

Berekening van overstortingsfrequenties en -hoeveelheden van overlaten in rioleringsstelsels

Samenvatting

De tot op heden gebruikelijke rekentechnieken voor de bepaling van overstortingsfrequenties van overlaten gelegen op verschillende hoogten in een rioolstelsel zijn in vele praktijkgevallen punt van discussie. Met name de grootheid 'dynamische berging' wordt door vele beheerders van openbaar water niet geaccepteerd. Ook is het met de gebruikelijke rekentechnieken vaak niet mogelijk de overstortingsfrequenties van andere dan de laagste overlaat met redelijke waarschijnlijkheid vast te stellen.



IR. A. H. DE VRIES

Ingenieurs- en Architectenbureau
Haskoning BV, Nijmegen

In dit artikel wordt nader ingegaan op een aantal bezwaren tegen gebruikelijke rekentechnieken en een niet-permanente rekentechniek gepresenteerd, welke deze bezwaren niet in zich heeft.

Er wordt een computerprogramma (Resro) beschreven dat is gebaseerd op simulatie van werkelijke stromingstoestanden als functie van de tijd.

Deze wijze van berekenen vormt in vele gevallen de enige mogelijkheid overstortingsfrequenties van overlaten op verschillende niveaus met dezelfde nauwkeurigheid te bepalen als voor een stelsel met overlaten op gelijk niveau.

Het computerprogramma heeft o.a. de volgende gebruiksmogelijkheden:

1. berekening o.f.'s bv. op basis van de 'stippengrafiek';
2. berekening van het debiet over de overlaten als functie van de tijd bij ieder gewenst bui-verloop; zowel maximaal debiet als overstortende hoeveelheid zijn per overlaat aan te geven;
3. berekening van ledigingstijden van stelsels.

1. Inleiding

Het is in Nederland gebruikelijk en algemeen aanvaard de overstortingsfrequenties van overlaten in gemengde rioolstelsels te berekenen met de 'stippengrafiek' van Dr. Ir. Kuiper, waarin zijn vastgelegd (met ordinaten tijdsduur en waterschil) de regenbuien geregistreerd in De Bilt over een periode van 37 jaar. Hierbij wordt dan uitgegaan van de totale nuttige berging (uitgedrukt in mm op het verhard oppervlak) en de pompovercapaciteit (in mm/

uur). In stelsels welke gedeeltelijk boven het niveau van de laagste overlaat liggen zal bij de bepaling van de totale nuttige berging naast de statische berging, bestaande uit onderdrempelberging en eventuele berging op straat, ook vaak dynamische of bovendrempelberging in rekening worden gebracht.

Dynamische berging wordt hier gedefinieerd als een rekentechnische toeslag op de statische berging, teneinde het effect van afvoervertragende factoren op overstortingsfrequenties en -hoeveelheden te benaderen. Niet geheel ten onrechte bestaat bij vele beheerders van openbaar water bezwaar tegen het in rekening brengen van dynamische berging. Wel is het nagenoeg een ieder duidelijk, dat in uitgestrekte stelsels met veel rioolinhoud boven de laagste overlaat, het vertraagd op gang komen van en de uitloop van de toevoer naar de statische berging, pomp en laagste overlaat, de overstortingsfrequentie van deze overlaat in gunstige zin beïnvloedt.

Het benaderen van deze dynamische effecten door het introduceren van een in wezen statische grootheid is echter een discutabele zaak, onafhankelijk van de wijze waarop de dynamische berging is bepaald (bv. door vermenigvuldiging van 'Pok' met 'nivelleringsstijfheid' T_n [1], of door berekening van de bovendrempelinhoud bij een zgn. 'X-Dwa-stromingstoestand' [2]). Ook ten aanzien van de rekentechnieken welke gebruikelijk zijn bij het benaderen van het effect van knijp- of stuwconstructies door deze op te vatten als fictieve ondergemalen zijn kritische kanttekeningen te plaatsen. De tot op heden gebruikelijke rekentechnieken zijn alle pogingen een werkelijke berekening van het dynamisch gedrag van het stelsel te vermijden.

Het begrip 'dynamische berging' is hiervan één van de meest sprekende voorbeelden. Een en ander is gevolg van het feit, dat berekening van het volledige dynamische gedrag van het stelsel als zeer complex wordt gezien.

Met het oog op de soms belangrijke financiële consequenties verbonden aan het realiseren van aanvullende berging in rioleringsstelsels werd binnen het bureau Haskoning een computerprogramma ontwikkeld dat het dynamische gedrag van rioolstelsels simuleert.

De met de computer bepaalde verlopen van waterstanden en debieten in de tijd, bij een groot aantal buien met verschillende duur en intensiteit, worden m.b.v. de Kuipergrafiek vertaald in overstortingsfrequenties van alle overlaten.

Het zo goed mogelijk simuleren van het werkelijke dynamische gedrag van rioolstelsels bij een veelheid van buien wordt

door ons gezien als de enige rekentechniek die qua uitgangspunt geheel correct is.

Veelal zullen alleen op deze wijze voor een stelsel met laag en hoog gelegen overlaten de overstortingsfrequenties, -hoeveelheden en -debieten kunnen worden bepaald met dezelfde nauwkeurigheid als voor een vlak stelsel met overlaten op één niveau.

Het genoemde computerprogramma is ongeveer 1,5 jaar geleden ontwikkeld en werd intussen met succes toegepast voor de rioleringsstelsels van een aantal gemeenten. Met behulp van dit programma werd het inzicht in het werkelijke gedrag van deze stelsels sterk verbeterd. Ook voor de hoger gelegen overlaten konden overstortingsfrequenties worden vastgesteld, respectievelijk maatregelen worden geadviseerd, teneinde deze frequenties tot gewenste waarden te beperken.

Daarnaast bleek in een aantal gevallen de berekende nog te realiseren extra berging met deze vrij verfijnde rekentechniek veel geringer te zijn, dan kan worden berekend met meer gebruikelijke, minder verfijnde rekentechnieken.

Tot op dit moment is bij het gebruik van het programma voor de bepaling van overstortingsfrequenties en -hoeveelheden uitgegaan van buien met in de tijd constante intensiteit als behorend bij de Kuipergrafiek. Dit is echter niet essentieel voor het ontwikkelde programma.

Op eenvoudige wijze zijn ook buien met variabele intensiteiten of bui-reeksen in te voeren.

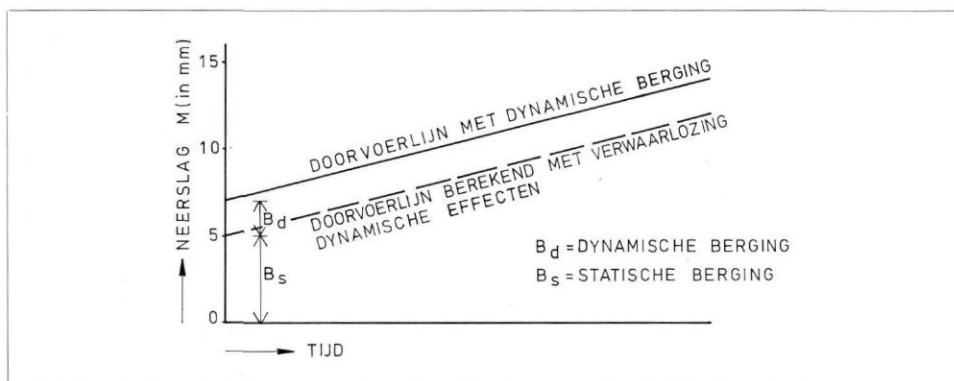
2. Algemeen

In gemengde rioleringsstelsels, ontworpen voor zowel afvalwater als regenwater zullen in het algemeen overlaten zijn opgenomen. Deze overlaten dienen zo nodig regenwater dat het transportsysteem naar de rioolgemalen niet kan verwerken af te voeren naar open waterlopen. Aan de frequentie waarmee deze overlaten in werking mogen treden worden maxima verbonden door de beheerders van dit open water.

De overstortingsfrequentie (o.f.) is in deze gedefinieerd als een theoretische gemiddelde jaarlijkse frequentie van overstortingen. De o.f. wordt bepaald met de zgn. stippengrafiek van Dr. Ir. Kuiper of daarvan afgeleide grafieken.

Algemene acceptatie van deze theoretische o.f. gebaseerd op de Kuipergrafiek is bevorderlijk voor de vergelijkbaarheid van aan verschillende stelsels opgelegde eisen.

Tegen het hanteren van de o.f.'s als norm voor de toelaatbaarheid van lozingen zijn uiteraard bezwaren aan te voeren. Er zijn dan ook onderzoeken gaande naar de wenselijkheid om eventueel de o.f.-criteria te vervangen door vuiluitworp-criteria. Het



Afb. 1 - Doorvoerlijn bij toepassing dynamische berging (schematisch; één gebied, één drempel).

zal echter duidelijk zijn, dat als dynamische stromingsberekeningen van belang zijn voor de bepaling van o.f.'s en overstortingshoeveelheden zij dit ook zijn voor de vuiluitwerp.

De o.f. van overlaten wordt bepaald door de capaciteit van rioolgemaal, de structuur van en de berging verdeeld over het rioolstelsel.

Het bergend vermogen B van een rioolstelsel voor een bepaalde overlaat in dit stelsel is gedefinieerd als de maximale neerslaghoeveelheid welke door het stelsel kan worden verwerkt zonder dat deze overlaat, bij welke bui-intensiteit dan ook, tot overstorting komt.

Bij de traditionele rekentechnieken bestaat dit bergend vermogen uit statische berging plus (eventueel geaccepteerde) dynamische berging.

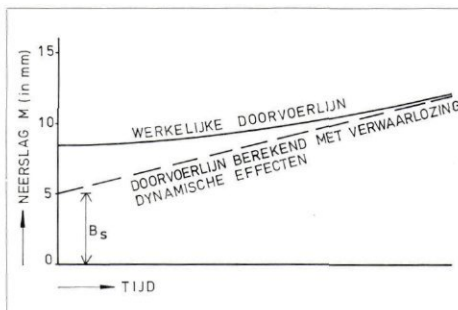
Bij dynamische rekentechnieken is B een totaal andere grootheid, welke pas achteraf uit de Kuipergrafiek kan worden bepaald. Dienaangaande wordt verwezen naar paragraaf 5.

Wel dient te worden opgemerkt dat het stellen van eisen aan B naast eisen aan de o.f. een discutabele zaak is.

3. Kritische beschouwing gebruikelijke rekentechnieken

Het hanteren van het begrip "dynamische berging" is een poging dynamische bergingseffecten in een stelsel te vertalen in een statische grootheid ter wille van de berekening. Het kan niet anders of dit leidt tot een verwringing van de werkelijkheid met niet geheel voorspelbare gevolgen. Dit is in het navolgende geïllustreerd door een vergelijking te maken tussen aantoonbare werkelijke dynamische effecten en het effect van dynamische berging op de overstortingslijn in de stippengrafiek van Kuiper.

De o.f. wordt bepaald door in de Kuipergrafiek de zgn. doorvoerlijn van de betreffende overla(a)t(en) te bepalen. Deze doorvoerlijn geeft de scheiding aan waar-

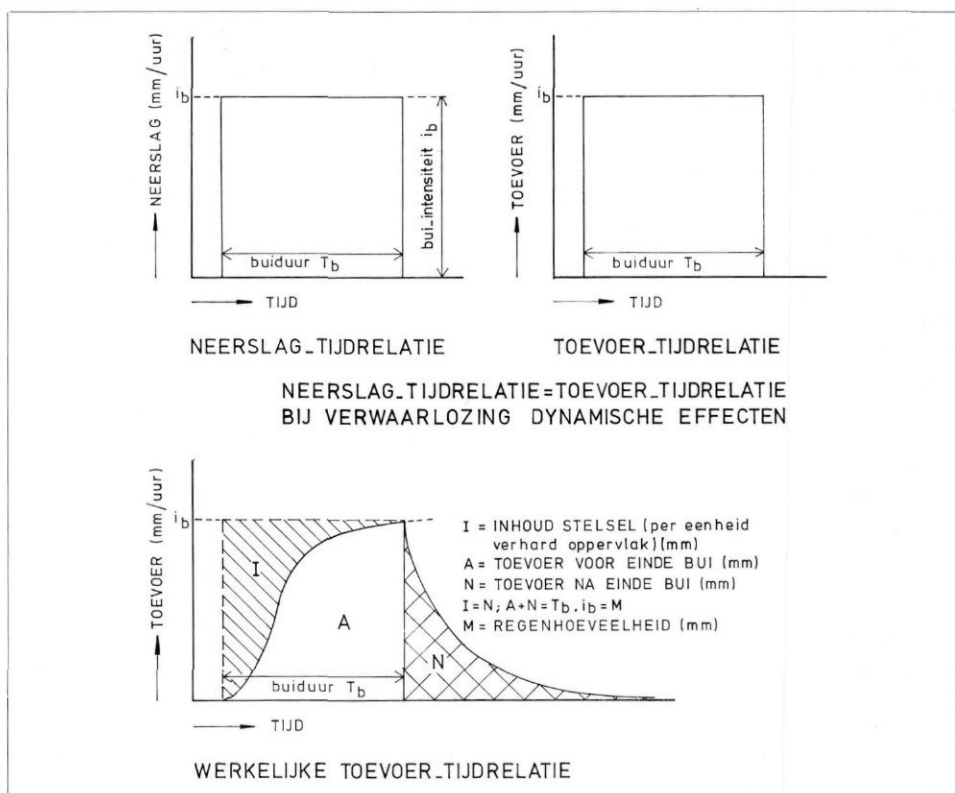


Afb. 2 - Werkelijke doorvoerlijn (schematisch; één gebied, één drempel).

boven de buien tot overstorting leiden en waaronder de buien niet tot overstorting leiden.

Het aantal stippen (= buien) boven de doorvoerlijn bepaalt de o.f.

Afb. 3 - Schematische weergave neerslag-toevoer-tijdrelaties.



In afb. 1 is het effect van dynamische berging op de doorvoerlijn schematisch aangegeven. In afb. 2 is het werkelijke dynamische effect bij één gebied met één drempel schematisch aangegeven zoals uit het verdere artikel zal blijken.

Bij vergelijking van beide doorvoerlijnen valt allereerst op dat de werkelijke doorvoerlijn bij buien met geringe intensiteit en lange duur nadert tot de doorvoerlijn berekend met verwaarlozing van de dynamische effecten. Teneinde dit nader te kunnen analyseren is inzicht in de neerslag-toevoer-tijd relaties nodig.

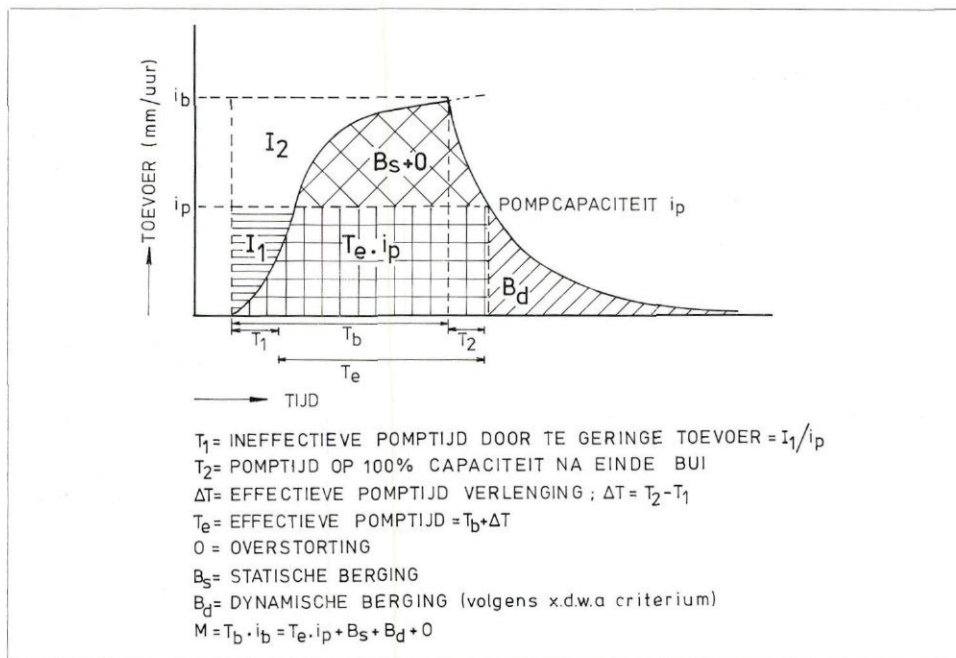
Onder toevoer dient hier te worden verstaan de afvoer uit het stelsel welke de toevoer vormt naar statische berging, gemaal en overlaat.

Afb. 3 is een schematische weergave van zo'n neerslag-toevoer-tijd relatie. Tijdens de bui-duur T_b nadert de toevoer-kromme asymptotisch tot de bui-intensiteit i_b en na afloop van de bui asymptotisch tot nul (of een dwa-stroming).

Afb. 4 is nogmaals dezelfde toevoer-tijd kromme, nu echter met hierin opgenomen de pompcapaciteit i_p . Bezien we nu de dynamische effecten op de doorvoerlijn dan valt het volgende vast te stellen. De doorvoerlijn bij verwaarlozing van dynamische effecten is weer te geven door:

$$M = B_s + T_b \cdot i_p \quad (1)$$

Zonder verwaarlozing van dynamische



Afb. 4 - Schematische toevoer-tijdrelaties met pompcapaciteit.

effecten is deze weer te geven door (zie afbeeldingen):

$$M = B_s + B_d + T_e \cdot i_p \quad (2)$$

of

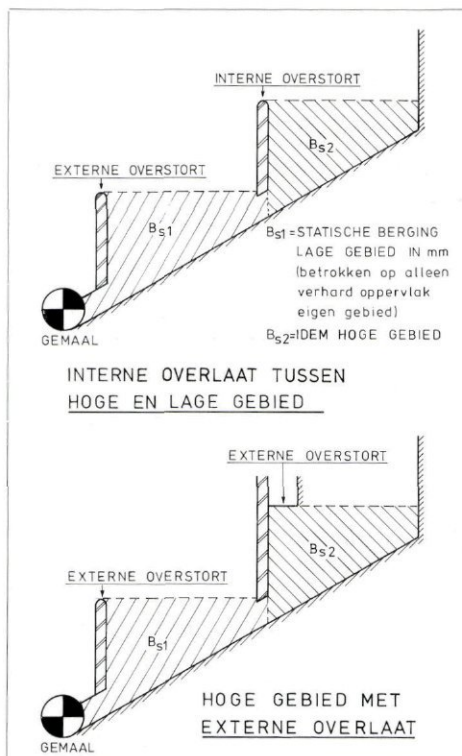
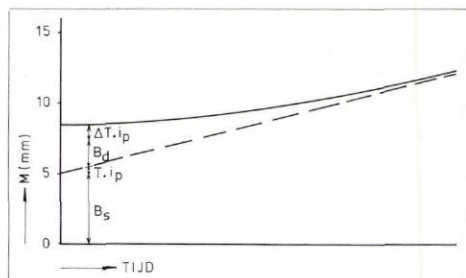
$$M = (B_s + T_b \cdot i_p) + (B_d + \Delta T \cdot i_p) \quad (3)$$

Hieruit valt te concluderen dat het dynamisch effect niet alleen wordt weergegeven door de dynamische berging B_d , maar ook door de effectieve pomptijdverlenging ΔT . Nu zal bij korte hevige buien, of te wel $i_p \ll i_b$, T_2 groter kunnen zijn dan T_1 en ΔT dus positief. Echter bij iets minder hevige en langduriger buien zal T_1 al snel groter worden dan T_2 en ΔT dus negatief. Bezien we nu het geval van een langdurige bui met $i_b = i_p$ dan zal $I = N$ (zie afb. 3) $I_1 \approx I$ en $B_d \approx N$ (zie afb. 4) zodat $T_1 \rightarrow B_d/i_p$.

Bovendien zal $T_2 \rightarrow 0$, zodat $\Delta T \rightarrow -B_d/i_p$. Dit is de verklaring voor het tot elkaar naderen bij langere buiduur van de werkelijke doorvoerlijn en de doorvoerlijn berekend met verwaarlozing van dynamische effecten (zie afb. 5).

Concluderend wordt gesteld dat het begrip

Afb. 5 - Schematische weergave werkelijke doorvoerlijn volgens Formule 3.



Afb. 6 - Schematische weergave van twee gebieden met stuwconstructie.

'dynamische berging' het dynamisch effect op de doorvoerlijn onvolledig en soms mogelijk te gunstig weergeeft. Het voorgaande had betrekking op een stelsel bestaande uit één gebied met één overlaat zonder knijp- of stuwconstructies.

Een stuwconstructie is een onderdeel van een stelsel, dat de afstroming van water uit bovenstrooms gelegen riolen sterk vertraagt

en bestaat uit een kleine doorlaatopening of een riool met relatief kleine diameter. De afmetingen van stuwconstructies dienen wel zo groot te zijn, dat geen gevaar voor verstopping bestaat en de d.w.a. + p.o.k. afvoeren naar het rioolgemeel geen belemmering ondervinden.

Bij toenemende afvoer zullen zij echter het water bovenstrooms dienen op te stuwen. Bij rioolstelsels met een niet onaanzienlijke rioolinhoud boven de laagste drempel kunnen stuwconstructies de o.f.'s sterk in gunstige zin beïnvloeden.

Teneinde te voorkomen, dat stuwconstructies wateroverlast veroorzaken in de bovenstrooms gelegen gebieden dienen deze gebieden ook alternatieve afvoermogelijkheden te hebben. Deze kunnen bestaan uit een interne overlaat van het hoge naar het lage gebied of een externe overlaat van het hoge gebied.

Hoewel het effect van stuwconstructies als een vorm van dynamische berging kan worden opgevat wordt de stuwconstructie veelal opgevat als een fictief ondergemeel met een eigen bovengedebiet.

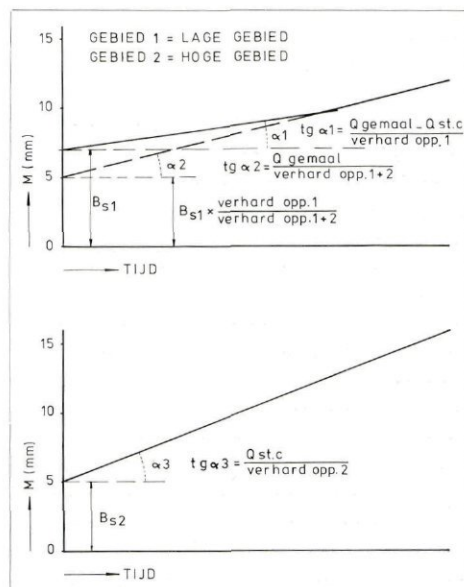
Hierbij vormt het debiet van de stuwconstructie de afvoer van het hoge gebied en een extra invoer voor het lage gebied.

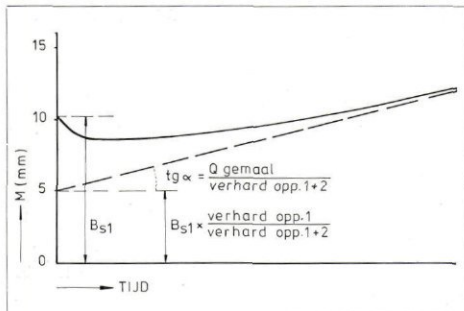
Afb. 6 geeft schematisch weer het geval van twee gebieden met een stuwconstructie en interne overlaat en het geval van twee gebieden met een stuwconstructie en ieder een externe overlaat.

In het tweede geval zal het ideale debiet van de stuwconstructie $Q_{st.c}$ in de orde zijn van p.o.k. + d.w.a. van het bovengebied, mits $B_{s1} \approx B_{s2}$ en de geëiste overstortfrequenties van de externe overlaten ongeveer dezelfde zijn.

Bij constant of nagenoeg constant zijn van

Afb. 7 - Doorvoerlijn externe overlaten lage en hoge gebied.





Afb. 8 - Doorvoerlijn lage overlaat bepaald zonder na-ijling.

$Q_{st.c}$, zijn de o.f.'s van hoog en laag gebied te bepalen met doorvoerlijnen waarvan de constructie schematisch is weergegeven in afb. 7. Hier blijkt reeds een totaal ander effect op de doorvoerlijn van de laagste overlaat, welke de werkelijkheid beter benadert, dan bij de benadering met 'dynamische berging'. (In deze afb. stelt B_{s1}^1 voor B_{s1} plus de berging in het hoge gebied beneden de lage drempel).

In vele gevallen zal $Q_{st.c}$ echter sterk met de vullingsgraden van onder- en bovengebied variëren.

In sommige gevallen wordt dan door een afzonderlijke (computer)berekening een gemiddeld debiet als functie van i_b bepaald. Indien dit gemiddelde niet sterk met i_b varieert is weer dezelfde simpele benadering volgens afb. 7 mogelijk.

Een betere benadering is echter een geïntegreerde dynamische berekening in de tijd van vulling van boven- en benedengebied en $Q_{st.c}$.

Voor een aantal bui-intensiteiten wordt met een kleine tijdstap deze berekening uitgevoerd tot de betreffende overlaat na een tijdsverloop T_0 tot overstorting komt.

Het tijdsverloop T_0 en de bijbehorende neerslaghoeveelheid leveren per doorgerekende bui-intensiteit een punt van de doorvoerlijn.

De doorvoerlijn wordt nu door de berekende punten getrokken.

De hiervoor beschreven rekentechnieken voor het effect van stuwconstructies zijn een duidelijke verbetering ten opzichte van de aanname van 'dynamische berging', maar zijn toch niet geheel correct.

Een eerste bezwaar betreft het niet mede in beschouwing nemen van het 'na-ijlings effect'.

Bij deze rekentechnieken ontstaan doorvoerlijnen voor de laagste overlaten als schematisch aangegeven in afb. 8.

Het snijpunt met de abscis ligt op $M = B_{s1}$ en veelal zal nabij de abscis een negatieve gradient van de doorvoerlijn optreden.

Deze negatieve gradient duidt erop dat $Q_{st.c} > Q_{gemaal}$ (zie afb. 7), hetgeen betekent dat door de na-ijling van de toevoer uit het bovengebied de lage overlaat tot

overstorting kan komen bij een bui-duur korter dan T_0 .

Aangezien in de stippengrafiek de bui-duur uitgezet wordt en niet het tijdstip van overstorting, betekent dit dat de doorvoerlijn in neerwaartse richting, dus ongunstige zin, correctie behoeft. Deze noodzaak tot correctie houdt niet in dat negatieve gradienten niet mogelijk zijn.

Ook na correctie zullen vaak negatieve gradienten resteren; echter alleen in gevallen met een externe overlaat in het bovengebied.

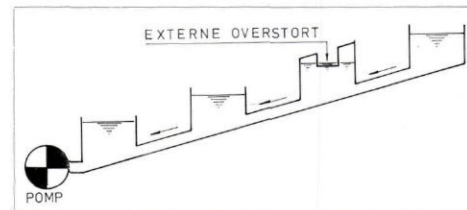
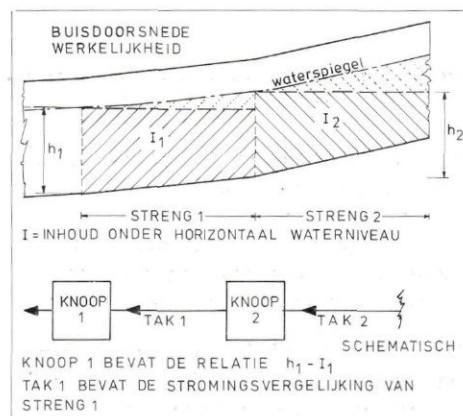
Een tweede bezwaar betreft de in vele gevallen te grove schematisatie, welke wordt verkregen door alleen echte stuwconstructies en gemalen als stromingselementen op te vatten of door een beperkt aantal bergingsgebieden te beschouwen gelijk aan of geringer dan het aantal in- en externe overlaten en de door te voeren debieten bij willekeurige bui-intensiteiten af te leiden uit de stromingstoestand berekend bij een permanente dimensioneringsbui (bv. 90 l/s/ha). Teneinde de niet-permanente stromingstoestanden in een rioleringsstelsel zowel bij geringe als hoge bui-intensiteiten op juiste wijze te simuleren zal in het algemeen een schematisatie met veel meer stromingselementen en bergingsgebieden noodzakelijk zijn.

De beste simulatie wordt verkregen door iedere rioolstreng als afzonderlijk stromingselement en bergingsgebied weer te geven. Dit zou de berekeningen echter praktisch onuitvoerbaar maken en het blijkt veelal ook niet nodig zover te gaan.

Ondanks deze kritische kanttekeningen bij de techniek van o.f.-bepaling door middel van het berekenen van T_0 bij een aantal bui-intensiteiten, dient gesteld te worden dat dit vaak de beste benadering is bij gebruik van handberekeningen of simpele computerprogramma's.

De volgende stap is het hierna te behandelen computerprogramma welke de hiervoor opgesomde bezwaren tegen verschillende rekentechnieken ondervangt.

Afb. 9 - Voorbeeld van een schematisatie.



Afb. 10 - Geschematiseerd stelsel voor berekening overstortingsfrequentie.

4. Het computerprogramma voor de berekening van overstortingsfrequenties en -hoeveelheden

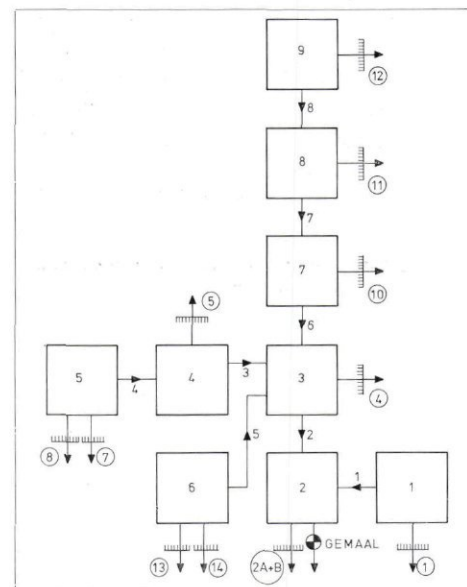
Het ontwikkelde computerprogramma (Resro) omvat een normale rekentechniek voor de simulatie van niet-permanente stromingsverschijnselen in een willekeurig stelsel [zie bv. lit. 3].

Zoals gebruikelijk bij dit soort berekeningen wordt het stelsel verdeeld in stromings- en bergingselementen, zgn. takken en knopen. In principe kan iedere rioleringsstreng, of zelfs deel van een streng, een tak + een knoop vormen. Hierbij worden de stromingsvergelijkingen weergegeven in de tak en de berging als functie van de waterstand in de knoop.

Ter illustratie wordt hier verwezen naar afb. 9. Omdat de dynamische berekening, welke een zeer groot aantal tijdstappen omvat anders voor de huidige computers te omvangrijk wordt zal in het algemeen een grovere schematisatie van het stelsel noodzakelijk blijken te zijn.

De schematisatie kan echter aanzienlijk verder verfijnd worden dan tot nu toe gebruikelijk is. In ieder geval dient de verfijning zo ver te gaan, dat een goede simulatie van stromingstoestanden bij verschillende bui-intensiteiten gewaarborgd is.

Afb. 11 - Schematisering eenvoudig rioolstelsel (Born).



Door de schematisatie zullen de knopen vaak het karakter van gebieden krijgen. In het navolgende worden zij dan ook als gebieden aangeduid.

Ieder gebied is op te vatten als een bak waarin de in dit gebied aanwezige water-inhoud bij *horizontale waterspiegel* als functie van de waterstand is vastgelegd. De gebieden zijn met elkaar verbonden door een, in principe onbeperkt, aantal takken. Deze takken behoeven lang niet alle (echte) stuwconstructies te zijn; veelal zal zelfs slechts een beperkt aantal takken een stuwconstructie zijn zoals bedoeld in het vorige hoofdstuk.

Afb. 10 geeft nogmaals een voor de berekening van o.f.'s geschematiseerd stelsel weer. Met nadruk wordt erop gewezen dat de schematisatie vaak veel meer gebieden dan interne en externe overlaten zal hebben. Bij steeds verder gaande verfijning van de

schematisatie zal de inhoud van het stelsel meer ten dienste staan van de afvoer- en bergingseffecten (demping van afvoergolven door de bergingstermen uit de stromingsvergelijking). Omdat binnen de gebieden met horizontale waterspiegels wordt gerekend geschiedt dit *zonder het aannemen van dynamische berging*.

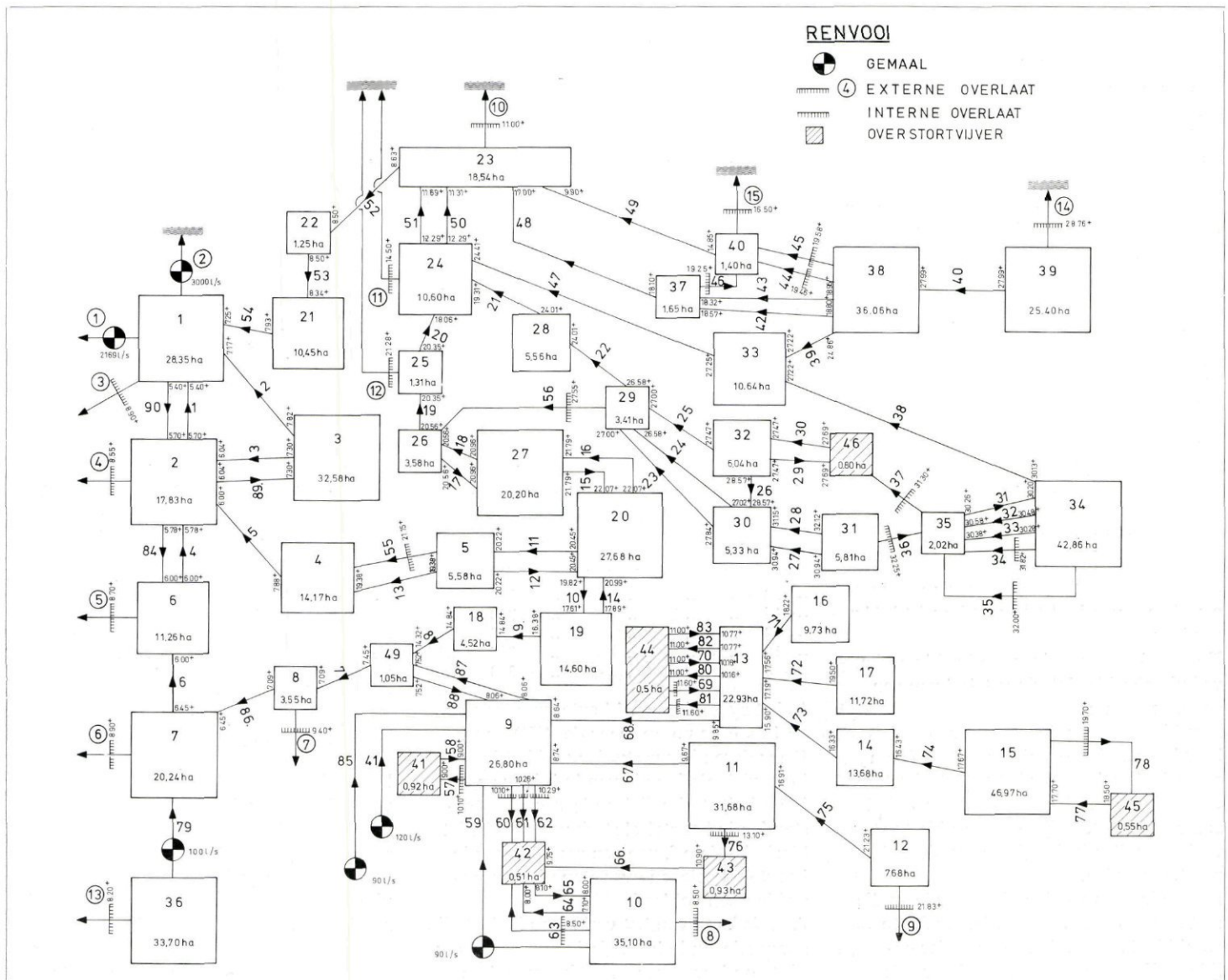
Door de aanname van horizontale waterspiegels in de gebieden zal bij grover worden van de schematisatie (minder gebieden) de inhoud van het stromend medium steeds lager worden berekend. Pas bij een zeer fijne schematisatie zal de berging in de gebieden de werkelijke inhoud van het stromend medium benaderen. Hieruit valt te concluderen dat een grovere schematisatie leidt tot uitkomsten welke ongunstig zijn voor de te bepalen o.f.'s. Het programma bevat een niet-permanente rekentechniek, waarbij de bergingseffecten

op afvoergolven worden weergegeven. Het programma rekent zeer snel, hetgeen gezien de veelheid van de uit te voeren berekeningen een dwingend noodzaak is. Bijzondere aandacht is besteed aan de controle van de stabiliteit van het rekenproces.

Bij de bepaling van o.f.'s op basis van de stippengrafiek is voor iedere overlaat van een rioleringsstelsel de doorvoerlijn in de stippengrafiek te bepalen. Hiertoe wordt bij een aantal bui-intensiteiten berekend welke overlaten tot overstorting komen en op welke tijdstippen T_0 dit gebeurt.

Daarna wordt nagegaan of zich in het stelsel overlaten bevinden welke, als gevolg van na-ijlende afvoeren uit bovengebieden, bij bui-duren korter dan T_0 reeds tot overstorting kunnen komen en zo ja, bij welke bui-duur korter dan T_0 de betreffende overlaat nog net tot overstorting komt.

Afb. 12 - Schematisering gecompliceerd rioolstelsel.



Op deze wijze wordt voor een groot aantal bui-intensiteiten en bui-duren het volledige niet-permanente gedrag van het stelsel gesimuleerd en voor iedere overlaat een voldoende groot aantal punten van de doorvoerlijn in de stippengrafiek gevonden. Op deze wijze zijn van alle overlaten in een stelsel overstortingsfrequenties en -hoeveelheden nauwkeurig vast te stellen. Dit computerprogramma is ook te gebruiken voor buien met een niet constante intensiteit, waarbij te denken valt aan bv. buien van Braakkrommen, van 5-minuten krommen of gemeten bui-verlopen.

5. Voorbeelden van uitgevoerde studies

Het in het vorige hoofdstuk behandelde computerprogramma is reeds met succes gebruikt voor de berekening van o.f.'s van overlaten in een aantal gemeenten in Nederland.

De eerste gemeente waarvoor het programma is toegepast is Born.

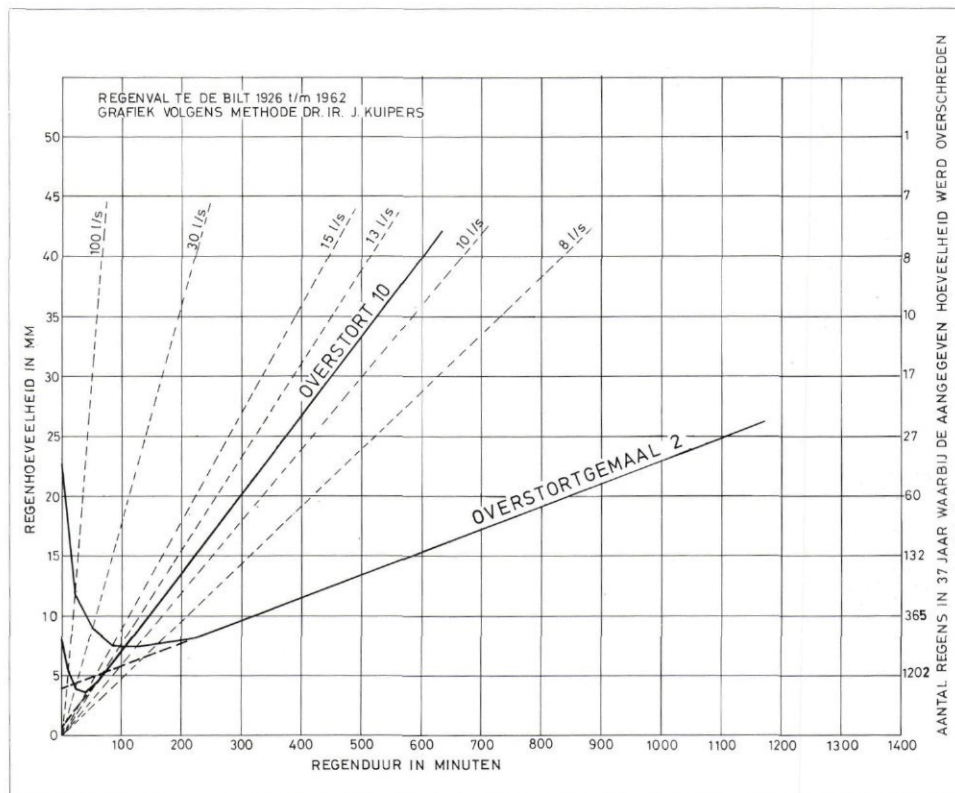
Afb. 11 schetst het geschematiseerde stelsel van Born. Het stelsel van Born is een lang-gerekt stelsel met veel riolinhoud boven de laagste drempel. Wordt hiermede totaal geen rekening gehouden dan wordt voor de laagste nooduitlaat NU 1 een overstortingsfrequentie van ca. 20x per jaar gevonden. Wordt een vereenvoudigde berekening met knijpriolen uitgevoerd, waarbij de stromingsverdeling van de permanente ontwerp-bui (100 l/s/ha) ook bij lagere bui-intensiteiten wordt aangehouden dan wordt voor de laagste nooduitlaat NU 1 een overstortingsfrequentie van ca. 2 x per jaar gevonden. Dit is een gevolg van het feit dat de leiding 2 bij de ontwerp-bui nagenoeg geen water uit de bovengebieden afvoert naar NU 1 aangezien de capaciteit volledig is bezet door de grote afvoer van in gebied G2 zelf gelegen industrieterreinen.

Het terugstuweffect van dit relatief grote riool bij de ontwerp-bui wordt echter bij geringere bui-intensiteiten snel minder, waardoor de doorvoer naar NU 1 snel toeneemt. Met het computerprogramma werd o.a. de o.f. van NU 1 bepaald op 10 à 11x per jaar.

Tot slot het toepassingsvoorbeeld van het vrij uitgebreide rioleringsstelsel van een grote gemeente.

Zou hier (volgens de normen van de beheerders van het openbaar water) 7 mm statische berging over het totaal afwaterend verhard oppervlak in het benedengebied aanwezig moeten zijn, dan zou hiertoe veel aanvullende berging gerealiseerd moeten worden.

Bij een in het verleden uitgevoerde studie met een grove schematisatie, geschatte gemiddelde takdebieten en zonder na-ijsingseffecten, was deze berging reeds



Afb. 13 - Stippengrafiek.

sterk gereduceerd. Beschouwingen ten aanzien van gedane vereenvoudigende aannamen en na-ijsingseffecten zouden mogelijk weer tot vergroting van de aldus berekende berging hebben geleid.

Recent is voor dit rioleringsstelsel een nieuwe studie uitgevoerd met het nu beschikbare computerprogramma. Hierbij is een betere en veel verder verrijnde schematisatie van het stelsel toegepast.

Afb. 12 geeft een indruk van deze schematisatie.

Het stelsel is verdeeld in 47 gebieden verbonden door 90 takken. Op het stelsel zijn 6 bui-intensiteiten met een groot aantal bui-duren en na-ijsingsperioden losgelaten:

- 100 l/s/ha tot maximale bui-duur	50 minuten
- 30 " " " "	150 " "
- 15 " " " "	240 " "
- 13 " " " "	360 " "
- 10 " " " "	360 " "
- 8 " " " "	360 " "

In het stelsel komen 14 externe overlaten en 1 externe pomp (naar de RZI) voor.

Door deze nieuwe studie werd het inzicht in de zich als functie van bui-duur en intensiteit sterk wijzigende stromingstoestanden in het stelsel sterk verbeterd. Het bleek dat de o.f. van een aantal hoger in het stelsel gelegen overlaten niet aan gestelde eisen voldeed.

Aan de hand van het verkregen inzicht zijn aanpassingen in het stelsel voorgesteld om dit te ondervangen; het effect van deze

aanpassingen is met behulp van hernieuwde computerberekeningen gecontroleerd.

Aan de hand van deze nieuwe berekeningen konden ook de inzichten omtrent de benodigde aanvullende berging laag in het systeem worden bijgesteld.

Ondanks het nu wel in beschouwing nemen van de na-ijsing van afvoer uit de bovengebieden blijkt de fijnere schematisatie er toe te leiden dat nog een aanzienlijk grotere reductie van de benodigde aanvullende berging wordt bereikt.

Door verbetering van het inzicht in de werking van het stelsel is het bovendien mogelijk deze aanvullende berging daar te plaatsen in het stelsel, waar dit financieel het meest aantrekkelijk is.

Afb. 13 toont enkele van de berekende doorvoerlijnen in de stippengrafiek. Uitgaande van de in par. 2 gegeven definitie van bergend vermogen B, is B de minimale M-waarde (regenhoeveelheid) bereikt door de doorvoerlijn.

6. Slotopmerkingen

Dynamische stromingsberekeningen zijn ook van belang voor de eventuele berekening van de vuiluitwerp van overlaten. Het beschreven computerprogramma is relatief eenvoudig om te bouwen tot een vuiluitworpprogramma indien men in staat is aan iedere overlaat karakteristieke eigen-

• *Vervolg van pagina 166*

Kort verslag van het EG-Slubsymposium te Wenen

waarbij men zijn hoop op de bevoegde instantie stelde. Om de kwaliteit van slib in hygiënische zin te kunnen weergeven, is er behoefte aan een indicator-organisme. Voornamelijk om de effectiviteit van pasteurisatie en eventuele andere decontaminatiemethoden weer te geven. Een aantal praktijkgevallen van Salmonellose door slibgebruik in Zwitserland werd gerapporteerd. Overlevingstermijnen voor diverse organismen onder praktijkomstandigheden werden besproken. Veelal blijken zij in maanden te moeten worden gemeten. Onderzoek over virussen kwam slechts in één voordracht aan de orde. Kwantificering van resultaten is hier de grote moeilijkheid. Een interessante bijdrage over de ook in technisch en energetisch opzicht aantrekkelijke methode van pre-pasteurisering, beval nader onderzoek op dit terrein aan. In het Duitse Niersverband wordt dit systeem overigens al gepraktiseerd.

Werkgroep 4 presenteerde een twintigtal voordrachten over de positieve kanten van slibgebruik in de landbouw. In feite is dit onderwerp het hoofddoel van de gezamenlijke actie. Over een drietal aspecten werd informatie verstrekt over de waarde van slib t.w. als stikstofmeststof, als fosformest en als organisch grondverbeteringsmiddel. Maar ook bepaalde ongewenste bij-effecten van bijv. overdosering van N en P vormen deel van het werkkerrein van deze groep. Het ligt in de bedoeling om nog in 1981 in een tweetal rapporten aanbevelingen op te stellen voor een verantwoord slibgebruik met het oog op stikstof- en fosfortoediening aan de bodem. Ten aanzien van stikstof is over het korte termijn-effect al veel bekend, over lange termijn-effecten en nawerking duidelijk minder en over verliezen in de vorm van denitrificatie bijvoorbeeld vrijwel niets. De landbouwkundige risico's met betrekking tot fosfor liggen veel eenvoudiger maar in dit geval spelen bodemverontreinigingsproblemen een mogelijke rol. De relatie tussen overmatig P-gebruik op de bodem en beïnvloeding van de eutrofiëring van oppervlaktewateren ligt voor de hand. Middels verslagen van pot- en veldproeven werd over deze aspecten, met inbegrip van defosfateringsslibben als proefmateriaal, bericht. De eventuele landbouwkundige of economische waarde van de organische stof in slib is nog een vraag. Zo ook de meer specifieke rol van slib met betrekking tot het biologische gebeuren in de grond en met name in de bouwvoor. De slibproductie en de behoefte in de gemeenschap beschouwende komt de groep tot de vol-

gende, in feite tegenstrijdige conclusies: Hoewel slib maar 2-5 % van de totale agrarische N en P behoefte kan leveren en dus gemakkelijk door de landbouw zou kunnen worden opgenomen, gebeurt dit veelal niet, omdat men reeds een eigen afval- of mestoverschotprobleem heeft. De agrarische wereld zal, de risico's van slibgebruik kennende, alleen slib accepteren als de voordelen evident zijn. Het doel van de actie moet dus zijn om tenminste de risico's te minimaliseren zowel ten aanzien van de hygiënische aspecten als met betrekking tot zware metalen en andere ongewenste substanties.

Tenslotte wijdde groep 5 aandacht aan de milieubelastende aspecten van slibgebruik in de landbouw. Hücker presenteerde in het kader van gewenst verband tussen onderzoek en normen een geactualiseerd overzicht van richtlijnen over slibgebruik in de deelnemende landen. Ten aanzien van de Nederlandse richtlijn kan worden opgemerkt, dat de EG voor vertalingen ervan in Engels, Duits en Frans heeft gezorgd, die voor belangstellenden beschikbaar zijn. Veel van de milieubelastende problemen bij gebruik van slib komen voort uit een te ruim gebruik. De doelstelling van het onderzoek bij deze groep is het zoeken naar informatie welke doseringen aanvaardbaar zijn onder de meest gevoelige omstandigheden. Over de in aanmerking komende zware metalen en wel speciaal over cadmium werd aan de hand van opname door planten in diverse voordrachten recent onderzoek toegelicht. Veelal betrof dit veldonderzoek waarbij een wijde reeks van doseringen en omstandigheden werd onderzocht. Het typeren van de opname door planten met behulp van analyses van bodemextracten is nog dubieus. Alhoewel ook door de FAO (Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties) potproeven hierover lopen, acht de groep op dit moment een strategie gebaseerd op totaal-gehalten te prefereren boven gehalten aan opneembare zware metalen. Ofschoon de zuurgraad van de bodem ook onmiskenbaar invloed heeft op de verhouding tussen 'totaal' en 'opneembaar', is de pH geen acceptabele mede bepalende maatstaf voor toelaatbaarheid van metaaltoevoegingen door slib. Het is meestal geen stabiele bodemfactor. De werkgroep vraagt ook aandacht voor de elementen selenium, borium, cobalt en al bij een vroegere gelegenheid voor molybdenum als mogelijk risicobringende componenten in slib. Tenslotte beveelt de groep een aantal nadere onderwerpen aan voor, liefst internationaal, opgezet onderzoek. Van bijzondere interesse lijkt het voorstel om te komen tot een vergelijking van de effecten van toepassing van slib op grasland en op bouwland. In een voorlopige evaluatie die in een

aansluitende vergadering van het Concerted Action Committee werd gegeven, heb ik deze wijze van presentatie ter discussie gesteld. Velen bleken van mening dat de onmogelijkheid om serieus vragen te stellen en te beantwoorden te betreuren viel. Een bundeling van het materiaal in enkele samenvattende voordrachten, zou tijd geschieden hebben voor een gemotiveerde discussie op basis van vooraf beschikbaar gestelde teksten van individuele bijdragen van de onderzoekers. Wellicht leert men al doende. Niettemin een waardevolle 'state of the art' presentatie.



• *Vervolg van pagina 172*

Berekening van overstortingsfrequenties en -hoeveelheden van overlaten in rioleringsstelsels

schappen toe te kennen. Zo'n karakteristiek zou b.v. een in de tijd variabele BZV-concentratie kunnen zijn, waarvan de piek- (en aanvangs-)waarde afhankelijk is van het op de overlaat afwaterende gebied. Tot slot nog een woord van dank aan de heer E. van der Woude voor zijn steun bij de ontwikkeling van het programma en de heren P. van Zuylen en R. Pisa, die een belangrijke bijdrage hebben geleverd tot het aantonen van de bruikbaarheid van de gepresenteerde rekenmethodiek.

Literatuur

1. Rapport van de Commissie Rioleringen en Watervereiniging van de afdeling voor gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. H₂O (15), 1972, nr. 10.
2. Bakker, K. en Schuurman, H. J. *Berging in rioolstelsels, enkele aspecten*. H₂O (12), 1979, nr. 6.
3. Korving, L. en van der Woude, E. *Berekening niet-permanente stromingen in stedelijke en agrarische afvalwateringsstelsels volgens het programma Waber*. Cultuurtechnisch tijdschrift, dec. '75/jan. '76, jaargang 15, nr. 4.

