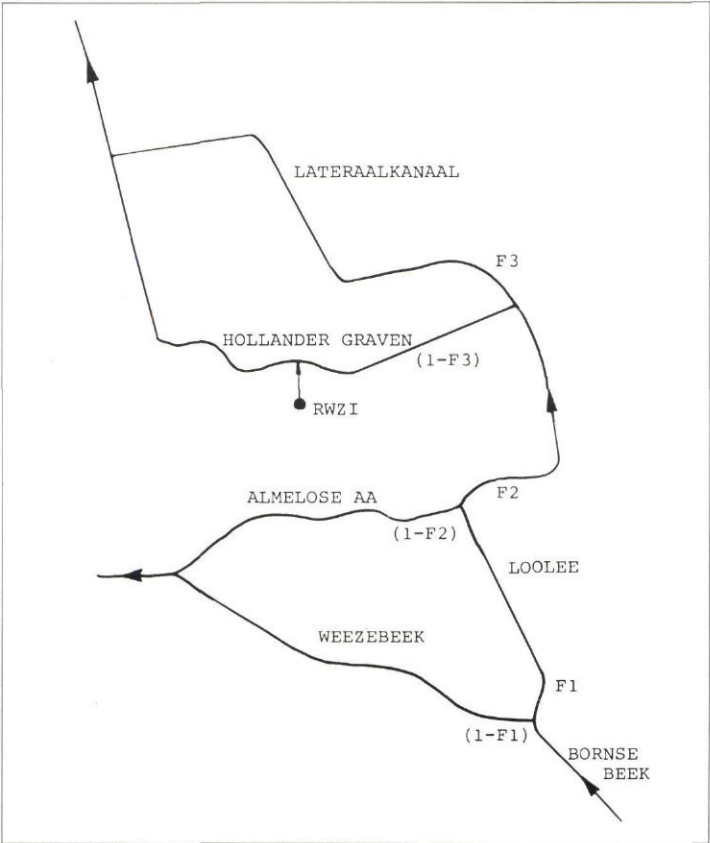


Afb. 3 - Schematische weergave van de processen.

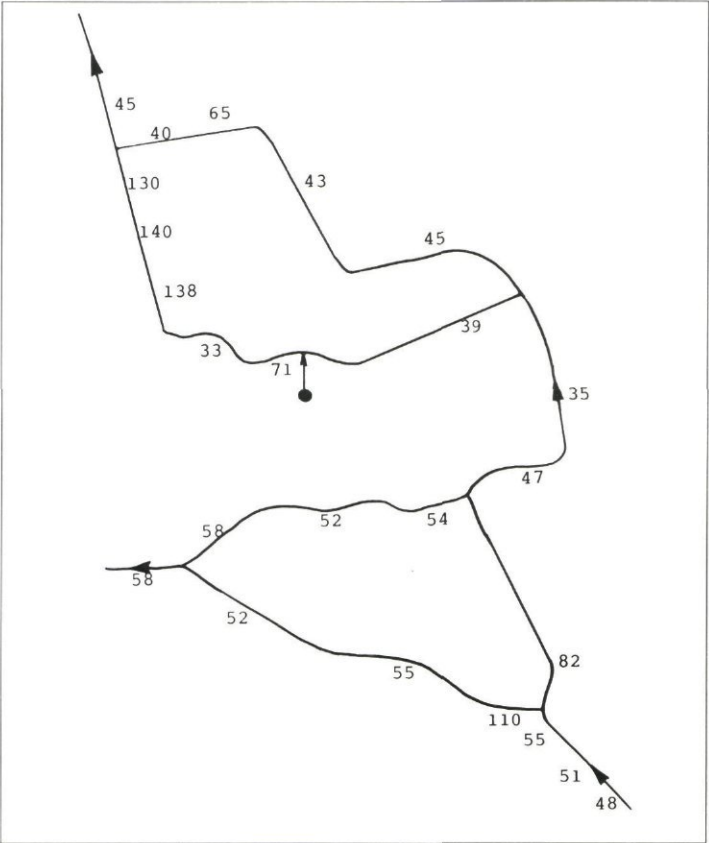
optredende zuurstof- en algengehaltes. Een schematische weergave van deze processen wordt gegeven in afb. 3. De gehanteerde modelvergelijkingen [8] zijn van hetzelfde type als eerder beschreven door Van Straten [3].

Van invloed op het zuurstofgehalte (O_2) zijn vooral de herbeluchting (wind, stroming en stuwen), het zuurstofverbruik van het sediment (SOD), het koolstof BZV (CBOD), het stikstof BZV (bestaand uit zowel organisch stikstof (N_{org}), NH_4^+ als NO_2^-) en

Afb. 2 - Overzicht van de watergangen rondom Almelo.



Afb. 4 - Overzicht van de SOD-waarden voor de watergangen rondom Almelo in $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (Uit onderzoek is gebleken dat het SOD voor $[\text{O}_2] > 1,5 \text{ mg/l}$ onafhankelijk is van het $[\text{O}_2]$ van het bovenstaande water [4, 8].)



de algenhuishouding. Voor dit onderzoek blijkt dat voor de algengroei, naast de verblijftijd, vooral de nutriëntenconcentratie en het lichtklimaat van belang zijn. Door algenverwijdering (sterfte, graas, bezinking en respiratie) vindt een toename plaats van zowel CBOD als N_{org} .

3. Parameters

Een nadeel van de a priori benadering is dat in de modelbeschrijving veel parameters voorkomen. Om niet al deze parameters in het veld te hoeven bepalen is door middel van een globale gevoeligheidsanalyse onderzocht welke processen de grootste invloed uitoefenen op de optredende zuurstof- en algengehaltes. Het model blijkt het meest gevoelig te zijn voor:

- algengroei;
- extinctie;
- zuurstofverbruik sediment;
- nitrificatie;
- beluchting.

Van deze processen zullen het zuurstofverbruik van het sediment en de extinctie het meest plaatsafhankelijk zijn (instroming en bezinking). De verwachting is dat de plaatsafhankelijke processen de grootste invloed uitoefenen op de keuze van de debietverdeling. Aan de experimentele bepaling van de parameters van deze processen is dan ook de grootste aandacht geschonken. Het blijkt dat de basiseextinctiecoëfficiënt, de extinctiecoëfficiënt zonder de invloed van algen, een redelijk constante waarde heeft ($3,2 \text{ à } 3,3 \text{ m}^{-1}$). De variatie in het zuurstofverbruik van de bodem blijkt groter te zijn. De gevonden waarden lopen uiteen van $33 \text{ tot } 140 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ (zie afb. 4). De algengroeiparameters zijn bepaald met behulp van de methode van de lichte en donkere flessen [5], gebaseerd op veranderingen in het zuurstofgehalte. De nitrificatieparameters zijn gebaseerd op de analyses van het Waterschap Regge en Dinkel [1]. De herbeluchting door stuwen is in het veld bepaald. Voor de herbeluchting door stroming is gebruikgemaakt van de relatie van O'Connor en Dobbins [3]. De beschrijving van de herbeluchting door wind is onder andere gebaseerd op het werk van Brinkman e.a. [7]. Na de calibratie werd een goede overeenstemming gevonden tussen de analyses van het Waterschap en de gesimuleerde resultaten.

4. Resultaten

De stuurvariabelen f_1 , f_2 en f_3 zijn gedefinieerd als de fractie van het op een verdeelpunt aanstromende water die de hoofdwaterweg volgt. De hoofdwaterweg wordt gevormd door de Bornse beek, Loolee en Lateraalkanaal (zie afb. 2). Het debiet

door de Weezebeek wordt dan bepaald door de fractie ($1-f_1$), het debiet door de Almelse Aa door de fractie ($1-f_2$) en het debiet door de Hollandergraven door de fractie ($1-f_3$) van het op een verdeelpunt aanstromende water.

De simulaties zijn uitgevoerd voor drie verschillende scenario's:

		Debiet Regge bij instroming in Vecht
A	Gemiddeld droge periode en onbewolkt	2,50 m ³ /s
B	Extreem droge periode en onbewolkt	1,60 m ³ /s
C	Gemiddeld droge periode en bewolkt	2,50 m ³ /s

Aangezien lage zuurstofgehaltes en/of hoge algengehaltes vooral optreden tijdens droge perioden bij relatief hoge temperatuur, is alleen voor scenario's met lage afvoer het effect van de afvoersturing onderzocht. Een over de dag gemiddelde afvoer van 2,50 resp. 1,60 m³/s werd in de periode 1979 tot en met 1983 gemiddeld gedurende in totaal 50 resp. 10 dagen per jaar onderschreden. De verschillende bewolkingsscenario's zijn onderzocht in verband met het verschil in effect op de zuurstofproductie door algen. De combinatie van extreem droog en bewolkt weer is niet gedurende langere tijd te verwachten en is daarom niet in de beschouwing opgenomen.

Uit de simulaties blijkt dat problemen ten aanzien van het zuurstofgehalte vooral optreden in het begin van de Weezebeek en de Loolee (tot onder de 2 mg/l). Ook na de instroming van de rwzi Almelo Vissedijk in de Hollandergraven kunnen bij hoge f_3 lage zuurstofgehaltes optreden (tot onder de 4 mg/l). Problemen ten aanzien van de algen treden vooral op bij langere verblijftijden in de ondiepere beken de Almelse Aa en de Hollandergraven (ver boven de $100 \mu\text{g}$ chlorofyl-a/l). Ook in het Lateraalkanaal kunnen bij lage waarden voor f_3 hoge algengehaltes optreden (tot $100 \mu\text{g}$ chlorofyl-a/l).

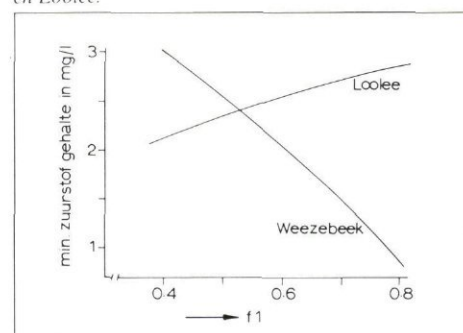
Onder andere in het begin van de Weezebeek treden lage zuurstofgehaltes op. Een indruk van het effect van de afvoersturing op het verloop van het zuurstofgehalte voor de Weezebeek wordt gegeven in afb. 5. Het blijkt dat door afvoersturing een behoorlijke invloed kan worden uitgeoefend op het verloop van het zuurstofgehalte.

Op basis van deze informatie zou besloten kunnen worden zoveel mogelijk water door de Weezebeek te sturen. Dit heeft echter consequenties voor de in de stroomrichting van de Loolee optredende zuurstof- en algengehaltes.

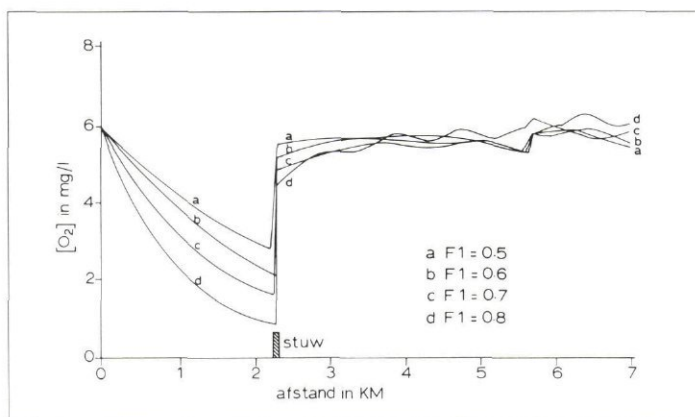
Om het effect van de afvoersturing op de beide watergangen duidelijk te maken is in afb. 6 de invloed van f_1 op het minimale zuurstofgehalte in zowel de Weezebeek als de Loolee weergegeven.

Voordat keuzes kunnen worden gemaakt ten aanzien van de debietverdeling, zullen eerst beoordelingscriteria moeten worden opgesteld. De gehanteerde beoordelingscriteria zijn gebaseerd op de IMP-norm voor de basiskwaliteit [6] (geen specifieke functies van de betreffende watergangen, zuurstofgehalte $> 5 \text{ mg/l}$, algengehalte $< 100 \mu\text{g}$ chlorofyl-a/l). Bij de beoordeling wordt geen onderscheid gemaakt tussen de watergangen.

Afb. 6 - Invloed van de verdeling op het eerste verdeelpunt (factor f_1) op het minimale zuurstofgehalte in Weezebeek en Loolee.



Afb. 5 - Grafische weergave van invloed afvoersturing op het verloop van het zuurstofgehalte in de Weezebeek voor scenario A.



Uit de simulaties blijkt dat de IMP-norm voor zuurstof niet voor elke watergang kan worden gehaald. Voor de zuurstof wordt daarom, indien blijkt dat niet aan de IMP-norm kan worden voldaan, als norm gesteld dat het gehalte in ieder geval groter moet zijn dan 2 mg/l. Deze norm is gebaseerd op de hydrobiologische kennis dat het voor de meeste vissen mogelijk is kortere perioden te overleven bij deze waarde. Opgemerkt dient hierbij te worden dat de gehanteerde normen nog ter discussie staan. Deze criteria worden toegepast op het minimale zuurstofgehalte en het maximale algengehalte die optreden op een willekeurige plaats in een bepaalde watergang.

Voor het bepalen van de beste debietverdeling is gebruikgemaakt van de methode van het dynamisch programmeren. Met behulp van deze methode zijn de beste debietverdelingen berekend (zie tabel I).

TABEL I – Overzicht van de beste debietverdelingen.

Scenario	f1	f2	f3
A	0,50	0,90	0,70
B	0,60	0,85	0,70
C	0,50	0,90	0,70

Uit tabel I blijkt dat de beste debietverdelingen voor elk van de drie scenario's ongeveer gelijk uitkomen. Voor het bereiken van een optimale waterkwaliteit dient steeds 50 à 60% van het aanstromende water van de Bornse beek door de Loolee te worden gestuurd. Van het Looleewater dient niet meer dan 10 à 15% door de Almelse Aa te worden afgevoerd, de rest vervolgt dan zijn weg richting Lateraalkanaal. Van het op het derde verdeelpunt aanstromende water dient 70% door het Lateraalkanaal en 30% door de Hollandergraven te worden gestuurd.

Indien de bovenstaande debietverdelingen worden ingesteld, geldt steeds dat overal in het beschouwde systeem de IMP-norm voor de basiskwaliteit voor algen ruimschoots wordt gehaald. Ook voor de zuurstof geldt dat steeds de IMP-norm voor de basiskwaliteit wordt bereikt, behalve in zowel het begin van de Weezebeek als het begin van de Loolee, waar zuurstofgehalten in de orde van grootte van 2 mg/l in beide watergangen in de huidige situatie onvermijdelijk zijn.

5. Gevoeligheid en robuustheid

Door middel van een gevoeligheidsanalyse is van elke parameter c.q. ingangsvariabele de invloed op het zuurstof- en algengehalte onderzocht. Een voorbeeld van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse wordt gegeven in tabel II, waarbij voor scenario A het effect van een verhoging van een aantal parameters met 10% op het optredende minimale zuurstofgehalte in zowel de Weezebeek als de Loolee is gegeven.

Aangezien de onzekerheid in de waarde van sommige parameters aanzienlijk kan zijn, is de invloed van parameterafwijkingen op de berekende zuurstofprofielen groot. Bij verdere analyse blijkt echter dat het effect van parameteronzekerheid op de berekende debietverdeling veel geringer is, tenminste als de afwijkingen in alle watergangen in dezelfde richting optreden. Meer voorzichtigheid is geboden indien de plaatsafhankelijkheid anders zou zijn dan in het model is aangenomen, maar aan de bepaling van de gevoeligste plaatsafhankelijke parameter, het SOD, is nu juist de meeste aandacht geschonken, zodat de foutenmarge hier gering is.

In verband met het dynamisch karakter van de fotosynthese is tevens de invloed van de dag/nacht fase onderzocht. Alhoewel geldt dat het effect van de dag/nacht fase op de optredende zuurstof- en algengehaltes groot kan zijn, geldt ook hier steeds dat de invloed op de debietverdeling verwaarloosbaar klein is. De grootste problemen ten aanzien van de gehanteerde criteria treden namelijk op aan het begin van de Weezebeek en het begin van de Loolee, waar de algengehaltes laag zijn.

6. Discussie en conclusies

6.1. Afvoersturing

Door afvoersturing kan een behoorlijke invloed worden uitgeoefend op de waterkwaliteit, zowel op de optredende zuurstof- als algengehaltes.

Op grond van de gekozen beoordelingscriteria is door middel van dynamisch programmeren voor elk scenario de beste debietverdeling bepaald.

Bij de berekende debietverdelingen geldt dat voor de zuurstof overal de IMP-norm wordt bereikt, met uitzondering van zowel het begin van de Weezebeek als het begin van de Loolee waar waarden in de orde van grootte van 2 mg/l in de huidige situatie onvermijdelijk zijn. Bij de aangegeven debietverdelingen kan worden bereikt dat het algengehalte voor elk scenario in iedere watergang veel lager ligt dan de IMP-norm.

Het verschil in gevoeligheid tussen de verschillende watergangen is voor de meeste

parameters c.q. ingangsvariabelen gering. De meeste parameters oefenen hierdoor weinig invloed uit op de keuze van de debietverdeling.

Voor de algengehaltes zijn geen overschrijdingen van de IMP-norm te verwachten, zelfs niet indien de meest gevoelige parameter (de maximale algengroei­snelheidsconstante) 10% hoger wordt genomen dan de in het veld bepaalde waarde.

De invloed van de dag/nacht fase op de keuze van de debietverdeling is verwaarloosbaar klein.

6.2. Processen

Uit gevoeligheidsanalyses blijkt dat de lage zuurstofgehalten vooral worden veroorzaakt door de hoge SOD's van de Weezebeek en de Loolee. Met name voor het begin van de Weezebeek en het begin van de Loolee geldt dat verlaging van het sediment zuurstofverbruik een sterke verbetering geeft van de optredende zuurstofgehalten. De verlaging van de SOD kan waarschijnlijk bereikt worden door plaatselijk te baggeren.

Ook door de belasting van de watergangen met stikstof BZV wordt een groot deel van het aanwezige zuurstof verbruikt. Bij het ontwerp en beheer van rwzi's zal extra aandacht moeten worden besteed aan dit aspect. Bovendien is het interessant om bij het ontwerp van rwzi's niet alleen te kijken naar het over het jaar gemiddelde rendement maar is het vooral zinvol om te kijken naar de verwijdering van stikstof BZV tijdens kritieke perioden (weinig afvoer).

Bij het monsternamprogramma van het Waterschap kan rekening gehouden worden met enkele bevindingen van het onderzoek. Een modelmatige beschrijving van de processen wordt aanzienlijk vergemakkelijkt indien op een beperkt aantal plaatsen gedurende enkele weken of maanden van het zomerhalfjaar een continue zuurstofregistratie wordt uitgevoerd. Ook verdient het aanbeveling niet de Secchischijf­diepte maar de extinctiecoëfficiënt te bepalen en grotere aandacht te besteden aan de bepaling van de debieten.

TABEL II – Gevoeligheidsanalyse voor Weezebeek en Loolee voor de processen met de grootste invloed op het minimale zuurstofgehalte.

Karakteristieke constante + 10% van	Verandering in min. zuurstofgehalte in mg/l		Verskil in mg/l
	Weezebeek	Loolee	
Zuurstofverbruik sediment	-0,19	-0,20	0,01
Reaëratie door stroming	0,22	0,26	-0,04
Reaëratie door wind	0,18	0,23	-0,05
Stuwbeluchting	0,03	0,03	0,00
Koolstof biol. zuurstofverbruik	-0,07	-0,05	-0,02
Zuurstofverbruik door ammoniak ox.	-0,19	-0,11	0,08
Hydrolyse van org. stikstof	-0,08	-0,08	0,00

6.3. Slotopmerking

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat door afvoersturing op eenvoudige wijze en met geringe kosten grote invloed kan worden uitgeoefend op de optredende zuurstof- en algengehaltes. Het is waarschijnlijk dat ook voor andere gebieden zal gelden dat een betere afstemming van de waterkwantiteit en de waterkwaliteit verbetering zal geven van de optredende waterkwaliteit. Naast de tijdsafhankelijke debietinstelling die in dit geval is onderzocht, is het denkbaar dat in sommige situaties een nog verdergaande verbetering kan worden bereikt door dynamisch te gaan sturen op basis van metingen en korte termijn modelvoorspellingen. Dit is het thema van een voortgezet onderzoek bij de groep Technisch Milieu-beheer van de Technische Hogeschool Twente, in het kader van het project kwaliteitsschatting en operationeel waterkwaliteitsbeheer.

Literatuur

1. *Jaarverslag 1983, Technologische Dienst*. Waterschap Regge en Dinkel, Almelo 1984.
2. Thoman, R. V. (1972). *System analysis and water quality management*. McGraw-Hill Inc., New York.
3. Straten, G. van (1979). *Hydrologische aspecten bij zuurstofhuishouding en algengroei in riviersystemen*. *H₂O* (12), 1979, nr. 4, p. 68 e.v.
4. Bowman, G. T. and Delfino, J. J. (1980). *Sediment oxygen demand techniques: A review and comparison of laboratory and in situ systems*. *Water Research* 14, p. 491 e.v.
5. *A manual on methods for measuring primary productivity in aquatic environments*. IBP-Handbook No. 12, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1972.
6. *Indicatief Meerjarenprogramma Water 1980-1984*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Staatsuitgeverij, Den Haag, 1981.
7. Brinkman, A. G. e.a. (1981). *De zuurstofhuishouding in de Zaan; een dynamisch model*. *H₂O* (14) 1981, nr. 4, p. 76 e.v.
8. Riel, P. H. van (1985). *Waterkwaliteitsbeheersing door afvoersturing in het watergangenstelsel rondom Almelo*. Doktoraalverslag, Technische Hogeschool Twente, Enschede.

Enkele impressies van een NVA-studiereis naar Zwitserland

In de week van 22 tot 28 september 1985 vond de 2-jaarlijkse studiereis van de NVA plaats. Het reisdoel was ditmaal Zwitserland. Reeds eerder werden dergelijke excursies naar Zwitserland georganiseerd.

De Zwitserse Zustervereniging van de NVA, de VSA (Verband Schweizerische Abwasser-fachleute) had met de organisatoren van deze studiereis, de heren Eikelboom en Rensink, een interessant programma in elkaar gezet. Het aanbod van onderwerpen was zeer gevarieerd. Als excursieleiders traden op de heren Van der Panne en Dingemans, hetgeen hen voortreffelijk afging. Door de deelnemers aan de excursie zijn van alle onderdelen verslagen gemaakt. Deze verslagen zijn gebundeld en liggen bij de NVA en de deelnemers van de excursies ter inzage.

Enkele hoofdlijnen willen wij noemen: De Zwitsers zijn op het gebied van de milieu-wetgeving vergevorderd, zo ook op het gebied van de waterkwaliteitswetgeving. In de passieve- en actieve zorg voor de waterkwaliteit zijn drie niveaus te onderscheiden, namelijk federaal niveau, kantonaal niveau en gemeentelijk niveau. Er wordt veel geld uitgegeven voor afvalwaterbehandeling. De bevolking heeft ruime inspraak bij het tot stand komen van de plannen. Voor werken die meer kosten dan Zw.frs. 10 miljoen dient een volksstemming plaats te vinden. Voorlichtingsactiviteiten starten dus al in een zeer vroeg stadium en zijn van hoge kwaliteit. De wetgeving op milieugebied ondergaat op dit moment toch nog aanzienlijke veranderingen. Onder andere de agrarische wereld als relatief grote fosfaatleverancier staat het nodige te wachten.

De bio-industrie krijgt maatregelen voorgeschreven, die bestaan uit beperking van het veebestand, vloeistofdichte mestopslag, beperkingen aan het tijdstip en wijze van bemesten enz. Deze problematiek speelt voornamelijk in het zogenaamde 'Mittelland', waarin een groot aantal meren met lange (water)verblijftijden zijn gelegen. In dit gebied woont bovendien het overgrote deel van de 6 miljoen Zwitsers.

Bij een aantal meren worden reeds zogenaamde 'See-interne' maatregelen getroffen. Deze bestaan uit het invoeren van zuivere zuurstof 's zomers en het inblazen van perslucht 's winters. Doel van deze maatregelen is om te voorkomen dat op grotere diepten bij de bodem zuurstofloosheid optreedt, waardoor fosfaatrugelevering uit het bodemslib plaatsvindt. De resultaten van deze werkwijze zijn verrassend goed en betrekkelijk goedkoop.

In de steden wordt veel geïnvesteerd in de

sanering van de rioolstelsels en het bouwen van bergingsriolen en regenbekkens. Veel oudere riolen zijn ontstaan uit overkluisde beken waardoor de aanvoer op de rwzi's over het algemeen ook in d.w.a.-situaties veel groter is dan bij ons gebruikelijk. Aanvoeren groter dan ca. 2x d.w.a. worden via overstorten geloosd. Veel belang wordt gehecht aan het visueel aanvaardbaar maken van deze lozingen. Grove delen, papier enz. worden zo goed mogelijk geroosterd. Bij het bezoeken van een aantal rwzi's vielen bepaalde zaken op:

- De duurzame bouwwijze. Op grote schaal worden corrosievrije materialen zoals roestvrijstaal en kunststof toegepast. Bij grotere installaties zijn veel onderdelen dubbel uitgevoerd. Voordeel is dat geen voorraden reservedelen nodig zijn en een grotere bedrijfszekerheid mogelijk is. Het doen van grotere investeringen in duurzame produktiemiddelen is gelet op de beschikbaarheid van voldoende geld tegen lage rentes geen probleem. Het verkrijgen van lage exploitatiekosten ligt zo binnen bereik, mede als gevolg van de lage kosten van elektrische energie.
- Op grote schaal vindt fosfaatverwijdering plaats in twee trappen. Simultaan in de AT's en nabehandeling in zandfilters.
- Opvallend is de afwezigheid van de zogenaamde 'H₂S'-corrosie. De verblijftijden van het afvalwater in het transportstelsel zijn zodanig kort dat deze problemen nagenoeg onbekend zijn.

Opmerkelijk is de voortreffelijke samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven bij het bestrijden van de waterverontreiniging. Als voorbeeld kan worden genoemd de gemeenschappelijke exploitatie van de rwzi Basel in de vorm van een NV waarin overheid en bedrijfsleven participeren. Tenslotte merkten we op dat bij elke grensoverschrijdende grotere rivier continu de kwaliteit van het water wordt bewaakt. Onze gastheren waren terecht trots op het feit dat zij erin slagen het water van deze rivieren, die in hun land ontspringen en in alle richtingen Europa instromen, in goede kwaliteit over hun grens te laten wegvloeien.

ing. L. A. Bentschap Knook
ir. F. J. Falentijn

