

Inleiding

Het Waterschap Regge en Dinkel wil het waterbeheer in het stroomgebied van de Regge verder optimaliseren. Daarbij gaat het zowel om de waterkwaliteit – het beheersen van hoge afvoeren en het tegengaan van verdroging – als om het functioneren van de watersystemen in ecologisch opzicht. Als middelen zullen onder meer worden ingezet:

houdkundige maatregelen staat (echter) nog niet vast.

Bij het zoeken naar een optimum kan het modelmatig 'simuleren' van de verschillende maatregelpakketten een goed hulpmiddel zijn. Witteveen+Bos heeft in opdracht van het Waterschap Regge en Dinkel een vooralsnog eenvoudig simulatiemodel ontwikkeld [Witteveen+Bos,

Samenvatting

Het Waterschap Regge en Dinkel wil het waterbeheer in het stroomgebied van de Regge verder optimaliseren. Kwantificering van de gevolgen van mogelijke maatregelen voor de waterkwaliteit in een dergelijk complex stroomgebied kan alleen met behulp van simulatiemodellen. Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v. heeft daarom het stroomgebied gemodelleerd met het recent ontwikkelde waterkwaliteitsmodel DUFLOW. Over het algemeen bleek DUFLOW een geschikt instrument om effecten van herstelmaatregelen zowel voor de hydrologie als voor de waterkwaliteit door te rekenen. Een beperking van DUFLOW bleek de neerslag-afvoerrelatie; daarvoor is een aanvullende module ontwikkeld. Uit het doorrekenen van verschillende scenario's is gebleken dat vergaande verbetering in het Reggesysteem te bereiken is met het verplaatsen van zuiveringsinstallaties en het scheiden van de waterlopen in een meer en een minder met stedelijk (afval)water belaste tak. Of de doelstellingen van de algemene milieukwaliteit (AMK-2000) óók haalbaar zijn, is nog onzeker.



R. M. VAN DEN BOOMEN
Witteveen+Bos
raadgevende ingenieurs b.v.



A. P. SALVERDA
Witteveen+Bos
raadgevende ingenieurs b.v.



E. J. B. UUNK
Waterschap Regge en Dinkel



C. ROOS
Witteveen+Bos
raadgevende ingenieurs b.v.

– maatregelen in het stroomgebied, zoals de aanleg van retentiebekkens en de sanering van lozingen;

– maatregelen in de watersystemen zelf, zoals de (her)inrichting van watersystemen inclusief oevers, de aanleg van vistrappen en de sanering van waterbodems.

Een aantal maatregelen (milieuvriendelijke herinrichting van delen van de Regge, aanleg van vistrappen) is al gerealiseerd. Ook van derden (rijk, provincie Overijssel, waterleidingbedrijven en gemeenten) worden bijdragen verwacht, vooral voor de bestrijding van verdroging en vermessing, om van een zo groot mogelijk deel van het Reggesysteem weer een aantrekkelijk, multifunctioneel watersysteem te maken.

Voor de optimalisatie van de waterkwaliteit ziet het Waterschap in het bijzonder goede mogelijkheden in een combinatie van brongerichte maatregelen, gericht op het terugdringen van lozingen van gezuiverd en ongezuiverd rioolwater, en een herverdeling van het water in een minder en een meer met stedelijk (afval-)water belast deelsysteem. In de 'landelijke' tak kunnen op deze wijze betere randvoorwaarden voor natuurontwikkeling ontstaan. Voor de 'stedelijke' tak zou de Algemene Milieu Kwaliteit [Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 1989] (inmiddels qua terminologie vervangen door het begrip grenswaarde) als voorlopige doelstelling kunnen gelden. Hoe de maatregelen er precies uit moeten zien, wat ze kunnen opleveren en waar het optimum ligt tussen brongerichte en waterhuis-

1993]. Daarvoor is, voor het eerst op deze schaal, gebruik gemaakt van het nieuwe DUFLOW-model [STOWA, 1992], waarin zowel de waterkwaliteit als de waterkwaliteit zijn opgenomen.

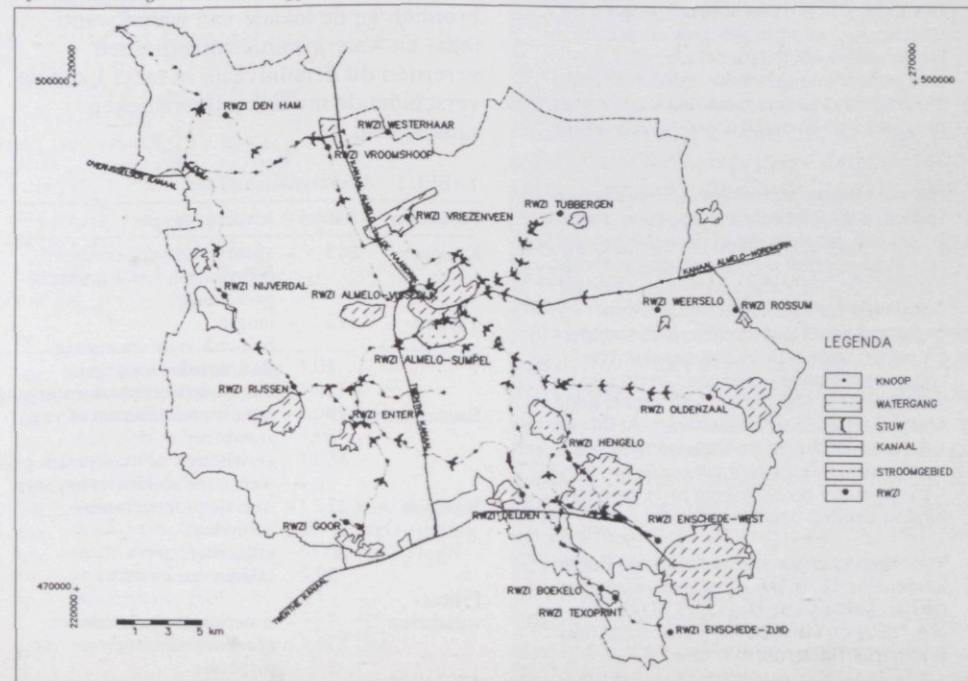
In dit artikel wordt eerst kort ingegaan op het stroomgebied van de Regge. Na een toelichting op het gebruikte simulatiemodel worden de resultaten van enkele beheersmaatregelen gepresenteerd.

Het Reggesysteem

Het stroomgebied van de Regge kan

worden gekenschetst als een beken-systeem. Het gebied wordt aan de noordzijde begrensd door de Vecht, aan de

Afb. 1 - Stroomgebied van de Regge zoals opgenomen in de modelschematisatie.



oostzijde door de stuwwallen van Ootmarsum en Oldenzaal/Enschede, aan de zuidzijde door de Buurserbeek/Schipbeek en aan de westzijde door de Sallandse Heuvelrug. In de modelstudie is het stroomgebied ten zuiden van het Twentekanaal (watert nu af op dit kanaal) niet meegenomen (zie afb. 1). Het modelgebied beslaat een oppervlakte van circa 83.000 ha. Het gebied kenmerkt zich door relatief grote hoogteverschillen, aflopend van NAP +85 m op de stuwwallen aan de oostzijde tot NAP +4 m bij de uitstroming van de Regge in de Vecht. Door het hellende karakter van het gebied en de wens het water in droge tijden te kunnen conserveren, zijn vrijwel alle beken gestuwd. In het gebied komen overwegend zandgronden voor, met ondiep voorkomende leemlagen (Formatie van Twente). Hierdoor komt de neerslag relatief snel tot afvoer. De belangrijkste bronnen van water en stoffen zijn: de af- en uitspoeling vanuit het landelijk gebied en de effluents van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's). Het aandeel van het effluent in de totale afvoer van de Regge is over het jaar gemiddeld gezien zo'n 25%. Verder spelen lozingen vanuit stedelijke rioolstel-

DUFLOW

Om de waterkwaliteit in het Reggesysteem te modelleren is gekozen voor DUFLOW versie 2.01, een één-dimensionaal model voor de simulatie van stroming en reactieprocessen in open waterlopen [STOWA, 1992]. Naast een hoge gebruikersvriendelijkheid heeft dit model als voordeel dat op zeer eenvoudige wijze door de gebruiker waterkwaliteitsprocessen kunnen worden toegevoegd. De waterkwaliteitsmodule van DUFLOW kan als een soort schil worden beschouwd waarbinnen allerlei verschillende waterkwaliteitsbeschrijvingen kunnen worden aangemaakt, van eenvoudige stofbalansen van conservatieve stoffen tot ingewikkelde dynamische ecosysteemmodellen.

Het model gaat uit van een schematisatie van het watersysteem in knopen en takken. De takken representeren de watergangen, terwijl de knopen de koppelingselementen vormen. Op het watersysteem kunnen verschillende randvoorwaarden worden opgelegd zoals waterpeilen, instromingen en puntlozingen. DUFLOW berekent de waterkwaliteitsveranderingen in de takken/watergangen. Met behulp van vooraf gedefinieerde reactieprocessen kan het lot van bepaalde stoffen in de watergangen worden bepaald. Deze reactieprocessen kunnen als nulde en als eerste orde vergelijkingen worden opgegeven.

Voor toepassingsmogelijkheden en beperkingen van DUFLOW wordt verwezen naar de handleiding van DUFLOW [STOWA, 1992] en een publikatie van [Van den Boomen & Salverda, in press.].

sels, verspreide afvalwaterlozingen in het landelijke gebied en de inlaat van water aan de randen van het gebied nog een rol.

Vooraf in de zomer komen lange verblijftijden voor in de gestuwde panden van de hoofdwatgangen. De waterkwaliteit van het systeem laat dan regelmatig te wensen over. Er ontstaan hoge concentraties fosfor en stikstof en er is periodiek een sterke groei van waterplanten en algen. Voornamelijk in de maanden augustus en september worden lage zuurstofconcentraties aangetroffen (2 à 3 mg O₂/l) [Waterschap Regge en Dinkel, 1991].

Simulatiemodel

Door de complexiteit van de problematiek (fluctuaties in tijd en plaats, afhankelijkheid van aanvoer van water en stoffen, onderlinge interactie van stoffen, interactie van water met compartimenten bodem en lucht etc.) is het gebruik van een simulatiemodel wenselijk. Om de waterkwaliteit in het Reggesysteem te modelleren is gekozen voor het vernieuwde waterkwantiteits- en -kwaliteitsmodel DUFLOW (zie kader). Er is gekozen voor een grove modelschematisatie met het oog op de aard van de studie (richtinggevend), de wens om het gehele stroomgebied te betrekken en de verwachte beperkingen van DUFLOW voor het aantal knopen en takken. Zelfs voor een grofmazige modelschematisatie bleken voor dit fijnvertakte gebied toch nog zo'n 240 knopen noodzakelijk. De aanwezigheid van vele kunstwerken (o.a. verdeelwerken), de substantiële veranderingen van dwarsprofiel van de watergangen, de lokatie van verontreinigingsbronnen en de lokatie van waterkwantiteits- en waterkwaliteitsmeetpunten vereisten dit detailniveau. In tabel I zijn de verschillende modelkarakteristieken samengevat.

TABEL I - Modelkarakteristieken.

Parameter	Aantal	Invoergegevens
Knopen	245	- afwaterende oppervlakten coördinaten (voor grafische presentatie)
Takken	172	- lengte bodemoogte watergang dwarsprofiel watergang stromingsweerstand watergang
Kunstwerken	79	- type stuw (automaat of vast) stuwbreedte stuwhoogte of in te stellen peil weerstandcoëfficiënten stuw
Bronnen	47	- neerslag (deelstroomgebieden) effluents rwzi's inlaten (en uitlaten)
Procesvariabelen	7 23 1	- waterkwaliteitsvariabelen procescoëfficiënten dispersie

Het watersysteem wordt voornamelijk gevoed door neerslag en de afvoer van effluent van 20 rwzi's (variërend van 1400 tot 170000 i.e.). In de zomer wordt het watersysteem aangevuld met inlaatwater uit het Twentekanaal en het kanaal Almelo-de Haandrik (15% van de gemiddelde zomerafvoer). De afvoer van neerslag is echter substantieel in de totale afvoer van het Reggesysteem (45% en 80% in de zomer respectievelijk de winter van 1991).

Voor het beschrijven van de afvoer van neerslag in een landelijk gebied is het model DUFLOW uitgerust met een (te) eenvoudige benadering. Via het model ingevoerde neerslag komt zonder vertering direct tot afvoer. Bovendien kan aan deze waterstroom geen waterkwaliteit worden gekoppeld. Dit probleem is opgelost door het stroomgebied van de Regge op te delen in 47 deelstroomgebieden en voor elk deelgebied de neerslag via een externe rekenmodule (Unit-hydrograph) om te rekenen naar een afvoer (tijdsafhankelijk). Voor de waterkwaliteit van de verschillende deelgebieden is de gemiddelde kwaliteit genomen van daarin gelegen, niet door grote afvalwaterlozingen beïnvloede, oppervlaktewateren. Op deze wijze wordt indirect rekening gehouden met velerlei processen in bodem en water die optreden tussen het vallen en het afvoeren van neerslag. De hydrologie van het model is gekalibreerd aan de hand van bestaande gegevens van peilregistraties en debietmetingen van twee stuwen (Overwater en Archem). Bij een neerslagafvoer van 0,1 l/s/ha in een winter- en 0,025 l/s/ha in een zomergemiddelde situatie bleek de afwijking tussen gemeten en berekende afvoer bij de stuwen respectievelijk 2 en 8% te bedragen. De afwijking wordt deels veroorzaakt door onzekerheid over de werking van een verdeelwerk nabij Almelo.

De fouten in de waterbalans werken door in de simulaties voor de waterkwaliteit. Dit geldt zowel voor de lozingen als voor het oppervlaktewater. De met het model berekende chlorideconcentraties wijken zo'n 20 tot 25% af van de gemeten waarden. De afwijkingen vinden voornamelijk plaats in de watergangen benedenstrooms Almelo.

Om inzicht te verkrijgen in de nutriënten- en de zuurstofhuishouding van het Reggesysteem, is een waterkwaliteitsmodule ontwikkeld gebaseerd op de systeemvariabelen Cl, O₂, BZV, NH₄, NO₃, N_{org}, N_{totaal} en P_{totaal}. De onderlinge interactie van

deze variabelen (zoals oxydatie, nitrificatie en denitrificatie) is met behulp van 0^e- en 1^e-orde en Monod-vergelijkingen gedefinieerd [STOWA, 1992; Monod, 1949; Witteveen+Bos, 1993]. Voor kalibratie van de waterkwaliteitsprocessen zijn voor de verschillende procescoëfficiënten in eerste instantie literatuurwaarden gebruikt [Ambrose, 1988; Kessel, 1976; Van der Molen, 1992; Van Riel, 1985; STOWA, 1992]. Via optimalisatie zijn deze coëfficiënten bijgesteld. In tabel II zijn de voornaamste reactieprocessen en de voor de zomersituatie gebruikte procescoëfficiënten weergegeven.

De stikstofhuishouding bleek met de modelvergelijkingen redelijk goed te kalibreren. Alleen in de zomer worden de NO₃-concentraties door het model enigszins overschat. Mogelijke oorzaken hiervan zijn dat het model geen rekening houdt met de nitraatopname door algen en planten en/of een onderschatting van de denitrificatie.

Ook de fosforhuishouding bleek met de eenvoudige benadering goed te modelleren. Het model berekent dat 's winters in de 'landelijke' tak zo'n 15% van het geloosde totaal-P in de watergangen achterblijft (o.a. door bezinking) tegen 30% in de 'stedelijke' tak. In de zomer is dit respectievelijk 60 en 45%.

De zuurstof- en de organische-stofhuishouding (uitgedrukt als BZV) bleken alleen voor de wintersituatie acceptabel te

TABEL III - Maatregelen voor de verschillende beheersscenario's.

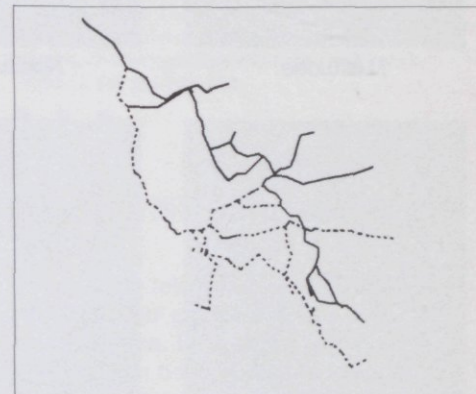
Scenario	Scheiding waterlopen + verplaatsing enkele rwzi's	RAP/NAP op enkele rwzi's	Verplaatsing enkele extra rwzi's	Vergaande maatregelen op rwzi's
huidig	-	-	-	-
scenario A	+	-	-	-
scenario B	+	+	-	-
scenario C	+	+	+	-
scenario D	+	+	+	+

kalibreren. De grote spreiding in de zomer van zowel BZV als van O₂ in de verschillende watergangen wordt met de huidige modelbeschrijving slechts matig beschreven. Dit komt vooral door de zeer eenvoudige benadering van de algenontwikkeling in het model in combinatie met het ontbreken van relaties tussen waterplanten en de zuurstofhuishouding en het ontbreken van zuurstofinslag bij stuwen. Anderzijds stonden onvoldoende meetgegevens ter beschikking om de dynamiek van de zuurstofhuishouding (o.a. dag/nacht ritme) goed te kunnen toetsen.

Beheersscenario's

Met behulp van het model kunnen de effecten van inrichtings- en beheersmaatregelen op zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het water worden doorgerekend. In de studie zijn bij wijze van voorbeeld vier herstelsenario's doorgerekend. De scenario's zijn in tabel III weergegeven. Alle scenario's veronderstellen een scheiding van de waterstromen in een landelijke en een stedelijke tak. Deze maatregel wordt door het waterschap overwogen om in een zo groot mogelijk gedeelte van het stroomgebied de natuur-

lijke ontwikkelingsmogelijkheden meer kansen te bieden. Afkoppeling van stedelijke afvoeren betekent potentieel een verbetering niet alleen voor de waterkwaliteit, maar ook voor de kwantitatieve waterhuishouding (mits vanuit het landelijke gebied een zekere basisafvoer kan worden gehandhaafd). De landelijke tak bestaat uit de watergangen van de boven, de midden en de beneden Regge, de Twickelervaart en de Loolee. De stedelijke tak bestaat uit de Elsbeek, de Bornsebeek, het Lateraalkanaal, de Hollandergraven en de Linderbeek. In afbeelding 2 is de scheiding van de waterlopen grafisch weergegeven.



Afb. 2 - Scheiding watersysteem van de Regge in een landelijke (gestippelde lijn) en een stedelijke tak (doorgetrokken lijn).

TABEL II - Reactieprocessen en procescoëfficiënten.

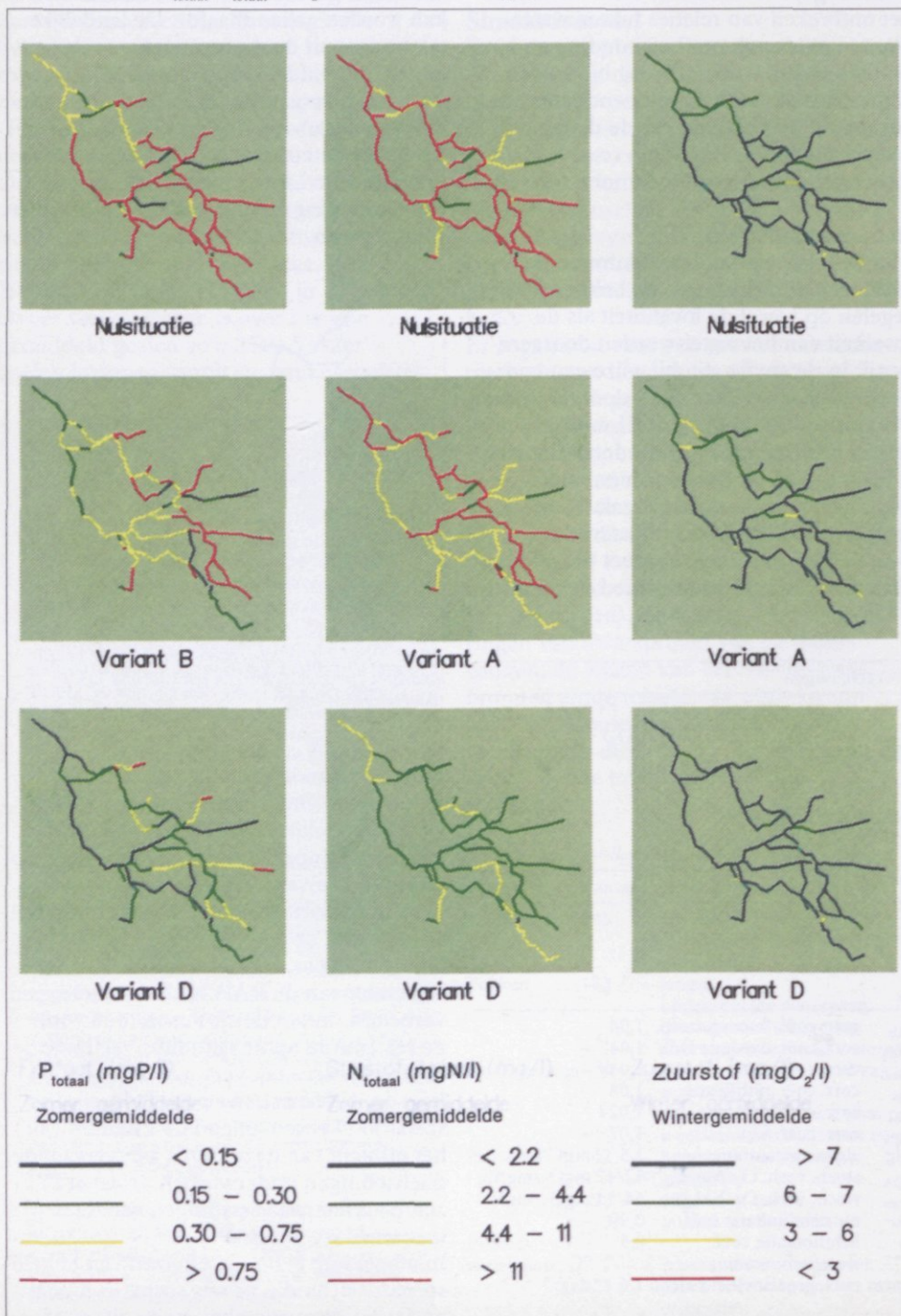
Variabele Processen	(deel) reactie vergelijkingen
Zuurstof	- Oxydatie org. stof $+ K_{BZV} * t_{BZV}^{T-20} * (O_2/O_2 + K_{BZVO}) * (1/(1 - e^{-5 + K_{BZV5u}}) * BZV$
	- Reaëratie vanuit lucht $+ 3,94 * (v)^{0,5} * (z) - 1,5 * t_{re}^{T-20} * (1/z) * (C_s - O_2)$
	- nitrificatie van NH ₄ $- K_{nit} * t_{nit}^{T-20} * (O_2/O_2 + K_{nit0}) * NH_4 * a_{ON}$
	- Sediment Zuurstof Verbruik $- K_{SZV} * t_{SZV}^{T-20} * (1/z) * O_2$
	- Primaire prod./resp. algen $+ t_{alg}^{T-20} * (\mu_{max} * F_n * F_j - K_{resp}) * Alg * a_{OA}$
BZV	- oxydatie org. stof $- K_{BZV} * t_{BZV}^{T-20} * (O_2/O_2 + K_{BZVO}) * BZV$
NH ₄	- mineralisatie van N _{organisch} $+ K_{min} * t_{min}^{T-20} * N_{org}$
	- nitrificatie van NH ₄ $- K_{nit} * t_{nit}^{T-20} * (O_2/O_2 + K_{nit0}) * NH_4$
NO ₃	- nitrificatie van NH ₄ $- K_{nit} * t_{nit}^{T-20} * (O_2/O_2 + K_{nit0}) * NH_4$
	- denitrificatie van NO ₃ $- K_{den} * t_{den}^{T-20} * (K_{den0}/O_2 + K_{den0}) * NO_3$
N _{organisch}	- mineralisatie van N _{organisch} $- K_{min} * t_{min}^{T-20} * N_{org}$
P _{totaal}	- verdwijnterm $- K_{restP_{tot}} * P_{tot}$
k _{BZV}	oxydatie Cte BZV 20°C 0,10 dag ⁻¹ t _{Alg} corr. coëf. fotosyn./resp. 1,04 -
k _{BZVO}	monod Cte BZV 2,0 mg O ₂ /l t _{BZV} corr. coëf. oxydatie BZV 1,047 -
k _{BZV5u}	conversiecoëf. BZV5-BZVu 0,2 - t _{den} corr. coëf. denitrificatie 1,045 -
k _{den}	denitrificatie Cte NO ₃ 20°C 0,25 dag ⁻¹ t _{nit} corr. coëf. nitrificatie 1,08 -
k _{den0}	monod Cte denitrificatie 0,5 mg O ₂ /l t _{re} corr. coëf. reaëratie 1,024 -
k _{min}	mineralisatie Cte N _{org} 20°C 0,05 dag ⁻¹ t _{SZV} corr. coëf. SZV 1,07 -
k _{nit}	nitrificatie Cte NH ₄ 20°C 0,5 dag ⁻¹ Alg algenconcentratie 1,5 mgC/l
k _{nit0}	monod Cte nitrificatie 2,0 mg O ₂ /l a _{OA} stoch. verh. O ₂ /Algen 32/12 mgO ₂ /mgAlg
k _{re}	reaëratiecoëf. 20°C m/dag a _{ON} stoch. verh. O ₂ /NH ₄ 64/14 mgO ₂ /mgN
k _{resp}	endogene respiratie coëf. 0,12 dag ⁻¹ F _n nutriëntlimitatie coëf. 0,99 -
k _{SZV}	correctiecoëf. SZV/O ₂ 0,30 m/dag F _j lichtlimitatie coëf. 0,5 -
k _{restProt}	rest-coëf. voor totaal-P 0,18 dag ⁻¹ T watertemperatuur °C
v	stroomsnelheid m/s μ _{max} max. groeisnelheid algen 1,6 dag ⁻¹
z	waterdiepte m

In scenario A is aanvullend op de scheiding van het watersysteem het effluent van enkele grote rwzi's verplaatst van de landelijke naar de stedelijke tak (Almelo-Sumpel, Enschede-Zuid, Boekelo en een textielveredelingsbedrijf). In het tweede scenario (B) is de kwaliteit van het effluent van de rwzi's van Enschede-West, Hengelo, Goor, Oldenzaal, Nijverdal en Rijsen tot aan de RAP/NAP doelstellingen verbeterd. In het derde scenario (C) zijn de resterende op de landelijke tak lozende rwzi's van deze tak verwijderd (Enter, Rijssen, Nijverdal, Goor en Delden). In scenario D is aanvullend de kwaliteit van het effluent van deze rwzi's aan vergaande doelstellingen onderworpen. In tabel IV zijn de effluentdoelstellingen van de scenario's weergegeven. In afbeelding 3 zijn de effecten van enkele scenario's (huidig versus scenario A of B en D) op de nutriënten- en de zuurstof-

TABEL IV - Effluent doelstellingen rwzi's voor de verschillende beheersscenario's.

Variabele	Eenheid	RAP/NAP t.b.v. scenario B en C		Vergaande doelstelling t.b.v. scenario D	
		Zomer	Winter	Zomer	Winter
BZV	mg O ₂ /l	-	-	< 2	< 2
O ₂	mg O ₂ /l	-	-	> 6	> 6
NH ₄	mg N/l	< 2	< 4	< 0,5	< 1,5
NO ₃ (1)	mg N/l	< 3	< 7	< 3	< 7
N _{org} (1)	mg N/l	< 1	< 3	< 0,5	< 1,5
P _{totaal} < 100.000 ie	mg P/l	< 1	< 1	< 0,2	< 0,2
P _{totaal} < 100.000 ie	mg P/l	< 2	< 2	< 1	< 1

(1) De RAP/NAP-doelstellingen voor N_{org} en NO₃ zijn door het Waterschap afgeleid uit de doelstelling voor N_{totaal}.

Afb. 3 - Berekende P_{totaal}, N_{totaal} en O₂ concentraties in het Reggesysteem voor enkele beheersscenario's.

huishouding weergegeven. De afbeeldingen representeren een zomergemiddelde situatie. Van de zuurstofconcentraties zijn echter wintergemiddelde concentraties weergegeven. De kalibratie leverde te onnauwkeurige resultaten op om voor zuurstof een verantwoorde scenariovergelijking voor een zomergemiddelde situatie te kunnen maken.

Uit de simulatieresultaten kan worden afgeleid dat de scheiding van de waterlopen en de verplaatsing van enkele rwzi's resulteert in een duidelijke verbetering van de waterkwaliteit in de landelijke tak (zie afb. 2). Dit geldt vooral voor het bovenstroomse deel van de Regge. In de stedelijke tak verslechtert de kwaliteit van het water iets door de scheiding van de waterlopen, zonder aanvullende maatregelen. Het uitvoeren van de RAP/NAP doelstellingen op de rwzi's verbetert de situatie in zowel de landelijke als de stedelijke tak (met uitzondering van BZV). Vergaande maatregelen op de rwzi's (scenario D) resulteren in duidelijke verbetering in zowel de landelijke als de stedelijke tak. In de winter kan de AMK-norm (grenswaarde) voor totaal-fosfaat waarschijnlijk niet worden gehaald. In de zomer lukt dit in een groot deel van de landelijke tak wel voor totaal-fosfaat. Totaal-stikstof blijft in zowel de landelijke als in de stedelijke tak juist boven de waarde van de AMK voor stilstaande wateren. In de watergangen direct benedenstrooms Almelo (Hollander Graven) blijft de kwaliteit voor de doorgerekende scenario's in de zomer kritiek (O₂, P_{totaal} en N_{totaal}).

Conclusies

In algemene zin kan worden geconcludeerd dat DUFLOW een goed instrument is gebleken voor het doorrekenen van beheersscenario's voor de Regge. De meeste huidige beperkingen van het model konden op acceptabele wijze worden opgelost.

Voor het studiegebied van de Regge kan worden geconcludeerd dat de waterbalans redelijk goed kon worden gemodelleerd. Beperkende factor hierbij is vooral de beschikbaarheid van gegevens (bijv. benedenstrooms Almelo). De organische stof-, de fosfor- en de stikstofhuishouding konden redelijk goed worden gemodelleerd met uitzondering van de nitraatconcentraties in de zomer. De zuurstofhuishouding vertoont in de zomer nog aanzienlijke afwijkingen die enerzijds kunnen worden toegeschreven aan de eenvoud van de opgenomen reactieprocessen (o.a. het ontbreken van algendynamica, de invloed van waterplanten en de zuurstofinslag bij stuwen) en ander-

zijds aan de onzekerheid over de gemeten waarden (o.a. dag-nachtschommeling O₂). Nader onderzoek naar de zuurstofhuishouding is inmiddels gestart.

Uit de scenarioberekeningen volgt dat een eventuele scheiding van de waterlopen zal resulteren in een duidelijke verbetering in de landelijke tak. Bij het verplaatsen van alle rwzi's naar de stedelijke tak wordt bij de zeer vergaande beschouwde maatregelen op de rwzi's de Algemene Milieu Kwaliteit in de stedelijke tak nog steeds niet gehaald. Daarbij is nog geen rekening gehouden met de van tijd tot tijd optredende waterkwaliteitsverslechtering door overstortwater van stedelijke rioolstelsels (niet meegemodelleerd). Het is dan ook de vraag of het zinvol is om voor dergelijke wateren vast te houden aan de AMK.

Verantwoording

Wij zijn de volgende personen erkentelijk voor hun directe of indirecte bijdrage aan het project: de heren Bots, Schmidt en Beldman en mevrouw Dogterom van het Waterschap Regge en Dinkel en de heren Aalderink en Klaver van de Landbouw Universiteit Wageningen. Tot slot danken wij de heer Biesheuvel (Witteveen+Bos) voor de ontwikkeling van de grafische postprocessor voor DUFLOW.

Literatuur

- Ambrose et al. (1988). *WASP4, a hydrodynamic and water quality model, Model, Theory, User's Manual, and Programmer's Guide*. United States Environmental Protection Agency, January 1988.
- Boomen, R. M. van den en Salverda, A. P. (in press.). *DUFLOW, Praktijkvoorbeelden van een instrument voor integraal waterbeheer*.
- Kessel, J. F. van (1976). *Influence of denitrification in aquatic sediments on the nitrogen content of natural waters*. Agric. Res. Rep. 858. Pudoc, Wageningen. ISBN 90 220 0620 4. (vi)+52p, sept 1976.
- Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1989). *Water voor nu en later. Derde Nota Waterhuishouding*. Staatsuitgeverij Den Haag.
- Molen, D. T. van der en Griffioen, A. (1992). *Toepassing eutrofiëringsmodel JSBACH op het Veluwemeer, Bestrijding Overmatige Algen groei in de Randmeren (BOVAR), Nota 92.015*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat (RIZA en dir. Flevoland), maart 1992.
- Monod (1949). *The growth of bacterial cultures*. Annual Review of Microbiology, Vol III, 1949.
- Riel, P. H. van (1985). *Waterkwaliteitsbeheersing door afvoerstering in het watergangenstelsel rondom Almelo*, Doctoraalopdracht aan de Technische Hogeschool Twente, afdeling der Chemische technologie, onderzoeksgroep Technisch Milieubeheer, februari 1985.
- STOWA (1992). *DUFLOW, A micro-computer package for the simulation of one-dimensional unsteady flow and water quality in open channel systems*. Version 2.0, November 1992, Wageningen.
- Waterschap Regge en Dinkel (1991). *Jaarverslag Technische dienst 1991, deel a; Waterkwaliteitsbeheer, deel b; Waterkwaliteitsbeheer*. Almelo.
- Witteveen+Bos (1993). *Waterkwaliteitsmodellering Reggesysteem*. Eindrapportage, rapportnr. Aml.18.1, in opdracht van Waterschap Regge en Dinkel, Deventer, September 1993.

Nitraatuitspoeling

- Slot van pagina 106.

daarom te verwachten dat grondbewerking in kleigronden een veel grotere invloed heeft op de uitspoeling van stoffen dan in zandgronden. Verder speelt in kleigronden ook het tijdstip van toediening van stoffen zoals nutriënten of pesticiden een grote rol. Door zwel- en krimpprocessen is de structuur in een kleigrond voortdurend aan verandering onderhevig. Na een natte periode zullen krimp-scheuren veel kleiner zijn dan na een droge periode. De uitspoeling zal daarom na een droge periode sneller kunnen verlopen dan na een natte periode. Onderzoek naar de uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen in bouwland op kleigronden, waarbij ook de invloed van grondbewerking wordt betrokken, is in voorbereiding.

Bij een onderzoek zoals hier gepresenteerd, is het altijd de vraag in hoeverre factoren als bodemeigenschappen, gewas en klimaatomstandigheden representatief zijn voor de rest van Nederland en daarbuiten. Gezien het feit dat buiten Nederland verschillende malen overeenkomstige resultaten zijn gevonden, denken wij dat de in dit artikel genoemde processen en conclusies geldig zijn voor een groot deel van de graslandgebieden op kleigrond in Nederland. Aanvullende metingen van de kwaliteit van drainafvoer en oppervlaktewater in dergelijke gebieden zal meer inzicht geven in de grootte en verspreiding van de uitspoeling van nitraat in kleigronden.

Verantwoording

De voor dit onderzoek benodigde apparatuur is verkregen met middelen uit het Speerpuntprogramma Bodemonderzoek (project C3-14). De voormalige stichting ROC De Vlieder te Bruchem stelde het proefveld beschikbaar.

Literatuur

- Bouma, J., Dekker, L. W. & Muilwijk, C. J. (1981). *A field method for measuring shortcircuiting in clay soils*. J. of Hydrol., 52, 347-354.
- Boumans, L. J. M., Meinardi, C. R. & Krajenbrink, G. J. W. (1989). *Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden*. Bilthoven, RIVM, Rapport 728472013.
- Bronswijk, J. J. B., Hamminga, W. & Oostindie, K. (1994). *Field-scale solute transport in a cracking clay soil*. Water Resour. Res., submitted.
- Dekker, L. W. & Bouma, J. (1984). *Nitrogen leaching during sprinkler irrigation of a dutch clay soil*. Agric. Water Man., 9, 37-45.
- Drecht, G. van (1993). *Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater*. Achtergronddocument bij de nationale Milieuverkenning 2 1990-2010. Bilthoven, RIVM, Rapport 714901001.
- Drecht, G. van, Goossens, F. R., Hack-ten

Broeck, M. J. D., Jansen, E. J., & Steenvoorden, J. H. A. M. (1991). *Berekening van de nitraatuitspoeling naar het grondwater met behulp van eenvoudige modellen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 163.

Duijvenbooden, W. van & Lagas, P. (1993). *Een landelijk meetnet voor de bodemkwaliteit*. Bodem 2, 65-69.

Fried, J. J. (1991). *Nitrates and their control in the EEC aquatic environment*. In: Bogardi, I. & Kuzelka, R. D. (Eds.) *Nitrate contamination: Exposure, consequence and control*. Nato ASI Ser. G: Ecological Sciences 30. Berlin, Springer, pp. 3-11.

Jarvis, S. C. (1992). *Nitrogen flows and transfers in grassland*. In: Francois, E., Pithan, K. and Bartiaux-Thill, N. (Eds.) *Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe*, Proc. Workshop Gembloux, Belgium, Oct. 22-23, 1992. Brussels, Guyot, pp. 9-16.

Jury, W. A. & Flübler, H. (1992). *Transport of chemicals through soil: mechanisms, models, and field applications*. Adv. Agron., 47, 141-201.

Rossi, N., Ciavatta, C. & Vittori Antisari, L. (1991). *Seasonal pattern of nitrate losses from cultivated soil with subsurface drainage*. Water, Air and Soil Pollution, 60, 1-10.

Spalding, R. F. & Exner, M. E. (1993). *Occurrence of nitrate in groundwater - A review*. J. Environ. Qual. 22, 392-402.

Steenvoorden, J. H. A. M., & Duijvenbooden, W. van (1991). *Nitraatuitspoeling*. In: H.G. van der Meer (Ed.), *Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maisland. Reeks Onderzoek inzake de Mest- en Ammoniakproblematiek in de Veehouderij*. Wageningen, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Rapport 10, pp. 105-124.

● ● ● NUON VNB komt met één nota

Vanaf begin februari stuurt NUON VNB één nota voor gas, elektriciteit, water en kabelsignalen. De klanten van NUON VNB krijgen bovendien nog maar bezoek van één meteropnemer, die alle meterstanden (energie en water) opneemt. Binnenkort worden de klanten van NUON VNB uitvoerig over de nieuwe nota geïnformeerd. De gezamenlijke nota is een duidelijk voorbeeld van de efficiencyverbetering die sinds de fusie is opgetreden.

De voormalige nutsbedrijven VNB en PGEM distributiebedrijf Apeldoorn zijn op 1 januari 1994 gefuseerd tot nv NUON VNB. Beide bedrijven kenden een eigen computersysteem. Tot voor kort ontvingen de klanten van NUON VNB nog twee nota's: één voor elektriciteit en één voor gas en (indien van toepassing) water en kabelsignalen.

Aan deze situatie is nu een einde gekomen. In de afgelopen periode zijn beide klantenbestanden ondergebracht in één computersysteem. Dit was een uiterst omvangrijke klus die op zeer zorgvuldige wijze moest worden uitgevoerd. Inmiddels is het zover en ontvangen de klanten voortaan elke maand één overzichtelijke nota (Persbericht NUON)