

RIOOLOVERSTORTEN EN DE KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER (DEEL 1)

Prof. J. BERLAMONT - Ir. M. SMITS,
Laboratorium voor Hydraulica K.U. Leuven.

Het bouwen van rioolstelsels en de daarop aansluitende rioolwaterzuiveringsinstallaties, is van groot belang voor de verbetering van het leefmilieu maar betekent een belangrijke investering voor de gemeenschap.

De kostprijs van het ontwerp wordt in grote mate beïnvloed door de gehanteerde ontwerpmethodes en de berekeningsgrondslagen.

Dit geldt ontegenzeggelijk voor het kwantitatieve aspect: ontwerpdebieten, riooldiameters, hellingen (diepteligging). Dit geldt zo mogelijk in nog groter mate voor het ontwerpkriterium dat de toelaatbare vervuiling van het ontvangende oppervlaktewater bepaalt: het bepaalt de grootte van de noodzakelijke berging en de doorvoer capaciteit naar de zuiveringsinstallatie en dus de kostprijs van zowel het rioolstelsel als de zuiveringsinstallaties.

Met de steun van de Vlaamse Regering, werden in dit verband verschillende studies uitgevoerd aan de K.U. Leuven.

Er mag gehoopt worden dat de publikatie van de resultaten ervan een diepgaande discussie op gang brengt, die uiteindelijk moet leiden tot algemeen aanvaardbare normen die een behoorlijke waterkwaliteit garanderen tegen een betaalbare prijs. Dit laatste is zeker in deze crisistijd van het grootste belang om met de beperkte beschikbare middelen een zo groot mogelijk gedeelte van de bevolking meer comfort en een beter leefmilieu te bezorgen.

De Redactie.

1. INLEIDING

In gemengde rioolstelsels kan, bij zware regenval, niet alle, met regenwater gemengd afvalwater naar de rioolwaterzuiveringsinrichting (R.W.Z.I.) gebracht worden. De regenweerafvoer (R.W.A.) kan immers 80 tot 100 maal de droogweerafvoer (D.W.A.) bedragen (Ref. 3). Indien de zuiveringsinrichting deze grote debieten zeer verdund afvalwater zou moeten kunnen verwerken, zou ze zeer sterk overgedimensioneerd moeten worden, buitensporig duur zijn en bovendien t.g.v. de sterke belastingswisselingen, moeilijk te bedienen zijn en globaal een zeer slecht rendement hebben.

Daarom zijn alle gemengde rioolstelsels voorzien van « overstorten », langs dewelke het gedeelte van het met regenwater vermengde afvalwater dat tijdens hevige buien noch naar de R.W.Z.I. afgevoerd wordt, noch tijdelijk geborgen wordt in het net (en nadat de neerslag opgehouden heeft naar de R.W.Z.I. afgevoerd wordt) overstort op het oppervlaktewater.

De verontreiniging van het oppervlaktewater t.g.v. deze overstortingen moet vanzelfsprekend binnen aanvaardbare grenzen gehouden worden. Daartoe moeten de overcapaciteit (Q , in $\text{m}^3/\text{ha.s}$; q , in mm/h : afvoercapaciteit naar de R.W.Z.I. verminderd met de D.W.A.) en de berging in het net (B in m^3/ha ; b in mm) aangepast worden. De vraag is echter wat « aanvaardbare grenzen » zijn en hoe het verband is tussen verontreiniging van het ontvangend water, Q en B .

Of: welke, ook economische verantwoorde, criteria moeten aangehouden worden en hoe moeten ze nagegaan worden?

2. PARAMETERS

Talrijke parameters karakteriseren de vervuiling van afvalwater, regenwater en ontvangend oppervlaktewater: O_2 , Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , en P-gehalte; BOD (of BZV), COD (of CZV), temperatuur en pH; gehalte aan detergents, oliën, vetten en organische oplosmiddelen; giftige stoffen, pesticiden, zware metalen, zwevende deeltjes, enz.

In het bijzonder is de hoeveelheid bezinkbare deel-

tjes belangrijk omdat een groot gedeelte van de verontreinigende stoffen erop geadsorbeerd zijn.

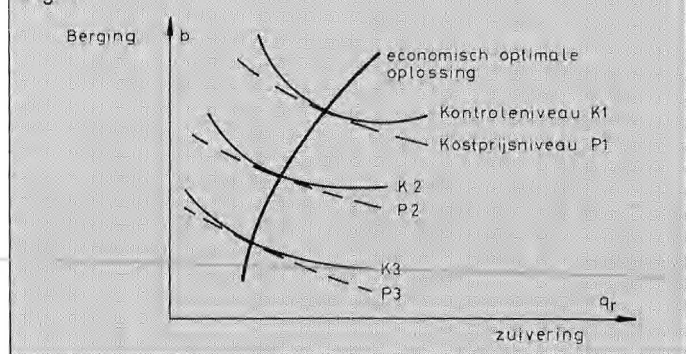
Het is welhaast ondoenbaar om in een evaluatie al deze parameters te betrekken. In de U.S.A. bv. (EPA Ref. 11) worden 5 parameters gebruikt: BOD, PO_4 , N, zweven- de deeltjes, vluchtige stoffen.

3. SIMULATIE

De enige « goede » oplossing zou bestaan in een globale evaluatie van het systeem, bestaande uit het afwateringsgebied, het rioolstelsel, de R.W.Z.I. en de ontvangende rivier. Men kan zich voorstellen dat het mogelijk is een computerprogramma op te stellen dat dit ganse systeem simuleert. Het programma krijgt als input afvalwater- en regenwaterdebieten (kwantiteit en kwaliteit), de geometrie en de hydraulische karakteristieken van het rioolstelsel, het rendement van de R.W.Z.I. (de restvervuiling van het effluent), de (in de tijd veranderlijke) kwaliteit en kwantiteit van het rivierwater, en berekent voor een bepaalde (historische of gesimuleerde (Ref. 29)) waarnemingsperiode van de neerslag (bv. 10 jaar) wat tijdens die periode het « effect » is van de overstortingen op de kwaliteit van de waterloop. Men kan dan uitmaken hoe vaak de vervuiling van het oppervlaktewater een bepaalde grens heeft overschreden, en wat dus in de gegeven omstandigheden, de kans is dat een bepaald « controle-niveau » (bv. hoeveel % BOD verwijderd) niet wordt bereikt.

Een volgende stap bestaat erin de kostprijs van het ganse systeem (investering, onderhoud, exploitatie) in de evaluatie te betrekken. Men kan dan overgaan tot een optimalisatie van de verschillende parameters. Voor welke berging, overcapaciteit, overstortpeilen..., wordt een bepaald controleniveau bereikt op de goedkoopste manier (Fig. 1) **welk** controleniveau bij het ontwerp aangehouden wordt hangt enerzijds af van de functie(s) van het oppervlaktewater (recreatiewater, viswater, drinkwaterproductie...) en is anderzijds een beleidskeuze: welke prijs is de gemeenschap bereid te betalen voor een bepaalde verbetering van de waterkwaliteit? Hierbij moet voor ogen gehouden worden dat het misschien verkieselijker is een matige kwaliteit van het oppervlaktewater te garanderen,

Fig. 1



dan een zeer goede kwaliteit na te streven, die wanneer ze toevallig eens **niet** gerealiseerd wordt (bv. eens om de 5 jaar) voor het dan gewoonlijk schone oppervlaktewater « catastrofale » (psychologische) gevolgen heeft (bv. plotsse vissterfte) (Ref. 18).

Tenslotte kan men nog de verschillende componenten zelf optimaliseren : bv. onderzoeken hoe de nodige berging op de meest economische wijze kan gerealiseerd worden : on-site, on-line, off-line, op- of afwaarts... (zie § 11).

Deze methode die ongetwijfeld (in statistische termen) vrij betrouwbare en realistische resultaten oplevert, heeft echter het nadeel moeilijk, omslachtig, tijdrovend en duur te zijn : moeilijk omdat de kwantiteit maar vooral de kwaliteit van het af te voeren water en van het ontvangende water slecht gekend is of slecht voorspelbaar is bv. naar het einde van de ontwerpperiode toe (bevolkingsdichtheid, industrie, bodemgebruik ?). Om voor een concrete toepassing het (ingewikkelde) computerprogramma te kunnen gebruiken, moet men beschikken over een aantal empirische relaties tussen bv. de runoff, de totale hoeveelheid oplosbare pollutanten, bevolkingsdichtheid, landgebruik, en zelfs rekening houden met de frekwentie van het straatvegen en de manier waarop dit gebeurt ! (Ref. 31). Het is duidelijk dat zulke relaties niet zonder meer kunnen geëxtrapoleerd worden buiten het gebied waarvoor ze (na uitvoerige meetcampagnes) opgesteld werden.

Voor **grote netten** (een grote stad, een ganse agglomeratie), met een groot aantal overstorten (met verschillende drempelhoogte), lozend op verschillende beken, rivieren of kanalen, lijkt de geschetste methode de enige realistische. Ze wordt dan ook in de U.S.A. gepropageerd (EPA, Ref. 12) en toegepast bv. met behulp van het model SWMM (Ref. 13) voor Onondaga Lake.

Bij de studie van de rioolstelsels van München (30 overstorten) en Frankfurt, werd de methode toegepast op een vereenvoudigde wijze : om de kosten te drukken, werd het transportmodel gerund voor een « droog », een « nat » en twee « gemiddelde » jaren, gekozen uit een 25-jarig waarnemingsperiode van de neerslag (Ref. 30).

In Vlaanderen zijn de computermodellen beschikbaar voor de hydraulische simulatie van een net (Ref. 17). Voor een ingewikkeld rioolstelsel, met verschillende overstorten bv., kunnen *kwantitatieve* grootheden zoals overstortingsfrekwenties, overstorthydrogrammen berekend worden. Voor de berekening van de *kwalitatieve* parameters bv. pollutantconcentraties in het overstortwater, bezinking... en een globale kosten-baten analyse van een project, ontbreken hoofdzakelijk de input parameters.

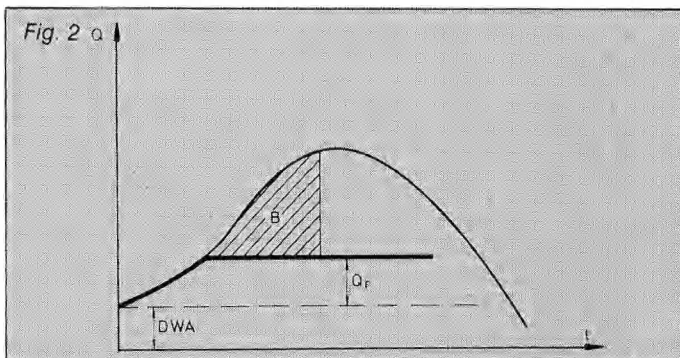
4. ONTWERPCRITERIA

In de **aller grootste aantal toepassingen**, moet echter een relatief eenvoudig te hanteren criterium beschikbaar zijn dat, zonder daarom een voorspelling te zijn van de door de overstorten veroorzaakte verontreiniging, toch toelaat verschillende rioolontwerpen op een eenvoudige manier te beoordelen en verschillende alternatieve ontwerpen voor een bepaald rioolstelsel met elkaar te vergelijken op het gebied van kosten en baten. Het is onmogelijk de hierboven beschreven simulatiemethode toe te passen « in het algemeen » om tot een hanteerbare ontwerpregel te komen. Te veel parameters spelen immers een rol : helling, absolute afmetingen, overstorten, bodemgebruik... (Ref. 7).

In Denemarken, Engeland, Zweden en Italië wordt de « verdunningstheorie » toegepast (Ref. 6, 7) : slechts 5 D.W.A. (*) gaat naar de mechanische zuivering slechts 2 D.W.A. (*) wordt biologisch gezuiverd.

Vroeger werd de verdunningstheorie ook in Vlaanderen toegepast.

In Engeland wordt voorgesteld (Ref. 1), om rekening te houden met het « first flush effect », dat het eerste gedeelte van het ontwerphydrogram geborgen moet kunnen worden (Fig. 2).



In Duitsland stelt men sinds 1978 dat 90 % van de totale jaarlijkse hoeveelheid BOD en zwevende deeltjes naar de biologische zuivering moet, 10 % mag overstorten zonder enige behandeling (Ref. 6). Wel wordt een minimum oppervlakte van het ontvangende wateroppervlak van 10 m²/I.E. vereist (Ref. 14).

In Nederland en Vlaanderen wordt de overstortingsfrekwentie, berekend aan de hand van de zgn. « stippengrafiek van Kuipers », beperkt tot (4) 7 à 10 (14) overstortingen per jaar, en wordt (eventueel) bijkomend de ledigingstijd beperkt (Ref. 10). In Denemarken worden overstortingsfrekwenties tussen 10 en 30 per jaar toegelaten.

De bepaling van de overstortingsfrekwentie via de stippengrafiek (Ref. 10) is voor discussie vatbaar (Ref. 2, 3). Problemen zijn o.a. de definitie van wat één overstorting is (het is bv. a priori niet geweten of één langdurige overstorting het ontvangende water meer of minder belast dan twee of meer relatief snel elkaar opvolgende overstortperioden van kortere duur), en het feit dat bij het gebruik van de stippengrafiek geen rekening gehouden wordt met het eventueel niet leeg zijn van het net bij het begin van een bui.

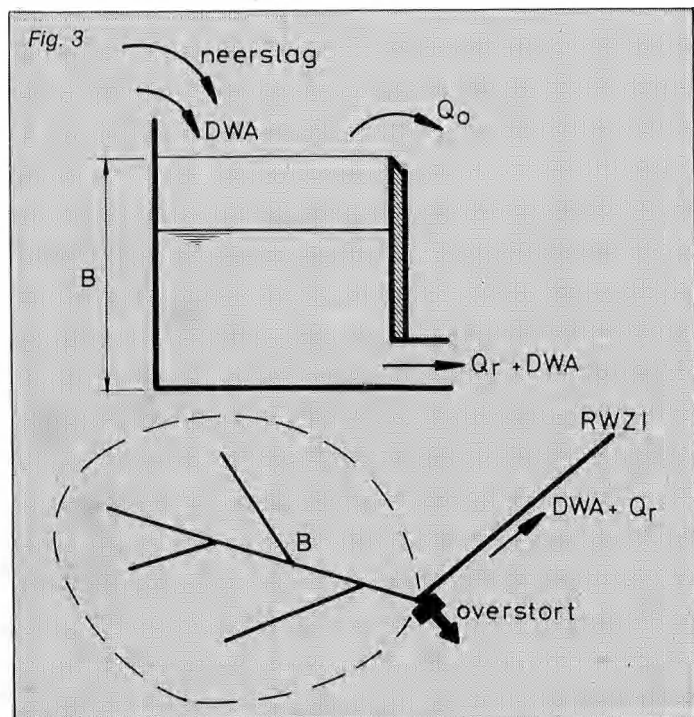
Het is voorts niet evident dat de overstortingsfrekwentie bepalend is voor de mate waarin het oppervlaktewater door afvalwater vervuild wordt. Is integendeel de totale vuiluitworp niet belangrijker ? Of de gemiddelde

(*) In Engeland, Zweden en Italië de « gemiddelde » DWA, in Denemarken de « maximum DWA ».

polluentconcentratie van het overstortend water? Of de duur en de grootte van de piekconcentraties?

5. HET BAKMODEL

Sterk schematiserend, kan men een eenvoudig rioolstelsel (met berging B, overcapaciteit Q_o) en één overstort of een aantal overstorten met hetzelfde kruinpeil beschouwen als één grote mengbak, met maximale inhoud B, waarin de uurgemiddelde neerslag over een bepaalde [historische (Ref. 2) of gesimuleerde (Ref. 29)] waarnemingsperiode toegevoegd wordt. Aan de bak wordt een debiet $Q_r + D.W.A.$ onttrokken, indien dit mogelijk is. De bak is voorzien van een overstort (Fig. 3). Met een dergelijke



lijkt « conceptueel model » van een rioolstelsel, kan men niet alleen de overstortingsfrequentie bepalen, maar ook bv. de hoeveelheid overgestort water, het BOD-gehalte van het overgestort water, het maximale BOD-gehalte enz...

Het bakmodel dat aan de K.U. Leuven ontwikkeld werd (Ref. 2, 3), wordt gevoed met de uurgemiddelde neerslag te Ukkel gedurende de periode 1967-1977 (Ref. 25). Er wordt rekening gehouden met een oppervlakteberging (berging in terreinoneffenheden, plasvorming) van 2 mm na een lange droogweeperiode in vlakke gebieden (Ref. 10, 27). Als enige vervuilingparameter werd de BOD gekozen. De D.W.A. werd berekend à rato van 150 l/dag, inw. voor een bevolkingsdichtheid van 350 inw./ha en een vuilvracht van 54 g BOD/dag, inw., waarvan 19 g (hetzij 35 %) bezinkt gedurende de droogweeperiodes (Ref. 15).

De vervuiling van het regenwater (straatvuil) werd in rekening gebracht als 350 g BOD/ha, dag of 1 g BOD/inw., dag (Ref. 16). Het opwoelen van het eerder bezonken slib wordt geacht te gebeuren vanaf de eerste runoff groter dan de doorvoercapaciteit (Q_r).

Verschillende van deze berekeningsgrondslagen kunnen erg arbitrair lijken, en zijn dat ook in zekere mate. Andere aannamen zoals bv. : « het omwoelen van het slib gebeurt van zodra een vullingsgraad van 30 % bereikt wordt (Ref. 16) » zijn dat echter evenzeer. Om de invloed

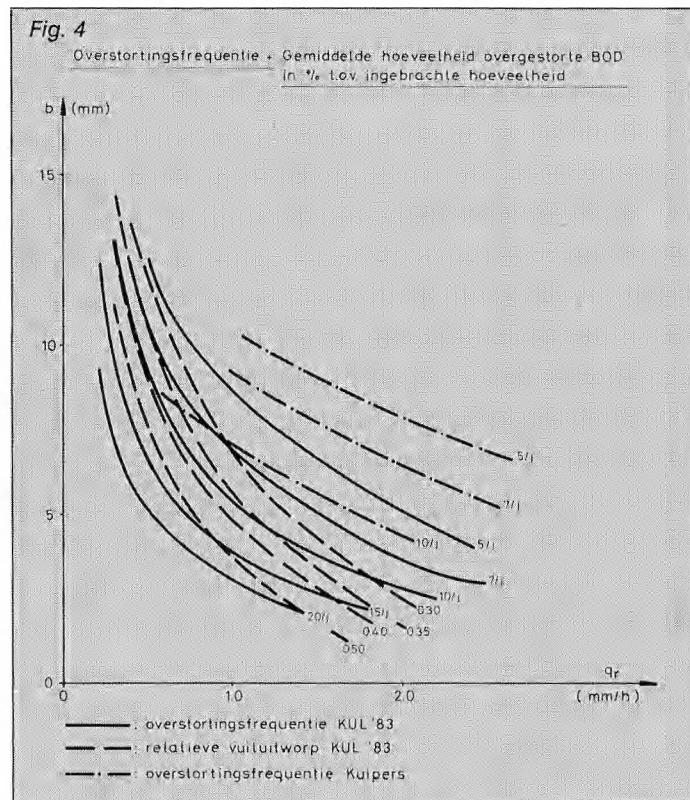
van de gedane veronderstellingen na te gaan werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de parameters bevolkingsdichtheid (87, 175 en 350 inw./ha), de oppervlakteberging (0,1 en 2 mm) en de bezinking van vaste deeltjes gedurende droogweeperiodes (0 en 35 %).

6. DE OVERSTORTINGSFREKVENTIE

Om het probleem van de definitie van wat één overstorting eigenlijk is uit de weg te gaan, en om rekening te houden met de aard van de neerslaggegevens, werd de overstortingsfrequentie gedefinieerd als « het aantal dagen per jaar waarop zich overstorting voordoet ». Heel korte maar intense buien beïnvloeden de overstortingsfrequentie immers niet noemenswaardig, tenzij de berging klein en/of de overcapaciteit zeer groot is (Ref. 2). Of een overstorting al dan niet een verontreiniging van het oppervlaktewater veroorzaakt, wordt grotendeels bepaald door de duur van de droge periode die aan de overstorting voorafgaat. Het eventueel samenvoegen van meerdere overstortingen per dag tot « één dag met overstorting » leidt dus tot een rationeler definitie van de overstortingsfrequentie als norm voor gemengde rioolstelsels. Er is een goed verband met de relatieve vuiluitwerp (punt 9 hierna).

Een vergelijking met de overstortingsfrequentie volgens Kuipers toont dat, de met het bakmodel berekende kurven veel steiler verlopen dan de kurven volgens Kuipers als $q_r < 1.5$ à 2 mm/h en praktisch parallel met de kurven van Kuipers vanaf $q_r = 1.5$ à 2 mm/h (Fig. 4). Uitgenomen bij lage waarden van q_r (< 0.5 mm/h) (en dus bij grote waarde van de berging) zijn de berekende overstortingsfrequenties **kleiner** dan de overstortingsfrequentie volgens Kuipers.

Men zou nochtans verwachten dat het niet veronderstellen dat de berging volledig beschikbaar is bij het begin van de bui (bakmodel) hogere overstortingsfrequenties zou opleveren. Dit effect speelt slechts een rol voor kleine waarden van q_r (en grote b).



(Dit « gebied » in de grafiek van Kuipers wordt uitgesloten indien de bijkomende eis gesteld wordt dat de leeglooptijd kleiner moet zijn dan bv. 10 uur !).

De gevonden kleinere overstortingsfrequenties zijn het gevolg van de meer rationele *definitie* van « één overstorting », en van het in rekening brengen van *oppervlakteberging* tijdens de oppervlakteafstroming.

Voor grote waarden van q_r (kleine b), vindt men waarden van de overstortingsfrequentie die nagenoeg de helft bedragen van die volgens Kuipers.

In het bijzonder volgt uit de resultaten van het bakmodel dat met de grafiek van Kuipers het effect van een vergroting van de berging sterk wordt **overschat**, of omgekeerd, dat volgens de grafiek van Kuipers veel grotere waarden van de berging (en dus de kostprijs) nodig zijn om een bepaalde (gemiddelde) overstortingsfrequentie te realiseren. Vb. overstortingsfrequentie 7/jaar :

q_r	bakmodel	Kuipers
2 mm/h	$b = 3.3$ mm	$b = 6.4$ mm (1.7)
1.5 mm/h	5.0 mm	7.5 mm (1.5)
1 mm/h	6.7 mm	9.3 mm (1.4)

Dit resultaat wordt kwalitatief bevestigd door recent Italiaans onderzoek (Ref. 7) : de berging is niet zo belangrijk voor de beperking van de vuiluitworp via de overstorting, wél de doorvoercapaciteit.

De spreiding op de berekende overstortingsfrequentie is vrij groot. Nominaal 10 overstortingen per jaar (standaardafwijking 12 %) betekent bv. dat met een betrouwbaarheid van 95 % :

- het **gemiddeld** aantal overstortingen per jaar begrepen is tussen 7 en 13
- het aantal overstortingen in een **bepaald** jaar begrepen is tussen 3 en 23 !

In Fig. 5 werd het betrouwbaarheidsinterval op de berekende gemiddelde overstortingsfrequentie aangegeven voor $q_r = 1$ mm/h.

Men ziet bijvoorbeeld dat voor een rioolstelsel met een overcapaciteit $q_r = 1.0$ mm/h en berging $b = 7$ mm, de gemiddelde overstortingsfrequentie, met 95 % kans, begrepen is tussen 5.5. en 8.7/jaar. Anderzijds bestaat er 5 % kans dat er minstens 13 overstortingen gebeuren in één jaar. Met $b = 3$ mm heeft men 50 % kans dat de gemiddelde overstortingsfrequentie niet groter is dan 7. Men zou de berging (en dus de kostprijs) met 15 % moeten vergroten tot $b = 8.5$ mm om 95 % kans te hebben dat de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie kleiner is dan 7, en met 33 % tot $b = 10$ mm om 95 % kans te hebben dat in een willekeurig jaar de overstortingsfrequentie niet groter is dan 7 !.

Deze grote onzekerheid (waarmee trouwens ook de resultaten van de Kuipersgrafiek behept zijn (Ref. 28)), is voor het grootste gedeelte te wijten aan de grote jaarlijkse variaties van de neerslag. Niettegenstaande de gesimuleerde periode beperkt is tot 10 jaar, kan men immers statistisch gezien, vrij betrouwbare resultaten bekomen voor verschijnselen met een frequentie groter dan 1/jaar (Ref. 23).

Men zal dus geen al te groot belang mogen hechten aan de « juiste » cijfers en bv. geen grote meeruitgaven kunnen verantwoorden om de gemiddelde overstortingsfrequentie van gemiddeld 9 tot 7 te reduceren vermits

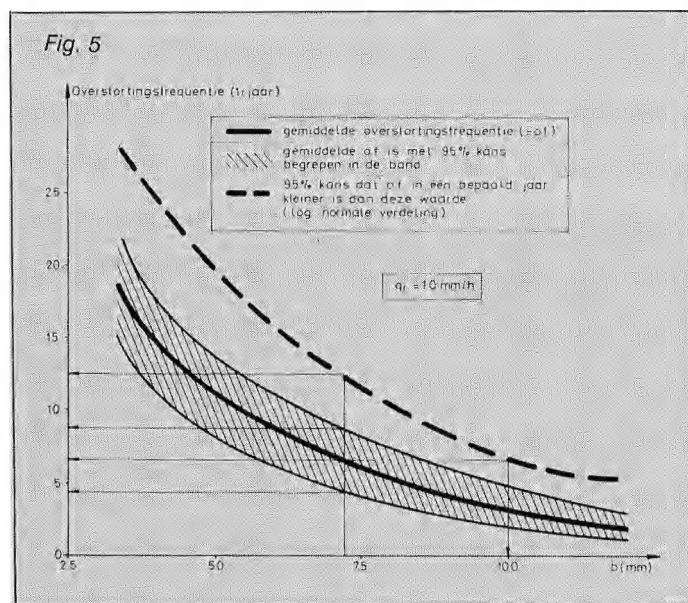
men niet zeker is in welke mate de meeruitgave de overstortingsfrequentie werkelijk reduceert, en een reële verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater meebrengt.

Door de berekening van de overstortingsfrequentie te herhalen voor een oppervlakteberging van 0 en 1 mm, werd gevonden dat een oppervlakteberging van 1 of 2 mm, overeenkomt met een (effectieve) berging van slechts 0.2 of 0.6 mm. De terreinoneffenheden blijken dus reeds gedeeltelijk gevuld te zijn vóór het begin van een hevige bui die aanleiding geeft tot overstorting.

De bevolkingsdichtheid en het al of niet bezinken van vaste deeltjes tijdens de droogweeperperioden beïnvloedt de overstortingsfrequentie niet.

7. RELATIEVE HOEEVEELHEID OVERSTORTWATER

Voor overstortingsfrequenties begrepen tussen 5 en 15 per jaar, en $0.6 < q_r < 1.1$ mm/h, blijkt er een nagenoeg lineair verband te bestaan tussen de relatieve hoeveelheid overgestort water per jaar en de overstortingsfrequentie (Fig. 6). 7 of 10 dagen met overstortdagen per jaar komt overeen met resp. 5 en 6 % overgestort water.



Dit komt overeen met (niet gepubliceerde) resultaten van Kuipers (Ref. 26), die vond dat de hoeveelheid overgestort water (m^3/ha) ongeveer gelijk is aan 43 maal de overstortingsfrequentie (1/jaar). Rekening houdend met een gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid van 760 mm, kan dit verband voorgesteld worden in Fig. 6. De overeenkomst met de resultaten van het bakmodel is goed : voor een overstortingsfrequentie van bv. 10/jaar, vindt men uit het bakmodel als verhouding van de oversthoeveelheid (m^3/ha) t.o.v. de overstortfrequentie 46 i.p.v. 43 volgens Kuipers. De afwijking ligt binnen de nauwkeurigheidsmarge van de resultaten, die zoals voor de overstortfrequentie erg breed is : de standaardafwijking bedraagt inderdaad 10 à 35 % van de gemiddelde oversthoeveelheid zelf.

Voor de invloed van de oppervlakteberging geldt ook dezelfde opmerking als voor de overstortingsfrequentie : een oppervlakteberging van 1 resp. 2 mm komt overeen met een effectieve berging in het rioolstelsel van 0.2 resp. 0.6 mm.

Vervolg in Water nr. 17 Juli-Augustus 1984