

B11_25-jaar-toegepast-onderzoek-waterbeheer

stowa

1971-1996

toegepast Onderzoek Waterbeheer

25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer

jubileumsymposium STOWA 13 september 1996



11

Onder redactie van:

S.P. Klapwijk

1971-1996

1971-1996

1971-1996

25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer

jubileumsymposium STOWA 13 september 1996

stowa

1971-1996

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer
jubileumsymposium STOWA 13 september 1996



11

Onder redactie van:

S.P. Klapwijk

STOWA rapporten nummer 11

ISBN 90.74476.59.7

Utrecht, september 1996

© 1996 Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA

Colofon:

Druk	: KRIPS b.v.	Meppel
Vormgeving omslag en titelblad	: Studio B	Den Haag
Foto omslag	: Reeuwijkse plassen	Zuid-Holland

STOWA-rapporten zijn uitsluitend te bestellen bij	: Hageman Verpakkers BV Postbus 281 2700 AC Zoetermeer tel. 079-3611188 fax 079-3613927
--	---

Inhoud

Voorwoord	7
Noot van de redacteur	9
1. Ontstaan, ontwikkeling en onderzoek van de STOWA <i>drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff</i>	11
2. Water en waterbeheer in het oude Mesopotamië <i>prof. dr. K.R. Veenhof</i>	25
3. De betekenis van STOWA voor de waterbeheerders <i>ir. H.A. Meijer</i>	49
4. Het belang van STOWA-opdrachten voor de Raadgevend Ingenieur <i>dr. ir. W.C. Witvoet & drs. C. Roos</i>	73
5. Belang van STOWA-opdrachten voor universitair onderzoek en onderwijs <i>prof. dr. ir. W.H. Rulkens & prof. dr. L. Lijklema</i>	87
6. Laudatie uitgesproken bij de prijsuitreiking van de STOWA-prijsvraag <i>drs. L.P.M. van den Berg & ir. P.C. Stamperius</i>	105
7. BIOFIX, de waterzuivering van de 21e eeuw <i>ir. Kees de Korte</i>	113
8. Het 3D-schakelsysteem: van tweesporenbeleid naar driesporen- beleid; ecotechnologisch van randverschijnsel naar centrumpositie <i>dr. T.H.L. Claassen</i>	141
9. De RWZI(AWZI) van de toekomst; een combinatie van het ANAMMOX-proces en het SHARON-proces <i>dr. ir. Mark van Loosdrecht & dr. ir. Mike Jetten</i>	155
10. Het gebruik van <i>Euglena</i> voor desinfectie en verdere nazuivering van afvalwater <i>dr. I.R.M. Hovenkamp-Obbema</i>	173

Watermuziek in de Barok <i>La Dispute d'amour</i>	185
11. Gepubliceerde rapporten 1971-1996	187
12. STOWA-publicaties per onderwerp	197

Voorwoord

Voor u ligt het gedenkboek ter gelegenheid van het vijftienvijftig jarig jubileum van de STOWA. Een kwart eeuw oud is het idee om voor gezamenlijke rekening van de waterbeheerders onderzoek van gemeenschappelijk belang te verrichten. De eerste twee decennia was het toegepaste onderzoek gericht op de zuivering van afvalwater en de kwaliteit van het oppervlaktewater. Dat de stichting in die tijd STORA d.w.z. Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater heette, laat zich daardoor verklaren. De uitbreiding met de aandachtsgebieden waterkwantiteit, grondwater en waterkering heeft er toe geleid dat in dit jubileumjaar er een onderzoeksplatform is van en voor alle waterbeheerders.

De kennis, de inzichten en de ervaringen op het gebied van watersystemen, afvalwaterbehandeling en slibverwerking zijn vertaald in de vorm rapporten, handleidingen, ontwerprichtlijnen, modellen et cetera. Bij ingenieursbureaus, instituten en universiteiten is met grote belangstelling en enthousiasme aan de diverse opdrachten gewerkt. Commissies, meestal bestaande uit bekwame vertegenwoordigers van belanghebbende beheerders en ervaren STOWA-medewerkers hebben de projecten begeleid. Zo'n 250 projecten zijn onder eigen vlag gerealiseerd. Ruim 100 rapporten zijn tot stand gebracht in samenwerking met anderen, zoals in het kader van de Nationale Werkgroep Riolerings en Waterkwaliteit en het program RWZI 2000.

In de loop der jaren hebben de regionale waterbeheerders hun onderzoeksbijdrage gebracht tot een huidig niveau van ruim 6 miljoen gulden per jaar. Met de bijdrage van 1,1 miljoen gulden van het rijk en van 0,3 miljoen van de grondwaterbeheerders, de provincies, is een kleine 8 miljoen gulden beschikbaar. Of dit niveau voldoende zal zijn, is de vraag.

Meerjarenprogramma's geven de nodige informatie over de gewenste onderzoeksvelden. Beleidsdoelstellingen vragen steeds om haalbaarheid, toepasbaarheid en rendement. Aan productieprocessen worden steeds hogere eisen gesteld; de voorzieningen dienen daarop afgesteld te worden. Productontwikkeling, optimalisatie, risicoverlaging zijn daarbij veel gebezigde termen.

Willen waterbeheerders zorg aan het water blijven besteden, dan zal strategisch, fundamenteel en toegepast onderzoek een basisinspanning zijn voor hun toekomstige taakvervulling. De afgelopen vijftienvijftig jaren hebben de participanten in de STORA, later de STOWA, bewezen deze opdracht serieus te nemen. De komende jaren zal die doelstelling niet anders zijn, de wijze waarop, de vorm waarin, zal altijd aan verandering onderhevig zijn. Nieuwe uitdagingen en accentverschuivingen zullen optreden. Door het nut dat de STOWA bewezen heeft te hebben, is het

vertrouwen in een perspectiefvolle toekomst gerechtvaardigd. Waar een nieuw thema als verdroging zich heeft aangediend, daar is de kans op 'verdroging' van onderzoeksprojecten nihil.

Een gedenkboek als dit geeft zowel een inzicht in de historie van het onderzoekswerk tot nu toe, alsook een doorkijk naar nieuwe opdrachten en mogelijkheden. Of de resultaten van nieuwe onderzoeken grensverleggend zullen zijn, zal op korte termijn moeten blijken.

Het is een boek, dat een boekje opendoet over hoe waterbeheerders de krachten gebundeld hebben in het belang van de samenleving, die zij mogen dienen.

Ik wens u veel genoegen met het lezen van deze bijzondere STOWA-bundel.

drs. Lambert van den Berg
voorzitter STOWA

Noot van de redacteur

Deze jubileumbundel is samengesteld uit drie onderdelen:

Het eerste gedeelte (hoofdstukken 1 tot 5) zijn publicaties van de lezingen, die door de sprekers gehouden zijn op het jubileumsymposium van de STOWA op 13 september 1996. De directeur van de STOWA gaat in hoofdstuk 1 in op het ontstaan, de ontwikkeling en het onderzoek van de stichting over de afgelopen 25 jaar. Daarna schetst professor Veenhof in hoofdstuk 2 hoe het waterbeheer in het oude Mesopotamië was geregeld. Vervolgens wordt uit drie verschillende invalshoeken in de hoofdstukken 3 tot 5 het *belang* van de STOWA geschetst voor respectievelijk de Nederlandse waterbeheerders, de ingenieursbureaus en de universitaire wereld.

Het tweede gedeelte van de bundel (hoofdstukken 6 tot 10) is het gevolg van de ter gelegenheid van het jubileum uitgeloopte STOWA-prijsvraag "Waterbeheer in de toekomst". Hoofdstuk 5 is de publicatie van de door drs. L. van den Berg, de voorzitter van de jury - en tevens van de STOWA -, uitgesproken laudatie bij de prijsuitreiking. In de navolgende hoofdstukken 7 tot 10 presenteren de prijswinnaars achtereenvolgens hun winnende inzending.

Als intermezzo is daarna het programma opgenomen van het concert "Watermuziek in de Barok", dat op het jubileumsymposium is uitgevoerd door het ensemble *La Dispute d'amour*.

De bundel wordt afgesloten met twee opsommingen (hoofdstuk 11 en 12) van de belangrijkste STOWA-producten in de afgelopen 25 jaar. In hoofdstuk 11 zijn alle STOWA-rapporten in chronologische volgorde van verschijnen opgenomen en in hoofdstuk 12 is een lijst met op dit moment beschikbare STOWA-producten (rapporten en software) per onderwerp gerangschikt.

Ik heb geprobeerd de bundel te verluchtigen met een vrij groot aantal kleurenafbeeldingen, die de ontwikkeling van de STOWA in de afgelopen 25 jaar weergeven: van onderzoek op het gebied van riolering en afvalwaterzuivering via oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit naar integraal waterbeheer.

S.P. Klapwijk

1. Ontstaan, ontwikkeling en onderzoek van de STOWA 1971 - 1996

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff
directeur STOWA

Ontstaan en ontwikkeling

Vergeleken met de eerbiedwaardige ouderdom van enkele van haar deelnemers, die in eeuwen in plaats van in decennia wordt gemeten, is de STOWA met vijftientig jaar een nieuwkomer in het waterbeheer van ons land. Die vijftientig jaar weerspiegelen echter wel een historisch belangrijke ontwikkeling in dat beheer, een ontwikkeling die niet door problemen met hoeveelheid of beweging, maar met de hoedanigheid van het water in gang werd gezet en waarvan de gevolgen tot op de huidige dag in dat beheer doorwerken.

Hiermee doel ik op de invoering van de Wet Verontreiniging oppervlaktewateren die in 1971 het startsein betekende voor een uitzonderlijke grote inspanning op een gebied dat de waterbeheerders van ons land, een enkeling uitgezonderd, vreemd was. De rioolwaterzuiveringsinrichtingen die er waren, waren op een enkele na in handen van de gemeentelijke overheid. Voor onafhankelijke periodieke controle op de werking van die inrichtingen was er de Stichting Bedrijfsonderzoek Afvalwaterzuiveringsinstallaties, een samenwerkingsverband met als voornaamste partners de ministeries van Volksgezondheid en Verkeer & Waterstaat, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen en als uitvoerders de technische adviesbureaus van de Vereniging van Nederlandse gemeenten (DHV) en de Unie van waterschappen (TAUW). In de hoogtijdagen van de BAF, die rijkssubsidie ontving en daardoor een zeer scherpe tariefstelling kon hanteren, waren vrijwel alle zuiverende gemeenten op de diensten van deze instelling geabonneerd. Daarmee legde dit instituut de basis voor een centrale collectie bedrijfsgegevens van de rwzi's in Nederland.

Op overkoepelend niveau berustte de technische kennis op waterzuiveringsgebied bij het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater - thans het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA). Over expertise beschikte ook de gemeente Amsterdam die sedert de dertiger jaren een waterzuiveringsinrichting bedreef en het waterschap De Dommel dat met financiële bijdragen uit de Korthalsregeling de bouw van regionale rwzi's had aangepakt.

Dit is ongeveer het decor van de kraamkamer waarin de STORA werd geboren. De voortekenen waren gunstig: een voor heel Nederland technisch nagenoeg identieke problematiek, het bouwen van biologische zuiveringscapaciteit, een kennisachterstand daarbij en beheerders die vrijwel allemaal van de grond af aan moesten beginnen. Bij natuurlijke personen kan het ouderschap via een DNA-test worden vastgesteld; voor rechtspersonen is dat niet zo eenvoudig, temeer omdat een idee meerdere geestelijke vaders kan hebben en op meerdere plaatsen tegelijk kan ontstaan.

In het geval van de STORA behoorden tot die vaders in ieder geval de hoofden van technische diensten van enkele grote waterschappen, die de voordelen van samenwerking bij de gigantische taak die hen wachtte duidelijk zagen. Het idee werd zeer snel opgepakt door hun bestuurders; in die pionierstijd was de afstand tussen bestuurders en technici formeel groter dan nu maar inhoudelijk aanzienlijk kleiner. Een belangrijke oorzaak daarvan was dat de carrière van de regionale overheidsbestuurder in de pre-managementcontracttijd vrijwel zonder uitzondering over het administratief/juridische pad liep, waardoor hij niet over de achtergrond beschikte om technische materie zelf inhoudelijk op haar merites te kunnen beoordelen.

In 1976, vijf jaar na de oprichting van de STORA, had tweederde van de leden van haar algemeen bestuur een dergelijke administratief/juridische achtergrond, in 1986 was die verhouding omgedraaid in het voordeel van de technisch/economisch geschoolde bestuurder; daarna lijkt deze verhouding min of meer op dat niveau te zijn gestabiliseerd. Bij de plaatsvervangende bestuursleden is dezelfde tendens in sterkere mate waarneembaar.

De tijdsduur tussen de conceptie en de geboorte van de stichting, het passeren van de akte van oprichting, is onbekend. In dat opzicht lijkt de STORA op een schaap, waarbij de ontwikkeling van het embryo door externe omstandigheden wordt gestuurd. Bij schapen is dat het temperatuursverloop tussen herfst en voorjaar, bij de STORA was het een politiek effect. Politieke effecten waren zeker in 1971 minder voorspelbaar dan het weer. Tegenwoordig ligt dat anders, niet omdat de politici hun leven hebben gebeterd, maar omdat het weer zich grilliger lijkt te zijn gaan gedragen. De politieke factor waar het in het geval van de STORA om ging, was de keuze voor aanpak van de rioolwaterzuivering op gemeentelijk niveau of op regionale schaal. Toen dat pleit met de aanvaarding van de Wvo beslecht was, volgde vrijwel direct daarna de oprichting.

Het voortouw bij de formaliteiten die daarvoor nodig waren, had de Unie van Waterschappen. In de akte van oprichting, op 13 september 1971 ten overstaan van notaris L. van Solkema te 's-Gravenhage verleden in tegenwoordigheid van mr. Th. A.J. Vosters, watergraaf van de

waterschappen De Aa en De Dommel en mr. A.P. van den Berge, respectievelijk voorzitter en directeur van de Unie, worden zes regionale waterbeheerders als deelnemers genoemd: de waterschappen De Aa, De Berkel, De Dommel, Regge en Dinkel alsmede de hoogheemraadschappen van Rijnland en van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland. Het laatste is in 1993 opgegaan in het hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier. Het waterschap van De Berkel trad al in 1972 uit en werd door het zuiveringschap Oostelijk Gelderland in rechten en plichten opgevolgd.

Eén dag na de oprichting verscheen de Volkskrant met een spotprent waarop men zonder moeite een ambtelijk overleg herkent; terwijl de aanzittenden het glas heffen op de oprichting van de stichting vist de voorzitter iets uit het zijne. Ondertitel: "Bah, een haar!". Deelname in de stichting, tot 1992 bekend als Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA) stond bij oprichting niet alleen open voor met de actieve zuiveringstaak belaste overheidsinstellingen; ook bij de afvalwaterzuivering belanghebbende landelijk werkzame organisaties en instellingen konden toetreden.

Naast de Unie van Waterschappen waren dat het RIZA, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, het Bureau Milieuhygiëne van de Raad van Nederlandse Werkgeversverbonden, de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland, de Orde van Nederlandse Raadgevend Ingenieurs, de Centrale Organisatie TNO en de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer. Veel later, in 1984, trad ook nog het Interprovinciaal Overleg toe. De reden voor de aanwezigheid van deze organisaties was een idealistische - alles coördineren wat op afvalwaterzuiveringsgebied in Nederland aan onderzoek plaatsvond of werd voorbereid.

Dat er veel te coördineren viel is zeker; op 24 november 1971 zegt de heer Tuijnman tijdens een interpellatie van de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne dat ongeveer driehonderd instanties in Nederland zich met milieuzaken bezighouden terwijl het werkelijke aantal deskundigen op dat gebied zijns inziens nog geen honderd bedraagt. Hij vervolgt zijn betoog met een pleidooi voor de opleiding van meer deskundigen, de opmerking dat het nodig is inzicht te krijgen in wie wat doet op onderzoekgebied en vanuit welke opzet om te besluiten met de constatering dat de oprichting van de STORA een goede zaak is die op andere werkterreinen navolging verdient.

Onder zo'n gesternte moest de groei van de boreling wel voorspoedig verlopen. Toch was dat aanvankelijk niet het geval; in het jaar van oprichting trad slechts één waterschap toe en in 1973 veranderde daaraan niets. Voornaamste oorzaak was het feit dat de statuten geen rem

zetten op het aantal belanghebbende organisaties dat kon toetreden terwijl de middelen geheel door de overheidsdeelnemers werden opgebracht. Het bestuur reageerde snel; in 1974 werd in de statuten de bepaling opgenomen dat de belanghebbende koepelorganisaties de actief-zuiverende deelnemers in aantal niet mochten overtreffen.

Hoewel daarmee een belangrijk beletsel was weggenomen en het aantal zuiverende deelnemers verdubbelde, leek in 1975 met tweederde van het potentiële aantal een tweede plafond bereikt. De toenmalige hoofdingenieur-directeur van het RIZA wist dat te doorbreken door in 1976 tegenover de bijdrage van de regionale beheerders een evengrote rijksbijdrage te stellen. Aan de toekenning van die bijdrage lag de overweging ten grondslag dat het rijk als beheerder van het ontvangend hoofdwatersysteem grote belangen had bij een zo hoog mogelijke technisch niveau van de regionale overheid die met de actieve afvalwaterzuivering was belast. Bovendien zag het rijk in bevordering van de ontwikkeling van de STORA de mogelijkheid om op termijn zijn uitgaven aan onderzoek te verminderen op een terrein waar het zelf geen actieve beheerstaak had. Vele RIZA-medewerkers zagen dit als een afstand van het kennisprimaat op afvalwaterzuiveringsgebied en een gemiste kans voor het eigen instituut, doch decentralisatie van de beheerstaak en centralisatie van het daarvoor benodigde onderzoek met het RIZA als belanghebbend uitvoerder en ministerieel adviseur in een dubbelpositie, was voor de regionale overheid volstrekt ondenkbaar.

De rijksbijdrage en het feit dat de STORA met de ONRI een accordé wist te bereiken waarbij de ONRI-bureaus de stichting een korting van vijftien procent op haar opdracht verleenden, omdat zij daar zelf ook van leerden, hadden het beoogde resultaat: in 1980, negen jaar na de oprichting van de STORA en zes jaar na de start van haar eerste onderzoeksproject in 1974, besloten de laatste kwaliteitsbeheerders tot toetreding.

Ook bij de uitbouw van het aandachtsgebied van de STORA heeft het RIZA een baanbrekende rol vervuld; aan toekenning van de rijksbijdrage verbond eerdergenoemde hoofdingenieur-directeur de voorwaarde dat het begrip "behandeling van afvalwater en zuiveringsslib" in de statuten van de STORA zó ruim moest worden opgevat, dat daaronder ook onderzoek ten dienste van het kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater kon worden verstaan.

Die interpretatie werd op 29 januari 1979 via statutenwijziging formeel vastgelegd. Bij deze gelegenheid verloren ook alle koepelorganisaties het stemrecht en hun vertegenwoordigers in de organen van de stichting kregen de status van adviserend lid. Dat stemrecht, ook al stelde het numeriek weinig voor, was vooral de deelnemende waterschappen een principiële doorn in het oog: belang, geen betaling maar wel zeggenschap! Die bezwaren golden met name de

Centrale Organisatie TNO en de Orde van Nederlandse Raadgevende Ingenieurs, organisaties met een achterban met grote financiële belangen bij de opdrachten van de stichting.

Opvallende afwezigheid onder de deelnemers in de stichting was het ministerie van VROM, de tweede ondertekenaar van de Wvo. Die afwezigheid houdt verband met het feit dat op ambtelijk niveau tussen dat ministerie en het ministerie van Verkeer & Waterstaat de wederzijdse bevoegdheden nog moesten uitkristalliseren, wat de afdoening van de inhoudelijke kant van de materie niet altijd ten goede kwam. Uit vrees voor een dergelijke ontwikkeling hield het dagelijks bestuur lange tijd de avances van VROM af. Mr. Th.A.J. Vosters, de eerste voorzitter van de stichting, was daarin zeer duidelijk: geen twee hanen in hetzelfde hok!

In 1984 was de relatieve positionering van beide ministeries inzake de Wvo echter zo verduidelijkt, dat de statuten op initiatief van het RIZA zodanig werden gewijzigd dat één van de twee zetels van het Ministerie van Rijkswaterstaat in het algemeen bestuur aan VROM werd afgestaan. Met de aldus aangepaste statuten heeft de STORA acht jaar lang, tot 1992, gefunctioneerd; toen werd op initiatief van de Unie van Waterschappen deelneming in de stichting opengesteld voor de regionale waterkwantiteitsbeheerders en op voorstel van het IPO eveneens voor het provinciale grondwaterbeheer. Voor adviserende leden was in de nieuwe opzet geen plaats meer. Onder de nieuwe naam STOWA werd de stichting daarmee exclusief tot onderzoekplatform van en voor de gehele waterbeherende overheid van Nederland.

De jongste statutenwijziging weerspiegelt de opvatting dat de complexiteit van de problemen van het waterbeheer een integrale aanpak vraagt. Dat die opvatting het eerst op onderzoekgebied vorm kreeg, is niet toevallig; concretisering van integraal beheer op bestuurlijk-organisatorisch terrein heeft direct voelbare en verstrekkende gevolgen voor mensen en instanties.

Na de statutenwijziging traden zowel kwantiteits- als grondwaterbeheerders en bloc toe, waardoor het aantal deelnemers in de stichting op slag verdriedubbelde. Voor beide categorieën werd de behoefte aan gemeenschappelijk onderzoek in de periode tot 2000 qua orde van grootte bepaald: structureel ligt die in beide gevallen beduidend lager dan bij het kwaliteitsbeheer. Voor het op deze behoeftebepaling gebaseerde onderzoeksplan 1995 - 1999 heeft de STOWA in 1995 van haar kwantiteitsbeheerders zo niet de onverdeelde zegen, dan toch tenminste het unanieme voordeel van de twijfel gekregen. De grondwaterbeheerders (de provincies) hadden dat stadium in 1996 nog niet bereikt.

Onderzoek

De stichting startte haar onderzoekactiviteiten in 1974 met een program van zeven projecten die samen op vijf ton werden geraamd; daarvoor had zij bijna drie jaar moeten sparen (de jaarlijkse inkomsten bedroegen toen gemiddeld f 275.000). Op dat eerste program treft men onderzoek aan naar productie en afzet van zuiveringsslib, de optimalisering van het beluchtingssysteem, technologische aspecten van het heffingssysteem, veiligheid op, en technisch/economische kentallen van rwzi's.

Van 1972 tot 1991 was voorbereiding en bijstelling van onderzoek en onderzoekprogramma's toevertrouwd aan één onderzoekadviescommissie. Het instellen van die commissie en het benoemen van haar voorzitter was een taak voor het algemeen bestuur. De OAC telde zeven leden voor de regionale deelnemers en het RIZA, vier voor de koepelorganisaties en één lid voor de sector water van het ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. De zetels voor de koepelorganisaties werden bezet door het Bureau Milieuhygiëne van de Raad van Nederlandse Werkgeversverbonden, de ONRI, TNO en de Vereniging van Exploitanten van waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN); in 1984 kwamen daar de Unie van Waterschappen en het IPO bij. In deze configuratie heeft de OAC gefunctioneerd van eind 1972 tot 1992. In dat jaar werd zij opgeheven: door de sinds 1992 gestage toename van onderzoekactiviteiten was het niet langer mogelijk de deskundigheid die voor het voorbereiden en prioriteren daarvan nodig was, in één commissie te bundelen zonder in een onwerkbaar constructie te belanden.

Bij de toekenning van de rijksbijdrage werd de STORA gevraagd een voortschrijdend vijfjarenplan van onderzoek op te stellen. De OAC kende daaraan weinig realiteitswaarde toe: "inzichten en onderzoekbehoefte veranderen sneller; het maximum dat men in concrete projecten vooruit kan zien is twee à tweeënehalf jaar. Verder vooruitzien lijkt alleen mogelijk in termen van aandachtsgebieden en aan deze gebieden bedragen te koppelen..." (jaarverslag 1977).

Dat laatste nu is precies de weg die de strategiecommissie zestien jaar later, in 1994, heeft gevolgd. Deze commissie werd in 1992 door het dagelijks bestuur van de STOWA ingesteld met de bedoeling het onderzoek van de stichting een meer anticiperend karakter te geven. Het resultaat, het onderzoekplan 1995 - 1999, fungeert voor een drietal programcommissies als raamwerk bij het invullen van de onderzoekbegroting met concrete projecten. Dat invullen gebeurt via rondvragen onder, of aanmelding van onderwerpen door de deelnemers, onderzoekinstituten en adviesbureaus.

De eerste keer dat zo'n rondvraag werd gehouden was in 1978; daarop kwamen dermate veel reacties binnen dat zelfs na schifting door de Onderzoekadviescommissie het programma van de STORA tot in 1984 -



De overstortranden van de nabezinktank van de rwzi Veenendaal. Onderzoek aan het functioneren van deze tanks en ten behoeve van ontwerp staat beschreven in de STOWA-rapporten 81-11, 83-3, 93-18 en 93-19.



De rwzi Veenendaal, omgebouwd naar een Carrousel 2000 door het toevoegen van een anaërobe contactruimte ("oor" aan de carroussel). Processen o.a. beschreven in STOWA-rapporten 94-11 en 94-16.

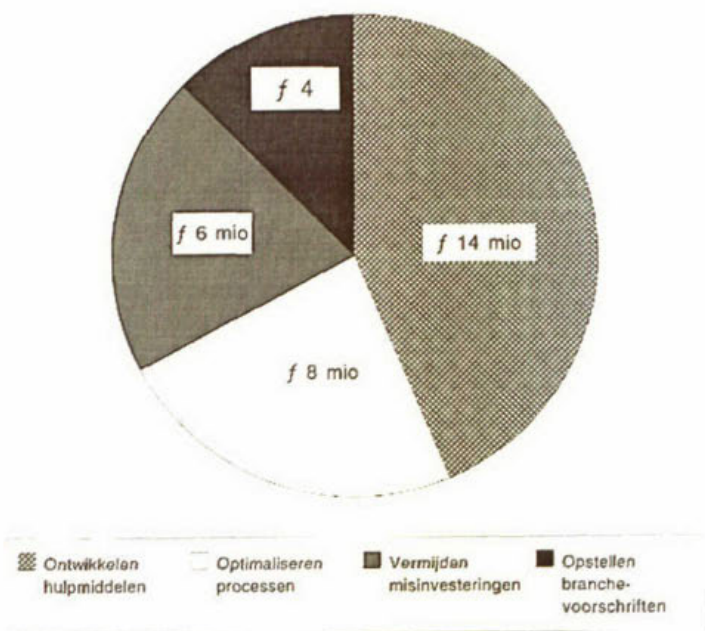
dus voor een periode van zes jaar kon worden gevuld. Het bestuur reageerde hierop met geleidelijke verruiming van het onderzoekbudget tot 1984; in dat jaar bedroeg de bijdrage precies acht cent per vervuilingseenheid, exact het dubbele van het bedrag waarmee de STORA haar werkzaamheden in 1972 had aangevangen.

Dat bedrag, bleef behoudens correcties op grond van de stijging van het prijsindexcijfer voor de gezinsconsumptie, tot 1987 ongewijzigd; toen werd het achtereenvolgens met één cent in 1988, twee centen in 1989 en 3 cent in 1990 verhoogd. Aanleiding tot die verhoging was het onderzoek naar de "zuivering van morgen", beter bekend als rwzi 2000, een samenwerkingsproject van RIZA en STORA. In 1990 bedroeg de bijdrage van de deelnemers daardoor elf cent per v.e.. Dat bleef niet lang zo; Nederland had zich inmiddels internationaal verplicht tot vergaande terugdringing van de hoeveelheid stikstof en fosfaat in het effluent van zijn zuiveringsinrichtingen en er waren op dat gebied nog zoveel vragen dat de deelnemers in 1991 hun bijdrage verhoogden tot het huidig niveau, een kwartje per v.e. De stuurgroep die deze vragen, voor zover mogelijk en met veel voortvarendheid heeft opgelost, opereerde onder de naam PN 1992.

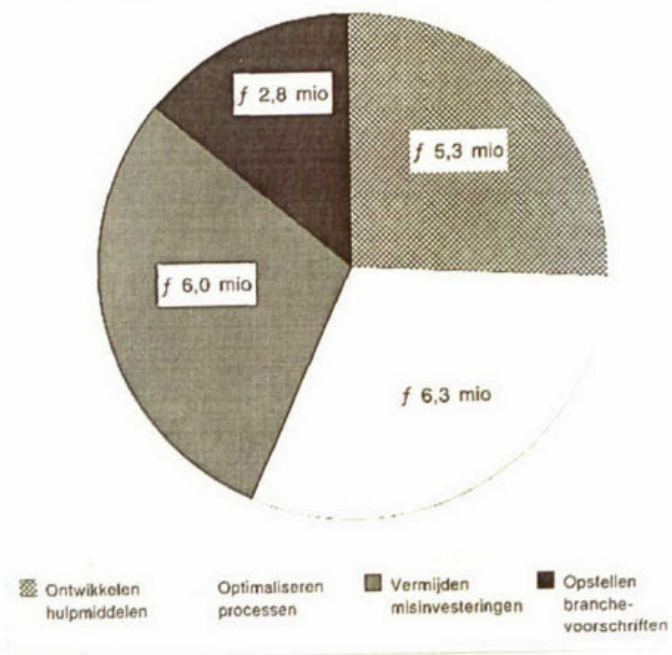
In 1995 ging het eerste "integrale" meerjarenprogramma voor de periode tot de eeuwwisseling van start en daarmee ook het eerste programma waarin een duidelijke inbreng van een nieuwe bloedlijn in de STOWA, het kwantiteitsbeheer, zichtbaar is. Dat lijkt een logisch punt om de pen over te geven aan een volgende geschiedsschrijver.

Het STOWA-product

Het product van de STOWA is kennis, vastgelegd op diverse informatiedragers. Het soort kennis dat wordt vergaard dient verschillende doelen: het optimaliseren van processen, het vermijden van misinvesteringen, het ontwikkelen van hulpmiddelen en het opstellen van branche-voorschriften. De verhouding tussen het geld dat daaraan werd besteed verschilt in de tijd (Figuur 1.1 en 1.2); de bestedingen na 1990 vertonen een evenwichtiger patroon dan daarvoor.

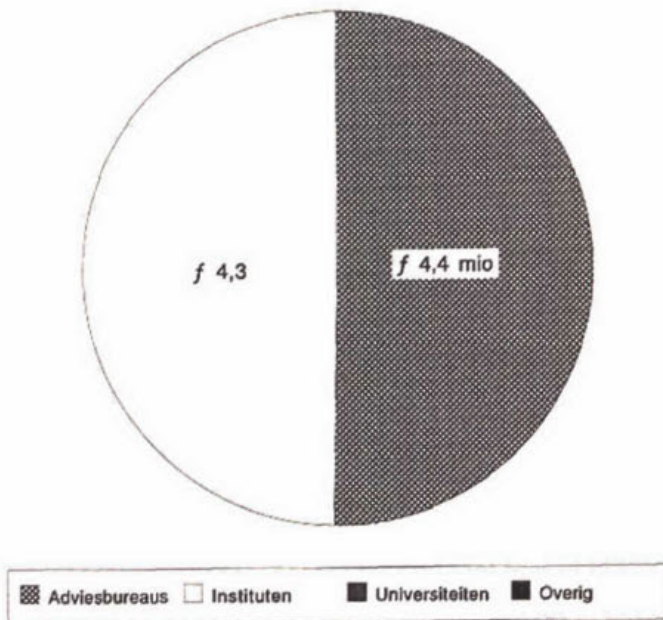


Figuur 1.1. Bestedingen STORA-onderzoek (1972 - 1990)



Figuur 1.2. Bestedingen STORA-onderzoek (1991 - 1992)

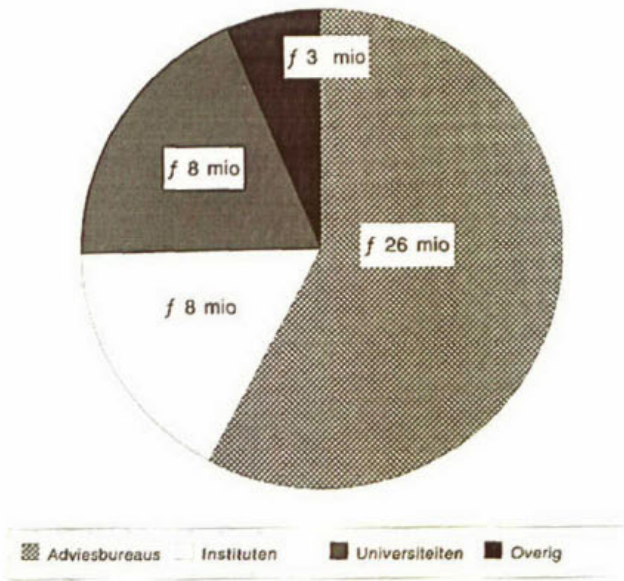
De STOWA is een managementconstructie en voert zelf geen onderzoek uit; dat wordt uitbesteed aan adviesbureaus, onderzoeksinstituten, universiteiten en, sporadisch, aan researchafdelingen van grote bedrijven. In de eerste acht jaar van haar bestaan kwamen beide laatstgenoemde categorieën er niet aan te pas (Figuur 1.3); de universiteiten waren nog niet "ondernemend", met alle voor- en nadelen van dien en voor opdrachten aan de industrie had de stichting het formaat nog niet; dat werd eerst in 1981 bereikt.



Figuur 1.3. Realisatie en verdeling STORA-onderzoek (bestedingen 1972 - 1980)

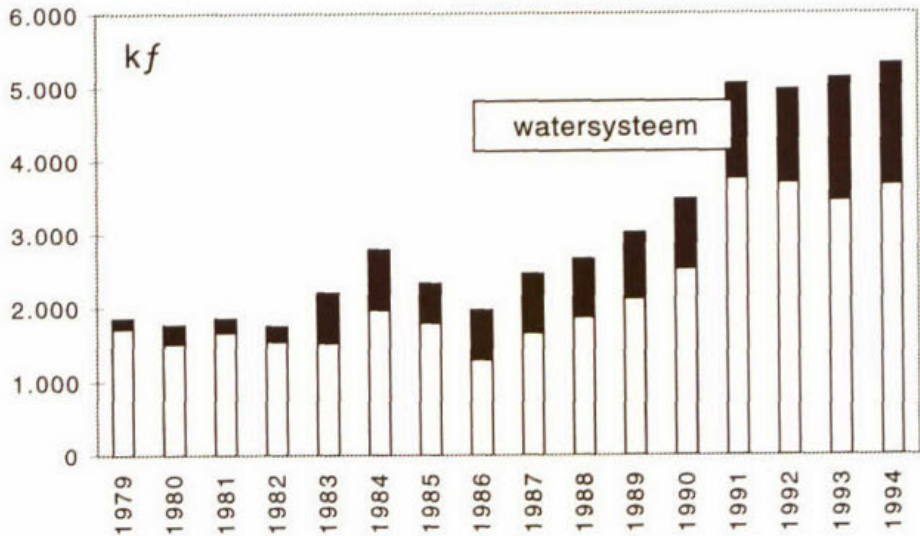
Zoals Figuur 1.4 illustreert, gaan ingenieurs- en adviesbureaus ver aan kop bij de uitvoering van de opdrachten van de STOWA; dat weerspiegelt het toegepaste karakter van de werkzaamheden van de stichting.

Figuur 1.5 geeft de verhouding tussen de bestedingen op de beide hoofdaandachtsgebieden van de STOWA, het oppervlaktewater- en het afvalwatersysteem. Gegevens van vóór 1979 zijn er uiteraard niet; tot die tijd was zuivering van afvalwater en behandeling van zuiveringsslib immers het enige aandachtsgebied.



Figuur 1.4. Realisatie en verdeling STORA/STOWA-onderzoek (bestedingen 1981 - 1994)

STOWA-onderzoek 1979 - 1994 water- vs afvalwatersysteem



Figuur 1.5. Groei van STOWA-onderzoek per hoofdaandachtsgebied (bestedingen 1979 - 1994)

De bestedingen op beide gebieden vertonen, met uitzondering van de beginjaren (1979 - 1982), een zeer constante verhouding die al heel snel bereikt wordt: tweederde op afvalwater-, één-derde op watersysteemgebied.

Hiermee eindigt deze korte historische schets van de omstandigheden en overwegingen, die de ontwikkeling van de STOWA in de eerste vijftientig van haar bestaan hebben bepaald. Het met naam en toenaam memoreren van de verdiensten van de velen, die zich in dit tijdperk vaak gedurende zeer vele jaren voor groei en bloei van de stichting hebben ingezet, is zoveel mogelijk vermeden; voor de indringende en uiterst zorgvuldige analyse die dat vraagt, ontbrak voorshands de tijd. Het feitenmateriaal daarvoor is echter ruim voorhanden in de verslagen van de vergaderingen van de bestuurscolleges en de adviescommissies die het reilen en zeilen van de stichting in de achterliggende tijd hebben verzorgd.

Een ander facet dat zich nooit voldoende zal laten beschrijven is de inzet van de talloos velen die dit alles met hun persoonlijke inzet mogelijk hebben gemaakt.

2. Water en waterbeheer in het oude Mesopotamië

prof. dr. K.R. Veenhof
Assyriologisch Instituut, Rijksuniversiteit Leiden

Het land

Het land waar ruim vijfduizend jaar geleden de beschaving van de Sumeriërs en Babyloniërs ontstond, thans grotendeels binnen de grenzen van Iraq, wordt terecht Mesopotamië, "Tweestromenland" genoemd. De Mesopotamische laagvlakte, die ten noorden van Bagdad rond de 34e breedtegraad begint, dankt haar bestaan immers aan twee rivieren, de Eufraat en de Tigris, en dat in dubbele zin. Ze hebben niet alleen door hun bezinksel de grote alluviale vlakte met zijn in Perzische Golf uitmondende deltagebied doen ontstaan, maar ook zou de hoge beschaving van dit gebied, met gemiddeld niet meer dan 150 mm regen per jaar, zonder hun water nooit tot bloei zijn gekomen. De hoogontwikkelde landbouw, die een snel groeiende en reeds vroeg sterk geurbaniseerde bevolking moest voeden en kon zorgen voor overschotten als materiële basis voor culturele ontwikkelingen, was volledig afhankelijk van bevloeiing, terwijl ook de intensieve veeteelt zonder het rivierwater onmogelijk zou zijn geweest. Het gebruik van de lemen tichel als universeel bouw materiaal, van het kleitablet als schrijfmiddel, en van riet en rietmatten als constructielement is evenmin los te denken van de ecologie van de alluviale vlakte. Het verbaast niet dat volgens de Mesopotamische mythologie, die op dit punt ook zijn neerslag in de Bijbel heeft gevonden, de mens daar uit leem is geschapen volgens het plan van Enki, de god van het zoete water, de witte magie en de techniek. Diezelfde god deed later zijn creatuur, de mens, op een rieten boot aan de ondergang door een eveneens typisch Mesopotamische zondvloed ontkomen.

Door daling van het waterpeil in de Perzische Golf is de Mesopotamische vlakte ruim zeven duizend jaar geleden geleidelijk bewoonbaar geworden. De oudste bewoners pasten zich bij de natuurlijke omstandigheden aan en vestigden zich op hogere plekken (oeverwallen, levees) bij de talrijke natuurlijke waterstromen en lagunes. Het langzaam groeiende netwerk van kleine nederzettingen, voor zover niet onder jonger sediment verdwenen, markeert de oude lopen der rivieren en hun vertakkingen. Als door klimaatsveranderingen na ca. 3500 v.Chr. de waterhoeveelheid langzaam gaat afnemen - met name tussen ca. 3200 en 2900 en tussen 2350 en 2000 v. Chr. valt in het brongebied der beide

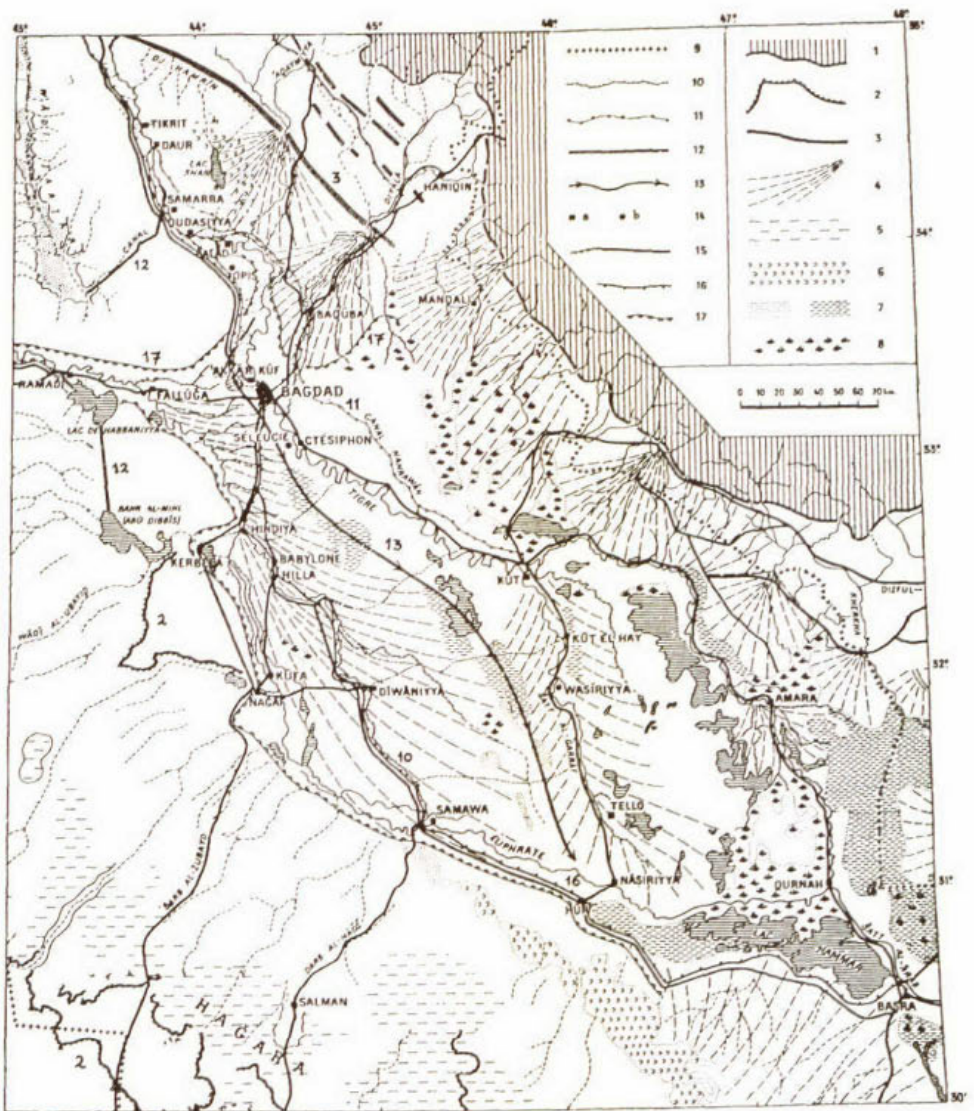


Fig. 2.1. Geografie, waterwegen en afwatering van de Mesopotamische vlakte.

1. bergland; 2. bergkam; 3. bergrug; 4. uitvloeingskegel; 5. rotsgrond; 6. zandduin; 7. onder water te zetten gebieden; 8. moeras; 9. grens Iraq-Iran; 10. irrigatiekanaal in gebruik; 11. oud irrigatiekanaal; 12. afvoerkanalen voor vloedwater van Eufrat en Tigris; 13. route door depressies van vloedwater van Tigris bij overstroming; 14. moderne en oude steden; 15. weg; 16. spoorweg; 17. grens Mesopotamische vlakte.

(E. de Vaumas, *Iraq* 27, 1965, 88)

rivieren in Oost-Turkije minder neerslag - terwijl de bevolkingsdichtheid en het aantal steden toeneemt, wordt het nodig het waterregime te beïnvloeden. Na 3000 v.Chr. - als ook de oudste geschreven bronnen verschijnen - bespeuren we maatregelen om het water naar vermogen

te controleren, te verdelen en langer beschikbaar te houden. Waterbeheer doet zijn intrede ter sturing van de natuurlijke, d.w.z. bij het regime der rivieren aansluitende en op het verval van de bodem en dus op de wetten van de zwaartekracht berustende waterhuishouding. De bevoeiing ontwikkelt langzaam zich tot een meer kunstmatige irrigatie, die haar stempel steeds meer zal zetten op de kulturele ontwikkeling van het land.

Ook de oude bewoners van de vlakte hebben door goede oogsten en overstromingsrampen ervaren dat waterbeheer essentieel was. Het met vakmanschap en zweet aangelegde en goed functionerende irrigatiesysteem ervoeren zij als een stuk beschaving, waardoor ze zich onderscheidden van de omringende bergvolken en van de nomaden, die geen landbouw kennen. Het was een exponent van een geordende wereld, een kosmos, die zijn oorsprong moest vinden in de oertijd, toen de chaos overwonnen werd. Kosmologische mythen leggen daarvan getuigenis af als zij spreken over de schepping van de rivieren en de manier waarop zij, eerst door en voor de goden, getemd en aan de bevoeiing dienstbaar gemaakt worden. In een oude Sumerische mythe wordt daarvoor een goddelijke dijkgraaf (*gugallum*) aangesteld en in een tekst van jonger datum zijn het de goden die, voordat de mens geschapen wordt, de loop der rivieren vastleggen en dijken en kanalen introduceren. Het zware grondwerk dat daarvoor nodig was is volgens het Babylonische zondvloedverhaal ook de aanleiding tot de schepping van de mens. De lagere goden kunnen eindelijk hun zware corvee aan de mens overdragen, die de taken van de irrigatielandbouw, ook uit eigenbelang, niet mag verzaken. Anders treedt de chaos in, zegt de koningslijst van Lagasj, net als in de oertijd, toen spade, hak, draagkorf en ploeg nog onbekend waren, en als in de periode direct na de zondvloed. "Toen heerste er honger in Girsu, omdat het water van Lagasj werd tegengehouden. Kanalen werden niet gegraven, sloten niet uitgebaggerd, de *sjaduf* bevoeide de landerijen niet, het water van overvloed doordrenkte de akkers niet. De mens moest zich op regen verlaten".

Het waterregime

Waterbeheer kan men pas goed begrijpen als men de essentie van het natuurlijke waterregime en de daarop gebaseerde landbouwmethoden kent. Die waren in de Mesopotamische vlakte eigensoortig en verschilden b.v. sterk van die van Egypte en de Nijl. Allesbepalend is in Mesopotamië de jaarlijkse vloed of het hoogwater van Eufraat en Tigris, naar omvang en tijdstip (meestal tussen begin april en eind mei, de Tigris het eerst) afhankelijk van het smelten van de sneeuw in Oost-Turkije. De betrekkelijk geringe afstand tussen dit brongebied en de delta betekent dat de voorjaarsvloed hevig kan zijn, terwijl ook de waterhoeveelheid,

afhankelijk van de neerslag, kan wisselen (de Nijl krijgt zijn water van tropische rivieren over een groot gebied en door de grotere afstand tot haar delta is de vloed gelijkmatiger). Tijdens de voorjaarsvloed kan de Tigris tot zes meter en de Eufraat tot vier meter boven zijn normale peil stijgen, waarbij de waterverplaatsing (ter hoogte van Bagdad gemiddeld respectievelijk 1250 m^3 en 750 m^3 per seconde) en de hoeveelheid sediment (normaliter $1/2$ tot $3/4 \text{ kg}$ per m^3) tot een veelvoud toenemen. Om de drie à vier jaar, bij hoge vloed, wordt de laagvlakte (ten noorden van de 32e breedtegraad), waar de meanderende rivieren met een verval rond de 10 cm per km tussen hoge oeverwallen stromen door overstromingen geteisterd. In de delta, verder zuidelijk, waar het verval tot 3 cm per km is afgenomen, is dat gevaar minder acuut. Omdat zowel de stroombedding als de oeverwallen door sedimentatie zijn gestegen kan een dijkdoorbraak of overstroming een groot landbouwareaal treffen en moerassen doen ontstaan, terwijl ook de stroombeddingen zich kunnen verplaatsen.

Het tijdstip van het hoogwater is voor de landbouw bovendien ongunstig. Het valt rond de tijd van de oogst, als er amper behoefte is aan extra water, dat alleen het oogstwerk en het nog te velde staande of reeds gemaaide graan kan bedreigen. Slechts voor het vervoer per boot van de oogst is een wat hogere waterstand in de kanalen aantrekkelijk. Het meeste water is bovendien pas na de zomer nodig. Eerst worden de akkers onder water gezet (bassinirrigatie) of vanuit de diepe watervoerende voren doordrenkt en als het nieuwe graan is ingezaaid moeten ze tussen oktober en maart, tot de oogst, liefst viermaal bevoeid worden. Dat betekent dat het binnen de dijken houden, bewaren, doorleiden en distribueren van het irrigatiewater tot het volgende voorjaar de voornaamste opgave is. Afzet van sediment in waterlopen, spaarbekkens en reservoirs leidt tot verhoging van beddingen en bodems en dwingt tot periodiek uitbaggeren en/of verhoging van dijken. Het waterpeil moet daarbij zo hoog mogelijk gehouden worden om maximaal van de zwaartekracht te profiteren en een zo groot mogelijk areaal te kunnen bevoeien. Gebruik van mechanische middelen (de *sjaduf*, een grote schepemmer aan een hefboom met een contragewicht) en van water uit putten is marginaal, en vindt men in randgebieden en vooral bij boomgaarden en groentetuinen. Het hete klimaat van Zuid-Iraq betekent bovendien dat vooral in de zomer veel water door verdamping verloren gaat. Continue irrigatie bij gebrekkige ontwatering en onvoldoende braak leiden bovendien onherroepelijk tot verzilting van de grond, waarvan het land altijd te lijden heeft gehad.

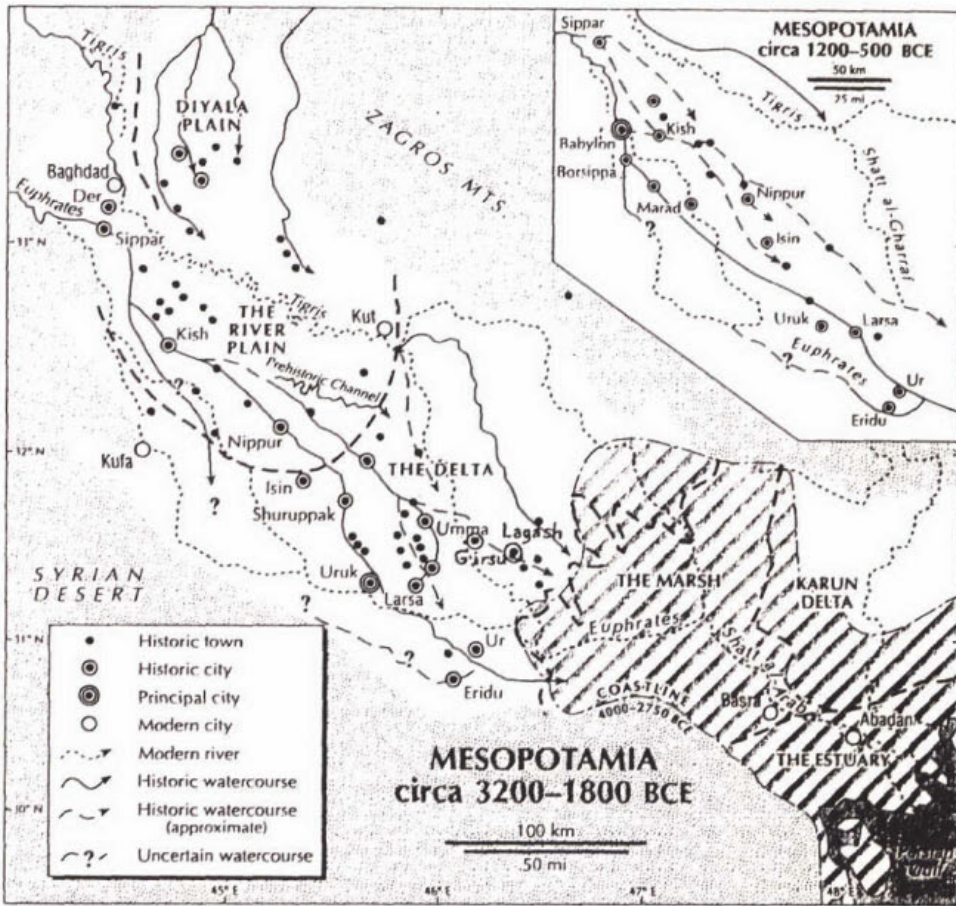


Fig. 2.2. Mesopotamië tussen ca. 3200 en 1800 v. Chr., met aanduiding van de regio's, de waarschijnlijke loop van rivieren en grote kanalen, de kustlijn van de Perzische Golf, en de steden. Bijkaart: Mesopotamië tussen ca. 1200 en 500 v. Chr.

(K.W. Butzer 1995, 143)

Het waterbeheer

Waterbeheer in het oude Mesopotamië heeft een verscheidenheid van taken:

- afweren of reduceren van het overstromingsgevaar tijdens het voorjaarshoogwater;
- doorleiden, verdelen en bewaren van het water over de zomer heen;
- onder water zetten van de velden in het najaar voorafgaand aan het ploegen en zaaien¹ (om de na de zomer harde grond grond te doordrenken en beter bewerkbaar te maken);

¹ In het oude Mesopotamië waren deze twee handelingen gecombineerd. Na het diepploegen en eggen zette men een "zaaiploeg" in, d.w.z. een ploeg voorzien van een zaadtrechter.

- distribueren en op peil houden van het irrigatiewater op regionaal en lokaal niveau;
 - schoonhouden, versterken of herstellen van kanalen, dijken en andere irrigatievoorzieningen;
 - aanleggen van nieuwe kanalen en kunstwerken ter vergroting van het areaal of tot herstel van ernstige verstoringen in het waterregime.
- Deze taken moesten uiteraard uitgevoerd worden met de toen beschikbare mankracht, middelen en technieken.

Arbeid en kosten

Aan mankracht was in het dichtbevolkte Mesopotamië geen gebrek. Voor het reguliere werk konden vorsten en bestuurders gebruik maken van dienstplichtigen, tot corvee verplichte "werkers" die in ruil voor rantsoenen of beloning met een huis en een stuk land militaire en civiele (naast grondwerk ook oogstarbeid) taken moesten verrichten. Boeren en pachters waren op lokaal niveau verplicht de (oeverwallen van de) kanalen en sloten waaruit zij voor hun akkers water betrokken te onderhouden. Voor grote ondernemingen en in noodgevallen kon desnoods de hele burgerbevolking gerecruteerd worden. Als het "Mari-kanaal", dat ten noorden van deze stad van de Eufraat aftakt, "geopend" moet worden (d.w.z. de tijdelijke afsluiting benedenstrooms aangelegd om de aftakkende irrigatiekanalen met water te kunnen vullen opgeheven moet worden) worden ook alle "slaven en slavinnen, jongens en meisjes" ingeschakeld en een andere tekst uit Mari spreekt over de inzet van "het arbeidscommando van het district en de burgers van de stad Terqa" (één van de provinciehoofdsteden van Mari's rijk).

Boekhoudkundige teksten, vooral uit de periode tussen ca. 2100 en 1700 v. Chr., berichten over omvangrijke werkzaamheden, waarbij honderden arbeiders ingezet zijn voor het graven, uitbaggeren, en schoonmaken van kanalen of het aanleggen en herstellen van dijken. Deze documentatie komt uit de archieven van het beheer der "grote instellingen" (tempels en vooral paleizen), dat gemaakte kosten moet verantwoorden. Naast de benodigde materialen (riet, rijshout, takken, palen, e.d.) gaat het daarbij vooral om de arbeid, berekend in mandagen van arbeiders die in natura (met gerst en bier) betaald werden. De boekhouders waren daarvoor getraind op de schrijversschool met behulp van rekenkundige oefeningen, die ook betrekking hebben op het "grondwerk" (*kalakkum*), d.w.z. sommen over de graven van kanalen en het met de omhooggebrachte aarde opwerpen van dijken van precies opgegeven afmetingen. In zulke sommen, met leerzame driedimensionale berekeningen (men werkte met vierkante en rechthoekige prisma's en afgeknotte pyramiden), waren grondoppervlak, volume, mandagen en

loon in gerst de wisselende onbekenden, waarbij men als norm hanteerde dat een arbeider per dag maximaal 6 m³ grond kon verplaatsen tegen een loon van 10 liter gerst. Rekenkundig interessant zijn berekeningen van kanalen met een trapeziumvormige doorsnede, waarbij de output per man verschilt afhankelijk van de diepte waarop hij werkt. Oorkonden en brieven uit die tijd laten zien dat dit onderwijs in de praktijk gebracht werd en dat men, zowel vooraf als naderhand, berekende hoeveel loon (=mandagen) nodig was om een bepaald karwei binnen een bepaalde tijd klaar te krijgen.

Het grotere werk werd verricht onder leiding van ervaren technici, "afsluiters" genoemd, onder controle van bestuurders. Grotere kanalen en (delen van) rivieren stonden blijkbaar per regio onder toezicht van functionarissen die titels droegen als "dijkgraaf", kanaalinspecteur", en "rivier/kanaalbestuurder". Zij planden het werk, gaven opdrachten aan de technici en recruteerden arbeiders en anderen die verplicht waren mee te werken aan het schoonmaken, uitbaggeren of herstellen van de waterlopen. De reputatie van de al in vroege teksten voorkomende "dijkgraaf" (*gugallum*; ook goden dragen deze titel) leverde zelfs stof voor spreekwoorden en gezegden: "voor een kanaal is een dijkgraaf even onmisbaar als een opzichter voor een troep arbeiders"; "een luie ezel zet zich in beweging alsof de dijkgraaf zich liet zien".

Materiaal en techniek

Voor de waterwerken gebruikte men de ook ons vertrouwde materialen. Voor het sluiten van bressen en het maken van tijdelijke dammen om het water te stuwen en over het irrigatienetwerk te verdelen werden palen, riet, takken en aarde gebruikt. In permanente constructies als overlaten, sluizen, reservoirs en stuwbeekens verwerkte men ook baksteen, soms in bitumen gezet. Dat men al vroeg tot grote waterstaatkundige werken in staat was blijkt uit een inscriptie van koning Entemena van Lagasj (25e eeuw v.Chr.), die in de bouw van een stuw- en sluiscomplex 648.000 bakstenen en ruim 250 ton bitumen verwerkte. Wellicht is dit kunstwerk vergelijkbaar met een enkele eeuwen jonger, in zijn hoofdstad opgegraven bouwsel, door de opgravers als "raadselachtige constructie" bestempeld, daarna geïnterpreteerd als onderaards gewelf met een kultische functie (hypogeum), thans (overbrugd?) sluiscomplex ter regulering van een waterstroom (Figuur 2.3).

Details van de constructies blijven nogal eens onduidelijk omdat de oude terminologie niet steeds doorzichtig is (sommige termen komen elders niet voor, andere zijn overdrachtelijk bedoeld, zoals de "neus" en de "wang" van een sluis of waterverdeler) en dergelijk constructies vrijwel nooit door archeologen in het veld zijn aangetroffen. Interessante

brieven, met technische details, zijn daarom een uitdaging voor de vertaler. Als voorbeeld kan een brief dienen uit het grote paleisarchief van Mari (aan de Midden-Eufraat, 18e eeuw voor Chr.), waarin een

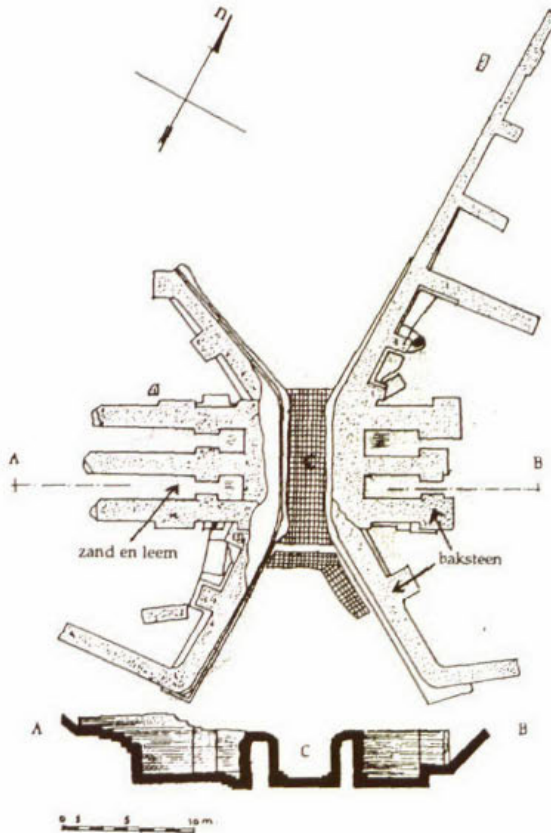


Fig. 2.3. De zogenaamde "raadselachtige constructie" opgegraven te Tello (de oude stad Girsu), waarschijnlijk een sluiscomplex. De bodem van het nauwe stroomkanaal C bestaat uit zes lagen gebakken tegels in bitumen gezet.

(A. Parrot, *Tello*, 1948, fig. 45)

gouverneur de koning informeert over een probleem met een kunstwerk. Het gaat blijkbaar om een constructie die het water van een beek, die van het woestijnplateau de Eufraatvallei instroomt, moet controleren en verdelen via twee "sluisdeuren" (vermoedelijk schotbalken in stenen sponningen) en die ook voorzien is van een uit- of overlaat voor afvoer van het overtollige water.

"Spreek tot Mijnheer (de koning), aldus zegt Uw dienaar Bachdilim: De bovenste uitlaat in de rotsbodem, die mijn heer heeft aangelegd,

voert nu water; het stroomt er één el hoog over de steenbodem. Wat de middelste sluis betreft, boven de brug gelegen, het water heeft de bovenste "wang" ervan (de aarden of bakstenen zijkant van het sluis-hoofd?) vernield en deze is over een lengte van 4,5 m. ingestort. Ik heb daarop de uitlaat in de rotsbodem (geheel) geopend, waardoor het waterpeil bij de middelste sluis nu is gezakt. Men is nu bezig de "wang" van de sluis te herstellen. Er is geen reden tot ongerustheid" (*Archives Royales de Mari*, deel 6 no. 1).

De technische middelen waarover men beschikte waren beperkt. Tegen een massief hoogwater stond de Mesopotamiër in principe machteloos, maar het was bij tijdige alarmering mogelijk op strategische punten via een overlaat of het doorsteken van een dijk het surplus aan water in minder gevaarlijke banen te leiden. Dat gebeurde tot in het begin van deze eeuw nog ten noorden van Bagdad als de Tigrisvloed gevaarlijk dreigde te worden. Wanneer het om kleinere rampen ging, b.v. dijkdoorbraken van kanalen, poogde men met man en macht de gevolgen te beperken en het euvel te verhelpen. In een dramatische brief rapporteert een gouverneur van Mari over zijn kordate ingrijpen tijdens een nachtelijke dijkdoorbraak, ca. 10 km. ten zuiden van Mari in de buurt van het punt waar het boven al genoemde "Mari-kanaal" weer in de Eufraat uitmondt. De brief is kennelijk direct van de plek des onheils naar het paleis gestuurd:

"Spreek tot Mijnheer (de koning), aldus zegt Sumuchadu, Uw dienaar: "Men had het water in de richting van Dîr tegengehouden (afgedamd) en terwille van de boten die de gerst vervoeren de irrigatiekanaaltjes bovenstrooms afgesloten, zodat de watermassa toegenomen was. Maar gisteravond is het water boven de brug bij de uitmonding van de Wadi Balich, waar zich een afvoer(?)² bevindt, door de dijk gebroken. Onmiddellijk ben ik, ondanks mijn ziekte, opgestaan, heb mijn ezelswagen ingespannen en ben erheen gegaan. Ik heb het water door middel van.... afgeleid en daarna ook het water van de Wadi Balich afgedamd. Bij het ochtenkrieken heb ik het werk aangevat. Ik ga nu de afvoer(?) repareren en daarna zal ik aarde gaan storten. Het gat dat geslagen is is ca. 2,5 meter diep en ca. 7,5 meter breed. Morgenavond, tijdens de eerste nachtwake hoop ik de bres dicht te hebben en het water weer normaal te kunnen laten doorstromen. Mijnheer moet zich niet ongerust maken. Ook heb ik de dorpen er per bode van op de hoogte gesteld dat ik het water in de nacht heb afgeleid. En in Appân, Chumsan en Sjechrum heeft men

² Het Babylonische woord is zeldzaam en het gaat kennelijk om een kunstwerk, dus een speciaal soort overlaat of afvoer, misschien zelfs een soort duiker.

het water toen ook tegengehouden. Niets is onder water gelopen!" (Lafont 1991).

Tegen de kracht van het water kon men alleen menselijke energie inzetten en vakmanschap, dat blijkbaar vooral belichaamd was in de persoon van de "afsluier" of "afdammer" (*sekirum*). Zijn taak was het rivierarmen en kanalen (tijdelijk) af te sluiten en daarvoor de juiste methoden, materialen en tijdstippen te kiezen. Dat was ook nodig in geval van rampen, maar belangrijker was zijn reguliere taak het water via sluizen of tijdelijke dammen te reguleren of te stuwen, zodat het irrigatienetwerk in *étappes* gevuld kon worden. Als de "afsluiter" van de Chabur (een rivier die ten noorden van Mari in de Eufraat uitmondt) wegens een misdrijf in de gevangenis is beland en de opgelegde losprijs (5 pond zilver) niet kan betalen, protesteert de gouverneur van de provincie waardoor deze rivier stroomt bij de koning. Hij "had herhaaldelijk om een (andere) sluismeester gevraagd" en toen hij er eindelijk een van een collega had gekregen en "hij die met de verantwoordelijkheid over de Chabur had belast", werd deze binnen de kortste keren door de vorst naar de hoofdstad overgeplaatst. De rivier werd daarop maar aan twee broers van de gedetineerde "afsluiter" toevertrouwd, "maar zij zijn te jong (onervaren)". Hij verzoekt nu dringend de gevangene snel los te laten "want zonder "afsluiter" is de Chabur onbruikbaar!" (*Archives Royales de Mari*, deel 14, nos. 14-16).

In verschillende brieven uit de ambtelijke sfeer wordt om het sturen van deze specialist gevraagd. "Er is in het kanaal (in een dijk of stuw) een gat ontstaan, maar ik beschik niet over een "afsluiter". Bewijs mij een gunsten stuur mij de "afsluiter" die bij jou is, dan moet hij het gat in één nacht sluiten". Uit een brief van koning Hammurapi van Babylon (18e eeuw v. Chr.) aan zijn gouverneur in de zuidelijke stad Larsa blijkt dat het waardevolle technici zijn, te goed voor het gewone grondwerk: "De "afsluiters" die je toegewezen zijn om daar werkzaam te zijn, mag je geen (gewone) arbeid laten verrichten. Ze moeten aan het werk leiding geven. Voer ze daarom af uit het bestand van hun superieuren". Deze en andere brieven maken ook duidelijk dat deze ingenieurs door het centrale of regionale bestuur werden toegewezen en te werk gesteld. Zo is het ook gegaan met de "afsluiter" die zijn vader schrijft dat hij in een stadje (Dur-Sin) "is gestationeerd om het kanaal te openen en te sluiten", en hem vraagt wat goed vlees te sturen omdat het ter plaatse niet te krijgen is.

Het tijdelijk afdammen van rivierarmen en grote kanalen was geen geringe technische prestatie. Daartoe gebruikte men al in de oudheid een soort caissons bestaande uit grote hoeveelheden takken, rijshout en riet, die met veel mankracht en gebruikmakend van de stroming in de rivier werden getrokken en afgezonken. Het Babylonische woord ervoor is vermoedelijk *nagallum*, "rol(?)", dat voorkomt i.v.m. waterwerken. Door



Beken horen te stromen en te meanderen. Ruiten Aa in het waterschap Dollardzijlvest; gegraven meanders en poelen (rapport 95-03). [Foto: KLM Luchtfotografie]



De ijsvogel als ambassadeur voor beekherstel. Ijsvogel met prooi (driedoornig stekelbaarsje) (STOWA-rapport 95-03). [Foto J. van Duinen]



Situaties waarbij overstorten van rioolssystemen bij hevige regenval hun overtollig water kwijt kunnen op oppervlaktewater. Veel onderzoek hieraan vond plaats in de NWRW-thema's 1,5,9,10 en 11.



het slaan van palen en het storten van aarde werd de afsluiting vastgezet. In het Babylonische zondvloedverhaal begint de vloed als de goden "de palen uittrekken en het opgestuwde water doorstroomt". Deze oude techniek werd nog in 1913 toegepast toen de eerste moderne stuwdam, de Hindiya Barrage, in de Eufraat werd aangebracht. De beschrijving met foto spreekt van "een lange worst bestaande uit takkebossen en riet, samengebonden met snoeren gemaakt van palmribben, in de rivier gerold". Administratieve oorkonden uit Babylonië vermelden i.v.m. waterwerken grote hoeveelheden riet, takken, rijshout e.d., en er zijn ook aanwijzingen dat men voor het afdammen van waterlopen en het dichten van dijkgeden voor een soort zinkstukken of rijsdammen gebruik maakte. In een lange brief schrijft de radeloze gouverneur van Saggartum (het district waardoor de boven reeds genoemde rivier de Chabur stroomt) over zijn wanhopige pogingen een overstromingsramp te voorkomen als het rivierwater twee meter gestegen is:

"De dijk bovenstrooms van de overlaat/afvoer en benedenstrooms van de stuw/het stuwbecken, die ik samen met Kibri-Dagan had aangelegd, was verzakt en ik had hem weer versterkt. Nu is hij voor de tweede keer verzakt en ik ben opnieuw begonnen hem te versterken. En de overlaat/afvoer die wij afgedamd hadden is ook verzakt. Twee zinkstukken/rijsdammen(?) van riet en takken (*sjurum*) zijn aangebracht, maar het is een enorm karwei en het gaat mijn krachten te boven. Laat mijnheer (de koning) Bahdilim instrueren mij 200 man te sturen, zodat ik de zwakke plekken van de Chabur kan versterken" (*Archives Royales de Mari*, deel 14, no. 13).

In vroege teksten wordt al melding gemaakt van aanleg en gebruik van een soort reservoirs of vijvers (in het Sumerisch *nag.ku*) naast of bij de kop van een kanaal, wel bedoeld voor het opvangen van het surplus aan vloedwater. Ze kunnen blijkbaar rechthoekig en rond zijn en hun oppervlak kan variëren van enkele tientallen tot enkele duizenden m². Rond 2000 v.Chr. schrijft een civiel bestuurder aan enkele generaals:

"Het vloedwater van de Eufraat is overgestroomd in de richting van Tummal, maar de troepen zijn bezig een reservoir (*nag.ku*) aan te leggen. Het is ook overgestroomd in de richting van het Gisjgidunlaveld. Het water is 75 cm. gestegen. Als de zon niet te voorschijn komt zullen zelfs 7200 man troepen er niets tegen kunnen uitrichten. Het water heeft een areaal van 3600 *bur* land (ca. 20.000 ha.) overspoeld. Mijn werkkrachten zijn niet toereikend, ik kan het water niet tegenhouden. Dringend!" (*Civil 1994*, 182v.).

Deze interessante brief behoort tot een bloemlezing vroege Sumerische brieven, in de Babylonische school bestudeerd. Al mag men op grond van de geografische details aannemen dat een historische gebeurtenis beschreven wordt, de enorm grote, (in het Sumerisch) ronde getallen sluiten enige overdrijving niet uit, al zullen rampen van deze omvang zich stellig af en toe voltrokken hebben

Het waterbeheer

De belangrijkste taak van de "afsluiter", deze meer spectaculaire acties bij dijkdoorbraken daargelaten, was het door sluiten en openen van kanalen controleren, stuwen, distribueren en doorleiden van het water, en wel zo dat onder vermindering van risico's het peil zo hoog mogelijk bleef, zodat het in fasen alle stroomafwaarts gelegen elementen van het irrigatienetwerk ten goede kon komen. Zijn in wezen technische taak had daarom ook beheerskanten, want de verdeling moest ook eerlijk en op de juiste tijdstippen geschieden. Die verdeling was gebaseerd op traditionele afspraken, normen en rechten, waarover dan ook meestal slechts iets geschreven wordt als zich problemen of conflicten voordoen. Zulke meningsverschillen konden van particuliere aard zijn, op lokaal niveau, maar ook tussen staten of districten. Beroemd is uit de vroege geschiedenis van Mesopotamië (midden 3e millennium v. Chr.) het conflict tussen de staten Umma en Lagasj, gelegen in het zuidoosten van de delta, dat zich toespitste op het bezit van grensland en de aanleg van een grensdijk, waarbij het stroomopwaarts gelegen Umma uiteindelijk de zege behaalde. En het lijkt waarschijnlijk dat meer politieke conflicten tussen stadstaten te maken hadden met het gebruik van waterlopen, die immers ook voor verkeer en handel van grote betekenis waren. Van dreigend gebrek aan irrigatiewater door overmatig stuwen en irrigeren als oorzaak van (latente) conflicten, zoals vandaag tussen Turkije en Syrië of Israël en Jordanië, is in de oudheid nog geen sprake. Onenigheid op regionaal niveau is wel gedocumenteerd, in een interessante brief uit het paleisarchief van Mari. Het gaat daarin om het gebruik van het water in de rivier de Balich (ontspringt in Zuid-Turkije en mondt in Syrië in de Midden-Eufraat uit) en de belangen van de steden Tuttul (bij de uitmonding van de Balich in de Eufraat) en Zalpach (een dagreis stroomopwaarts). Tuttul behoort tot het territorium van Mari, het noordelijker Zalpach niet, maar beide maken deel uit van het machtsgebied van Sjamasji-Adad I, die vanuit Assyrië heel Noord-Mesopotamië beheerst. De brief door de onderkoning van Mari rond 1780 v.Chr. aan zijn vader Sjamsji-Adad I geschreven luidt:

"Spreek tot Mijnheer, aldus Jasmach-Addu, Uw dienaar: Eerder, toen La'um, Masjum en Masjia naar Mijnheer waren gegaan vanwege het water van de Balich, heeft Mijnheer hun de volgende instructie gegeven: "Lever al het water van de Balich aan (destad) Tuttul zodat zij hun grote landbouwareaal kunnen bewerken. Te Serda is maar weinig akkerland en het ligt ver weg. Wie zou het graan dat zich daar nu bevindt (willen nemen? Laat men i.p.v. Serda het bevoelbare areaal³ van Tuttul ploegen en inzaaien!". Zo luidde de instructie van Mijnheer. En inderdaad is het landbouwareaal van Tuttul nu ingezaaid, maar nu is Anumuri naar Zalpach gekomen en heeft het water van de Balich afgedamd en zodoende de landbouwers die ik daar gevestigd had verjaagd. Ik heb bij hem geprotesteerd, maar hij antwoordde mij als volgt: "Zou het mij passen buiten mijn superieur Isjkurlutil om (een militair gouverneur in Noord-Mesopotamië - K.R.V.) zo te handelen? Op grond van zijn instructie heb ik het water afgedamd!". Dat antwoordde hij mij. Bestaat er één rivier waarover twee verschillende personen het bewind voeren? Wat kan ik in Tuttul uitrichten nu hij het water van de Balich daarginds heeft afgedamd? Bovendien, Mijnheer weet zeer goed dat Zalpach van oudsher aan Tuttul ondergeschikt is. Waarom betwist Zalpach dat nu? Laat Mijnheer een strenge instructie sturen aan Isjkurlutil, dat Zalpach het niet betwisten mag en al het water van de Balich aan Tuttul leveren moet, zodat heel het akkerland van Tuttul bebouwd kan worden!" (Villard 1987).

Zoals ook uit deze brief blijkt bevatten de geschreven bronnen allerlei informatie over het waterbeheer. Brieven, rapporten en boekhoudkundige oorkonden werden immers primair voor bestuurlijke doeleinden geschreven, om opdrachten, verzoeken en informatie over te brengen of om verantwoording af te leggen over beheer van mensen en goederen. Gelukkig ontbreken documenten uit de particuliere sfeer niet geheel, maar ze zijn in de minderheid en het is ook niet altijd mogelijk, als het om losse documenten gaat, vast te stellen op welk niveau een zaak speelt. Veel brieven met klachten en verzoeken lijken een ambtelijke achtergrond te hebben. Voor problemen op particulier en lokaal niveau behoefde men geen brieven te (laten schrijven), tenzij men hij bij een hogere instantie, elders, appelleerde.

Ten aanzien van het waterbeheer kunnen we maximaal vier niveaus onderscheiden:

- a) het centrale niveau, belichaamd in de vorst, zijn paleisorganisatie en bestuurlijke staf;

³ In het Babylonisch *ugarum*, een woord dat veel in kadasterteksten voorkomt en vaak vertaald wordt met "polder", omdat het een areaal aanduidt dat een bevoelingsseenheid is, waarvan boeren gemeenschappelijke belangen hebben.

b) het regionale gezag van districtsgouverneurs en officials met bovenlokale taken;

c) het lokale gezag, per stad of dorp;

d) het particuliere gezag van de eigenaars of bezitters (leenlieden, pachters), individueel of als groep ("polderinzaten").

In de praktijk is het onderscheid tussen b) en c) niet altijd even duidelijk en dat tussen a) en b) alleen zinvol in een grotere territoriale staat, die een aantal steden, rivierarmen en kanalen omvat. Bij het in het vroege Mesopotamië gedurende vele perioden dominerende systeem van stadstaten, met stad en ommeland met dorpen als één bestuurlijke eenheid onder de eigen stadsvorst, vallen a) en b) samen.

Vorst, gouverneur en stad

De vorst was als goddelijk stedehouder op aarde belast met de zorg voor het welzijn van diens domein, de tempel en het land/zijn volk. Voor beide was succesvolle landbouw en dus irrigatie essentieel. De officiële ideologie kan dan ook schrijven dat waterwerken door de vorst voor de (stads)god werden uitgevoerd, zoals het eerder genoemde sluiscomplex van Entemena, gebouwd voor de god Ningirsu van Girsu. Aanleg en onderhoud van grote kanalen was een belangrijke taak en de vorst vereeuwigde zijn prestaties op dit gebied graag in pronkschrijftjes, koningshymnen, en jaarnamen⁴. Ook de namen van nieuw gegraven kanalen bevatten nogal eens de naam van de koning die het werk liet uitvoeren (er is niets nieuws onder zon), b.v. "Hammurapi-betekent-overvloed-voor-het-volk-kanaal". Zorg voor de irrigatie en dus landbouwproductie diende uiteraard de economisch belangen van de staat, ook omdat veel onderdanen leefden van door het paleis verstrekte rantsoenen op door het paleis in leen gegeven landerijen. Ingrijpende maatregelen bij dreigend hoogwater, dijkdoorbraak of als na overstroming rivierarmen zich verplaatst hadden gingen de lokale krachten meestal te boven en konden zonder het potentieel van de staat (materialen en mankracht, waaronder dienstplichtigen) niet gerealiseerd worden. De vorsten beroemen zich er voorts herhaaldelijk op door het graven van kanalen nieuw land te hebben ontsloten, wat nodig was als de bevolking groeide, als waterlopen zich verplaatsten of oude kultuurgrond verzilt raakte. De niet zeldzame claim een bepaalde streek of stad van "duurzaam water" te hebben voorzien zegt evenveel over de noodzaak van zulke ondernemingen als over de zorg voor de toekomst. Koning Urnammu van Ur, de eerste vorst van een nieuwe dynastie (ca. 2100 v.

⁴ In Babylonië dateerde men vóór het midden van het 2e millennium niet naar getelde regeringsjaren ("jaar 6 van Hammurapi"), maar kreeg ieder jaar een naam, waarin een belangrijke prestatie van de koning werd vastgelegd, b.v. "Jaar waarin Hammurapi het kanaal (genaamd) "Hammurapi-betekent-overvloed-voor-het volk" liet graven".

Chr.) beroemt zich erop een moerasgebied van ca. 20.000 ha. te hebben drooggelegd met behulp van een 45 km. lange dijk, en na zijn plotselinge dood wordt in een lied op hem gewag gemaakt van de kanalen die hij gegraven heeft. Jachdunlim van Mari (ca. 1800 v. Chr.) "heeft de zwakke plekken in de oeverwallen van de Eufraat verwijderd en zo het volk veilig doen wonen". "Ik heb in de steppe, een land van dorst, waar van oudsher geen koning een stad gebouwd had, een stad gebouwd en haar gracht gegraven en haar "Jachdunlim-vesting" genoemd". En natuurlijk voorzag hij haar van een kanaal, waarin hij zijn naam vereeuwigde: Isjim-Jachdunlim-kanaal. Door kanaalaanleg breidde hij het bevoeiingsareaal in de Eufraatvallei zo uit dat "hij het gebruik van schepemmers deed verdwijnen". Koning Rim-Sin van Larsa (ca. 1800 v.Chr.) geeft een van zijn regeringsjaren de volgende bloemrijke naam: "Jaar waarin Rim-Sin, de ware herder, die wijsheid bezit en wiens kunde uitnemend is, op bevel van (de goden) Enlil en Enki het Tweelingkanaal, dat de wijd verspreide bevolking van drinkwater voorziet en langs zijn oevers een weelde aan tarwe doet uitspruiten, tot aan de zee (de Perzische Golf) toe groef en zo het aangrenzende land tot goede akkergrond maakte". Het verbaast niet dat de schrijvers en klerken die oorkonden met jaarnamen moesten dateren meestal met afkortingen werkten, zoals "Jaar Rim-Sin groef het Tweelingkanaal", maar ook daarin leeft de prestatie van de koning voort.

Veel vorstelijke initiatieven moesten op provinciaal of regionaal niveau worden uitgevoerd door gouverneurs, zoals hun correspondentie in het paleis te Mari gevonden laat zien. Zij zijn daarom meestal de de facto verantwoordelijken, maar worden gestuurd door koninklijke directieven die zij opvolgen conform de eed van trouw bij hun aanstelling gezworen. In Lagasj (21e eeuw v.Chr.) moeten de hoofden van alle belangrijke tempels (die veel landbouwgrond bezaten) de gouverneur met een eed bij de koning beloven dat zij de (na de zomer) onder water gezette akkers niet zullen bevoeien zonder toestemming van de gouverneur. Gouverneurs beschikken over technici en dienstplichtigen voor het uitvoeren van waterstaatkundige werken en kunnen in noodgevallen de civiele bevolking recruteren of de hulp van collega's of van het paleis in de hoofdstad inroepen. Maar de koning kon de districtsgrenzen soms negeren zoals blijkt uit de beleefde en beargumenteerde weigering van de gouverneur van Saggartum (aan de rivier de Chabur), als de koning de arbeiders uit zijn district heeft gerecruteerd voor werk aan het kanaal dat langs de hoofdstad stroomt en hem in plaats daarvan arbeiders uit het district Terqa heeft toegewezen.

"Het district Saggartum wordt geïrrigeerd met het Isjim-Jachdunlim-kanaal en het district Mari met het "Mari-kanaal". Is het daarom wel juist dat het district Saggartum zijn eigen werkzaamheden staakt en naar dit laatste kanaal gaat en dat het

district Terqa naar een verder stroomopwaarts gelegen kanaal gaat? Ik ben bij het (eigen) Isjim-Jachdunlim-kanaal gearriveerd en de kanaal-opzichter⁵ heeft een traject van 21,6 km uitgekozen. Laat nu Mijnheer (de koning) een troep van 2 à 300 arbeiders, met leeftocht voor 3 à 4 dagen naar het "Mari-kanaal" sturen om het karwei snel te klaren" (*Durand 1990*, 124).

De bestuurlijke rol van de stad is moeilijk grijpbaar, ook omdat we geen archieven van stadsbesturen bezitten. In de praktijk was die rol blijkbaar veelal beperkt tot lokale rechtspraak en stedelijke regelingen. Stedelijk waterbeheer is amper gedocumenteerd, al lijken nogal wat brieven waarin geklaagd wordt over problemen inzake irrigatie en water op lokaal niveau te spelen, omdat de typen kanalen die genoemd worden (*namkarum*, *atappum*, e.d.) alleen van lokaal belang zijn. Uiteraard was de stad betrokken en gebaat bij regels voor een eerlijke waterverdeling over de verschillende polders en arealen en bij het voorkomen van conflicten. Van groot plaatselijk belang was natuurlijk ook de veiligheid van de dijken in en om de stad, maar de verantwoordelijkheid daarvoor moest primair worden waar gemaakt worden via de inzet van de burgers en boeren die daar direct belang bij hadden. Hoever de bemoeienis van de stad reikte is moeilijk vast te stellen, vermoedelijk tot en met de toevoerkanalen die als collectieve voorziening voor de gehele gemeenschap dienden, kanalen die de autoriteiten voor een goede verdeling van het water of onderhoudswerken ook tijdelijk konden afsluiten.

Privileges in de Middelbabylonische tijd (2e helft 2e millennium v. Chr.) aan landschenkeningen door de koning verbonden vermelden onder de immuniteiten o.a. het ontslagen zijn van de verplichting zich te laten recruteren voor onderhouds-, herstel- en bedieningswerkzaamheden aan kanalen, oeverwallen, sluizen en stuwen van de koning en aan het irrigatiekanaal van de lokale dorpsgemeenschap. Deze opsomming vermeldt meer corvee voor de vorst dan voor eigen stad of dorp. Deze mengeling van centraal en lokaal beheer is begrijpelijk omdat een rivierarm of groot kanaal, met zijn dijken, sluizen en stuwen door zijn lengte en functie per definitie de lokale belangen te boven gaat. Bestuurders, zoals de reeds genoemde "dijkgraaf" (*gugallum*), de "rivierbestuurder" uit de Oudbabylonische tijd, de "kanaal-managers" uit de Nieuwbabyloische tijd (1e millennium v. Chr.) en de "afsluiter", als technicus gestationeerd bij een belangrijk kanaal, blijken meestal onder het districtsbestuur of het centrale gezag te ressorteren.

⁵ Deze titel komt tot dusverre alleen hier voor. Hij is wel te onderscheiden van de "afsluiter" en vermoedelijk een manager die aangesteld is om de werkzaamheden aan de dijken van dit grote kanaal te coördineren.

Bij deze stand van zaken past een taakverdeling tussen de centrale of regionale overheid en de stad. Illustratief daarvoor is een brief van een Babylonische koning (17e eeuw v. Chr.) aan de bestuurders van Sippar, een belangrijke stad in Noord-Babylonië. De brief heeft betrekking op werk aan de dijken van het grote Irnina-kanaal, dat ten noorden van Sippar van de linker Eufraatoever aftakt en waaraan behalve Sippar nog verschillende andere steden gelegen zijn. In de brief wordt gesteld dat volgens gewoonte het paleis het onderhoud van 5/6 deel van de in totaal ruim 50 km lange dijken voor zijn rekening neemt en de stad Sippar 1/6 deel, d.w.z. ca. 8 km, vermoedelijk het gedeelte dat het stadsterritorium in ruime zin doorsneed. Het stadsbestuur wordt nu gemaand i.v.m. met een kritiek hoogwater "de verantwoordelijken" te recruteren om de oeverwallen van het kanaal te komen versterken en die van de Eufraat (bij het aftakpunt?) te verhogen.

Rechten en plichten van het individu

Op het lokale of particuliere niveau geldt de regel dat de bezitter (eigenaar, pachter of leenman) rechten en verantwoordelijkheden heeft, waar reeds vroeg bewijzen voor zijn. Al vóór 2000 v. Chr. is er een tekst die duidelijk maakt dat bezit van grond langs en dus per definitie gebruik van water uit een irrigatiekanaal de juridische basis is voor de verplichting onderhoudswerk uit te voeren, vooral uitbaggeren (op diepte houden, ook in het belang van hen die verder stroomafwaarts water mogen aftappen) en in goede staat houden van de oeverwallen. Ook enkele Oudbabylonische brieven leggen de verbinding tussen grondbezit en financiële bijdragen voor of werk aan het onderhoud van kanalen e.d. (er is b.v. sprake van werkkrachten afkomstig uit dorpen die op de oever van een uit te baggeren kanaal liggen). In de zojuist besproken brief van een Babylonische koning blijkt dat het bij "de verantwoordelijken" die het werk moeten verrichten gaat om "allen die ter plaatse land bezitten".

Onderhouds- en zorgvuldigheidsplichten bij het gebruik van irrigatiefaciliteiten komen ook enkele malen in Mesopotamische wetten ter sprake, waar met name nalatigheid en delicten behandeld worden. Volgens de paragrafen 53v. van de Wetten van Hammurapi heeft een boer of pachter de plicht de oeverwal van het irrigatiekanaal dat langs zijn akker stroomt goed te onderhouden en is hij verantwoordelijk voor de schade aan belendende akkers door zijn nalatigheid toegebracht. De burens worden hier aangeduid als "polderinzaten", d.w.z. de boeren die van hetzelfde irrigatiekanaal gebruik maken. Men moet hierbij denken aan een reeks langwerpige, soms zeer smalle, door sloten van elkaar gescheiden akkers, die alle met hun "kopzijde" aan één irrigatiekanaal grenzen. Ongecontroleerde overstrooming van één akker brengt ook de burens

schade toe, vooral hen die verder benedenstrooms hun akkers hebben. Bij pacht treedt de pachter als feitelijke gebruiker vanzelf in de rechten en plichten van de eigenaar. Deze rechten waren traditioneel bepaald en ter plekke bekend en dat verklaart waarom in koop- en pachtcontracten van akkers haast nooit over deze zaken geschreven wordt. Een klein aantal koopcontracten vermeldt uit welke kanaal de akker zal "drinken" of "geïrrigeerd worden". Bepalingen in pachtcontracten over het uitvoeren en vergoeden van werk aan kanalen(sloten) en dijken zijn zelfdzaam en slaan blijkbaar op bijzondere gevallen, waarbij zulke investeringen nogal eens verrekend mogen worden met de pachtsom. Irrigatiekanaaltjes direct langs de akkers konden privé-eigendom zijn, want soms wordt vermeld dat de eigenaar ze gegraven heeft en worden ze bij een erfdeling opgevoerd (waar ze ook gemeenschappelijk bezit kunnen blijven van de erven wier akkers uit één en hetzelfde bevoeid worden). Ze horen dan integraal bij de akker en daarom wordt soms bepaald dat de verkoper van het land geen aanspraak meer kan laten gelden op "bevoeiingskanaal, oeverwal, sloten en irrigatiepunt".

Over de irrigatierechten is bijzonder weinig bekend. In oudere tijden vindt men af en toe vermeldingen van betalingen, maar dat lijkt primair te slaan op betaling voor het werk dat gemoeid was met het tijdelijk openen van oeverwallen, reservoirs e.d. Bij waterrechten gaat het in de eerste plaats om het traditionele recht om in bepaalde perioden van het jaar, gedurende een bepaalde tijd een bepaalde hoeveelheid water uit een bepaald kanaal over een akker of in de sloten en watervoerende voren te mogen laten lopen. De omvang van het recht werd blijkbaar primair in een tijdseenheid (één of meer dagen) uitgedrukt, maar natuurlijk was ook de omvang van de sluis of opening in de oeverwal van belang. Die combinatie kwam enkele decennia geleden ook in Iraq nog voor, waar de *waqt*, de periode tussen zonsopgang en ondergang, als eenheid van tijd fungeerde en de doorsnede van de metalen buis door de kanaaldijk als eenheid van volume. Er zijn enkele aanwijzingen dat men in Babylonië het watervolume dat afgetapt werd ook mat aan de hoogte van het waterpeil in een kanaal of spaarbekken, waarbij de eenheid een Babylonische "duim" van $1 \frac{2}{3}$ cm. was. Uit brieven vernemen we dat er soms problemen waren met het verkrijgen van de hoeveelheid waarop men recht had, omdat het op zwaartekracht gebaseerde systeem uiteraard de grondbezitters aan het begin van een irrigatiekanaal bevoordeelde, zeker als er weinig water was of als het "staarteinde" van het kanaal door onvoldoende drainage en sedimentatie minder water kon bevatten

In ambtelijke brieven uit de Oudbabylonische periode vinden we verzoeken om elders beter bevoeibaar land toegewezen te krijgen, opdrachten om staatspachters extra irrigatiewater toe te wijzen, en instructies om te voorkomen dat zulke pachters elkaar van water beroven. Ook zijn er gevallen waarin boeren naar een met name genoemd

irrigatiekanaal verwezen worden. In de jongere Nieuwbabylonische periode en Perzische (7e - 5e eeuw v.Chr.) is sprake van betaling voor waterrechten aan de koning en aan tempels en grootgrondbezitters, die kennelijke aanleg en onderhoud voor hun rekening genomen hadden. Het paleis speelde hierbij vooral in de vroege Perzische periode een belangrijke rol, omdat de voornaamste onderdelen van het irrigatienet als eigendom van de Perzische kroon golden. De betalingen werden boekhoudkundig verantwoord, omdat de kanalen, als economische factoren van de eerste orde, object van commerciële manipulatie waren geworden. Het management en de inning der gelden (heffingen) werd vaak toevertrouwd aan speciale "kanaal-managers" (letterlijk: "hij die over de heffing voor het kanaal gaat"), die dan ook "inkomsten als dijkgraaf" ontvingen. Kanalen en inkomsten uit zulke functies (met het daarbij behorende beheerswerk) konden, soms zelfs in gedeelten, weer (onder)verpacht worden.

Het privé-beheer daargelaten overheerst de tendens om zowel op lokaal als op regionaal niveau versnippering van bevoegdheden tegen te gaan en het beheer over belangrijke rivierarmen en kanalen zoveel mogelijk in één hand te houden, of althans het feitelijk beheer te voorzien van goede directieven van bovenaf, zodat coördinatie mogelijk was. Die coördinatie moest enerzijds conflicten tussen belanghebbenden voorkomen en anderzijds een kader scheppen voor onderlinge afstemming van gebruik en van samenwerking bij onderhoud of herstel. Dat gold met name in crisissituaties en bij grote waterstaatkundige werken, waar het centrale bestuur een belangrijke rol speelde, ook op basis van zijn mankracht, materialen en fondsen. Maar al die beheerders en bestuurders konden niet zonder de ervaren technici die de kunst verstonden met de toen beschikbare elementaire middelen en technieken kunstwerken aan te leggen, rivierarmen en kanalen "te openen en te sluiten", en die zelfs pogingen konden doen bij dreigend hoogwater het ergste te voorkomen. Deze Babylonische ingenieurs waren waardige opvolgers van hun voorgangers, de goddelijke kanalenbouwers en dijkgraven, die het karwei al vóór de mens bestond begonnen waren, omdat ook zij anders zouden verhongeren of verdrinken. Ze hadden het met een zucht van verlichting aan de mens overgedragen, maar net als in de goddelijke maatschappij waren er ook in de menselijke samenleving machtigen en deskundigen, die bestuurden, beheerden en ontwierpen, die het zware werk door anderen lieten verrichten. De massa der gewone werkers, die onder de hete Mesopotamische zon, voor een karig loon het grondwerk jaar in jaar uit moest verrichten verdient evenzeer onze bewondering. Maar zoals de Babylonische mythe over de zondvloed en de schepping van de mens constateert, voor hen was de vrijheid, d.w.z. het overdragen van het zware werk aan anderen, niet weggelegd, want daarvoor waren zij nu

juist geschapen. Dat dit zware corvee door modern technisch vernuft aanmerkelijk verlicht kon worden was toen zelfs nog geen toekomstmuziek. De Babyloniërs die uit de praktijk en blijkens het zondvloedverhaal de gevaren van water en wind terdege kenden, hadden nog geen middelen gevonden de daaraan inherente krachten aan zich dienstbaar te maken. Windmolen en waterrad kenden zij nog niet, katrol en dierlijke tractie verschijnen pas in het 1e millennium v. Chr. Maar wat zij met hun technische en beheerlijke expertise tot stand gebracht hebben verdient toch onze bewondering. En daar hoort bij dat zij ten dienste van het beheer in hun vroege stedelijke samenleving het schrift hebben uitgevonden waardoor ze ons deelgenoot maken van hun duizenden jaren oude ervaringen. Zo zijn ze voor ons herkenbaar, als ingenieurs, waterbeheerders, arbeiders en boeren.

Literatuur

- Bulletin on Sumerian Agriculture*, Vols. 4-5 : *Irrigation and Cultivation in Mesopotamia I-II* (Cambridge 1988-1989).
- K.W. Butzer, Environmental change in the Near East and human impact on the land, in: J.M. Sasson (ed.), *Civilizations of the Ancient Near East*, I (New York 1995) 123-151.
- M.P. Charles, Irrigation in Lowland Mesopotamia, in: *Bulletin on Sumerian Agriculture* 4 (Cambridge 1988) 1-29.
- M. Civil, *The Farmer's Instruction. A Sumerian Agricultural Manual* (Aula Orientalis Supplement 5; Barcelona 1994).
- J.-M. Durand, Problèmes d'eau et d'irrigation au royaume de Mari: l'apport des textes anciens, in: B. Geyer (ed.), *Techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles en domaine irrigué* (Colloque de Damas 1987; Paris 1990) 101-142.
- R. A. Fernea, *Sjajkh and Effendi* (Cambridge Mass. 1970).
- Iraq and the Persian Gulf*. Geographical Handbook Series, Naval Intelligence Division London 1944).
- R. van Laere, Techniques hydrauliques en Mésopotamie ancienne, in: *Orientalia Lovaniensia Periodica* 10 (1979) 11-56.
- J. Laessoe, Reflexions on Modern and Ancient Oriental Water Works, in: *Journal of Cuneiform Studies* 7 (1953) 5-26.
- B. Lafont, Nuit dramatique à Mari, in: J.-M. Durand (ed.), *Florilegium Marianum* (Paris 1991) 93-106.
- M. Liverani, Reconstructing the rural landscape of the Ancient Near East, in: *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 39 (1996) 1-41.
- J. Metral - P. Sanlaville (eds.), *L'Homme et l'eau en Méditerranée et au Proche Orient*, I-IV (Travaux de la Maison de l'Orient; Lyon 1981).
- J.N. Postgate, *Early Mesopotamia. Society and Economy at the Dawn of History* (London-New York 1992).
- M.A. Powell, Evidence for agriculture and waterworks in Babylonian mathematical texts, in: *Bulletin on Sumerian Agriculture* 4 (Cambridge 1988) 161-172.
- M. Roaf (ed.), *Cultural Atlas of Mesopotamia and the Ancient Near East* (New York - Oxford 1990).
- M. Stol, Kanal(isation), in: *Reallexikon der Assyriologie* Bd. 5 (Berlin 1976-1980) 355-365.

- K.R. Veenhof, Mesopotamië, het land en het water, in: D. van der Plas e.a. (eds.), *Landbouw en Irrigatie in het Oude Nabije Oosten* (Supplementen Ex Oriente Lux 2; Leiden/Leuven 1993) 63-96 (met literatuur).
- P. Villard, Un conflit d'autorité à propos des eaux du Balih, in: *Mari, Annales de Recherches Interdisciplinaires* 5 (1987) 591-596.
- E. Wirth, *Agrargeographie des Irak* (Hamburger Geographische Studien 13; Hamburg 1962).

3. De betekenis van STOWA voor de waterbeheerders

ir. H.A.Meijer

voormalig directeur Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden

Inleiding

De betekenis van STOWA voor de waterbeheerders is niet in een paar zinnen aan te geven. Waarom moeten de waterbeheerders een eigen onderzoekorganisatie hebben, terwijl er in ons land op watergebied een voortreffelijk onderzoeksinstituut als het RIZA bestaat? Naast het RIZA verrichten ook instituten en universiteiten onderzoek op dit gebied. Ook VEWIN houdt zich via het KIWA met wateronderzoek bezig. Waarom is er daarnaast voor het toegepast onderzoek ten behoeve van het waterbeheer nog een STOWA nodig? In mijn bijdrage zal ik proberen om het waarom, het hoe en het hoe verder van STOWA te schetsen. Ik zal dit doen vanuit de landelijke situatie op het gebied van de afvalwaterzuivering zo'n 30 jaar geleden. De betekenis van STOWA voor de waterbeheerders zal daarbij uiteraard voorop staan. Aangezien mijn beoordeling niet wordt ondersteund door een enquête onder de waterbeheerders, maar op mijn eigen indrukken is de kans op een subjectief oordeel aanwezig. Daar komt nog bij, dat ik steeds een voorstander van toegepast onderzoek op het gebied van waterbeheer ben geweest en ook van de manier, waarop dit onderzoek bij de STOWA van de aanvang af gestalte heeft gekregen. Desondanks zal ik mijn best doen om de prestaties van STOWA kritisch door te lichten op de betekenis voor de waterbeheerders.

Mijn bijdrage bestaat uit vier delen:

- een terugblik op de beginperiode van de afvalwaterzuivering en de rol van de waterbeheerders daarbij;
- de behoefte aan toegepast onderzoek en de voor STOWA gekozen constructie;
- de belangrijkste activiteiten van STOWA;
- een inschatting van de toekomstige behoefte aan onderzoek m.b.t. waterbeheer.

De beginperiode - voorbereiding en uitvoering WVO

De periode 1965-1971, vóór de oprichting van de STOWA, toen nog Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater STORA genoemd,

kan niet worden overgeslagen als een beeld moet worden geschetst van STOWA. Enige kennis van de waterkwaliteitssituatie van dat moment is nodig om de ontwikkelingen te kunnen begrijpen. Het waterkwaliteitsbeheer stond in die periode 1965-1971 hoog op de politieke agenda. In ons land maar ook internationaal was eindelijk het besef doorgedrongen, dat er aan de waterverontreiniging en aan de milieuvervuiling paal en perk moest worden gesteld.

Het boek *Silent Spring* van Rachel Carson, dat in 1962 verscheen, was in de Verenigde Staten aanleiding voor positieve reacties op regeringsniveau. Het boek toonde aan welke risico's werden genomen met het toenemend gebruik van allerlei niet afbreekbare chemische stoffen en de verspreiding ervan in bodem, lucht en water. De tijd was rijp om niet alleen oog te hebben voor de economische ontwikkeling maar ook voor de kwaliteit van bodem, lucht en water. Ook in Nederland waren de schaduwzijden van de industrialisatie en de intensieve land- en tuinbouw aan het licht getreden. Vaak zelfs op een zeer hinderlijke wijze. Het was ook duidelijk geworden, dat het zelfreinigend vermogen van het oppervlaktewater ontoereikend was om de problemen op te lossen. Op veel plaatsen werd de atmosfeer langs sloten en vaarten door zuurstofloos oppervlaktewater verpest. Trouwens ook in steden als Gouda en Haarlem was het in die tijd 's zomers in de buurt van grachten en singels slecht vertoeven vanwege het stinkende water.

Aan de bestrijding van de watervervuiling werd door het Rijk reeds lang aandacht geschonken, onder meer door het al in 1920 opgerichte Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater in Voorburg. Hoewel de kennis om afvalwater te zuiveren voorhanden was, gaf de regelgeving te weinig mogelijkheden om de achterstand weg te werken. Het RIZA telde bij het 50-jarig bestaan in 1970 reeds 70 medewerkers (Zijlstra *et al.*, 1970).

Vóór de tweede wereldoorlog waren er al gemeenten en bedrijven, die over een afvalwaterzuiveringsinstallatie beschikten. De gemeente Amsterdam was als eerste grote gemeente met zuiveren begonnen. Na de tweede wereldoorlog nam het aantal zuiveringsinstallaties toe, zodat er in 1965 al 320 afvalwaterzuiveringsinstallaties aanwezig waren, waarvan er echter 140 alleen uit bezinktanks bestonden. De totale capaciteit bedroeg ca. 4 miljoen inwonerequivalenten. Over het algemeen werden de installaties door de gemeenten gebouwd voor nieuwe uitbreidingsplannen in samenhang met de rioleringsaanleg. Aan het centraliseren van de rioleringen in de oudere wijken in samenhang met de bouw van een zuiveringsinstallatie kwamen maar weinig gemeenten toe. Het vuile water werd geloosd op een nabij gelegen oppervlaktewater. In enige steden werd door verversing van het gracht- of singelwater stankoverlast voorkomen.

Er waren in die tijd naast de gemeentelijke installaties, maar weinig zuiveringstechnische werken met een meer regionaal karakter. Het kwam

daardoor voor, dat in een stroomgebied gemeenten stroomafwaarts wel aan afvalwaterzuivering werd gedaan, maar dat het effect daarvan teniet werd gedaan, doordat soms veel grotere gemeenten, die stroomopwaarts waren gelegen nog niet aan afvalwaterzuivering toe waren. Van onderlinge afstemming van zuiveringsplannen was nauwelijks sprake. Ook de relatief hoge kosten voor de centralisatie van de riolering en de bouw van een afvalwaterzuiveringsinstallatie vormden een obstakel. De gemeenteraden stelden het geld gemakkelijker beschikbaar voor een sporthal of een zwembad dan voor een zuiveringsinstallatie.

Van zeer grote betekenis, om aan het gebrek aan coördinatie bij de uitvoering van de sanering van het oppervlaktewater een einde te maken, was de aanpak, die al in het begin van de jaren vijftig werd geïntroduceerd bij het Waterschap De Dommel in Boxtel. De afvalwaterzuivering wordt in dat model niet uitgevoerd door de gemeente, maar door het waterschap, dat via een provinciaal besluit die bevoegdheid had verkregen. De gemeenten bleven verantwoordelijk voor de verzameling van het afvalwater in de riolering. Het waterschap neemt het afvalwater op het overnamepunt over en bepaalt de meest efficiënte plaats van zuiveren. De kosten van zuiveren worden omgeslagen over alle heffingsplichtige vervuilers, ongeacht of het afvalwater gezuiverd wordt of niet. Tegenwoordig ziet men dit als de gewoonste zaak van de wereld, toen was het voor ons land een novum.

In dit verband moet de naam worden genoemd van de grote man achter deze aanpak: de Watergraaf van het Waterschappen De Aa en de Dommel mr. Th. A. J. Vosters. De Dommelaanpak vond navolging. De waterschappen de Aa, de Berkel, de Donge, de Geleen- en Molenbeek, Regge, Rijnland en Uitwaterende Sluizen volgden het voorbeeld van de Dommel. Onbevredigend was uiteraard, dat in grote delen van het land de afvalwaterproblematiek niet adequaat werd aangepakt.

De oplossing van het afvalwaterprobleem werd in de zestiger jaren niet alleen gezocht in het zuiveren van het afvalwater, maar ook in het op grote schaal afvoeren van afvalwater en slib naar zee. Een door het Rijk ingestelde commissie ondersteunde een alternatief-plan voor een beperkte zuivering van het afvalwater van de Haagse agglomeratie (Den Haag en onder meer Delft, Wassenaar en Zoetermeer) gevolgd door lozing van behandelde afvalwater en zuiveringsslib via twee persleidingen in zee. Een afvoerleiding van 2,5 km voor het bezonken afvalwater en een leiding voor het slib van 10 km lengte (Commissie afvalwatervraagstuk zuidelijk deel randstad Holland, 1965).

In het noorden van het land kreeg de zogenaamde smeerpijp voor de afvoer van afvalwater van de agrarische industrieën naar de Eems-Dollard veel publiciteit. Het Rijk, dat op grond van onderzoek van het RIZA tot vergunningverlening wilde overgaan, ondervond veel tegenwerking, onder andere van de landelijke Vereniging tot Behoud van

de Waddenzee. Ik mag in dit verband de naam van degene, die zowel in Den Haag als in het noorden van het land stelling nam tegen de afvoerleidingen naar zee, niet onvermeld laten: ir.J.G.W. Bolomey, directeur Gemeentewerken 's Gravenhage (1947-1963). Bolomey heeft in het boek Milieubalans van Nederland (Bolomey, 1972) zijn argumenten op papier gezet. Het getuigt van visie, dat hij in beide zaken achteraf gelijk heeft gekregen. De gigantische vuillast van de veenkoloniale gebieden was door aërobe zuivering niet aan te pakken, het was onbetaalbaar. Er bestonden daarom maar twee alternatieven, afvoeren naar ruim ontvangend water of drastische wijzigingen in de bedrijfsvoering. Voor de laatste oplossing is uiteindelijk gekozen.

Er was dringend behoefte aan een wettelijke regeling om de watervervuiling in het hele land aan te pakken. Een regeling, die zowel de verantwoordelijkheid voor de uitvoering als de financiering zou regelen. Dit werd mogelijk in 1969, toen de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren in november werd gepubliceerd in het Staatsblad, twee jaar later gevolgd door het Uitvoeringsbesluit. De uitvoering kwam voor de regionale wateren terecht bij de provincies, die de uitvoering van de wet mochten delegeren aan waterschappen. De meeste waterschappen, die de Dommelaanpak hadden gevolgd, konden op basis van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren met hun activiteiten doorgaan.

Na het in werking treden van de Wet Verontreiniging oppervlaktewateren aan het einde van 1970 kon de bestrijding van de waterverontreiniging goed worden aangepakt. Dat het hard nodig was blijkt uit Tabel 3.1 :

Tabel 3.1. Productie van zuurstofbindende stoffen door huishoudens en industrie, afname daarvan door zuivering en belasting daarmee van het oppervlaktewater tussen 1969 en 1990. Alle getallen in miljoen inwoner-equivalenten (Ontleend aan *Cappon, 1991*).

	Jaar	1969	1975	1980	1985	1990
Huishoudens		12,5	13,3	14,3	14,5	14,9
Industrie		33	19,7	13,7	9,8	8,8
Totaal		45,5	33	28	24,3	24,7
Afname door zuivering		5,5	8,7	12,6	14,5	17
Belasting oppervlaktewater		40	24,3	15,4	9,8	7,7

De tabel laat zien hoe de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen, als gevolg van het uitgevoerde beleid in een periode van 20 jaar, is afgenomen.



rwzi Simonshaven (Pasveersloot). ; capaciteit ca. 300 i.e. Inmiddels geamoveerd [Foto: Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden]



rwzi Hoogvliet; capaciteit 75.000 i.e. compacte bouw met biologische fosfaat- en stikstofverwijdering. [Foto: Aeroview]



Defosfatering van oppervlaktewater bij de Botshol (rapport 94-15)



Defosfatering van oppervlaktewater bij de Loosdrechtse plassen (STOWA-rapport 94-15)

Van grote betekenis voor de kwaliteit van het Nederlandse oppervlaktewater was ook de verbetering van de kwaliteit van het water in de rivier de Rijn als gevolg van de stroomopwaarts genomen maatregelen in Duitsland en Zwitserland. Onderstaande cijfers van het zuurstofgehalte van het Rijnwater bij Lobith illustreren de vooruitgang zeer duidelijk, vooral de minimumwaarde in 1971 geeft aan hoe ernstig de situatie toen was (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Gemiddelde, minimum en maximum zuurstofgehalte van het Rijnwater bij Lobith. Gehalten in mg/l. (Ontleend aan *Dogterom, 1992*).

jaar	gemiddeld	minimum	maximum
1971	4	1	9
1975	6,5	4	10
1980	7	4,5	11
1985	7,5	5	11,5
1989	9	7	11

De invoering van de verontreinigingsheffing heeft stimulerend gewerkt om de door industrieën veroorzaakte waterverontreiniging terug te dringen. Door schone technologie toe te passen en met name bij de agrarische bedrijven door anaëroob te zuiveren kon de vuillast uit die sectoren fors omlaag gebracht worden.

Hoe was de stand van de techniek van de zuivering van afvalwater vóór de invoering van de W.V.O.. De zuiveringstechnische ontwerpen van de toen nog door de gemeenten te bouwen afvalwaterzuiveringsinstallaties werden door het RIZA gemaakt. Adviesbureaus maakten op basis van de RIZA-ontwerpen de bestekken. Een werkwijze, die gekenmerkt werd door eenvoud en snelheid. Enkele besprekingen in Voorburg van het RIZA met de gemeenten en de vergunningverlenende instanties waren voldoende om te komen tot keuze van het type installatie en het vaststellen van de capaciteit. Voor de grotere steden werden meestal actief-slib-installaties geadviseerd met slibgisting en droogvelden voor het zuiveringsslib. Voor de kleinere gemeenten waren oxydatiebeddeninstallaties populair bij het RIZA, vanwege de eenvoud van bediening. Ook het vak van klaarmeester stond nog in de kinderschoenen.

Er was naast het RIZA nog een instituut, waar men op niveau met afvalwaterzuivering bezig was; het Instituut voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO in Delft, waar de uitvinder van de oxydatiesloot dr.ir. A.Pasveer werkzaam was. Pasveer ontwikkelde de oxydatiesloot voor het goedkoop zuiveren van het afvalwater voor kleine kernen. Het zeer eenvoudige Pasveerslootje in Voorschoten voor de zuivering van het afvalwater van een klein wijkje was de eerste toepassing

in de praktijk. Het heeft vanaf 1954 vele jaren naar tevredenheid gefunctioneerd. Veel oxydatiesloten volgden in verschillende uitvoeringsvormen, de capaciteit werd steeds groter. De oxydatiesloot werd steeds vaker in beton uitgevoerd. DHV ontwikkelde de Carrousel met oppervlaktebeluchters. De oxydatiesloot was volwassen geworden, zeker na de toepassing bij DSM en BASF in Ludwigshafen. Over de hele wereld werd het concept toegepast. Voor het periodiek controleren van de werking van de gemeentelijke zuiveringstechnische werken zorgde de Stichting bedrijfsonderzoek afvalwaterzuiveringsinstallaties afgekort, de BAF.

Zoals uit het bovenstaande blijkt, waren de technische mogelijkheden om de waterverontreiniging aan te pakken aanwezig. Toch was het zuiveringsbeheer voor de leidinggevenden bij de verschillende waterschappen een nieuwe materie. De hoofden van de technische en technologische diensten van de al vóór de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren met de afvalwaterzuivering belaste waterschappen wisselden hun ervaringen uit binnen de door hen opgerichte Kring HTD zuiverende waterschappen. Dit overleg voorzag in de behoefte aan kennisuitwisseling met betrekking tot de meer op technologisch gebied liggende activiteiten.

De behoefte aan kennisoverdracht, oprichting van STORA

Toen de wettelijke basis gelegd was voor de aanpak van de waterverontreiniging in heel Nederland groeide de behoefte om naast de informele kennisuitwisseling in Kringverband te gaan beschikken over een eigen kennisorganisatie. Het RIZA kon deze behoefte niet vervullen, omdat in de W.V.O. was vastgelegd, dat het Rijk geen beheerstaken op zuiveringsgebied zou gaan uitvoeren.

Vanuit de in de praktijk gevoelde behoefte, groeiden de waterkwaliteitsbeheerders toe naar een eigen onderzoeksorganisatie. Het idee werd op tafel gelegd van de besturen van de zuiverende waterschappen en de Unie van Waterschappen. De gedachten gingen uit naar een constructie, waarbij vanuit een klein deskundig staffbureau onderzoekprogramma's konden worden uitbesteed. Door begeleidingscommissies te bemensen met terzake deskundige medewerkers van de deelnemers, zo nodig aangevuld met deskundigen van niet-deelnemers zou met beperkte middelen een goede werkwijze verkregen kunnen worden.

Het bestuur van de Unie van Waterschappen overlegde met de directeur van het RIZA, die de gedachte van een onderzoekinstelling voor de regionale waterkwaliteitsbeheerders ondersteunde. De toenmalige directeur van de Unie, de heer mr. A.P. van de Berge zette zich in om de

leden

dr.ir. H.J. Eggink	waterschap de Dommel
ir. R.Karper	RIZA
ir. C.H. Kuggeleijn	zuiveringschap Amstel- en Gooiland
ir. M. van der Lugt	gemeente Utrecht
ir. Th.G. Martijn	VEWIN
ir. H.A. Meijer	hoogheemraadschap van Rijnland
jhr.dr. J.J. Quarles van Ufford	Krachtwerktuigen
ir. H.M.J. Scheltinga	VOMIL
dr.ir D.W. Scholte Ubing	Instituut voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO
ir. J. van Selm	waterschap Regge en Dinkel
ir. F.B. Veldkamp	ONRI
ir. A.P. Vernimmen, M.Sc.	zuiveringsschap Drenthe

De brede samenstelling van deze commissie was ingegeven door de noodzaak om het STORA-onderzoek in een zo vroeg mogelijk stadium af te stemmen op de research buiten de stichting. Wel ontstond vrijwel onmiddellijk de discussie of de leden van de adviescommissie, die niet afkomstig waren van de financierende overheidsinstellingen wel een stem mochten hebben bij de gunning van de opdrachten. Dit probleem werd opgelost door de leden - van buiten de financierende overheid - tot adviserende leden te benoemen.

De activiteiten van de STORA van 1971 tot 1992

Met een bijdrage van 4 cent per inwoner-equivalent per jaar als basis begon de stichting met de uitvoering van haar opdracht. Met f250.000 gulden per jaar kon nog weinig onderzoek uitgevoerd worden, maar door een goede prioriteitstelling lukte het toch om vrij snel een reeks activiteiten in gang te zetten.

Bij de bemensing van de begeleidingscommissies van de projecten kon een beroep worden gedaan op de medewerkers van de deelnemende overheden, die inmiddels in dienst waren getreden voor de uitvoering van de W.V.O.-taken. De samenwerking in STORA-verband werd zeer nuttig gevonden, onder meer om collega's te leren kennen en mede daardoor snel in de materie ingewerkt te raken.

De eerste vijf jaren vlogen voorbij. Het eerste jaarverslag dateert van 1976. Het onderzoekprogramma uit dit verslag 1976 geeft een idee van de onderwerpen, die in de eerste jaren belangrijk werden gevonden:

- afvalwatercoëfficiënten (doorlopend onderzoek in samenwerking met CUWVO)
- bestrijding van stankoverlast

- geluidshinder/spatten RWZI
- kostenbesparingen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI)
- meting en bemonstering
- nationaal standaardprogramma bemonstering RWZI
- rendement beluchting
- riolering en waterverontreiniging
- slibontwatering .
- toepassing zuiveringsslib in akkerbouw
- veiligheid op RWZI
- volumecorrectie

Over het algemeen onderwerpen, waarmee alle waterkwaliteitsbeheerders in de praktijk werden geconfronteerd; bij het opleggen van heffingen aan de industrie, bij het beheer van de zuiveringstechnische werken, bij het vaststellen van de kwaliteit van het oppervlaktewater of bij het overleg met gemeenten over de aan de riolering te stellen eisen.

In de beginfase toen de bedrijven nog weinig aan de sanering van de lozingen hadden gedaan, werd ondanks het lage tarief toch al gauw bezwaar gemaakt. Bij het opleggen van de verontreinigingsheffing aan bedrijven was uniformiteit geboden om bij bezwaarprocedures sterk te staan. Afvalwatercoëfficiënten en de onderbouwing van de volumecorrectie waren voor waterkwaliteitsbeheerders daarom van groot belang. STORA hield zich niet bezig met de beleidsmatige kant van de verontreinigingsheffing, dat deed de CUWVO, waarin de Unie van Waterschappen vertegenwoordigd was als representant van de waterkwaliteitsbeheerders.

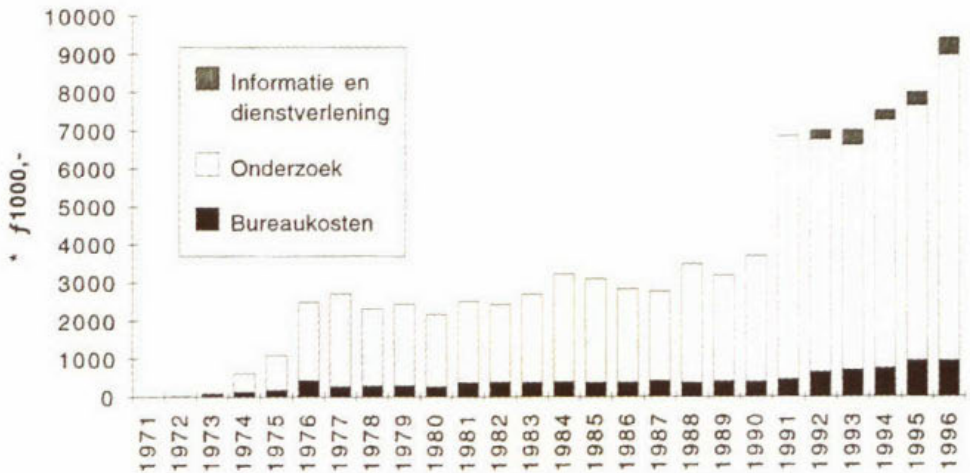
In 1978 werd een begin gemaakt met de verbreding van het onderzoeksterrein. Naast onderwerpen uit de zuiveringsfeer werden ook onderwerpen met betrekking tot de invloed van afvalwater op de kwaliteit van oppervlaktewater in de doelstelling van STORA opgenomen. Een voorbeeld van zo'n onderzoek is het project: "Typologie van niet door afvalwater beïnvloede binnenwateren, zgn. referentiewateren". Later volgden projecten als; Biologische waterkwaliteitsbeoordeling van boezem- en polderwateren en van genormaliseerde beken. Na deze verbreding met kwaliteitsbeheer in het begin van de tachtiger jaren werd het onderzoekprogramma minder gericht op het oplossen van acute problemen, maar meer op het verdiepen van de kennis en inzicht.

Activiteiten in samenwerking met Rijksoverheid.

Een belangrijke activiteit van STORA in die periode gaat schuil achter de naam *Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW)*. Deze werkgroep werd in 1982 opgericht door het ministerie van Milieubeheer en STORA voor het verdiepen van kennis op het gebied van de vuiluitwerp van rioelstelsels en van de invloed ervan op ontvangende

wateren en voor het coördineren van onderzoek op dit terrein. Het budget van deze werkgroep bedroeg f 12.800.000, waarvan STORA een derde deel voor haar rekening nam.

Begrote uitgaven STOWA 1971-1996



Figuur 3.1. Begrote uitgaven STORA/STOWA in de periode 1971-1996.

In de periode 1982-1986 werd het onderzoeksbudget in principe als volgt over de drie aandachtsgebieden verdeeld: zuiveringstechniek 45%, oppervlaktewater 30% en inzameling en transport 15%. De financiën kwamen binnen van de kwaliteitsbeheerders (waterschappen, zuiverende gemeenten en provincies) en van het Rijk. Het Rijk subsidieerde op basis van 50 % van de uitgaven. Later is de Rijksbijdrage aan een maximum bedrag per jaar gekoppeld.

Een tweede belangrijk samenwerkingsverband kwam tot stand in 1988, toen het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en STORA een samenwerkingsovereenkomst sloten voor toekomstgericht onderzoek naar de behandeling van afvalwater en de verwerking van zuiveringsslib. Een plan, dat f 10 miljoen gulden zou gaan kosten, met een looptijd van zes jaar. STORA participeerde met een bijdrage van f 6,1 miljoen. Het project werd aangeduid met *RWZI-2000* en uitgevoerd onder leiding van een stuurgroep onder voorzitterschap van de directeur van het RIZA.

De financiële bijdrage van de financierende deelnemers werd voor de jaren 1991, 1992 en 1993 verhoogd tot 25 cent per inwoner-equivalent om de extra onderzoekinspanningen van *RWZI 2000* en het op fosfaat- en stikstofverwijdering en op slibverwerking gerichte programma *PNs* te kunnen bekostigen. Het *NPs*-programma was opgezet naar aanleiding van de Rijksafspraken in internationaal verband met de Rijn- en

Noordzeestaten over de invoering van stikstof- en fosfaatverwijdering op rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

Als gevolg van de in de derde Nota Waterhuishouding vervatte principe van integraal waterbeheer diende ook het STORA-onderzoekprogramma een verdere verbreding te ondergaan. Een STORA-stuurgroep kreeg tot taak om ecologische beoordelings- en beheersmethoden te ontwikkelen voor vijf belangrijke watertypen in Nederland. Nieuwe onderwerpen als onderzoek waterbodems en landbouw en waterkwaliteit in veengebieden werden aan het STORA-programma toegevoegd.

Langzaam maar zeker ging STORA het hele brede takengebied van waterschappen en andere bij het water betrokken overheden bestrijken. In 1992 werd dit geformaliseerd; STORA werd STOWA Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer door de toetreding van kwantiteitsbeherende waterschappen en grondwaterbeheerders.

De activiteiten van STOWA vanaf 1992

De vraag kan worden gesteld of de verbreding van het onderzoeksgebied niet had moeten leiden tot een wijziging van de aanpak van het onderzoek. Blijft de -van de oprichting af- gevolgde aanpak van uitbesteding van het onderzoek nog steeds het meest effectief? Zal de flexibiliteit met betrekking tot het kiezen van de meest geschikte uitvoerder het blijven winnen van een aanpak met eigen onderzoekfaciliteiten? Ik ben geneigd om de vraag met ja te beantwoorden. Een belangrijke voorwaarde om met succes op de steeds gevolgde weg door te gaan is, dat de voor het STOWA-werk benodigde kennis en faciliteiten bij adviesbureaus, Universiteiten, TNO en andere instituten op goed niveau aanwezig zal blijven en niet zal verdwijnen als gevolg van de steeds verder gaande marktbenadering, waardoor het steeds moeilijker wordt om voor studies geschikte mensen daarvoor vrij te maken. Als aan die voorwaarde niet voldaan kan worden zal de constructie niet werken. Of er dan voor een eigen onderzoeksinstituut zal moeten worden gekozen verwacht ik niet. Dat is wel een hele grote stap. Ik acht de kans groter, dat de bij STOWA aangesloten waterschappen de expertise in eigen huis zullen uitbreiden en zelfstandig of in samenwerkingsverbanden tot kennisverdieping over zullen gaan.

STOWA bestrijkt thans bijna de hele waterketen, met uitzondering van de drinkwaterbereiding, hetgeen aan de coördinatie vanuit een klein bureau hoge eisen stelt. Door een nieuwe werkwijze met drie programmacommissies voor het opstellen van het onderzoekplan 1995-1999:

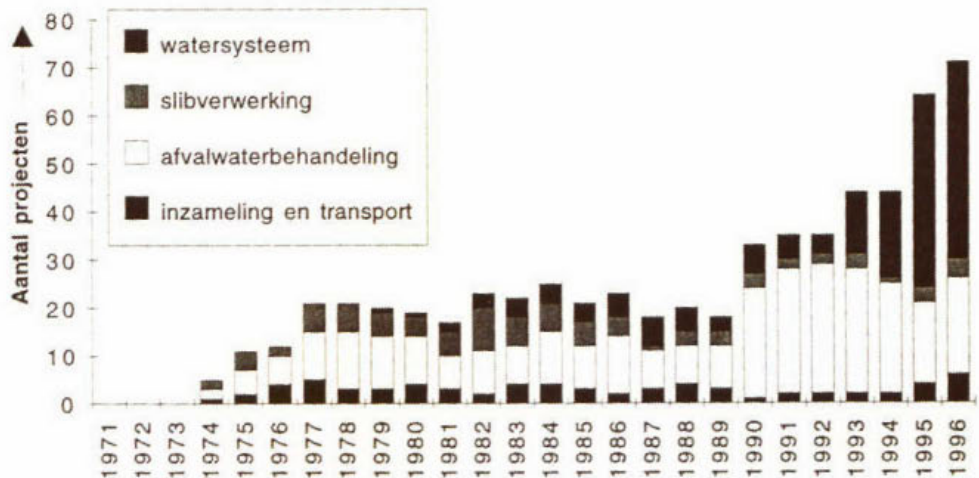
1. Programmacommissie Kwantiteit en grondwater

2. Programmacommissie Kwaliteit en waterbodem

3. Programmacommissie Afvalwatersysteem

met drie adviesbureaus als werkvoorbereiders, werd voor de planning van de activiteiten, het brede terrein beter beheersbaar gemaakt. De drie commissies steunden bij hun werkzaamheden op contacten met de gebruikers van de studies. In de programmacommissies is de inbreng van buiten de waterschappen, de zuiverende instanties en de provincies beperkt tot vertegenwoordigers van RIZA, VROM en LU Wageningen. Ik mis in de programmacommissies vertegenwoordigers van de technische universiteiten en van organisaties als VEWIN en TNO, die mee zouden kunnen helpen om doublures in onderzoekprogramma's te voorkomen. In de nieuwe structuur kent STOWA geen permanente adviesorganen meer.

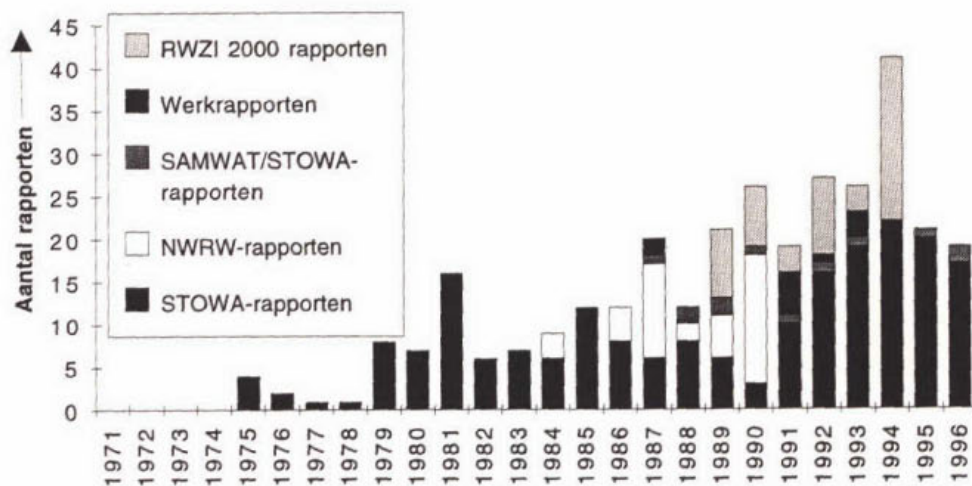
De onderzoekprogramma's die thans lopen zijn van groot belang voor de deelnemers. Ik verwacht niet, dat er binnen enkele jaren een moment zal komen, waarop alle problemen zijn opgelost, waarmee men in de praktijk te maken heeft. De onderstaande figuur 3.2 geeft een beeld van de verdeling van de projecten over de onderwerpen watersysteem, slibverwerking, afvalwaterbehandeling en inzameling en transport. Heel duidelijk komt daaruit naar voren, dat de studies op watersysteemgebied zijn toegenomen, terwijl afvalwaterbehandeling vrijwel constant dezelfde aandacht blijft vragen.



Figuur 3.2. Aantal lopende projecten per aandachtsgebied.

In het voorgaande is al stil gestaan bij de noodzakelijke wisselwerking tussen STOWA en de deelnemende overheidsdiensten. De

betekenis van STOWA omvat uiteraard veel meer dan de contacten en het gebruik, dat gemaakt kan worden van de bij STOWA beschikbare informatie. Waaraan kan de betekenis van STOWA voor de waterbeheerders nog meer worden afgemeten? Het aantal rapporten zegt iets over de activiteiten van STOWA. Zie figuur 3.3.

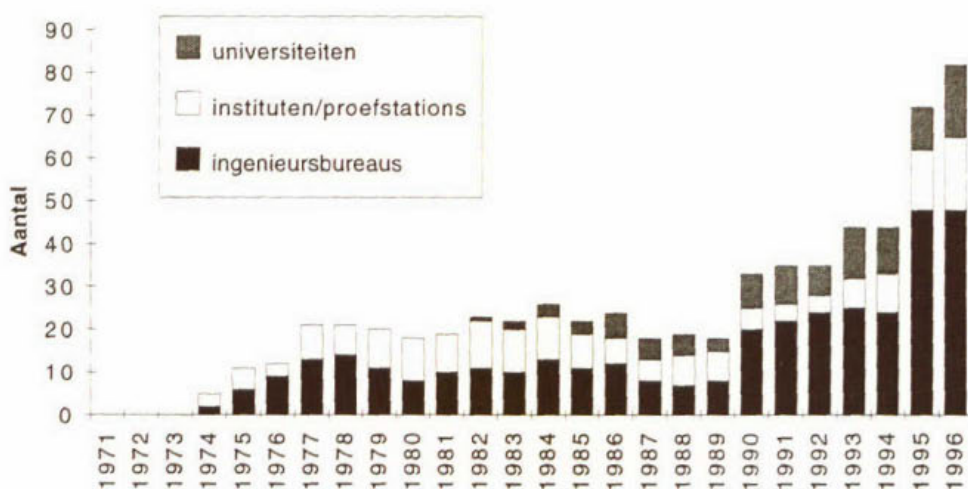


Figuur 3.3. Aantal uitgebrachte rapporten in de periode 1971-1996.

De door STOWA in samenwerkingsverbanden uitgevoerde programma's NWRW en RWZI 2000 alsmede het eigen programma NPs kunnen als sterke punten worden aangemerkt. De rapportages behandelen belangrijke thema's en behouden hun waarde, omdat zij de stand van de techniek in een bepaalde periode vastleggen. Hierdoor ontstaat een basis, waarop later kan worden voortgebouwd. De NWRW-studies hebben een beter inzicht in de vuiluitwerp van rioolstelsels opgeleverd. De bijstelling van het beleid op rioleringsgebied in de richting van verbeterd gescheiden stelsels kan niet los worden gezien van de NWRW-studies.

STOWA voorziet naar mijn mening in de kennisbehoefte van waterkwaliteitsbeheerders, die op goed niveau met de hun opgedragen taken bezig wensen te zijn. De werkwijze met kritische begeleidingscommissies prikkelt de uitvoerende deskundigen tot het leveren van goede prestaties. STOWA heeft daardoor bijgedragen aan de verdieping van kennis op een breed terrein.

De door STOWA gekozen wijze van werken heeft geleid tot een zekere mate van continuïteit voor het uitvoeren van studies bij de opdrachtnemers, zoals de volgende figuur (3.4) laat zien.



Figuur 3.4. Aantal lopende projecten per type uitvoerder.

Werden in de beginjaren de onderzoeken vooral uitgevoerd door ingenieursbureaus en instituten, de laatste tien jaren worden ook universiteiten ingeschakeld. Dit is te zien als een goede ontwikkeling, omdat een universitaire inbreng kan betekenen, dat ook buitenlandse know-how wordt ingebracht. Voor de uitvoerende vakgroep kan dit werk betekenen, dat er een basis gelegd kan worden om op een bepaald onderzoekgebied door te gaan. Dit kan leiden tot een verdieping van inzicht en tot het ontstaan van een speerpunt van kennis. Voor het landelijk en internationaal meetellen kan dit van belang zijn.

Bij het uitwisselen van kennis met het buitenland wil ik even stil staan. STOWA heeft in de beginfase contacten onderhouden met het Water Research Centre in Engeland. Er zijn tegenwoordig meer mogelijkheden dan toen om op de hoogte te blijven van de ontwikkelingen buiten ons land. Het belangrijkste punt is het hebben van contacten, weten waar de sterke en de zwakke plekken op kennisgebied zitten. Bij het verkrijgen van die contacten kunnen internationale verenigingen van belang zijn. IAWQ (International Association on Water Quality) kent specialistengroepen, die als regel op goed niveau bezig zijn met voor het watervak belangrijke onderwerpen. Daaraan meedoen is van grote waarde om over en weer met specifieke onderwerpen bezig te zijn en op zijn minst op de hoogte te blijven. Verschillende vakgenoten doen in dergelijke circuits mee. De EWPCA, de Europese vereniging op waterkwaliteitsgebied heeft een uitstekend tijdschrift, dat via de Nederlandse hoofdredactie op peil wordt gehouden. In het juli-nummer van dit jaar wordt 25 jaar STOWA behandeld door dr.S.P.Klapwijk (Klapwijk, 1996). STOWA/RWZI-2000 heeft in 1992 in belangrijke mate bijgedragen aan een in Amsterdam gehouden conference. Tijdens de

AQUATECH-week werd een internationale conferentie gehouden onder auspiciën van IAWQ en EWPCA met de NVA als organiserende vereniging. Het thema van RWZI-2000 stond centraal, zoals blijkt uit de naam van de Conference: Sewage into 2000; Developments and upgrading in sewerage and wastewater treatment. IAWQ heeft de belangrijkste bijdragen van de conference in een van zijn tijdschriften gepubliceerd (Kruize, 1993). Vermeldenswaard is verder, dat het programma RWZI-2000 ook aan de Nederlands-Japanse workshop een belangrijke input heeft gegeven.

De toekomstige behoefte aan onderzoek op watergebied in relatie tot STOWA

Hoe zal de toekomst van STOWA er uit zien? Zullen de waterbeheerders, gezien de te verwachten verdere schaalvergroting, in toenemende mate met hun hoog opgeleide medewerkers zelf de staat zijn de onderzoeken uit te voeren. Of blijft er toch ruimte voor STOWA over? Enige gedachten en enige aanbevelingen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen de nabije toekomst, tot 2015 en de verre toekomst, tot 2040.

Eerst de nabije toekomst: Ik denk dat gebiedsgericht onderzoek om te komen tot integraal waterbeheer door de waterbeheerders zelf gedaan moet worden, al of niet in samenwerking met andere organisaties. Bij voorbeeld het tegengaan van verdroging in samenwerking met drinkwaterbedrijven, landbouworganisaties en gemeenten.

Aangezien de nutriëntenlozingen van vele bronnen afkomstig zijn ligt het voor de hand om door gebiedsgericht onderzoek vast te stellen, welke bron met de minste inspanning het meeste effect op kan leveren. Voor dit soort studies zie ik geen trekkersrol voor STOWA weggelegd. Wel zou door financiële en personele participatie door STOWA bereikt kunnen worden, dat STOWA op de hoogte blijft, zodat in vergelijkbare gevallen op reeds uitgevoerd onderzoek gewezen kan worden. Ook zouden eisen aan de wijze van rapportering kunnen worden gesteld. De participatie in projecten van beheerders zou STOWA een belangrijke functie als kenniscentrum op kunnen leveren. Het lijkt me een goede zaak om de participatie in interessante projecten van deelnemers niet los te laten.

STOWA zal de trekkersrol wel vervullen als het gaat om het verdiepen van kennis van meer fundamentele aard, in studies of onderzoeken, die uitstijgen boven het belang van één of enkele waterbeheerders. Een voorbeeld: bij de stijging van de heffingslasten zullen vragen naar het rendement van de te nemen maatregelen steeds indringender worden. De behoefte aan methoden om het rendement vast te stellen zal steeds groter worden.

Ook zal STOWA voor de gezamenlijke waterbeheerders onderzoek kunnen uitvoeren, dat verband houdt met het kritisch bezien van de wetenschappelijke onderbouwing van de landelijke regelgeving op het gebied van oppervlaktewater en waterbodems.

Afvalwatersysteem

De afvalwaterzuiveringstechniek lijkt zo langzamerhand voldoende bestudeerd te zijn. Toch blijft het een interessante vraag of het echt nodig is om onder alle omstandigheden tot een (bijna) nul-lozing te zuiveren, ongeacht de lozingssituatie? Het is waar, dat in het verleden te veel vertrouwen werd gesteld in het zelfreinigend vermogen, maar dat een in evenwicht verkerend watersysteem helemaal niets kan verdragen is niet vol te houden. Anderzijds zijn de standaard lozingseisen voor kwetsbare wateren met hoge natuur- of belevingswaarde te laag. Waarom daar niet wat verder gaan met nieuwe methoden?

Of door veel geld te stoppen in fundamenteel onderzoek er in 2015 als veel RWZI's aan vervanging toe zijn, een beter zuiveringssysteem dan het huidige biologische beschikbaar zal zijn, weet ik niet. De recent ontworpen installaties zitten echt wel slim in elkaar, met biologische fosfaatverwijdering en vergaande stikstofverwijdering zonder dat het gebruik van methanol of glucosestroop nodig is. Energie-vriendelijker zouden de installaties wel mogen zijn. Aanpassingen zie ik nog wel als mogelijke ontwikkeling b.v. anaerobe methoden om energie te sparen. En een meer compacte uitvoering ter vermindering van het ruimtebeslag. Door het beter scheiden in de nieuwe woonwijken van afvalwater en hemelwater kan de hoeveelheid op de RWZI te behandelen afvalwater waarschijnlijk verder worden gereduceerd.

Watersysteem (oppervlaktewater en ondiep grondwater)

Het kwantiteitsbeheer moet gericht worden op het zo lang mogelijk vasthouden van zoveel mogelijk water om verdrogen tegen te gaan. Dit vraagt om steeds verfijndere beheersinstrumenten teneinde de verschillende, soms tegenstrijdige belangen zo goed mogelijk met elkaar in evenwicht te brengen. Het ontwikkelen, perfectioneren en beheren van het model- en regeling-instrumentarium, dat daarvoor nodig is, zal veel aandacht moeten krijgen van STOWA.

Het accent zal meer komen te liggen op kwaliteitsverhoging van de aquatische leefgemeenschap dan op het halen van normwaarden van afzonderlijke parameters. Biologische beoordeling zal belangrijker worden dan de chemische bepaling van de talloze stoffen die in water voorkomen. Ik zie voor toegepast onderzoek op genoemde

gebieden in de komende jaren nog ruimte; kennis en techniek bevinden zich hier nog in de groeifase.

Ter afsluiting

Enige aantekeningen met betrekking tot onderzoek in relatie tot de verre toekomst. Om aan te geven hoe moeilijk het is om op zo'n lange termijn voorspellingen te doen, begin ik met een voorbeeld: In 1967 werd verwacht, dat in het jaar 2000 het drink- en industriewaterverbruik 4 maal zo hoog zou zijn als in dat jaar. De waterleidingbedrijven produceerden in 1967 750 miljoen m³ water (van der Veen, 1971). De verwachting was, dat in het jaar 2000 de waterleidingbedrijven 3 miljard m³ zullen hebben te leveren om aan de behoefte van bevolking en industrie te kunnen voldoen. De toegenomen waterbehoefte zou gedekt moeten worden door oppervlaktewater te gebruiken als grondstof. Vanuit deze redenering werd aangegeven hoe essentieel een goede uitvoering van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren was. Als we deze hoeveelheid vergelijken met het waterverbruik in het jaar 1994 van 1279 miljoen m³, dan blijkt dat de groei (gelukkig maar) zwaar achtergebleven is bij de prognose. Bij het verbruik van drinkwater is de laatste jaren, ondanks de bevolkingsgroei en het grotere aantal woningen zelfs sprake van een trendmatige lichte daling. In de zestiger jaren werd als regel bij de bevolkingsprognose nog uitgegaan van een stijging van het inwonertal tot 20 miljoen in het jaar 2000.

Hieruit kan worden afgeleid, dat extrapoleren vanuit het verleden naar de toekomst niet tot betrouwbare uitkomst zal leiden. Er zal ook rekening moeten worden gehouden met veranderende omstandigheden.

Bij voorbeeld met veranderingen als:

- verkeerd omgaan met water door op grote schaal afvalversnijders in de keukenafvoeren aan te brengen zijn;
- een klimaatsverandering, waardoor langdurige droogte optreedt;
- het schaarser worden van energie als gevolg van internationale spanningen of door uitputting van de reserves.

Met behulp van scenario's kunnen gevoeligheden in de waterkringloop vergeleken worden, teneinde een koers uit te zetten, die de minste risico's met zich mee kan brengen. Hierbij past ook een benadering, die er op gericht is om meer duurzaam met het water in onze omgeving om te gaan. Duurzaamheid in de geest van er voor zorgen, dat de generaties, die na ons komen ook beschikken over energievoorraden, hetzelfde klimaat en een in evenwicht zijnde natuur.

Er loopt op het ogenblik een toekomst gerichte studie op dit gebied van het Interdepartementaal Onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling in Delft. Het programma heeft een looptijd

van vijf jaar 1992-1997 en houdt zich bezig met het ontwikkelen van ideeën om te komen tot een duurzame oplossingen op een aantal terreinen, als chemie, huisvesten, verplaatsen, voeden en water. Peiljaar is hierbij het jaar 2040. Doelstelling van het programma is om aan te geven, hoe ten aanzien de uitputting van fossiele brandstoffen en grondstoffen, de aantasting van de bio-diversiteit en de milieuverontreiniging mondiaal gezien een twintigvoudige reductie van de onduurzaamheid kan worden bereikt als tevens uitgegaan wordt van een verdubbeling van de wereldbevolking en een stijging van de welvaart. Het lijkt een onmogelijke opgave.

Voor de duurzame stedelijke waterkringloop is een verkennende studie uitgevoerd door Witteveen en Bos (Witteveen+Bos, 1995). Uit deze studie blijkt, dat de grootste bijdrage aan de onduurzaamheid van de waterkringloop komt van de niet afbreekbare stoffen, die door de neerslag, het huishoudelijk en industrieel gebruik van drinkwater via de riolering en de zuiveringsinstallatie in het oppervlaktewater of het zuiveringsslib terecht komen. Door al deze stromen bijeen te brengen in een afvoersysteem en het verzamelde water zeer vergaand te zuiveren kan een emissiereductie van 95 % worden gehaald. Voor het halen van dat reductiepercentage zullen technieken als hyperfiltratie en slibverglazing verder ontwikkeld moeten worden.

In een vervolgstudie wordt daar een aanpak naast gezet, waarbij het accent anders wordt gelegd. Het vervolg-onderzoek om een techniek te ontwikkelen, waarmee de laatste microgrammen verontreiniging uit het afvalwater kunnen worden verwijderd of in slib vastgelegd worden wordt aangehouden. Eerst wordt het onderzoek gericht op het bezien van de haalbaarheid van de reductiedoelstelling door middel van het terugdringen van de verontreiniging door het zoeken naar vervangende materialen voor koper en zink, het meer doen met hetzelfde water, het beter benutten van de neerslag voor het op peil houden van de grondwaterstand, het voorkomen van de aantasting van de kwaliteit van grondwater, en het beter op elkaar afstemmen van wateronttrekking en waterbeheer.

Er is behoefte aan een systematische benadering, waarbij water wordt bezien vanaf de start van de cyclus - de regenval - tot aan de lozing van het effluent in het ontvangend water of de bodem. Een studie van de waterkringloop als geheel zal een betere prioriteitsstelling van de, voor de zeer lange termijn, noodzakelijke onderzoek- en ontwikkelingsactiviteiten leiden.

Martijn (1996) stelt in een recent gehouden lezing, dat samenwerking tussen alle participanten in de waterkringloop nodig is, onder meer om op de ontwikkelingen in de Europese Unie te kunnen inspelen. Hij noemt de samenwerking van de drinkwaterbedrijven met de agrarische sector, het integraal waterbeheer van watersystemen van de waterbeheerders. Samen de problematiek onder ogen zien is dringend

gewenst. Unie van Waterschappen, VEWIN en VNG zouden op zijn minst een samenwerkingsverband moeten aangaan voor een aantal onderwerpen van wederzijds belang. Dat die samenwerking ook betrekking zal hebben op onderwerpen, die op onderzoeksgebied liggen, zou ik zeer toejuichen.

Gaarne wens ik het bestuur, de directeur en de staf van STOWA geluk met dit jubileum. STOWA kan terug zien op een geslaagde start. Ik verwacht, dat STOWA nog lang zinvol met onderzoek, speurwerk en service aan de waterbeheerders bezig zal zijn. Samen werken aan water met alle betrokkenen lijkt me een goed motto voor de komende tien jaar.

Literatuur

- Bolomey, J.G.W.: Milieubalans van Nederland, pag. 131-144, Van Gorcum /Intermediair 1972.
- Cappon, J.J, E.W.P.C.A.(1),1991,nr 5, pag.39-40
- Commissie afvalwatervraagstuk zuidelijk deel randstad Holland,Rapport 1965.
- Dogterom, J., Vrije Universiteit Amsterdam, Inaugurele rede, 17 januari 1992.
- Klapwijk, S.P. E.W.P.C.A.(6),1996, nr.4, pag.10-14
- Kruize, R.R. Sewage into 2000, Wat.Sci.Tech.1993,27(5/6).
- Martijn,Th. H₂O (29) 1996, nr 15, pag. 435
- Van der Veen, C. : H₂O (4) 1971,nr 7, pag. 142-145.
- Witteveen en Bos raadgevende ingenieurs BV: Verkennende studie DTO-water, Uitgave Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling, Postbus 6063,2600JA Delft, oktober 1995.
- Zijlstra, K.C. c.s.: 50 jaar - zuivering van afvalwater - Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. Staatsuitgeverij "s Gravenhage 1970.



Meetplatform vijver Loenen. NWRW thema 10. [Foto: Eindrapportage NWRW en evaluatie van het onderzoek 1982-1989]



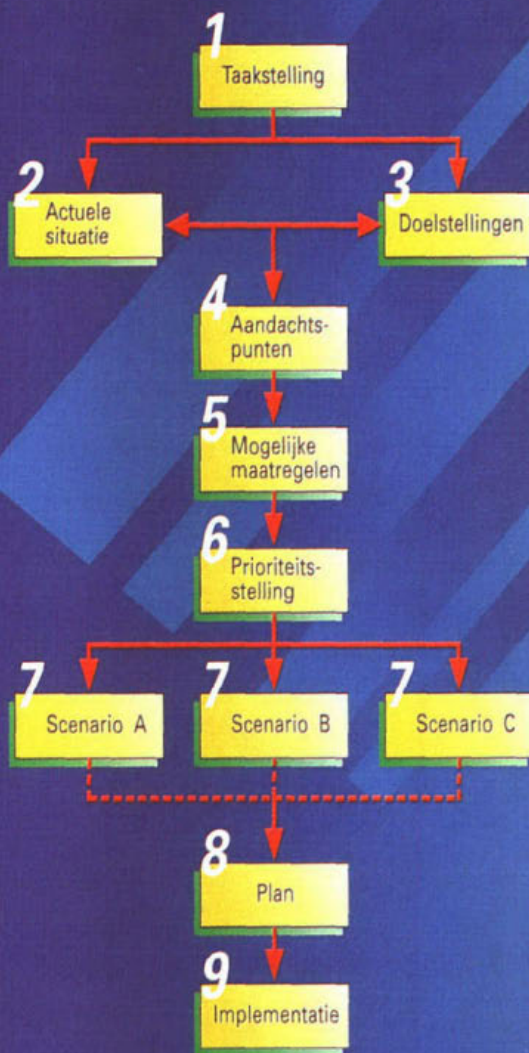
Bergbezinkbassin Kerkrade. NWRW thema 8. [Foto: Eindrapportage NWRW; evaluatie van het onderzoek 1982-1989]



* voortgekomen uit ontwikkelingen in opdracht van de

stowa

IPEA*



* Interactieve Planvorming gericht op Effectiviteit en Acceptatie

Structuur voor planvorming (IPEA) waarvoor in opdracht van de STOWA de instrumenten PRIMAVERA en INVERNO zijn ontwikkeld voor het vaststellen van de aandachtspunten en het bepalen van het milieurendement (STOWA-rapporten 94-08 en 945-09)

4. Het belang van STOWA-opdrachten voor de Raadgevend Ingenieur

dr.ir. W.C. Witvoet en drs. C. Roos
raadgevend ingenieurs te Amersfoort resp. Deventer

Inleiding

Het zal niet toevallig zijn dat in een suggestie voor de indeling van deze voordracht werd voorgesteld om te beginnen met de uitwerking van het belang van STOWA-opdrachten voor de Raadgevend Ingenieur. Het begrip belang is in de wereld van het waterbeheer in ons land immers een zeer belangrijk criterium bij overwegingen en besluitvorming. Reden genoeg om de genoemde suggestie van de heer Noorthoorn van der Kruijff over te nemen.

Het belang van de STOWA-opdrachten wordt in deze voordracht toegelicht aan de hand van de rol die de ingenieursbureaus in het onderzoek naar waterbeheer in de afgelopen 25 jaar hebben ingenomen. Die rol wordt geschetst tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in het waterbeheer over dezelfde periode. Naast een terugblik om de rol van ingenieursbureaus wordt ook een blik in de toekomst geworpen.

Het belang

In het voorgaande zijn de auteurs - wellicht ongemerkt - al afgeweken van de titel van de voordracht. In de Nederlandse praktijk is er namelijk niet zozeer sprake van zelfstandig opererende raadgevende ingenieurs, maar van ingenieurbureaus. Om het belang van de STOWA-opdrachten en de veranderende rol van de ingenieursbureaus in het waterbeheer te kunnen illustreren willen we starten met de positie van de bureaus bij aanvang van het actieve waterkwaliteitsbeheer, zeg 1970, toen de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater in werking trad.

Afvalwater werd vroeger niet gezuiverd, maar verzameld en afgevoerd uit de woonomgeving. De betreffende taak werd vooral door de gemeenten behartigd. Voor de technische advisering werden vaak ingenieurbureaus ingeschakeld. In de loop der tijd werd het duidelijk dat het ongezuiverd lozen van afvalwater op oppervlaktewater tot onhoudbare toestanden kon leiden. In gevallen waar dat concreet het geval was werd besloten tot een behandeling van het afvalwater voordat het werd geloosd. De behandeling varieerde van een eenvoudige voorbezinking tot een - voor die tijd geavanceerde - oxidatief biologische behandeling.

De bureaus werden wel betrokken bij de realisatie van de betreffende werken, maar niet bij de overwegingen over welke zuiveringsmethode moest worden toegepast en de procestechnologische grondslagen van het gekozen systeem (Huiswaard *et al.*, 1984). Dat was min of meer voorbehouden aan het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater RIZA. Op zichzelf was dat ook niet verwonderlijk omdat bij de bureaus gewoon geen procestechnologen in dienst waren. Een aantal medewerkers bij de bureaus had echter wel belangstelling voor de achtergronden van hun werk en verdiepte zich ook daarin. Voor die verdieping werd ook ruimte geboden, omdat de toenmalige leiding van het RIZA nooit bezwaren heeft gemaakt tegen de spreiding van de kennis. Integendeel: Hopmans en Zijlstra waren van mening dat spreiding van kennis nodig was om met succes de verontreiniging van ons oppervlaktewater te bestrijden (Jansen, 1995).

Rond 1970 was een aantal bureaus goed op de hoogte van het werkveld afvalwaterbehandeling; ook van het feit dat de kennis eigenlijk nog vele leemten vertoonde. Daarnaast waren ze zich er van bewust dat er veel zou gaan gebeuren in de jaren zeventig en tachtig.

De onderzoeksinspanningen in het regionale waterbeheer werden en worden gecoördineerd door de STOWA (STORA). Het was dan ook vanaf de oprichting van de STORA duidelijk, dat het uitvoeren van onderzoeksopdrachten voor de ingenieursbureaus belangrijk was. De voordelen werden zelfs zo belangrijk ingeschat dat tussen de ONRI-bureaus en de STOWA al snel een speciale kortingsregeling werd afgesproken. Deze regeling geldt nog tot op de dag van vandaag. Een paar belangrijke afspraken uit de regeling zijn hier te noemen:

- * een dagtarief van 0,15 * BMS (bruto maandsalaris); dit was ongeveer 15% lager dan het gebruikelijke tarief;
- * dat bij nederlandse waterbeheerders geen octrooirechten zullen worden bedongen;
- * het recht van bureaus om octrooien in het buitenland te exploiteren, waarbij de STOWA meedeelt in de opbrengst van de exploitatie.

In alle overeenkomsten met de STOWA werden (en worden) de gemaakte afspraken expliciet vastgelegd. De regeling kwam tot stand op initiatief van prof.ir. A.C.J. Koot, hoogleraar aan de TU Delft en gedurende vele jaren voorzitter van het belangrijkste onderzoeksadviescollege van de stichting (OAC), jhr.ir. C.C.Th. de Beaufort, voorzitter van de ONRI en drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff, directeur van de stichting. Aangenomen mag worden dat het 25 jaar geleden hun ook niet gegeven was om de toekomst exact te voorspellen. Wel is te reconstrueren welke overwegingen destijds concreet een rol hebben gespeeld:

- * bureaus en vooral ook hun medewerkers hebben veel belang bij directe contacten met hun opdrachtgevers;
- * bureaus bestaan bij de gratie van medewerkers die uitstekend op de hoogte zijn van de ontwikkelingen op hun vakgebied en bij die ontwikkelingen ook een rol spelen;
- * goede medewerkers stellen ook eisen aan hun werkomgeving en verlangen van hun werkgever dat ze in de gelegenheid worden gesteld om mee te kunnen spelen op hun vakgebied door het uitvoeren van onderzoek. Dat is echter door die werkgevers vrijwel niet uit eigen middelen te financieren;
- * bureaus die een rol spelen bij de ontwikkelingen van thema's binnen het vakgebied komen ook in aanmerking om bij projecten op dat gebied te worden betrokken.

Alle overwegingen hebben met elkaar gemeen dat de bureaus mee willen spelen op het veld van het waterbeheer, ook op het deelveld waterkwaliteitsbeheer. Ze waren bereid om de daaraan verbonden uitdagingen aan te gaan. Hun medewerkers waren daar in feite al mee begonnen.

Het veranderende waterbeheer

Een nadere beschouwing van het waterkwaliteitsbeheer in de achter ons liggende 25 jaar laat met enige goede wil vijf perioden zien:

* 1970 - 1975	Techniek afvalwaterreiniging
* 1975 - 1980	Technologie afvalwaterreiniging
* 1980 - 1985	Neveneffecten
* 1985 - 1990	Oppervlaktewater
* 1990 - 1995	Verbreiding

De perioden laten zich vooral kenschetsen aan de hand van de onderzoeksrapporten die worden gerealiseerd. Daarbij zij opgemerkt, dat het natuurlijk niet zo is dat (bijvoorbeeld) het technologisch onderzoek naar afvalwater na 1980 niet meer heeft plaatsgevonden. Eerder gaat het om een verschuiving van aandacht en trends in het waterbeheer. Aan de hand van genoemde perioden en onderzoeksrapporten kan de rol van de ingenieursbureaus bij het "wateronderzoek" uitstekend geschetst worden, ook al omdat de ingenieursbureaus meer dan de helft van de STOWA-onderzoeken van de afgelopen 20 jaar uitvoerden. Zie Figuur 3.4. (pagina **) Om de inspanningen op het gebied van transport en zuivering van afvalwater verder te illustreren, is voor elke periode aangegeven welke investeringen gepleegd werden.

Als Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA) deed de stichting haar naam in de eerste periode eer aan. Het meeste onderzoek werd gericht op de reiniging van afvalwater. Op de rioolwaterzuiveringsinrichtingen en het functioneren daarvan. Met name de beluchtingssystemen ten behoeve van het oxydatief biologische proces, en dan vooral het actiefslibproces, kreeg veel aandacht. In verschillende STORA-onderzoeken werd stilgestaan bij het energiegebruik van de zuiveringsinstallaties (het was de periode van de energiecrisis). Omdat het energiegebruik voor het grootste deel bepaald werd door de beluchting, is hiernaar veel studie verricht.

De investeringen van de waterbeheerders in de aanleg van transportleidingen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinrichtingen in de periode 1970-1975 bedroegen in totaal 909 miljoen gulden.

In deze periode is veel aandacht besteed aan technologische vraagstukken. Actief slib is een noodzakelijke substantie voor het zuiveringsproces, reden waarom actief slib een onderwerp is dat tot op heden blijft fascineren. Met name het microscopisch slibonderzoek kreeg in deze periode concreet aandacht. Dit vooral om inzicht te krijgen in het ontstaan en voorkomen van "licht slib".

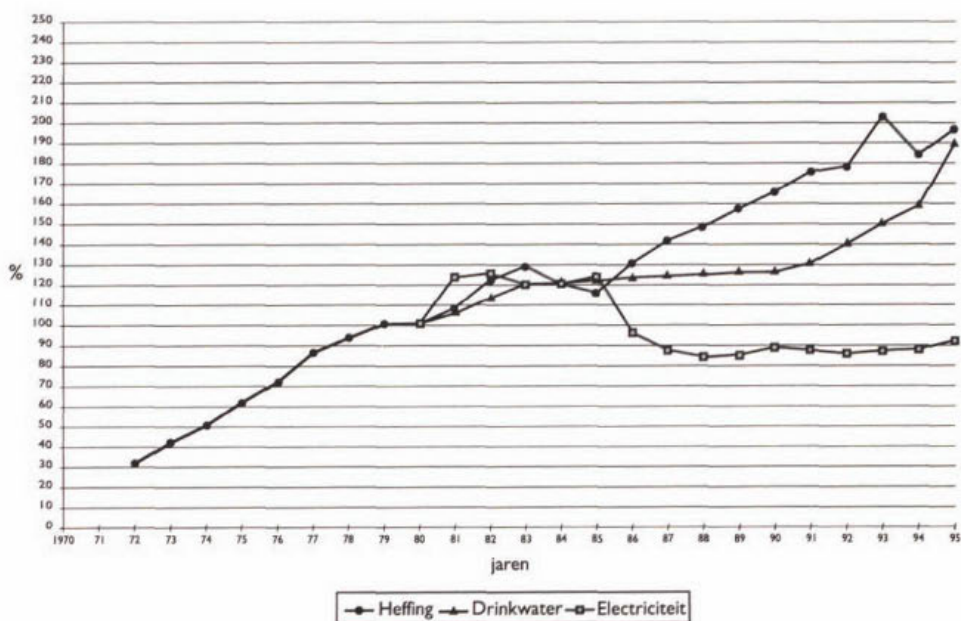
De "tragiek" van rioolwaterzuiveringsslib is dat er bij een goed verloop van het zuiveringsproces zoveel van ontstaat, dat het vervolgens een probleem is om er op een fatsoenlijke manier en tegen aanvaardbare kosten vanaf te komen. Geen wonder dat er in de tweede periode al onderzoek werd verricht naar slibbezinking en slibontwatering.

In deze periode wordt ook onze neiging om allerlei activiteiten net iets anders te doen dan de buurman onderkend, en erkend dat daardoor allerlei zaken niet met elkaar kunnen worden vergeleken. De nadelen die daarmee gepaard gaan zijn aanleiding geweest voor de opstelling van het Nationaal Standaard Programma naar de bedrijfsvoering en het bedrijfsresultaat van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Daarmee werd aangegeven dat de beheerders van de rioolwaterzuiveringsinrichtingen niet alleen maar belangstelling hebben voor hun eigen zuiveringsresultaten. Door te vergelijken met anderen kan het inzicht in wat haalbaar is met de beschikbare middelen beter worden verkend.

Als *intermezzo* wordt nu eerst even stilgestaan bij de ontwikkeling van de belangstelling van het publiek voor het zuiveren van afvalwater. Die belangstelling werd in toenemende mate gewekt door jaarlijks oplopende rekeningen - vergezeld van voorlichtingsmateriaal - van de

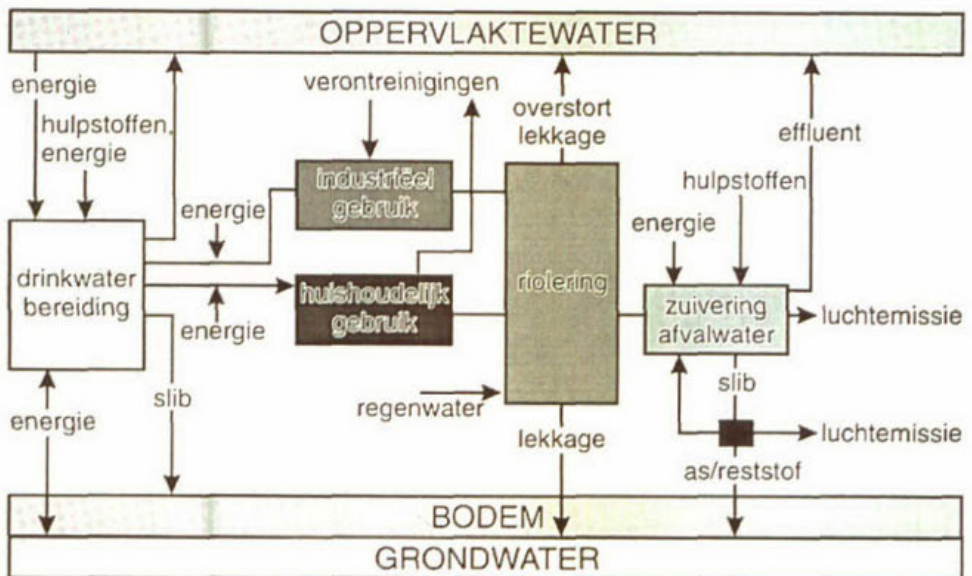
waterkwaliteitsbeheerders. In Figuur 4.1 is het verloop van de heffing van het Zuiveringsschap Veluwe tussen 1972 en 1995 weergegeven. Er is gekozen voor het Zuiveringsschap Veluwe omdat beide auteurs de kwitanties voor de zuiveringsheffing van deze waterkwaliteitsbeheerder krijgen toegezonden, en het geeft een goede indruk van het gemiddelde ontwikkeling in Nederland. In de figuur zijn geen bedragen in gulden per heffingseenheid gegeven. De heffing voor de verschillende jaren is steeds gerelateerd aan die in 1980. Daarvoor kon het verloop van de reinigingsheffing eenvoudig worden vergeleken met die van de prijs van drinkwater en van elektriciteit. De cijfers voor drinkwater en voor elektriciteit zijn ontleend aan de DACE-prijzenboekjes 1992 en 1995 (DACE, 1992;1995).

Uit de figuur blijkt dat de heffingen vanaf 1972 inderdaad enorm zijn gestegen; met een factor van ruim 6. Elektriciteit is na 1980 zelfs goedkoper geworden; in 1995 was de prijs voor grootverbruikers slechts 90% van die in 1980. Drinkwater blijkt na 1990 aanzienlijk in prijs toe te nemen; de prijs in 1995 is ongeveer evenveel gestegen als de zuiveringsheffing.



Figuur 4.1. Ontwikkeling zuiveringsheffing, energieprijis en drinkwaterprijis in het Zuiveringsschap Veluwe tussen 1972 en 1995. De bedragen zijn gerelateerd aan die van 1980 (= 100%).

Terug naar de ontwikkelingen in het water(kwaliteits)beheer. Niet alleen de afvalwatertechnologie staat in de periode 1975-1980 in de belangstelling. Ook het besef van de samenhang tussen de schakels in de stedelijke waterketen: afvalwater, riolen, zuiveringsinstallaties en oppervlaktewater nam toe. Zie Figuur 4.2, waarin de stedelijke waterketen schematisch is weergegeven. Dat bleek onder andere uit de opdracht die in de tweede helft van de jaren zeventig aan ir. F.B. Veldkamp werd gegeven om een notitie over de rioleringsproblematiek (vooral het overstorwater) te schrijven. Het resultaat van zijn werk, de Nota Veldkamp, vormt de basis voor de uitgebreide studies naar de vuiluitwerp van rioolstelsels.



Figuur 4.2. Een schematische weergave van de stedelijke waterketen. Naar: Witteveen+Bos, 1995.

De investeringen van de waterbeheerders in de aanleg van transportleidingen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinrichtingen bedroeg in de periode 1975-1980 inmiddels 1.596 miljoen gulden.

1980 - 1985 *Neveneffecten*

In de eerste helft van de jaren tachtig werd een groot aantal thema's in studie genomen. In aanvang werd met name aan neveneffecten van de riolering veel aandacht besteed. De eerdergenoemde studie naar de

vuiluitworp van rioolstelsels werd in groter verband ondergebracht en ging deel uitmaken van het werk van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1981-1990). De werkgroep (NWRW) was een samenwerkingsverband van de STOWA en het ministerie van VROM. Het totale budget van de werkgroep bedroeg 12,8 miljoen gulden. Voor activiteiten op het gebied van riolering wordt thans nauw samengewerkt met de Stichting RIONED.

In deze periode kwam ook tot uiting dat we er niet meer zo zeker van zijn dat we het afvalwater voldoende vergaand zuiveren. Er wordt namelijk onderzoek gedaan naar de verwijdering van zwevende stof uit effluent, naar chemische defosfatering en naar denitrificatie. We gingen op weg naar nieuwe lozingseisen. Daarop wordt later nog terug gekomen.

Gistingsgas als energiebron blijft als onderwerp van studie in de belangstelling staan en de mogelijkheden van windenergie worden eveneens onderzocht. De elektriciteitsprijzen blijven echter laag, zodat zich op dat gebied geen echte doorbraken voordoen.

In deze periode wordt ook definitief onderkend dat omwonenden geen overlast van rioolwaterzuiveringsinrichtingen meer accepteren. Er is (en wordt) dan ook veel onderzoek verricht naar methoden om hinder voor de omgeving te voorkòmen. Met name de voorkòming van geluid- en stankoverlast heeft thans een grote invloed op de uiterlijke vormgeving van de inrichtingen. Ter illustratie: de stichtingskosten van de bouw van de rioolwaterzuiveringsinrichting van Utrecht bedroegen f 94 miljoen, waarvan f 15 miljoen is besteed aan maatregelen ter voorkoming van overlast.

De investeringen van de waterbeheerders in de aanleg van transportleidingen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinrichtingen bedroeg in deze periode 1.905 miljoen gulden.

1985 - 1990 Oppervlaktewater

Bij het vorderen van de inspanningen op het gebied van riolering en afvalwaterzuivering nam de belangstelling voor het beheer van oppervlaktewateren steeds meer toe. Een opeenvolgende reeks van Indicatieve Meerjarenprogramma's Water liet zien dat het waterbeheer zich niet meer kon beperken tot het inzamelen en zuiveren van afvalwater. Het beheer moest zich ook expliciet gaan richten op het beschermen van de intrinsieke waarden van de ecosystemen in het oppervlaktewater. Dat werd onder andere gedemonstreerd met de introductie van het begrip "basiskwaliteit". Met dat begrip werd voor het eerst een minimum-niveau voor de waterkwaliteit aangegeven, inclusief ecologische doelstellingen. Daarmee was het tot dan toe als leidraad gehanteerde "stand still" beginsel (waarmee bedoeld werd dat een gegeven waterkwaliteit niet mag

verslechteren als gevolg van menselijk handelen) niet meer de enige drijfveer van het waterkwaliteitsbeheer.

Met het opschalen van de doelstellingen in het waterbeheer van emissie-reductie naar een zorgvuldig beheer van waterecosystemen, ontstond de behoefte aan een objectieve ecologische beoordelingsmethode voor oppervlaktewateren. Ook was kennis nodig over de kwaliteit in natuurlijke wateren. Door de STOWA werd dan ook een aantal projecten opgestart die hierop antwoord moesten gaan geven. Het betrof het beschrijven van niet door afvalwater beïnvloede binnenwateren, het ontwikkelen van een waterkwaliteitsbeoordelingssysteem voor genormaliseerde beken en het ontwikkelen van ecologische beoordelingsmethoden voor oppervlaktewateren. Daarnaast werden enkele probleemgerichte studies uitgevoerd zoals onderzoek naar relaties tussen het zuurstofgehalte en makrofauna en de bestrijding van overlast door drijfvlagen van blauwalgen.

Toen eind jaren tachtig de grote vervuilingbronnen grotendeels gesaneerd waren ontstond het besef dat diffuse vervuiling een verder herstel van de oppervlaktewateren in de weg zou kunnen staan. In die periode startte de STOWA dan ook onderzoek naar de invloed van de landbouw en vervuilde waterbodems op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Bij de eerste stappen op het gebied van onderzoek naar oppervlaktewater werd vooral aansluiting gezocht bij wetenschappelijke onderzoeksscholen. Daarnaast werden echter ook vanaf het begin enkele ingenieursbureaus ingeschakeld. Gezien de toen nog relatief beperkte beschikbaarheid van waterkwaliteitsdeskundigen, modellers en ecologen bij de bureaus was het echter niet zo verwonderlijk dat ze een bescheiden rol speelden. Deze situatie duurde tot aan het begin van de jaren negentig.

Eind jaren tachtig werd ook aandacht besteed aan de zuiveringstechnologie en de verwerking en afzet van slib. Zowel aan slibverbranding en slibdroging als aan composteren, toepassing van slib in de landbouw, en storten. In 1988 werd door de STOWA met het ministerie van Verkeer en Waterstaat een samenwerkingscontract gesloten voor toekomstgericht onderzoek naar de behandeling van stedelijk afvalwater en de verwerking van zuiveringsslib: RWZI-2000. Het bijbehorende onderzoekprogramma met een budget van in totaal 10 miljoen gulden werd samen met het RIZA opgesteld en uitgevoerd.

De investeringen van de waterbeheerders in de aanleg van transportleidingen en rioolwaterzuiveringsinrichtingen bedroeg 2.293 miljoen gulden in de periode 1985-1990.

1990 - 1995 Verbreding

In deze periode werd het begrip Integraal Waterbeheer, dat was geïntroduceerd met de Derde Nota Waterhuishouding, opgepakt door de

regionale waterbeheerders. Dit leidde tot een nieuwe impuls voor onderzoek en projecten op het gebied van oppervlaktewater. De overname van een aantal taken van het bureau SAMWAT bracht kennis mee op het gebied waterkwantiteitsbeheer en simulatiemodellen voor oppervlaktewater. Het werkveld van de STOWA wordt in deze periode definitief verbreed. De problematiek van de waterbodems werd onderwerp van aandacht en het werkkerrein verbreedde zich verder richting grondwater, verdroging en beleidsanalyse. De verandering van de naam Stichting Toegepast Onderzoek *Reiniging Afvalwater* in Stichting Toegepast Onderzoek *Waterbeheer* was een logische consequentie van deze verbreding.

De STOWA haakte in op de toenemende complexiteit in het waterbeheer. Met name werd aandacht besteed aan de ontwikkeling van beslissingsondersteunende modellen en een methodiek voor planontwikkeling. Het onderzoek werd dus gericht op de ontwikkeling van "technische" simulatie-modellen zowel als op beheersinstrumenten.

Tegelijkertijd werden in deze periode ook twee grote onderzoeksprogramma's verricht op het gebied van afvalwaterbehandeling: RWZI-2000 en PNs. Het eerste programma betrof de strategische ontwikkelingen op lange termijn. Het PNs-programma betrof specifiek onderzoek om de knelpunten op te lossen op het gebied van fosfaat- en stikstofverwijdering uit het effluent en de steeds dreigender slibproblematiek. Het programma werd geschaagd en mede ingegeven door internationale afspraken tussen Rijnsoever- en Noordzeestaten ten aanzien van reductiedoelstellingen voor fosfaat- en stikstoflozingen. Het betrof een zo omvangrijk en intensief onderzoek dat de STOWA-omslag op de zuiveringsheffing verhoogd moest worden om de kosten te kunnen dragen. Binnen het programma werd intensief samengewerkt tussen waterbeheerders, universiteiten, ingenieursbureaus. Het programma heeft geresulteerd in een praktijkplatform waarin ook nu nog ervaringen worden uitgewisseld.

Mede vanwege de vergroting van het aandachtsgebied werd voor de voorbereiding van onderzoeksprogramma's ook een andere methodiek toegepast dan in de beginjaren van de STOWA gebruikelijk was. Eind 1993 werd door het algemeen bestuur van de STOWA het onderzoekplan 1995-1999 vastgesteld. In "STOWA ter info" werden instanties met taken, belangen en activiteiten op waterbeheersgebied, zoals onderzoeksinstituten, universitaire vakgroepen en adviesbureaus uitgenodigd om onderwerpen en ideeën voor de uitwerking van het plan tot concrete onderzoeksprojecten aan de STOWA kenbaar te maken. Naar aanleiding van deze oproep zijn meer dan 300 voorstellen ingediend. Het overgrote deel daarvan was afkomstig van adviesbureaus. Een groot aantal daarvan is ook in het onderzoekprogramma opgenomen.

Vooralsnog zullen de bureaus dus bij STOWA-opdrachten betrokken blijven.

De investeringen in de aanleg van transportleidingen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinrichtingen bedroeg 3.320 miljoen gulden in deze periode.

Evaluatie

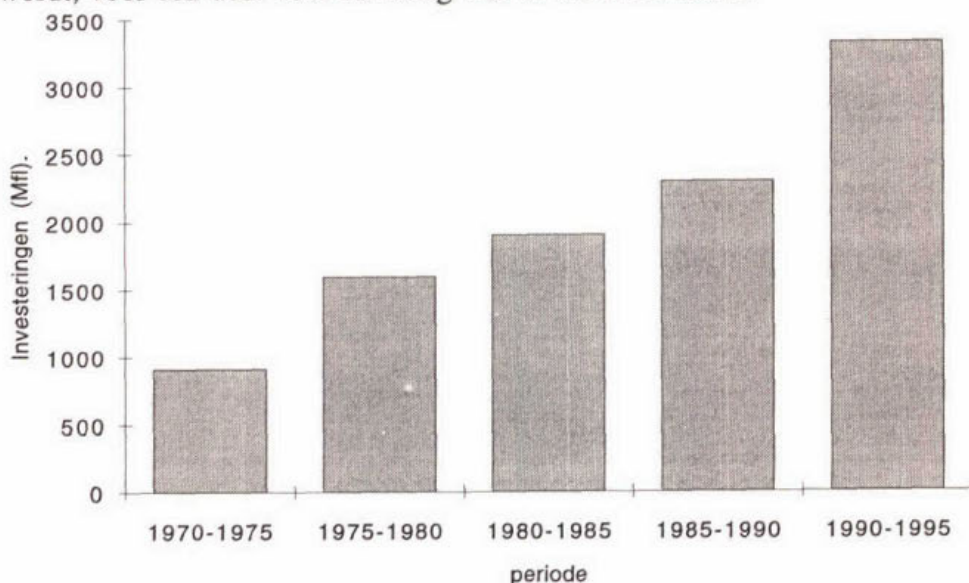
De ingenieurbureaus hechten een grote waarde aan de uitvoering van STOWA-opdrachten. In grote lijnen gelden daarvoor nog steeds dezelfde overwegingen als 25 jaar geleden. Het verschil is dat de overwegingen van toen inmiddels zekerheden zijn geworden. Er zijn inderdaad voordelen aan verbonden als een bureau betrokken is bij de uitvoering van STOWA-opdrachten. Het grote aantal projectvoorstellen dat door de bureaus begin 1994 werd ingediend mag als een bevestiging worden gezien van de opvattingen van de bureaus daaromtrent. Door opdrachten van de STOWA uit te voeren wordt een bureau in de gelegenheid gesteld om zijn beste kennen en kunnen te tonen. Daarnaast wordt het min of meer automatisch betrokken bij de ontwikkelingen op het terrein van het waterbeheer. We beschouwen het dan ook als zeer positief dat de bureaus bij meer dan 50% van de tot nu toe uitgevoerde projecten betrokken zijn geweest. Zie Figuur 3.4 (pagina 63).

In de loop der tijd is gebleken dat er duidelijk sprake is van een wederzijds belang. De medewerkers van de bureaus die zijn betrokken bij STOWA-opdrachten verhogen en actualiseren hun deskundigheid bij de uitvoering van deze projecten. Deze extra deskundigheid komt ook ten goede aan deelnemers van de STOWA die de betreffende bureaus inschakelen. Het inschakelen van bureaus gebeurt soms zelfs vanwege die specifieke deskundigheid, maar vaak ook voor niet-routinematige aangelegenheden waarvoor het aannemen van eigen capaciteit niet lonend is. De belangen van de bureaus staan daarbij dus niet tegenover die van de beheerders maar er naast. De beheerders hebben dan ook een groot belang bij goed functionerende adviesbureaus.

De samenwerking tussen de bureaus en de STOWA heeft een belangrijke rol gespeeld bij het realiseren van de resultaten die tot nu toe werden bereikt. Bureaus en waterbeheerders zijn in het verleden nooit huiverig geweest om kennis in het buitenland te halen. In toenemende mate is echter gebleken dat collega's uit het buitenland het ook meer dan de moeite waard vinden om kennis te nemen van in ons land ontwikkelde technieken, technologieën en denkwijzen. Dat geldt zowel voor het verre buitenland (Japan, USA) als voor onze buurlanden (België, Duitsland). Wij hebben nog steeds grote belangstelling voor ontwikkelingen in het buitenland, maar we lopen in Nederland niet meer achterop. Integendeel, de lozingseisen met betrekking tot zuurstofconsumerende stoffen (BZV)

en nutriënten (fosfor en stikstof) zijn streng en scherp gedefinieerd. We hebben de technologie om ze te halen en we passen die technologie op grote schaal toe.

Het waterbeheer brengt aanzienlijke kosten met zich mee. De kosten voor het kwaliteitsbeheer worden door middel van verontreinigingsheffingen verhaald bij burgers en bedrijfsleven. De opbrengst van de verontreinigingsheffing bedroeg in 1995 bijna 2 miljard gulden. De investeringen in de aanleg van transportleidingen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties groeiden van 909 Mfl in de periode 1970-1975 tot 3320 Mfl in de periode 1990-1995 (zie *Figuur 4*). Het budget van de STOWA bedraagt thans nog geen 10 miljoen gulden per jaar. Dat is dus minder dan 0,5 % van de opbrengst uit de zuiveringsheffingen. Dat is geen extreem hoog percentage, zeker gezien de inmiddels verbrede taakstelling van de STOWA, waardoor ook het onderzoek naar waterkwantiteitsbeheer, dat uit andere heffingen betaald wordt, voor een deel voor rekening van de STOWA komt.



Figuur 4.3. Investeringen waterkwaliteitsbeheer in Nederland van 1970-1995.

Een groot deel van de inspanningen van de STOWA was gericht op het verwerven van inzicht in de zuiveringsprocessen. In eerste instantie om een beter inzicht te krijgen in de ontwerpgrondslagen, maar later ook om optimaal gebruik te kunnen maken van de beschikbare middelen. De vraag of het STOWA-onderzoek ook heeft geleid tot kostenbesparingen kan niet altijd zonder meer met ja of neen worden beantwoord. Zo heeft een uitgebreid onderzoek naar de nabezinking bij het actief slibproces ertoe geleid dat met lagere oppervlaktebelastingen moet worden gewerkt dan tot dan toe gebruikelijk was. Daardoor ontstaan geen

kostenbesparingen maar verhogingen. Een onderzoek naar de verwijdering van stikstof uit interne stikstofrijke stromen heeft er echter toe geleid dat met aanzienlijk lagere investeringen kon worden volstaan dan in eerste instantie was voorzien. Een investering van 6 miljoen gulden in plaats van 40 miljoen gulden.

Eén van de uitgangspunten van deelname van bureaus aan STOWA-onderzoek was de mogelijkheid om de verkregen resultaten in het buitenland tegen betaling in het buitenland toe te passen. Daar is tot nu toe echter niet veel van terecht gekomen. De nederlandse ingenieursbureaus werken wel in het buitenland; vooral in de ontwikkelingslanden en in Oost-Europa. In de westerse landen schakelt men bij voorkeur ingenieursbureaus uit eigen land in. Om in die landen echt aan de bak te komen is het noodzakelijk om over specifieke kennis en kunde te beschikken. Bij voorkeur moet die kennis door octrooien beschermd zijn. De werkwijze van de STOWA is daar echter niet op gericht. Integendeel, de gekozen werkwijze is gericht op spreiding van de verkregen kennis, kunde en ervaring. Dat past overigens ook uitstekend bij kortetermijnonderzoek waar tot nu toe veel aandacht aan is besteed.

Toen ongeveer 25 jaar geleden rapporten werden geschreven over de wijze waarop de afvalwaterproblematiek in ons land moest worden aangepakt werden ondermeer vragen gesteld ten aanzien van de benodigde en aanwezige capaciteit bij het Nederlandse bedrijfsleven. De voorgenomen programma's werden zo ambitieus geacht, dat met name de capaciteit bij ingenieursbureaus te gering werd geacht. Zelfs in die mate, dat aantrekken van de benodigde capaciteit als niet zonder meer haalbaar werd beschouwd. Thans kunnen we constateren dat het wel is gelukt. De flexibiliteit van de Nederlandse ingenieursbureaus is dus kennelijk groot als ze met concrete uitdagingen worden geconfronteerd. We hebben de buitenlandse concurrentie voor het overgrote deel buiten de deur kunnen houden. Ongetwijfeld heeft daarbij een rol gespeeld dat ook de Nederlandse markt een enigszins nationaal karakter had. Maar daarnaast zijn we er van overtuigd dat onze betrokkenheid bij de kennisontwikkeling door middel van STOWA-opdrachten ons daarbij stevig in de kaart heeft gespeeld.

Concluderend kan dan ook worden gesteld dat de betrokkenheid van bureaus bij de uitvoering van STOWA-opdrachten in de afgelopen 25 jaar aan de verwachtingen heeft voldaan.

Toekomst

In het begin van onze voordracht hebben we het vermoeden uitgesproken dat onze voorgangers niet in staat waren de toekomst te voorspellen. Uiteraard kunnen wij dat ook niet, maar we hebben een trucje verzonnen.

Door de historische beschrijving met 1995 te beëindigen is de toekomst al op 1 januari 1996 begonnen.

In 1996 is het aandachtsgebied van de STOWA uitgebreid met "Waterkeringen". Daarmee werd een cirkel gesloten. Een relatief modern probleem - de verontreiniging van oppervlaktewater- heeft nieuwe activiteiten in het waterbeheer opgeroepen. Er zijn nieuwe organisaties opgericht om die activiteiten effectief en efficiënt uit te (laten) voeren. En nu is dus na 25 jaar besloten om ook één van de oudste aandachtsgebieden van de waterbeheerders bij zo'n organisatie onder te brengen. De STOWA is dus springlevend en lijkt nog een lang leven en een interessante toekomst beschoren. Vooral nog gaan we er van uit dat dit ook voor de bureaus geldt. Een verandering die wij voor de huidige ingenieursbureaus voorzien is een nog verdere verschuiving naar strategische advisering en planvorming. Het aandeel van andere adviseurs dan de raadgevend ingenieur zal dus nog toenemen.

In de achter ons liggende periode zijn interessante samenwerkingsverbanden ontstaan. Soms daartoe aangezet door de STOWA. We nemen aan dat de samenwerking van bureaus met Grote Technologische Instituten (TNO, WL) en met vakgroepen van universiteiten in de toekomst nog zal toenemen; b.v. op het gebied van waterbodems en van energiebesparing.

In de voor ons liggende periode zal de vraag om duurzame technologie toenemen. Het ruimtegebrek zal knellender worden. Vanwege de grote dichtheid van de bevolking zullen we in Nederland relatief vroeg en indringend met vragen om aanpassingen in gedrag en om duurzame technologie worden geconfronteerd. De vraag naar duurzame en ruimtebesparende technieken zal dus ook toenemen. Daarvoor zijn nieuwe concepten voor de zuivering van afvalwater nodig. Die zullen echter niet worden ontwikkeld door alleen korte termijn onderzoek uit te voeren. Daarvoor is een lange termijn visie nodig. Op basis daarvan kan dan een meerjarenprogramma worden opgesteld en uitgevoerd. De realisatie van zo'n programma zal ongetwijfeld aanleiding zijn voor het activeren van bestaande en het aangaan van nieuwe samenwerkingsverbanden. Dergelijk onderzoek is risicodragend en succes is niet verzekerd. Er zal dan wellicht ook meer aandacht dan tot nu toe moeten worden besteed aan bescherming van de te verwerven kennis en ervaring. Dat zou zelfs een extra impuls kunnen geven aan de uitvoering van dergelijk onderzoek.

Veranderingen die nu reeds op gang zijn gekomen zullen een grotere druk op de waterbeheerders veroorzaken. De participatie van burgers bij het formuleren van doelstellingen van waterschappen zal toenemen (van Rooy & de Jong, 1995). De schaarste van water van goede kwaliteit zal meer manifest worden en zal de politici dwingen tot het doen van keuzes op basis van heldere criteria. Een niet onaanzienlijk deel van de bevolking zal de keuzes namelijk als zeer pijnlijk ervaren. Dat vergt

een heldere en op basis van kennis gefundeerde argumentatie voor die keuzes. De benodigde kennis vertoont zeker nog leemtes en kan veelal alleen door gericht onderzoek worden verworven.

De bureaus zullen er voluit naar blijven streven om bij deze onderzoeken te worden betrokken. We staan er dus klaar voor om nieuwe opdrachten van de STOWA te verwerven.

Literatuur

DACE-prijzenboekje 1992, 16e editie, blz. 120.

DACE-prijzenboekje 1992, 16e editie, blz. 122.

Huiswaard, P.J., Koster, E.L.C. & Witvoet, W.C.. H₂O (17) 1984 nr 19 blz.421.

Elektriciteit in Nederland 1987, Arnhem 1, 88.

Jansen, J.H.; "De bestrijding van de waterverontreiniging tot 1970" in Bestrijding van de watervervuiling, Vijfentwintig jaar WVO (1995) blz.21, Unie van Waterschappen, Den Haag.

Rooy, P.T.J.C. van en Jong J. de; H₂O (28) 1995 nr. 3 blz. 62.

Witteveen+Bos 1995. Duurzame stedelijke waterkringloop. Verkennede studie DTO-water. Interpartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling. Delft. ISBN 90 5697 001 1

Verder is uitvoerig geput uit publikaties van de STOWA; zowel uit rapporten als uit andere verslagen; uiteraard met toestemming van de STOWA.

5. Belang van STOWA-opdrachten voor universitair onderzoek en onderwijs

prof.dr.ir. W.H. Rulkens & prof.dr. L. Lijklema
Landbouwwuniversiteit Wageningen

Inleiding

In de afgelopen 25 jaar heeft de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en haar rechtsvoorganger de STORA (Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater) een cruciale rol gespeeld in het tot stand komen van het waterbeheer zoals we dat nu kennen. Het begrip waterbeheer moet daarbij breed worden ingevuld en omvat zowel het waterkwantiteitsbeheer, het beheer van ondiep grondwater, het waterkwaliteitsbeheer en de zuivering van stedelijk afvalwater. De STOWA heeft deze taak vervuld door het doen verrichten van relevant onderzoek en het bevorderen van de implementatie van de resultaten van dit onderzoek. Deze taak heeft in belangrijke mate bijgedragen aan de effectiviteit en kwaliteit waarmee de zuiveringssituatie met betrekking tot stedelijk afvalwater in Nederland is verbeterd na de invoering van de WVO in 1970. Méér dan 95% van het aangeboden afvalwater wordt momenteel op een of andere wijze gezuiverd hetgeen geresulteerd heeft in een sterke verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit. Er is een organisatiestructuur en beheerstructuur opgebouwd rond STOWA die zorgt draagt voor instandhouding van technologische en wetenschappelijke ondersteuning en het aanbrengen van noodzakelijke c.q. mogelijke verbeteringen. Daarbij is de opdracht er in toenemende mate op gericht om de zuivering van stedelijk afvalwater in de toekomst steeds meer te doen plaatsvinden in overeenstemming met de criteria die gelden voor een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling.

Ten opzichte van veel aanverwante ontwikkelingen op het gebied van de behandeling van afvalstromen neemt de behandeling van stedelijk afvalwater en het daarmee samenhangende waterkwaliteits- en kwantiteitsbeheer een tamelijk unieke positie in. Transport en inzameling van water, waterzuivering en waterbeheer hebben relatief vroeg aandacht gekregen. De voornaamste reden daarvoor was dat de zuivering van afvalwater en de verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit van wezenlijke betekenis zijn voor de voeding van de mens en de menselijke gezondheid. Bovendien is schoon water een belangrijke hulpstof bij veel

industriële processen. Één of andere vorm van centrale zuivering van stedelijk afvalwater en collectief waterbeheer zal naar verwachting ook in een maatschappij die op weg is naar een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling nog lang, zo niet altijd, van wezenlijk betekenis blijven. Daarmee is het perspectief van de integratie van inzamelings-, transport- en zuiveringssystemen met de mogelijke functies en bijbehorende kwaliteitseisen van het ontvangende water een van de grootste opgaven van de komende tijd.

Aanpak van de afvalstroom stedelijk afvalwater via preventie, zoals plaatsvindt bij veel industriële afvalwaterstromen, vaste en vloeibare afvalstoffen en verontreinigde gassen, of via herstel van milieuhygiënische kwaliteit, zoals wordt nagestreefd bij verontreinigde grond, zal bij stedelijk afvalwater in mindere mate mogelijk zijn. Overigens zal dit niet betekenen dat geen verbeteringen aan de bron zullen plaatsvinden. Maar naar alle waarschijnlijkheid zullen deze verbeteringen echter in belangrijke mate gezocht moeten worden in het voorkómen van de lozing van sterk toxische componenten en een verdergaande zuivering, gericht op hergebruik.

Zoals gesteld heeft de STOWA een belangrijke rol vervuld bij de totstandkoming van de huidige situatie met betrekking tot de kwaliteit van inzameling en zuivering van afvalwater en het waterbeheer. Zij heeft deze taak uitgevoerd via het opzetten van onderzoeksprogramma's, het creëren van netwerken voor onderzoek, het beschikbaar stellen van financiën voor de uitvoering van onderzoek, het bevorderen van contacten tussen onderzoekers en gebruikers en het mede zorgdragen voor de implementatie van onderzoeksresultaten. Een speciale relatie daarbij is die tussen de STOWA en de universiteiten en wel in een wisselwerking. Veel water- en waterkwaliteitsbeheerders, hoofden van technologische diensten en andere medewerkers van zuiveringsschappen en waterschappen hebben hun opleiding genoten aan één van de Universiteiten die zich bezighouden met onderzoek en ontwikkeling op het gebied van stedelijk afvalwater en waterbeheer. Daar heeft de eerste kennismaking plaatsgevonden met dit onderwerp. Contacten tussen universiteit en haar afstudeerders die werkzaam werden binnen de zuiveringsschappen/waterschappen zijn blijven bestaan, zowel direct, maar ook indirect via de STOWA. Daarbij wordt vanuit de praktijk gevraagd om verdere kennis-ontwikkeling en de universiteit "bevraagd" op de realiteitswaarde van haar onderzoek. De verhouding tussen leermeester en leerling wordt ten dele omgekeerd!

In deze beschouwing zullen we op de speciale relatie tussen Universiteiten en STOWA nader ingaan. Zeker in het licht van een 25-jarige jubileum is het zinvol even stil te staan bij datgene wat bereikt is in de afgelopen 25 jaar, waar we nu mee bezig zijn en welke ontwikkelingen we zien voor de nabije toekomst. Vanuit het verleden kunnen we leren



I (2 / 75 / i / D)



II (2 / 75 / i / W)



III (2 / 75 / o / W)



IV (104 / 3 / o / D)



V (104 / 3 / o / W)



VI (104 / 1,5 / o / W)



VII (104 / 1,5 / i / W)



VIII (52 / 3 / i / W)



IX (104 / 1,5 / i / W)

*Natuurlijke ontwatering van zuiveringslib in proeflagunes.
Onderzoek naar de belangrijkste procesparameters en de bedrijfsvoering.
Gedroogd oppervlak na enkele maanden (STOWA-rapport 87-06)*



I (2 / 75 / i / D)



II (2 / 75 / i / W)



III (2 / 75 / o / W)



IV (104 / 3 / o / D)



V (104 / 3 / o / W)



VI (104 / 1,5 / o / W)



VII (104 / 1,5 / i / W)



VIII (52 / 3 / i / W)



IX (104 / 1,5 / i / D)

*Natuurlijke ontwatering van zuiverings-slib in proeflagunes.
Onderzoek naar de belangrijkste procesparameters en de bedrijfsvoering.
Gedroogd oppervlak na meer dan één jaar (STOWA-rapport 87-06)*

wat we goed deden en vast moeten houden c.q. versterken, maar ook wat we moeten verbeteren of vermijden. Het heden bepaalt in belangrijke mate de concrete zaken en contacten die nu van belang zijn, in feite het netwerk, waarop we verder moeten bouwen. Verder bouwen betekent in de toekomst kijken, hoe moeilijk dat ook is. En, zoals reeds eerder is opgemerkt, zal deze toekomst in zeer belangrijke mate gestuurd worden door het begrip "duurzame milieuhygiënische ontwikkeling", wat dat begrip ook moge inhouden. Het zal duidelijk zijn dat daarbij STOWA en universiteiten niet de enige spelers in het krachtenveld zijn. Anderen spelen eveneens een belangrijke rol waar niet aan voorbij kan worden gegaan.

We zullen in deze beschouwing ingaan op een tweetal vragen:

- a) Betekenis van de STOWA voor het Universitaire onderzoek? Dit is ook de titel van deze beschouwing. Echter, het is geen eenrichtingverkeer en onlosmakelijk aan de eerste vraag is dan ook een tweede vraag verbonden, welke luidt:
- b) Betekenis van het Universitaire onderzoek voor de STOWA?

Kenmerken van en ontwikkelingen in het Universitaire onderzoek

Bekijken we de situatie van 30 tot 40 jaar geleden dan was de Universiteit, ook van oudsher, de plek waar in belangrijke mate fundamenteel en vernieuwend onderzoek plaatsvond. Zonder gehinderd te worden door vragen over de directe praktische betekenis en het nut van het onderzoek (dit geldt met name de universiteiten, in mindere mate de toenmalige hogescholen), alsmede de afwezigheid van financiële en materiële belemmeringen, kreeg creativiteit ruimschoots de gelegenheid zich te manifesteren in het onderzoek. Onderzoek werd op de eerste plaats gezien als een wetenschappelijke uitdaging, d.w.z. een middel om iets te weten te komen, te begrijpen en te kunnen verklaren. Het onderzoek was ook sterk verankerd in de opleiding. De opleiding was primair gericht op het aankweken van bekwaamheden, vaardigheden en kennis die nodig zijn voor het kunnen verrichten van wetenschappelijk onderzoek en het kunnen functioneren als een zelfstandig onderzoeker. Het onderzoek vormde daarbij uiteraard één geheel met de rest van de opleiding. De keuze van onderzoeksonderwerpen werd vooral bepaald door de hobby's en interesses van betrokken hoogleraren. Maatschappelijke relevantie speelde vaak nauwelijks een rol. Resultaten van onderzoek werden vooral gepresenteerd als vergroting van het wetenschappelijk inzicht of als geheel nieuwe wetenschappelijke inzichten. Toepasbaarheid van resultaten kwam vaak alleen als een toevaligheid aan de orde. Afrekening en beoordeling van onderzoeksresultaten vond hoofdzakelijk plaats op basis van

publicaties in voornamelijk fundamenteel wetenschappelijk georiënteerde tijdschriften. Kenmerkend was ook het lange termijn karakter. Binnen vakgroepen was het aantal onderzoeksgebieden dat bewerkt werd relatief gering. Dit alles leidde ertoe dat onderzoekprogramma's een strategisch langetermijnkarakter hadden en ook een sterke integratie vertoonden.

Langzamerhand is dit beeld geheel veranderd. Onder druk van maatschappelijke ontwikkelingen - grotere studentenaantallen en hogere kosten van het wetenschappelijk onderwijs - werden de mogelijkheden voor fundamenteel georiënteerd universitair onderzoek steeds meer beperkt en werden in toenemende mate vraagtekens gezet bij het maatschappelijk nut van het wetenschappelijk onderzoek. De grotere studentenaantallen, alsmede de beperktere financiële middelen, noopten de universiteiten om meer aandacht te gaan besteden aan de cursorische aspecten van de opleiding. De democratisering van het universitair bestuur bracht tevens met zich mee dat onderzoek-initiëring en programmering niet alleen het exclusieve domein van een hoogleraar was maar dat ook de wetenschappelijke en de technisch ondersteunende staf en de studenten meer inspraak kregen in de keuze en richting van het onderzoek. Op zichzelf een positieve ontwikkeling omdat op deze wijze de motivatie en het maatschappelijk nut van het onderzoek alsmede de betrokkenheid bij het onderzoek van alle medewerkers werd versterkt. In de beginperiode van deze omslag (eind jaren zeventig) was er in feite financieel nog niet zoveel aan de hand. Budgetten voor onderzoek daalden weliswaar geleidelijk maar er bleven, zeker vergeleken met de huidige situatie, voldoende financiële en ander materiële en personele middelen over om goed onderzoek te verrichten. De verdere beperking van financiële mogelijkheden, vooral in de jaren negentig, zette echter voort en resulteerde uiteindelijk in een situatie waarin de universiteiten zich nu bevinden. De eigen financiële middelen van de universiteit voor het instandhouden van een voldoende infra-structuur en professioneel kader voor het verrichten van een verantwoord stuk wetenschappelijk onderzoek zijn ontoereikend geworden. De universiteit wordt gedwongen de markt op te gaan om onderzoekfondsen te verwerven. Universiteit en vakgroepen moeten zich steeds meer marktgericht en ondernemend opstellen. Het resultaat is dat het onderzoek vaak alleen sterk probleemoplossend is gericht, te weinig diepgang vertoont om voor wetenschappelijk onderzoek door te kunnen gaan en een versnipperd en kortetermijnkarakter heeft. Het onderzoek is in het algemeen risico-arm, financiers houden immers niet van te grote risico's. Het zal duidelijk zijn dat deze ontwikkelingen de kwaliteit van het onderzoek en daarmee op de duur ook dat van het onderwijs geweld aan doet. Hoogleraren en medewerkers moeten veel tijd aan onderzoekacquisitie besteden waarvoor in het algemeen geen compensatie wordt verstrekt. Dit gaat natuurlijk ten koste van de tijd die overblijft voor uitvoering en begeleiding van

onderzoek. Omdat ook niet-universitaire onderzoekinstellingen gedwongen zijn om zich marktgericht en ondernemend op te stellen, treedt een vervaging op van het type onderzoek dat primair en van oudsher bij universiteiten thuishoort: fundamenteel wetenschappelijk van aard met een strategisch langetermijnkarakter. Het gevolg is dat creativiteit en innovatie minder tot hun recht komen en dat daardoor kansen worden gemist. In sommige vakgebieden wordt het moeilijk om het beste personeel te binden aan de universiteit. Ook is door de noodzakelijke versnippering van de aandacht en beperking van de financiële middelen vaak geen voldoende "kritische massa" aanwezig, een voorwaarde om tot een "centre of excellence" te komen.

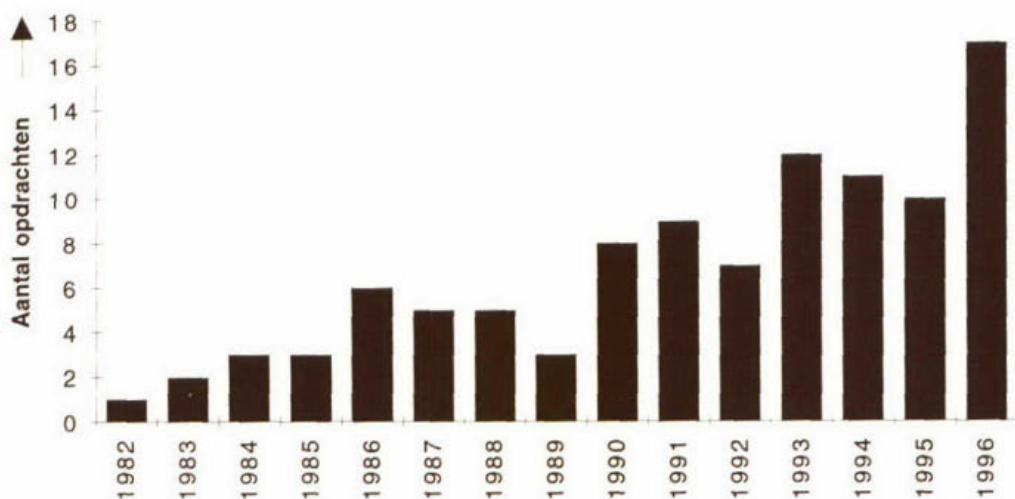
Is er dan helemaal niets positief te vertellen over deze ontwikkelingen en de huidige situatie waar in de universiteiten verkeren? Die is er zeker ook! We noemden reeds een betere motivatie en grotere betrokkenheid. De huidige situatie dwingt ertoe bij onderzoek mensen en middelen - in het algemene schaarse artikelen - optimaal in te zetten om concrete problemen, die er nu zijn en waarvoor de maatschappij een oplossing vraagt, aan te pakken. De universiteit wordt gedwongen haar producten beter te verkopen, moet dieper en breder over haar onderzoekprogramma nadenken. Dit leidt ertoe dat keuzes voor onderzoek en versterking van onderzoeksamenwerking beter onderbouwd zijn. Tezamen met een betere motivatie bij de onderzoekers kan dit tot beter onderzoek leiden. Ook de student - waarvoor de universiteit er op de eerste plaats is - heeft hier baat bij. Immers, kijkend naar zijn toekomstige loopbaan, zal hij geconfronteerd worden met de vraag om praktische, betaalbare oplossingen te vinden voor concrete problemen. Confrontatie met deze problematiek tijdens zijn studie zal bijdragen aan de kwaliteit van zijn/haar beroepsuitoefening. Bovendien heeft hij/zij ook het voordeel dat het verwerven van vaardigheden voor het verrichten van wetenschappelijk onderzoek gepaard gaat met het verwerven van kennis van relevante milieuproblemen. Voor de per definitie meer op de praktijk gerichte Ingenieurs-achtige opleidingen is deze praktische oriëntatie zelfs gewenst; niet voor niets werd in de toekenning van een vijfde studiejaar voor deze categorie opleidingen het "kunnen ontwerpen" als een belangrijk argument aangevoerd.

Bezien we bovenstaande historische ontwikkeling en de huidige situatie waarin we met het onderzoek verkeren dan zou het volgende ideaalbeeld van het Universitaire onderzoek kunnen worden geschetst:

- maatschappelijk relevant
- fundamenteel toepassingsgericht
- wetenschappelijk
- lange termijn karakter
- geïntegreerd in een coherent totaal-programma met voldoende kritische massa.

Uiteraard zijn voor de realisatie van dit ideaalbeeld voldoende financiële en personele middelen nodig, welke momenteel in belangrijke mate beginnen te ontbreken.

Aan de hand van deze karakterisering kan het wederzijds belang van STOWA en Universiteit op onderzoeksgebied worden aangegeven.



Figuur 5.1. STOWA-opdrachten in uitvoering bij universiteiten.

Betekenis van STOWA voor het universitaire onderzoek en onderwijs

De betekenis van de STOWA voor het universitaire onderwijs en onderzoek kan als volgt worden weergegeven:

- a) Het werkgebied van de STOWA wordt gekenmerkt door het complexe karakter en de integrale benadering die nodig is om tot een oplossing te komen voor de problematiek van stedelijk en industrieel afvalwater in relatie met het ontvangende oppervlaktewater. Stedelijk afvalwater is een zeer complexe afvalstroom. Het aantal verontreinigende componenten is zeer groot en de aard van de componenten en de wijze waarop deze voorkómen en hun gevolgen voor het ontvangende water kan sterk variëren, mede omdat de oorsprong van het stedelijk afvalwater vaak zowel van huishoudelijke als industriële aard is. Bovendien heeft ook het transportsysteem voor het afvalwater, alsmede de weersgesteldheid, invloed op aard en samenstelling. De wijze waarop dit probleem kan worden aangepakt,

wordt verder in belangrijke mate bepaald door de lozingsmogelijkheden van het effluent en de bestemming/verwerkingsmogelijkheden van de afvalstof slib die bij de zuivering van het afvalwater vrijkomt. Beperken we ons even alleen tot het zuiveringsproces dan worden hier een groot aantal disciplines geïntegreerd. Kennis is nodig van biologische omzettingsprocessen, bioreactoren, scheidings- en ontwateringsprocessen, meet- en regelsystemen, ontwerpen van processen, energetische aspecten, etc. Kortom een zeer interessant onderwerp voor wetenschappelijk onderzoek waarbij de noodzaak tot implementatie van de resultaten een sturende factor is. Voor de waterkwaliteit en het beheer daarvan geldt ook dat verschillende disciplines elkaar ontmoeten: hydraulica, meteorologie, fysische transportverschijnselen, chemie van natuurlijke stoffen en toxische componenten, biologie en microbiologie, systeembeschrijving en ecologie. De complexiteit betekent dat dergelijk onderzoek voorlopig nog niet kan worden afgesloten maar dat voortdurend nieuwe wetenschappelijke uitdagingen opduiken. Het onderzoekprogramma van STOWA is dan ook te beschouwen als een programma met veel wetenschappelijke uitdagingen die goed passen binnen het universitaire klimaat en waarop het universitaire onderzoek zich kan richten.

- b) Door aard en doelstelling worden de onderzoeksvragen van de STOWA aangestuurd door de praktijk van het waterbeheer. Dat betekent dat het onderzoek in eerste instantie meer aansluiting vindt bij die universitaire instellingen die Ir.-opleidingen verzorgen zoals TUD, LUW, TUE en UT. Zonder te willen vervallen in moeizame definities over fundamenteel, strategisch en toegepast onderzoek, is er duidelijk een accentverschil tussen deze universiteiten en de meer algemene universiteiten. De vakgroepen en/of subfaculteiten die betrokken zijn bij een Ir.-opleiding hebben vaak namen die verwijzen naar een werkerterrein: Gezondheidstechniek, Milieutechnologie, Waterkwaliteitsbeheer, Waterhuishouding, etc., terwijl bij de andere universiteiten meer algemene vakgebieden de indeling bepalen: biologie, scheikunde, natuurkunde, ecotoxicologie, etc. Ook zijn er andere tradities met betrekking tot stages, afstudeerprojecten, ontwerp-achtige en bedrijfsmatige aspecten in de opleiding. Daarom is er een natuurlijke affiniteit voor toegepast en strategisch onderzoek bij de Technische Universiteiten en de LUW. Voor de andere universiteiten ligt dat minder dichtbij. Wel zal er in principe voor fundamenteel onderzoek, dat nodig is om op den duur strategische en praktische vragen te kunnen beantwoorden, meer plaats zijn.

- c) De praktijkvragen die STOWA opdrachten met zich meebrengen duwen de praktijk gerichte Ir.-opleidingen nog eens extra met de neus op de concrete vragen: zijn onze concepten, theorieën en technieken relevant? Welke bestaande kennis, uit bijvoorbeeld andere vakgebieden, kan worden aangewend en geïntegreerd? Hoe kunnen we met een beperkt inzicht en beperkte tijd tot een voorlopig "beter" antwoord komen? Wat is het rendement van ingrepen. Welke mate van onzekerheid kleeft er aan onze ontwerpen en wat kost het ongeveer? Zoals reeds eerder is opgemerkt is het uiterst leerzaam voor staf en studenten om in zo'n context bezig te zijn. Het is ook voor het beroepsveld van belang dat potentiële toekomstige staffunctionarissen in hun opleiding dit soort vragen zijn tegengekomen.
- d) STOWA opdrachten versterken onze infrastructuur. Helaas is dat, zoals ook reeds in het voorafgaande is gesteld, ten eerste nodig. Onderzoeksmogelijkheden zijn de laatste jaren meer en meer ingeperkt. De benodigde apparatuur en zelfs de personele kosten kunnen niet meer op een redelijk niveau uit de 1ste geldstroom alleen worden betaald. Opdrachten van derden, zoals van de STOWA, zijn van wezenlijk belang voor het in stand houden van de minimaal(e) benodigde onderzoeksinfrastructuur.
- e) Bij de opstelling van het STOWA onderzoekprogramma in hoofdlijnen worden naast de waterbeheerders en kennisinstututen ook universiteiten betrokken. Voor de Universiteiten biedt dit de mogelijkheid om kennis te nemen van uitgangspunten en andere criteria alsmede de financiële grenzen die de praktijk stelt aan een onderzoekprogramma. Ook de indeling in korte termijn, middellange en lange termijn onderzoek is illustratief voor de aanpak van een praktijkprobleem. Universiteiten worden gedwongen over de grenzen van hun vakgebied heen te kijken naar mogelijkheden om hun creativiteit en innovatievermogen in te brengen.
- f) Directe contacten met STOWA en met waterbeheerders dragen bij aan het netwerk - als onderdeel van het Ingenieurs afnemend beroepenveld - dat de universiteit kan gebruiken voor haar onderwijsprogramma, met name op het gebied van het waterkwaliteitsbeheer en de afvalwaterzuiveringstechnologie. Voor de universiteit biedt dit netwerk vooral de mogelijkheden om in haar onderwijsprogramma praktijk georiënteerde elementen in te bouwen waarbij gastsprekers een belangrijke bijdrage leveren. Niet alleen inhoudelijke bijdragen van gastdocenten zijn daarbij interessant, maar ook de ontlasting van stafmedewerkers die met onderwijs belast zijn. De constructie met gastdocenten is voor de Universiteit dus dubbel interessant. Ook het stageaspect dient niet te worden vergeten.

Een stage is voor een student een zeer wezenlijk onderdeel van haar of zijn opleiding om kennis te maken met de praktijk.

Bij de discussie over de betekenis van STOWA voor het universitaire onderwijs en onderzoek kan niet voorbij worden gegaan aan een beknopt overzicht van onderzoeksopdrachten die in de afgelopen jaren door de universiteiten voor de STOWA zijn uitgevoerd. In Tabel 5.1 is dit overzicht weergegeven. De tabel is hoofdzakelijk bedoeld ter illustratie.

In de context van deze beschouwing is het niet mogelijk om op alle afzonderlijke projecten - en de typische Universitaire inbreng daarin - nader in te gaan. De onderzoeksprojecten die door de Universiteiten werden c.q. worden uitgevoerd kunnen daarbij zeer globaal worden onderverdeeld in twee categorieën: relatief kortlopende, zeer concrete projecten (doorlooptijd meestal één of twee jaar) en projecten met een meerjarige doorlooptijd die uitvoering als promotie-onderzoek mogelijk maakt. Met name deze laatste categorie projecten is erg interessant voor de universiteiten omdat het bij deze projecten vaak ook gaat om een fundamenteel wetenschappelijke invulling. Daardoor is een meer structurele strategische samenwerking met een wat langere levensduur tussen STOWA en universiteiten mogelijk. Overigens moet helaas geconstateerd worden dat ook bij dergelijke promotie-onderwerpen de concrete samenwerking vaak snel weg ebt na afronding van het project, deels ook omdat veel van deze onderwerpen met het gereedkomen van een proefschrift worden afgesloten en stopgezet. Ondanks het feit dat het samenwerkingsverband interessante ontwikkelingen van potentieel wederzijds belang heeft opgeleverd kan dan toch geen follow-up worden gegeven. De neiging bestaat al gauw om hiervoor de STOWA verantwoordelijk te stellen. De oorzaak kan echter ook liggen bij de vakgroepen en de universiteit. Ook deze moeten onderzoeksprioriteiten stellen op basis van criteria. En één van deze criteria is het belang dat de Universiteit zelf hecht aan voortzetting van het onderzoek.

Om een duurzame relatie tussen STOWA en universiteit tot stand te brengen is het lang niet altijd noodzakelijk om uit te gaan van een meerjarig project in de vorm van een promotie-onderzoek. Ook kort lopende onderzoeken kunnen leiden tot een langdurige samenwerking, mits er een raamwerk aanwezig is waarbinnen concrete doelstellingen duidelijk zijn geformuleerd.

De totale financiële bijdrage van de STOWA ten behoeve van de uitvoering van de in de tabel genoemde onderzoek-projecten bedraagt ca 10 miljoen over een periode van ca. 5 jaar. Een voor de universiteit niet te verwaarlozen bijdrage. Een interessante bijkomstigheid is daarbij dat STOWA-projecten bij Universiteiten vaak ook mogelijkheden bieden voor het verkrijgen van aanvullende financiering of voor financiering van aanpalende onderzoeksprojecten bij andere financiers van het universitaire

Tabel 5.1. Overzicht onderzoeksprojecten die uitgevoerd zijn door de universiteiten; enkele projecten zijn uitgevoerd in samenwerking met andere universiteiten, instituten of ingenieursbureaus.

L UW	De zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater: Berekening uit productie- en verbruiksgegevens
L UW	Dimensioneringsgrondslagen voor biologische P-verwijdering in de sliblijn
L UW	Biologische defosfatering RWZI Bennekom
L UW	Biologische fosfaatverwijdering: Randvoorwaarden voor een goed rendement
L UW	Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling
L UW	Zuurstofvariatie in nederlandse watertypen in relatie tot biologische waterkwaliteitscriteria
L UW	Handboek Debietmeten voor open waterlopen
L UW	Waterkwaliteitsbeoordeling van genormaliseerde beken met behulp van macrofauna
L UW	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater: Deelprojecten: stromende wateren, meren en plassen, sloten, kanalen en diepe zand-, grind-, en kleigaten
L UW	Anaërobe behandeling van stedelijk afvalwater in Nederland
L UW	Mogelijkheden tot optimalisatie van de biologische stikstofeliminatie
L UW	Behandeling van stedelijk afvalwater met het drieslibsoortensysteem
L UW	Ontwikkeling waterkwaliteitsmodule in DUFLOW
L UW	NWRW onderzoek naar effecten van overstortingen op het ontvangende water
T UE	Fundamentele aspecten van slibontwatering
T UE	Het uittesten van de filtratie-expressiecel in de praktijk
T UD	Fosfaatverwijdering korrelreactor: Calcium phosphate precipitation in a fluidized bed
T UD	Slibindikking door zwaartekracht: Grondslagen
T UD	Capaciteitsvergroting van rwzi's
T UD	Slib-waterscheiding. Verkenning van alternatieven voor nabezinking
T UD	Optimalisering van grote nabezinktanks: <ul style="list-style-type: none"> • Literatuurstudie modellen • Modelling van de fysische processen
T UD	Ontwikkeling van een algengroei-potentietoets voor oppervlaktewater en afvalwater
T UD	Bestrijding van overlast door drijfslagen van blauwwieren
T UD	Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater: Microbiële aspecten
T UD	Biological phosphate removal under denitrifying conditions
T UD	Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor: Flankerend fundamenteel onderzoek
T UD	Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater: Modelling
T UD	Aërobe biofilm op gesuspendeerde drager ten behoeve van waterzuivering
T UD	Sturing in het waterbeheer; Optimalisatie in operationele waterbeheersing: Inventarisatie
T UE/T UD	Slibontwatering (een voorstudie)
V UA	Fundamenteel onderzoek vermindering slibproductie
R UG	Perspectives for the utilization of membrane-assisted sludge retentions in municipal wastewater treatment plants

onderzoek zoals NWO, STW, NOVEM, SENTER, IOP, VROM. Overigens is dit niet alleen interessant voor de universiteit maar ook voor STOWA!

Interessant is verder om ook nog even stil te staan bij het aantal projecten dat door de Universiteiten de afgelopen jaren in uitvoering was. Dit aantal is voor de periode vanaf 1982 weergegeven in Figuur 5.1. In 1982 werd voor de eerste keer door de STOWA (toentertijd nog STORA geheten) een onderzoeksopdracht verstrekt aan een universiteit. Vanaf dat tijdstip tot 1989 schommelde het aantal projecten dat bij Universiteiten in uitvoering was tussen 3 en 6. Vanaf 1990 wordt een duidelijke stijging geconstateerd naar een niveau van ca 10 á 12 projecten. Een positieve ontwikkeling! Overigens geldt deze trend ook voor het aantal projecten dat door ingenieursbureaus in opdracht van STOWA werd uitgevoerd.

Betekenis van het Universitaire onderzoek en onderwijs voor STOWA

Zoals reeds in de inleiding is gesteld, is er niet alleen een duidelijk positieve bijdrage van de STOWA op het universitaire onderzoek en onderwijs maar draagt de universiteit in positieve zin ook bij aan de taakvervulling van STOWA. Incidenteel en indirect is dat ook al aan de orde gekomen in de voorafgaande paragraaf. Hier zullen we een en ander nog eens kort samenvatten en zonodig toelichten c.q. aanvullen.

- a) Voor sommige onderzoeksprojecten, met name die welke een sterk fundamenteel wetenschappelijk karakter hebben en/of zich nog in een zeer prille, oriënterende fase bevinden, is de universiteit in feite dé onderzoekinstelling die dergelijk type onderzoek kan uitvoeren.
- b) Bij sommige onderzoeksprojecten spelen vaak meerdere wetenschappelijke disciplines een rol. Een universiteit is juist bij uitstek de instantie waar deze disciplines onder één dak aanwezig zijn. Inzet en integratie van de benodigde disciplines wordt daardoor vergemakkelijkt. Overigens moet daarbij wel als nadeel worden opgemerkt dat sturing van bovenaf van onderzoekintegratie niet altijd het terrein is waar Universiteiten in uitblinken! Het karakter van een universiteit verschilt in dat opzicht duidelijk met dat van andere onderzoekinstellingen.
- c) Onderzoeksprojecten van STOWA dragen bij aan de opleiding van studenten waarvan een aantal na afronding van de studie een werkkring zal vinden op het gebied van het waterbeheer. Kennismaking tijdens de studie met de problematiek van het waterbeheer en met onderzoek dat gericht is op de oplossing van deze problematiek, dragen bij aan de kwaliteit van de opleiding.

- d) STOWA kan profiteren van de creativiteit en het innovatieve vermogen van de universiteiten.
- e) Kosten van universitaire onderzoek zijn vaak minder hoog dan die van andere onderzoekinstellingen en adviesbureaus. Immers het Universitaire onderzoek is ingebed in de opleiding hetgeen betekent dat meestal lang niet alle kosten van begeleiding en infrastructuur worden doorberekend. Overigens staat daar tegenover dat het plannen van onderzoek bij Universiteiten soms minder professioneel gebeurt dan bij andere onderzoekinstellingen en adviesbureaus.
- f) Naast onderwijs en onderzoek heeft de universiteit ook "maatschappelijke dienstverlening" als doelstelling. Die dienstverlening kan zeer goed op het grensgebied van onderwijs, advies en onderzoek liggen: meewerken aan cursussen, discussies over problemen in de praktijk, commissiewerk etc., waarbij onderzoek-opdrachten soms als spil kunnen functioneren, vooral als er enige continuïteit is. We willen in dat verband twee voorbeelden noemen waarbij de vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Ecologie van de LUW betrokken is:
 - *Ontwikkeling van ecologische beoordelingsystemen.*
De ontwikkeling van dergelijke systemen en de implementatie is van belang voor het waterbeheer om een gestructureerde analyse van de toestand van oppervlaktewateren te verkrijgen die een zekere uniformiteit heeft. Er wordt kennis gegenereerd maar ook overgedragen, zowel naar studenten via bijvoorbeeld afstudeerprojecten, als naar het veld (hydrobiologen) en uiteindelijk naar de besluitvormers en zelfs het publiek, al is het vaak op een heel hoog aggregatie-niveau.
 - *Ontwikkeling van het DUFLOW model instrumentarium (tezamen met IHE).*
Dit wordt door vele regionale waterbeheerders gebruikt als een instrument om o.a. het gedrag van watersystemen beter te begrijpen, te kwantificeren, effecten van alternatieven min of meer kwantitatief te kunnen vergelijken. Het is gebruikersvriendelijk en tegen relatief lage kosten ontwikkeld en "public domain" software. Het wordt door veel studenten gebruikt, de introductie in het veld wordt daardoor vergemakkelijkt. De cursussen die met een zekere regelmaat worden gegeven brengen de ontwikkelaars weer bij de praktijkvragen door de discussies met de deelnemers en maken de handleidingen en procesbeschrijvingen doelmatiger. De inzichten van de gebruikers in de interacties tussen de verschillende processen en hun relatieve belang wordt groter. De wijze van functioneren is ons inziens superieur aan de meer commerciële modellen, die wellicht professioneler tonen qua presentatie, maar veel duurder, minder toegankelijk en moeilijker te leren toepassen zijn. Doordat met een

zekere continuïteit deelopdrachten zijn verkregen van de STOWA in de ontwikkeling van deze modules is er een min of meer informeel netwerk ontstaan en zijn er regelmatig contacten met waterschappen en ook onderling over toepassingsmogelijkheden die soms tot bijvoorbeeld stages of afstudeeropdrachten leiden.

De toekomst

In het voorafgaande is een uitgebreide schets gegeven van de wederzijdse betekenis voor elkaar van het STOWA onderzoek en het universitaire onderzoek, met name het universitaire onderzoek dat uitgevoerd wordt door de universiteiten met een Ir-opleiding. De algemene constatering is dat samenwerking tussen beide partijen leidt tot een duidelijke meerwaarde en er alle reden is om deze samenwerking verder uit te breiden en te intensiveren. Er zijn echter ook belemmeringen geconstateerd die de gewenste versterking van de samenwerking in de weg staan. Deze belemmeringen houden enerzijds verband met de specifieke structuur van de STOWA en hangen anderzijds samen met de huidige onderwijs- en onderzoeksituatie bij de Universiteiten. Het weghalen van deze belemmeringen lijkt ons niet onoverkomelijk. De belangrijkste aanbevelingen c.q. doelstellingen daarbij zijn:

- a) STOWA en universiteiten zouden een meerjarig langetermijn onderzoekprogramma moeten afspreken.
- b) De aard van een dergelijk onderzoekprogramma moet in belangrijke mate aansluiten bij het typische werkgebied van de universiteit nu: fundamenteel wetenschappelijk, maar tevens ook sterk toepassingsgericht.
- c) Het programma zal voldoende samenhang moeten bezitten, zowel als programma in relatie tot het overige onderzoekprogramma van de STOWA als wat betreft de inbedding in het overige onderzoekprogramma van de vakgroep c.q. universiteit.
- d) Bij de financiering van een dergelijk programma kan b.v. worden gedacht aan een of andere vorm van basisfinanciering door de STOWA en een aanvullende financiering door de Universiteit zelf. Dit klinkt misschien merkwaardig uit de mond van universitaire vertegenwoordigers in een tijd dat er ernstige financiële beperkingen zijn wat betreft de uitvoering van onderzoek. Echter ook binnen de beperkte financiële ruimte die vakgroepen hebben zullen onderzoekkeuzes moeten worden gemaakt en dit geldt ook voor vakgroepen werkzaam op het terrein van het waterbeheer. Bijdragen in het onderzoek vormen dan, naast de zeer beperkte liquide middelen, voornamelijk inbreng van deskundige personeel, infrastructuur en andere onderzoeksfaciliteiten. Universiteiten

zouden zeer gebaat zijn met een soort basisfinanciering, bijvoorbeeld in een 50/50% ratio, om strategisch onderzoek te kunnen doen op een bepaald terrein met een wat langere adem (bijvoorbeeld 5 jaar). Gedacht wordt daarbij aan onderzoek dat meer programmatisch dan projectmatig is, een zekere vrijheid van invulling heeft, maar ook een commitment heeft met betrekking tot produkten. Het hoeft niet eens om een zware financiering te gaan; het zouden b.v. AIO's kunnen zijn.

- e) Nauwere samenwerking tussen STOWA en de universiteiten in de vorm van een lange termijn onderzoekprogramma zal ook een wervende functie kunnen hebben in de richting van andere financiers van onderzoek. Als er eenmaal een kritische massa is met voldoende "excellence" sluiten anderen daar gemakkelijker bij aan. Versterking van de samenwerking tussen probleembezitters, probleemoplossers en kennisinfrastructuur sluit verder naadloos aan bij het beleid dat de overheid op dit moment voert en verder zal willen gaan versterken.
- f) Wat de aard van het uit te voeren onderzoek betreft, zal steeds meer naar het rendement worden gekeken van maatregelen. Dat is niet zomaar een politieke trend, maar is ingegeven door het feit dat de determinanten van bijvoorbeeld waterkwaliteit meer en meer ook bepaald worden door zaken die geheel buiten de invloed van de watersector zelf liggen zoals landgebruik, verkeer, industrie-politiek en consumenten-gedrag. Er moet dus op enigerlei wijze "vergeleken" kunnen worden tussen nogal sterk verschillende grootheden. "Rendement", d.w.z. de relatie tussen kosten en baten, is dan altijd een van de betere mogelijkheden om belangen-tegenstellingen tussen sectoren te vergelijken. Daar ligt wel een probleem. Er moet dan nogal interdisciplinair gewerkt worden en zowel de STOWA als opdrachtgever en de Universiteit als opdrachtnemer zouden vrij brede programma's moeten formuleren, willen ze op dat terrein een inbreng hebben. Dat vraagt om samenwerking tussen nogal verschillende georiënteerde vakgroepen en voor de STOWA om in zekere mate over de grenzen van de eigen, directe taakstelling heen te kijken. Dat wringt een beetje met de traditie waarbij toch vooral vanuit de directe problematiek gewerkt wordt c.q. werd. Ook ministeries, zoals VROM, geven niet zo gemakkelijk ruimte voor geïntegreerde, multidisciplinaire strategische onderzoekprogramma's met een wat langere adem. Zelfs het RIVM heeft daar al moeite mee. Bij NWO is, afgezien van de zware competitie, in de praktijk toepassingsgericht onderzoek een stiefkind.

Tot zover de meer algemene aanpak om tot een versterking van de samenwerking tussen STOWA en universiteiten te komen. Als afsluiting

van deze beschouwing willen we nog enkele concrete gebieden van mogelijke samenwerking noemen:

- a) Het waterkwaliteitsbeheer steunt op emissie- en immissie beleid. Beide moeten elkaar aanvullen. Er zijn beperkingen aan "end of pipe" benaderingen en ook aan normstellingen. De eerste zijn gemakkelijker te implementeren, reguleren en controleren. Ook financieel is de structuur duidelijker. Maar ze garanderen niet zonder meer een goede waterkwaliteit in relatie tot de beoogde (mogelijke) functies van de watersystemen. Ook spelen allerlei andere factoren een rol. Normen kunnen star zijn, moeilijk te handhaven, er is soms geen heldere relatie met bijvoorbeeld de functionaliteit. Ook kan het ondoeltreffend en duur zijn om bijvoorbeeld de basiskwaliteit in een bepaald water te bereiken terwijl men voor veel minder echt iets "moois" in hetzelfde beheersgebied zou kunnen doen. Voor het beoordelen en plannen is er de noodzaak tot het systematisch verkennen van autonome ontwikkelingen en alternatieven met behulp van relatief globale modellen, waarbij de waterkwaliteitssector, die beschreven wordt, zowel fysische, chemische als biologische-ecologische kenmerken heeft. Het Habitat-geschiktheidsconcept dat een verbinding legt tussen de conditionerende fysische, morfologische en chemische factoren en de aquatisch-ecologische potenties, lijkt hierbij erg geschikt.
- b) Een ander aspect dat aandacht verdient is de onzekerheid in voorspellingen en condities en hoe daarmee om te gaan. Extreme condities (temperaturen, wind, neerslag en overstortingen) kunnen soms veel meer bepalend zijn voor de werkelijke waarde van een watersysteem dan de gemiddelde. Dat vraagt ook om breed ingezette systeemkennis. Bijvoorbeeld hoe we omgaan met riolering, zuivering en oppervlaktewaterbeheer in hun onderlinge samenhang (die is niet gering!) Vooral hoe we effecten van alternatieven moeten vergelijken vraagt om een hoog integratieniveau van onderzoek en planning.
- c) Er wordt zeer veel geld uitgegeven aan meten. De doelmatigheid daarvan verdient voortdurend aandacht. Het komt ons voor dat dit ook een strategische taak van de STOWA is waarbij Universiteiten ondersteuning kunnen geven.
- d) De zuivering van stedelijk afvalwater zal in de toekomst steeds meer plaats gaan vinden in het kader van een duurzame milieuhygiënische ontwikkeling. Volledige preventie, d.w.z. het voorkómen dat er geen afvalwater meer geproduceerd wordt, is een utopie. Wel zullen steeds meer aspecten van een dergelijke ontwikkeling geleidelijk aan van belang worden. Denk bijvoorbeeld maar aan energiebesparing, voorkómen van CO₂ en N₂O emissies, minimalisering van de hoeveelheid geproduceerd slib, optimale benutting van dit slib,

bestrijding van stank, vermindering van het ruimtebeslag en mogelijke verbetering van de effluent kwaliteit met het oog op hergebruik. Het is in principe onmogelijk en ook zinloos om elk van deze factoren afzonderlijk te optimaliseren. Veeleer zal steeds gedacht moeten worden aan het totale concept van waterzuivering en hergebruik van water. Daarbij is niet uitgesloten dat volledig nieuwe concepten moeten worden ontwikkeld. Universiteiten kunnen daar een belangrijke basis aan geven.

- e) Ook ten aanzien van de inzameling en transport van afvalwater zullen zich ongetwijfeld nieuwe ontwikkelingen voordoen. Enkele aspecten willen we hier noemen: gescheiden inzameling, behandeling van overstortwater, gebruik van het riool als bioreactor. Universiteiten kunnen, tezamen met STOWA en andere onderzoekinstellingen, ook op dit gebied zinvol bijdragen aan de gewenste ontwikkelingen.
- f) In het komende decennium zal zeer veel aandacht worden besteed aan een vermindering van het waterverbruik met name het verbruik van grondwater. Verschillende mogelijkheden zijn er om deze doelstelling op termijn te realiseren:
 - beperking van het huishoudelijk en industrieel waterverbruik
 - bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater
 - bereiding van water op specificatie voor industriële doeleinden
 - infiltratie van oppervlaktewater
 - recirculatie van water in bedrijven

Dit alles zal ook consequenties hebben voor de samenstelling van en de hoeveelheid stedelijk afvalwater in de toekomst en de wijze waarop dit afvalwater moet worden gezuiverd. Naast een volledig centrale zuivering kan daarbij ook gedacht worden aan een combinatie van centrale en decentrale zuivering. Ook in dit werkgebied kunnen universiteiten - maar dan in een brede context - zinvol onderzoek verrichten.

De uitdaging ligt voor ons. Veel is er de afgelopen reeds bereikt. Ook universiteiten hebben daaraan hun steentje bijgedragen. De intentie en mogelijkheden voor een intensivering van de samenwerking tussen STOWA en universiteiten en in het verlengde daarvan betrokkenheid van onderzoekinstellingen en adviesbureaus zijn aanwezig. Een concrete invulling van een gezamenlijk onderzoekprogramma hoeft geen belemmering meer te ondervinden. Laten we daar aan werken en laten we ook in de richting van de overheid dit signaal duidelijk afgeven zodat deze daarop op een positieve manier kan inspelen.

Wij wensen de STOWA ook de komende 25 jaar alle succes toe!

6. Laudatie uitgesproken bij de prijsuitreiking van de STOWA-prijsvraag

drs. L.P.M. van den Berg & ir. P.C. Stamperius
voorzitter resp. secretaris jury

Inleiding

In de periode 1993 - 1994 werd door een strategiecommissie van de STOWA en door programcommissies voor afvalwatersystemen, voor waterkwaliteit & waterbodems en voor waterkwantiteit & grondwater een vijfjarenplan van onderzoek en ontwikkeling opgesteld en uitgewerkt voor 1995 en later. Daarmee zou de STOWA tijdig met onderzoek en ontwikkeling anticiperen op behoeften aan kennis en leemten in kennis bij haar deelnemers, de Nederlandse waterbeheerders.

Via hoofdaandachtsgebieden zoals immissies, inrichting, beheer, inzameling & transport, zuivering & slibbehandeling en daarin weer specifieke thema's werden de jaren 1995 en 1996 van de meerjarenonderzoeksbegroting met uitgewerkte projectvoorstellen gevuld. De jaren daarna met wat minder scherp omliggende projecten, maar wel conform de aard van de thema's uit dat plan van de strategiecommissie.

Echter, het opstellen van verlanglijstjes met gewenste ontwikkelingen op het gebied van bijvoorbeeld reiniging & risicobeoordeling van waterbodems, of van intensievere zuiveringstechnieken in liefst zeer compacte, goed beheersbare installaties is aanzienlijk makkelijker dan het goed definiëren van het noodzakelijke onderzoek dat moet leiden tot de realisering van de begeerde methoden, instrumenten of technieken. Nieuwe systemen concipiëren heeft immers een hoge moeilijkheidsgraad!

Bij de voorbereiding van het meerjarenonderzoeksprogramma 1995 - 1999 werd in 1994 al de gedachte geopperd voor een prijsvraag om ideeën of wijzen van aanpak te katalyseren, waarmee het traditionele denken doorbroken zou worden, en waarmee ook verfrissende, baanbrekende visies gegenereerd zouden worden. Die prijsvraag is toen niet ingezet als hulpmiddel voor het verkrijgen van nieuwe impulsen in het onderzoek, maar bewaard voor het 25-jarig jubileum van de stichting.

De prijsvraag 'Waterbeheer in de toekomst'

Met de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren viert, zoals we al enkele malen gemerkt hebben, niet alleen de STOWA haar 25-jarig bestaan. Ook voor enkele zuiveringsschappen en daaraan gelieerde instanties geldt dat, zodat er sprake is van meer jubilea en meer prijsvragen.

De STOWA heeft zich, ter onderscheid, met haar prijsvraag gericht tot personen van minimaal 30 jaar, met de gedachte en natuurlijk de hoop dat uit de praktijkervaring van die doelgroep aanzetten zouden komen voor nieuwe bedrijfseconomische, natuurwetenschappelijke, technische en technologische concepten op waterbeheersgebied.

Het resultaat bestond uit 20 inzendingen van 23 auteurs. Onder hen bevonden zich er twee die zelfs voor twee inzendingen tekenden. De inzendingen dekten het gehele gebied van het waterbeheer. Nu eens behandelde men zaken zeer specialistisch, dan weer zeer breed. De volgende Tabel 6.1 geeft de verdeling van de inzendingen over de aandachtsgebieden van het waterbeheer weer:

Tabel 6.1. Verdeling van de prijsvraaginzendingen over diverse aandachtsgebieden.

Aandachtsgebied	aantal
Inzameling en transport	3
Waterkwaliteit en ecologie	2
Integraal waterbeheer	7
Zuiveringstechniek	3
Waterkwantiteit	5
Totaal:	20

De inzendingen zijn beoordeeld door een jury die als volgt was samengesteld:

- drs. L.P.M. van den Berg, dijkgraaf van het waterschap De Maaskant, voorzitter van de STOWA
- prof.dr. J. de Jong, hoofdingenieur-directeur RIZA, lid van het STOWA-bestuur
- ing. F.C. Hamster, voorzitter programcommissie 'Kwantiteit & Grondwater
- dr.ir. H.H. Tolkamp, voorzitter programcommissie 'Kwaliteit & Waterbodem'
- ir. A.W. van der Vlies, voorzitter programcommissie 'Afvalwatersystemen'
- ir. P.C. Stamperius, STOWA-secretariaat.

Over de beoordeling dient vanzelfsprekend hier ook het een en ander vermeld te worden. Veel belang werd gehecht aan de creativiteit,



Discus (keramiek) gemaakt door de Zoetermeerse kunstenaar mw. Piera Hoyionk-Ravazzani, geschonken aan de prijswinnaars van de STOWA-prijsvraag



Watermuziek in de Barok. La Dispute d'amour



Gistingstanks op de rwzi Ede. Het belang van een goed functionerende gisting komt tot uiting in de STOWA-rapporten 83-07 en 85-02



Het omloopsysteem van de rwzi Ede-Wageningen volgens het Bio-Denitro-proces. De rapporten R/90-06 en STOWA rapport 92-15 beschrijven de nutriëntverwijderingsprocessen.

waarin aspecten als 'innoverend', 'baanbrekend', 'originaliteit' en 'blik op de toekomst' ondergebracht konden worden. Om die reden kon helaas een zeer helder artikel door de heer W.G.J. de Wit over de reeds veel toegepaste en geotrooieerde "De Wit"-stuwen en -inlaatsluizen niet bij de winnaars geschaard worden.

Aan de andere kant moesten te futuristische voorstellen er voor waken niet stuk te lopen op de praktische, maar gerechtvaardigde wens om de technische en economische haalbaarheid helder toegelicht te zien.

Dat winst uit oogpunt van milieu en duurzaamheid uit de voorstellen moest blijken, moge natuurlijk ook duidelijk zijn. Verder stonden ook de implementeerbaarheid onder Nederlandse omstandigheden en het formuleren van bijbehorend onderzoek, voorop. De mogelijkheden voor onderzoeksprojecten in ons onderzoekplan zal te gelegener tijd door de drie programmacommissies beoordeeld worden.

De winnaars

In dit jaar van de Olympische spelen mag nog wel eens gerefereerd worden aan het motto van Pierre de Coubertin "Het is belangrijker om mee te doen dan te winnen". Dat geldt ons inziens ook voor deze wedstrijd. Alle deelnemers hebben met grote inzet aan hun inzendingen gewerkt en een tableau aan ideeën geëtaleerd dat er zijn mag. Maar helaas kunnen er slechts enkelen winnen.

Wij zullen u na deze inleiding en toelichting op de criteria niet langer in spanning laten en de winnaars bekend maken. Dit zijn geworden:

- 1^e prijs
ir. K.F. de Korte (Dienst Riolerig en Waterhuishouding Amsterdam): "BIOFIX, de waterzuivering van de 21^e eeuw; nieuw en duurzaam systeem voor afvalwaterzuivering".
- 2^e prijs
dr. T.H.L. Claassen (Waterschap Friesland): Het 3 D-schakelsysteem: van tweesporenbeleid naar driesporenbeleid; ecotechnologie van randverschijnsel naar centrumpositie.
- 3^e prijs
dr.ir. M.C.M. van Loosdrecht en dr.ir. M. Jetten (Technische Universiteit Delft, Kluyverlaboratorium voor Biotechnologie): "De rwzi (awzi) van de toekomst; de combinatie van het Anammox-proces en het SHARON-proces".

Daarnaast is vanwege de nagenoeg gelijke score met de derde prijs en het aanmerkelijk verschil met de scores van de navolgende scores door de jury besloten tot een vierde prijs:

- 4^e prijs
mw.dr. I.R.M. Hovenkamp-Hobbema (hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier): "Het gebruik van *Euglena* voor desinfectie en verdere nazuivering van afvalwater".

Alle vier de inzendingen zullen worden opgenomen in het jubileumboek. Ik zal nu kort ingaan op de specifieke punten van verdienste van de vier artikelen.

De 1^e Prijs. Ir. K.F. de Korte: "Het BIOFIX zuiveringsstelsel"

In het kort een zeer compact systeem, waarin optimaal de in het afvalwater reeds aanwezige koolstofbronnen gebruikt worden voor de verwijdering van de nutriënten. Slib-op-drager en effluentfiltratie maken deel uit van de opzet. Op de techniek ga ik verder zelf niet in, want de beste uitleg krijgt u van hemzelf. Immers, de winnaar van de eerste prijs heeft het voorrecht straks zelf een toelichting op zijn inzending te mogen geven, waarmee hij u hopelijk zal 'biofixeren'. De jury wil daarenboven toch nog het volgende over het voorstel zeggen:

"In plaats van het huidige spoor van "hoe groter, hoe beter" bij de vervanging of renovaties van rwzi's, wordt een compact, modulair systeem voorgesteld dat gelijktijdig kan voldoen aan kosteneffectiviteit, inpasbaarheid en duurzaamheid. Met zeven proces-stappen, drie slibsoorten, een eenvoudig regelconcept en een grote compactheid door slimme bouwwijze, wordt een concept voor een toekomstig zuiveringsproces gegeven, zowel voor nieuwbouw, als voor aanpassing van bestaande rwzi's.

Twee nieuwe aspecten daarbij zijn het toepassen van biomassa op een afzefbare drager, en nadenitrificatie met CZV uit afvalwater. Bij de vormgeving van het BIOFIX-proces in zeven stappen loopt De Korte niet onrealistisch en buitengehoorsafstand voor de muziek uit. Hij baseert zich op realistische uitgangspunten en op berekende of beredeneerde dimensioneringsgrootheden.

Er wordt geen voorschot genomen op nog te ondernemen ingrijpende veranderingen in waterkringlopen en maatschappelijk gedrag, die door onze branche zelf niet zijn af te dwingen. Milieuwinst en duurzaamheidswinst zijn evident en het benodigde onderzoek is duidelijk aangegeven".

De 2^e Prijs. Dr. T.H.L. Claassen: "Het 3 D-schakelsysteem"

"De hedendaagse problemen rond investeringen en milieurendement van verdere kwaliteitsverbeteringen manifesteren zich aan de 'randen' van de mogelijkheden van het emissiespoor en het waterkwaliteitsspoor. Daar worden de kosten onevenredig hoog en maatschappelijk niet meer haalbaar.

Claassen stelt voor om met behulp van technologie en ecologie restlozingen te reduceren of te elimineren in fysieke gebieden - overgangszones noemt hij ze - tussen emissie en ontvangend oppervlaktewater.

Dit betekent het inwisselen van de scherpe, abrupte overgangen tussen emissie en het ontvangend aquatisch ecosysteem voor minder strenge eisen en toch een goed 'overall' resultaat. Claassen introduceert als het ware 'het oranje verkeerslicht' in het waterbeheer.

Dit 'rest-reinigingsspoor' kan dus inspringen in het grote gat dat nu tussen emissiespoor en waterkwaliteitsspoor aanwezig is. Erkenning van de merites van deze aanpak houdt tevens een erkenning in van het feit dat de 'milieubomen niet ongebreideld tot in de hemel groeien'. Gezien de vele locaties waar die scherpe overgangen spelen, is de implementeerbaarheid reëel, bij een hoge technische en economische haalbaarheid, met milieu- en duurzaamheidswinst".

De 3^e Prijs. Dr.ir. M.C.M. van Loosdrecht en dr.ir. M. Jetten: "De combinatie van het Anammox-proces en het SHARON-proces"

"Het SHARON-proces staat voor een werkwijze, waarmee afvalwaterstromen met hoge stikstofgehalten kunnen worden gezuiverd. Ammonium wordt daarbij omgezet in nitriet, dat met een koolstofbron kan worden gedenitrificeerd tot elementaire stikstof. In het Anammox-proces worden als het ware nitriet of nitraat gedenitrificeerd met ammonium als 'CZV-bron'. Een afvalwaterstroom met 50% nitriet en 50% ammonium zou dus zonder hulpstoffen volledig in stikstofgas kunnen worden omgezet.

Koppeling van deze twee nog in ontwikkeling zijnde processen geeft zicht op een zeer attractieve stikstofverwijdering. Er is minder beluchting(s-energie) nodig, de energie-productie via methaan uit het slib van een A-trap wordt gemaximaliseerd, de behoefte aan externe energie geminimaliseerd. Toekomstige trends zoals verandering van de influent-samenstelling, waterbesparing en afkoppeling van verhard oppervlak beïnvloeden de potenties van het proces niet; de installaties kunnen dan compacter.

De voordelen van het voorstel zijn aanzienlijk. Er wordt creatief omgegaan met het voor de praktijk geschikt maken van nieuwe

biotechnologische processen. Het aanpakken van de stikstof heeft positieve gevolgen voor het ontvangend oppervlaktewater. De winst op het gebied van milieu en duurzaamheid is bij slagen van de opzet evident".

De 4^e Prijs. Mw. dr. I.R.M. Hovenkamp-Hobbema: "Het gebruik van Euglena voor desinfectie en verdere nazuivering van afvalwater".

Om aan de microbiologische waterkwaliteitsnormen te voldoen wordt vaak het effluent gechlloreerd. Voor virussen is dit niet erg effectief, terwijl het uit milieu-oogpunt ongewenst is. *Euglena gracilis*, een alg die dominant in bemeste sloten aanwezig is, verbetert van nature de bacteriologische kwaliteit van het oppervlaktewater. De vele unieke eigenschappen van *Euglena* hebben geleid tot het voorstel om de mogelijkheden van deze alg voor desinfectie te onderzoeken. Het voorstel is op basis van veel eigen onderzoek en naspeuringen onderbouwd.

Bij goede werking van *Euglena* zijn er voor systemen op kleine schaal, mogelijkheden, bijvoorbeeld voor de agrarische sector en afgelegen locaties. De aanpak van het grote aantal onderzoeksaspecten wordt helder en fasegewijs geëtaleerd".

Voor de goede orde memoreer ik nog de aard van de prijzen. De eerste tot en met de vierde prijs bestaan uit een geldbedrag van respectievelijk f 10.000.-, f 7.500.-, f 5.000.- en f 2.500.-. De heren van Loosdrecht en Jetten zullen hun derde prijs moeten delen. Verder ontvangen alle winnaars een kunstobject van de Zoetermeerse keramiste mw. Piera Hoyinck-Ravazzani, dat het samenspel van water met zijn omgeving symboliseert.

Prijswinnaars, van harte gelukgewenst!

7. BIOFIX, de waterzuivering van de 21e eeuw

ir. Kees de Korte

Dienst Riolering en Waterhuishouding, Amsterdam

Samenvatting

Het huidige beleid op het gebied van het afvalwatersysteem zal in 2014 grotendeels in maatregelen zijn omgezet. Gescheiden inzameling van regenwater zal voor een belangrijk deel zijn verwezenlijkt, waardoor de RWA/DWA-verhouding op veel plaatsen tot ongeveer 2 zal zijn gereduceerd. Verdere reductie valt op korte termijn niet te voorzien. De generatie rioolwaterzuiveringsinstallaties uit de zeventiger en tachtiger jaren is ondanks de aanpassingen in de negentiger jaren aan een grondige renovatie of totale vervanging toe. In samenhang met het terugdringen van diffuse verontreiniging en de verbeterde kwaliteit van het oppervlaktewater is het zinvol de restemissies van de rioolwaterzuiveringsinstallaties verder te reduceren. De nieuwe of gerenoveerde installaties moeten voldoen aan eisen op het gebied van duurzaamheid, ruimtelijke inpasbaarheid en kosteneffectiviteit.

Het BIOFIX-proces wordt gekenmerkt door een tweetal innovatieve elementen: het toepassen van biomassa op een afzeefbare drager en van nadenitrificatie met CZV uit afvalwater. Het dragermateriaal bestaat uit kunststof cilindertjes (uit gebruikte grondstoffen), dat met zeven afgescheiden en met schroeven getransporteerd wordt. Het BIOFIX-proces bestaat uit 7 processtappen en maakt gebruik van 3 slibsoorten. Deze stappen zijn achtereenvolgens zeven, bezinking, adsorptie van CZV, CZV-afbraak, nitrificatie, denitrificatie en filtratie (zonder recirculatie van water). De denitrificatie vindt plaats met biomassa op drager, die circuleert tussen de stappen adsorptie van CZV en denitrificatie. Ook binnen de stap CZV-verwijdering circuleert biomassa op drager tussen een anaëroob en een aëroob deel om de biologische fosfaatverwijdering zoveel mogelijk te stimuleren. Met de (vlokkings)filtratiestap worden zwevende stof en het restant fosfaat uit het effluent verwijderd. Doordat ook de CZV- en stikstofverwijdering vrijwel volledig is, heeft het effluent een uitstekende kwaliteit.

Op basis van een aantal uitgangspunten en dimensioneringsgrondslagen kan een massabalans worden opgesteld en een installatie voor 100.000 *i.e.* worden ontworpen. Het streven naar een geringe oppervlakte is bepalend voor reactorontwerp en ruimtelijke vormgeving van deze

BIOFIX-installatie. De processturing bij dit zuiveringsconcept is relatief eenvoudig en beperkt zich tot een eenvoudige zuurstofsturing bij CZV-afbraak en nitrificatie.

Ook bij afvalwater met een hoge CZV/N-verhouding is het BIOFIX-proces inzetbaar, terwijl de RWA/DWA-verhouding een relatief ondergeschikte rol speelt. Het energieverbruik is relatief laag. De investeringskosten en vooral de exploitatiekosten zijn lager dan bij conventionele systemen. Vooral door de reductie van de emissies naar water en lucht, het lage energieverbruik en het bescheiden hulpstoffenverbruik is het BIOFIX-proces een duurzame wijze van afvalwaterzuivering. BIOFIX heeft duidelijk de potenties om tegelijk te voldoen aan veel strengere eisen op het gebied van duurzaamheid, ruimtelijke inpasbaarheid en kosteneffectiviteit dan met de huidige conventionele installaties kan worden bereikt. Om deze pretenties te toetsen en nader te kwantificeren is onderzoek nodig. Een voorstel daarvoor is geformuleerd.

Wij schrijven 2014

Wij schrijven 2014. Het is precies 100 jaar geleden dat Ardern en Locket het aktiefslibproces hebben uitgevonden. Voorzover ik weet hebben ze daar nooit een standbeeld voor gekregen. Dat hadden ze wel verdiend; een proces uitvinden dat 100 jaar later nog steeds op ruime schaal wordt toegepast en aan alle nieuwe eisen kon worden aangepast, is dat wel waard.

Het is ook al weer bijna 20 jaar geleden dat de STOWA haar 25-jarig bestaan herdacht met een prijsvraag over "Waterbeheer in de toekomst". In die tijd zijn wij heel integraal gaan denken en we kunnen ons al bijna niet meer herinneren hoeveel moeite we daar in het begin mee hadden. Ook het begrip duurzaamheid moet omstreeks die tijd zijn intrede gedaan hebben. Merkwaardig eigenlijk dat nog steeds iedereen daar een andere uitleg aan geeft.

Het woord afvalwatersysteem werd toen bedacht en iedereen tegelijk was dat aan het optimaliseren. De verwachtingen waren hoog gespannen en tegenvallers zijn dan ook niet uitgebleven. De besparingen op het drinkwatergebruik bleven beperkt, het gebruik van regenwater voor toiletspoeling werd slechts sporadisch toegepast en het hergebruik van grijs water is ook al niet echt van de grond gekomen. Maar in alle nieuwbouwwijken worden wel regenwater en afvalwater gescheiden ingezameld, getransporteerd, behandeld en afgevoerd. En sneller dan destijds voor mogelijk werd gehouden is een begin gemaakt met het afkoppelen van verhard oppervlak in bestaand stedelijk gebied. Decentrale behandeling van regenwater wordt daarbij algemeen toegepast. Toch zijn

nieuwe en gerenoveerde rioolwaterzuiveringsinstallaties met een aanvoer van (minder dan) 2 DWA nog steeds in de minderheid; alles wat eenvoudig af te koppelen was, is afgekoppeld en de rest wordt steeds moeilijker.

Het oppervlaktewater was de grote winnaar. Door de reductie van de emissie van de riolering en de reductie die in de agrarische sector langzamerhand is bereikt, is de waterkwaliteit zowel in stedelijk als in landelijk gebied op de meeste plaatsen sterk verbeterd. Omdat ook het beleid om diffuse verontreiniging terug te dringen vruchten af begint te werpen, milieuvriendelijk bouwen algemeen is ingevoerd en bij nieuwe aanleg drinkwaterleidingen van kunststof de koperen leidingen zo goed als verdrongen hebben, is het nu ook zinvol geworden om de vervuilde waterbodems te saneren. Op veel plaatsen worden baggerberging en natuurbouw gecombineerd. De randen van deze gebieden worden voor recreatie ingericht. Water is in deze gebieden een belangrijk element. Ook in de steden wordt de aanwezigheid van water hoe langer hoe meer als bepalend voor de ruimtelijke kwaliteit aangemerkt.

Sinds zo'n 10 jaar geleden de meeste rioolwaterzuiveringsinstallaties aan de stikstofeisen zijn gaan voldoen, zijn verdere verscherpingen van de stikstofeisen tot nu toe uitgebleven. Ook de fosfaateis is niet verder aangescherpt omdat gebleken is dat het effect daarvan in termen van duurzaamheid niet op zou wegen tegen het verbruik van grondstoffen en de productie van reststoffen.

Ondanks, of misschien wel juist dankzij de positieve ontwikkeling van de oppervlaktewaterkwaliteit is langzamerhand de overtuiging aan het ontstaan, dat de restemissies van het afvalwatersysteem in de toekomst verder beperkt moeten worden en hoewel over het nut ervan de laatste jaren een felle discussie is gevoerd, wordt de filtratie van effluent toch hoe langer hoe meer geaccepteerd als een (laatste) zinvolle aanvulling van het zuiveringsproces. Het ziet ernaar uit, dat nieuwe rioolwaterzuiveringsinstallaties aan strengere eisen zullen moeten gaan voldoen dan de huidige generatie, die voor het overgrote deel nog uit de zeventiger en tachtiger jaren van de vorige eeuw dateren en ondanks de aanpassingen in of kort na de negentiger jaren binnenkort aan een grondige renovatie of totale vervanging toe zijn. Een prachtige gelegenheid om de zuivering van de toekomst nu te realiseren en het begrip duurzaamheid in de praktijk gestalte te geven.

De eisen waaraan de rioolwaterzuivering in 2014 zal moeten voldoen zijn lang niet allemaal nieuw:

- gering ruimtebeslag

zeker de rioolwaterzuiveringsinstallaties die in de loop van hun bestaan door stedelijke bebouwing zijn omringd of benaderd, leggen beslag op kostbare ruimte.

- ruimtelijke inpasbaarheid

- vestiging in of aan de rand van de stedelijke bebouwing moet mogelijk zijn, bij voorkeur in industriegebieden.
- laag energieverbruik
de belangrijkste energiebron, het aardgas, wordt in toenemende mate en tegen sterk stijgende prijzen uit het buitenland betrokken.
 - reductie van het verbruik van hulpstoffen
vooral het energieverbruik bij de productie van hulpstoffen noodzaakt tot beperking van het gebruik daarvan; doorgaans wordt daarmee ook de productie van reststoffen verminderd.
 - reductie van de reststoffenproductie
de tarieven voor het storten en verbranden van reststoffen worden binnenkort weer verhoogd.
 - geur- en geluidsemissies voorkomen
bestaande rioolwaterzuiveringsinstallaties worden in toenemende mate door stedelijk gebied benaderd of omsloten. Nieuwe installaties worden op industrieterreinen gevestigd. De aanwezigheid mag ook in de directe omgeving niet merkbaar zijn.
 - kosteneffectief
lang niet alle installaties die vervangen moeten worden zijn reeds volledig afgeschreven. De komende vervanging zal de licht dalende tendens in de tarieven ombuigen in een matig stijgende.

Terug naar het heden

Wanneer voor een bestaande rioolwaterzuiveringsinstallatie strengere eisen gaan gelden, en een installatie moet daarop aangepast worden, is het een natuurlijke reactie om uit te gaan van het bestaande (zonde om af te breken) en er iets anders bij te bedenken. Dat andere bestaat dan vaak uit een vergroting van reactoren (hoe groter hoe beter). Een voorbeeld daarvan is het verlagen van de slibbelasting. Wanneer de daarvoor benodigde ruimte als problematisch ervaren wordt, valt vaak de keuze op kleine reactoren en het gebruik van hulpstoffen en/of energie (hoe kleiner hoe duurder). Een voorbeeld hiervan is nageschakelde denitrificatie met methanol.

De maatschappelijke eisen die in de toekomst (die dus wel al lang begonnen is) verbonden zullen worden aan afvalwaterzuivering, vraagt een installatie die zich laat kenmerken door de begrippen duurzaam, ruimtelijk inpasbaar en kosteneffectief. Alhoewel het begrip duurzaamheid voor iedereen een andere lading lijkt te hebben, is de noodzaak tot beperking van het gebruik van grondstoffen en energie algemeen aanvaard.

De ruimtelijke inpasbaarheid speelt een steeds grotere rol. Zeker in de verstedelijkte omgeving is de ruimtenood groot. De milieuhinder voor

de omgeving wordt al lang niet meer als een vanzelfsprekendheid geaccepteerd en de eisen die aan andere takken van industrie gesteld worden gaan evenzeer op voor de afvalwaterzuivering.

Tenslotte, maar niet in de laatste plaats natuurlijk, de kosten. De tijd dat de samenleving bereid was diep in de beurs te tasten omdat het milieu er zo slecht aan toe zou zijn, ligt al weer enige tijd achter ons. Terecht stelt de samenleving eisen aan het nut en vindt een afweging plaats op welke gebieden het beschikbare geld moet worden ingezet. De opgave is dus om aan duurzaamheid, ruimtelijke inpasbaarheid en kosteneffectiviteit tegelijkertijd te voldoen.

Het is nog steeds zonde om af te breken, maar hoe groter hoe beter en hoe kleiner hoe duurder sporen niet met de eisen van duurzaamheid. Op die punten moet dus wat veranderen en omdat het moeilijk is echt iets nieuws te bedenken (in de meer dan 100 jaar afvalwaterzuiverings-technologie hebben niet echt veel grote technologische doorbraken plaatsgevonden en bezinking en biomassa schijnen het eeuwige leven te hebben) loont het om eens naar het verre en minder verre verleden te kijken en te zien wat er zo al bedacht en in onbruik geraakt is, en of dat misschien op de één of andere manier bruikbaar is. Shoppen dus in het heden en het verleden en op zoek naar de bouwstenen van die kleine, en goedkope installatie die het nog uitstekend doet ook!

Het BIOFIX-proces

BIOFIX, het zuiveringssysteem van de toekomst, is een combinatie van een aantal (aangepaste) bestaande bouwstenen in combinatie met een tweetal innovatieve elementen:

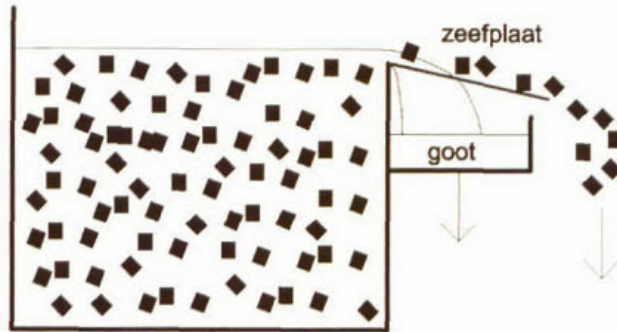
- het toepassen van biomassa op een afzefbaar dragermateriaal;
- het toepassen van nadenitrificatie met CZV uit afvalwater.

Biomassa op afzefbaar dragermateriaal

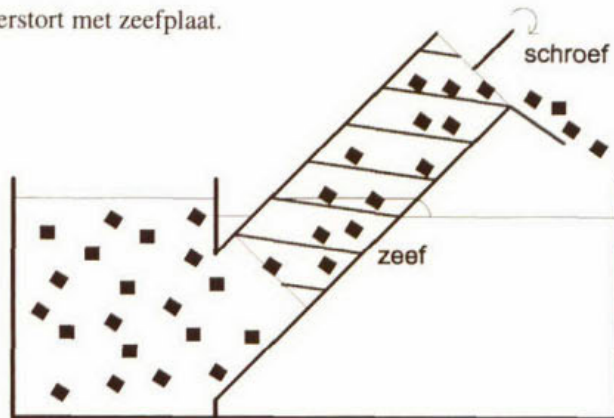
De naam BIOFIX geeft aan dat alle BIOmassa zich als FIXed film op een drager bevindt. Deze drager bestaat uit harde massieve kunststof cilindertjes met een diameter en een hoogte van ca 12 mm. Het materiaal heeft een dichtheid van ongeveer 1000 kg/m^3 , zodat de met biomassa begroeide cilindertjes ongeveer de dichtheid van water hebben en in het water blijven zweven. Daarnaast heeft het dragermateriaal goede hechtingsmogelijkheden voor de biomassa. Verder worden behalve de prijs nauwelijks eisen aan het dragermateriaal gesteld. Bij voorkeur dient gebruik te worden gemaakt van kringloopkunststof, bijvoorbeeld gebruikt polyethyleen (eventueel met toeslagstoffen om de juiste dichtheid te verkrijgen). Cilindertjes met een afmeting van 12 mm hebben een

oppervlak van 500 m^2 per m^3 materiaal. Met een volumepercentage van 25 tot 40% in de reactor wordt een specifiek oppervlak van 125 tot $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ reactor verkregen.

Door middel van roosters of zeven met openingen van ca 10 mm wordt het dragermateriaal van het water gescheiden. Dat kan op een groot aantal manieren plaatsvinden. Voorzover het dragermateriaal horizontaal of omhoog getransporteerd moet worden, wordt gebruik gemaakt van transportschroeven. De Figuren 7.1 en 7.2 geven hiervan voorbeelden. Wanneer de biomassa in dezelfde tank blijft, kan de scheiding plaatsvinden met een vaste zeefplaat met openingen van ca. 5 mm.



Figuur 7.1. Overstort met zeefplaat.



Figuur 7.2. Schroef met zeef.

Het verwijderen van het teveel aan biomassa van het dragermateriaal gebeurt door middel van wassen; een combinatie van mechanische krachten op een hoeveelheid dragermateriaal en spoelen met water, gevolgd door afzeven van de losgeraakte biomassa is op een groot aantal manieren te verwezenlijken.

Nadenitrificatie met CZV uit afvalwater

Het BIOFIX-proces bestaat uit 7 processtappen en maakt gebruik van 3 slibsoorten. Kenmerkend is het toepassen van nadenitrificatie met CZV uit het afvalwater. De CZV uit het afvalwater wordt door de biomassa op drager geadsorbeerd. De biomassa wordt afgescheiden en in de denitrificatietank gebracht. Na de denitrificatie wordt de biomassa afgescheiden en teruggevoerd naar het adsorptieproces.

De 7 stappen van het BIOFIX-proces zijn achtereenvolgens:

Stap 1. ZEVEN

Door middel van zeven worden alle grove delen uit het afvalwater verwijderd.

Stap 2. BEZINKING van primair slib en zand

In een bezinktank worden primair slib en zand afgescheiden. Ook de drijfslag wordt verwijderd.

Stap 3. ADSORPTIE van CZV aan biomassa op drager

In een tank worden afvalwater en biomassa op drager met elkaar in contact gebracht. Hierdoor adsorbeert een groot deel van de (colloïdaal) opgeloste CZV aan de biomassa. Biomassa en afvalwater worden gescheiden. Het afvalwater gaat door naar stap 4 en de biomassa naar stap 6.

Stap 4. CZV-AFBRAAK met biomassa op drager

In een anaërobe contacttank worden afvalwater en biomassa op drager met elkaar in contact gebracht om biologische fosfaatverwijdering te stimuleren. In een hoog belast belucht systeem wordt vervolgens het restant CZV vrijwel geheel geëlimineerd. De biomassa op drager wordt afgescheiden en na wassen teruggevoerd naar de anaërobe tank.

Stap 5. NITRIFICATIE met biomassa op drager

Het afvalwater wordt in een beluchte tank waarin zich biomassa op drager bevindt onder aërobe omstandigheden behandeld. De stikstof wordt omgezet in nitraat en ook het laatste beetje CZV wordt afgebroken. De biomassa op drager blijft in de tank en het water wordt via een zeefplaat afgevoerd.

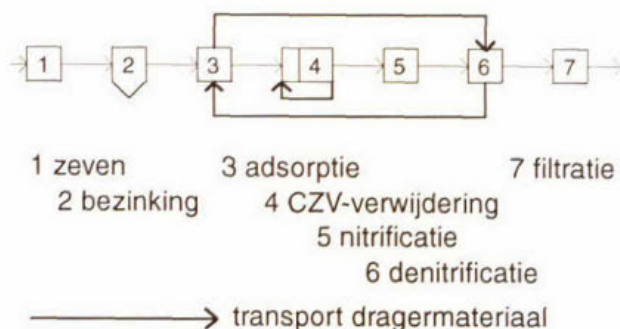
Stap 6. DENITRIFICATIE met biomassa op drager

Het water uit stap 5 en de in stap 3 afgescheiden biomassa worden met elkaar in contact gebracht. Met het nitraat wordt (een deel van) de geadsorbeerde CZV afgebroken. Het nitraat wordt daarbij gedenitrificeerd. Biomassa en water worden gescheiden, de biomassa (met het restant niet verwerkte CZV) wordt na wassen teruggevoerd naar stap 2.

STAP 7. FILTRATIE

Om een eventueel restant fosfaat te verwijderen wordt aan het water ijzerchloride en polymeer toegevoegd. Alle zwevende stof wordt in een continu gespeld opwaarts doorstroomd zandfilter verwijderd.

Het processchema is weergegeven in Figuur 7.3.



Figuur 7.3. Processchema BIOFIX

Nadere toelichting op en argumenten voor de keuze van deze configuratie van BIOFIX volgen hieronder:

Stap 1. ZEVEN

Door middel van roterende zeven met openingen van 3 mm, worden alle grove delen uit het afvalwater verwijderd. Het toepassen van een zeef met een zeer kleine doorlaat als eerste stap is noodzakelijk om de mechanische scheiding van betrekkelijk klein draggermateriaal zonder kans op storing door vervuiling te kunnen realiseren; deeltjes die de zeven gepasseerd zijn zullen in stap 7 terechtkomen en daar afgescheiden worden. Ook in de slibverwerking worden de voordelen van de vergaande verwijdering van grove delen benut.

Stap 2. BEZINKING van primair slib en zand

In een bezinktank bezinken primair slib en zand. In een nageschakelde zandwasser worden zand en primair slib gescheiden. Ook de drijfslag wordt verwijderd. De bezinking van primair slib heeft tot gevolg, dat er in principe minder CZV voor de denitrificatie ter beschikking is. Uit de massabalans blijkt, dat bij de gehanteerde uitgangspunten slechts ca. 34 % van de toegevoerde CZV voor denitrificatie gebruikt wordt, dus dat er ook met voorbezinking een flinke overmaat CZV voor denitrificatie aanwezig is. Omdat bezinking per kg verwijderde CZV minder energie vraagt en meer energie oplevert in de vorm van biogas is bezinking zinvol. Daarnaast kan ook de zand- en drijfslagverwijdering op eenvoudige wijze plaatsvinden.

Stap 3. ADSORPTIE van CZV aan biomassa op drager

De adsorptie van CZV aan biomassa verloopt zeer snel, korte contacttijden zijn dus mogelijk.

Stap 4. CZV-AFBRAAK met biomassa op drager

Met de anaërobe contacttank wordt met eveneens korte contacttijden de biologische fosfaatverwijdering gestimuleerd. Samen met de relatief hoge belasting in de aërobe fase wordt hierdoor naast een vrijwel volledige CZV-eliminatie ook een vergaande fosfaatreductie bereikt. De biomassa zal voornamelijk uit *Acinetobacter* en zuurstofverbruikende heterotrofe bacteriën bestaan. Het surplusslib wordt via het wassen verwijderd; het wassen moet zo grondig plaatsvinden, dat weinig tot geen biomassa in de anaërobe of aërobe fase loslaat en met het water naar de nitrificatiestap wordt afgevoerd.

Stap 5. NITRIFICATIE met biomassa op drager

De toevoer van CZV bestaat voor het overgrote deel uit inerte (niet biologisch afbreekbare) CZV. In deze stap bestaat de biomassa voornamelijk uit autotrofe bacteriën, zodat de nitrificatie goed zal verlopen. De benodigde kooldioxide wordt als reactieproduct uit de CZV-afbraak aangevoerd. Door de langzame groei is wassen niet noodzakelijk. De geringe hoeveelheid surplusslib wordt met het water afgevoerd naar de denitrificatiestap en daar door de biomassa ingevangen of wordt uiteindelijk in de filtratiestap verwijderd.

Stap 6. DENITRIFICATIE met biomassa op drager

De denitrificatie in deze stap vindt plaats door een biomassa die geheel bestaat uit gespecialiseerde heterotrofe bacteriën die nitraat als zuurstofbron gebruiken. Bovendien is er een overmaat CZV aanwezig, zodat het denitrificatieproces snel en volledig verloopt. De niet voor denitrificatie gebruikte geadsorbeerde CZV wordt met de biomassa weer teruggevoerd naar de adsorptiestap. Dan wordt ook het surplusslib verwijderd door wassen.

STAP 7. FILTRATIE

Het restant fosfaat en zwevende stof worden verwijderd door middel van vlokingsfiltratie.

Met het BIOFIX-proces wordt een kwalitatief uitstekend effluent geproduceerd met:

- droge stof < 5 mg/l
- totaal stikstof < 5 mg/l
- totaal fosfaat < 0.5 mg/l

Uitgangspunten en massabalans

Voor het BIOFIX-proces is een massabalans voor een afvalwaterzuiveringsinstallatie van 100.000 i.e. opgesteld. De

uitgangspunten voor de berekening hebben betrekking op de aanvoer, de fractieverdeling van de aangevoerde componenten en rendementgegevens voor de verschillende processtappen. Deze gegevens zijn vermeld in bijlage 7.1. Een aantal belangrijke uitgangspunten zijn tevens weergegeven in Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Uitgangspunten massabalans

aantal ie	100000
aanvoer m ³ /d	23000
DWA m ³ /h	1250
RWA m ³ /h	3750
CZV-vracht kg/d	13500
N-vracht kg/d	1200
P-vracht kg/d	200
CZV-eliminatie adsorptiestap %	34

Bij deze uitgangspunten neemt het adsorptiepercentage bij de adsorptiestap (en het daaruit resulterende eliminatiepercentage van de CZV-verwijdering van 34 %) een bijzondere plaats in. Het uitgangspunt voor het adsorptiepercentage wordt zodanig ingesteld, dat de vracht geoxydeerde CZV 2,86 maal zo groot is als de gedenitrificeerde vracht stikstof in de denitrificatiestap. De overige uitgangspunten zijn vaste waarden. De resulterende massabalans voor de verschillende componenten is weergegeven in bijlage 7.2.

Dimensionering

Met de gegevens uit de massabalans kan de dimensionering plaatsvinden. De belangrijkste dimensioneringsgrondslagen zijn vermeld in Tabel 7.2; de complete gegevens zijn vermeld in bijlage 7.3.

De BIOFIX-installatie

Slibverwerking

Het slibverwerkingsproces van een BIOFIX-installatie is betrekkelijk conventioneel. Het primaire slib uit de voorbezinking (na de zandverwijdering), het surplusslib van de biologische zuivering en het slib van de filtratie worden getransporteerd naar een hoogbelaste gravitatie-indikker met een korte slibverblijftijd. Naast indikking tot ca 1 % drogestof heeft deze indikker ook een zekere meng- en opslagfunctie.

Het slib wordt dan met behulp van mechanische indikking tot ca 6 % ingedikt en vervolgens anaëroob vergist. De mechanische ontwatering daarna vindt plaats zonder voorafgaande indikking.

Tabel 7.2. Dimensioneringsgrondslagen voor de BIOFIX-installatie

BEZINKING	
oppervlaktebelasting m/h	3
ADSORPTIE	
afmeting drager mm	12
contacttijd deni/contactt. adsorptie	6
volumepercentage drager	25
CZV-AFBRAAK	
afmeting drager mm	12
CZV-belasting kg/m ² .d	0,05
volumepercentage drager	25
NITRIFICATIE	
afmeting drager mm	12
volumepercentage drager	40
N-belasting kg/m ² .d	0,001
DENITRIFICATIE	
afmeting drager mm	12
volumepercentage drager	25
N-belasting kg/m ² .d	0,004
FILTRATIE	
oppervlaktebelasting RWA m/h	15

Luchtbehandeling

Alle procesonderdelen zijn voorzien van afdekking, luchtafzuiging en luchtbehandeling met biowassers. De behandelde lucht wordt deels gerecirculeerd via de beluchting en een deel van de behandelde lucht wordt afgevoerd als verbrandingslucht voor de ketels.

Reactorontwerp en ruimtelijke vormgeving

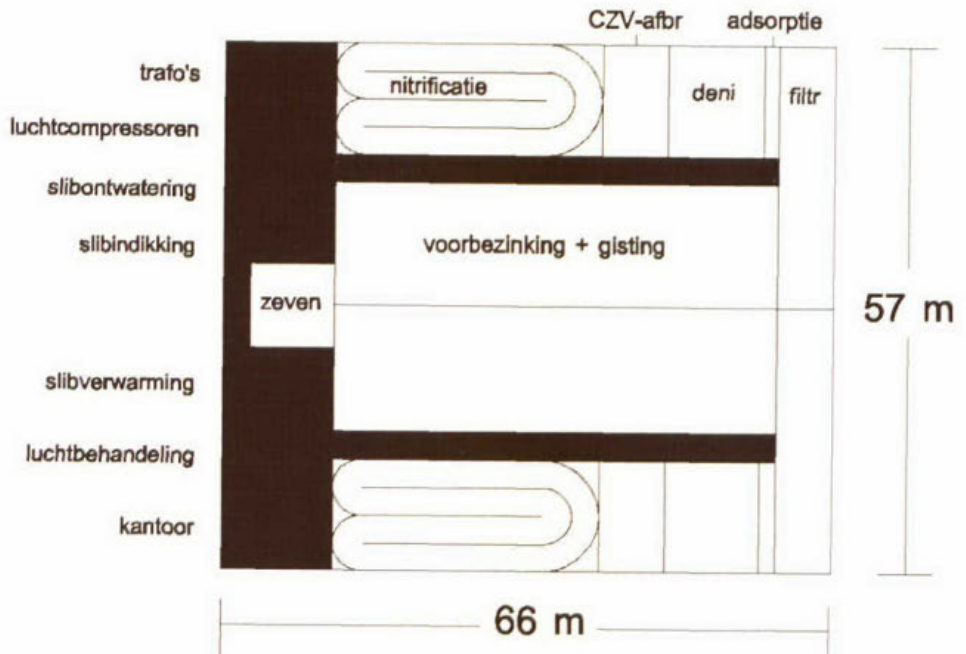
Voor het BIOFIX-proces kan op basis van de uitgangspunten en de dimensioneringsgrondslagen een afvalwaterzuiveringsinstallatie van 100.000 i.e. worden ontworpen. Bij ontwerp en dimensionering van de reactoren is, waar procestechnisch mogelijk, reeds rekening gehouden met de uiteindelijke ruimtelijke vormgeving. De afmetingen zijn weergegeven in bijlage 7.4.

De voorbezinktank is uitgevoerd als rechthoekige tank met kettingruimers. Alle reactoren waarin zich biomassa op drager bevindt zijn uitgevoerd als omloopsysteem met een (vrijwel) rechthoekige vorm; bij de smalle onderdelen (adsorptie en anaëroob deel van de CZV-afbraak) vindt de circulatie plaats in het verticale vlak, bij de overige

onderdelen in het horizontale vlak. In alle gevallen geschiedt de voortstuwing door langzaam lopende aggregaten met verticale as.

De gistingstank is onder de rechthoekige voorbezinktank gesitueerd en heeft dezelfde afmetingen. Ook deze tank is als omloopsysteem uitgevoerd; het circuleren vindt plaats met een buiten de tank geplaatste circulatiepomp. In dit rondpompcircuit wordt het verse slib toegevoerd en vindt ook de verwarming plaats. De overige (kleinere) procesonderdelen worden conventioneel uitgevoerd. Kabels en leidingen zijn ondergebracht in de (afgedekte) strook ter weerszijden van beide voorbezinktanks en daardoor goed bereikbaar voor inspectie en onderhoud.

Door toepassing van reactoren met een grotere diepte, de aangepaste vormgeving en de ongebruikelijke ruimtelijke rangschikking kan een zeer compacte configuratie worden verkregen. In Figuur 7.4 is daarvan een overzicht gegeven.



Figuur. 7.4. Lay-out van BIOFIX-installatie.

Uitgangspunt voor deze configuratie was een installatie op een industrieterrein met een maximale bouwhoogte van ca. 10 meter. De aanvoer van hulpstoffen en de afvoer van reststoffen vinden plaats aan de voorkant (de kant van de zeven). Deze kant grenst geheel aan de openbare weg. Omdat ook de achterkant aan de openbare weg grenst, is de gehele installatie bereikbaar voor takelwerkzaamheden. Desgewenst kan een groot deel van de afdekking (ca 0,25 ha) benut worden als parkeerterrein.



Proefinstallatie op de rwzi Houtrust. Gebruikt bij het onderzoek aan de nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen, dat beschreven is in STOWA-rapport 93-13.



Proefinstallaties op de rwzi Utrecht voor het strippen en precipiteren van ammoniak uit stikstofrijke retourstromen. Deze onderzoeken zijn beschreven in de STOWA-rapporten 95-8 tot en met 95-15.



Emissie van nutriënten en bestrijdingsmiddelen uit de landbouw. Vliegtuigbespuiting in de Flevopolders. Foto: RIZA



Natuurlijk waterbeheer in Waterschap Roer en Overmaas. Aanleg vismigratie in de Gulp met REGIWA-subsidie (STOWA-rapport 96-17) [Foto: S.P. Klapwijk]

Uiteraard is het BIOFIX-proces ook op een meer conventionele wijze te realiseren. Bij het aanpassen van bestaande installaties zal het gebruikmaken van reeds bestaande installatie-onderdelen (zoals voorbezinktanks en slibverwerking) voor de hand liggen. Het geheel zal, ook bij een flinke capaciteitsuitbreiding, binnen de bestaande terreingrenzen kunnen worden gerealiseerd. In hoeverre daarbij bestaande installaties kunnen worden omgebouwd en of zich uitvoeringstechnisch onoverkomelijke moeilijkheden voordoen, is afhankelijk van de locale situatie.

Processturing

De processturing van het BIOFIX-proces is relatief eenvoudig. Voor adsorptie en denitrificatie is geen processturing nodig zolang er meer CZV adsorbeert dan er bij de denitrificatie wordt verbruikt. Er wordt dan altijd een overmaat aan CZV naar de denitrificatie afgevoerd. Deze overmaat gaat (in geadsorbeerde vorm) weer terug naar de adsorptiestap en veroorzaakt daar minder adsorptie. Het deel van de CZV dat niet wordt geadsorbeerd gaat dan door naar de CZV-afbraak. Door de korte contacttijden (totaal 1,1 h voor CZV-afbraak en nitrificatie bij RWA en 3,5 h bij DWA) en het gekozen reactorconcept (omloopsysteem) lopen adsorptie en denitrificatie redelijk in de pas; bij een gemiddeld ruime overmaat van CZV is er daarnaast ook nog sprake van opslag van CZV in geadsorbeerde vorm.

De CZV-afbraak en nitrificatie worden gestuurd met een zuurstofelectrode in de omloopreactor. Het setpoint is een vast ingestelde waarde. De terugvoer van biomassa-op-drager loopt parallel met de wateraanvoer; alles wat afgescheiden is, wordt teruggevoerd (geen opslag of vertraging van de terugvoer). Het wassen van de biomassa-op-drager gebeurt met vast ingestelde parameters, die afhankelijk zijn van de wijze van wassen. In de toevoer naar de filtratie wordt continu het fosfaatgehalte gemeten; aan de hand daarvan vindt de dosering van de vlokmiddelen plaats. Filtratie en slibverwerking worden op de gebruikelijke wijze geregeld.

Een nadere blik op

De plaats van BIOFIX tussen de andere systemen

In vergelijking met de gebruikelijke uitvoeringen van systemen met een vaste biofilm enerzijds en actiefslib anderzijds bevindt BIOFIX zich daar tussen in. Bij de systemen met een vaste biofilm vindt de separatie tussen de biofilm en het behandelde water plaats in de reactor. In de praktijk wordt het toepassen van een hoge biologische belasting in combinatie met een kleine reactor (hoog specifiek oppervlak dragermateriaal per m^3 reactor) bemoeilijkt door verstopping tengevolge van de aangroei van biomassa. Bij het actiefslibproces beperkt de noodzakelijke (ook nog sterk door het debiet bepaalde) nabezinking hoge biomassaconcentraties en het toepassen van meerdere (gespecialiseerde) slibsoorten. Bij BIOFIX wordt het specifiek oppervlak van het dragermateriaal per m^3 reactor bepaald door de afmetingen daarvan. Hoe kleiner de afmeting, hoe groter het specifiek oppervlak en hoe kleiner de reactor en het dragertransport, maar de doorlaat van de zeven in stap 1 en de doorlaat bij de afscheiding van de biomassa op drager na de stappen 3, 4 en 6 moeten dan kleiner gekozen worden. De reactor kan verkleind worden door de keuze van een hoger volumepercentage drager in de reactor; dit betekent dan wel een groter dragertransport en een kortere contacttijd.

De CZV/N-verhouding

BIOFIX is inzetbaar over een groot gebied van CZV/N-verhoudingen. Bij de gekozen uitgangspunten kan tot een stikstofbelasting van 2200 kg/d (dit is ruim 1,8 maal de normale stikstofbelasting) de denitrificatie plaats vinden met geadsorbeerde CZV. De CZV-verwijdering over adsorptie/denitrificatie bedraagt dan 60 %. Deze waarde is met betrekkelijk hoog belaste systemen nog te bereiken. Wanneer de CZV-hoeveelheid niet toereikend is, kan eventueel additioneel methanol gedoseerd worden in de adsorptiestap. De procesregeling wordt dan aanzienlijk gecompliceerder; het risico van een hoge CZV-waarde in het effluent tengevolge van overdosering van methanol is door de adsorptie bij BIOFIX niet aanwezig.

De RWA/DWA-verhouding

In het BIOFIX-proces speelt het maximale debiet in de stappen 1, 2 en 7 een rol. De invloed van de RWA/DWA-verhouding is dan ook beperkt. Van de stappen 2 t/m 7 is het totaal aantal m^3 tankinhoud van een 2-DWA-installatie slechts 11 % kleiner dan een 3-DWA-installatie, van een 1-DWA-installatie slechts 22 %.

Het energieverbruik

Het energieverbruik van de waterbehandeling bestaat voornamelijk uit:

- verpompen van afvalwater
Het verhang in de installatie is relatief gering, daardoor blijft het energieverbruik ook laag.
- beluchten ten behoeve van CZV-afbraak en nitrificatie
De beluchting vraagt relatief weinig energie doordat de CZV-afbraak hoog belast is en gebruik gemaakt wordt van bellenbeluchting in omloopsystemen (zuurstofinbrengrendement ca 3 kg/kWh). Het benodigde vermogen is 70 kW.
- voortstuwing van de omloopreactoren
Uitgaande van een vermogen van 4 W/m³ voor alle omloopsystemen is het benodigde vermogen in totaal 24 kW.
- dragertransport
Het transport van dragermateriaal is direct gekoppeld aan het debiet. Bij RWA wordt 2250 m³/h getransporteerd (0,6 x RWA), bij DWA 800 m³/h (0,21 x RWA) en bij nog lagere debieten evenredig minder. Gemiddeld over een dag wordt 575 m³/h getransporteerd. Vergeleken met het verpompen van retourslib bij het actiefslibproces zijn dit geringe hoeveelheden bij vergelijkbare of geringere opvoerhoogten.
- wassen
Het energieverbruik is afhankelijk van de wijze en de intensiteit van het wassen; het zal een ondergeschikte rol spelen.
- spoelen van de filters
Ten opzichte van de conventionele zuiveringssystemen kost het spoelen van de filters voor de vlokingsfiltratie extra energie.

In conventionele zeer laag belaste actiefslib-systemen wordt een groot deel van de beluchtingsenergie gebruikt voor de endogene ademhaling. Verwacht mag worden dat het BIOFIX-proces een aanzienlijk lager energieverbruik heeft.

De kosten

Een BIOFIX-installatie kan op een klein terrein worden gerealiseerd. Dit kan door de volledige afdekking en luchtbehandeling volledig worden benut. De grondkosten blijven daardoor laag. Afgemeten aan de totaal te realiseren reactorinhoud zullen de bouwkundige kosten, ondanks de hogere kosten per m³ vanwege het grote aantal kleine reactoren en de deels gestapelde constructies, lager zijn dan normaal. Tegenover de besparing op de kosten voor electromechanische apparatuur in verband

met de afwezigheid van ruimerbruggen en retourslibpompen voor de nabezinking staan de kosten voor installaties voor voortstuwing, dragertransport, wasinstallaties en filtratie; de kosten zullen niet veel lager of hoger zijn dan normaal. De kosten voor procesbesturing zullen daarentegen weer een gunstig beeld te zien geven.

De kosten voor het dragermateriaal zullen, gebaseerd op de prijs van hergebruikt polyethyleen, naar schatting in de orde van *f* 1000,- per ton bedragen. Dit betekent extra kosten van 1,9 miljoen ofwel 19,- per i.e.. Al met al zullen de investeringen bij een BIOFIX-installatie (iets) lager zijn dan bij een gebruikelijke actiefslibinstallatie.

De exploitatiekosten worden naast de kapitaalslasten in belangrijke mate vooral bepaald door de kosten voor:

- energieverbruik
- hulpstoffen
- reststoffen
- effluentlozing
- personeel

Het totaal van deze kosten zal bij een BIOFIX-installatie belangrijk lager uitvallen dan bij een conventionele installatie. De lagere personeelskosten hangen vooral samen met de geringe aandacht die voor de procesvoering nodig is (o.a. monsternamen en analyse).

De duurzaamheid van BIOFIX

Het BIOFIX-proces is een relatief duurzame wijze van afvalwaterzuivering:

- emissies

Door de vergaande fosfaat- en stikstofverwijdering en de filtratie zijn de emissies naar oppervlaktewater van zuurstofbindende stoffen en nutrinten zeer laag. Dankzij de volledige afdekking en de luchtbehandeling geldt dit ook voor de emissies naar de lucht.

- energieverbruik

In vergelijking met conventionele zeer laag belaste actiefslibsystemen heeft het BIOFIX-proces een laag energieverbruik.

- hulpstoffenverbruik

Doordat voor de denitrificatie uitsluitend gebruik gemaakt wordt van de CZV die zich in het afvalwater bevindt, hoeft geen methanol gebruikt te worden. De gedeeltelijke biologische fosfaatverwijdering in combinatie met de vlokkingfiltratie reduceert het gebruik van ijzerzouten.

- energieproductie

Doordat de zuurstofbindende stoffen in hoogbelaste systemen worden verwijderd zal bij het gistingsproces veel gas geproduceerd worden.

Een eventuele remming van de gasproductie door ijzerzouten zal door het geringe gebruik daarvan beperkt blijven. Het gevormde gas zal wel zwavelarm zijn.

- reststoffenproductie

Het gebruik van zeven met een kleine doorlaat heeft tot gevolg dat de roostergoedhoeveelheden relatief groot zijn. Daardoor en door het geringe verbruik van hulpstoffen en de goede gisting zal, ondanks de hoge belasting bij de verwijdering van CZV, de slibproductie lager kunnen zijn.

- ruimtebeslag

Bij volledige nieuwbouw wordt een minimaal beslag gelegd op schaarse ruimte. Bij renovatie van bestaande installaties kan binnen de bestaande begrenzing capaciteitsuitbreiding worden gerealiseerd.

Onderzoek

Het BIOFIX-proces en de daarmee ontwikkelde BIOFIX-installatie is gebaseerd op een groot aantal veronderstellingen. De belangrijkste veronderstelling is 'dat het werkt'. Dat het zou kunnen werken en misschien wel dat het zou kunnen werken zoals het hier beschreven is, kan ontleend worden aan aanwijzingen uit de literatuur. Het ging daarbij dan altijd over zaken die slechts zijdelings verband houden met het BIOFIX-proces als geheel. Voor het vaststellen of het werkt en hoe het werkt is dus nog veel onderzoek noodzakelijk. Dit onderzoek zal zich in eerste instantie moeten richten op het dragermateriaal, de meest essentiële van de twee innovatieve elementen van het BIOFIX-proces. Een onderbouwd oordeel over de procesvariabelen van het BIOFIX-proces kan worden gegeven na een onderzoek op semi-technische schaal. Literatuuronderzoek vooraf zal zich beperken tot een oriëntatie op enkele bijzondere aspecten, zoals bijvoorbeeld hechting van biomassa aan verschillende soorten kunststof. Tenslotte zullen aan de hand van een ontwerp de voordelen van een BIOFIX-installatie worden beoordeeld in vergelijking met een conventionele installatie.

Onderzoek dragermateriaal

De belangrijkste eisen die aan het dragermateriaal gesteld worden zijn:

- hechtingsmogelijkheden voor de biomassa
- dichtheid van de drager met biofilm
- slijtvastheid van de drager
- prijs

Het selecteren van de (liefst gebruikte) kunststofsoort en eventueel de wijze van productie en aanvullende behandeling, kan het beste geschieden

in een samenwerkingsverband met een leverancier of een onderzoeksinstituut op dit gebied. Een eerste selectie gebeurt op grond van de laatste drie criteria. Het uittesten van de hechting van biomassa bij de verschillende slibsoorten kan gebeuren op laboratoriumschaal (100-200 l). In het verlengde daarvan kan een oriënterend onderzoek naar enkele methoden van wassen van het dragermateriaal (sproeien, roeren, borstelen) worden uitgevoerd en zal een eerste indruk ontstaan van de eigenschappen van het geproduceerde slib.

Bij de keuze van installaties voor het afscheiden van het dragermateriaal zijn van belang:

- het energieverbruik voor het opvoeren van het dragermateriaal en ten behoeve van het noodzakelijke verhang tussen de verschillende reactoren;
- kosten, ruimtebeslag en bedrijfszekerheid (o.a. verstopping) van de installaties voor afscheiden en opvoeren.

Het ontwikkelen van de alternatieven en het maken van een keuze daaruit kan het beste gebeuren in een samenwerkingsverband met een leverancier van apparatuur op dit gebied.

Semi-technisch onderzoek BIOFIX

De belangrijkste doelstelling van het semi-technisch onderzoek is het vaststellen van de procesvariabelen die bepalend zijn voor het proces, de massabalans, de dimensionering, de prestaties en de kosten van het BIOFIX-proces. Het onderzoek zal worden uitgevoerd onder omstandigheden die voor Nederland typerend zijn. Vergaande optimalisering van het BIOFIX-proces behoort niet tot het onderzoeksprogramma; ook het bepalen van de invloed van afvalwatersamenstelling, concentraties, contacttijden en temperatuur op de procesvariabelen zijn geen doel op zich.

Dit onderzoek op semi-technische schaal richt zich op de stappen 3 (adsorptie) t/m 6 (denitrificatie) en wordt uitgevoerd in een installatie voor 100 i.e.. De kleinste reactor is 0,2 m³ (adsorptie), de grootste is 3,3 m³ (nitrificatie). Het RWA-debiet is 3,75 m³/h, het DWA-debiet is 1,25 m³/h. Bij deze schaal kan voor het dragermateriaal schaal 1:1 gekozen worden; in totaal is 1900 kg dragermateriaal nodig. De gekozen manier(en) van afscheiden en wassen van het dragermateriaal kunnen dan (in het klein) uitgetest en voorzover nodig aangepast worden. Tevens wordt dan een vrij goede indruk van de kwaliteit van het geproduceerde slib verkregen.

Het onderzoek kan het beste worden uitgevoerd op een rioolwaterzuiveringsinstallatie die reeds voldoet aan de eisen voor

stikstof- en fosfaatverwijdering; de resultaten kunnen dan worden vergeleken.

Ontwerp BIOFIX-installatie

Op basis van de resultaten van het semi-technisch onderzoek zal een gedetailleerd ontwerp van een BIOFIX-installatie worden gemaakt. De kosten voor investering en exploitatie worden geraamd. Aan de hand daarvan zal worden beoordeeld of en in hoeverre een BIOFIX-installatie in vergelijking met een conventionele actiefslibinstallatie voordelen biedt op het gebied van duurzaamheid, kosten en ruimtebeslag.

Evaluatie

BIOFIX heeft een aantal kenmerken van zowel actiefslib als van slib-opdrager. Het afzeven van het dragermateriaal komt in de plaats van de nabezinktank. De bijbehorende problematiek van slecht functioneren van de nabezinktank bij hoge hydraulische belasting en de gevoeligheid voor een al dan niet met stikstofverwijdering samenhangende hoge SVI, behoort daarmee tot het verleden. Ook het belangrijkste bezwaar van slib op drager in hoogbelaste systemen, het verstopen van vast gemonteerd dragermateriaal door de sterke groei van de (heterotrofe) bacteriën, wordt bij BIOFIX vermeden. Daarvoor in de plaats komt het dragermateriaal, dat afgescheiden en gewassen moet worden. Speciale technieken daarvoor bestaan nog niet. Gezien de verwantschap met reeds bestaande methoden van mechanische zuivering van afvalwater mag verwacht worden dat goede oplossingen mogelijk zijn. Het vermogen van biomassa om zich te hechten aan zeer uiteenlopende materialen geeft aan dat zich ook op dit gebied geen onoverkomelijke moeilijkheden zullen voordoen.

De opgave is om aan *duurzaamheid, ruimtelijke inpasbaarheid en kosteneffectiviteit* tegelijkertijd te voldoen. Vergeleken met het conventionele laagbelaste actiefslibstelsel is BIOFIX duidelijk beter bij alle factoren die bepalend zijn voor de duurzaamheid. De ruimtelijke inpasbaarheid is, zeker voor nieuwe installaties, zeer veel beter; een BIOFIX-installatie neemt genoeg met slechts 20% van de ruimte voor een laagbelaste actiefslibinstallatie. Ook aanpassen van bestaande installaties komt daardoor vaker binnen bereik. Tenslotte zijn ook de investeringskosten en vooral de exploitatiekosten lager.

De sleutel voor het succes op al deze punten is de logische rangschikking van de deelprocessen, die een goede omzetting in alle onderdelen van het geheel mogelijk maakt bij een hoge belasting in

combinatie met het uitbuiten van de technische en ruimtelijke mogelijkheden die dit concept biedt.

Verantwoording

Eén van de twee innovatieve elementen van het BIOFIX-proces, het toepassen van geadsorbeerde CZV uit afvalwater voor de denitrificatie, is afkomstig van Carin Sieker, die daaraan op de Technische Universität Berlin onderzoek doet. Haar persoonlijke mededelingen daarover in september 1994 zijn de aanzet geweest voor het ontwikkelen van het BIOFIX-proces. De STOWA-prijsvraag heeft dit nog eens extra gestimuleerd.

BIJLAGE 7.1. UITGANGSPUNTEN MASSABALANS

AANVOER	
Aantal i.e.	100000
Aanvoer m ³ /d	23000
DWA m ³ /h	1250
RWA m ³ /h	3750
CZV-vracht kg/d	13500
N-vracht kg/d	1200
P-vracht kg/d	200
ONDERVERDELING CZV, N en P	
CZV inert opgelost Si %	7
CZV inert gesusp Xi %	15
CZV langz afbr gesusp Xs %	33
CZV snel afbr opgelost Ss %	25
CZV heterotr act biomassa Xbh %	20
N ammonium Snh %	50
N opgelost afbr Snd %	25
N gesusp afbr Xnd %	25
P opgelost %	60
P gesuspendeerd %	40
BEZINKING	
Bezinkbaar % van gesusp	50
Rendement bezinking %	90
Slib kg ds/kg CZV verw	1
ADSORPTIE	
Adsorbeerbaar % van gesusp	50
Adsorptie % van adsorbeerb	54,8
Spuislib kg ds/kg CZV verw	0,50
Zuurstofverbruik kg/kg CZV verw	0,50
P-gehalte spuislib %	2
CZV AFBRAAK	
Adsorbeerbaar % van gesusp	90
Afbraak % van adsorbeerb	80
Spuislib kg ds/kg CZV verw	0,50
Zuurstofverbruik kg/kg CZV verw	0,50
P-gehalte spuislib %	4
NITRIFICATIE	
Rendement afbreekb CZV %	95
Rendement nitrificeerbare N %	95
Spuislib kg ds/kg CZV verw	0,40
DENITRIFICATIE	
Rendement denitrificatie %	90
FILTRATIE	
Tot-P concentratie effluent mg/l	0,5
SLIBINDIKKING	
Ingedikt slib (grav) ds %	1
Ingedikt slib (mech) ds %	6
SLIBGISTING	
Eliminatie ds %	50
SLIBONTWATERING	
Ontwaterd slib ds %	28

BIJLAGE 7.2. MASSABALANS

AANVOER NAAR	CZV kg/d	kj-N kg/d	NO ₃ -N kg/d	tot-P kg/d
bezinking	13500	1200		200
adsorptie	9369	1065		164
CZV-afbr	6136	855		116
nitrif	2276	661		21
deni	1227	33	628	21
filtratie	1227	33	63	21
effluent	1227	33	63	12
VERWIJDERING	CZV	kj-N	NO₃-N	tot-P
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
bezinking	4131	135	0	36
adsorptie	3233	210	0	48
CZV-afbr	3860	195	0	95
nitrif	1050	0	0	0
deni	0	0	565	0
filtratie	0	0	0	10
totaal	12273	539	565	189
CONC IN TOEVOER	CZV	kj-N	NO₃-N	tot-P
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
bezinking	587	52	0	8,7
adsorptie	407	46	0	7,1
CZV-afbr	267	37	0	5,1
nitrif	99	29	0	0,9
deni	53	1,4	27	0,9
filtratie	53	1,4	2,7	0,9
effluent	53	1,4	2,7	0,5

BIJLAGE 7.3. DIMENSIONERING

De *cursief* weergegeven gegevens zijn de dimensioneringsgrondslagen; de overige gegevens vloeien daaruit voort.

BEZINKING	
<i>oppervlaktebelasting m/h</i>	3
<i>diepte m</i>	3
verblijftijd h	1
tot inhoud bezinktanks	3750
tot oppervlakte m ²	1250
ADSORPTIE	
<i>afmeting drager mm</i>	12
<i>CZV-belasting maximaal kg/m².d</i>	0,125
<i>contacttijd deni/adsorptie</i>	6
<i>volumepercentage drager</i>	25
opp drager m ² obv NO ₃ -N	183058
volume drager m ³	366
CZV belasting werkelijk kg/m ² .d	0,051
vol drager in ads tank m ³	52
tot inhoud ads tanks m ³	209
contacttijd h	0,04
dragertransport m ³ /h	1250
CZV-AFBRAAK	
<i>afmeting drager mm</i>	12
<i>CZV-belasting kg/m².d</i>	0,05
<i>volumepercentage drager</i>	25
opp drager m ² obv CZV	122721
volume drager m ³	245
tot inhoud afbraaktanks m ³	982
contacttijd h	0,25
dragertransport m ³ /h	999
NITRIFICATIE	
<i>afmeting drager mm</i>	12
<i>volumepercentage drager</i>	40
<i>N-belasting kg/m².d</i>	0,001
opp drager m ² obv N	660661
volume drager m ³	1321
tot inhoud nitr tank m ³	3303
contacttijd h	0,88

BIJLAGE 7.3. DIMENSIONERING (vervolg)

DENITRIFICATIE	
<i>afmeting drager mm</i>	12
<i>volumepercentage drager</i>	25
<i>N-belasting kg/m²·d</i>	0,004
opp drager m ² obv NO ₃ -N	183058
volume drager m ³	366
dragertransport m ³ /h	1250
contacttijd h	0,25
tot inhoud deni-tanks m ³	1255
FILTRATIE	
<i>oppervlaktebelasting RWA m/h</i>	15
tot inhoud m ³	1000
tot oppervlakte m ²	250
SLIBDIKKING GRAVITATIE	
<i>ds oppervlaktebelasting kg/d</i>	200
<i>max hydr oppervlaktebel m/h</i>	3
<i>hoogte m</i>	3
<i>slibhoogte m</i>	1
slibverblijftijd h	1,2
SLIBGISTING	
<i>verblijftijd d</i>	20
totale inhoud m ³	2699

BIJLAGE 7.4. AFMETINGEN

De afmetingen zijn per eenheid; alle eenheden worden twee maal uitgevoerd.

BEZINKING	
diepte m	3
lengte m	46,8
breedte m	13,4
ADSORPTIE	
diepte tank m	6,3
lengte tank m	12
breedte tank m	1,4
CZV-AFBRAAK	
diepte tank m	5,8
lengte tank m	12
breedte tank m	7
NITRIFICATIE	
diepte tank m	5,3
breedte tank m	12
lengte tank (afgerond) m	29
DENITRIFICATIE	
diepte tank m	5
lengte tank m	12
breedte tank m	10,5
FILTRATIE	
filterafmeting vierkant m	2,5
diepte filters m	4
aantal filters	40
tot oppervlakte m ²	250
SLIBDIKKING GRAVITATIE	
hoogte m	3
diameter m	5,1
SLIBGISTING	
oppervlakte m ²	1250
diepte m	1,10

8. Het 3D-schakelsysteem: van twee-sporenbeleid naar driesporenbeleid; ecotechnologisch van randverschijnsel naar centrumpositie

dr. T.H.L. Claassen
Waterschap Friesland

Samenvatting

In het kader van een STOWA-prijsvraag 'Waterbeheer in de toekomst', waarbij gevraagd is naar nieuwe visies voor het water- en zuiveringsbeheer, wordt een voorstel gedaan een derde spoor in het waterbeheer in te voeren. Naast het emissie- en waterkwaliteitsspoor wordt hier een voorstel gedaan het "rest-reinigingsspoor" te introduceren. Dat bespaart geld in verdere optimalisatie en vervolmaking van vooral het emissiespoor en in mindere mate ook van het waterkwaliteitsspoor. Van geval tot geval is efficiënt en effectief maatwerk mogelijk om de restlozingen te reduceren en/of te elimineren, met kennis van technologie en ecologie. Hiervoor wordt fysiek ruimte benut, waar noch de (streng) emissie-eisen, noch de (streng) waterkwaliteitsnormen gelden, en waar ruimte wordt geboden aan ecotechnologische inzet en oplossingen voor de sanering van overgebleven lozingen, voordat die het verdere oppervlaktewater bereiken.

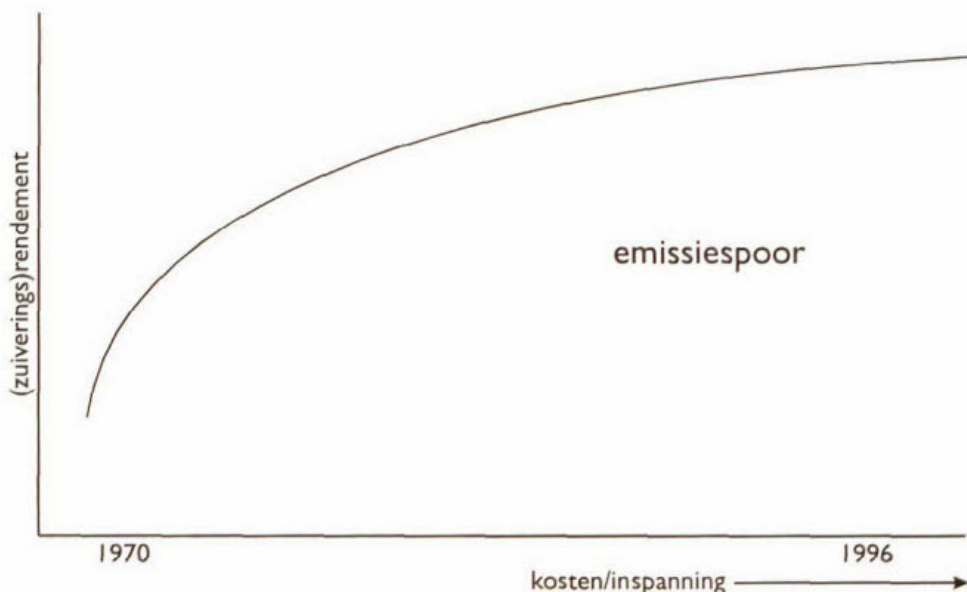
Inleiding

Het waterkwaliteitsbeheer in ons land kreeg 25 jaren geleden, bij het van kracht worden van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, een enorme stimulans. Daarbij kreeg aanvankelijk het zuiveringsbeheer, vanuit de gedachte emissies te beperken, de volle aandacht. Ruim tien jaren later, bij de vaststelling van het 2e IMP-Water (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1981) werd naast het emissiespoor het waterkwaliteitsspoor verankerd in het waterkwaliteitsbeheer. Dit laatste spoor berustte vooral op het behalen van waterkwaliteitsnormen voor oppervlaktewateren. Nadien, vanaf eind '80-er jaren, zijn herstelprojecten aan dit tweede spoor toegevoegd. Beide sporen zijn ten volle ontwikkeld, volwassen en hebben ieder nog steeds een wezenlijk aandeel in het waterkwaliteitsbeheer. In feite vormen beide sporen samen hét hedendaagse waterkwaliteitsbeheer in ons land. Beide sporen worden

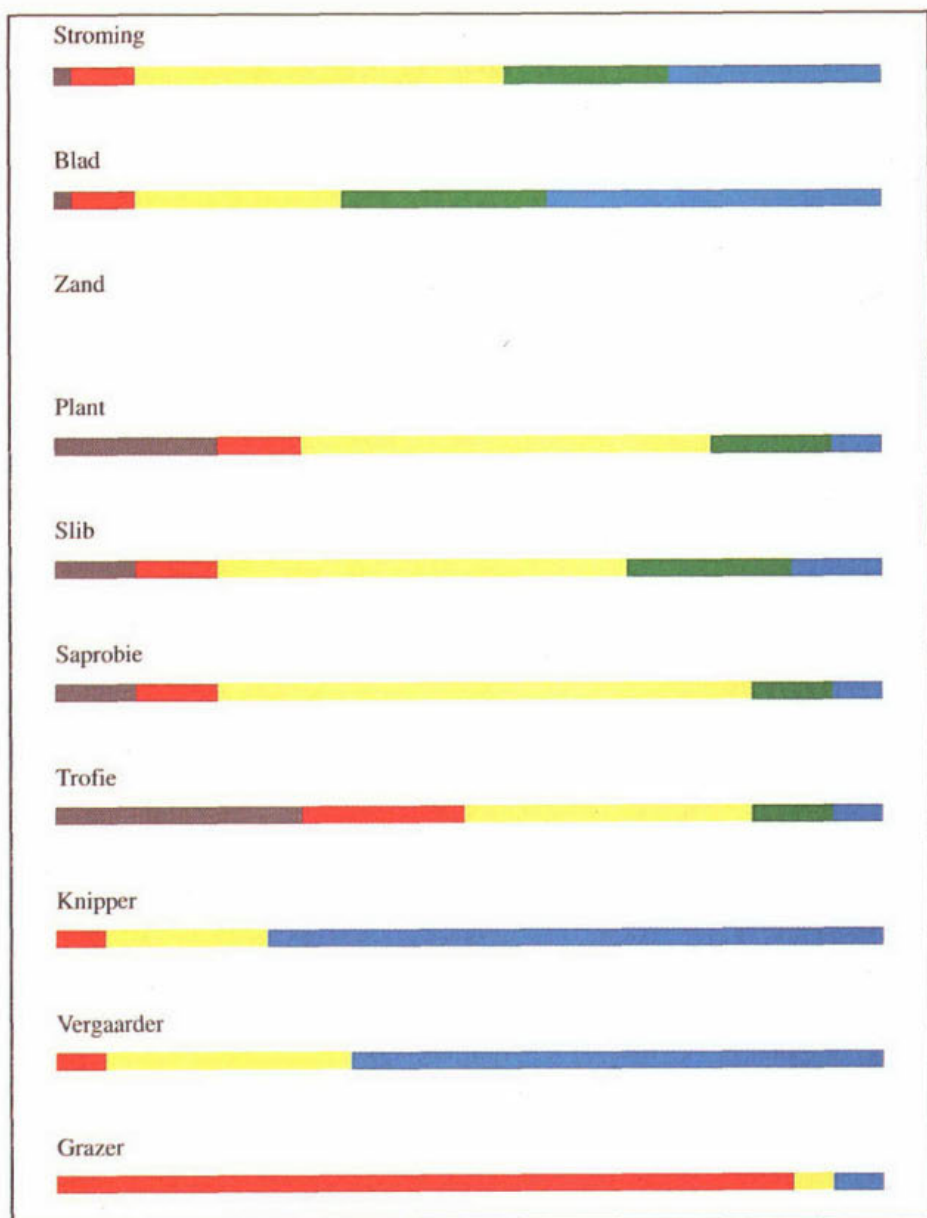
echter nog vrij losstaand van elkaar bekeken en gepraktiseerd. De huidige problemen bij het water(kwaliteits)beheer manifesteren zich juist voor een belangrijk deel aan de randen van (de mogelijkheden van) beide sporen. Dat geldt zowel in maatschappelijk-financieel opzicht, als in termen van milieurendement. Voorgesteld wordt een derde spoor in het water(kwaliteits)beheer te formaliseren, waarbij beide traditionele sporen worden verbonden en waarmee een aantal van de huidige waterkwaliteitsproblemen inventief en effectief kunnen worden aangepakt. Dit derde spoor dient een volwaardige en geaccepteerde plaats te krijgen bij het verdere waterbeheer in ons land. Hier wordt een pleidooi gehouden dit derde spoor beleidsmatig mogelijk te maken en praktisch uit te werken: een (schakel)systeem tussen het emissie- en zuiveringssysteem aan de ene kant en het (oppervlakte)watersysteem aan de andere kant.

De huidige situatie

Zuiveringsbeheer, emissiereductie en bronbestrijding hebben hun sporen in het waterkwaliteitsbeheer meer dan verdiend. Nog steeds is dit emissiespoor de basis voor de betere waterkwaliteit in onze oppervlaktewateren (de Wit, 1996) en de reden van het vrijwel tot het verleden behoren van grote en zichtbare knelpunten van een slechte waterkwaliteit, zoals massale vissterften of stankproblemen. Naarmate



Figuur 8.1. De relatie tussen (zuiverings)rendement enerzijds en de kosten daarvan anderzijds.



Legenda:

- : beneden laagste kwaliteitsniveau
- : laagste kwaliteitsniveau
- : middelste kwaliteitsniveau
- : bijna hoogste kwaliteitsniveau
- : hoogste kwaliteitsniveau

Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Toetsingskaart voor de laaglandserie middenlopen van beken (STOWA-rapport 92-07)

© **EBEOSWA**

Ecologisch beoordelingssysteem
voor stromende wateren

stowa

© **EcoMeer**

Ecologisch beoordelingssysteem
voor meren en plassen

stowa

© **EBEOSLO**

Ecologisch beoordelingssysteem
voor sloten

stowa

© **EBEOKAN**

Ecologisch beoordelingssysteem
voor kanalen

stowa

© **EBEOGAT**

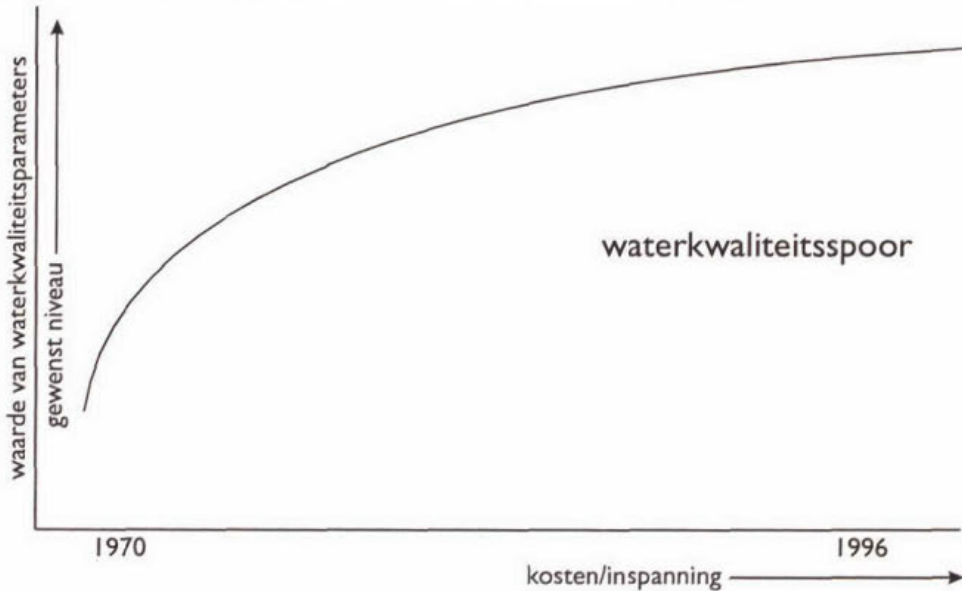
Ecologisch beoordelingssysteem
voor zand-, grind- en kleigaten

stowa

Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. In opdracht van STOWA ontwikkelde programmatuur voor de toetsing van de ecologische waterkwaliteit van een aantal watertypen

verdere inspanningen nodig zijn, worden de kosten echter onevenredig hoger. Hier wordt een limiet bereikt van wat maatschappelijk en financieel nog haalbaar is, afgezet tegen een verder milieurendement. In Figuur 8.1 is dit schematisch weergegeven.

Het waterkwaliteitsspoor heeft zich vooral vertaald in normering voor oppervlaktewaterkwaliteit en in (grootschalige, gehele ecosystemen omvattende) herstelprojecten. Ook hier zijn de grenzen in zicht van wat technisch, financieel en maatschappelijk haalbaar is bij een gewenst milieurendement. In Figuur 8.2 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 8.2. De relatie tussen inspanningen de waterkwaliteit (verder) te verbeteren enerzijds en de kosten daarvan anderzijds.

Problemen die zich momenteel voordoen liggen op de randen van zowel het traditionele zuiveringsbeheer i.c. de emissiebenadering, als van de huidige waterkwaliteitsaanpak. Nabij die randen wordt ook naar oplossingen van een groot aantal rest-problemen gezocht. Dit kan in vragende vorm met een aantal voorbeelden worden toegelicht.

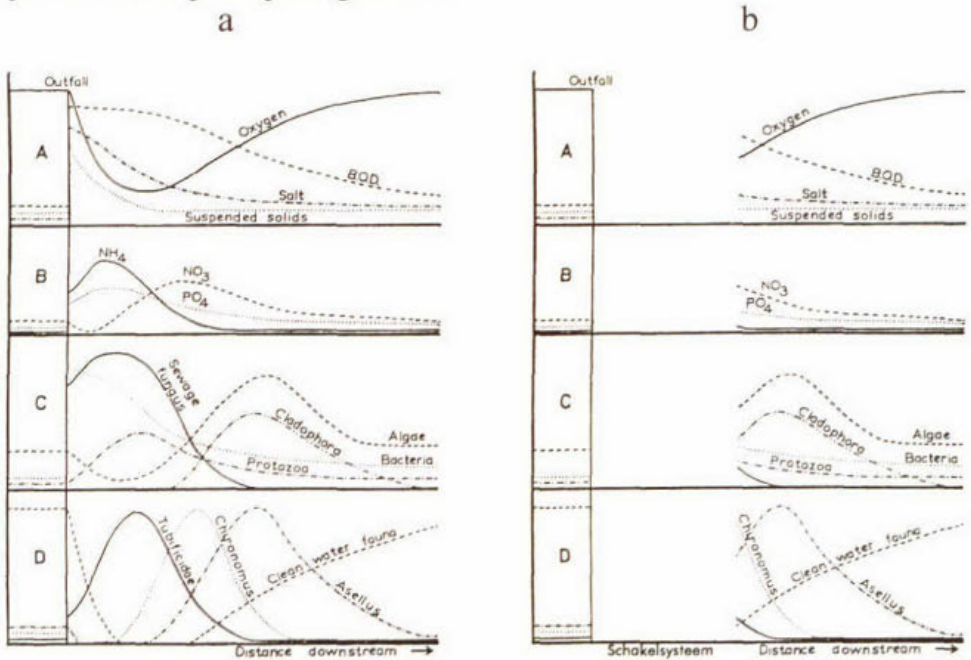
Bij het emissiespoor zijn cruciale vragen:

- wat is de invloed van overstorten op het ontvangende oppervlaktewater?
- het ver moet het effluent van rwzi's gezuiverd en gepolished worden?
- wat doen we met verspreide lozingen, vooral in het buitengebied?
- hoe (ver) moet het melkspoelwater behandeld en/of afgevoerd worden?
- hoe ver moeten overige restlozingen worden gesaneerd?
- hoe (intensief) moet diffuse verontreiniging worden tegengegaan?

Vanuit het waterkwaliteitsspoor liggen de vragen op twee gebieden: bij de normen en bij herstelprojecten. Bij de normstelling kunnen vragen worden gesteld, zoals:

- zijn er (praktische) grenzen aan het aantal te toetsen parameters en aan de bijbehorende normwaarden?
- is verdere inspanning gerechtvaardigd, naarmate normwaarden worden genaderd of zelfs worden gehaald?
- wat te doen als andere factoren dan fysisch-chemische normwaarden het bereiken van de doelstellingen bepalen?

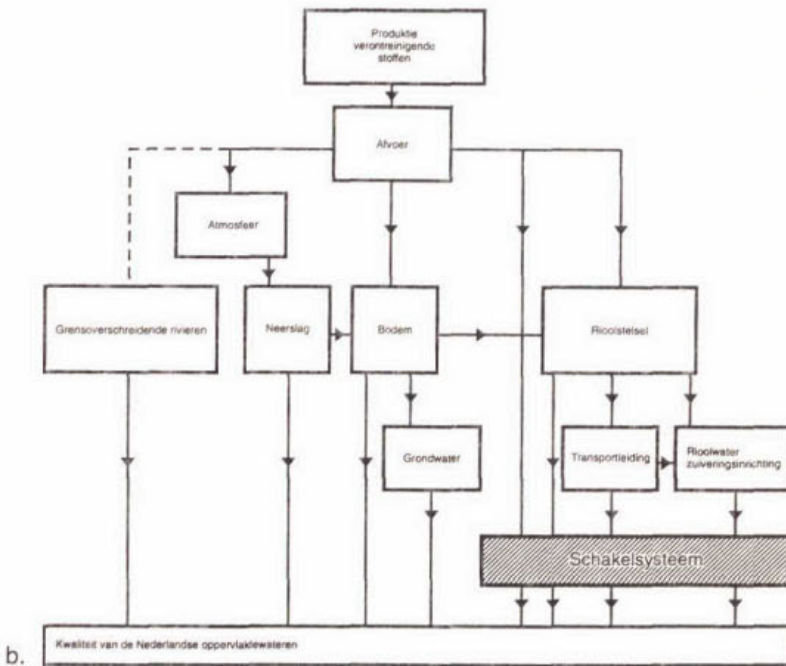
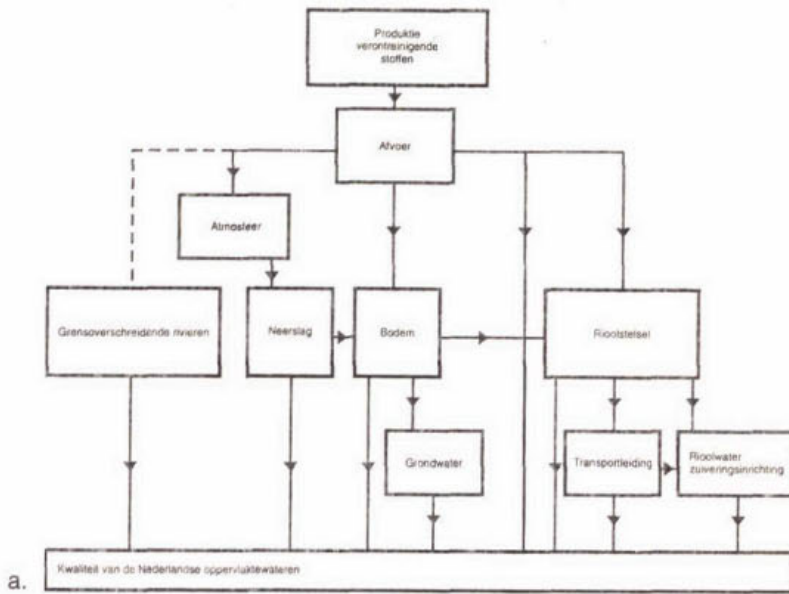
Bij herstelprojecten blijft de onzekerheid van de maakbaarheid van de natuur en de mate van voorspelbaarheid van het effect van ingrepen (Scheffer, 1990). Ecosystemen reageren zoals ze dat doen, maar lang niet altijd zoals gedacht. Aan actief biologisch/ecologisch beheer zitten praktische en principiële grenzen.



Figuur 8.3a.-links- Schematische weergave van de invloed van lozingen direct op oppervlaktewater;

b.-rechts- Idem, aangepast met een tussenliggend schakelsysteem. Opgemerkt zij dat een deel van de effecten worden opgevangen in het schakelsysteem. (naar: Hynes, 1974).

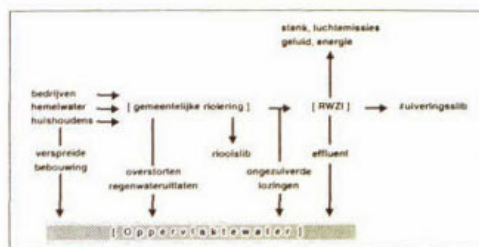
Oorzaak voor dit dilemma is terug te vinden in de kijk naar (de effecten van) lozingen op oppervlaktewater en de daaruit afgeleide beleidsvisies. In Figuur 8.3a is afgebeeld hoe Hynes (1974) het effect van een lozing van organisch afvalwater op oppervlaktewater in beeld heeft



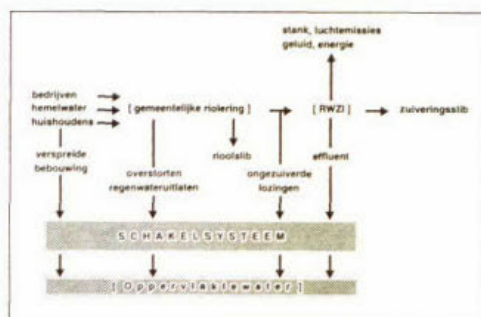
Figuur 8.4.a.-boven- Schematische weergave van de wijze waarop verontreinigde stoffen het oppervlaktewater bereiken;

b.-beneden- Idem, aangepast met een tussenliggend schakelsysteem (naar: *Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1975*).

gebracht. Een analoge schets -zie Figuur 8.4a- is opgenomen in het eerste IMP-Water (Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1975). Voor die tijd begrijpelijk is de stap van emissie naar ontvangend aquatisch ecosysteem als een scherpe, momentane en abrupte overgang beschouwd. Die kijk op de zaak heeft overigens sterk bijgedragen aan een drastische sanering van vooral de grotere lozingen en een sterke verbetering van de waterkwaliteit. Daarvoor is die kijk op de zaak nog steeds relevant. Ook nu nog worden lozingen van communaal afvalwater op oppervlaktewater op die wijze weergegeven, zie Figuur 8.5a (Warmer, 1996). Voor de kleinere en restlozingen is nu om financieel-maatschappelijke en ecologische redenen een andere visie nodig. Niet meer -tegen onevenredig hoge kosten- investeren in verdere reductie van de overgebleven emissies, maar in een afgebakend gebied zoeken naar op zichzelf staande oplossingen voor verdere milieuverbeteringen. Dat kan dan los van de basis-emissiereductie en los van het eigenlijke oppervlaktewater-ecosysteem (beheer). De plaats van deze schakelsystemen is schematisch aangegeven in de Figuren 8.3b, 8.4b en 8.5b. De idee van een nul-emissie te realiseren (Senhorst en De Wit, 1996) wordt immers vooralsnog gekenmerkt door een 'streven' en een 'lange termijn'.



a.



b.

Figuur 8.5a. -boven- Schematische weergave van de wijze waarop communaal afvalwater op het oppervlaktewater wordt geloosd;

b. -beneden- Idem, aangepast met een tussenliggend schakelsysteem. (naar: *Warmer, 1996*).

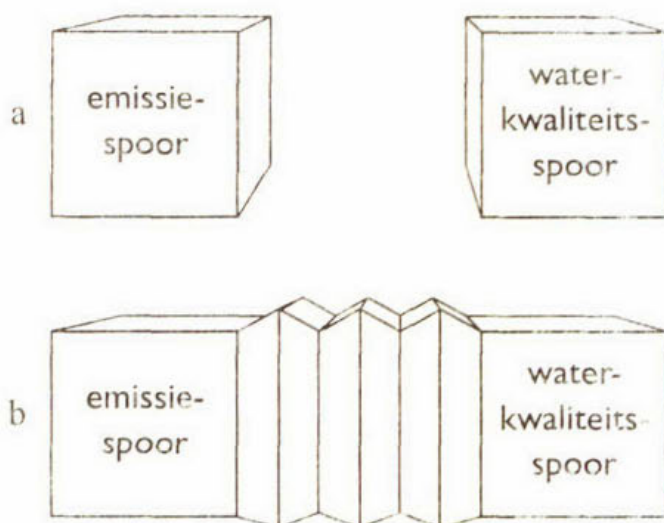
De nieuwe dimensie

Er ontvouwt zich steeds duidelijker een overgangs- of grensgebied tussen de emissie-aanpak en de ecosysteem-aanpak. Integraal waterbeheer beperkt zich tot nu toe hoofdzakelijk binnen het water(kwaliteits)spoor: samenhang zoeken in kwaliteit en kwantiteit, in grond- en oppervlaktewater en in het betrekken van meerdere belangen en doelgroepen. Beide bestaande sporen zijn nog grotendeels als losse kubussen voor te stellen (zie Figuur 8.6a). De link tussen het emissiespoor en het waterkwaliteitsspoor is nog zwak ontwikkeld. Voorgesteld wordt een derde tussenliggende kubus (als een harmonica-model) in te zetten, met aspecten in zich van het zuiveringsbeheer en emissiespoor enerzijds en aspecten van de watersysteembenadering anderzijds. Dit op zich zelf staande derde spoor concentreert zich op het overgangsgebied (in technisch en ecologisch opzicht) en op kleinschalige en/of restlozingen. Zo'n tussengebied (zie Figuur 8.6b) kent elementen van effluenten of afvalstromen enerzijds en van oppervlaktewater of ecosystemen anderzijds. Realisatie is mogelijk in de vorm van trajecten tussen lozing en ontvangend oppervlaktewater, verbindingzones, bergingsruimten, bezinkvelden, bufferzones, etc., maar ook bij overgangen van watersystemen onderling, waar een waterkwaliteitsverbetering gewent is. Dat kan bijvoorbeeld bij lozing van polderwater op beken of boezems. Aspecten van ecologie en techniek worden in onderling verband optimaal ingezet. Vandaar de aanduiding eco-technologie voor dit derde spoor. Op meerdere manieren kan dit nieuwe spoor worden ingevuld en vorm gegeven. Daarmee krijgt deze benadering, als een scharnier, een centrale plaats in het toekomstige integrale waterbeheer. Vooral de nu nog zwakke interactie tussen emissiebeleid en waterkwaliteitsbeleid wordt daarmee versterkt, zonder aan beide huidige sporen afbreuk te willen doen. Hierna wordt een toelichting gegeven op het eerder genoemde tussengebied ofwel schakelsysteem. Als woordspeling op het al oude begrip 'zelfreinigend vermogen' van het oppervlaktewater en de link behoudend met het afvalwater-technologische aspect kan dit derde spoor aangeduid worden als het rest-reinigingsspoor.

Het schakelsysteem

Momenteel is er in denken, beleid en feitelijke situatie een scherpe grens, limes convergens, tussen lozing (emissie) en ontvangend oppervlaktewater. Dat stelt onevenredig hoge eisen aan beide sporen i.c. kubussen (Figuur 8.6a). Effluenten en lozingen moeten zover gezuiverd of beperkt worden dat de toets der oppervlaktewaternormen kan worden doorstaan, terwijl voor het direct ontvangend oppervlaktewater dezelfde normen

gelden als voor verderweg gelegen water. Er wordt letterlijk (fysiek) en figuurlijk (beleidsmatig) ruimte geclaimd voor de nu nog nauwe overgang van emissie naar watersysteem middels een overgangszone, een limes divergens, een schakelsysteem (Figuur 8.6b).



Figuur 8.6 a. Het emissiespoor en het waterkwaliteitspoor als twee losstaande kubussen
 b. Beide voorgaande sporen verbonden door het rest-reinigingsspoor: het schakelsysteem als harmonicamodel.

Daar gelden noch de strikte regels van het emissie-spoor, noch de strenge eisen voor oppervlaktewaterkwaliteit. Er wordt ruimte geboden voor creatieve, goedkope(re), en effectieve maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. Als op deze wijze de omgeving gebruikt wordt om bestaansvoorwaarden veilig te stellen, onder andere door bescherming, buffering en zuivering, is sprake van een regulatiefunctie (Vissers, 1995). Zowel bij gelocaliseerde (punt)lozingen als bij niet-gelocaliseerde (diffuse) bronnen kunnen schakelsystemen gerealiseerd worden. Waar valt dan aan te denken:

- locale overdimensionering van watergangen;
- filtersystemen (met planten, zoals helofytenfilters of dieren, zoals mosselen of wormen, zand of andere grondbeddingen, ed.);
- bufferzones en randstroken;
- verbindingszones;
- plasbermen en natuur- en milieuvriendelijke oeverzones;
- vloevelden;
- cascades en overlopen;
- in-situ dosering van stoffen.

Kenmerken van deze schakelsystemen zijn:

- naar *beleid*: ruimte voor mogelijkheden, kansen voor ideeën;
- naar *doelstelling*: multifunctioneel, nevendoelestellingen, verweving van functies;
- naar *thema's*: verzachten, vergroten, verkleinen, verbinden, versterken, verbouwen, ed.;
- naar *milieubelasting*: recycling, circulatie, kringloop, concentratie;
- naar *techniek*: technologisch eenvoudig, ecologisch doordacht;
- naar *haalbaarheid*: groot, kleinschalig, betrokkenheid, economisch goedkoper;
- naar *duurzaamheid*: groot, self-supporting, beheersbaar, controleerbaar, energie-arm.

Het vervolg

Er kan met het realiseren van de tussengebieden en schakelsystemen het gemakkelijkst begonnen worden bij gelocaliseerde lozingen, echter ook bij niet-gelocaliseerde lozingen is deze invulling toepasbaar. Op meerdere plaatsen wordt al min of meer gewerkt met dergelijke systemen. Hier wordt ervoor gepleit deze werkwijze een zelfstandige en volwaardige plaats te geven in het integrale waterbeheer. Beleidsmatig, op het gebied van vergunningverlening en handhaving, doelstellingen en functies, moet er ruimte komen voor deze tussengebieden. Het effluent hoeft niet te voldoen aan de normen voor oppervlaktewater; het oppervlaktewater hoeft niet te voldoen aan de elders, verderop geldende normen en doelstellingen. Bij acceptatie en realisering van dergelijke tussengebieden kunnen de voorwaarden bij vergunningverlening eenvoudiger en kan de normstelling voor het verdere oppervlaktewater precieser en eenduidiger.

Onderzoek is nodig naar de grootte van de fysiek in te richten trajecten/tussengebieden. Dat is afhankelijk van de aard en grootte van de emissie. Bij gelocaliseerde lozingen, zoals overstorten van rioleringen, effluënten van afvalwaterzuiveringen, perswaterlozingen of koelwaterlozingen zal dat anders ingevuld moeten worden dan bij niet-gelocaliseerde emissies vanuit bijvoorbeeld industriegebieden, kassencomplexen, intensief agrarisch gebruikte gebieden en jachthavens.

Verder is onderzoek nodig naar de inrichting en het beheer van deze schakelsystemen. De vorm en inrichting van in te zetten technieken is maatwerk. Voorgesteld wordt de eerste schakelsystemen te realiseren bij gelokaliseerde emissies. Actueel is de overstortproblematiek. Tussen bestaande overstort en ontvangend water kan een schakelsysteem worden ingericht door bijvoorbeeld lokaal de sloot te verbreden en verdiepen, te voorzien van een plasberm en op enige afstand van de overstort (onderwater)drempels aan te brengen. Een doordachte aanleg en inrichting kan leiden tot een gewenste, aanvaardbare zuivering van overstortwater, waarbij geen extra investeringen nodig zijn in het rioleringsstelsel en waarbij verderop de oppervlaktewaterkwaliteitsbeïnvloeding acceptabel is. Een landschappelijke aankleding kan bijdragen aan een brede bewustwording van onze beïnvloeding van de leefomgeving.

Het perspectief van deze derde dimensie is groot. Het betekent een financiële ontlasting van verdergaande inspanningen bij de beide huidige beleidssporen. Er hoeft niet verder geïnvesteerd te worden in optimalisatie en uitbouw van rioleringswerken en (zuiverings)technologie, noch in ecosysteem-omvattende herstelmaatregelen. Door betrokkenheid is het draagvlak groot. Het zichtbaar maken van het rest-reinigingsspoor maakt de mensen bewust en (mede)verantwoordelijk voor onze milieubelasting. Onlangs is nog voor deze burgerlijke betrokkenheid gepleit (Schaap, 1995). Dit deelprobleem wordt daarmee voor de meerderheid der samenleving niet weggestopt in de ingewikkeldheid van riolering en afvalwaterzuivering, noch in de ondoorgrondelijkheid van aquatische ecosystemen. Vele oplossingen zijn mogelijk en inzetbaar. De risico's zijn beperkt, beperkter dan bij uitbouw en verdieping van beide huidige sporen. Bovendien kunnen ervaringen met dit derde beleidsspoor ingezet worden in (ontwikkelings)landen met een nog minder ver ontwikkelde ecotechnologie.

Literatuur

- Hynes, H.B.N., 1974. The biology of polluted waters. Liverpool University Press. 202pp.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1975. Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979. Den Haag. 92pp. met bijlagen.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1981. Indicatief meerjarenprogramma water 1980-1984. Den Haag. 146pp.
- Schaap, E., 1995. Zuivering afvalwater buitengebied vooral zaak van de burger. Riolering 2 (november): 15-16.
- Scheffer, M., 1990. Simple models as useful tools for ecologists. Dissertatie RU Utrecht. 119pp.
- Senhorst, H.A.J. en J.A.W. de Wit, 1996. Nulemissie als strategie voor de toekomst. H2O 29 (1): 17-19 en 23.
- Vissers, J., 1995. Verweving van nutsfuncties en natuurfuncties. Bosbouwvoorlichting 34 (7): 70-72.
- Warmer, H., 1996. Communaal afvalwater verkend. H2O 29 (1): 20-23.
- Wit, J.A.W. de, 1996. Emissiebeleid zonder grenzen. H2O 29 (1): 13-16.

9. De RWZI (AWZI) van de toekomst; een combinatie van het ANAMMOX-proces en het SHARON-proces

dr. ir. Mark van Loosdrecht en dr. ir. Mike Jetten
Technische Universiteit Delft

Introductie

In afvalwater vormen CZV, Ammonium en Fosfaat de belangrijkste componenten die verwijderd dienen te worden. De eerste twee componenten worden doorgaans door oxidatie geëlimineerd. Fosfaat wordt (na een eventuele biologische concentrering) via een chemische precipitatie afgescheiden. De belangrijkste problemen voor de CZV- en stikstofverwijdering worden hierbij gevormd doordat

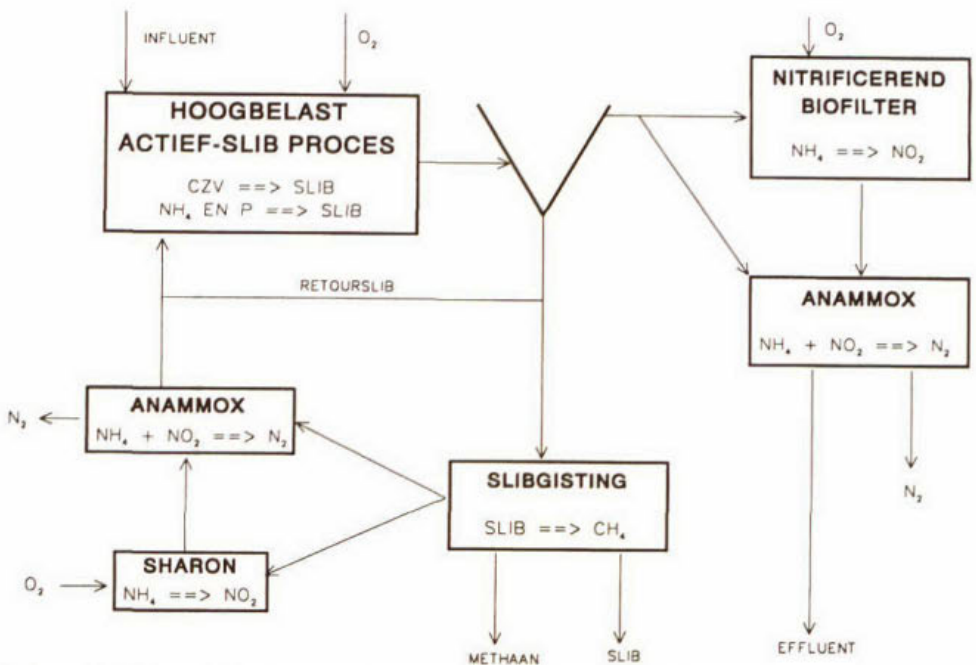
- de oxydatie van CZV en ammonium veel energie vergt voor de inbreng van zuurstof in het afvalwater
- de chemische energie (CZV) wordt vernietigd
- voor de verwijdering van ammonium naast zuurstof ook CZV nodig is die veelal in beperkte mate voorradig is. Dit kan leiden tot de noodzaak van dosering van b.v. methanol aan het zuiveringsproces.

In het hier voorgestelde proces wordt CZV en ammonium met een minimaal energieverbruik verwijderd terwijl de energieproductie (in de vorm van methaan) wordt gemaximaliseerd.

Voor de beschrijving van dit proces wordt ervan uitgegaan dat in de toekomst de samenstelling van het afvalwater niet veranderd. Er zal aan het eind kort worden geschetst hoe mogelijke trends in de verandering van de influentsamenstelling door zullen werken op de procesvormgeving.

Een afvalwaterzuivering met minimaal energiegebruik

Het hier voorgestelde proces staat schematisch weergegeven in figuur 1. Het proces is gebaseerd op twee nieuwe processen die recent in ons laboratorium zijn ontwikkeld. De details van zowel het *SHARON*- als *ANAMMOX*-proces worden verder op in dit artikel nader toegelicht.



Figuur 1. Schematische weergave van de hier voorgestelde toekomstige RWZI.

Het SHARON-proces

In dit proces kunnen afvalwaterstromen met een hoog stikstof gehalte ($> 0,5$ g N/l) efficiënt worden verwijderd. Het betreft een proces dat kan worden uitgevoerd in een enkele tank zonder noodzaak tot slibretentie. Door deze werkwijze wordt het mogelijk nitriet-oxyscheiders stabiel uit het proces te weren. Hierdoor kan de nitrificatie stabiel worden bedreven met nitriet als eindproduct. Het SHARON-proces wordt momenteel als nitrificatie-denitrificatie proces toegepast voor de behandeling van slibgistingswater. Voor het hier beschreven waterzuiveringsconcept is slechts de conversie tot nitriet van belang. Deze conversie hoeft slechts voor 50 % te verlopen. Dit betekent dat voor het proces geen externe loogdosering nodig is omdat het slibgistingswater voldoende alkaliniteit bevat om de zuurproductie van de nitrificatie te compenseren. Dit proces is (in samenwerking met de STOWA, Grontmij en het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) reeds op laboratoriumschaal uitgetest voor de behandeling van slibgistingswater.

Het SHARON-proces is bij de TU-Delft in het Kluyverlaboratorium voor Biotechnologie ontwikkeld als goedkope en eenvoudige methode om ammonium uit slibgistingswater te verwijderen. Het proces is gebaseerd op het feit dat bij hoge temperatuur nitrificerende organismen relatief snel groeien. Dit betekent dat bij een relatief korte hydraulische verblijftijd (ongeveer 1 dag) het systeem zonder slibretentie kan worden

bedreven. De belangrijkste karakteristieken van het proces worden hieronder beschreven.

Omzettingen in een chemostaat

Het belangrijkste kenmerk van het SHARON proces is dat het zuiveringsproces wordt bedreven zonder slibretentie. Dit betekent dat de slibleeftijd (oftewel de reciproke groeisnelheid) gelijk is aan de hydraulische verblijftijd (*HRT*). In een dergelijk proces is de effluentconcentratie (*C*) alleen afhankelijk van de groeisnelheid van de bacteriën (μ), en onafhankelijk van de influentconcentratie. De relatie tussen deze parameters wordt gegeven door:

$$\frac{1}{HRT} = \mu = \mu^{max} * \frac{C}{K + C}$$

Waarin μ^{max} de maximale groeisnelheid is, en *K* de affiniteitsconstante voor het substraat. In het SHARON proces wordt specifiek geselecteerd op snelgroeïende bacteriën. Deze organismen blijken echter een relatief lage affiniteit voor het substraat hebben (hoge *K* waarde). Dit betekent dat het effluent relatief hoge ammoniumgehaltes zal hebben (enkele tientallen milligrammen *N*). Het SHARON-proces is dus met name geschikt voor behandeling van afvalwater met hoge ammoniumgehaltes (deelstroom-behandeling).

Nitrietvorming

Ammonium-oxydatie verloopt doorgaans via nitriet naar nitraat. Indien de omzetting slechts tot nitriet verloopt is minder zuurstof nodig, en wordt voor de uiteindelijke omzetting tot stikstofgas minder CZV verbruikt. De oxydatie van ammonium tot nitriet en de daaropvolgende oxydatie tot nitraat gebeurt door twee verschillende bacteriesoorten. Bij lage temperatuur groeien de ammonium-oxyderende bacteriën relatief trager dan de nitriet-oxyderende bacteriën. Bij hoge temperatuur (> 20 °C) ligt dit precies omgekeerd. Dit betekent dat het, bij een hogere temperatuur, mogelijk is om middels het instellen van de slibleeftijd de nitriet-oxyderende bacteriën buiten de reactor te houden. Hierdoor wordt ammonium stabiel omgezet in nitriet. Doordat de omzetting in het SHARON-proces in een chemostaat-opzet (een goed gemengde, continue doorstroomde reactor) plaatsvindt is het eenvoudig de slibleeftijd nauwkeurig in te stellen door het beïnvloeden van de aërobe verblijftijd.

Gedurende een twee-jarig onderzoek in het Kluyverlaboratorium is gebleken dat het inderdaad mogelijk is om de omzetting stabiel tot nitriet te laten verlopen. De in het proces opgehoopte ammonium-oxyderende bacteriën blijken tevens bestand te zijn tegen de hoge nitriet gehalten die in het proces optreden (tot 1 g NO₂-N/l).

In Tabel 9.1 zijn de resultaten weergegeven van twee testen van het systeem met slibgistingwater. Het is duidelijk te zien dat bij een langere verblijftijd de nitriet-oxyderende bacteriën ingroeiden waardoor een gedeelte van het ammonium is omgezet tot nitraat. Bij de verblijftijd van 1 dag was de nitraatvorming het gevolg van groei van nitriet-oxydeerders op de wand van de reactor. In reactoren op grote schaal zal dit nauwelijks een rol spelen vanwege de lage oppervlak-volumeverhouding.

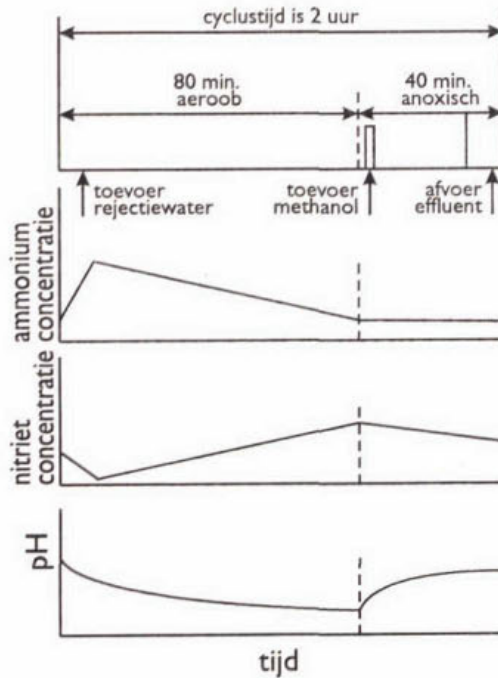
Tabel 9.1. Resultaten van de nitrificatie van slibgistingwater in een nitrificatie reactor zonder slibretentie (SHARON-proces). De onderzoeksperiode bedroeg enkele maanden; bij de middeling zijn ook de periodes met storingen meegenomen (Brouwer, 1995).

verblijftijd [dag]	Temp. [°C]	Influent	Effluent			
		NH ₄ ⁺ , _{in} [mgN/l]	NH ₄ ⁺ [mgN/l]	NO ₂ ⁻ [mgN/l]	NO ₃ ⁻ [mgN/l]	η _n [%]
1.0	30-35	830	199	469	181	76
1.5	30	777	108	172	467	86
verblijftijd [dag]	slibbelasting [kgN·kgDS·dag ⁻¹]	capaciteit [kgN·m ⁻³ ·dag ⁻¹]				
1.0	10.3	0.63				
1.5	6.9	0.45				

pH-controle

Wanneer ammonium wordt geoxideerd ontstaan twee equivalenten zuur per mol ammonium. Bij geconcentreerde stromen dient de pH dus gecontroleerd te worden om het proces op een pH van 7 - 8 te houden. Wanneer het te behandelen water uit een anaëroë gistingsreactor komt, is per mol ammonium reeds 1 equivalent bicarbonaat aanwezig. Hiermee wordt globaal 50 % van het gevormde zuur geneutraliseerd. De rest van het gevormde zuur dient te worden geneutraliseerd door dosering van loog of door het gevormde nitriet te denitrificeren. Bij dit laatste proces wordt bicarbonaat gevormd. Het is gebleken dat de kosten van dosering van methanol voor denitrificatie lager zijn dan de kosten voor een directe pH regeling middels het doseren van zuur. Het proces wordt nu zo bedreven dat indien de pH een bepaalde lage waarde bereikt (b.v. 6,5) de beluchting wordt afgezet en methanol wordt gedoseerd. Hierdoor zal de pH stijgen tot een ingestelde maximale waarde (b.v. 8) waarna de

nitrificatiefase weer wordt gestart door de beluchting in te schakelen. De reactor wordt dus dynamisch bedreven met afwisselende aërobe en anoxische periodes. In Figuur 9.2 is schematisch het procesverloop weergegeven.



Figuur 9.2. Schematische weergave van het procesverloop in een cyclus van het SHARON-proces

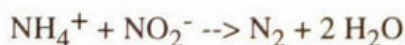
In Tabel 9.2 staan de resultaten weergegeven van twee proefperiodes met nitrificatie-denitrificatie in een SHARON-proces.

Tabel 9.2. Omzettingen en nitrificatie-rendement in de nitrificatie/denitrificatiereactor bij verschillende verblijftijden en bij 35 °C. Effluentwaarden zijn gemiddeld over de gehele proefperiode (inclusief verstoringen) (Brouwer 1995).

aërobe verblijftijd [dag]	anoxische verblijftijd [dag]	Effluent		Influent		η_n [%]
		NH_4^+ ,in [mgN/l]	NH_4^+ [mgN/l]	NO_2^- [mgN/l]	NO_3^- [mgN/l]	
1.0	0.5	794	141	130	96	82
2.0	1.0	784	237	265	14	70

Het ANAMMOX-proces

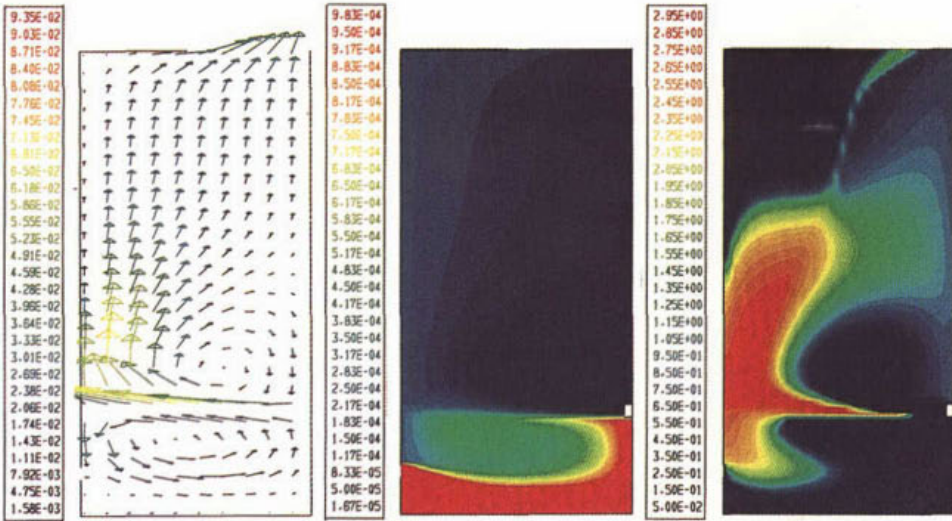
De mogelijkheid om op een stabiele wijze nitriet te vormen maakt een combinatie van het SHARON-proces met het ANAMMOX-proces zeer aantrekkelijk. Het ANAMMOX-proces is namelijk een proces, waarbij onder anaërobe omstandigheden ammonium met behulp van nitriet (of nitraat) wordt omgezet naar stikstofgas.



Het gaat hier om een microbiologische omzetting door een niet eerder beschreven bacteriesoort of bacterieconsortium (Figuur 9.3). Het ANAMMOX-proces heeft een grote potentie voor de toepassing als alternatief voor de bestaande methoden om stikstof te verwijderen (Jetten *et al.*, 1996). Omdat het ANAMMOX-proces autotroof is, kan een volledige omzetting van ammonium naar stikstofgas worden gerealiseerd zonder toevoeging van methanol of BZV. Gezien de hoge capaciteit (2,6 kg N_{tot}/m³ reactor per dag) van het proces, leent het ANAMMOX-proces zich voor het ontwerp van compacte installaties. Het ANAMMOX-proces is met succes bij DSM en Gist-brocades toegepast voor de verwijdering van ammonium uit een reële afvalstroom en wordt al jaren stabiel bedreven in de pilot-plant van de Technische Universiteit Delft die gevoed wordt met afvalwater afkomstig van de Gist-Brocades. In deze pilot plant-installatie werd enkele jaren geleden door Arnold Mulder bij Gist-Brocades ontdekt dat aanzienlijke hoeveelheden ammonium verdwenen (Mulder *et al.*, 1995). Gelijktijdig nam men een toename in de nitraatconsumptie en in de stikstofproductie waar.



Figuur 9.3. Electronenmicroscopische opname van het ANAMMOX-slib (van de Graaf *et al.*, 1996).



$$/u_{\max} = 0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

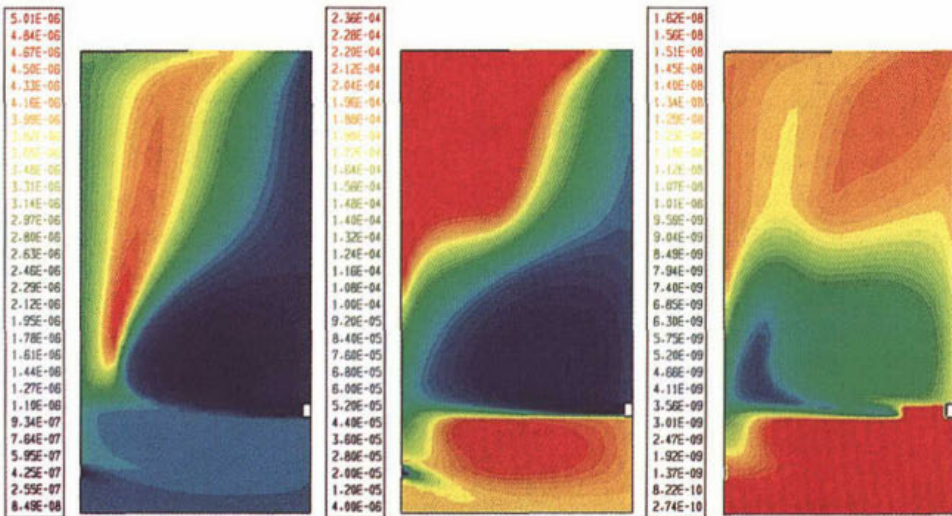
(a)

$$X_{\text{Na},\max} = 55 \cdot 10^{-4} \text{ kg/kg}$$

(b)

$$\beta_{\max} = 3.00$$

(c)



$$N_{\max} = 5.1 \cdot 10^{16} \# \cdot \text{m}^{-3}$$

(d)

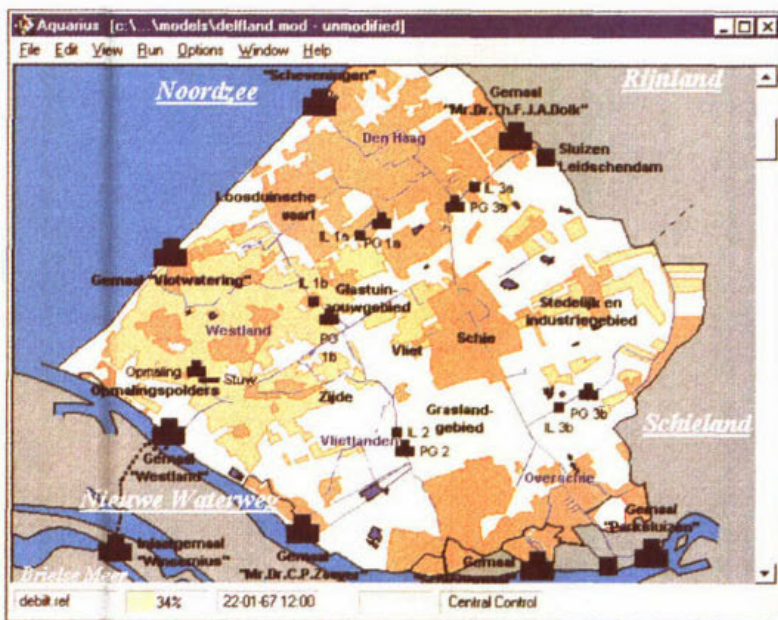
$$X_{\text{cryst},\max} = 2.43 \cdot 10^{-4} \text{ kg/kg}$$

(e)

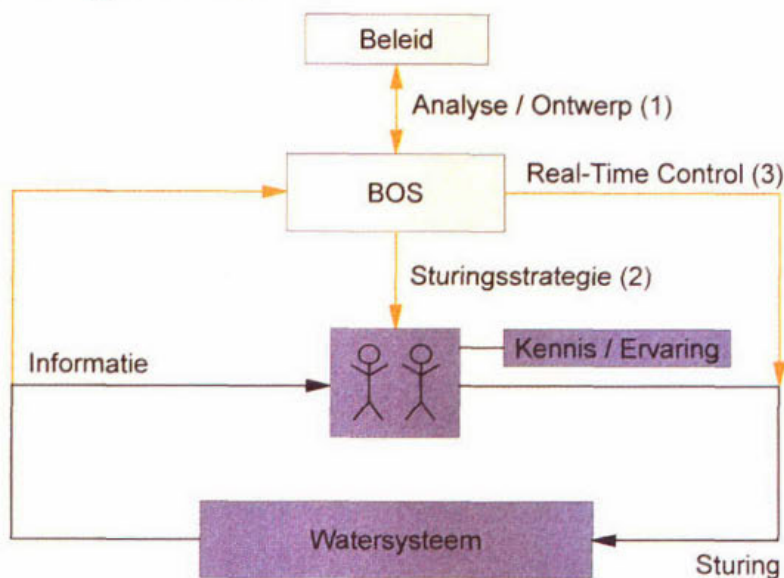
$$d_{\text{avg},\max} = 1.6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

(f)

Via model en computer gesimuleerd proces van de kristallisatie van calciumfosfaat in een korrelreactor. Meer informatie over dit onderzoek vindt men in de STOWA rapporten 92-11, 94-17 en 94-20.



Beslissingondersteund operationeel waterbeheer. De interface van het programma Aquarius met het hoogheemraadschap van Delfland (STOWA-rapport 94-10)



Beslissingondersteund operationeel waterbeheer. Drie toepassingen (uitvoeren van tijdreeks-simulaties, bepalen van sturingsstrategieën; real-time control) van het beslissingondersteunend systeem (STOWA-rapport 94-10)

Door middel van enkele experimenten, die de stoichiometrie van de reactie bevestigden en waarin men aantoonde dat deze activiteit geïnactiveerd kon worden door verhitting, bestraling met gammastralen en antibiotica, kon worden vastgesteld, dat het hier om een geheel nieuw biologisch proces ging (Van de Graaf *et al.*, 1995).

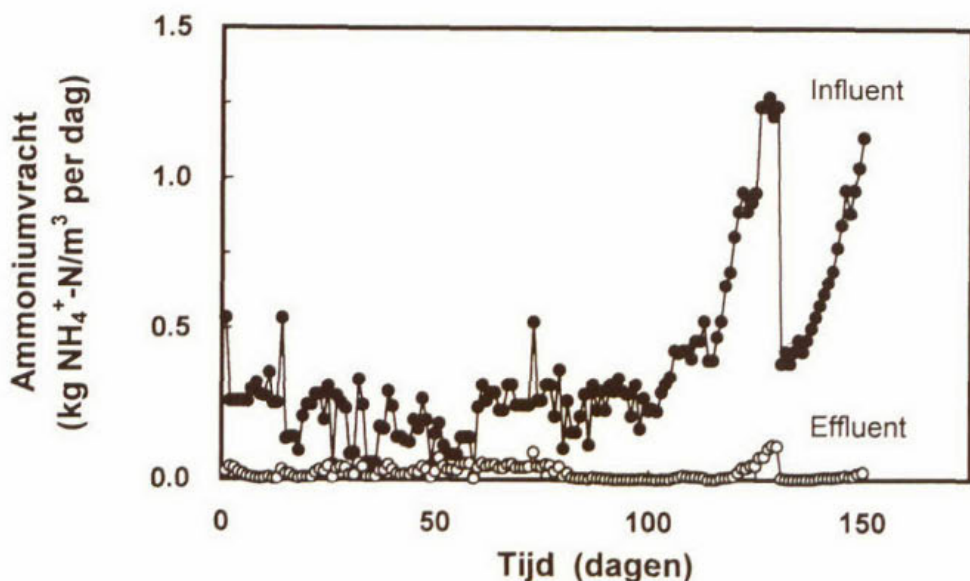
Sinds 1989 wordt het ANAMMOX-proces in het Kluuyver laboratorium voor Biotechnologie van de Technische Universiteit Delft bestudeerd in het kader van een door de Stichting Technische Wetenschappen (STW) gesubsidieerd promotie-onderzoek dat in september 1995 voor vier jaar werd verlengd. Uit deze studies is bekend geworden dat het ANAMMOX-proces inderdaad strikt biologisch en strikt anaëroob is en veel sneller verloopt met nitriet dan met nitraat (Van de Graaf *et al.*, 1995)

Het proces is in de anaërobe denitrificerende fluïde-bedreactor (waarin gevoed wordt met een ammoniumhoudend effluent uit een methanogene reactor en suppletie met nitraat) redelijk stabiel. Echter, aangezien het ondanks vele pogingen nog niet gelukt is de deelprocessen te identificeren en de verantwoordelijke bacteriën te identificeren, geschiedt de besturing volledig empirisch.

Inmiddels is het wel gelukt om de verantwoordelijke bacteriën op te hopen in een fluïde-bedreactor die gevoed wordt met een mineraal medium met ammonium en nitriet als enige energiebron en elektronen-acceptor en CO₂ als enige koolstofbron (Van de Graaf *et al.*, 1996).

Niet alleen de groeisnelheid, maar ook de celopbrengst van de verantwoordelijke microbiële populatie is uitzonderlijk laag. Een duidelijk voordeel hiervan is dat in een eventueel proces de overtollige productie van bacterieslib gering zal zijn. Een evident nadeel is de lange aanlooptijd voordat voldoende biomassa is geproduceerd om de reactor optimaal te laten functioneren. De omzettingssnelheden van 0,25 kg N_{tot}/kg DS/dag die bereikt worden zijn 20 maal hoger dan de snelheden (0,012 kg N_{tot}/kg DS/dag) van conventionele nitrificatie-systemen. Om het proces snel op te starten zijn dan grote hoeveelheden entmateriaal noodzakelijk. Het is echter te verwachten dat door een juiste keuze van substraten een veel hogere groeisnelheid van de mengpopulatie bereikt kan worden (Van de Graaf *et al.*, 1996).

In een recente haalbaarheidsstudie gefinancierd door STOWA is onderzocht of het ANAMMOX-proces geschikt is voor het verwijderen van ammonium uit slibgistingswater (STOWA, 1996). De resultaten van het onderzoek gaven aan dat het Anammoxslib geen nadelige effecten ondervond van het slibgistingswater en dat het Anammoxslib in staat was ammonium met behulp van toegevoegd nitriet uit het slibgistingswater te verwijderen tijdens batch- en continu-proeven. Het temperatuur- (30-37 °C) en pH- (7,0-8,5) optima van het ANAMMOX-proces lagen ruim binnen de waarden die voor slibgistingswater gevonden worden.



Figuur 9.4. Verwijdering van ammonium uit slibgistingwater in een ANAMMOX fluïde bedreactor met behulp van een synthetische nitriet oplossing (Strous *et al.* 1996).

Proeven met een laboratorium fluïde-bedreactor (Figuur 9.4) lieten zien dat het Anammoxslib ammonium voor $88 \pm 9 \%$ en nitriet voor $99 \pm 2 \%$ uit het slibgistingwater verwijderde (Tabel 9.3). Het verwijderingspercentage voor ammonium kan nog verder worden opgevoerd als de reactor niet meer onder nitriet-limitatie bedreven wordt. De stikstofvrucht van de Anammox fluïde-bedreactor kon worden opgevoerd van $0,2 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{m}^3$ reactor per dag naar $2,6 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{m}^3$ reactor per dag. Dit is nog niet de maximale waarde, omdat de fluïde-bedreactor onder nitriet-limitatie bedreven werd. Met synthetisch afvalwater zijn reeds waarden bereikt van $5,1 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{m}^3$ reactor per dag (van de Graaf *et al.*, 1995; 1996). De toename in stikstofbelasting komt overeen met een toename in de omzettingssnelheid van $0,04 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{kg DS}$ per dag naar $0,26 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{kg DS}$ per dag.

Tabel 9.3. Overzicht van de parameters van een Anammox fluïde-bedreactor gevoed met slibgistingswater en nitriet.

Ammoniumvracht	0,24 - 1,34	kg NH_4^+ -N/m ³ reactor.dag
Nitrietvracht	0,22 - 1,29	kg NO_2^- -N/m ³ reactor.dag
Stikstofvracht	0,48 - 2,63	kg N_{tot} /m ³ reactor.dag
NH_4^+ -N effluent	27 - 85	mg N/l
NO_2^- -N effluent	3 - 3	mg N/l
rendement NH_4^+ -N verwijdering	88 - 9	%
rendement NO_2^- -N verwijdering	99 - 2	%
Omzettingcapaciteit	0,05 - 0,26	kg N_{tot} /kg DS.dag

Naast een fluïde-reactor werd in dit haalbaarheidsonderzoek ook een sequencing-batchreactor bestudeerd. In deze reactor verwijderde het Anammoxslib ammonium voor 81 ± 1 % en nitriet voor 99 ± 1 % uit het slibgistingswater. De maximale vracht, die bereikt werd na drie maanden, was $0,05 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{m}^3$ reactor per dag. De omzettingssnelheid op dat moment bedroeg $0,17 \text{ kg N}_{\text{tot}}/\text{kg DS}$ per dag. Tijdens de sequencing-batch proeven onder nitriet-limitatie bleek dat de redox-potentiaal een eenvoudige en geschikte manier was om het ANAMMOX-proces te controleren. Tevens werd in de sequencing-batch proeven waargenomen dat zuurstof remmend werkte op het ANAMMOX-proces. Echter zo gauw de zuurstof uit de reactor was verdreven door extra flushen met Argon-gas, hervatte het Anammoxslib de omzetting van ammonium en nitriet.

De voornaamste conclusies uit het haalbaarheidsonderzoek zijn:

- Het ANAMMOX-proces is zeer goed bruikbaar om ammonium uit slibgistingswater te verwijderen.
- Het temperatuur- en pH-optimum van het ANAMMOX-proces liggen binnen de waarden gevonden voor slibgistingswater. Enige voorzorg om te grote afkoeling te voorkomen is gewenst.
- Verschillende reactorconfiguraties kunnen worden toegepast voor de omzetting van ammonium door het ANAMMOX-proces.
- Met een fluïde-bedreactor kunnen hoge stikstofbelastingen worden toegepast, de sequencing-batchreactor is eenvoudiger en stabiel in de bedrijfsvoering.
- Redoxmetingen blijken een goede mogelijkheid voor monitoring en controle van het ANAMMOX-proces.

De koppeling van het ANAMMOX-proces aan het SHARON-proces is reeds op laboratoriumschaal succesvol uitgetest met slibgistingwater. Toepassing van deze twee processen op pilot-plantschaal is de volgende uitdaging op weg naar implementatie in RWZI (AWZI) van de toekomst.

Verwijdering van CZV en AMMONIUM

Hieronder wordt kort aangegeven hoe het CZV en ammonium efficiënt uit afvalwater kunnen worden verwijderd, met een beduidend verminderde energie- en chemicaliënbehoefte.

CZV

CZV uit afvalwater bestaat uit gesuspendeerd en opgelost CZV. Momenteel wordt in de meeste systemen dit CZV aëroob geoxideerd. Hierbij wordt globaal 0,6 kg zuurstof per kg CZV verbruikt. Het opgeloste CZV kan alleen uit het water worden verwijderd door omzetting in bacteriemateriaal. Door de slibproductie te maximaliseren kan het zuurstofverbruik worden geminimaliseerd. Voor het gesuspendeerde en colloïdale CZV is dan geen zuurstof nodig. Dit kan rechtstreeks worden ingevangen in de slibvlok. Het gesuspendeerde CZV dient te worden opgenomen door slib met een korte slibleeftijd, zodat endogene ademhaling wordt geminimaliseerd. Voor een goede afscheiding van het colloïdale CZV is waarschijnlijk additie van een vlokmiddel/flocculant nodig. Wellicht kan dit worden gecombineerd met chemische defosfatering. Het op deze wijze geproduceerde slib kan vervolgens worden ingedikt en worden vergist tot methaangas. Dit kan 0,5 kg methaan-CZV per kg slib-CZV opleveren. Optimalisatie van dit proces kan wellicht een verdere verhoging van de methaanproductie opleveren.

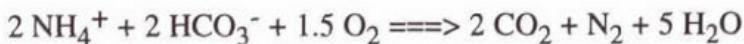
Deze handelwijze (die sterk lijkt op een A-trap in een A/B proces) heeft de volgende voordelen:

- Minimalisatie van het energieverbruik (ongeveer 0,2 kg in plaats van 0,6 kg zuurstof per kg CZV eliminatie).
- Door toepassen van een korte slibleeftijd is het mogelijk om een hoog belaste installatie te bouwen die klein kan worden gehouden.
- Een significant deel van de ammonium in het influent wordt ingebouwd in het gevormde slib en op deze wijze uit het water gehaald.
- Er wordt een waardevolle energiedrager geproduceerd in de vorm van methaan.

Ammonium

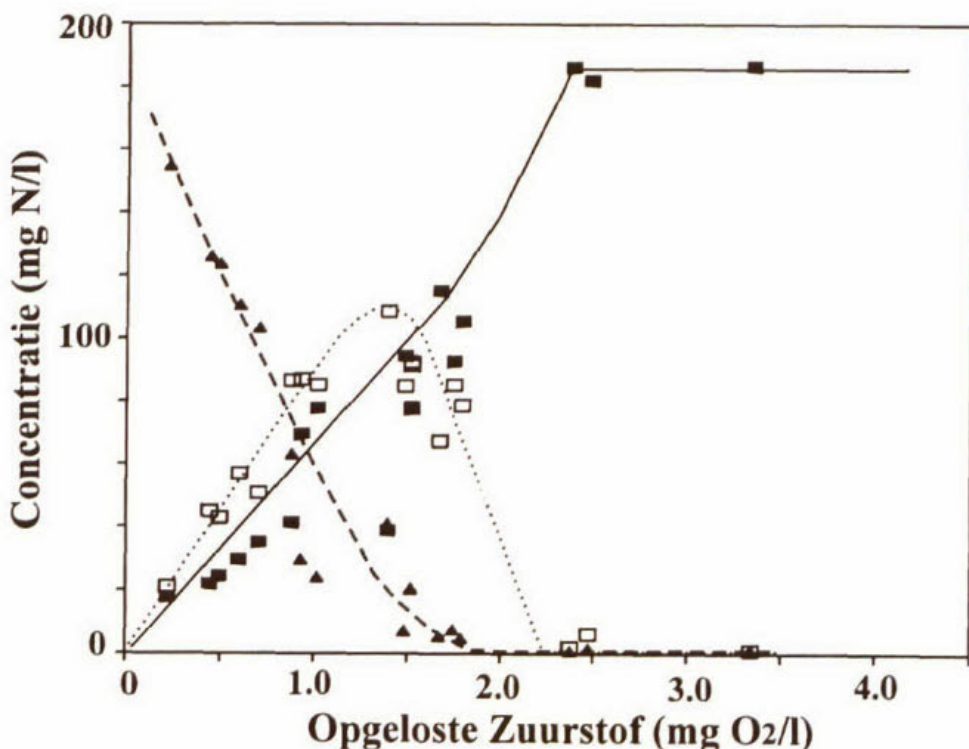
Na de afscheiding en verwerking van het CZV blijven twee stromen over: het slibgistingwater en het van CZV ontdane afvalwater. Beide bevatten hoofdzakelijk ammonium als te verwijderen component en nauwelijks CZV. Voor beide processen kan dan ook dezelfde combinatie van technieken worden toegepast. Deze combinatie bestaat uit een partiële oxidatie van het ammonium tot nitriet en daarna een denitrificatie met ammonium als electronendonor (het ANAMMOX-proces). Er hoeft dus slechts een deel van het ammonium te worden geoxideerd tot nitriet voor een volledige stikstofeliminatie. Per eenheid verwijderde ammoniumstikstof is op deze wijze slechts 1,7 kg zuurstof en geen CZV nodig. In een conventioneel proces is 4,6 kg zuurstof en ongeveer 4,5 kg CZV nodig. In het slibgistingwater kan middels het SHARON-proces stabiel ammonium naar nitriet worden omgezet. Door het hoge stikstofgehalte is slibretentie niet noodzakelijk hetgeen een eenvoudige procesvoering mogelijk maakt. Het is mogelijk om het proces in de SHARON-reactor slechts voor 50 % te laten verlopen om een juiste ammonium-nitriet verhouding te verkrijgen voor het ANAMMOX-proces.

De netto reactievergelijking voor het gehele proces luidt als volgt:



Voor het van CZV ontdane afvalwater in de hoofdstroom kan geen SHARON proces worden toegepast. Hier lijkt de vorming van nitriet het beste plaats te kunnen vinden in een compacte biofilterreactor. Hierin is het mogelijk om door middel van een goede regeling van de opgeloste zuurstofspanning (DO) ammonium hoofdzakelijk tot nitriet om te zetten. In diverse onderzoeken aan biofilmreactoren wordt deze mogelijkheid geopperd, een voorbeeld is gegeven in Figuur 9.5.

Een gelijk gehalte aan ammonium en nitriet, nodig voor een goed werkend ANAMMOX-proces, kan worden verkregen door middel van sturing van het zuurstofgehalte in de biofilmreactor of door een deel van het water om de biofilmreactor heen te leiden. Beide hier voorgestelde microbiologische processen hebben een zeer lage yield en de slibproductie is dus zeer klein.



Figuur 9.5. Effect van opgeloste zuurstofconcentratie op de nitrificatie in een biofilmreactor (Garrido et al., 1996). Ammonium-effluent, nitriet-effluent, nitraat-effluent. Het ammoniumgehalte in het influent bedroeg 190 mg NH₄⁺-N/l.

Tabel 9.4. Belangrijkste verschillen (in globale waarden) tussen een conventionele laag belaste actief slib installatie en het hier voorgestelde proces.

	Conventioneel	Dit voorstel
Zuurstofbehoefte		
kg O ₂ per kg N verwijderd	4,65	1,7
kg O ₂ per kg CZV verwijderd	0,6	0,2
CZV-behoefte		
kg CZV per kg N verwijderd	4,5	0
Methaanproductie		
kg CH ₄ -CZV per kg CZV verwijderd	0	0,5
Slibproductie		
kg slib-CZV per kg CZV verwijderd	0,4	0,3

Resumerend worden in Tabel 9.4 een conventioneel proces en het hier voorgestelde proces met elkaar vergeleken. Voor het conventionele proces is een laag belaste actiefslibinstallatie aangehouden zonder slibgisting.

Effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in de watersamenstelling op de hier voorgestelde proces

Minder wateraanvoer

Door waterbesparing, afkoppelen van verhard oppervlak, en gebruik van regenwater zal in de toekomst het debiet aan afvalwater kunnen afnemen. Dat is voor de hier voorgestelde proceswijze geen probleem en zal alleen tot een kleinere installatie leiden.

Aparte inzameling van urine

Door een separate inzameling van urine wordt de stikstof- en fosfaatconcentratie in het afvalwater sterk verlaagd (Larsen et al. 1996). De resterende nutriënten zullen vrijwel volledig worden gebruikt voor de productie van slib in de eerste stap van het voorgestelde proces. Dit betekent dat het tweede deel van het proces niet nodig is. Al het stikstof komt via het slib in het slibgistingswater dat daarna behandeld kan worden in de combinatie van SHARON en ANAMMOX.

Kleinschalige waterzuivering

Bij kleinschalige zuivering zal slib worden geproduceerd doordat ook daar CZV dient te worden verwijderd. Dit slib zal in een grootschalige vergistingsinstallatie verwerkt dienen te worden. Ook hier komt weer slibgistingswater vrij. Dit kan opnieuw zeer goed behandeld worden met de combinatie SHARON-ANAMMOX.

Plaats van het voorgestelde proces in de keten van het integrale waterbeheer

Het mag duidelijk zijn, dat het hier voorgestelde proces de behandeling van afvalwater vergaand optimaliseert. Door een substantiële reductie in energiebehoefte en een optimale terugwinning van de in het afvalwater aanwezige chemische energie in de vorm van CZV kan de zuivering waarschijnlijk zonder aanvoer van externe energie draaien.

Doordat de stikstofeliminatie geen CZV behoeft, wordt dit proces volledig op zichzelf staand. Dit maakt het mogelijk om CZV- en stikstofeliminatie ieder apart te optimaliseren zonder dat compromissen nodig zijn, zoals in de conventionele procesvoering waarbij CZV en stikstofoxidatie in een proces plaats vinden.

Implementeerbaarheid in Nederland

Dit proces laat zich gemakkelijk implementeren in de bestaande infrastructuur. Voor het proces kan gebruik worden gemaakt van compacte reactoren zodat veelal op de lokatie van bestaande zuiveringen gebruik kan worden gemaakt. De technieken zijn alle goed haalbaar en reeds succesvol op laboratoriumschaal met praktijkafvalwater uitgetest.

Haalbaarheid

Technisch

Het CZV-verwijderingsdeel van het proces is in feite een A-trap uit het A/B proces met slibvergisting. Deze techniek wordt reeds toegepast en is dus haalbaar. De combinatie van SHARON en ANAMMOX proces voor slibgistingwater is reeds met dit soort water op labschaal uitgetest met goede resultaten. De haalbaarheid van een analoog proces voor de directe behandeling van het afvalwater is nog niet getest. De lagere concentraties vormen geen probleem. Het effect van de lagere temperatuur zal tot een tragere conversie leiden. Technisch hoeft dit niet tot problemen te leiden.

Milieu- en duurzaamheidswinst

Er wordt in de voorgestelde proceswijze duidelijk beter met de energie omgegaan. Er is geen behoefte aan CZV voor de stikstofeliminatie. Voor de CZV-eliminatie zijn wellicht enkele hulpstoffen (polymeer en/of flocculant) nodig, deze kunnen echter ook bijdragen aan een goede fosfaateliminatie.

Benodigd onderzoek

CZV eliminatie

Voor de optimalisatie van de eliminatie van CZV en met name de invang van colloïdaal materiaal in slibvlokken zal nader onderzoek nodig zijn.

Vanuit onderzoek aan de A-trap van A/B processen en de fysisch-chemische behandeling van afvalwater is echter reeds de nodige informatie beschikbaar.

N-eliminatie

De behandeling van gistingwater met een SHARON-ANAMMOX proces is reeds op labschaal uitgetest, en zou op pilot-plantschaal getest dienen te worden.

Het produceren van nitriet in een biofilter systeem lijkt mogelijk te zijn door het juist afstellen van de opgeloste zuurstofspanning. Aangezien er geen noodzaak tot volledige ammoniumverwijdering (50 % is voldoende) is, lijkt dit een haalbare optie. Onderzoek is echter gewenst.

Ook het gedrag van ANAMMOX bij lage temperaturen is onbekend en zal experimenteel dienen te worden onderzocht. Voorlopig onderzoek heeft laten zien dat het proces op de normale wijze wordt beïnvloed door de temperatuur.

Literatuur

- Brouwer M (1995) Biologische stikstofverwijdering op Sluisjesdijk met het SHARON-proces. BODL thesis TU Delft.
- Garrido JM, van Benthum WAJ, Van Loosdrecht MCM & Heijnen JJ (1996) Influence of dissolved oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor. *Biotechnol. Bioeng.*, *in press*
- Jetten MSM, Logemann S, Muyzer G, de Vries S, van Loosdrecht MCM, Robertson LA & Kuenen JG (1996) Novel principles in the microbial conversion of nitrogen compounds. *Anthonie van Leeuwenhoek Beijerinck centennial special issue*, *in press*
- Larsen TA & Gujer W (1996) Separate management of antropogenic nutrient solutions, *Proc. 18th IAWQ biennial*, vol. 3, 73-80.
- Mulder A, van de Graaf AA, Robertson LA & Kuenen JG (1995) Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbiol Lett.* 16, 177-184.
- STOWA rapport (1996) Verwijdering van ammonium uit slibgistingwater met behulp van het Anammoxproces.
- Strous M, van Gerven E, Zheng P, Kuenen JG & Jetten MSM (1996) Ammonium removal from sludge digestion effluents with Anaerobic Ammonium Oxidation (ANAMMOX) process. *Wat. Res.* submitted.
- Van de Graaf AA, Mulder A, de Bruijn P, Jetten MSM, Robertson LA & Kuenen JG (1995) Anaerobic ammonium oxidation is a biological mediated process. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1246-1251.
- Van de Graaf AA, de Bruijn P, Robertson LA, Jetten MSM & Kuenen JG (1996) Autotrophic growth of anaerobic, ammonium-oxidising bacteria in a fluidized bed reactor. *Microbiology (UK)*, *in press*

10. Het gebruik van *Euglena* voor desinfectie en verdere nazuivering van afvalwater

dr. I.R.M. Hovenkamp-Obbema
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands
Noorderkwartier

Samenvatting

Om aan microbiologische waterkwaliteitsnormen te voldoen wordt op een aantal waterrioolzuiveringsinrichtingen het effluent gechlloreerd. Voor virussen is dit niet erg effectief en ook is het vanuit milieuoogpunt ongewenst. Er is geen goede alternatieve methode. *Euglena gracilis* is een alg die dominant aanwezig is in bemeste sloten en verbetert van nature de bacteriologische kwaliteit van het oppervlaktewater. De vraag is of het niet mogelijk is deze alg te benutten voor desinfectie. De genoemde 15 vrijwel unieke eigenschappen van *Euglena*, zoals microbiologische reiniger van bacteriesloten, snelle groeier (ook bij lage temperatuur) en tolerant voor verontreinigingen, bieden mogelijkheden. Voorgesteld wordt om proeven te verrichten, waarin met behulp van *Euglena*-vijvers het afvalwater van een agrarisch bedrijf gedesinfecteerd wordt en verder te gezuiverd wordt. Vervolgens komt in aanmerking de zuivering van het effluent van een kleine rioolwaterzuivering.

Inleiding

In de Nederlandse oppervlaktewateren komen, als gevolg van menselijk handelen, pathogene micro-organismen voor. De belangrijkste bronnen van deze ziekteverwekkers in oppervlaktewater zijn emissies van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en diffuse bronnen, en afspoeling van mest van landbouwhuisdieren. De micro-organismen kunnen gastro-intestinale klachten veroorzaken bij zwemmers of recreanten in zwem- of recreatiewater (Medema & Havelaar, 1994). Ook vee kan door het drinken van geïnfecteerd slootwater of via beregening van het gras ziek worden (van der Schaaf 1974). Voorts kan gebruik van besmet oppervlaktewater voor besproeiing in de tuinbouw besmette produkten geven (Ward & Irving, 1987).

Om aan de huidige eisen van gezond oppervlaktewater te voldoen wordt afvalwater geleid naar rioolwaterzuiveringsinrichtingen en aldaar gedeeltelijk gezuiverd. Indien riolering niet mogelijk is, zoals bij verspreide bebouwing, wordt alvorens te lozen op oppervlaktewater, het

afvalwater zo mogelijk ter plekke gedeeltelijk gezuiverd (IBA-systemen; Systemen voor Individuele Behandeling van Afvalwater). Voorts worden rioolstelsels verbeterd, waardoor minder kans op overstorten bestaat (Nationale Werkgroep Riolering Waterkwaliteit, 1989).

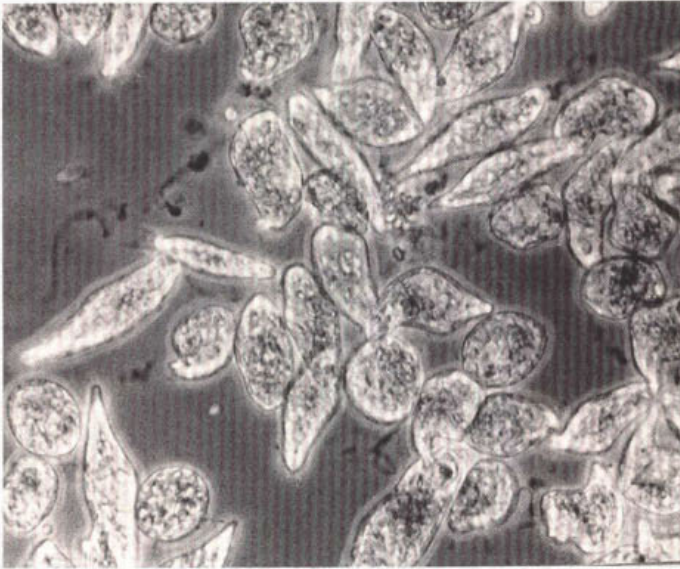
Effluenten worden (werden) daar, waar speciale bacteriologische eisen aan het oppervlaktewater zijn gesteld, gedesinfecteerd. In Noord- en Zuidholland is dit onder andere het geval op de rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Katwijk, Haarlem-Schalkwijk, Hoogmade, Rijnsaterwoude, Zwaanshoek (Lauwaars, 1994) en Wervershoof (Hovenkamp-Obbema, 1995). Desinfectie vindt plaats met behulp van chloorbleekloog. Het gebruik hiervan heeft echter veel nadelen. Virussen worden niet of onvoldoende geïnactiveerd (o.a. Havelaar, 1982 en Grabow *et al.*, 1985) en chloorbleekloog geeft toxische stoffen in het water af (Versteegh *et al.*, 1993). De norm voor residueel chloor in oppervlaktewater is soms met een factor 1000 overschreden (Hovenkamp-Obbema, 1995). Een goed alternatief voor genoemde methode van desinfectie is er niet. Het meest aantrekkelijke blijkt nog de desinfectie met UV te zijn (Lauwaars, 1994).

Ondanks de gestelde waterkwaliteitseisen is men derhalve in het algemeen zeer terughoudend met desinfectie van effluenten. Daarentegen zal er in de toekomst steeds kritischer worden gekeken naar de microbiologische betrouwbaarheid van het oppervlaktewater. Pathogene virussen worden belangrijker (Schijven *et al.*, 1995). Voor zwemgelegenheden is de norm voor enterovirussen met een factor 10 aangescherpt. Ook zal oppervlaktewater dat gebruikt wordt als drinkwater voor vee en voor besproeiing van gewassen aan microbiologische eisen moeten voldoen. Het gebruik van leidingwater is te kostbaar (Jonker 1996). Bovendien zouden langs sloten hekken moeten worden geplaatst, om het vee te verhinderen hieruit te drinken.

Voor de microbiologische reiniging van oppervlaktewater is gezocht naar een natuurlijke methode. *Euglena gracilis* is een alg die voorkomt in bemeste wateren met veel detritus, bacteriën en ammonium. De alg voedt zich met kleine deeltjes, zoals bacteriën (Huber-Pestalozzi, 1955) en waarschijnlijk ook virussen, die veelal aan kleine deeltjes zijn gebonden. Nu zijn er meer algen die zich voeden met bacteriën (*Mallomonas*, *Dinobryon* e.d.), maar vele groeien onvoldoende snel en kunnen niet altijd tegen verontreinigingen. Voor *Euglena* geldt dit niet. *Euglena gracilis* - een organisme dat zowel in het licht (autotroof) als in het donker (heterotroof) kan groeien - komt in aanmerking als geschikte bacterie- en viruseter. Mogelijk is door het creëren van een *Euglena*-vijver afvalwater te desinfecteren.

Het doel van dit onderzoeksvoorstel is na te gaan of de alg *Euglena gracilis*, of een andere *Euglena*-soort, geschikt is voor de zuivering van afvalwater van bacteriën en virussen. Andere pathogene organismen

(Windle-Taylor, 1978; Schleupen, 1996) worden voorlopig buiten beschouwing gelaten.



Figuur. 10.1. Microscopische foto van een *Euglena* -bloei in een sloot waarin gier.

Het unieke van *Euglena*

Euglena gracilis heeft eigenschappen, die bijzonder goed van pas komen voor het in werking stellen van een *Euglena*-vijver. De genoemde eigenschappen berusten op persoonlijke waarneming.

1. *Euglena gracilis* komt van nature veel voor in oppervlaktewater, met name in sloten met invloeden van mest. In niet-organisch belast water komen ze niet of nauwelijks voor.
2. In "*Euglena*-sloten" worden thermotolerante coli-bacteriën en faecale streptococci vrijwel niet aangetroffen en is het bacterie kiemgetal laag. *Euglena gracilis* lijkt dus een efficiënte bacterie- en mogelijk ook viruseter. De alg kan zich daarbij met behulp van flagellen actief naar bacteriën en viruspartikeltjes verplaatsen.
3. *Euglena* kan zowel in het licht, op een meer anorganisch medium, als ook in het donker, op een organisch medium groeien (Hutner *et al.*, 1966). De alg kan als de lichtinsentiteit onder water minder is, reageren door naar het licht toe te zwemmen. Deze eigenschappen maakt dat een *Euglena* -vijver, waarin wisselende lichtdoordringing voorkomt, minder storingsgevoelig is.
4. In tegenstelling tot veel andere algsorten kunnen *Euglena*'s zeer goed hoge ammoniumgehalten verdragen en benutten voor de groei. Dit is een gunstig neveneffect, daar afvalwater te hoge ammoniumgehalten bevat (Vries, de, 1996).

5. Een bloei van *Euglena's* wordt vaak aangetroffen in verontreinigde sloten. *Euglena* is dus een sterk organisme, bestand tegen restverontreinigingen, zoals mogelijk aanwezig in afvalwater en effluent.
6. *Euglena* groeit ook bij lagere temperaturen. Namelijk na een ijsperiode en in het voorjaar zijn sloten soms intens groen gekleurd tengevolge van een *Euglena* -bloei. *Euglena* kan ook vertoeven nabij de bodem. Beide eigenschappen hebben het voordeel dat door de *Euglena's* al voor het zomerseizoen wordt begonnen met de microbiologische zuivering van het fijne slib op de bodem, waarin pathogene bacteriën en virussen. Het effect is minder pathogenen in het oppervlaktewater, daar er minder nalevering plaats vindt vanuit de bodem.
7. Een *Euglena* -vijver is zo nodig te "ontalgen" door gebruik te maken van een aantal eigenschappen.
 - *Euglena* kan in dieper water bezinken.
 - *Euglena* kan zich actief naar het licht verplaatsen en is dus te leiden en daardoor te concentreren.
8. *Euglena* is een snelle groeier. De delingstijd is, afhankelijk van de groeiomstandigheden, minder dan een dag.
9. *Euglena* is een gemakkelijke groeier. Het is een stabiel organisme. Vermenigvuldiging vindt plaats door deling.
10. *Euglena's* blijven ook onder slechte voedingscondities wekenlang in leven. Dit betekent dat een *Euglena* -sloot of vijver niet snel door rotting gaat stinken.
11. *Euglena's* brengen zuurstof in het water. In een actieve *Euglena* -sloot wordt het toxische zwavelwaterstof niet aangetroffen.
12. *Euglena*-bloei komt ook voor in sloten met hoge en wisselende chloride gehalten (tot 1000 mg chloride/l). Dit betekent dat deze alg ook voor brakke wateren toepasbaar is.
13. *Euglena* kan tegen een lage zuurgraad (zie verder onder onderzoek. Bij het reinigen van de melktank wordt een zure spoeling gebruikt).
14. Gedroogde *Euglena's* zijn in een groeimedium weer te activeren en dus gemakkelijk aan een in te richten vijver toe te voegen.

Tot slot kan worden opgemerkt dat over de fysiologie van *Euglena* veel is geschreven (Huber-Pestalozzi, 1955, Buetow, 1968). Hierdoor zullen minder ongewenste verrassingen tijdens de proefnemingen optreden. Verder is het misschien mogelijk de alg *Euglena* te gebruiken als meststof, voedingsorganisme voor vee of, tengevolge van het bezit van bepaalde mineralen en vitamines, voor de verbetering van de gezondheid van mens en dier. Voorts is het niet uitgesloten dat *Euglena* schadelijke stoffen kan afbreken of kan accumuleren en op die manier aan het water kan onttrekken.

Onderzoek

Type afvalwater

Voor het kweken van *Euglena gracilis* bestaan diverse groeimedia (Buetow, 1968). De media bevatten behalve mineralen en sporenelementen ook een extra koolstofbron. Er zijn groeimedia met aminozuren, zoals glutamaat. Voorts zijn er media waaraan ureum is toegevoegd. Hoe heterotrofer de groei, hoe meer voedingsstoffen er aan het groeimedium zijn toegevoegd (Hutner *et al.*, 1966). Er bestaan diverse typen afvalwater die microbiologisch verontreinigd zijn. Kleine afvalwaterstromingen, die niet zijn aangesloten op het riool, zijn bijvoorbeeld verspreide lozingen van agrarische bedrijven, woningen. Soms is de bebouwing zodanig verspreid of zijn de condities van de ondergrond zodanig slecht dat het te duur is om ze aan te sluiten op het riool, zoals sommige campings, herstellingsoorden etc. Grote afvalwaterstromen zijn effluenten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Afhankelijk van de mate waarin en verder de functie van het ontvangend oppervlaktewater is de verontreiniging al dan niet acceptabel.

Voor onderzoek gaat de voorkeur in eerste instantie uit naar de zuivering van een afvalwaterstroom, waarin behalve pathogene micro-organismen, ook andere verontreinigende stoffen aanwezig zijn. Gekozen is voor het afvalwater van een melkrundveebedrijf.

Voorts komen effluenten van kleinschalige rioolwaterzuiveringsinrichtingen met geen optimale zuivering in recreatiegebieden of kleine woonwijken in aanmerking voor onderzoek.

Nazuiveren van het afvalwater van een (melk)rundveebedrijf.

Het afvalwater van een melkveehouderij bestaat uit huishoudelijk afvalwater en bedrijfsafvalwater. Voor dit laatste is de samenstelling afhankelijk van de activiteiten, waartoe:

- de melkwinning, waarbij afvalwater vrijkomt uit het reinigen van de melkinstallatie, de melktank en het schrobben van de stal;
- overige bedrijfsactiviteiten, waarbij afvalwaterstromen vrijkomen bij het reinigen van landbouwmachines, perssap bij inkuilen, maken van zuivelproducten, reinigen van voederbieten.

Gebaseerd op een gezin van vier personen en een waterverbruik van 135 liter per persoon per dag, bedraagt de totale dagelijkse hoeveelheid huishoudelijk afvalwater 540 liter. Afvalwater uit de melkwinning komt ook dagelijks vrij en levert het grootste volume bedrijfsafvalwater met

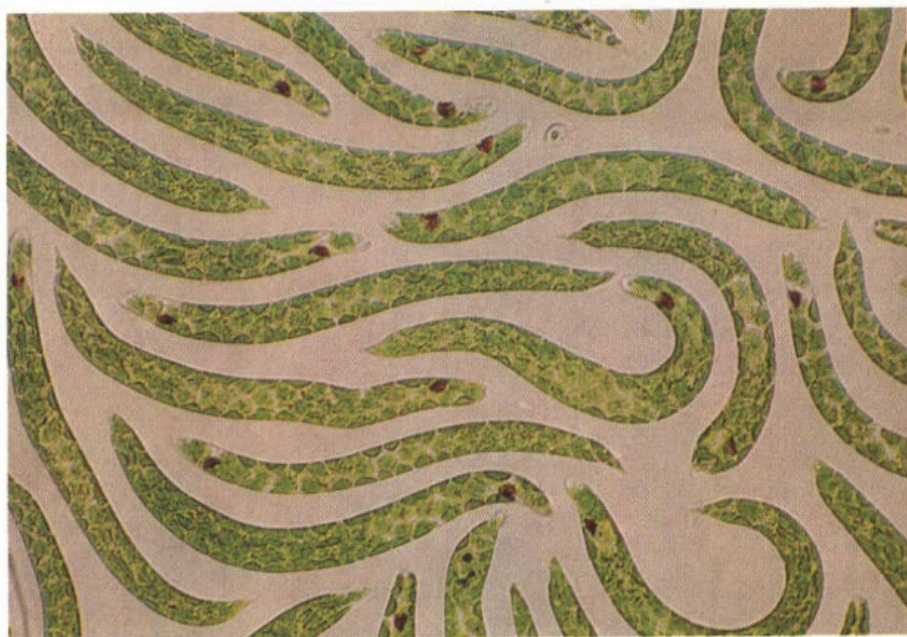
een min of meer constante samenstelling. De afvalwaterstromen uit overige activiteiten zijn van beperkte omvang (reinigen landbouwmachines en voederbieten), zijn door goede bedrijfsvoering goed te voorkomen (perssap), of zijn slechts van toepassing voor specifieke lokaties (zuivelproductie). De behandeling van huishoudelijk afvalwater wordt gekoppeld aan de mogelijkheden voor de behandeling van het bedrijfsafvalwater (Hermans, 1995). Daarbij wordt zoveel mogelijk gestreefd naar hergebruik van het bedrijfsafvalwater.

Nazuiveren van effluenten.

Effluent is behandeld afvalwater, waarin behalve pathogene micro-organismen, resten organische stof, fosfor, nitraat en ammoniumstikstof voorkomen. Effluent kan dus als basismedium dienen voor de groei van *Euglena gracilis*. Welke stoffen moeten worden toegevoegd voor optimale groei, is afhankelijk van de kwaliteit van het effluent.

Proeflokaties

1. Het Samenwerkingsverband Waterland is in 1995 gestart met het project "Waterzuivering rond boerenerven met helofytenfilters". Met dit voorbeeldproject wil men inzicht krijgen in de mogelijkheid van het gebruik van helofytenfilters als waterzuiveringssysteem bij veehouderijen op veengrond. Inmiddels wordt er een aantal van deze helofytensystemen aangelegd. Het is zinvol hierop aan te sluiten.
2. Op Texel wordt via een moerassysteem een deel van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinrichting in Eversteekoog nagezuiverd (Gleichman-Verheijen *et al.*, 1991; Schreijer en Kampf, 1995). Het lijkt zinvol om naast deze proef, waarbij nazuivering plaats vindt met hogere waterplanten, ook een *Euglena* -vijver in te richten. Hier worden gezien de beperkte hoeveelheid oppervlaktewater, het agrarisch gebruik en de vele recreanten op het eiland hoge eisen aan de kwaliteit van het effluent gesteld en zo ook microbiologisch. Deze lokatie komt in aanmerking, omdat er intensief wordt gemeten. Een kleine installatie met een lager zuiveringsrendement, verdient voor onderzoek de voorkeur. Naar een betere lokatie moet nog worden gezocht.



De alg Euglena (450), die mogelijk gebruikt kan worden voor desinfectie en nazuivering van afvalwater. [Foto: Hilda Canter-Lund, Ambleside, UK]*



*Drijflaag van het blauwwier *Microcystis aeruginosa* (STOWA-rapport 92-03)*



Wegvoeren van drijfslagen van blauwwieren door windinvloed vanuit twee havens aan het Braassemermeer (STOWA-rapport 92-03)

Werkzaamheden

1. De werkzaamheden zullen in eerste instantie bestaan uit het kweken van *Euglena gracilis* op agrarisch afvalwater en op effluenten van verschillende samenstelling onder laboratoriumcondities. Ten tijde van de proeven dienen metingen plaats te vinden van de groeisnelheid van de algen, het totaal kiemgetal, het E-coli kiemgetal en de afname van verontreinigende stoffen (= voedingsstoffen voor *Euglena*).
2. Indien de laboratorium proeven de gewenste uitkomsten geven, dat wil zeggen dat *Euglena* voldoende zuivert, dienen de veldexperimenten te worden voorbereid.
3. Vervolgens moet er een methode worden ontwikkeld voor het "ontalgen" van het water. Gedacht wordt de *Euglena's* te verzamelen via bezinking. Zo nodig kan de vijver worden verdiept en kan er gebruik worden gemaakt van achter elkaar geplaatste schotten. Hierdoor is er minder turbulentie in het water en tevens minder licht, waardoor de algen bezinken (zie bijvoorbeeld het systeem voor de bezinking van deeltjes bij de defosfateringsinrichting van het Naardermeer).

Sterke en zwakke punten van het onderzoeksvoorstel

Sterke punten

1. Desinfectie van effluenten met *Euglena gracilis* is milieuvriendelijk. Er vindt geen verkwisting van kostbare grondstoffen en energiebronnen plaats. Voorts ontstaan er geen toxische restprodukten, zoals bij de desinfectie van effluent met chloor.
2. IBA-systemen (systemen voor individuele behandeling van afvalwater) zijn voor bedrijven, die niet op de riolering kunnen worden aangesloten, momenteel sterk in ontwikkeling. Een *Euglena*-vijver sluit hierop aan.
3. Behalve dat het oppervlaktewater wordt gezuiverd op bacteriën en virussen, vindt ook zuivering plaats van reststoffen (organische stof, aminozuren, ureum, fosfor, ammonium e.d.). Daarbij brengt *Euglena* zuurstof in het afvalwater, waardoor minder risico op ongewenste vorming van zwavelwaterstof ontstaat.
4. Het benodigde onderzoek vraagt behalve een onderzoeker geen dure investeringen. Van een bestaande sloot kan een *Euglena* -vijver worden gemaakt, waarin een verdiept deel om de algen te laten bezinken en een pomp om de algen te verwijderen.

5. Met dit onderzoeksvoorstel krijgen de microbiologisch te stellen eisen aan oppervlaktewater, dat wordt gebruikt voor zwemwater, veedrenking en beregening, meer aandacht.

Zwakke punten

1. De methode is futuristisch en daardoor onzeker. Er is geen literatuur over *Euglena* -vijvers, wel over algenvijvers, maar deze hebben een andere doelstelling. Het zuiveringsrendement voor micro-organismen en verontreinigde stoffen (organische stof, aminozuren, ureum, fosfor, ammonium e.d.) is pas in te schatten na onderzoek.
2. De beheersbaarheid van een *Euglena* -vijver is, zoals van ieder biologisch systeem, onzeker daar men te maken heeft met levend materiaal.
3. De hydraulische zuiveringscapaciteit is ten opzichte van chemische methoden altijd beperkt. Voor effluenten is dit bezwaarlijk, als het om grote hoeveelheden afvalwater gaat. Daarentegen zijn er ook nog kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Voor de behandeling van bedrijfsafvalwater hoeft de capaciteit geen probleem te zijn, daar er minder aanbod van afvalwater is (540 liter huishoudelijk afvalwater en bedrijfsafvalwater, waarvan een deel bestemd is voor hergebruik).
4. Een goede indicator voor virussen is niet beschikbaar. Specifieke virus testen zijn kostbaar. Er wordt daarom gewerkt met bacteriofagen (Havelaar *et al.*, 1993).

Conclusie

Het experimenteren met *Euglena gracilis* als biologische zuiveraar is de moeite waard, daar er voor desinfectie geen goed alternatief is. Een onderzoeksplan - hoe onbekend de uitkomsten ook zijn - verdient daarom aandacht.

Literatuur

- Buetow, D.E. 1968. The Biology of *Euglena*, D.E. Buetow Ed., Acpr. New York and London, vol. I and II.
- Gleichman-Verheijen, E.C., W.H. van der Putten en L. van Liere, 1991. Afvalwaterzuivering met helofytenfilters in Nederland. Een haalbaarheidsstudie. Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Heteren. Limnologisch Instituut Nieuwersluis. 63 pp.
- Grabow, W.O.K., P. Coubrough, C. Hilner and B.W. Bateman, 1984. Inactivation of Hepatitis A virus, other enteric viruses and indicator organisms in water by chlorination. Wat. Sci. Tech. vol. 17, Amsterdam, pp. 657-664.
- Havelaar, A.H. en H.J. van Kranen, 1982. Symposium "Viruses and disinfection of water and waste water", een samenvatting. H2O (16), nr. 8 pp. 167-168.

- Havelaar, A.H., 1987. Zwemmen, gezondheid en desinfectie van lozingen. H₂O (20), nr. 22 blz. 543.
- Havelaar, A.H., M. van Olphen and Y. C. Drost, 1993. F-specific RNA bacteriophages are adequate models for enteric viruses in fresh water. Appl. Env. Microbiol. 59, p. 2956-2962.
- Hermans, P.G.B., 1995. Individuele behandeling van afvalwater uit melk(rund)veehouderijen. Witteveen en Bos in opdracht van Gewestelijke Raad voor Noord-Holland van het Landbouwschap provincie Noord-Holland. MT/cali/rap. 005. 27 pp.
- Hovenkamp-Obbema, I.R.M., 1995. Riolwaterzuiveringsinrichting Wervershoof. Water- en bodemkwaliteit in het omringend gebied en de verspreiding van het effluent. Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier. 32 pp.
- Huber-Pestalozzi, G., 1955. Die Binnengewässer. Band XVI, Teil 4. Das Phytoplankton des Süßwassers. Stuttgart.
- Hutner, S.H., A.C. Zahalsky, S. Aaronson, H. Baker and O. Frank, 1966. In Methods in Cell Physiology Volume II, p. 217.
- Jonker, P, 1996. Kwaliteit met bijsmaak. H₂O (29), nr. 8 pp. 227 - 230.
- Lauwaars, S.G., 1994. Desinfectie op Rijnlands awzi's. Hoogheemraadschap van Rijnland. 24 pp.
- Nationale Werkgroep Riolerings Waterkwaliteit, 1989. Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982 -1989. Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater. Publikatie van Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. 66 pp.
- Medema, G.J. en A.H. Havelaar, 1994. Micro-organismen in water: een gezondheidsrisico. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene Bilthoven. Rapportnummer 289202002. 20 pp.
- Schaaf van der, A., 1974. Water en waterbederf. Vakblad voor biologen 14, 54, pp. 224-230.
- Schijven, J.F., J.A. Annema, A.C.M. de Nijs, J.J.H. Theunissen en G. J. Medema, 1995. Enterovirussen in het oppervlaktewater in Nederland. Emissie en verspreiding berekend met PROMISE en WATNAT - Pilotstudie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene Bilthoven. Rapportnummer 289202006. 41 pp.
- Schleupen, E., 1996. *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia*. Literaturrecherche Wasser-Abwasser 137, nr.2 pp. 83-93.
- Schreijer, M. en R. Kampf, 1995. Nabehandeling van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem. Vooronderzoek. H₂O (28) nr. 11, p. 340.
- Versteegh, J.F.M., J. Neele en R.F.M.J. Cleven, 1993. Chloriet en chloraat in drinkwater: een desinfectie- of een milieuprobleem? H₂O (26), nr. 23 p. 678.
- Vries, de P.J.R., 1996. Mestbeleid en stikstofbeperkende maatregelen op rwzi's. Het Waterschap 81 (4) pp. 133 -137.
- Ward, B.K., and L.G. Irving, 1987. Virus survival on vegetables spray-irrigated with wastewater. Wat. Res. Vol. 1, pp. 57-63.
- Windle-Taylor, E., 1978. The relationship between water quality and human health: medical aspects. Royal Soc. Health J. 98, no. 3. pp. 121 -129.

Watermuziek in de Barok

La Dispute d'amour

Ter gelegenheid van: Jubileumsymposium STOWA
Plaats: De Eenhoorn, Amersfoort
Datum: 13 september 1996
Tijd: 14. 20 uur

Musici:

Traverso	<i>Sergio Lunansky</i>
Viool	<i>Hans Lub</i>
Zang	<i>Richard Prada</i>
Luit en theorbe	<i>Margriet Verzijl</i>
Clavecimbel	<i>Hajo Landheer</i>
Gamba	<i>Marco de Souza</i>

Programma:

Georg Friedrich Händel 1685-1759
Suite nr.3 in G. majeur uit de "Watermusic"

John Dowland 1562-1626
uit de "Book of Ayres"
"Go chrystal tears, like to the morning show'rs"
"Flow my tears fall from your springs"
"By a fountain where I lay"

George Philipp Telemann 1681-1767
Suite in C majeur uit "Wassermusik"
Ouverture.
Sarabande "Die Schlafende Thetis"
Bourree "Die erwachende Thetis"
Loure "Die verliebte Neptunus"
Gavotte "Spielende Najaden"
Harlequinada "Der schertzende Tritonus"
Menuet "Der angenehme Zephir"
Gigue "Ebbe und Fluth"
Canarie "Die Lustigen Bots Leute"

11. Gepubliceerde rapporten 1971-1996

STOWA-rapporten

rapport nr.	Titel
75-01	Oriënterend onderzoek naar de optimalisering van puntbeluchtersystemen: I. Samenvatting
75-02	Oriënterend onderzoek naar de optimalisering van puntbeluchtersystemen: II. Werkrapport
75-03	Volume correctie: I. Achtergrond en probleemstelling
75-04	Riolering en waterverontreiniging (probleemstelling)
76-01	Volume correctie: II. Onderzoek
76-02	Volume correctie: III. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen
77-01	Slibindikking: I. Literatuuronderzoek
78-01	Metten en bemonsteren van afvalwaterstromen: II. Afvoerrelaties in meetputten met Thomson meetschotten
79-01	Bedrijfsonderzoek rioolwaterzuiveringsinrichtingen: I. Nationaal standaardprogramma (eerste editie)
79-02	Bedrijfsonderzoek rioolwaterzuiveringsinrichtingen: II. Onderzoek
79-03	Vuiluitworp van rioolstelsels: I. Literatuuranalyse
79-04	Slibindikking door zwaartekracht. Grondslagen
79-05	Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: I. Bestrijding in transportleidingen
79-06	Slibontwatering tot meer dan 40% droge stof
79-07	Handleiding voor microscopisch slibonderzoek
79-08	Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: II. Behandeling van procesgassen - inventarisatie
80-01	Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: II. Behandeling van procesgassen - compostfiltratie en luchtwassing
80-02	Woordenlijst "Riolering en behandeling van afvalwater"
80-03	Verwijdering van zwevende stof uit effluent: I. Literatuuronderzoek
80-04	Vuiluitworp van rioolstelsels: II. Workshop 27/28 november 1980
80-05	Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingsystemen: I. Bepaling in rein water (reaeratiemethode)
80-06	Woningbezetting, waterverbruik en huishoudelijke waterverontreiniging
80-07	Analyse van zuiveringsslib op organochloorverbindingen en polychloorbiphenylen: I. Foutenbronnen
81-01	Overbelasting van nabezinktanks: I. Voorkoming van slibverlies met polyelektrolyten
81-02	Chemische defosfatering. Methoden en neveneffecten
81-03	Voorkomen en bestrijden van licht slib. De rol van de biosorptie
81-04	Puntbeluchters in vierkante aërietanks: I. Optimalisering van het zuurstofinbreng-rendement
81-05	Slibontwatering: I. Aard van de waterbinding in slib (literatuur)
81-06	Slibontwatering: II. Slibeigenschappen en resultaten van slibverwerkings-apparatuur (literatuur)

- 81-07 Slibontwatering: III. Optimalisering van slibontwatering met polyelektrolyt - Zeefbandpersen - aëroob slib
- 81-08 Slibontwatering: III. Optimalisering van slibontwatering met polyelektrolyt - Zeefbandpersen - uitgestort slib
- 81-09 Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 81-10 Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces: I. Literatuur
- 81-11 Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces: II. Ronde nabezinktanks - Ontwerpgegevens en bedrijfservaring
- 81-12 Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces: II. Ronde nabezinktank - Praktijkonderzoek
- 81-13 Sturing en regeling van de zuurstofinbreng in het actief-slibproces: I. Literatuur en inventarisatie
- 81-14 Atlas van micro-organismen en vlokstructuren in actiefslib
- 81-15 Hinderweteisen en rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 81-16 Relatie CZV/BZV5 en slibproductie
- 82-01 Slibontwatering: IV. Zeefbandpersen-slibkarakterisering, keuze en optimaal gebruik van poly-elektrolyt (Handleiding)
- 82-02 Slibindikking: II. Praktijkonderzoek
- 82-03 Geluid van puntbeluchters
- 82-04 Compost en zwarte grond uit zuiveringsslib: I. Systemen, technologie en ervaring (inventarisatie)
- 82-05 Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: III. Afdekking van installatieonderdelen (constructies en materialen)
- 82-06 Desinfectie van zuiveringsslib
- 83-01 Slibontwatering: V. Filterpersen - slibkarakterisering en optimaal gebruik van anorganische chemicaliën - onderzoek
- 83-02 Slibontwatering: VI. Filterpersen - slibkarakterisering en optimaal gebruik van anorganische chemicaliën - handleiding
- 83-03 Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces: II. Ronde nabezinktanks - Ruimer- en inloopconstructies
- 83-04 Verwijdering van zwevende stof uit effluent: II. Snelfiltratie en microzeving (praktijkproeven)
- 83-05 Slibontwatering in lagunes: I. Systemen, technologie en ervaring (inventarisatie)
- 83-06 Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces: III. Rechthoekige nabezinktanks (Inventarisatie en praktijkonderzoek)
- 83-07 Energie uit gistingsgas. Toetsing van ontwerpgrondslagen
- 84-01 Analyse van zuiveringsslib op organochloorverbindingen en polychloorbiphenylen: II. Minimalisering van foutenbronnen en analysevoorschrift
- 84-02 Windenergie op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: I. Mechanische toepassingen
- 84-03 ontbreekt
- 84-04 Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen: II. De heliummeetmethode
- 84-05 Milieueffecten van afvalwaterbehandeling
- 84-06 Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwater beïnvloed binnenwater (interimverslag)
- 85-01 Zuiveringsslib in de akkerbouw
- 85-02 Optimalisatie van de gistingsgasproductie
- 85-03 Sturing en regeling van de zuurstofinbreng in het actief-slibproces: II. Praktijkonderzoek aan propstroomsystemen

- 85-04 Het inwonerequivalent getoetst
- 85-05 Veiligheid op rwzi's (Uitgave 1985)
- 85-06 Compost en zwarte grond uit zuiveringslib: II. Procesparameters en bedrijfsvoering (praktijkonderzoek)
- 85-07 Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: IV. Sproeiinstallaties in afgedekte ruimten
- 85-08 Meten en bemonsteren van afvalwaterstromen: III. Minimalisering put-afmetingen (rechthoekige scherpe overlaten)
- 85-09 Meten en bemonsteren van afvalwaterstromen: IV. Minimalisering put-afmetingen (venturimeetgoten)
- 85-10 Energiehuishouding op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: I. Besparing door kleine gasmotoren
- 85-11 Denitrificatie
- 85-12 De zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater: I. Berekening uit productie- en verbruiksgegevens
- 86-01 Zware metalen in zuiveringsslib in grond en gewas. Literatuur-evaluatie
- 86-02 Analyse van zuiveringsslib op polycyclische aromatische koolwaterstoffen: I. Onderzoek en analysevoorschrift
- 86-03 Bedrijfsonderzoek rioolwaterzuiveringsinrichtingen: III. Nationaal standaardprogramma (editie 1986)
- 86-04 Ontwikkeling van een slib-op-dragersysteem voor de aerobe zuivering van stedelijk afvalwater; uitgebreid werkrapport
- 86-05 Compost en zwarte grond uit zuiveringsslib: III. Evaluatie van Nederlandse ervaringen
- 86-06 Ontwikkeling van een algengroei-potentietoets voor oppervlaktewater en afvalwater
- 86-07 Afvalwaterzuiveringsinrichtingen van industrie en overheid. De kosten getoetst
- 86-08 Energiebesparing op carrousels en oxydatiesloten
- 87-01 Ontwikkeling van een slib-op-dragersysteem voor de aerobe zuivering van stedelijk afvalwater
- 87-02 Mogelijkheden van slib-op-dragersystemen voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater (literatuurstudie)
- 87-03 Slibwaterscheiding. Verkenning van alternatieven voor nabezinking
- 87-04 Windenergie op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: II. Electriciteitsopwekking
- 87-05 Capaciteitsvergroting van rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 87-06 Slibontwatering in lagunes: II. Procesparameters en bedrijfsvoering (praktijkonderzoek)
- 88-00 Vergaande fosfaatverwijdering door vlokingsfiltratie (een semi-technisch onderzoek)
- 88-01 Vereenvoudiging van kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 88-02 Keuze en kosten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen als functie van effluent-eisen
- 88-03 Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib
- 88-04 Bodemslib en waterkwaliteit. Inventarisatie van onderzoek
- 88-05 Compendium slibverbranding
- 88-06 Waterkwaliteitsbeoordeling van genormaliseerde beken met behulp van macrofauna (systeem ook op diskette leverbaar)
- 88-07 Verwerking van dierlijke meststoffen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. (Oriënterend onderzoek)

- 89-01 Landbouw en waterkwaliteit
- 89-02 Toepassing van blokdestruïe bij de CZV-bepaling van afvalwater
- 89-03 Zuurstofvariatie in Nederlandse watertypen in relatie tot biologische waterkwaliteitscriteria
- 89-04 Capaciteitsvergroting van carrouzels
- 89-05 Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwater beïnvloed binnenwater
- 89-06 Waterkwaliteitsbeoordeling van boezem- en polderwateren (Voorstudie)
- 90-01 Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingsystemen: III. Voorschrift heliummeetmethode
- 90-02 Stortbaarheidscriteria voor zuiveringsslib
- 90-03 Evaluatie destructiemethoden voor bepaling van kwik in zuiveringsslib en waterbodems
- 91-01 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: meren en plassen - I. Karakterisering van meren op basis van visstandgegevens
- 91-02 Compendium slibdroging
- 91-03 Werking en neveneffecten van simultane defosfatering in actief-slibsystemen
- 91-04 Verstopping van beluchtingselementen: I. Mogelijke relatie met simultane defosfatering?
- 91-05 Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen: II. Inventarisatie en praktijkervaringen
- 91-06 Evaluatie van enzymtoepassingen bij slibverwerking
- 91-07 Handleiding biologische fosfaatverwijdering
- 91-08 Stikstof- en fosfaatverwijdering; pilotplant onderzoek rwzi Ede
- 91-09 Verzouting van effluent door fosfaatverwijdering
- 91-10 Chemicaliën voor P- en N-verwijdering. Marktanalyse
- 92-01 Drijfslagen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Verkennend onderzoek
- 92-02 Bepaling van de lutumfractie in waterbodems
- 92-03 Bestrijding van overlast door drijfslagen van blauwwieren
- 92-04 Invloed van drinkwaterontharding op de P- en N-verwijdering uit afvalwater
- 92-05 Nageschakelde filtratie met een Dynasandfilter: I. Experimenten op de rwzi Westerbork
- 92-06 Dimensioneringsgrondslagen voor biologische P-verwijdering in de sliblijn
- 92-07 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: stromende wateren - I. Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna
- 92-08 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: stromende wateren - II. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor stromende wateren
- 92-09 Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos - I. Literatuur
- 92-10 Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos - II. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van beheersbaarheid
- 92-11 Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor
- 92-12 Simultane defosfatering met hoge Me/P-verhoudingen
- 92-13 Optimalisering van grote nabezinktanks: I. Literatuurstudie modellen
- 92-14 Optimalisering van grote nabezinktanks: II. Modellering van de fysische processen
- 92-15 Biologische defosfatering RWZI Bennekom

- 92-16 Overzicht Nederlandse Publikaties 1992: Hydrologie, Waterhuishouding en Afvalwaterzuivering
- 92-17 Jaarverslag STOWA 1992
- 93-01 P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet
- 93-02 Simultane defosfatering met ijzersulfaat: I. De rol van hydraatwater bij de bepaling van de nitrificatiecapaciteit.
- 93-03 Biologische fosfaatverwijdering: I. Randvoorwaarden voor een goed rendement
- 93-04 Monitoren voor P en N
- 93-05 Voordenitrificatie onderzoekstestresultaten en praktijkrichtlijnen
- 93-06 Handboek Chemische P-verwijdering
- 93-07 Handboek stikstofverwijdering
- 93-08 De uitloogbaarheid van reststoffen van de slibverwerking
- 93-09 Defosfatering met Fe-zouten en anaërobe slibgisting
- 93-10 Invloed van P- en N-verwijdering op de bezinkeigenschappen van actief slib
- 93-11 Overzicht en evaluatie van het programma PN-1992
- 93-12 Onderzoekplan 1995 -1999: I. Opgesteld door de Strategiecommissie 1993
- 93-13 Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen: I. Evaluatie praktijkonderzoek
- 93-14 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: sloten - I. Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën
- 93-15 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: sloten - II. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor sloten
- 93-16 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater:
Deelproject: meren en plassen - II. Beoordelingssysteem voor meren en plassen op basis van vegetatie en fytoplankton
- 93-17 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater:
Deelproject: meren en plassen - III. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor meren en plassen
- 93-18 Optimalisering van grote nabezinktanks: III. Bedrijfservaringen en literatuur
- 93-19 Optimalisering van grote nabezinktanks: IV. Metingen aan ruimer en deflectieschot
- 94-01 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: kanalen - I. Beoordelingssysteem van kanalen op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën en fytoplankton
- 94-02 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater.
Deelproject: kanalen - II. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor kanalen
- 94-03 Reductie van het kwikverbruik bij de CZV-bepaling
- 94-04 Bedrijfstakonderzoek stankbestrijding rwzi's: I. Onderzoekresultaten
- 94-05 Bedrijfstakonderzoek stankbestrijding op rwzi's
- 94-06 De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1994
- 94-07 De HYDROTREEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1993
- 94-08 PRIMAVERA-Prioriteitsstelling van beheersmaatregelen uit oogpunt van milieurendement - I. Wetenschappelijke verantwoording van het systeem
- 94-09 PRIMAVERA-Prioriteitsstelling van beheersmaatregelen uit oogpunt van milieurendement - II. Handleiding bij het systeem

- 94-10 Sturing in het waterbeheer; Optimalisatie in operationele waterbeheersing - I. Inventarisatie
- 94-11 Een voorgeschakeld anaërobe tank bij biologische defosfatering in de hoofdstroom
- 94-12 Compendium toepassing van drinkwaterslib op rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 94-13 Handboek Debietmeten voor open waterlopen
- 94-14 Arbo-omstandigheden op rioolwaterzuiveringsinrichtingen
- 94-15 Evaluatie van systemen voor het defosfateren van oppervlaktewater
- 94-16 Dimensioneren van selectoren: I. De rol van influent karakterisering
- 94-17 Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor: I. Flankerend fundamenteel onderzoek
- 94-18 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: diepe zand-, grind- en kleigaten - I. Beoordelingssysteem voor diepe zand-, grind- en kleigaten op basis van macrofyten, fyto- en zoöplankton en epifytische diatomeeën
- 94-19 Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: diepe zand-, grind- en kleigaten - II. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor diepe zand-, grind- en kleigaten
- 94-20 Fosfaatverwijdering korrelreactor: I. Calcium phosphate precipitation in a fluidized bed (thesis TU Delft)
- 94-21 Jaarverslag STOWA 1993
- 95-01 Modelleren van actief slibsystemen
- 95-02 Bedrijfstakonderzoek akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven
- 95-03 Beken stromen. Een leidraad voor ecologisch beekherstel
- 95-04 STOWA/Unie Stekkerdoos Water
- 95-05 Jaarverslag STOWA 1994
- 95-06 De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1995
- 95-07 De HYDROTREEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1994
- 95-08 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: I. Evaluatie van Nederlandse praktijkonderzoeken
- 95-09 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: II. Praktijkonderzoek aan de Membraan-bioreactor bij de slibverwerkingsinstallatie Sluisjesdijk
- 95-10 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: III. Praktijkonderzoek aan de driefasen-airliftreactor bij de rwzi Utrecht
- 95-11 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: IV. Praktijkonderzoek aan stoomstrippen met dampverdichting bij de rwzi Amsterdam-Oost
- 95-12 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: V. Praktijkonderzoek aan lucht- en stoomstripinstallaties bij de rwzi Utrecht
- 95-13 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: VI. Praktijkonderzoek aan het MAP/CAFR-proces bij de rwzi Utrecht
- 95-14 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: VII. Afzetmogelijkheden voor de reststoffen van stripper- en MAP-proces
- 95-15 Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's: VIII. Praktijkonderzoek aan de membraan-bioreactor bij het slibverwerkingsbedrijf Sluisjesdijk
- 95-16 Onderzoek om toe te passen
- 95-17 Onderzoek naar de milieubezwaarlijkheid van polyelectrolyten in rwzi's

- 95-18 Slibverwerking bij biologische defosfatering
- 95-19 Toepassing van de HSA-dimensioneringsmethode voor Ntot-verwijdering onder Nederlandse omstandigheden
- 95-20 Inventarisatie van koolstofrijke afvalstromen
- 96-01 Enkelvoudig reactorsysteem voor ammonia verwijdering via nitriet
- 96-02 Bedrijfstakonderzoek stankbestrijding op rwzi's: I. Handleiding voor het vaststellen van geuremissies bij rwzi's. Tweede editie
- 96-03 RAM, Neerslag Afvoer Module - handleiding
- 96-04 STOWA/Unie stekkerdoos water, definitieve uitwisselingsformaat
- 96-05 Jaarverslag STOWA 1995
- 96-06 De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1996
- 96-07 De HYDROTHEEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1995
- 96-08 Methoden voor influentkarakterisering. Inventarisatie en richtlijnen
- 96-09 Metingen aan rioelstelsels en oppervlaktewater: I. Leidraad voor metingen en meetprogramma's
- 96-10 Metingen aan rioelstelsels en oppervlaktewater: II. Eenvoudige metingen en waarnemingen
- 96-11 Aansluiting van nieuwe afvalwaterbronnen op riolering en rwzi: I. Haalbaarheidsonderzoek
- 96-12 De HYDROTHEEK, Overzicht Nederlandse en Internationale tijdschriften
- 96-13 ORPHEUS 2.0; Vernieuwd instrument voor de bepaling van stoftransport uit baggerspeciedepots: Oppervlaktewaterkwaliteit, grondwaterkwaliteit
- 96-14 RAM, Neerslag Afvoer Module - technisch ontwerp
- 96-15 Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling
- 96-16 Relatie tussen bestrijdingsmiddelen en biota in oppervlaktewater - een haalbaarheidsstudie naar toepassingmogelijkheden van multivariate analysetechnieken
- 96-17 Evaluatie anti-verdrogingsprojecten REGIWA

nr. **SAMWAT/STOWA serie**

- 1 Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, 1987
- 2 The SAMWAT database for computer models in water management
- 3 Kwaliteit van meetgegevens, 1988
- 4 Beleidsanalyse voor het Nederlandse waterbeheer, 1989
- 5 Specificaties voor meetssystemen in het waterbeheer, 1989
- 6 Sturing in het waterbeheer, 1990
- 7 Komputermodellen in het waterbeheer, het SAMWAT-modellenbestand, 1991
- 8 Beleidsanalyse in het waterbeheer, 1992
- 9 Modelleren op maat, 1993
- 10 Automatisering van de waterbeheersing, 1995
- 11 25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer; jubileumsymposium STOWA 13 september 1996, 1996
-

RWZI 2000 rapporten

- R/89-01 Slibontwatering (een voorstudie)
- R/89-02 Knelpunten bij de invoering van defosfatering
- R/89-03 Selectieve verwijdering van zware metalen uit ruw rioolwater met behulp van een magneetsysteem (Samenvattend rapport)
- R/89-04 Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse
- R/89-05 Hydrolyse van zuiveringsslib in combinatie met anaërobe vergisting
- R/89-06 Het drogen van zuiveringsslib met het Carver-Greenfieldproces
- R/89-07 Natte oxydatie van zuiveringsslib met het Vertechsysteem
- R/89-08 Symposium RWZI-2000
- R/90-01 Jaarverslag 1989
- R/90-02 AB-systemen (een inventarisatie)
- R/90-03 Vergisting van aëroob gestabiliseerd slib
- R/90-04 Het afleiden van procestechnologische relaties uit bedrijfsgegevens van rwzi's
- R/90-05 Automatische regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks
- R/90-06 Verkenning bio-denitro/bio-denitro
- R/90-07 Linpor-sponsjes als dragermateriaal bij de aërobe zuivering van rioolwater
- R/91-01 Jaarverslag 1990
- R/91-02 Deep Shaft-systemen
- R/91-03 Perspectives for the utilization of membrane-assisted sludge retention in municipal waste water treatment plants
- R/92-01 Jaarverslag 1991
- R/92-02 Vergisten van zuiveringsslib. Een vergelijking tussen thermofiele en mesofiele slibgisting
- R/92-03 First Dutch-Japanese Workshop on the treatment of municipal waste water Part I
- R/92-03 First Dutch-Japanese Workshop on the treatment of municipal waste water Part II
- R/92-04 Biologische fosfaatverwijdering in combinatie met een korrelreactor
- R/92-05 Anaërobe behandeling van stedelijk afvalwater in Nederland
- R/92-06 Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste aktiefslibinstallatie
- R/92-07 Ontwikkeling van een slib-op-drager systeem voor de aerobe zuivering van stedelijk afvalwater
- R/92-08 Behandeling van stedelijk afvalwater met het schachtreactorsysteem
- R/92-09 Stikstofverwijdering uit interne stromen op rwzi's
- R/93-01 Jaarverslag 1992
- R/93-02 Onderzoek demonstratie-installaties magnetische defosfatering
- R/93-03 Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater: I. Microbiële aspecten
- R/94-01 Jaarverslag 1993
- R/94-02-1 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel I: Samenvattend verslag
- R/94-02-2 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel II: Flocculatiemechanismen
- R/94-02-3 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel III: Filtratie-expressie modellering

- R/94-02-4 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel IV: Filtratie-expressie experimenten
- R/94-02-5 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel V: Slib-water binding
- R/94-02-6 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel VI: Karakterisering van slibben
- R/94-02-7 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel VII: Ontwikkeling nieuw CST-apparaat
- R/94-02-8 Fundamentele aspecten van slibontwatering - Deel VIII: Congresbijdragen
- R/94-03 Fundamenteel onderzoek vermindering slibproductie
- R/94-04 Alternatieven voor de slibretentie bij hooggesuspendeerde waterzuiveringssystemen
- R/94-05 Evaluatie van het onderzoekprogramma 'RWZI 2000'
- R/94-06 Aerobe biofilm op gesuspendeerde drager tbv waterzuivering
- R/94-07 Het uittesten van de filtratie-expressiecel in de praktijk
- R/94-08 Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater; modellering
- R/94-09 Mogelijkheden tot optimalisatie van de biologische stikstofeliminatie
- R/94-10 Compactsystemen voor de behandeling van stedelijk afvalwater
- R/94-11 Behandeling van stedelijk afvalwater met het drieslibssortensysteem
- R/94-12 Biological phosphate removal under denitrifying conditions

Werkrapporten

- R/87-01w Ontwikkeling van een slib-op-dragersysteem voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater: Verkennend onderzoek in een drie-fasen-airliftreactor (Samenvattend rapport)
 - R/87-07w Elektro-akoustisch ontwateren van zuiverings-slib en varkensdrijfmest I. De haalbaarheid van het Batelle E.A.D.-proces
 - R/91-01w Pilot - Plan onderzoek naar biologische N- en P-verwijdering op de rwzi Eindhoven
 - R/91-02w IAWPCR Sludge management conference (8 t/m 12 januari 1990 te Los Angelos)
 - R/91-04w Inventarisatie slibgehaltemeters voor rwzi's
 - R/91-05w De invloed van interne stromen op de stikstof huishouding bij rwzi's
 - R/92-01w Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laag belaste actief slibinstallatie (rwzi Bergambacht) meetresultaten fase 1, 2 en 3
 - 94-W-01 Optimalisering van grote nabezinktanks (Vooronderzoek naar de mogelijkheden van modellering van de stromingprocessen)
 - 94-W-02 Optimalisering van afvalwatersystemen (Probleemverkenning)
 - 94-W-03 Ervaringen en plannen met P- en N-verwijdering
 - 95-W-01 Geuremissiekentallen van voorbezinktanks
-

NWRW rapporten

1984 - 1.1	Overstortsituaties in Nederland
1984 - 2.1	Ervaringen bij waterkwaliteitsbeheerders
1984 - 3.1	Randvoorzieningen aan rioolstelsels
1986 - 4.1	Regionale verschillen in neerslaggebeurtenissen
1986 - 4.2	Rioleringsmodellen, theorie en praktijk
1986 - 7.1	Verhard oppervlak en watervuiling; literatuur-onderzoek
1986 - 8.4.1	Toepassingsmogelijkheden verbeterde overstortputten
1987 - 4.4	Regenmeters
1987 - 5.1	Interimrapport vuiluitworp uit rioolstelsels
1987 - 6.1	Slib in rioolstelsels; inventariserend onderzoek
1987 - 8.1	Onderzoek bergbezinkbassin Amersfoort
1987 - 8.2	Onderzoek bergbezinkbassin Kerkrade
1987 - 10.1	Invloed overstortwater vijver te Loenen; eindrapport
1987 - 10.1.1	Loenen; natuurlijke, fysisch-chemische waterkwaliteit
1987 - 10.1.2	Loenen; dynamica en massabalansen
1987 - 10.1.3	Loenen; bacteriologie en sediment
1987 - 10.1.4	Loenen; hydrobiologische effecten
1987 - 11.1	Waterhuishoudkundige maatregelen; literatuur-onderzoek
1988 - 11.2	Waterhuishoudkundige maatregelen; praktische oplossingen
1988 - 12.1	Literatuuronderzoek microverontreinigingen
1989	Evaluerend eindrapport
1989 - 8.5	Rioolstelsels met en zonder bergbezinkbassins
1989 - 10.2	Invloed overstortwater sloot te Bodegraven; hoofdrapport
1989 - 10.2.1	Bodegraven; fysisch-chemische kwaliteit
1989 - 10.2.2	Bodegraven; biologische kwaliteit
1990 - 4.3	Neerslag-inloop-overstormodel
1990 - 5.2	De vuiluitworp van gemengde rioolstelsels
1990 - 5.3	De vuiluitworp van gescheiden rioolstelsels
1990 - 6.2	Processen in rioolstelsels; praktijkonderzoek
1990 - 6.2.1	Processen in rioolstelsels; onderzoeksmethoden
1990 - 7.2.1	Afkoppelen verharde oppervlakken kwalitatieve aspecten
1990 - 7.2.2	Afkoppelen verharde oppervlakken afkoppel-technieken
1990 - 7.2.3	Afkoppelen verharde oppervlakken leidraad
1990 - 8.3	Rendement randvoorzieningen werveloverstortput Goes
1990 - 8.4.2	Rendement randvoorzieningen overstortput
1990 - 9.1	Effecten van emissies op oppervlaktewater - hoofdrapport
1990 - 9.1.1	Effecten van emissies op oppervlaktewater - bijlagen
1990 - 9.2	Effecten van emissies op oppervlaktewater - locatierapporten
1990 - 10.3.1	Overstortingen en sediment gedrag van zware metalen
1990 - 10.3.2	Overstortingen en sediment nutriënten en mineralisatie

12. S T O W A-publicaties per onderwerp

Lijst d.d. augustus 1996
(prijzen inclusief BTW en verzendkosten)

Publikaties kunt u uitsluitend bestellen bij Hageman Verpakkers bv
Postbus 281

2700 AC Zoetermeer
tel. 079 - 3611188
fax. 079 - 3613927

o.v.v. ISBN- of rapportnummer en een duidelijk afleveradres.
*** zijn nog niet gepubliceerd ***

STOWA-rapporten

<i>code</i>	<i>onderwerp/ rapporttitel (ISBN-nummer)</i>	<i>prijs</i>
	<i>beleidsvoorbereiding</i>	
	Volumecorrectie:	
75-03	I Achtergrond en probleemstelling	f 20
76-01	II Onderzoek	f 20
76-02	III Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	f 20
80-06	Woningbezetting, waterverbruik en huishoudelijke waterverontreiniging	f 20
85-04	Het inwonerequivalent getoetst	f 20
	De zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater. Berekening uit productie- en verbruiksgegevens	f 20
85-12	Onderzoekplan 1995 -1999. Opgesteld door Strategiecommissie 1993	f 10
93-12	Overzicht Nederlandse Publikaties 1992; Hydrologie, Waterhuishouding en Afvalwaterzuivering	f 10
92-16	Jaarverslag STOWA 1992	f 10
92-17	De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1994 (ISBN: 90.74476.05.8)	f 10
94-06	De HYDROTHEEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1993 (ISBN: 90.74476.04.x)	f 10
94-07	Jaarverslag STOWA 1993	f 10
94-21	Jaarverslag STOWA 1994 (ISBN: 90.74476.24.4)	f 10
95-05	De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1995 (ISBN: 90.74476.23.6)	f 10
95-06	De HYDROTHEEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1994 (ISBN: 90.74476.22.8)	f 10
95-07	Onderzoek om toe te passen	f 10
95-16	***Jaarverslag STOWA 1995*** (ISBN: 90.74476.44.9)	f 10
96-05	De STOWABASE, Overzicht lopend onderzoek waterbeheerders 1996 (ISBN: 90.74476.45.7)	f 10
96-06	***De HYDROTHEEK, Overzicht Nederlandse publikaties 1995*** (ISBN: 90.74476.46.5)	f 10

- 96-12 *** Overzicht Nederlandse en Internationale tijdschriften*** (ISBN: 90.74476.51.1) f 10
 96-17 Evaluatie anti-verdrogingsprojecten REGIWA (NOVrapport)

zuivering van afvalwater - effect op andere milieucomponenten

- Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen:
- 79-05 1. Bestrijding in transportleidingen f 20
 2. Behandeling van procesgassen:
 79-08 - (inventarisatie) f 20
 80-01 - (compostfiltratie en luchtwassing) f 20
 82-05 3. Afdekking van installatieonderdelen (constructies en materialen) f 20
 85-07 4. Sproeiinstallaties in afgedekte ruimten f 20
 81-15 Hinderweteisen en rioolwaterzuiveringsinrichtingen f 20
 82-03 Geluid van puntbeluchters f 30
 84-05 Milieueffecten van afvalwaterbehandeling f 20
 Bedrijfstakonderzoek stankbestrijding rwzi's
 94-04 1. Onderzoeksresultaten (ISBN: 90.74476.07.4) f 50
 Bedrijfstakonderzoek stankbestrijding op rwzi's
 96-02 Handleiding voor het vaststellen van geuremissies bij rwzi's. Tweede editie (ISBN: 90.74476.41.4) f 30
 96-17 ***Hinderonderzoek en bedrijfseffecten toets bij rwzi's*** f

inzameling en transport van afvalwater

- Meten en bemonsteren van afvalwaterstromen:
- 78-01 II Afvoerrelaties in meetputten met Thomson meetschotten f 20
 85-08 III Minimalisering put-afmetingen (rechthoekige scherpe overlaten) f 30
 85-09 IV Minimalisering put-afmetingen (venturimeetgoten) f 30
 Vuiluitworp van rioolstelsels.
 79-03 1. Literatuuranalyse f 20
 80-04 2. Workshop 27/28 november 1980 f 20
 80-02 Woordenlijst "Riolering en behandeling van afvalwater" f 20
 Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater
 96-09 1. Leidraad voor metingen en meetprogramma's f 30
 (ISBN: 90.74476.48.1)
 96-10 2. Eenvoudige metingen en waarnemingen f 30
 (ISBN: 90.74476.49.x)
 Aansluiting van nieuwe afvalwaterbronnen op riolering en rwzi
 96-11 1. Haalbaarheidsonderzoek (ISBN: 90.74476.50.3) f 30

zuiveringstechniek-beluchting

- Oriënterend onderzoek naar de optimalisering van puntbeluchtersystemen:
- 75-01 I Samenvatting f 20
 75-02 II Werkrapport f 20
 81-04 Puntbeluchters in vierkante aëratietanks. Optimalisering van het zuurstofinbrengrendement f 20
 Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen:
 80-05 1. Bepaling in rein water (reaeratiemethode) f 20
 84-04 2. De heliummeetmethode f 30
 90-01 3. Voorschrift heliummeetmethode f 30
 Sturing en regeling van de zuurstofinbreng in het actief-slibproces:
 81-13 1. Literatuur en inventarisatie f 30
 85-03 2. Praktijkonderzoek aan propstroomssystemen f 20

zuiveringstechniek-energie

81-09	Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen	f 30
83-07	Energie uit gistingsgas. Toetsing van ontwerpgrondslagen Windenergie op rioolwaterzuiveringsinrichtingen:	f 30
84-02	1. Mechanische toepassingen	f 20
87-04	2. Electriciteitsopwekking	f 20
85-02	Optimalisatie van de gistingsgasproductie Energiehuishouding op rioolwaterzuiveringsinrichtingen.	f 30
85-10	1. Besparing door kleine gasmotoren	f 30
86-08	Energiebesparing op carrousels en oxydatiesloten	f 20
 zuiveringstechniek-zuiveringsprocessen		
79-07	Handleiding voor microscopisch slibonderzoek Verwijdering van zwevende stof uit effluent:	f 20
80-03	1. Literatuuronderzoek	f 20
83-04	2. Snelfiltratie en microzeving (praktijkproeven)	f 20
81-02	Chemische defosfatering. Methoden en neveneffecten	f 20
81-03	Voorkomen en bestrijden van licht slib. De rol van de biosorptie	f 20
81-14	Atlas van micro-organismen en vlokstructuren in actiefslib	f 20
81-16	Relatie CZV/BZV5 en slibproductie	f 20
85-11	Denitrificatie	f 20
87-02	Mogelijkheden van slib-op-dragersystemen voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater (literatuurstudie)	f 30
87-05	Capaciteitsvergroting van rioolwaterzuiveringsinrichtingen	f 30
88-00	Vergaande fosfaatverwijdering door vlokkingfiltratie (een semi- technisch onderzoek)	f 20
88-03	Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib	f 30
88-07	Verwerking van dierlijke meststoffen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. (Oriënterend onderzoek)	f 20
89-04	Capaciteitsvergroting van carrousels	f 20
91-03	Werking en neveneffecten van simultane defosfatering in actief- slibsystemen	f 30
91-04	Verstopping van beluchtingselementen. Mogelijke relatie met simultane defosfatering?	f 20
91-05	Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen. Inventarisatie en praktijkervaringen	f 30
91-07	Handleiding biologische fosfaatverwijdering	f 50
91-08	Stikstof- en fosfaatverwijdering; pilotplant onderzoek rwzi Ede	f 20
91-09	Verzouting van effluent door fosfaatverwijdering	f 20
91-10	Chemicaliën voor P- en N-verwijdering. Marktanalyse	f 20
92-01	Drijfslagen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Verkennend onderzoek	f 30
92-04	Invloed van drinkwaterontharding op de P- en N-verwijdering uit afvalwater	f 30
92-05	Nageschakelde filtratie met een Dynasandfilter. Experimenten op de rwzi Westerborg	f 30
92-06	Dimensioneringsgrondslagen voor biologische P-verwijdering in de sliblijn	f 20
92-12	Simultane defosfatering met hoge Me/P-verhoudingen	f 30
92-15	Biologische defosfatering RWZI Bennekom	f 20
93-01	P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet	f 30
93-02	Simultane defosfatering met ijzersulfaat. De rol van hydraatwater bij de bepaling van de nitrificatiecapaciteit.	f 30
93-03	Biologische fosfaatverwijdering. Randvoorwaarden voor een goed rendement	f 30
93-04	Monitoren voor P en N	f 30
93-05	Voordenitrificatie onderzoekstestresultaten en praktijkrichtlijnen	f 30

93-06	Handboek Chemische P-verwijdering	f 50
93-07	Handboek stikstofverwijdering	f 50
93-09	Defosfatering met Fe-zouten en anaërobe slibgisting	f 30
93-10	Involed van P- en N-verwijdering op de bezinkeigenschappen van actief slib	f 30
93-11	Overzicht en evaluatie van het programma PN-1992	f 20
	Nitrificatie en denitrificatie in compactsystemen. Evaluatie	
93-13	praktijkonderzoek	f 30
94-11	Een voorgeschakeld anaërobe tank bij biologische defosfatering in de hoofdstroom (ISBN: 90.74476.11.2)	f 30
94-14	Arbo-omstandigheden op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (ISBN: 90.74476.14.7)	f 30
94-16	Dimensioneren van selectoren. De rol van influent karakterisering (ISBN: 90.74476.16.3)	f 30
95-01	Modelleren van actief slibsystemen (ISBN: 90.74476.21.x)	f 35
95-08	Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's	
	1. Evaluatie van Nederlandse praktijkonderzoeken (ISBN: 90.74476.34.1)	f 30
95-09	2. Praktijkonderzoek aan de Membraan-bioreactor bij de slibverwerkingsinstallatie Sluisjesdijk (ISBN: 90.74476.33.3)	f 45
95-10	3. Praktijkonderzoek aan de driefasen-airliftreactor bij de rwzi Utrecht (ISBN: 90.74476.32.5)	f 50
95-11	4. Praktijkonderzoek aan stoomstrippen met dampverdichting bij de rwzi Amsterdam-Oost (ISBN: 90.74476.31.7)	f 35
95-12	5. Praktijkonderzoek aan lucht- en stoomstripinstallaties bij de rwzi Utrecht (ISBN: 90.74476.30.9)	f 55
95-13	6. Praktijkonderzoek aan het MAP/CAFR-proces bij de rwzi Utrecht (ISBN: 90.74476.29.5)	f 40
95-14	7. Afzetmogelijkheden voor de reststoffen van stripper- en MAP-proces (ISBN: 90.74476.28.7)	f 20
95-15	8. Praktijkonderzoek aan de membraan-bioreactor bij het slibverwerkingsbedrijf Sluisjesdijk (ISBN: 90.74476.35.x)	f 40
95-18	Slibverwerking bij biologische defosfatering (ISBN: 90.74476.36.8)	f 30
95-19	Toepassing van de HSA-dimensioneringsmethode voor N_{tot} -verwijdering onder Nederlandse omstandigheden (ISBN: 90.74476.38.4)	f 30
95-20	Inventarisatie van koolstofrijke afvalstromen (ISBN: 90.74476.40.6)	f 30
96-01	Enkelvoudig reactorsysteem voor ammonia verwijdering via nitriet (ISBN: 90.74476.39.2)	f 30
96-20	***Varianten op voorbezinking. Een haalbaarheidsstudie***	f
	<i>korrelreactor</i>	
92-11	Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor	f 30
94-17	Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor.	f 30
	1. Flankerend fundamenteel onderzoek (ISBN: 90.74476.17.1)	
94-20	Fosfaatverwijdering korrelreactor (thesis TU Delft)	f 50
	1. Calcium phosphate precipitation in a fluidized bed	
	<i>zuiveringstechniek - slibbezinking en slibindikking</i>	
	Slibindikking:	
77-01	I Literatuuronderzoek	f 20
82-02	II Praktijkonderzoek	f 50
79-04	Slibindikking door zwaartekracht. Grondslagen	f 20
	Overbelasting van nabezinktanks.	
81-01	1. Voorkoming van slibverlies met polyelektrolyten	f 20

	Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces:	
81-10	1. Literatuur	f 30
	2. Ronde nabezinktanks:	
81-11	- Ontwerpgegevens en bedrijfservaring	f 30
81-12	- Praktijkonderzoek	f 50
83-03	- Ruimer- en inloopconstructies	f 20
83-06	3. Rechthoekige nabezinktanks (Inventarisatie en praktijkonderzoek)	f 30
87-03	Slib/waterscheiding. Verkenning van alternatieven voor nabezinking	f 30
	Optimalisering van grote nabezinktanks	
92-13	1. Literatuurstudie modellen	f 20
92-14	2. Modellering van de fysische processen	f 30
93-18	3. Bedrijfservaringen en literatuur	f 30
93-19	4. Metingen aan ruimer en deflectieschot	f 30
	zuiveringstechniek - slibontwatering en slibbehandeling	
79-06	Slibontwatering tot meer dan 40% droge stof	f 20
	Slibontwatering:	
81-05	1. Aard van de waterbinding in slib (literatuur)	f 20
81-06	2. Slibeigenschappen en resultaten van slibverwerkingsapparatuur (literatuur)	f 20
	3. Optimalisering van slibontwatering met polyelektrolyt :	
81-07	- Zeeffbandpersen - aëroob slib	f 20
81-08	- Zeeffbandpersen - uitgegist slib	f 20
82-01	4. Zeeffbandpersen-slibkarakterisering, keuze en optimaal gebruik van poly-elektrolyt (Handleiding)	f 20
83-01	5. Filterpersen - slibkarakterisering en optimaal gebruik van anorganische chemicaliën: - Onderzoek	f 20
83-02	6. Filterpersen - slibkarakterisering en optimaal gebruik van anorganische chemicaliën: - Handleiding	f 20
	Slibontwatering in lagunes:	
83-05	1. Systemen, technologie en ervaring (inventarisatie)	f 20
87-06	2. Procesparameters en bedrijfsvoering (praktijkonderzoek)	f 50
	Compost en zwarte grond uit zuiveringsslib:	
82-04	1. Systemen, technologie en ervaring (inventarisatie)	f 50
85-06	2. Procesparameters en bedrijfsvoering (praktijkonderzoek)	f 50
86-05	3. Evaluatie van Nederlandse ervaringen	f 50
82-06	Desinfectie van zuiveringsslib	f 50
85-01	Zuiveringsslib in de akkerbouw	f 20
86-01	Zware metalen in zuiveringsslib in grond en gewas. Literatuur-evaluatie	f 50
88-05	Compendium slibverbranding	f 20
90-02	Stortbaarheidscriteria voor zuiveringsslib	f 30
91-02	Compendium slibdroging	f 20
91-06	Evaluatie van enzymtoepassingen bij slibverwerking	f 20
93-08	De uitloogbaarheid van reststoffen van de slibverwerking	f 30
94-12	Compendium toepassing van drinkwaterslib op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (ISBN: 90.74476.12.0)	f 30
95-17	Onderzoek naar de milieubezwaarlijkheid van polyelectrolyten in rwzi's (ISBN: 90.74476.37.6)	f 30
96-19	***Meting van ontwateringseigenschappen van zuiveringsslib***	f
	zuiveringstechniek - bedrijfsvoering en bedrijfsresultaat	
	Bedrijfsonderzoek rioolwaterzuiveringsinrichtingen:	
79-01	1. Nationaal standaardprogramma (eerste editie)	f 20
79-02	2. Onderzoek	f 20
86-03	3. Nationaal standaardprogramma (editie 1986)	f 20

88-01	Vereenvoudiging van kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen	f 20
88-02	Keuze en kosten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen als functie van effluent-eisen	f 30
86-07	Afvalwaterzuiveringsinrichtingen van industrie en overheid. De kosten getoetst	f 20
96-15	Het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygiënische ontwikkeling (ISBN: 90.74476.53.8)	f 50

analysemethoden

	Analyse van zuiveringsslib op organochloorverbindingen en polychloorbiphenylen:	
80-07	1. Foutenbronnen	f 20
84-01	2. Minimalisering van foutenbronnen en analysevoorschrift	f 20
86-02	Analyse van zuiveringsslib op polycyclische aromatische koolwaterstoffen: Onderzoek en analysevoorschrift	f 20
89-02	Toepassing van blokdestruktie bij de CZV-bepaling van afvalwater	f 20
90-03	Evaluatie destructiemethoden voor bepaling van kwik in zuiveringsslib en waterbodems	f 20
92-02	Bepaling van de lutumfractie in waterbodems	f 20
94-03	Reductie van het kwikverbruik bij de CZV-bepaling (ISBN: 90.74476.03.1)	f 30
96-08	Methoden voor influëntkarakterisering. Inventarisatie en richtlijnen (ISBN: 90.74476.47.3)	f 30

oppervlaktewater-algemeen

86-06	Ontwikkeling van een algengroei-potentietoets voor oppervlaktewater en afvalwater	f 30
88-04	Bodemslib en waterkwaliteit. Inventarisatie van onderzoek	f 20
89-01	Landbouw en waterkwaliteit	f 20
89-03	Zuurstofvariatie in Nederlandse watertypen in relatie tot biologische waterkwaliteitscriteria	f 20
89-05	Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwater beïnvloed binnenwater	f 50
94-13	Handboek Debietmeten voor open waterlopen (ISBN: 90.74476.13.9)	f 30
94-15	Evaluatie van systemen voor het defosfateren van oppervlaktewater (ISBN: 90.74476.15.5)	f 30
95-02	Bedrijfstakonderzoek akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven (ISBN: 90.74476.27.9)	f 40
96-16	***Relatie tussen bestrijdingsmiddelen en biota in oppervlaktewater - een haalbaarheidsstudie naar toepassingsmogelijkheden van multivariate analysetechnieken*** (ISBN: 90.74476.55.4)	f 40

oppervlaktewater - ecologie

88-06	Waterkwaliteitsbeoordeling van genormaliseerde beken met behulp van macrofauna (systeem ook op diskette leverbaar)	f 30
89-06	Waterkwaliteitsbeoordeling van boezem- en polderwateren (Voorstudie)	f 30
	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: meren en plassen.	
91-01	1. Karakterisering van meren op basis van visstandgegevens	f 20
93-16	2. Beoordelingssysteem voor meren en plassen op basis van vegetatie en fytoplankton	f 30
93-17	3. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor meren en plassen	f 40
92-03	Bestrijding van overlast door drijfvlagen van blauwwieren	f 30

	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: stromende wateren	
92-07	1 Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna	f 50
92-08	2. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor stromende wateren	f 30
	Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos	
92-09	1. Literatuur	f 30
92-10	2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van beheersbaarheid	f 40
	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: sloten.	
93-14	1. Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën	f 30
93-15	2. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor sloten	f 40
	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: kanalen.	
94-01	1. Beoordelingssysteem van kanalen op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën en fytoplankton (ISBN: 90.74476.02.3)	f 30
94-02	2. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor kanalen (ISBN: 90.74476.01.5)	f 40
	Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Deelproject: diepe zand-, grind- en kleigaten.	
94-18	1. Beoordelingssysteem voor diepe zand-, grind- en kleigaten op basis van macrofyten, fyto- en zoöplankton en epifytische diatomeeën (ISBN: 90.74476.18.x)	f 40
94-19	2. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor diepe zand-, grind- en kleigaten (ISBN: 90.74476.19.8)	f 40
95-03	Beken stromen. Een leidraad voor ecologisch beekherstel (ISBN: 90.74476.26.0)	f 50
	modelinstrumentarium	
	PRIMAVERA (Prioriteitsstelling van beheersmaatregelen uit oogpunt van milieurendement)	
94-08	1. Wetenschappelijke verantwoording van het systeem (ISBN: 90.74476.09.0)	f 30
94-09	2. Handleiding bij het systeem (ISBN: 90.74476.08.2)	f 30
94-10	Sturing in het waterbeheer; Optimalisatie in operationele waterbeheersing. Inventarisatie (ISBN: 90.74476.10.4)	f 30
95-04	STOWA/Unie Stekkerdoos Water (ISBN: 90.74476.25.2)	f 30
96-03	RAM, Neerslag Afvoer Module - handleiding (ISBN: 90.74476.42.2)	f 50
96-04	STOWA/Unie stekkerdoos water, definitieve uitwisselingsformaat (ISBN: 90.74476.43.0)	f 50
96-13	ORPHEUS (ISBN: 90.74476.52.x)	f 50
96-14	***RAM, Neerslag Afvoer Module - beschrijving technisch ontwerp*** (ISBN: 90.74476.54.6)	f 50

serie SAMWAT / STOWA-rapporten

1	Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, 1987	f 25
3	Kwaliteit van meetgegevens, 1988	f 25
4	Beleidsanalyse voor het Nederlandse waterbeheer, 1989	f 25
5	Specificaties voor meetssystemen in het waterbeheer, 1989	f 25
6	Sturing in het waterbeheer, 1990	f 25
7	Komputermodellen in het waterbeheer, het SAMWAT-modellenbestand, 1991	f 25
8	Beleidsanalyse in het waterbeheer, 1992	f 25
9	Modelleren op maat, 1993	f 25
10	Automatisering van de waterbeheersing	f 25
11	25 jaar toegepast onderzoek waterbeheer; Jubileumsymposium STOWA 13-9-96 (ISBN: 90.74476.59.7)	f 25

rapporten RWZI-2000

R/89-01	Slibontwatering (een voorstudie)	f 20
R/89-02	Knelpunten bij de invoering van defosfatering	f 20
R/89-03	Selectieve verwijdering van zware metalen uit ruw rioolwater met behulp van een magneetsysteem (Samenvattend rapport)	f 20
R/89-04	Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse	f 20
R/89-05	Hydrolyse van zuiveringsslib in combinatie met anaërobe vergisting	f 20
R/89-06	Het drogen van zuiveringsslib met het Carver-Greenfieldproces	f 20
R/89-07	Natte oxydatie van zuiveringsslib met het Vertechsysteem	f 30
R/89-08	Symposium RWZI-2000	f 30
R/90-02	AB-systemen (een inventarisatie)	f 20
R/90-03	Vergisting van aëroob gestabiliseerd slib	f 20
R/90-04	Het afleiden van procestechnologische relaties uit bedrijfsgegevens van rwzi's	f 20
R/90-05	Automatische regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks	f 20
R/90-06	Verkenning bio-denitro/bio-denitro	f 20
R/90-07	Linpor-sponsjes als dragermateriaal bij de aërobe zuivering van rioolwater	f 20
R/91-02	Deep Shaft-systemen	f 20
R/91-03	Perspectives for the utilization of membrane-assisted sludge retention in municipal waste water treatment plants	f 30
R/92-02	Vergisten van zuiveringsslib. Een vergelijking tussen thermofiele en mesofiele slibgisting	f 20
R/92-03	First Dutch-Japanese Workshop on the treatment of municipal waste water. Part I	f 25
R/92-03	First Dutch-Japanese Workshop on the treatment of municipal waste water. Part II	f 25
R/92-04	Biologische fosfaatverwijdering in combinatie met een korrelreactor	f 30
R/92-05	Anaërobe behandeling van stedelijk afvalwater in Nederland	f 20
R/92-06	Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste aktiefslibinstallatie	f 30
R/92-07	Ontwikkeling van een slib-op-drager systeem voor de aerobe zuivering van stedelijk afvalwater	f 50
R/92-08	Behandeling van stedelijk afvalwater met het schachtreactorsysteem	f 30
R/92-09	Stikstofverwijdering uit interne stromen op rwzi's	f 30
R/93-01	Jaarverslag 1992	f 30
R/93-02	Onderzoek demonstratie-installaties magnetische defosfatering	f 30
R/93-03	Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater: Microbiële aspecten	f 30
R/94-01	Jaarverslag 1993	f 30
	Fundamentele aspecten van slibontwatering	
R/94-02-1	Deel 1: Samenvattend verslag	f 30
R/94-02-2	Deel 2: Flocculatiemechanismen	f 30
R/94-02-3	Deel 3: Filtratie-expressie modellering	f 30
R/94-02-4	Deel 4: Filtratie-expressie experimenten	f 30
R/94-02-5	Deel 5: Slib-water binding	f 30
R/94-02-6	Deel 6: Karakterisering van slibben	f 30
R/94-02-7	Deel 7: Ontwikkeling nieuw CST-apparaat	f 30
R/94-02-8	Deel 8: Congresbijdragen	f 30
R/94-03	Fundamenteel onderzoek vermindering slibproductie	f 30
R/94-04	Alternatieven voor de slibretentie bij hooggesuspendeerde waterzuiveringssystemen	f 30
R/94-05	Evaluatie van het onderzoekprogramma 'RWZI 2000'	f 30

R/94-06	Aerobe biofilm op gesuspendeerde drager tbv waterzuivering	f 30
R/94-07	Het uittesten van de filtratie-expressiecel in de praktijk	f 30
R/94-08	Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van afvalwater; modellering	f 30
R/94-09	Mogelijkheden tot optimalisatie van de biologische stikstofeliminatie	f 30
R/94-10	Compactsystemen voor de behandeling van stedelijk afvalwater	f 30
R/94-11	Behandeling van stedelijk afvalwater met het drieslibsortensysteem	f 30
R/94-14	Biological phosphate removal under denitrifying conditions	f 30

Werkrapporten

	Ontwikkeling van een slib-op-dragersysteem voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater: Verkennend onderzoek in een drie-fasen-airliftreactor (Samenvattend rapport)	f 30
R87-01w		
R87-07w	Elektro-akoustisch ontwateren van zuiveringsslib en varkensdrijfmest	f 20
	1. De haalbaarheid van het Batelle E.A.D.-proces	
R/91-05w	De invloed van interne stromen op de stikstof huishouding bij rwzi's	f 20
R/92-01w	Vergaande nutriëntenverwijdering op een zeer laag belaste actief slibinstallatie (rwzi Bergambacht) meetresultaten fase 1, 2 en 3	f 25
94-W-01	Optimalisering van grote nabezinktanks (Vooronderzoek naar de mogelijkheden van modellering van de stromingprocessen)	f 30
94-W-02	Optimalisering van afvalwatersystemen (Probleemverkenning)	f 30
94-W-03	Ervaringen en plannen met P- en N-verwijdering	f 30
95-W-01	Geuremissiekentallen van voorbezinktanks	f 30

NWRW-publicaties

Onderstaande NWRW publicaties zijn uitgegeven door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Exemplaren van deze uitgaven zijn uitsluitend te bestellen door vooruitbetaling van de kosten *) op giro 751 of bankrekening 51.88.27.666 t.n.v.

Distributiecentrum Overheidspublikaties, Postbus 20014, 2500 EA 's Gravenhage, o.v.v.: de titel, het ISBN nummer (90346 xxxx x) * en een adres voor aflevering.

*zie voor prijs en ISBN-boeknummer het onderstaande overzicht.

Over het NWRW-onderzoek is tevens een videoband vervaardigd. Deze kan worden besteld bij het Ministerie VROM, hoofdafdeling Water, afdeling Emissies. De kosten bedragen f 100,-.

<i>thema/ project</i>	<i>onderwerp/ rapporttitel (ISBN-nummer)</i>	<i>prijs</i>
1.1	Overstortsituaties in Nederland (ISBN: 90 346 0366 0)	f 7,50
2.1	Ervaringen bij waterkwaliteitsbeheerders (ISBN: 90 346 0367 9)	f 10
3.1	Randvoorzieningen aan rioolstelsels (ISBN: 90 346 0368 7)	f 25
4.1	Regionale verschillen in neerslagebeurtenissen (ISBN: 90 346 0871 9)	f 12,50
4.2	Rioleeringsmodellen, theorie en praktijk (ISBN: 90 346 0873 5)	f 15
4.3	Neerslag-inloop-overstortmodel (ISBN: 90 346 2098 0)	f 15
4.4	(ISBN: 90 346 1297 x)	f 9
5.1	Interimrapport vuiluitworp uit rioolstelsels (ISBN: 90 346 1299 6)	f 17,50
5.2	De vuiluitworp van gemengde rioolstelsels (ISBN: 90 346 2099 9)	f 21
5.3	De vuiluitworp van gescheiden rioolstelsels (ISBN: 90 346 2100 6)	f 12,50
6.1	Slib in rioolstelsels; inventariserend onderzoek (ISBN: 90 346 1246 5)	f 20
6.2	Processen in rioolstelsels; praktijkonderzoek (ISBN: 90 346 2101 4)	f 23
6.2.1	Processen in rioolstelsels; onderzoeksmethoden (ISBN: 90 346 2102 2)	f 25
7.1	Verhard oppervlak en watervuiling; literatuuronderzoek (ISBN: 90 346 0872 7)	f 22,50
7.2.1	Afkoppelen verharde oppervlakken kwalitatieve aspecten (ISBN: 90 346 2103 0)	f 20
7.2.2	Afkoppelen verharde oppervlakken afkoppeltechnieken (ISBN: 90 346 2104 9)	f 22,50
7.2.3	Afkoppelen verharde oppervlakken leidraad (ISBN: 90 346 2105 7)	f 12,50
8.1	Onderzoek bergbezinkbassin Amersfoort (ISBN: 90 346 1244 9)	f 15
8.2	Onderzoek bergbezinkbassin Kerkrade (ISBN: 90 346 1245 7)	f 15
8.3	Rendement randvoorzieningen werveloverstortput Goes (ISBN: 90 346 2106 5)	f 17,50
8.4.1	Toepassingsmogelijkheden verbeterde overstortputten (ISBN: 90 346 0874 3)	f 15
8.4.2	Rendement randvoorzieningen overstortput Rotterdam-IJsselmond (ISBN: 90 346 2107 3)	f 17
8.5	Rioolstelsels met en zonder bergbezinkbassins (ISBN: 90 346 1712 2)	f 14
9.1	Effecten van emissies op oppervlaktewater (ISBN: 90 346 2247 9)	f 36

9.1.1	Effecten van emissies op oppervlaktewater; bijlage (ISBN: 90 346 2248 7)	f 75
9.2	Locatierapporten (ISBN: 90 346 2414 5)	f 50
10.1	Invloed overstortwater vijver te Loenen; eindrapport (ISBN: 90 346 1353 4)	f 15
10.1.1	Loenen; natuurlijke, fysisch-chemische waterkwaliteit (ISBN: 90 346 1354 2)	f 12
10.1.2	Loenen; dynamica en massabalansen (ISBN: 90 346 1300 3)	f 19
10.1.3	Loenen; bacteriologie en sediment (ISBN: 90 346 1298 8)	f 14
10.1.4	Loenen; hydrobiologische effecten (ISBN: 90 346 1352 6)	f 15
10.2	Invloed overstortwater sloot te Bodegraven; hoofdrapport (ISBN: 90 346 1627 4)	f 14
10.2.1	Bodegraven; fysisch-chemische kwaliteit (ISBN: 90 346 1853 6)	f 22,50
10.2.2	Bodegraven; biologische kwaliteit (ISBN: 90 346 1854 4)	f 18,50
10.3.1	Overstortingen en sediment gedrag van zware metalen (ISBN: 90 346 2108 1)	f 14
10.3.2	Overstortingen en sediment nutriënten en mineralisatie (ISBN: 90 346 2109 x)	f 15
11.1	Waterhuishoudkundige maatregelen; literatuuronderzoek (ISBN: 90 346 1243 0)	f 11
11.2	Waterhuishoudkundige maatregelen; praktische oplossingen (ISBN: 90 346 2110 3)	f 17,50
12.1	Literatuuronderzoek microverontreinigingen (ISBN: 90 346 1709 2)	f 19
	Evaluerend eindrapport (ISBN: 90 346 2111 1)	f 50

Niet meer te verkrijgen publikaties

Werkrapporten

- R/90-03w Vergaande Nutriëntenverwijdering op een zeer laagbelaste aktiefslibinstallatie (RWZI Bergambacht). (Oriënterend onderzoek fase 1)
- R/91-01w Pilot - Plan onderzoek naar biologische N- en P-verwijdering op de RWZI Eindhoven
- R/91-02w IAWPRC Sludge management conference (8 t/m 12 jan. '90 te Los Angeles, Verenigde Staten)
- R/91-04w Inventarisatie slibgehaltemeters voor RWZI's
- R/91-11w Praktijkexperimenten met chemische defosfatering op de tweetrapszuive-ringsinrichting Vinkel en flankerend pilot-plantonderzoek met magnetische de-fosfatering
- R92-16W Stankbestrijdingssystemen in de praktijk

SAMWAT/STOWA-rapporten

- 2 The SAMWAT database for computer models in water management

Zuiveringstechniek-bedrijfsvoering en bedrijfsresultaat

- 85-05 Veiligheid op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (Uitgave 1985)

Oppervlaktewater

- 84-06 Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwater beïnvloed binnenwater (interimverslag)

Inzameling en transport van afvalwater

- 75-4 Riolering en waterverontreiniging (Probleemstelling)

Software

Naam/helpdek	prijs	verkrijgbaar bij
ECOMEER - Ecologisch beoordelingssysteem voor Meren en Plassen	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> Witteveen + Bos ir. R.A.E. Knoben Postbus 233 7400 AE Deventer tel: 0570-697911		
EBEOKAN - Ecologisch beoordelingssysteem voor Kanalen	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> Landbouwwuniversiteit Wageningen Vakgroep Aquatische Ecologie en Waterkwaliteitsbeheer drs. J.J. Gardeniers/ir.E. Peeters Postbus 8080 6700 DD Wageningen tel: 0317-483898		
EBEOSLO - Ecologisch beoordelingssysteem voor Sloten	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> zie EBEOKAN		
EBEOSWA - Ecologisch beoordelingssysteem voor Stromende Wateren	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> zie EBEOKAN		
EBEOGAT - Ecologisch beoordelingssysteem voor Diepe zand-, grind- en kleigaten	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> zie EBEOKAN		
DENNI model - Dimensioneeringsrichtlijnen volgens HSA-model	f 250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> Witteveen + Bos ir. F.A. Visser Postbus 233 7400 AE Deventer tel: 0570-697911		
PRIMAVERA - Prioriteitsstelling in beheersmaatregelen op basis van milieurendement	f 1.250	STOWA
- <u>Helpdesk:</u> DHV ir. P.T.J.C. van Rooy Postbus 484 3800 AL Amersfoort tel: 033-4682274		

DUFLOW - 1 D openwaterlopenmodel (kwantiteit en kwaliteit) De eerste aanschaf van DUFLOW is f 750, daarna f 250 per jaar voor beheer, onderhoud en helpdesk. - <u>Helpdesk:</u> EDS ing. ir. J.J. Noort Postbus 406 2260 AK Leidschendam tel: 070-3014257	f 750	EDS
BEVER - Beoordelings en Verwerkingsprogrammatuur water - <u>Helpdesk:</u> STOWA 030-2321199	f 1250	STOWA
SIMBA model - meer informatie over dit programma kunt u krijgen bij - <u>Helpdesk:</u> DHV ir. K. Meinema Postbus 484 3800 AL Amersfoort tel: 033-4682278	f 25.000	Fa. Otterpohl Wasserkonzepte GbR Dipl.-Ing.R. Otterpohl Maastrichter Str. 55 D 52074 Aachen, tel 0241/812 57
ORPHEUS - Vernieuwd instrument voor de bepaling van stoftransport uit baggerspeciedepots - <u>Helpdesk:</u> Waterloopkundig Laboratorium dhr. H. Gerrits Postbus 177 2600 MH Delft tel: 015-2569353	f 14.000	WL-Delft
RAM - <u>Helpdesk:</u> EDS ir. J.J. Noort Postbus 406 2260 AK Leidschendam tel: 070-3014257	*	zie prijsspecificatie

* Prijsspecificatie RAM

	STOWA leden	Universiteiten/ Hogescholen	Ingenieursbureau's
Aanschaf + 1 jaar Beheer en Onderhoud	f 500	f 1000	f 2500
B&O contract (2e jaar e.v.)	f 500	f 500	f 1500

