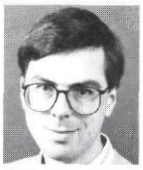
Voorspelling van de vuilemissie uit rioolstelsels Het model EMOR

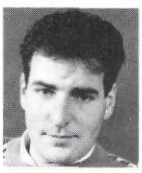
Samenvatting
Heidemij Adviesbureau heeft het vuilemissiemodel EMOR (Emissie MOdel Riolering) ontwikkeld. Met behulp van dit model is het mogelijk om een indicatie te krijgen van de vuiluitworp uit een rioolnet per individuele overstortput.
Het model maakt gebruik van de uitvoer van het hydraulische rekenmodel MOUSE (Modelling Of Urban SEwer systems) en verzorgt de invoer voor het waterkwaliteitsmodel DELWAQ (DELta WAter Quality). Met het EMOR-model is een hulpmiddel gerealiseerd voor een integraal stedelijk waterkwaliteitsbeheer dat aansluit op het vigerende en/of voorgenomen kwaliteitsbeleid van de waterkwaliteitsbeheerders.
Kenmerk van het model is dat rekening wordt gehouden met de verschillende slibstromen in het rioolnet ('licht' en 'zwaar' slib) waarbij ook onderscheid is gemaakt in 'vers' en 'oud' slib. In vervolg op de bevindingen van het onderzoek naar processen in rioolnetten vormt de onderhoudstoestand van het rioolnet een primaire invoerparameter van het model. Ter vergroting van de statistische relevantie van de berekeningsresultaten wordt gebruik gemaakt van neerslaggegevens over een tijdsperiode van 50 jaar.
Met het ontwikkelde model is een hulpmiddel ontstaan voor de opstelling van de basisrioleringsplannen 'nieuwe stijl'. Juist deze plannen kenmerken zich door een vuiluitworpbenadering in plaats van de tot nu toe gehanteerde overstortingsfrequentiebenadering.

1. Inleiding

De rioolstelsels in Nederland zijn over het algemeen ontworpen op basis van een gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie. Ontwerpcriterium was (is) veelal het aantal malen per jaar dat rioolwater via een overstortput in het oppervlaktewater terechtkomt. Dit rioolwater kan in het oppervlaktewater ongewenste situaties veroorzaken, zoals zuurstofgebrek, stank, verontreiniging van de onderwaterbodem, etc, met alle gevolgen voor het aquatisch ecosysteem van dien.



IR. L. VOS
Heidemij
Adviesbureau



IR. M. MOENS
Heidemij
Adviesbureau

Recentelijk verrichte studies [1] hebben aangetoond dat de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie, het ontwerpcriterium voor gemengde rioolnetten, feitelijk weinig zegt over de schade die een overstort toebrengt aan het aquatisch ecosysteem. Gebleken is dat bijvoorbeeld de hoeveelheid vuil die in overstortsituaties vanuit het rioolnet het oppervlaktewater belast van veel groter belang is.
De grootte en de functie van het ontvangende oppervlaktewater zouden uiteraard bepalend moeten zijn voor de toelaatbare emissie uit het rioolnet. Het huidige waterkwaliteitsbeleid is echter nog niet zo ver.
Op internationaal vlak zijn afspraken gemaakt, die in Nederland onder andere zijn opgenomen in de Derde Nota Waterhuishouding. Voor de riolering houdt deze afspraak in dat de vuiluitworp uit rioolnetten met circa 50% moet worden gereduceerd ten opzichte van de 'huidige situatie'. Deze situatie wordt veelal vertaald als minimaal een referentiestelsel met een berging van 7 mm en een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h. De wetgever hoopt met deze maatregel de oppervlaktewaterverontreiniging in de planperiode 1992-2000 aanzienlijk te reduceren.

Om te kunnen voldoen aan de gewijzigde wet- en regelgeving (vigerend in Brabant en voorgenomen in West-Nederland) heeft Heidemij Adviesbureau een aantal adequate hulpmiddelen ontwikkeld waarbij enerzijds het gewenste milieuresultaat wordt bereikt en anderzijds de realisatie gepaard gaat met een minimum aan gemeenschapsgelden. Ook wordt gebruik gemaakt van hydraulische modellen (Mouse) en waterkwaliteitsmodellen (Delwaq).

2. Vuiluitworpbepalende processen

2.1. *Algemeen*

Het rioolslib dat tijdens een overstorting op het oppervlaktewater wordt geloosd, bestaat uit materiaal afkomstig van huishoudens, bedrijven en (on)verhard oppervlak. Gedurende de verblijftijd van het slib in het rioolstelsel vindt een aantal processen plaats, die in belangrijke mate bepalend zijn voor de vuilvracht van het overstortende rioolwater. De processen opwoeling en bezinking zijn sterk afhankelijk van de stromingstoestand in het stelsel en hangen daarom nauw samen met stelselspecifieke eigenschappen als vermazing, verzakkingen, afwerking van het riool e.d. [6]. Door mineralisatie wordt vooral onder droogweeromstandigheden een gedeelte van het slib omgezet van organisch naar anorganisch materiaal. Neerslag van enige betekenis daarentegen zorgt voor een extra vuillast door afspoeling van het (on)verharde oppervlak. In het nuvolgende gedeelte van dit artikel gaan wij kort in op de belangrijkste processen die van invloed zijn op de grootte van de vuiluitworp.

2.2. *Afspoeling (on)verhard oppervlak*

Er bestaat een verband tussen de verontreiniging van het afstromende regenwater en de neerslagintensiteit, helling van het terrein, de grootte van de regendruppels en de droogweerperiode. De neerslagintensiteit bepaalt de mate waarin het vuil van verhard oppervlak of materiaal van onverhard oppervlak afspoelt [5].

2.3. *Resuspensie*

Resuspensie van slibdeeltjes treedt op wanneer er een schuifspanning bij de bodem ontstaat, die groter is dan de kritische schuifspanning waardoor de weerstand wordt overwonnen en de deeltjes opwervelen. De resuspensie wordt in belangrijke mate bepaald door de fysische en chemische eigenschappen van het sediment. Voorbeelden daarvan zijn:
- de mate van consolidatie van het sediment;
- de mineralogie, deeltjesgrootte en het organisch-stofgehalte;
- temperatuur;
- aanwezigheid van bindstoffen [2].

Een lage schuifspanning (ten tijde van droogweerafvoer of veroorzaakt door slechte stromingscondities in het net) bewerkstelligt bezinking van in eerste instantie het zwaardere slib. Dit heeft tot gevolg een ophoping van materiaal, verslechtering van de stromingscondities en het blijven 'hangen' van het lichtere materiaal. Bij voldoende drukopbouw achter de afzetting (veelal in de vullingsfase van het rioolnet bij neerslag van betekenis) komt het bezonken slib voor een deel weer in beweging.

2.4. *Mineralisatie*

In tijden van geringe neerslag vindt vooral mineralisatie van rioolslib plaats.
Een deel van het organisch materiaal zal

in het rioolnet worden afgebroken.
De temperatuur speelt bij dit proces een grote rol [3, 4].
Empirisch kan het proces met de volgende vergelijking worden beschreven:

$$MIN = v_{min} * \theta^{T-20} * t$$

waarin:

MIN	= gemineraliseerde hoeveelheid slib	(mg)
v_{min}	= mineralisatiesnelheid bij 20 °C	(mg/sec)
T	= temperatuur	(°C)
θ	= mineralisatiefactor	(-)
t	= de tijd	(sec)

2.5. *Stelselspecifieke eigenschappen*
Praktijkgericht onderzoek in de gemengde stelsels van De Muntel ('s-Hertogenbosch) en Valburg heeft geresulteerd in meer kennis over de omstandigheden waaronder slib-afzettingen plaatsvinden en weer worden opgewoeld [6]. Het totaalbeeld is, dat het slibgedrag in de te onderscheiden delen (grofweg inzameldeel, transportdeel en bergingsdeel) van rioolstelsels op verschillende manieren moet worden beschreven. De structuur van het netwerk is ook in belangrijke mate bepalend, terwijl detailafwijkingen in hoogteligging van buizen, obstakels etc. ook oorzaak zijn voor de aanwezigheid van slib. Een groot deel van het zanderige slib blijkt zelfs permanent in de rioolstelsels achter te blijven.

Het slibgedrag in rioolnetten wordt onder meer door de volgende factoren beïnvloed:
- toegepaste bodemhelling en eventuele bodemsprongen;
- de aanwezigheid van verloren berging;
- de leegloopcondities van riolen onder andere door de ingestelde schakelpeilen van de pompen;
- functievermenging van de riolen (combinatie van bergings- en transportriool);
- vermazing van het rioolnet;
- toepassing van stroomprofielen in putten.

Deze stelselspecifieke eigenschappen zijn van evident belang voor de voorspelling van de vuiluitworp uit het rioolnet.

Op basis van een objectieve beoordelingsmethodiek wordt het slibtransportmechanisme van het rioolnet uitgedrukt in een vervuilingsfactor. Onderdelen van deze methodiek vormen de berekening van de sleepspanning op buisniveau voor een droogweersituatie en bij geringe neerslag. Aanvullende globale rioolinspecties worden uitgevoerd ter bepaling van o.a. bodemvalletjes, afwerking in de putten, verzakkingen e.d. Door een schadecatalogus wordt de toestand van een bepaald deelgebied uitgedrukt in cijfers, die tezamen met de informatie uit dwa-berekeningen (sleepspanningsverdeling over de bak) een vervuilingsfactor (schaal 1-10, resp. zeer goed-zeer slecht) per bak oplevert. Deze factor is bepalend voor de met behulp van kalibratie verkregen reductie in de sleepsnelheid onder dwa-omstandigheden.

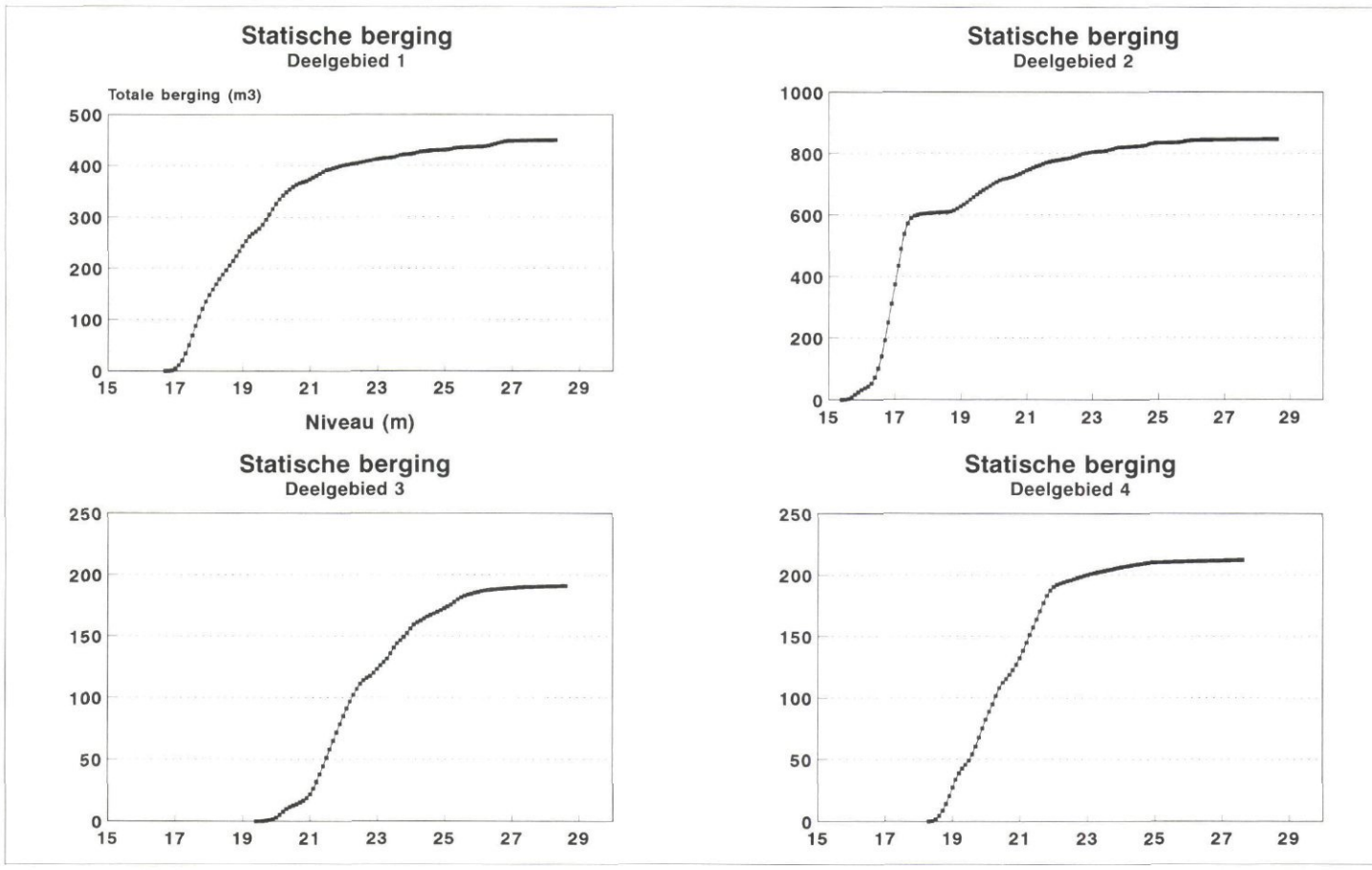
Er is in grote lijnen sprake van twee categorieën slib:
- licht materiaal zoals papier, vers slib e.d.;
- permanent materiaal bestaande uit zand en zwaarder slib.

Licht materiaal komt voornamelijk voor in verzamelriolen, permanent materiaal komt voor in riolen met een transportfunctie en/of bergingsfunctie.

3. Het model EMOR

3.1. *Schematische weergave*
Voor verkorting van het rekenproces voor de berekening van de vuilvracht moet het

Afb. 1 - Bergings-hoogte-relatie, deelgebieden Loenen.



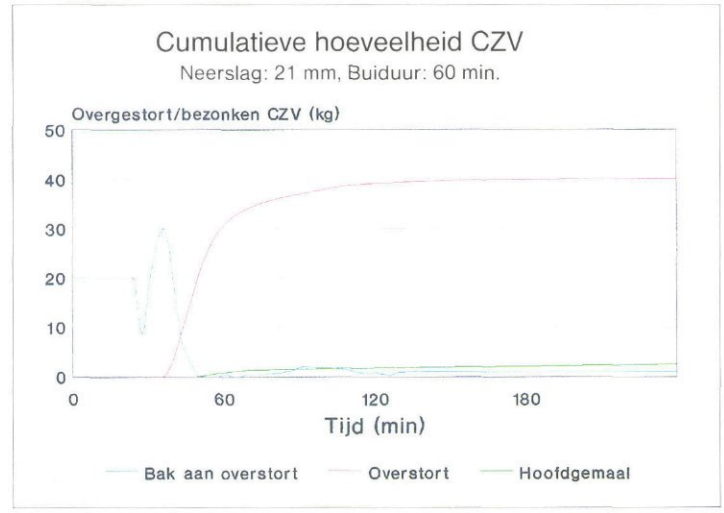
rioolstelsel worden geschematiseerd. Gekozen is voor het meerbaksmodel; rioolstrengen worden gebundeld tot bakken, met elk een karakteristieke bergings-hoogte-relatie (afb. 1). De schematisatie moet zorgvuldig plaatsvinden, inzamel-, transport-, en bergingsgebieden moeten zoveel mogelijk worden gescheiden. De verbindingstrengen tussen de bakken worden voornamelijk gevormd door de transportleidingen.

Per bak wordt het aantal inwoners en injecties van bedrijven bepaald. De overige riooltechnische grootheden worden geïmporteerd uit het hydraulische rekenprogramma.

3.2. *Het hydraulisch gedeelte*
Met het hydraulisch rekenprogramma MOUSE wordt het meerbaksmodel instationair doorgerekend. Hiermee is het mogelijk het gehele stromingsproces van neerslag tot afvoer bij het gemaal en de overstorten te simuleren.
De uitvoer van MOUSE wordt getransformeerd tot invoer voor het vuilemissieprogramma EMOR.

3.3. *Vuiluitworp modellering individuele gebeurtenis*
Met dit onderdeel van het model worden vooral het resuspensiegedrag en de kwantitatieve aspecten veroorzaakt door een individuele bui, bepaald. De emissie, veroorzaakt door deze bui, heeft geen relevante waarde, daar immers geen rekening wordt gehouden met de voorliggende periode.
De berekeningsresultaten van de individuele gebeurtenissen worden verwerkt in het EMOR-langetermijnmodel. Hierdoor is het mogelijk om voor een meerjarige reeks (50 jaar) voorspellingen te doen over de jaarlijkse vuilvracht per individuele overstortput.

Gekoppeld aan de berekende in- en uitstromende debieten wordt het vuiltransport in het stelsel gesimuleerd. De sleepspanning in de afvoerende strengen uit een bepaalde bak is bepalend voor het slibgedrag (bezinking, opwoeling e.d.). Bezinking en opwoeling van slib treedt op als de momentane sleepsnelheid beneden respectievelijk boven een bepaalde grenswaarde komt en wordt beschreven door de curve van Shields voor non-cohesief materiaal.
Verondersteld is dat slib in suspensie volledig gemengd is met het in de bak aanwezige water. De hoeveelheden bezonken respectievelijk opgewoeld slib zijn afhankelijk van de opgegeven korrelgrootteverdeling, de dichtheid van het slib, het soort slib, de weerstandscoëfficiënt, de stelselspecifieke eigenschappen en de verdeling van het uitgaande debiet over de momentane afvoerende strengen. Het stelsel kan worden doorgerekend met de combinatie licht en zwaar slib, met respectievelijk een soortelijke massa van 1.550 en 2.300 $kg \cdot m^{-3}$. Ook wordt onderscheid gemaakt naar vers slib, rechtstreeks afkomstig van bedrijven en huishoudens en makkelijk te transporteren, en oud slib, slib wat zich afgezet heeft op de buiswand en moeilijk te transporteren is. Beide soorten slib worden onderverdeeld in een lichte en een zware fractie, overeenkomstig het voorkomen van organisch materiaal en fijn zand. Zowel aan de dwa als aan de rwa kunnen constante vuilconcentraties worden gekoppeld. Het uiteindelijke resultaat wordt vertaald in grafische vorm (afb. 2).

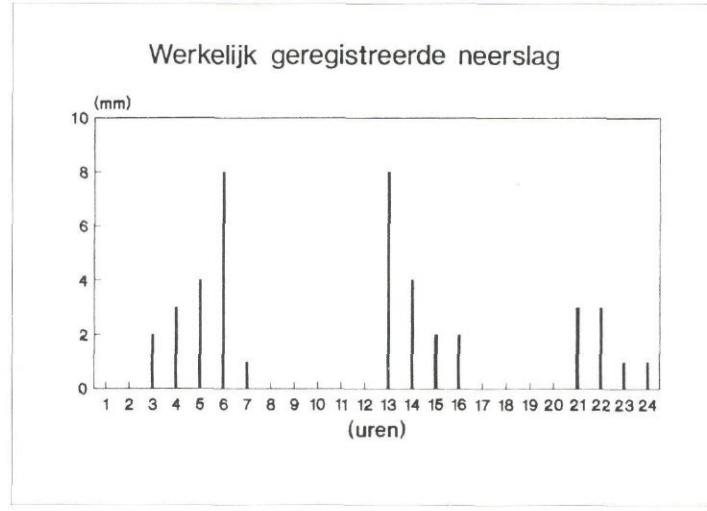


Afb. 2 - Bezinking en opwoeling van slib gedurende een overstortsituatie.

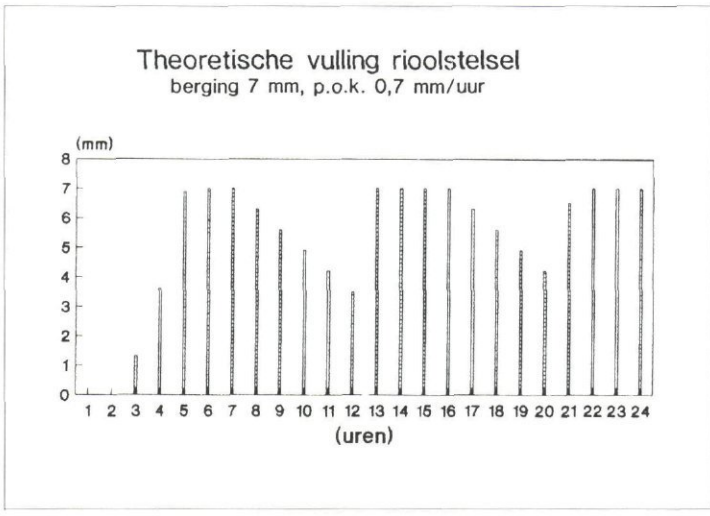
3.4. *Het model EMOR lange termijn*
De vuilvrachtberekening voor een meerjarige tijdreeks vergt in principe het doorrekenen van zeer veel neerslaggebeurtenissen. Omdat dit gezien de rekentijd en data-opslag niet wenselijk is, is gekozen voor de schematisatie van het neerslagverloop in een vijftiental standaardblokregens. Er is een verdeling gemaakt naar duur van de bui en hoeveelheid neerslag.

Elke standaardbui vertegenwoordigt een range van werkelijke buien, waarvan wordt verondersteld dat de vuilemissie afkomstig van de standaardbui overeenkomt met de werkelijke bui. Over een langdurige periode, 50 jaar, zal de fout die bij deze benadering wordt gemaakt worden vereffend.

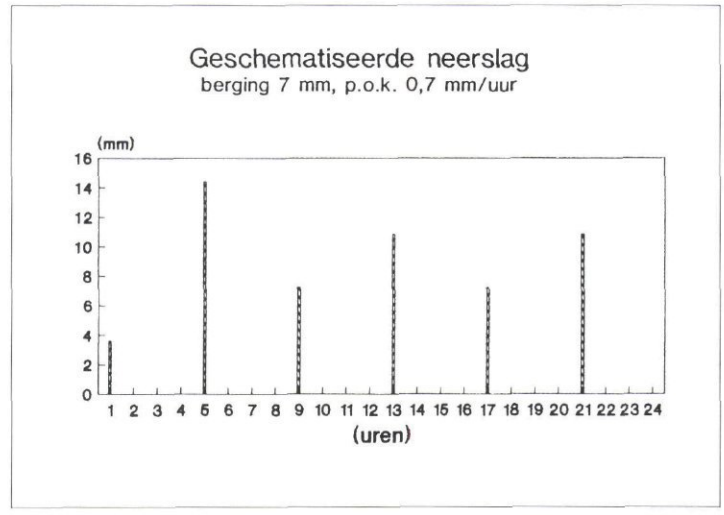
De procedure voor de bepaling van de vuilemissie over een 50-jarige regenreeks is als volgt.
Per periode van vier uren wordt een standaardbui gekozen die de grootste overeenkomst vertoont met de werkelijk geregistreerde neerslag. Het buitype wordt bepaald uit de momentane vulling in het stelsel en de maximaal gevallen hoeveelheid neerslag in de desbetreffende periode (zie afb. 3a, b en c).



Afb. 3(a) - Uurneerslagen, gemeten te KNMI de Bilt.



Afb. 3(b) - Vulling van het stelsel voor gemeten uurneerslagen en gegeven berging en pompovercapaciteit.



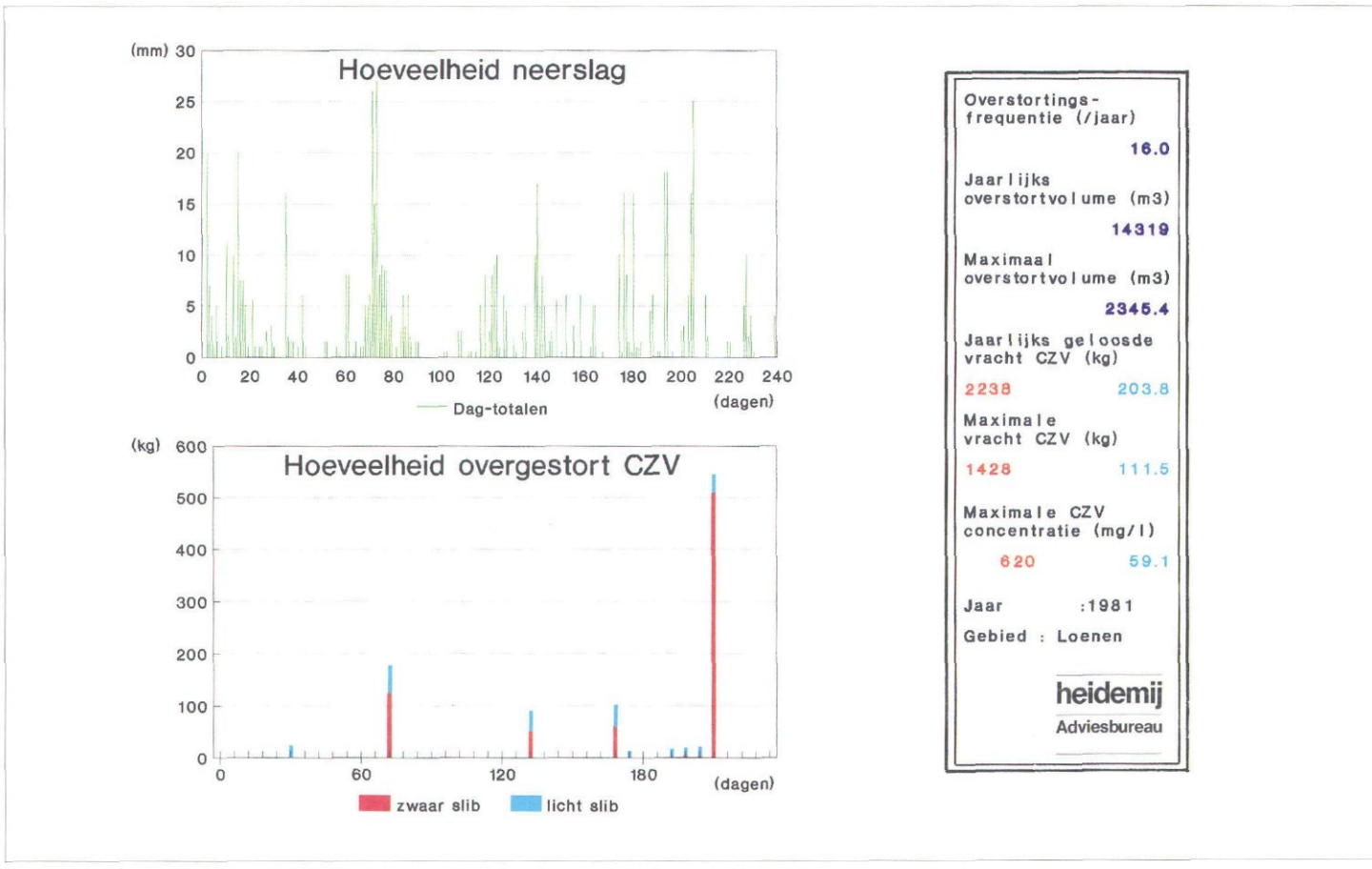
Afb. 3(c) - Buiverloop op basis van vulling en neerslagpieken per periode van vier uren.

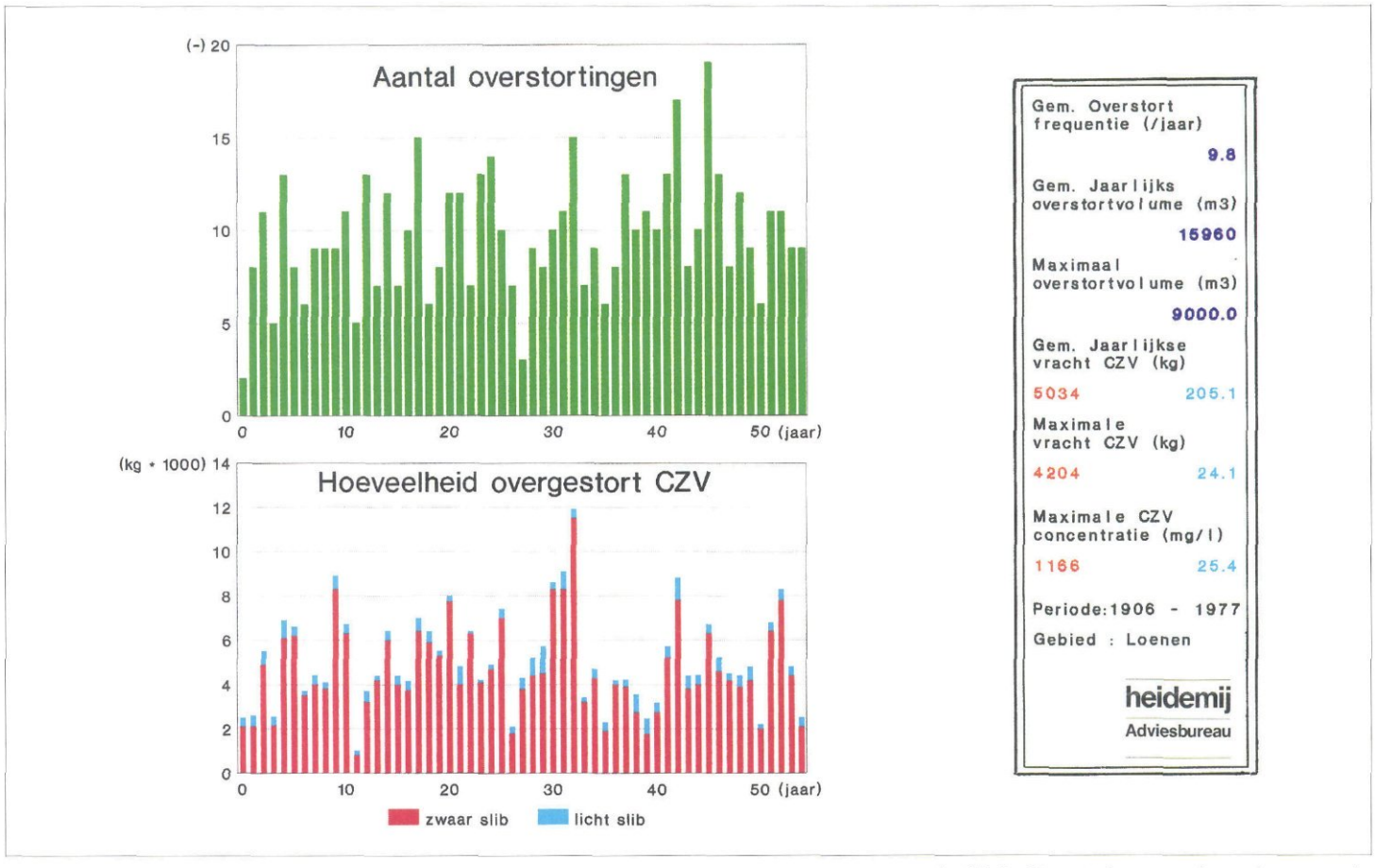
Het bezinkings- en opwoelingsgedrag zoals bepaald bij de eerder uitgevoerde EMOR-berekening (individuele bui), wordt overgenomen, waardoor het slibtransport wordt gekwantificeerd. Perioden tussen de neerslaggebeurtenissen zijn bepalend voor de mate van mineralisatie. Op deze wijze worden alle neerslaggebeurtenissen die over een tijdspanne van 50 jaar zijn geregistreerd, verwerkt. Meerdere overstortgebeurtenissen per dag worden als één gebeurtenis geteld. Afhankelijk van de opgegeven tijdsperiode en de gebiedsklasse-indeling volgens Buishand, worden minimaal 50 jaren neerslag doorgerekend.

De ligging van het rioolstelsel is bepalend voor het type neerslagdatabase dat wordt ingelezen. Aan de hand van de correctiefactoren voor een riolering met een berging van 7 mm en een p.o.k. van 0,7 mm/h (De invloed van regionale verschillen in het voorkomen van zware neerslaggebeurtenissen op de berekende gemiddelde overstortingsfrequenties, [7]) zijn vier verschillende databases gemaakt.

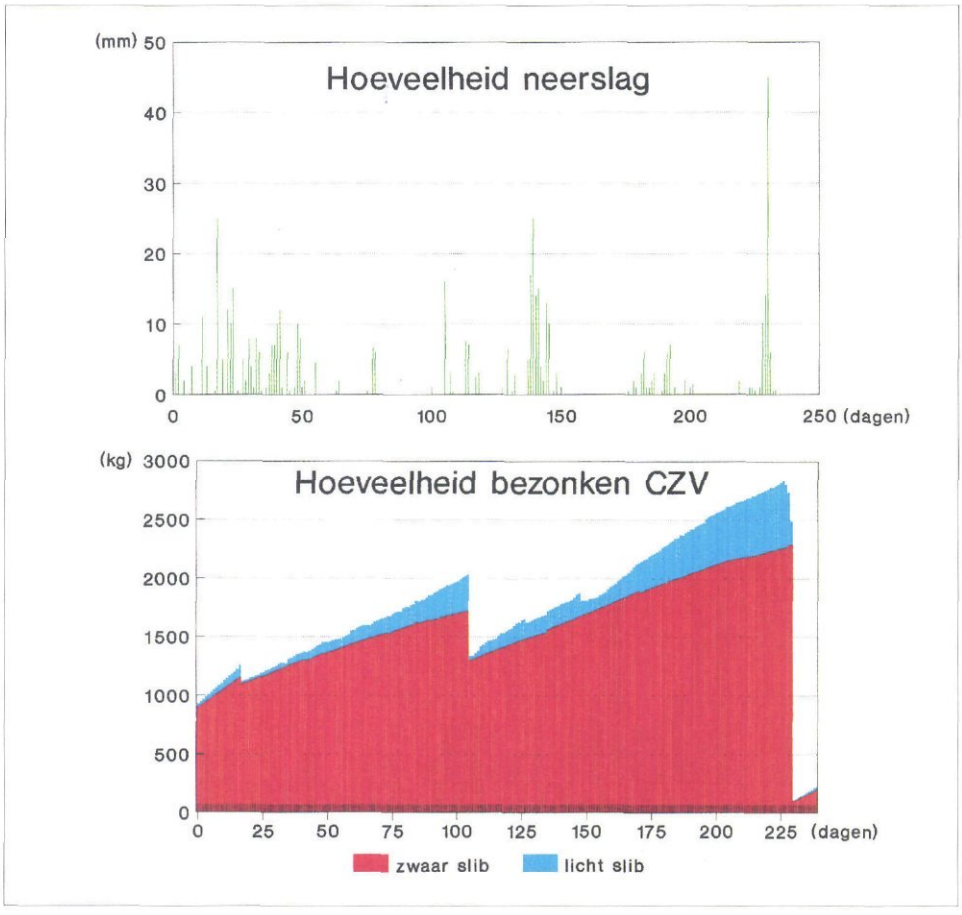
Hoe hoger de correctiefactor, des te meer natte jaren bevat de meerjarige tijdreeks.

Afb. 4 - De hoeveelheid gevallen neerslag versus de hoeveelheid overgestort CZV voor één jaar.





▲ *Afb. 5 - Het aantal overstortgebeurtenissen versus de totale hoeveelheid overgestort CZV voor 50 jaren.*



◀ *Afb. 6 - Bezinking, opwoeling en mineralisatie in een bak.*

De uitvoer van het programma wordt grafisch weergegeven. Ter illustratie zijn een aantal afbeeldingen opgenomen (afb. 4, 5 en 6).

4. **Modelkalibratie**

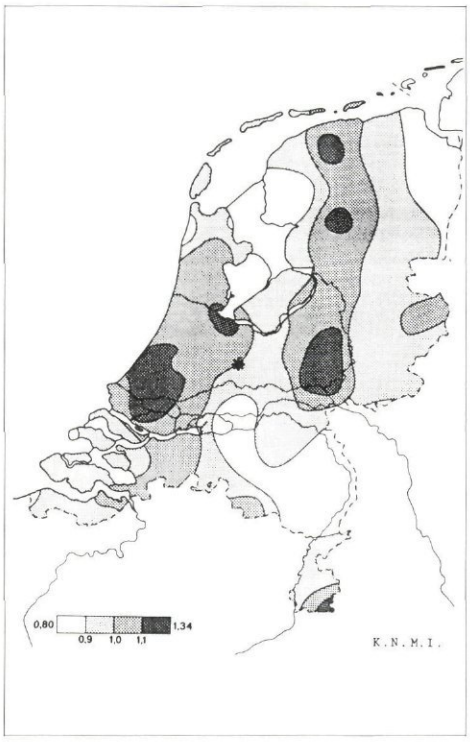
4.1. *Het stelsel Loenen*

Het EMOR-model is gekalibreerd aan de onderzoekresultaten die verkregen zijn in het kader van het NWRW-onderzoek, thema 10 [4]. Het rioolstelsel van Loenen heeft één overstort, die uitmondt op een overstortvijver. Gedurende de periode 1981-1984 zijn overstortvolumina en bijbehorende vuilconcentraties gemeten. Gegevens over het stelsel staan vermeld in tabel I. Vergelijking van de uur-

TABEL I – *Gegevens rioolstelsel Loenen.*

Aantal inwoners	2.050
Verhard oppervlak	16,8 ha
Berging	5,4 mm
Pompovercapaciteit	0,75 mm/h
Theor. overstortfreq.	10 $jaar^{-1}$

neerslagwaarnemingen van het KNMI de Bilt met de ter plaatse gemeten neerslag-



Afb. 7 - Buishand-grafiek.

hoeveelheden voor de bewuste periode, toont een grote variatie in neerslagintensiteit en de totale hoeveelheid gevallen neerslag per dag. De frequentie van het vóórkomen van de opgetreden neerslagintensiteiten en droogweerperioden is echter goed te benaderen door gebruikmaking van 50 jaren uurneerslagwaarnemingen en de indeling in gebiedsklassen volgens Buishand. Afb. 7 wijst uit dat Loenen in een neerslagrijk gebied ligt en is om deze reden doorgerekend met de overeenkomstige database.

4.2. *Resultaat van de vuiluitworpberekening*

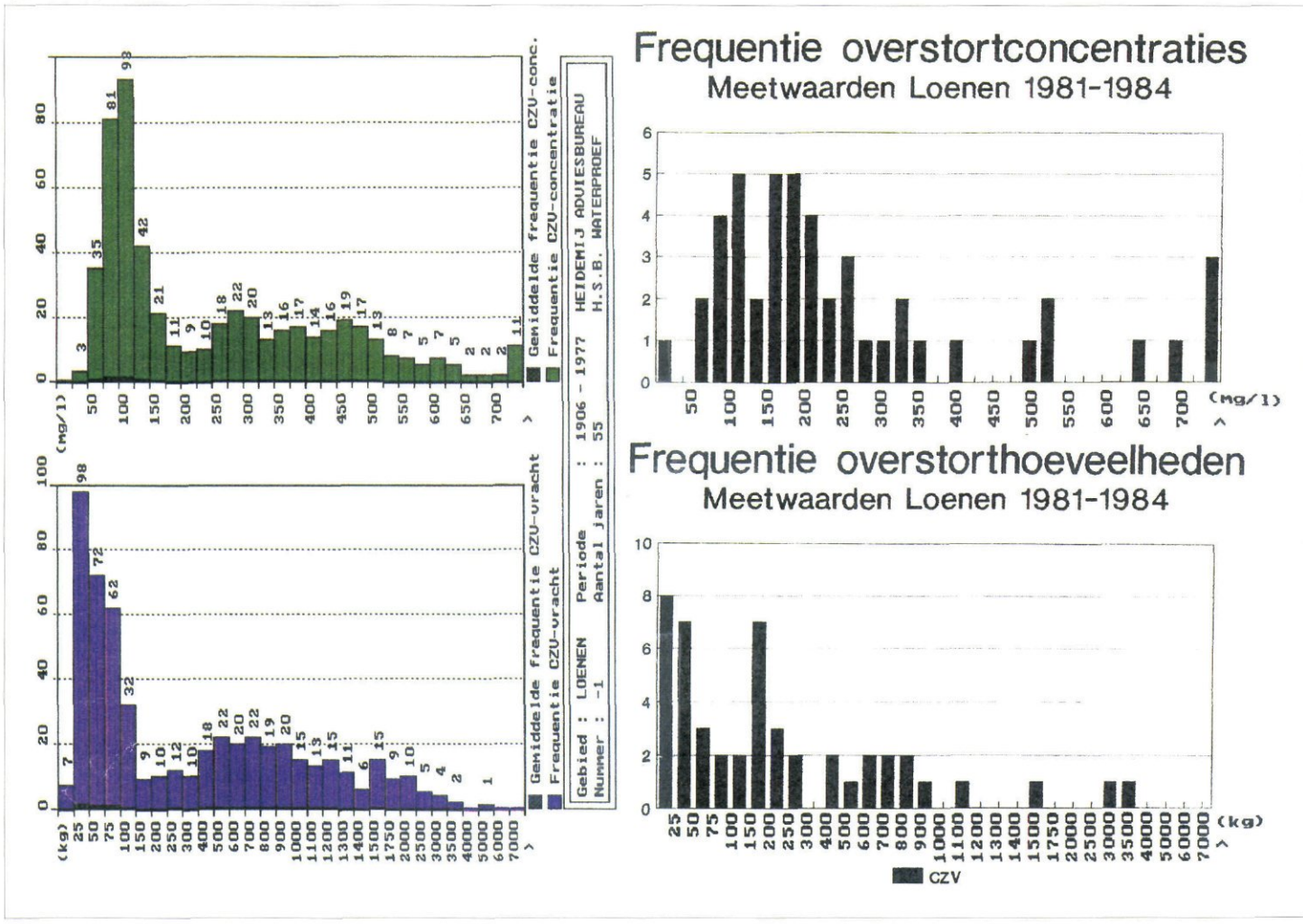
TABEL II – *Berekende waarden versus gemeten waarden.*

Loenen	gemeten	berekend
Periode	3,5	55 (a)
Overstortfrequentie	16	10 (a^{-1})
Gem. jaarlijks overstortvolume	17.200	6.000 (m^3/a)
Maximaal overgestort volume	8.500	9.000 (m^3)
Gem. jaarlijkse vracht CZV	5.200	5.200 (kg/a)
Maximaal overgestort CZV	3.500	4.200 (kg)

5. Slot

De modellering van de vuiluitworp is stelselspecifiek. Door de schematisatie van de rioolstelsels, hoe accuraat ook uitgevoerd, gaat veel informatie verloren wat uiteraard het eindresultaat beïnvloedt. Ondanks deze beperking blijkt EMOR in staat te zijn bij fysisch acceptabele waarden voor de dichtheid van de verschillende slibfracties de meetreeks van Loenen met een relatief hoge nauwkeurigheid te simuleren. Met het beschreven model is het inzicht verhoogd in de processen die zich afspelen in rioolnetten en daardoor is het model een nuttig hulpmiddel bij de opstelling van de basisrioleringsplannen 'nieuwe stijl', waarin de grootte van de vuiluitworp en de reactie van het ontvangende oppervlaktewater daarop een dominante rol spelen. Zonder meetreeks als kalibratie kan EMOR uitstekende diensten bewijzen bij het vinden van optimale maatregelen ter reductie van de vuiluitworp. EMOR functioneert onder deze omstandigeheden als een beslissingmodel en niet als voorspellingsmodel.

Afb. 8 - Frequentieverdeling overstorthoeveelheden gemeten-berekend.



Literatuur
1. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1989). *Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989.* NWRW, Staatsuitgeverij, Den Haag.
2. Raap, K. en Buis, K. (1988). *Modelbeschrijving voor resuspensie en sedimentatie in het Markermeer.* Vakgroep Waterzuivering, LU Wageningen.
3. Hogendoorn-Roozemond, A. S. (1983). *Bezinking, mineralisatie en opwoeling van slib in een rioolstelsel.* H_2O (16) 1983 nr. 14, p. 320-323.
4. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit. (1988). *Invloed overstortwatervijver te Loenen; Mineralisatieprocessen.* NWRW, publikatie 10.3.2, Staatsuitgeverij, Den Haag.
5. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1986). *Verhard oppervlak en watervervuiling.* NWRW, publikatie 7.1, Staatsuitgeverij, Den Haag.
6. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1989). *Processen in rioolstelsels.* NWRW, publikaties 6.1 en 6.2, Staatsuitgeverij, Den Haag.
7. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1985). *Regionale verschillen in neerslaggebeurtenissen.* NWRW, publikatie 4.1, Staatsuitgeverij, Den Haag.

• • •

Workshop 'Immuno-assays in waterkwaliteitsonderzoek'

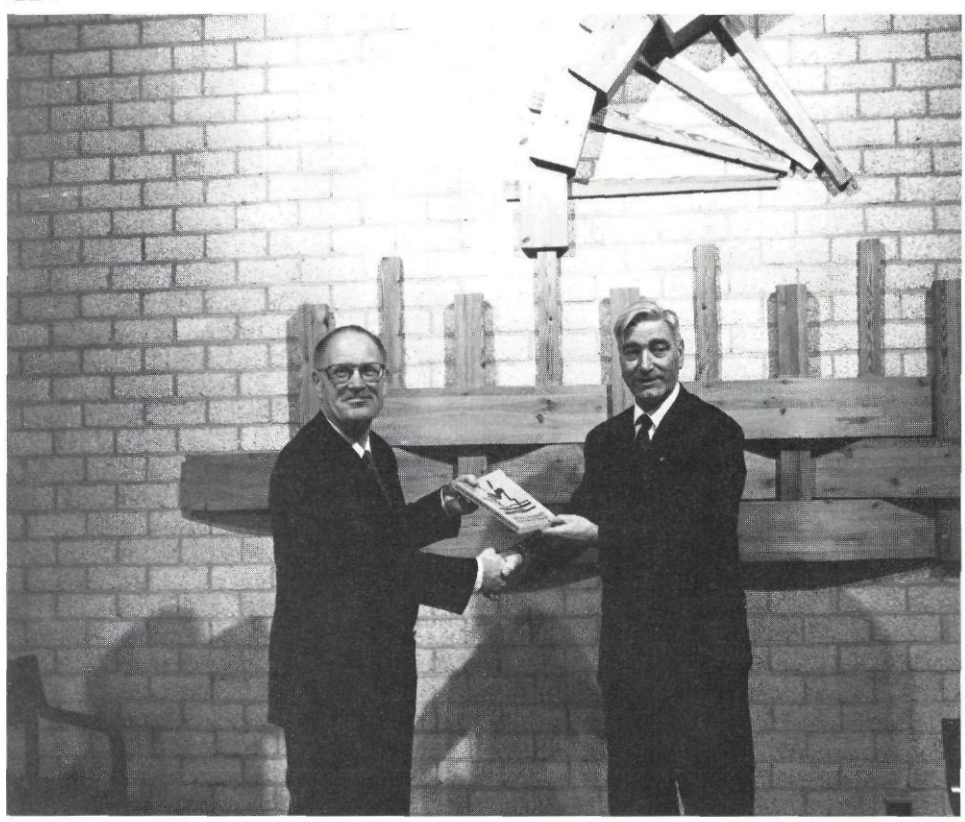
Onder auspiciën van WRK, RIZA en ELTI Support wordt een workshop georganiseerd over immuno-assays in waterkwaliteitsonderzoek. De workshop omvat een serie lezingen, demonstratie van immuno-assaykits en een plenaire discussie.
De voordrachten worden gehouden in het Engels en zijn getiteld:
- waterkwaliteit: Beleid en onderzoek (dr. P. Storks, WRK);
- de immuno-assay als detectiemethode (drs. P. Meulenberg, ELTI Support);
- toepassing van immuno-assays en immuno-affiniteitschromatografie in voedingsmiddelen (dr. W. Haasnoot, Rikilt);
- standaardisatie van immuno-assays in Duitsland (prof. dr. B. Hock, München).

Deelnemers ontvangen een handleiding met samenvattingen van de lezingen in het Nederlands.
In de pauze worden demonstraties van immuno-assays gegeven. De lezingen worden afgesloten met een plenaire discussie over het gebruik van immuno-assay in waterkwaliteitsonderzoek en -controle. Coördinatie van onderzoek en richtlijnen voor standaardisatie zullen ook aan de orde komen.
De workshop wordt gehouden op 1 april 1993, van 13.30 tot 17.30 uur in het WRK-Waterwinstation Prinses Juliana, Dijkweg 1, Andijk.
Nadere inlichtingen: ELTI Support, Tolhuis 76-20, 6537 RV Nijmegen, telefoon 080 - 44 53 30.

CHO-TNO-publikatie 'Integraal (water)beheer in de praktijk gebracht' aangeboden aan Unievoorzitter IJff

Integraal waterbeheer is ooit geïntroduceerd als een theoretisch concept. In de praktijk nam men wel met instemming kennis van de theorie, maar het heeft nog geruime tijd geduurd eer daadwerkelijk integrale waterbeheerprojecten van de grond kwamen. Op 7 april vorig jaar hield CHO-TNO een themadag met als titel 'Is integraal (water)beheer in de praktijk haalbaar?' onder dagvoorzitterschap van dr. ir. J. IJff, voorzitter van de Unie van Waterschappen. De themadag heeft geresulteerd in een lijvige publikatie, waarvan de titel de voor de themadag gestelde vraag bevestigend beantwoordt. Op 4 februari jl. overhandigde prof. dr. ir. J. C. van Dam, voorzitter van de CHO-TNO het eerste exemplaar van de publikatie aan de Unievoorzitter. De publikatie bevat de lezingen van de themadag, aangevuld met een groot aantal beschrijvingen van projecten op het gebied van integraal waterbeheer in Nederland.

Omgevingsschappen
Bij lezing van de publikatie valt op, dat de auteurs vrijwel unaniem van oordeel zijn dat integraal waterbeheer vraagt om andere beleidsstructuren. Zo wordt duidelijk, dat in de veelheid van nota's die de rijksoverheid de afgelopen jaren heeft afgescheiden veel tegenstrijdigheden schuilen, vooral in de uitwerking. Waar de nota's moeten worden vertaald naar provinciaal beleid wordt de diversiteit alleen maar groter. Het is daardoor voor de betrokkenen in de praktijk erg lastig om door alle bomen het bos nog te zien.
De ontwikkeling van integraal waterbeheer in de praktijk brengt voor de waterbeheerder een aantal consequenties met zich mee. Meer dan in het verleden moet de waterbeheerder zich bezighouden met andere belangen dan waterkwantiteit en -kwaliteit. Het is daarbij de vraag of de waterbeheerder kan volstaan met het over de grenzen van de eigen beheerstaken heenkijken; moeten de andere belangen niet in die beheerstaken worden geïncorporeerd?
De teneur van de inleidende hoofdstukken in de nieuwe CHO-publikatie nijgt sterk in de richting van de ontwikkeling van 'omgevingsschappen': schappen kortom met een veel bredere taakstelling dan de huidige water- en zuiveringsschappen hebben.

De publikatie 'Integraal (water)beheer in de praktijk gebracht' (Rapporten en Nota's nr. 28) kost f 60,- (incl. verzendkosten) en kan worden besteld bij:
CHO-TNO, Postbus 6067, 2600 JA Delft, tel. 015-697281, fax: 015-564801.

GBV