

# De toevoer van regenwater naar een straatkolk

## 1. Inleiding

Als onderdeel van het onderzoeksprogramma van de vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie van de Landbouwhogeschool inzake de hydrologie van stedelijke gebieden wordt een studie gemaakt van de wijze waarop de voor een rioleringsysteem kritieke zomerregens via daken en verharde straatoppervlakken de riolering belasten. Deze studie kan worden opgevat als een aanvulling en voortzetting van de studie welke de werkgroep 'Afvoerfactoren Stedelijke Gebieden' in 1973 publiceerde [1]



IR. J. G. ZONDERVAN  
LH Wageningen  
Vakgroep Hydraulica en  
Afvoerhydrologie



ING. A. DOMMERHOLT  
LH Wageningen  
Vakgroep Hydraulica en  
Afvoerhydrologie

en waarbij de aandacht werd gevestigd op het ontbreken van voldoende inzicht met betrekking tot de transformatie van neerslag tot rioolvoer.

In deze presentatie wordt aandacht gevraagd voor een inrichting voor kunstmatige beregening op het 'stroomgebiedje' van een straatkolk en de meting van het daardoor veroorzaakte toevoerverloop in de straatkolk zelf.

Het gaat hierbij om de transformatie van hevige neerslag (zomerse stortbuien) tot een 'netto' afvoergolf van het betrokken straatoppervlak naar een straatkolk. De opeenvolging van regenintensiteiten binnen de regenbui is het onderwerp van een andere deelstudie waarover elders zal worden gerapporteerd.

Ook de studies verricht aan de afvoer van daken blijven hier buiten beschouwing; voor een eerste rapportage hierover kan worden verwezen naar [2].

Er kan nog worden opgemerkt dat de ondernomen studie, die parallel loopt aan soortgelijke studies in het buitenland, opgezet is met het doel om meer inzicht te krijgen in de hydrologische processen van stedelijke gebieden. Dit inzicht is dringend gewenst, wil men komen tot een goede waterhuishouding van deze gebieden. Voor een algemene beschouwing van de problemen t.a.v. de waterhuishouding van een verstedelijkend gebied en de rol die het onderzoek hierbij kan spelen zij verwezen naar [3].

## 2. Doelstelling en algemene werkwijze

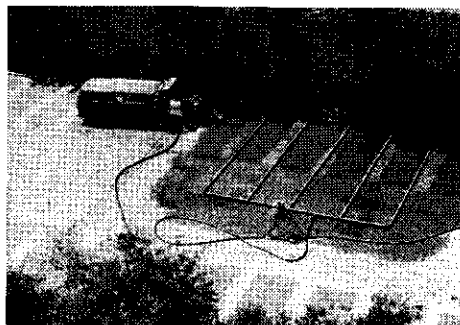
De regen die op een gerioleerd stedelijk gebied valt, zal de verharde oppervlakken zo ver bevochtigen dat afstroming over die oppervlakken in allengs toenemende omvang gaat optreden. Daarbij zullen dan eerst geïsoleerde lagere terreingedeelten worden opgevuld (berging in plassen) en gaandeweg zal een steeds groter wordend oppervlak gaan bijdragen tot afvoer naar de inlaatpunten van het rioleringsysteem. Tijdens dit proces zullen, bij een aantal typen verhardingen, ook nadat de plassen zijn gevuld, nog regenhoeveelheden aan de oppervlakkige afstroming worden onttrokken door infiltratie van water door voegen van de verharding en in de verharding zelf. De snelheid van deze infiltratie is uiteraard afhankelijk van de vochttoestand van zowel de verharding als de ondergrond en zal daarom afhangen van de voorgeschiedenis. Voorts zal deze infiltratiesnelheid in de loop van een regenbui afnemen.

Voor het ontwerpen van een rioleringsysteem dient men in de eerste plaats kritieke opeenvolgingen van neerslagintensiteiten te kennen. Dit valt, zoals reeds eerder vermeld, buiten het onderwerp van deze verhandeling.

De volgende vragen, die aan het ontwerp voorafgaan, betreffende de bovenbeschreven verliezen aan bevochtiging, berging in plassen, infiltratie en de wijze waarop een kritieke sequentie van neerslagintensiteiten wordt gevormd tot een afvoergolf ter plaatse van een inlaatpunt van het rioleringsysteem. In deze verhandeling wordt een methode gepresenteerd die, systematisch en op grote schaal toegepast in bestaande stedelijke gebieden, binnen een redelijke termijn antwoorden kan geven op de zojuist genoemde vragen. Deze inzichten zouden kunnen worden benut bij het afleiden van ontwerp-criteria voor rioleringsystemen.

De informatie die met de te beschrijven methode kan worden verkregen is complementair t.o.v. die welke met neerslag-afvoer studies in stedelijke gebieden zoals de studie te Lelystad wordt verzameld. Over de opzet

Afb. 1 - Overzicht van een proefopstelling op het parkeerterrein te Wageningen.



van laatstgenoemde hydrologische studie werd in 1969 door Kraijenhoff van de Leur en Zuidema gerapporteerd [4]. Terwijl een dergelijke studie kan leiden tot een beschrijving van het neerslag-afvoer proces van een stadsgebiedje als geheel, gaat het bij de hier beschreven methode om onderzoek op kleine schaal dat op allerlei plaatsen en onder verschillende initiële condities moet worden uitgevoerd. Deze kleine schaal maakt een snelle werkwijze mogelijk; men heeft niet op extreme regens te wachten, maar veroorzaakt deze zelf met behulp van een beregeningsinstallatie.

Naast een beschrijving van de werkwijze in detail zullen enige typerende meetresultaten worden gegeven. Hopelijk zal deze methode van onderzoek zijn plaats krijgen in een geïntegreerde Nederlandse studie van de problematiek van het afvoerproces in stedelijke gebieden.

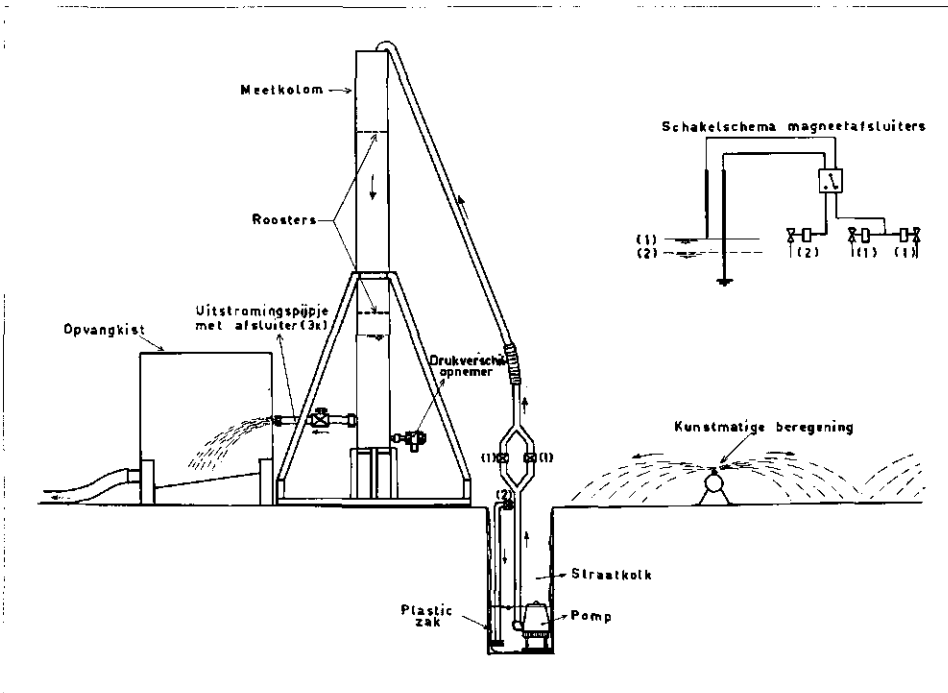
## 3. Beschrijving van de meetapparatuur

Bij de ontwikkeling van de meetapparatuur is er van uitgegaan dat deze aan de volgende voorwaarden moet voldoen:

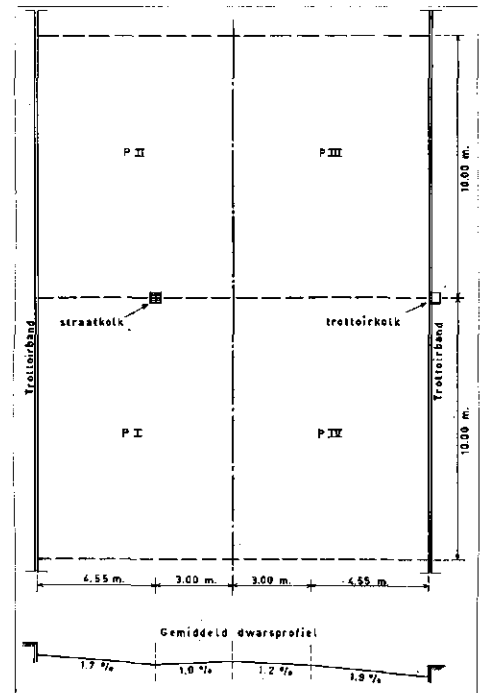
- Gemakkelijk verplaatsbaar, dus demonstabel in niet te grote en zware onderdelen.
- Een goede verdeling van de kunstmatige beregening over het te beregenen oppervlak.

De beregening van de proefvlakken vindt plaats door een aantal evenwijdig geplaatste pijpen met een onderlinge afstand van 2 meter, waarin aan de bovenkant, regelmatig verdeeld, sproeiers zijn geschroefd, zoals deze in de tuinbouw worden toegepast. De uiteinden van de pijpen zijn door een dwarspijp met elkaar verbonden en op deze dwarspijp is een slang aangesloten. Deze slang kan via een debietmeter en een afsluiter worden aangesloten op een standpijp en brandkraan van de gemeentelijke watervoorziening (zie afb. 1). De beregeningspijpen staan op steuntjes, zodat de stroming van het water over het oppervlak nauwelijks beïnvloed wordt.

Voor het meten van de invoer in de straatkolk zijn in beginsel twee plaatsen mogelijk, nl. direct in de straatkolk zelf of daarbuiten. Het voordeel van het meten in de straatkolk zelf is dat men de netto afvoergolf onmiddellijk kan meten. Het zou echter erg veel tijd gaan kosten om een meetinrichting te ontwikkelen die in een betrekkelijk kleine ruimte geplaatst kan worden en op de afvoer van de straatkolk kan worden aangesloten. Aangezien ook nog verschillende typen straatkolken bestaan moest een directe debietmeting in de straatkolken, uit praktische overwegingen, achterwege blijven. De andere mogelijkheid was, het water zo snel mogelijk en met een minimale tussen-



Afb. 2 - Schema van de afvoermetingopstelling.



Afb. 4 - Plattegrond van de proefvakken op het parkeerterrein te Wageningen (Pomona).

tijdse berging uit de straatkolk in een op straat opgestelde meetinrichting te pompen. Hiervoor moet de afvoerpijp van de straatkolk afgedicht worden. Een eenvoudige en doeltreffende manier is, een plastic zak ter grootte van de straatkolk bovenaan tegen de wanden van de straatkolk te plakken en waterdicht af te kitten. In de plastic zak wordt een pomp met neergelaten tot op de bodem van de kolk. Teneinde de bergingsveranderingen in de plastic zak tot een minimum te beperken, wordt het peil hierin zo konstant mogelijk gehouden met behulp van een elektrode, die enkele magneetafsluiters, aan de perszijde van de pomp, bestuurt (zie afb. 2).

Als het waterniveau de elektrode bereikt, worden de twee magneetafsluiters (1), die naar de meetinrichting voeren, geopend en wordt afsluiter (2), die terugvoert naar de straatkolk, gesloten. Zakt het waterniveau ten gevolge van het wegpompen weer onder de elektrode, dan worden de afsluiters (1) gesloten en wordt afsluiter (2) geopend. Het uit de straatkolk gepompte water komt hierdoor pulserend in de meetinrichting. Deze meetinrichting bestaat uit een 2,5 meter hoge kolom met een diameter van ± 21 cm. Aan deze kolom zijn drie uitstromingspijpjes gemonteerd, ieder met een afsluiter en aan de uitstroomzijde een schijfje met een ronde opening (zie afb. 3).

De relatie tussen de waterhoogte in de meetkolom en het door elk van deze ronde openingen uitstromende debiet, is door volumetrische ijking in het laboratorium bepaald (beschreven in [5]). De openingen

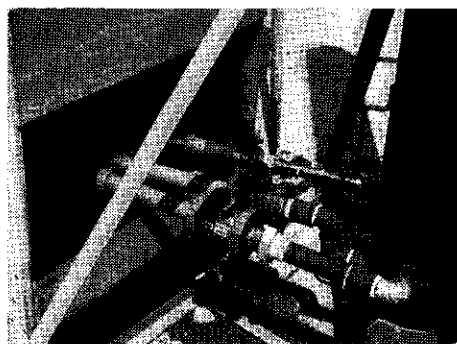
in de schijfjes zijn van verschillende diameter, teneinde een zo groot mogelijk bereik van de afvoeren met redelijke nauwkeurigheid te kunnen meten. Door middel van de afsluiters kan, bij grote variaties van het pompdebiet, zeer snel overgeschakeld worden naar een kleinere of een grotere meetopening. Het niveau in de meetkolom wordt gemeten met een drukverschilopnemer die verbonden is met een 'flat-bed recorder', die aldus continu het niveau registreert. De intensiteit van de toevoer naar de meetkolom volgt nu uit de waterbalans:

$$Q(t) = Q_m(t) + \frac{dB}{dt} \{R(t + \Delta t) - R(t - \Delta t)\} \alpha$$

$$Q(t) = Q_m(t) + \frac{dB}{2\Delta t}$$

Q(t) = toevoerdebiet naar de meetkolom = toevoerdebiet naar de straatkolk.  
 B = berging in de meetkolom.  
 Q<sub>m</sub>(t) = afvoerdebiet uit de meetkolom:

Afb. 3 - Detail van de afvoermetingopstelling (uitstroompijpjes met afsluiters).



af te lezen uit ijktafel met behulp van R(t). R(t) = recorderstand.  
 α = omrekeningsfactor van recorder-eenheden naar inhoud in de meetkolom. (NB Als waarde voor Δt is 15 seconden gekozen).

De afvoer uit de meetkolom wordt opgevangen en afgevoerd naar een verderop gelegen straatkolk. Tenslotte wordt de benodigde spanning voor de pomp en het elektronicageedeelte geleverd door een benzine-aggregaat. Hierbij dient opgemerkt te worden dat een recorder gebruikt wordt die niet gevoelig is voor kleine spanningsverschillen van het aggregaat.

#### 4. Enkele experimenten

De hier te bespreken beregningen van verharde straatoppervlakken hebben plaatsgevonden na een weken durende zomerse droogteperiode. Dientengevolge waren de regenverliezen door infiltratie via de naden tussen betonstenen en -tegels naar het uitgedroogde zandbed verhoudingsgewijze groot.

Een betrekkelijk uitvoerige beschrijving van één der metingen op een parkeerterrein nabij het flatcomplex 'Pomona' te Wageningen (zie afb. 1), moge dienen om de algemene gang van zaken bij een 'straatkolkmeting' wat betreft het opnemen en verwerken van meetgegevens, te illustreren. In afb. 4 is de situatie van een straatkolk en een trottoirkolk aangegeven met de daar-

op afwaterende 'inlet-areas' van betonsteenbestrating. Hier zal verder alleen de trottoirkolk met de inlet-area P III + P IV worden besproken. Het stroomgebied van deze trottoirkolk is in tweeën gedeeld omdat de omvang en de capaciteit van de beregenings- en afvoermeetinstallaties niet voldoende waren om het gehele stroomgebied ineens te onderzoeken.

Teneinde een indruk te krijgen van de initiële verliezen aan bevochtiging en berging in plassen en de daarnaast optredende infiltratieverliezen, werden, als begin en afsluiting van de reeksen van proeven voor de beregeningsvakken P III en P IV, betrekkelijk lang durende beregeningen met een constante intensiteit uitgevoerd van  $P = 72 \text{ mm} \cdot \text{uur}^{-1}$ .

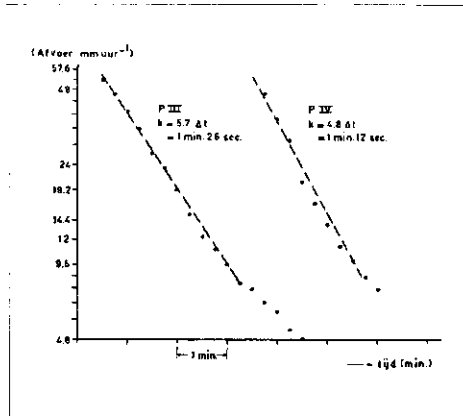
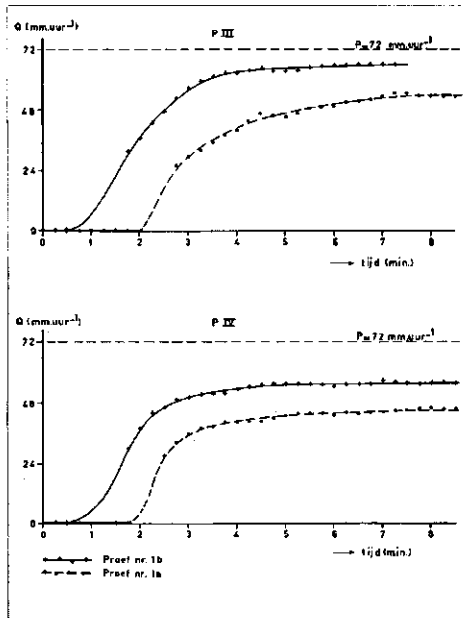
Het verloop van de gemeten afvoerintensiteiten na de aanvang van de berekening is gegeven in afb. 5.

Proef 1.a betreft de eerste berekening van elk van de twee proefvakken.

Proef 1.b werd ingezet als laatste proef van een reeks proeven die tezamen enkele uren in beslag namen.

Uit de verschuiving van de opgaande tak van de afvoercurve, veroorzaakt door de verschillende begintoestanden van het verhard oppervlak, kan nu een schatting worden gemaakt voor het initiële verlies. In het laboratorium werd het vocht-opnemend vermogen van de droge betonsteen vastgesteld op ongeveer 0,5 mm in een kwartier (na dit eerste kwartier was de snelheid waarmee water werd opgenomen zo laag, dat deze opname voor deze beschouwing niet relevant is).

Afb. 5 - Voorbeeld van enkele afvoercurven van de vakken P III en P IV te Wageningen.



Afb. 6 - Bepaling parameterwaarden voor het lineaire reservoirmodel voor de vakken P III en P IV.

Uit de proeven 1.a en 1.b volgt ook de infiltratiesnelheid. Na enige minuten beregening bereikt het afvoerverloop een nageen constant waarde. Het verschil tussen de beregeningsintensiteit en deze 'constante' afvoerintensiteit geeft de waarde van de infiltratiesnelheid die behoort bij de dan heersende vochttoestand. Voor beide vakken blijkt de infiltratiesnelheid tussen begin en einde van de proevenreeks aanzienlijk terug te zijn gelopen. Deze afname van de infiltratiesnelheid vindt geleidelijk plaats, zodat voor de proeven die genomen zijn, tussen proef 1.a en 1.b, de infiltratiesnelheid voor de duur van zo'n proef als constant kan worden beschouwd.

Uit verschillende onderzoeken aangaande neerslag-afvoerrelaties van stedelijk gebied, zoals die van Viessman [6] en Zondervan en Dommerholt [2] blijkt dat het lineaire

reservoirmodel, dat slechts één parameter heeft, een redelijke benadering kan geven. Ook in deze studie bleek dit model redelijk te voldoen.

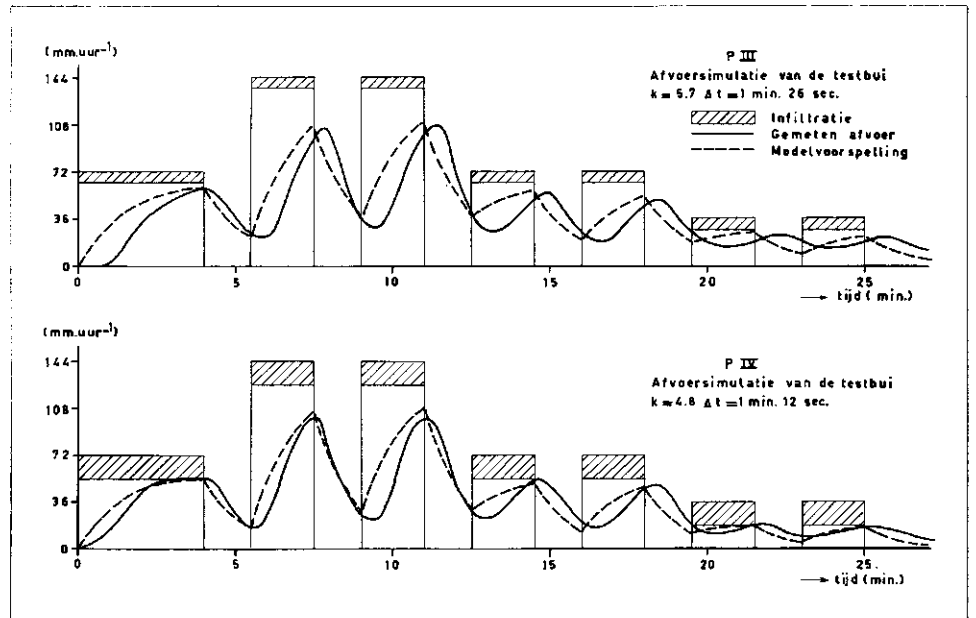
In afb. 6 is voor elk van de twee deelgebieden P III en P IV een waargenomen uitputtingsverloop op logaritmische schaal tegen de lineair opgetekende tijd uitgezet. Zoals bekend is kan uit de helling van deze lijn de waarde van de reservoirconstante  $k$  worden afgeleid.

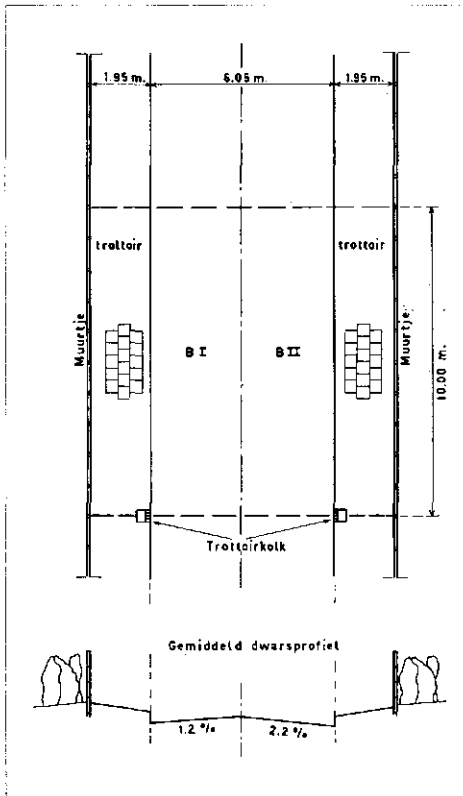
In afb. 7 zijn de proefresultaten van een 'testbui', eveneens op de deelgebieden P III en P IV, in getrokken lijnen weergegeven. Het met dunne lijnen weergegeven beregeningsverloop werd teweeggebracht op een aanvankelijk reeds geheel bevochtigd gebied, dus met een zo goed mogelijk gevulde plassen. De initiële verliezen waren dienvolgt slechts gering.

In het afvoermodel dat door zijn impulsresponsie (unit hydrograph),  $u(t) = 1/k \cdot \exp(-t/k)$  wordt getypeerd, zijn voor de tijdconstante  $k$  de uit afb. 6 verkregen waarden ingevuld. Convolutie van het netto-neerslagverloop (neerslag minus infiltratie) met de bijbehorende impulsresponsie leverde het met een gebroken lijn in afb. 7 aangegeven berekende afvoerverloop. De overeenstemming tussen berekende en gemeten afvoerverlopen is goed. Deze zou nog kunnen worden verbeterd door een tijdsverschuiving  $\tau$  van een halve minuut te introduceren. Dit komt neer op de toepassing van het 'lag and route model' met de impulsresponsie:

$$u(t) = 1/k \cdot \exp \{-(t - \tau)/k\}$$

Afb. 7 - Gemeten- en gesimuleerd afvoerverloop t.g.v. een testbui voor de vakken P III en P IV.





Afb. 8 - Plattegrond van een beregend stuk straat te Bennekom.

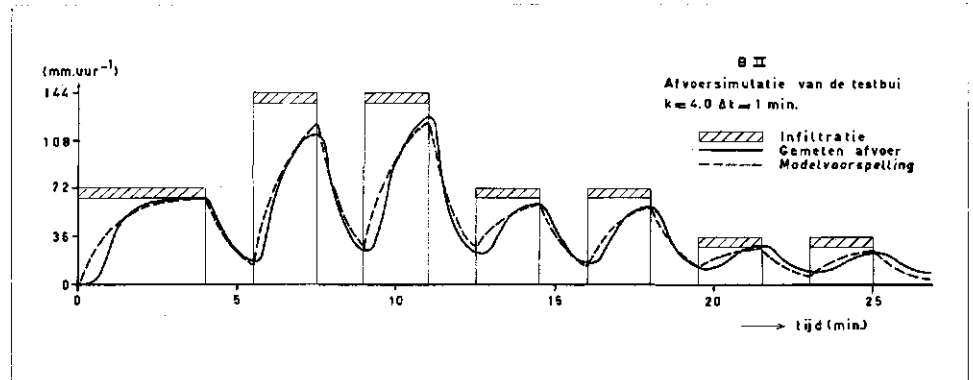
Tenslotte tonen de afb. 8 en 9 nog de situatie en de proefresultaten van de 'testbui' op een geasfalteerde straat met een pas gestraat tegeltrottoir.

### 5. Slotopmerking

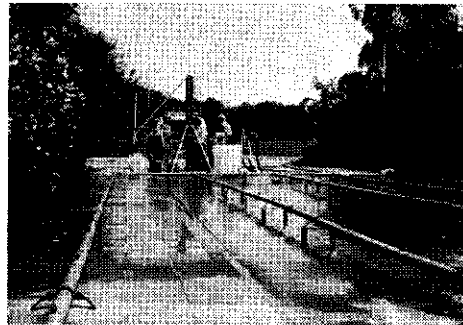
Rioolafvoer uit een stadsgebiedje t.g.v. neerslag is behalve van verharde terreinen ook afkomstig van daken. Bij de kritieke heftige zomerneerslagen kunnen ook onverharde terreinen een significante bijdrage aan de rioolafvoer. In hoeverre deze onverharde terreinen inderdaad een bijdrage leveren is afhankelijk van de grondsoort, de vegetatie, de vochttoestand van de bodem en de ligging van deze terreinen t.o.v. de kolken.

Behalve de transformatie op deze 'inlet areas' zullen ook de verschillende looptijden, bergingen en weerstanden in het stelsel van rioolbuizen en -putten een doorslaggevende invloed hebben op de vorming van het regenverloop tot het verloop van de afvoer uit het hoofdriool van het beschouwde gebied. In een integrale beschouwing van de regenwaterafvoer uit stedelijke gebieden zal aan al deze samenstellende componenten aandacht moeten worden besteed.

De golftransformatie op een intensief gedraineerde bestrating zoals die hier als voorbeeld naar voren is gebracht, mag dan



Afb. 9 - Gemeten- en gesimuleerd afvoerverloop t.g.v. een testbui voor vak B II.



Afb. 10 - Overzicht van de opstelling te Bennekom.

in het kader van de afvoer uit gehele stads-wijken van niet erg grote betekenis lijken, bij het zoeken naar verspreide bergings-mogelijkheden ter ontlasting van het totale systeem zal deze gedetailleerde benadering van nut kunnen blijken.

Van directe betekenis voor het vaststellen van ontwerpcriteria is de mogelijkheid die de hier gepresenteerde 'infiltrometer-installatie' biedt om informatie over neerslagverliezen te verkrijgen zoals die bij verschillende typen verhardingen bij verschillende, door voorafgaande neerslag veroorzaakte, vochttoestanden zullen optreden. Deze informatie zou aan een stochastisch model voor zomerneerslagen kunnen worden verbonden en aldus een model voor het genereren van netto af te voeren neerslag kunnen opleveren.

### Literatuur

1. Werkgroep Afvoerfactoren Stedelijke Gebieden, Kon. Instituut van Ingenieurs - Kon. Genootschap v. Landbouwwetenschap. 'Kwantitatieve aspecten van de afvoer van stedelijke gebieden', 1973.
2. Zondervan, J. G. en Dommerholt, A. 'Omvorming van neerslag tot rioolinvoer bij één bepaald type inlet area'. Nota 33, Lab. voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, Landbouwhogeschool Wageningen, 1975.
3. McPherson, M. B. 'Urban Water Resources'. Transaction American Geophysical Union, Vol. 57, No. 11, nov. 1976.
4. Kraijenhoff van de Leur, D. A. en Zuidema, F. C. 'Een onderzoek naar de relatie tussen neerslag en

afvoer in het stedelijk gebied van Lelystad'. H<sub>2</sub>O (2), 1969, nr. 4.

5. Zondervan, J. G. en Dommerholt, A. 'Omvorming van neerslag tot rioolinvoer bij enkele typen verhardingen'. Nota 38, Lab. voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, Landbouwhogeschool Wageningen, 1976.

6. Viessman Jr., W. 'The hydrology of small impervious areas'. Water Resources Research, Vol. 2, No. 3, 1966.

