

Het effect van overstortbeperkende saneringsmaatregelen op de zuurstofhuishouding van de Utrechtse Vecht

Samenvatting

In de Utrechtse Vecht treden herhaaldelijk perioden met lage zuurstofconcentraties op, met name in het deel van Utrecht tot Maarssen. Uit een analyse blijkt dat het optreden van scherpe zuurstofminima (tot zuurstofloosheid toe) samenhangt met hevige regenval in de stad Utrecht. Door overstorten uit het rioolstelsel van de stad en door lozing van voorbezonden rioolwater dat in het verleden niet door de rwzi-Utrecht biologisch kon worden verwerkt, wordt de Vecht extra belast met zuurstof-



IR. P. H. VAN RIEL
Universiteit Twente, Enschede
(thans TAUW Infra
Consult BV, Deventer)



DR. IR. G. VAN STRATEN
Universiteit Twente,
Enschede

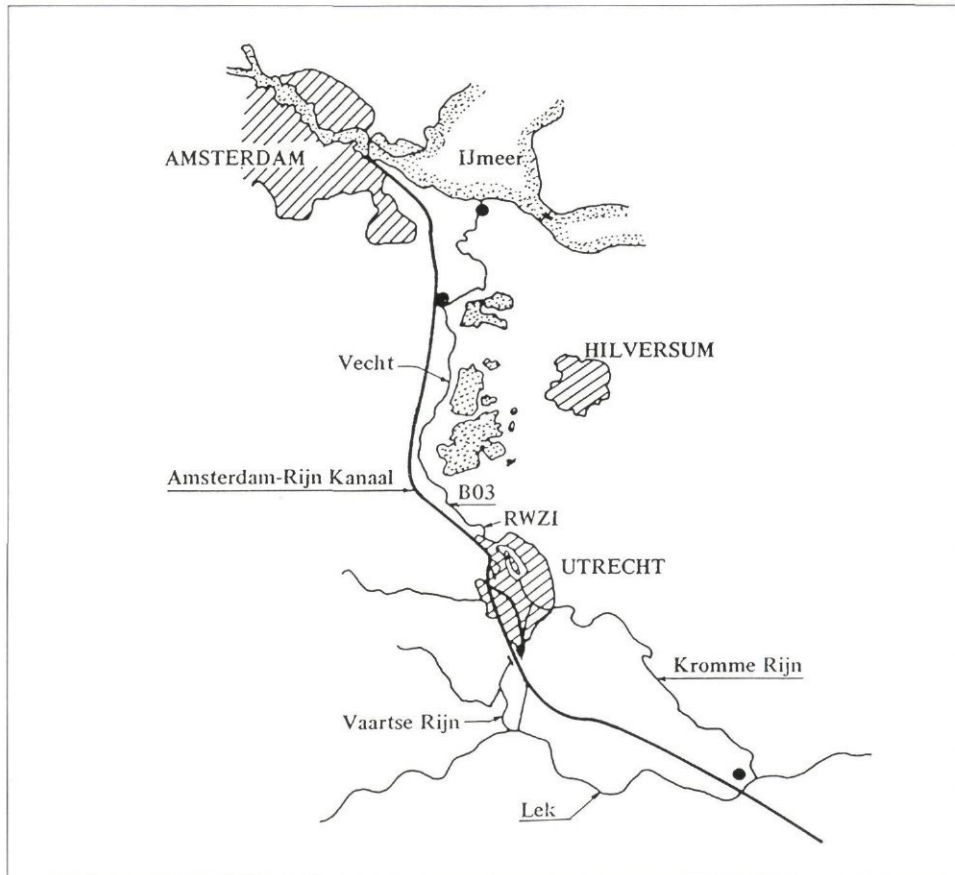


IR. J. C. HEINS
Universiteit Twente,
Enschede
(thans gemeente Tiel)

bindende stoffen. Voorts blijkt dat stagnatie in de doorspoeling van de Vecht een belangrijke factor is bij het optreden van lage zuurstofgehalten.

Met behulp van een wiskundig model is het effect van verschillende saneringsalternatieven op de waterkwaliteit van de zuidelijke Vecht onderzocht. Bij het opstellen van de alternatieven is uitgegaan van de situatie die ontstaat na de recentelijk voltooide uitbreiding van de nabezinkingscapaciteit op de rwzi-Utrecht (fase 10). Hierdoor zal lozing van slechts mechanisch gezuiverd water niet meer optreden. Voorts wordt verondersteld dat een groot gedeelte van de niet-gerioleerde bebouwing in de stad Utrecht in de nabije toekomst op het rioolstelsel zal zijn aangesloten. De gevolgen van bovengenoemde maatregelen voor de zuurstofhuishouding van de Vecht (het 0-alternatief) worden vergeleken met drie mogelijke verdergaande maatregelen, te weten uitbreiding van de rwzi-Utrecht (fase 11), (alternatief 1), vergroting van de berging van het rioolstelsel van de stad Utrecht, (alternatief 2), en een combinatie van beide maatregelen (alternatief 3).

Alvorens het mathematische waterkwaliteitsmodel te gebruiken voor voorspellingen, zijn enkele aanvullende metingen uitgevoerd (met name het zuurstofgebruik van het



Afb. 1 - De Utrechtse Vecht.

sediment) en is het model gecalibreerd aan de hand van routinematige analysegegevens en continue zuurstofregistraties van PWU. Om te voorkomen dat voor de voorspellingen uitvoerige gegevensreeksen moeten worden gebruikt, is een nieuwe methode ontwikkeld om de gevolgen van veranderingen in de overstortsituatie voor de zuurstofhuishouding vast te stellen. Het gecalibreerde model wordt daartoe doorgerekend voor een aantal overstorten van verschillende duur en intensiteit. Het blijkt nu mogelijk op basis van deze uitkomsten in de bekende stippengrafiek (regenduur tegen regenhoeveelheid) een lijn te tekenen die de grens geeft tussen buien die leiden tot een zuurstofgehalte onder een bepaalde vastgestelde waarde, en buien die dat niet doen.

De jaarlijkse frequentie van onderschrijding van de zuurstofwaarde is daarna eenvoudig door telling te bepalen. De procedure wordt herhaald voor elk der voorgenomen maatregelen.

De resultaten wijzen uit dat vergroting van de berging van het rioolstelsel zonder aanpassing van de pompcapaciteit op de rwzi het jaarlijks gemiddeld aantal theoretische overstorten doet dalen van de huidige 40 naar 16, waarvan er nog 6 zuurstofgehalten beneden de 2 mg/l in de Vecht zullen geven. Uitbreiding van de rwzi (fase 11) zonder bergingsvergroting doet het aantal over-

storten dalen tot 18, waarvan er nog 4 kritisch zijn. Beide maatregelen hebben dus ongeveer hetzelfde effect. Een daling van het aantal overstorten tot 5 is alleen mogelijk bij een combinatie van beide maatregelen. Van deze 5 zijn er dan nog 2 die tot zuurstofgehalten beneden de 2 mg/l zullen leiden. Gebleken is dat voor elk der maatregelen een verbetering in het zuurstofgehalte bereikbaar is door vergroting van de doorspoeling, vooral overdag.

1. Beschrijving van de situatie

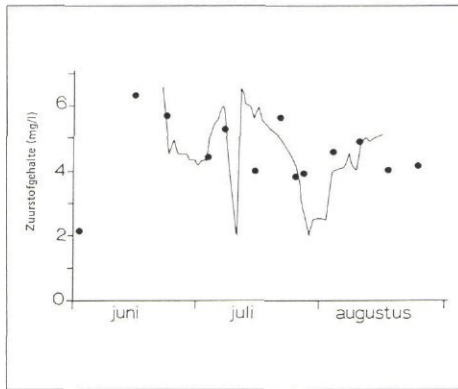
De rivier de Vecht ontvangt zijn water van de Lek via de Kromme Rijn en de Vaartse Rijn (zie afb. 1).

Het zuidelijk deel van de rivier begint in de stad Utrecht en mondt uit in het Amsterdam-Rijnkanaal ter hoogte van Nigtevecht.

Het debiet in de rivier wordt ingesteld door sluizen in het centrum van de stad.

Het huidige beleid is erop gericht overdag een debiet van $\pm 2 \text{ m}^3/\text{s}$ te handhaven en van 19.00 tot 7.00 h een doorspoeling van de grachten te realiseren met $\pm 8 \text{ m}^3/\text{s}$. Het lage debiet overdag wordt aangehouden om de recreatievaart niet te hinderen.

De belangrijkste lozer op de rivier is de rwzi-Utrecht, met een capaciteit van 390.000 i.e. en een DWA van 63.000 m^3/d . De huidige pompcapaciteit bedraagt 9.000 m^3/h , maar de behandelingscapaciteit was in feite beperkt



Afb. 2 - Zuurstofgehalten in de Vecht te B03.
 ● wekelijkse bemonstering; — continue registratie.

tot 6.000 m³/h omdat de hydraulische capaciteit van de nabezinktanks onvoldoende was. Bij sterke regenval werd het surplus van 3.000 m³/h na de behandeling in de voorbezinktanks rechtstreeks geloosd op de Vecht.

Hieraan is met het gereed komen van de uitbreiding van de capaciteit van de nabezinktanks tot 9.000 m³/h een eind gekomen.

Het gemiddeld zuurstofgehalte in de rivier de Vecht ligt tussen de 4 en 5 mg/l gedurende de zomer, maar incidenteel worden aanzienlijk lagere waarden geregistreerd. In afb. 2 wordt een indruk gegeven van zowel de wekelijkse bemonsteringsresultaten als van de continue registratie van het zuurstofgehalte te B03 (3.500 m na de lozing van de rwzi-Utrecht). Zoals uit de afb. 2 blijkt, geven de wekelijkse bemonsteringen een redelijke indruk van het gemiddelde zuurstofgehalte, maar het is duidelijk dat bij deze bemonsteringsfrequentie kortstondige zuurstofminima worden gemist.

In de zomer van 1983 zijn 10 perioden geregistreerd met zuurstofgehalten onder de 2 mg/l, waarvan 5 perioden met anaërobe condities. Door de onvolledigheid van de registratie kan het aantal perioden met een laag zuurstofgehalte hoger liggen.

2. Oorzaken lage zuurstofgehalten

Voordat de oorzaken van de extreme zuurstofgehalten zijn onderzocht, is eerst de gemiddelde situatie geanalyseerd. Voor de analyse van de gemiddelde situatie is gebruik gemaakt van veldmetingen en een propstroommodel met stationaire inputs voor gemiddelde zomerse situaties. Het blijkt dat het matig gemiddelde zuurstofgehalte vooral wordt bepaald door het lage zuurstofgehalte in het water dat vanuit de stad wordt aangevoerd, het zuurstofverbruik van het sediment (tot 100 mg/m² h) en de nitrificatie van N-BOD van de rwzi-Utrecht.

De gemiddelde situatie zal verder niet in detail worden behandeld; ze dient wel als achtergrond voor het verdere onderzoek.

Het optreden van extreem lage zuurstofgehalten gaat vaak gepaard met hevige of langdurige regenval. Ten dele wordt dit veroorzaakt doordat het onder deze omstandigheden noodzakelijk was een gedeelte van het voorbezonden rioolwater af te laten om te voorkomen dat de nabezinkcapaciteit wordt overschreden. Deze bijdrage treedt na het gereedkomen van fase 10 niet meer op.

Daarnaast speelt ook de bergingscapaciteit van de riolering van de stad Utrecht een belangrijke rol. Voor de stad Utrecht als geheel geldt een bergingscapaciteit van 85.000 m³ (5,7 mm), maar voor het rioleringsgebied rond de rwzi-Utrecht (209 ha) is de bergingscapaciteit lager dan gemiddeld (4,6 mm).

Omdat bovendien de pompcapaciteit van de aangrenzende gebieden de pompcapaciteit van de rwzi-Utrecht met 2.600 m³/h overschrijdt, is de effectieve pompovercapaciteit van het rioleringsgebied rond de rwzi-Utrecht zelfs negatief.

Onder de aanname dat 1,5 mm van iedere regenval niet afvloeit naar de riolering kan op basis van de bovenstaande cijfers een theoretische overstortfrequentie op de Vecht van 40 per jaar worden berekend. Zoals uit het navolgende zal blijken, leidt een groot deel van deze overstorten tot lage zuurstofgehalten in de Vecht.

3. Saneringsalternatieven

Ter verlaging van de frequentie van extreem lage zuurstofgehalten in de Vecht zijn verschillende saneringsalternatieven mogelijk, te weten:

- optie 1: uitbreiding van de hydraulische capaciteit van de rwzi-Utrecht tot 15.000 m³/h, waarbij voldaan wordt aan een veel gehanteerde norm van 30 l/inwoner · h (3 DWA)
- optie 2: uitbreiding van de bergingscapaciteit van de riolering van de stad Utrecht tot 8,7 mm gemiddeld voor de gehele stad en 9,85 mm voor het rioleringsdistrict rond de rwzi-Utrecht
- optie 3: een combinatie van de maatregelen genoemd onder 1 en 2.

De uitbreiding van de bergingscapaciteit in optie 2 en 3 is afgestemd op een overstortfrequentie van 5 per jaar, onder voorwaarde dat de hydraulische capaciteit voldoet aan de norm van 30 l/inwoner · h.

Naast de drie genoemde opties kunnen de zuurstofcondities worden beïnvloed door manipulatie met het hydraulisch regime van de Vecht. Deze laatste optie is wel in de studie aan de orde gesteld, maar zal in dit artikel niet verder worden behandeld.

4. Methode van onderzoek

4.1. Algemeen

Uitspraken over toekomstige situaties

kunnen niet worden gedaan door rechtstreekse extrapolatie van de huidige gegevens. De onderlinge wisselwerking tussen de waterkwaliteitsvariabelen (zuurstof, BZV, ammonium-stikstof) maakt het gebruik van een model noodzakelijk. Ten gevolge van de sterke longitudinale gradiënten bij overstortsituaties kan de dispersie bij de modellering niet worden verwaarloosd. Bovendien hebben overstorten een sterk dynamisch karakter. Daarom is gekozen voor een dynamisch één-dimensionaal model met longitudinale dispersie. Het grote bezwaar van een dergelijk model is de noodzaak van gedetailleerde tijdreeksgegevens als invoer.

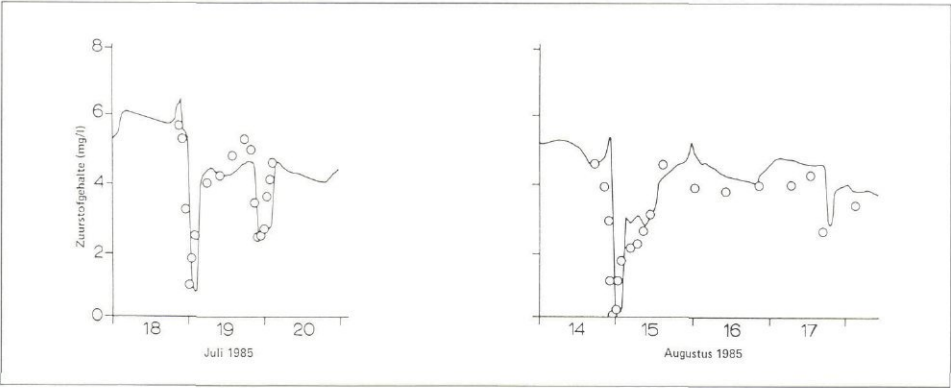
Voor het berekenen van de effecten van de voorgestelde maatregelen over een statistisch voldoende lange periode (enkele jaren is wel het minimum) ontbreken de noodzakelijke tijdreeksen. Bovendien zou de invoer van de bestanden in de computer een zeer tijdrovende bezigheid zijn.

Om toch uitspraken te kunnen doen over de effecten van de voorgestelde maatregelen is daarom een nieuwe methode ontwikkeld [Van Straten, Van Riel en Heins, 1986], gebaseerd op het principe van decompositie en aggregatie [Van Straten en Somlyódy, 1986]. Van belang is hierbij de lineariteit van het zuurstofdeficietmodel, waardoor het mogelijk is overstorten afzonderlijk te bestuderen. De zo berekende deficieten kunnen worden gesuperponeerd op de gemiddelde zomerse waarden. De gemiddelden worden berekend met een eenvoudig stationair model zonder dispersie, waarvoor slechts weinig input-data noodzakelijk zijn. Het gecompliceerde volledig dynamische model met dispersie wordt alleen toegepast voor de berekening van de overstortsituaties. Nadat de modellen zijn gecalibreerd, volgt in de voorspellingsfase een aggregatie waarbij niet het model zelf maar de modeluitkomsten voor een aantal karakteristieke situaties worden toegepast.

4.2. Toegepaste computermodellen

Beide in paragraaf 4.1. genoemde modellen zijn gebaseerd op de klassieke zuurstof-BZV beschrijvingen. Toestandsvariabelen zijn zuurstof, koolstof-BZV, organisch stikstof en NH₄. De gemodelleerde processen zijn biologische afbraak van C-BZV, re-aëratie, ammonificatie, nitrificatie en sediment zuurstofverbruik (SOD). De invloed van algen en waterplanten op het zuurstofgehalte van de Vecht kan worden verwaarloosd. De parameters van het deterministische model zijn hoofdzakelijk bepaald uit de literatuur en gecalibreerd op basis van zuurstofregistraties.

De C-BOD afbraakcoëfficiënt wordt bepaald door de vervuilingsgraad van het water. Met behulp van de formule volgens



Afb. 3 - Calibratie van het dynamische model met dispersie (GELQAM) voor twee episodes.
o metingen; — berekeningen

Wolf [1974] is de waarde voor gemiddelde zomerse condities bepaald op $0,15 \text{ dag}^{-1}$, voor overstortcondities mag een hogere waarde van rond $0,35 \text{ dag}^{-1}$ verwacht worden. De re-aëratie is geschat met de bekende formule van O'Connor-Dobbins, waarbij gecorrigeerd is voor additionele re-aëratie door wind. Een redelijke waarde van de ammonificatiecoëfficiënt voor organisch stikstof is volgens verschillende literatuurbronnen $0,1 \text{ dag}^{-1}$. Het model blijkt niet gevoelig te zijn voor deze constante. De gevoeligheidsanalyse geeft aan dat het model wel gevoelig is voor de waarde van het SOD en de nitrificatiesnelheidscoëfficiënt. Het SOD is bepaald in speciaal ontwikkelde experimenten met ongestoorde sedimentmonsters. De gevonden waarden liggen tussen de 40 en $100 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{h}$, afhankelijk van de locatie. Een dergelijk SOD is verantwoordelijk voor een permanent zuurstofdeficiet van 1 à $1,5 \text{ mg/l}$.

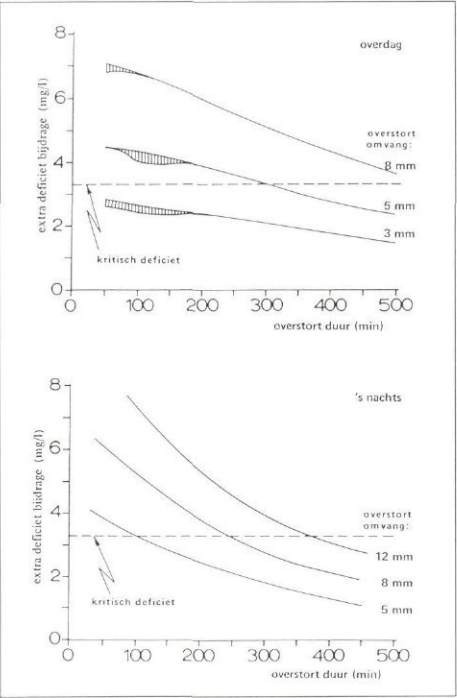
De nitrificatiecoëfficiënt is bepaald door calibratie van het model op een gedetailleerd longitudinaal zuurstofprofiel, waaruit voor

gemiddelde zomerse condities een waarde van $0,35 \text{ dag}^{-1}$ is bepaald. Het voor overstortsituaties gehanteerde dynamische model is een gemodificeerde versie van het GELQAM-model, dat is gebaseerd op het stromende-cel principe, beschreven door De Boer [1979]. De waarde van de longitudinale dispersiecoëfficiënt is afgeleid van een empirische formule volgens Rutherford [1981]. De relatief lage concentratie aan nitrificerende bacteriën tijdens overstorten maakt dat de nitrificatiesnelheidsconstante lager zal zijn dan gemiddeld. De waarde is arbitrair gesteld op $0,1 \text{ dag}^{-1}$. Mogelijke afwijkingen worden verdisconteerd in de totaal-BZV afbraakcoëfficiënt, die door calibratie wordt vastgesteld. In feite komt deze procedure er op neer dat de verschillende zuurstofverbruikende processen tijdens overstorten min of meer worden geaggregeerd in één proces. Het blijkt dat een waarde van $0,37 \text{ dag}^{-1}$ de beste aanpassing van modeluitkomsten en gemeten waarden geeft (zie afb. 3). De uitkomst is uiteraard ook gevoelig voor de

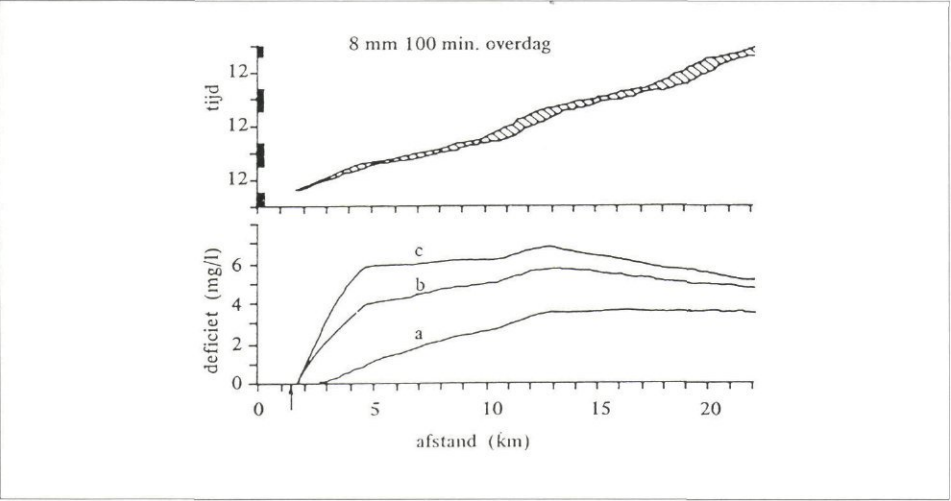
grootte van de totale BZV toevoer tijdens overstorten. Omdat hierover geen harde gegevens voorhanden waren is de omvang van de watertoevoer berekend uit registraties van de overstortduur voor de geregistreerde overstortpunten. De overeenkomstige BZV-belasting is verkregen door het debiet te vermenigvuldigen met het BZV-gehalte dat gemiddeld in het influent van de rwzi-Utrecht aanwezig is tijdens overstortsituaties. Uit cijfers van de Provinciale Waterstaat Utrecht blijkt dat dit gemiddeld 95 mg/l is als BZV-5; in het model is daarom gerekend met een BZV-oneindig van 135 mg/l . Gegeven de genoemde onzekerheden is het resultaat van de calibratie bevredigend. Het faseverschil tussen model en werkelijkheid is hoofdzakelijk toe te schrijven aan afwijkingen in de beschrijving van het transport. Deze afwijking is in het licht van de doelstelling niet van belang.

4.3. *Effecten van een overstort op het zuurstofgehalte*
Het aangepaste GELQAM model vereist een zorgvuldig geconstrueerde input en een groot beslag op de computertijd van een mainframe computer. In de calibratiefase is dit noodzakelijk om een zo goed mogelijke schatting van de systeemparameters te verkrijgen, maar in de voorspellingsfase is dit onpraktisch vanwege het grote aantal gevallen dat moet worden doorgerekend. Om deze reden is besloten een minder gedetailleerde Pascal-versie van het model op te stellen voor een PC. De procesvergelijkingen zijn gelijk, maar het

Afb. 5 - Maximale zuurstofdeficieten in de Vecht ten gevolge van overstorten met een bepaalde duur (min.) en omvang (mm) in de zomer.



Afb. 4 - Voorbeeld van output van het Pascal model.
boven: plaats en tijd in het systeem met zuurstofgehalte onder 2 mg/l ; onder: door de overstort veroorzaakt additioneel zuurstofdeficiet (mg/l)
a. halve segmentlengte buiten het vervuilde segment; b. aan de rand van het vervuilde segment; c. in de vervuilde prop.



belangrijkste verschil is de aanname van een uniforme dwarsdoorsnede. Bovendien wordt een aanzienlijke besparing bereikt door rekening te houden met de blokstructuur van een overstort. Zowel het principe van de stromende cellen als de parameters van het GELQAM model zijn gehandhaafd. Ook het Pascalmodel functioneert naar tevredenheid. Iedere overstortsituatie van een bepaalde hoeveelheid (in mm overstort-water) en duur (in minuten) produceert een prop vervuild water in de Vecht. Het model berekent de BZV en het zuurstofgehalte in deze vervuilde prop en in een serie van aangrenzende watersegmenten gedurende de totale stroomtijd. Ten gevolge van dispersie komt een deel van de vervuiling in de aangrenzende watersegmenten terecht. Een typisch voorbeeld van de uitvoer van het model wordt gegeven in afb. 4. Ten gevolge van de lage stroomsnelheid in de Vecht overdag en het effect van dispersie, is het optredende zuurstofprofiel tamelijk vlak. Het laagste zuurstofgehalte treedt meestal ± 10 km na de lozing op. Berekeningen als gegeven in afb. 4 zijn herhaald voor een groot aantal overstort-situaties. De resultaten voor zomerse condities (watertemperatuur van 20 °C) zijn samengevat in afb. 5, waarbij het maximale extra zuurstofdeficiet dat ergens in de Vecht optreedt als gevolg van de overstort als criterium is gebruikt. (Het punt waar dit gebeurt valt meestal niet samen met een van de gebruikelijke monsterpunten!). In verband met het verschil in initiële verdunning tussen een overstort overdag en een overstort

's nachts zijn de berekeningen voor beide situaties uitgevoerd. Zoals uit een vergelijking van de grafiek voor de dag en de grafiek voor de nacht blijkt, leidt een nachtelijke overstort door het hogere rivierdebiet veel minder snel tot zuurstofproblemen. Uit de grafieken is duidelijk af te lezen dat een gelijke overstorthoeveelheid grotere effecten heeft voor het zuurstofgehalte van de Vecht naarmate de lozingsperiode korter is. De bovengenoemde berekeningen zijn tevens uitgevoerd voor winterse condities, waarbij een BZV-afbraakcoëfficiënt van 0,17 dag⁻¹ (bij 10 °C) is gehanteerd.

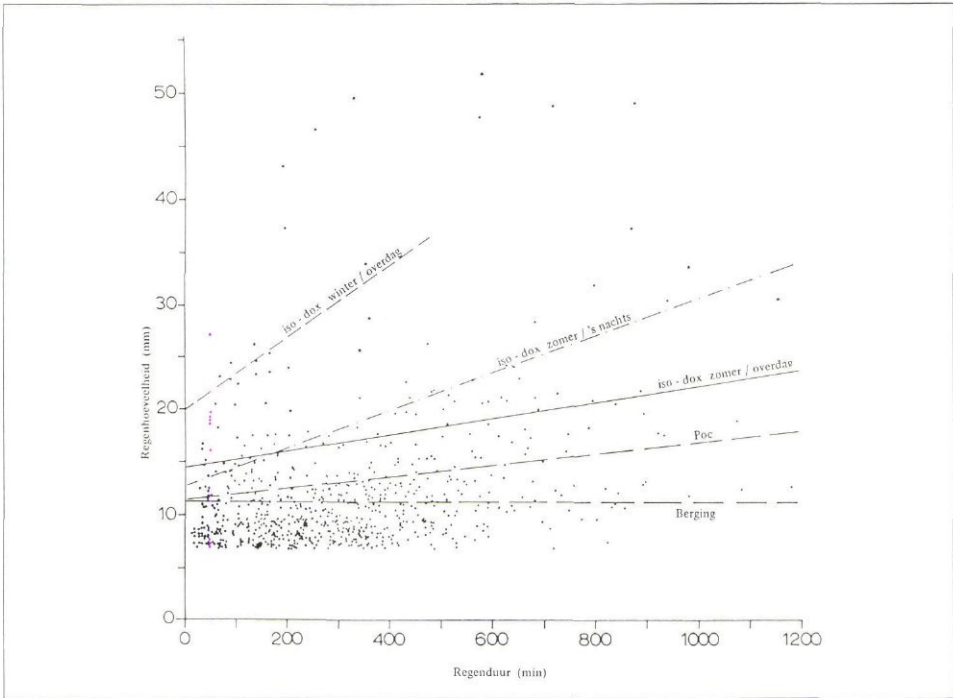
4.4. Frequentie van optreden van lage zuurstofgehalten
Nadat de modelberekeningen zijn uitgevoerd dient de frequentie van optreden van lage zuurstofgehalten voor de verschillende saneringsalternatieven te worden vastgesteld. Het uitgangspunt van de frequentieberekeningen is de hoeveelheid-duur grafiek van de neerslag over een periode van 37 jaar voor De Bilt (de bekende stippengrafiek). In deze grafiek wordt de bergingscapaciteit van de riolering aangegeven door een rechte lijn. Ten gevolge van de pompovercapaciteit (Poc) van de rvzi-Utrecht wordt gedurende de regenval een bepaalde hoeveelheid rioolwater weggepompt. In de grafiek wordt dit weergegeven door een lijn met een helling gelijk aan de Poc. Theoretisch zal iedere regenvalgebeurtenis boven de lijn tot een overstort leiden. De hoeveelheid-duur grafiek van de neerslag wordt in Nederland regelmatig gebruikt voor

de berekening van rioleringssystemen. De grafiek kan echter ook gebruikt worden voor het construeren van equi-zuurstof-minimum lijnen ('iso dissolved oxygen line: 'iso-dox') waarbij de berekeningen volgens afb. 5 worden gebruikt. Allereerst wordt een waarde gekozen voor het kritische zuurstofgehalte. In deze studie is de grens in overleg met PW Utrecht gelegd bij 2 mg/l. Dit is in overeenstemming met de door veel waterbeheerders opgedane ervaring dat kortstondige dalingen van het zuurstofgehalte tot 2 mg/l niet leidt tot vissterfte. Voor de vergelijking van de verschillende alternatieven is de waarde overigens niet zo belangrijk. Bij een hogere grens zal de frequentie waarmee het zuurstofgehalte hieronder komt uiteraard groter zijn, maar dit geldt voor alle alternatieven in ongeveer dezelfde mate. Gegeven het achtergronddeficiet van 4,0 mg/l en de verzadigingswaarde van zuurstof betekent dit dat het kritische extra deficiet door een overstort in de zomer ligt op 3,2 mg/l. In de afb. 5 kan nu (eventueel via interpolatie) worden afgelezen welke combinaties van overstortduur en overstortomvang tot dit deficiet zouden leiden. Deze kunnen nu vanuit de oorsprong worden geprojecteerd op de gegeven Poc plus bergingslijn, zodat een lijn ontstaat die de grens aangeeft tussen buien die een overstort geven met een groter en een kleiner deficiet dan het kritische deficiet. Deze lijn is de gezochte 'iso-dox'. Als voorbeeld zijn in afb. 6 de 'iso-doxes' weergegeven van optie 3. Nadat de 'iso-doxes' zijn ingetekend kan op eenvoudige wijze de frequentie van overschrijden van de gestelde 2 mg/l-grens worden bepaald. Bij het bepalen van de overstortfrequentie is nog van belang dat de neerslagstatistieken aangeven dat 30% van de overstortsituaties optreden gedurende de nacht. Verder geldt dat $\pm 25\%$ van de overstortsituaties optreden tijdens de winter. Ter correctie van de beide genoemde invloeden worden voor alle combinaties dag-nacht, zomer-winter 'iso-doxes' opgesteld, wordt voor elk de frequentie van overschrijden van de 2 mg/l-grens bepaald en wordt daaruit tenslotte de gewogen gemiddelde overschrijding van de 2 mg/l-grens berekend. Uit de berekeningen volgt dat winterse overstortsituaties nauwelijks tot zuurstofproblemen in de Vecht leiden. De gehele procedure is uitgevoerd voor alle voorgestelde saneringsalternatieven.

5. Resultaten

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in tabel I. De bovenstaande cijfers hebben betrekking op de meest waarschijnlijke gemiddelde jaarlijkse frequentie. Uiteraard zullen van jaar tot jaar verschillen optreden, afhankelijk

Afb. 6 - Equi-zuurstof-minimum lijnen ('iso-doxen') in de 37-jarige hoeveelheid-duur neerslaggrafiek voor optie 3. Neerslag gebeurtenissen boven de 'iso-doxen' veroorzaken zuurstofgehalten onder de 2 mg/l.



TABEL I – Overstortfrequentie en frequentie van overschrijden van de 2 mg O₂/l-grens in de Vecht.

Optie	Jaarlijkse frequentie	
	overstorten	Onderschrijding van de 2 mg O ₂ /l grens
0. geen actie	40	20
1. uitbreiding rwzi	18	4
2. uitbreiding van de riolering	16	6
3. combinatie van 1 en 2	5	2

van de meteorologische condities. Bovendien hebben de uitkomsten een onzekerheidsgrens die moeilijk precies is aan te geven. De betrouwbaarheidsmarge wordt uit drie elementen opgebouwd. In de eerste plaats zijn de zuurstofberekeningen afhankelijk van de kennis over optredende processen. Vooral de kennis over nitrificatie, coagulatie, adsorptie en bezinking gedurende overstorten is beperkt. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat er wel merkbare invloeden op het zuurstofgehalte zijn maar dat de invloed op de resultaten volgens tabel I gering is. In de tweede plaats is er onzekerheid over de invloed die de onderscheiden maatregelen zullen hebben op het BZV-gehalte van het overstortende water. Er is echter heel wat voor nodig om in de zuurstofonderschrijding een fout van eenmaal/jaar naar boven of naar beneden te maken. De grootste bron van eventuele afwijkingen is de mate waarin de stippengrafiek geldig is. In dit opzicht is de betrouwbaarheid vergelijkbaar met die van de gebruikelijke ontwerpberekeningen voor rioolstelsels. Ondanks de genoemde onzekerheden blijft onderlinge vergelijking van alternatieven mogelijk, want eventuele afwijkingen werken voor alle opties in dezelfde richting. Een effect waarmee in geen der opties rekening is gehouden is de vermoedelijke daling van het SOD. Deze zal bij opties 1 en 2 ongeveer in dezelfde mate optreden, en in optie 3 het meest. Dientengevolge zal de werkelijke zuurstofsituatie ook in de periodes buiten overstorten iets gunstiger zijn dan berekend, en wel het meest bij de meest vergaande maatregel.

6. Discussie en conclusies

Uitbreiding van de rwzi-Utrecht (optie 1) leidt tot een hogere overstortfrequentie dan de uitbreiding van de riolering van de stad Utrecht (optie 2). Het effect van optie 1 op het zuurstofgehalte van de Vecht is echter beter, doordat de vergrote pompcapaciteit de resterende vuillast verkleint. Als in de beschouwing ook de verbetering van de gemiddelde zomerse situatie buiten overstortperiodes om wordt betrokken, verdient uitbreiding van de rwzi-Utrecht zeker de voorkeur, in het bijzonder als wordt genitrificeerd. Het is echter duidelijk dat, ter minimalisatie van de zuurstofproblemen in

de Vecht, beide uitbreidingen gewenst zijn. Gezien het verschil in de effecten van de overstorten overdag en 's nachts (als gevolg van verschillen in debiet), kan een operationeel beheer van de doorspoeling van de stadsgrachten een interessante mogelijkheid zijn voor een verdere verbetering van de waterkwaliteit van de Vecht.

Slotopmerking

Het beschreven onderzoek was onderdeel van een project uitgevoerd door de onderzoeksgroep Milieusysteemtechnologie van de Universiteit Twente, in opdracht van de Provinciale Waterstaat Utrecht. Aan dit onderzoek hebben medewerkers van de Provinciale Waterstaat Utrecht, studenten van de Technische Universiteit Delft en de Universiteit Twente, en medewerkers van de gemeente Utrecht een belangrijke bijdrage geleverd.

Literatuur

Boer, B. de (1979). *A moving cell model of the dissolved oxygen and phytoplankton dynamics in rivers.*, Hydrological Sciences Bulletin, 24,2,6, pp. 199-211.
Koot, A. C. J. (1977). *Inzameling en transport van rioolwater*. Waltman Publ., Delft, 262 pp.
Rutherford, J. C. (1981). *Handbook of mixing in rivers*. National Water and Soil Conservation Organisation, Wellington. Water & Soil Miscellaneous Publication, no. 26.
Straten, G. van, Riel, P. H. van and Heins, J.C. (1986). *Model-based assessment of effects of stormwater overflow management alternatives uopn low dissolved oxygen occurrence in the receiving stream*. Verslagen en mededelingen van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, No. 36, pp. 221-233.
Straten, G. van and Somlyody, L. (1986). *Decomposition and aggregation*. Chapter 2 in: *Modelling and managing shallow lake eutrophication*. Somlyody, L. and G. van Straten (eds.). Springer Verlag, Berlin, pp. 17-25.
Wolf, P. (1974). *Simulation des Sauerstoffhaushaltes in Fliessgewässern*. Kommissionsverlag R. Oldenbourg, München, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, 53.



Procesregeling en automatisering

- Slot van pagina 224

hogere eisen aan de kwaliteit en de constantheid hiervan gesteld worden, omdat een sterk geautomatiseerd proces over het algemeen beter aan deze eisen kan voldoen, en in de verdere verwerking van de produkten kan dit leiden tot lagere toleranties bij het eindprodukt, dus minder uitval, lagere onderhoudskosten, geringe voorraadskosten, etc. De kwaliteitscontrole zal in de toekomst sterker geautomatiseerd worden omdat er steeds meer apparatuur hiervoor beschikbaar komt en ook de laboratoriumautomatisering sterk in opkomst is.
– *Dienstverlening*. In toenemende mate wordt dienstverlening op zowel het technische als het commerciële vlak vereist. Wil men hieraan kunnen voldoen, dan zal men met vrucht gebruik kunnen maken van de

integratie van de diverse automatiserings-systemen binnen het bedrijf zodat op adequate, snelle en eenduidige wijze kan worden ingegaan op vragen van afnemers en klanten. Niet alleen kan hierdoor de snelheid van dienstverlening toenemen maar ook de kwaliteit.

Er is nog een lange maar interessante weg te gaan om een goede verbinding tot stand te brengen tussen Management Information Systems (MIS) en Process Control Systems (PCS). Twee werelden, zowel wat betreft achtergrond, technische oplossingen, bedrijfsorganisatie en verantwoordelijkheid dienen naar elkaar toe te groeien. Het is duidelijk dat zelfs indien technische oplossingen voorhanden komen, een snelle invoering nog lang op zich kan laten wachten indien niet gelijktijdig de organisatie en de mensen in deze organisatie zich aanpassen.



Nieuwe ontwerp-normen en -NPR's verschenen

Bij het Nederlands Normalisatie-instituut zijn onlangs de volgende ontwerp-normen en -praktijkrichtlijnen verschenen:
NEN 6261 Bacteriologisch onderzoek van water – Kwantificeren van Escherichia coli met behulp van de membraanfiltratie-methode;
NPR 6262 Toelichting bij het onderzoek volgens NEN 6261;
NEN 6523 Water – Een methode voor de berekening van het gehalte aan waterstof-carbonaat, koolstofdioxide en carbonaat uit het gehalte aan totaal koolstofdioxide en de pH;
NEN 6533 Water – Bepaling van de agressiviteit ten opzichte van calcium-carbonaat en berekening van de verzadigingsindex;
NEN 6536 Water – Ontzuring met chemicaliën en basische filters;
NPR 6538 Toelichting bij NEN 6533 en NEN 6536;
NEN 6675 Water – Bepaling van het gehalte aan minerale olie met behulp van infrarood-spectrofotometrie (herziening van NEN 6673).
Exemplaren van de ontwerpen zijn verkrijgbaar bij het NNI, Kalfjeslaan 2, Postbus 5059, 2600 GB Delft, tel. 015 - 61 10 61.