

95-0733-891 05 SEP. 1995
BIB

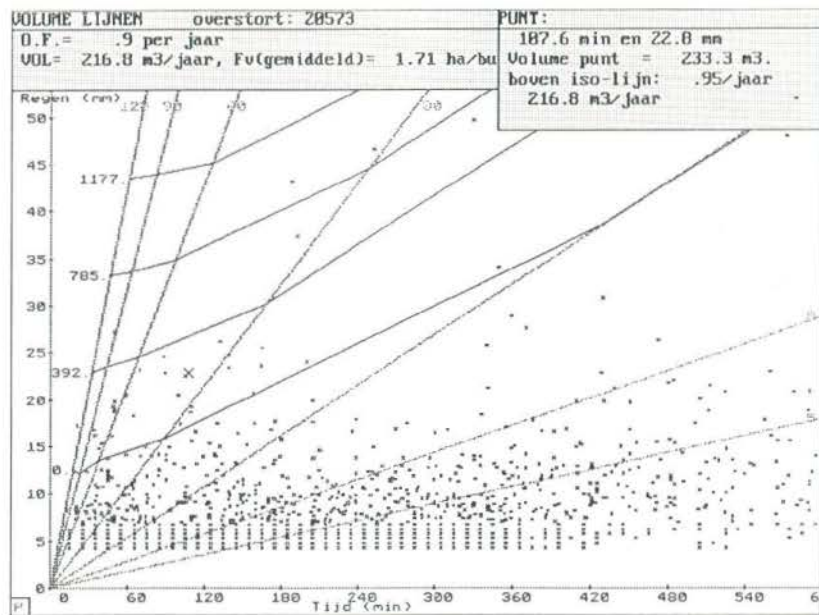
A.J.H. de Beaufort <i>de Beaufort</i>	A.S. Beens <i>Beens</i>	Chr. de Boer <i>de Boer</i>
--	----------------------------	--------------------------------

ie rioleringsberekeningen matisatie regen

0340

Rapport project sr2

juli 1995



Prof. ir. J.B.M. Wiggers
ir. M. Ruan
ir. J. Kluck
ir. J.T. Vleeshouwers

Faculteit der Civiele Techniek

Vakgroep Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek

 **TU Delft**

Technische Universiteit Delft

RAPPORT PROJECT SR2

Standaardisatie rioleringsberekeningen

Methode schematisatie regen

Juli 1995

Prof. ir. J.B.M. Wiggers

ir. M. Ruan

ir. J. Kluck

ir. J.T. Vleeshouwers

Technische Universiteit Delft

Vakgroep Waterbeheer, Milieu en Gezondheidstechniek

INHOUDSOPGAVE

- 1 Inleiding
 - 2 Randvoorwaarden
 - 3 Gebruik van de methode in stappen
 - 4 Methodiek
 - 4.1 Inleiding
 - 4.2 Blokregens
 - 4.3 Overstortkarakteristiek volume
 - 4.4 Overstortkarakteristiek verhard oppervlak
 - 4.5 Koppeling van overstortkarakteristieken aan regengegevens
 - 4.6 Relatie overstortkarakteristieken vuilemissie
 - 5 Toepassing methodiek op rioolstelsel Maartensdijk
 - 5.1 Invoergegevens
 - 5.2 Rekenduur
 - 5.3 Resultaten overstortkarakteristiek volume
 - 5.4 Resultaten overstortkarakteristiek verhard oppervlak
 - 6 Verificatie
 - 7 Evaluatie
- Bijlage 1 Procedure voor het bepalen van blokregens
- Bijlage 2 Voorbeeld overstortkarakteristiek volume
- Bijlage 3 Kalibratie

1 INLEIDING

In dit rapport wordt verslag uitgebracht van een methode waarmee het milieutechnisch functioneren van rioolstelsels op een standaard wijze kan worden beoordeeld. Het doel van de standaard-methode is het creëren van een vergelijkingsbasis voor het gedrag van overstorten in een rioolstelsel zodat het nemen van vuilemissie-reducerende voorzieningen maatregelen (zoals het bouwen van randvoorzieningen) goed kan worden onderbouwd. Daarnaast moet de methode een mogelijkheid bieden om rioolstelsels onderling te kunnen vergelijken.

De resultaten die volgen uit deze standaard-methode dienen in relatieve zin te worden opgevat. Te veel onzekerheden in de invoerparameters en moeilijk modelleerbare en onbekende processen in de afstroming naar en de stroming door een rioolstelsel, maken het onmogelijk de werkelijkheid exact na te rekenen. Voor het onderbouwen van vuilemissie-reducerende maatregelen en het vergelijken van rioolstelsels onderling is een exacte berekening ook niet noodzakelijk.

Bij de aanvang van het project was het gezien de capaciteiten van computers en niet-stationaire rioleringsprogramma's niet mogelijk een regenreeks met een redelijke lengte door een ongeschematiseerd stelsel te voeren. Om toch informatie te verkrijgen ten aanzien van de frequentie en grootte van overstortingen is besloten een schematisatie uit te voeren. Enerzijds kan het stelsel worden geschematiseerd anderzijds kan de neerslag worden geschematiseerd. Bij de in dit rapport beschreven methode is voor het laatste gekozen. Het is de verwachting dat door de snelle ontwikkeling van de computers en programmatuur in de nabije toekomst regenreeksen ongeschematiseerd door alle stelsel kunnen worden gevoerd.

Voor de methode zijn rioleringsgegevens, een niet-stationair rekenmodel voor de stroming in het rioolstelsel en regengegevens nodig. In hoofdstuk 2 zal hierop nader worden ingegaan.

De methode gaat uit van een koppeling van niet-stationaire berekeningen, uitgevoerd op een ongeschematiseerd model van het rioolstelsel, aan geschematiseerde geregistreerde neerslaggegevens. Met deze methode kunnen de rekentijden met name voor grote rioolstelsels, ten opzichte van een methode waarbij een volledige regenreeks zou moeten worden doorgerekend op een geschematiseerd of ongeschematiseerd model van het rioolstelsel, beperkt blijven.

Hoofdstuk 3 geeft een beknopt stapsgewijs overzicht van de opbouw en resultaten van de methode. In hoofdstuk 4 wordt de methodiek uiteengezet. Hoofdstuk 5 behandelt de toepassing van de methode op het rioolstelsel van Maartensdijk. In hoofdstuk 6 wordt de methode geverifieerd. De verificatie gebeurt met behulp van een regenreeksberekening. Hoofdstuk 7 geeft een evaluatie van de methode.

2 RANDVOORWAARDEN

Beschrijving van het rioolstelsel

Een belangrijke voorwaarde voor het toepassen van de methode is de beschikbaarheid van een model van het rioolstelsel waarin de geometrische gegevens van de leidingen, putten en speciale constructies en in- en uitvoerdebielten nauwkeurig zijn vastgelegd. Naast deze gegevens is het zeer belangrijk te beschikken over nauwkeurige informatie over het verhard oppervlak dat naar het rioolstelsel afwatert. Fouten in het rioleringsmodel en of fouten in het afwaterend verhard oppervlak kunnen de absolute en relatieve resultaten zeer sterk beïnvloeden. Aan het aanmaken en controleren van het gegevensbestand dient daarom veel aandacht te worden besteed.

Hardware

Om de methode op elk rioolstelsel toe te passen kan worden volstaan met een PC van de huidige generatie.

Niet-stationair programma

Het stelsel dient te worden doorgerekend met een op de lange golf vergelijking gebaseerd stromingsmodel. Voorbeelden van dergelijke modellen zijn Extran, Cyclone, Mouse en Hydroworks. In al deze modellen zijn tevens mogelijkheden beschikbaar om de afvoer over het verhard oppervlak te simuleren.

Regengegevens

De methode maakt gebruik van de Kuipersgrafiek. De Kuipersgrafiek is gebaseerd op langjarige registraties van neerslaggegevens die zijn geschematiseerd tot regenbuien. Het is mogelijk de Kuipersgrafiek uit te breiden met andere registraties mits deze op dezelfde manier worden geschematiseerd.

Inloopmodel

Voor vergelijking van rioolstelsels onderling is het noodzakelijk dat één inloopmodel wordt gekozen bijvoorbeeld het NWRW inloopmodel thema 4.3. Bij de toepassing van de methode op het rioolstelsel van Maartensdijk is een programma-gebonden inloopmodel gebruikt.

Omzetprogramma

Met behulp van het op de TUD ontwikkelde programma SR2.EXE kunnen de berekeningsresultaten van het niet-stationaire programma worden omgezet in tabellen en grafieken aan de hand waarvan het stelsel kan worden beoordeeld.

3 GEBRUIK VAN DE METHODE IN STAPPEN

Stap 1

Nauwkeurige invoer van het rioolstelsel in het niet-stationaire rekenmodel

Stap 2

Doorrekenen van 7 lange buien met uitloop met behulp van een niet-stationair rekenmodel

Stap 3

Bepalen en doorrekenen aanvullende buien

Stap 4

De resultaten van alle niet-stationaire berekeningen worden ingelezen in een programma en omgewerkt tot overstortkarakteristieken. Het programma koppelt deze overstortkarakteristieken aan de neerslaggegevens (stippengrafiek). Het rioolstelsel kan vervolgens worden beoordeeld aan de hand aan de volgende resultaten:

- overstortingsfrequentie;
- gemiddeld jaarlijks overstortend volume;
- gemiddeld jaarlijks afwaterend verhard oppervlak¹;
- frequentie-verdeling overstortend volume;
- frequentie-verdeling afvoerend oppervlak;
- frequentie van water op straat per knoop.

Tevens kan het effect van het aanbrengen van een randvoorziening met een zeker volume worden ingeschat. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 5.

¹

Het naar een overstort afwaterend oppervlak F_v wordt geacht maatgevend te zijn voor de vuiluitworp. Zie hoofdstuk 4. F_v wordt berekend als het maximaal overstortende debiet gedeeld door de optredende regenintensiteit.

4 METHODIEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de methode beschreven. De methode is gebaseerd op resultaten van niet-stationaire berekeningen uitgevoerd op een model van een rioolstelsel dat alle putten en leidingen en speciale constructies van een rioolstelsel bevat. Deze resultaten worden omgewerkt tot overstortkarakteristieken die vervolgens worden gekoppeld aan geschematiseerde geregistreerde regengegevens (Kuipersgrafiek). Door vergelijking van de overstortkarakteristieken en de resultaten die uit de overstortkarakteristieken volgen, kunnen de overstorten in een stelsel op inzichtelijke en snelle wijze worden beoordeeld. Effecten van vuilemissiereducerende voorzieningen kunnen snel in beeld worden gebracht. De uitvoering van de niet-stationaire berekeningen, het samenstellen van de overstortkarakteristieken uit deze berekening en het koppelen van de overstortkarakteristieken aan de regengegevens worden in dit hoofdstuk besproken.

4.2 Niet-stationaire berekeningen

De niet-stationaire berekeningen worden uitgevoerd met behulp van een model van een rioolstelsel, dat is opgebouwd uit de geometrische gegevens van een rioolstelsel aangevuld met gegevens van speciale constructies. Onder gegevens van speciale constructies worden onder andere hoogtes en breedten van overstortdrempels en stromingsregimes van stuwputten en gemalen verstaan. Alleen de dwa wordt vereenvoudigd tot een gemiddelde constante waarde. Het rioolstelsel wordt vervolgens niet-stationair doorgerekend met blokregens. Een blokregen is een regenbui met een constante regenintensiteit en een eindige duur.

De resultaten van niet-stationaire berekening zijn waterhoogten, stroomsnelheden en debieten als functie van plaats en tijd per blokregen. Voor een juiste bepaling van de overstortkarakteristieken van een rioolstelsel is het belangrijk dat een voldoende aantal en goed gekozen blokregens worden doorgerekend. Op grond van ervaringen opgedaan bij het ontwikkelen van de methode, is een procedure opgesteld waarmee voor een willekeurig rioolstelsel de overstortkarakteristieken goed kunnen worden opgesteld. Deze procedure wordt hieronder behandeld.

4.2 Blokregens

Grote buien

In verband met de koppeling van de overstortkarakteristieken aan de stippengrafiek worden regenintensiteiten van 120, 90, 60, 30, 15, 8 en 5 l/s.ha gekozen.

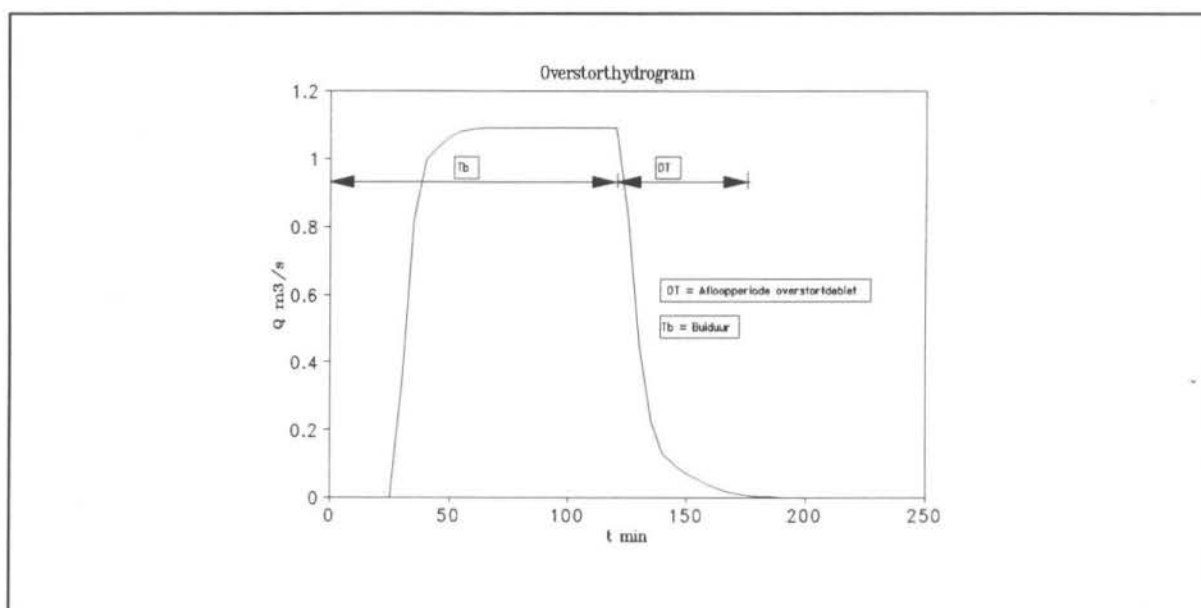
In eerste instantie worden voor de regenintensiteiten buien doorgerekend met een grote buiduur. De grootte van de buiduren is bepaald door het domein en bereik van de stippengrafiek waaraan de overstortkarakteristiek wordt gekoppeld. Deze buiduren zijn voor de Kuipersgrafiek gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1

Regenintensiteit l/s.ha	120	90	60	30	15	8	5
Buiduur min	76	115	153	306	611	1146	1833

Opmerking:

Bij gebruik van andere regengegevens als basis voor het opstellen van de stippengrafiek kunnen het domein en bereik en daarmee de buiduren variëren. De grote buien dienen na het einde van de buiduren in verband met de aflooptijd van de overstorten (gevolg van vertragingseffecten in het rioolstelsel) nog over een zekere periode te worden doorgezeten. De duur van deze periode kan worden vastgesteld door middel van een proefberekening. Figuur 4.1 geeft een toelichting. DT is bij rioolstelsels in vlakke gebieden meestal korter dan bij rioolstelsels in hellende gebieden.



Figuur 4.1

Op grond van de berekeningsresultaten van de grote buien worden aanvullende buien geselecteerd. De resultaten van de berekeningen voor de grote buien vormen met een serie aanvullende niet-stationaire berekeningen de basis voor het samenstellen van de overstortkarakteristieken.

Aanvullende buien

Voor elke overstort dienen een aantal aanvullende buien per regenintensiteit te worden doorgerekend. Ten eerste dient bij een bepaalde regenintensiteit de kortste buiduur waarbij nog een overstorting optreedt te worden bepaald. Door vertragingseffecten kan deze buiduur korter zijn dan het aanslagtijdstip dat gevonden is bij het doorrekenen van de grote bui.

Vervolgens worden een aantal buien met een grotere buiduur doorgerekend zodat een betrouwbaar beeld van de relatie tussen buiduur en overstortend debiet wordt verkregen.

Procedure

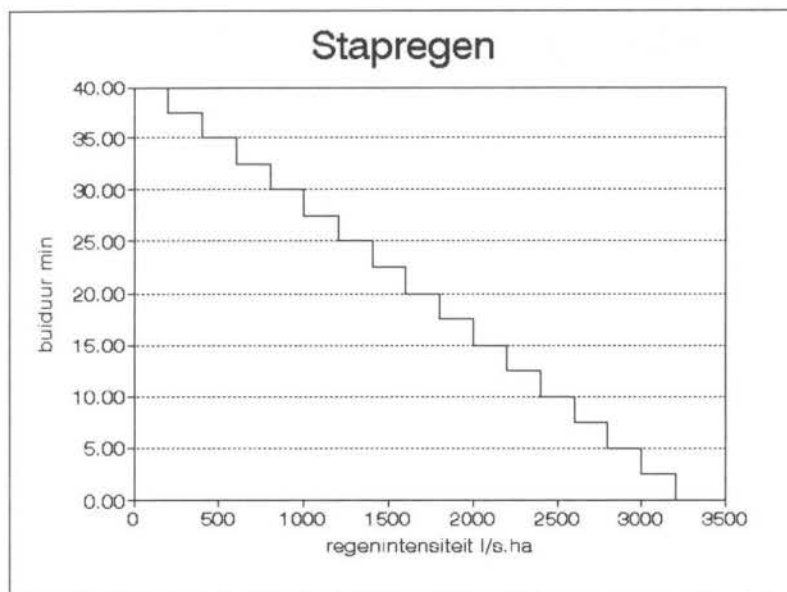
In bijlage 1 is een procedure voor het bepalen van de blokregens gegeven. De procedure

kan eenvoudig worden geprogrammeerd, maar is in dit project nog met de hand uitgevoerd.

Voor elke intensiteit worden in totaal circa 12 blokregens doorgerekend. De rekentijd kan echter beperkt blijven doordat voor de blokregens alleen de uitloop moet worden doorgerekend. Bijvoorbeeld voor een blokregen met een buiduur van 50 minuten en een intensiteit van 60 l/s.ha wordt de stromingssituatie van de grote bui met 60 l/s/ha opgepakt en wordt doorgerekend tot geen overstorting meer optreedt.

Stapregen

Voor het samenstellen van een overstortkarakteristiek is het belangrijk dat nauwkeurig de regenintensiteit wordt bepaald waarbij een overstort droogvalt. Dit wordt bepaald met een regen met een in stappen afnemende intensiteit volgens figuur 4.2.



Figuur 4.2

4.3 Overstortkarakteristiek volume

De overstortkarakteristiek volume geeft een beeld van de iso-volumelijnen voor één overstort. Een iso-volumelijn in een overstortkarakteristiek geeft blokregens weer met verschillende duur t_b en regenhoeveelheid h die eenzelfde overstortend volume geven.

De overstortkarakteristiek wordt automatisch door het SR2.EXE programma aangemaakt. Het programma voert daartoe de volgende handelingen uit.

- A Bepalen van de overstortvolumen met de daarbij behorende regenhoeveelheden en buiduren per regenintensiteit.
- B Bepalen van de iso-volumelijnen door middel van interpolatie op de berekeningsresultaten.
- C Extrapolatie van de iso-volumelijnen naar de randen van de grafiek met behulp van de resultaten van de stapregen

Met het programma worden alle overstortkarakteristieken in een bepaald rioolstelsel

gegenereerd. In bijlage 2 is een overstortkarakteristiek gegeven.

4.4 Overstortkarakteristiek verhard oppervlak

De overstortkarakteristiek verhard oppervlak geeft een beeld van de iso-verhard oppervlak lijnen voor één overstort. Een iso-verhard oppervlak lijn in een overstortkarakteristiek geeft blokregens weer met verschillende duur t_b en regenhoeveelheid h die eenzelfde afwaterend verhard oppervlak geven. Het afwaterend verhard oppervlak wordt per blokregen berekend door het maximum optredende debiet te delen door de regenintensiteit.

De overstortkarakteristieken voor het verhard oppervlak worden op analoge wijze afgeleid als de overstortkarakteristieken voor het volume. De interpolaties vinden nu echter plaats op het afwaterend verhard oppervlak dat uit de resultaten van de niet-stationaire berekeningen is verkregen.

4.5 Koppeling van overstortkarakteristieken aan regengegevens

De overstortkarakteristieken worden gekoppeld aan de Kuipersgrafiek. Door middel van interpolatie-procedures wordt per stip uit de stippengrafiek bepaald met welk overstortend volume c.q. afvoerend oppervlak de stip overeenkomt. Op basis hiervan worden voor alle overstorten in een rioolstelsel uitspraken gedaan over het gemiddeld jaarlijks overstortende volume, de theoretische overstortingsfrequentie en het naar een overstort afwaterend verhard oppervlak.

Kuipersgrafiek

De stippen in de Kuipersgrafiek geven buien weer met een neerslagdiepte h en een buiduur t_b . De verzameling buien werd afgeleid uit een reeks Nederlandse neerslaggegevens, verzameld door het KNMI over een periode van 37 jaar. In de Kuipersgrafiek is aangenomen dat een nieuwe bui begint na een droge periode van minimaal 10 uur. De berging van veel Nederlandse rioolstelsels is ongeveer 7 mm, de pompovercapaciteit is vaak ongeveer 0,7 mm/h. De keuze van de periode van 10 uur is hierop gebaseerd.

Bezwaren Kuipersgrafiek

De belangrijkste twee bezwaren die aan het gebruik van de Kuipersgrafiek kleven zijn:

- 1 De ledigingstijd van stelsels, komt in de praktijk niet altijd overeen met de periode die in de Kuipersgrafiek is gebruikt. De buien in de Kuipersgrafiek zijn daarom slechts onafhankelijk voor een rioolstelsel met één overstort dat te beschouwen is als een bakmodel met een ledigingstijd van 10 uur. Het is echter mogelijk andere stippengrafieken, gebaseerd op andere ledigingstijden aan te maken.
- 2 De regenintensiteit van een bui in de Kuipersgrafiek kan over een zekere periode sterk afwijken van de gemiddelde regenintensiteit van de stip. Bij de bepaling van overstortende volumens en de verharde oppervlakken per stip levert dit een onderschatting van het overstortend volume op.

Met het opeenvolgen van buien wordt in zoverre rekeningen gehouden dat indien de droge periode tussen twee neerslagen korter is dan de gekozen ledigingstijd, de buien aan elkaar worden geplakt. Om die reden is het zaak een ledigingstijd te kiezen die ongeveer overeenkomt met die van het stelsel. De twee neerslagen worden omgevormd

tot een langere bui met een gemiddelde intensiteit!

In hoofdstuk 6 is een schatting gemaakt van de fout die wordt gemaakt bij het toepassen van deze schematisatie van de regen.

4.6 Relatie overstortkarakteristieken vuilemissie

Verschillende methoden om een schatting van de vuilemissie te maken kunnen worden toegepast. De overstortingsfrequentie geeft een indicatie van de vuilemissie, maar geeft zonder verdere gegevens niet voldoende informatie. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat bij een overstort waar vaak kleine hoeveelheden water overstorten, minder vuil overstort dan bij een overstort waar een enkele keer veel water overstort.

Een tweede mogelijkheid is de koppeling van het overstortend volume bij elke overstort aan gemiddelde concentraties. Uit NWRW metingen is gebleken dat er geen goede relatie bestaat tussen de grootte van het overstortend volume en de gemiddelde concentratie. De spreiding in de gemiddelde concentraties is te groot.

Een derde mogelijkheid is de vuilvracht te bepalen met behulp van het afwaterende verharde oppervlak. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het feit dat uit de NWRW-onderzoeken blijkt dat de vuilemissie van gemengde stelsels een exponentieel verloop geeft te zien. Zie [Wiggers, J.B.M., *Overleeft de overstortingsfrequentie?*, *H₂O*, nr. 6, 1991]. Deze constatering wordt ondersteunt door onderzoek verricht door de Faculteit der Technische Wiskunde en Informatica in het kader van het Rioned-project SR3. Het voorgaande in formulevorm:

$$f = \text{of} e^{-\frac{V}{V_{\text{gem}}}}$$

f	=	frequentie van optreden van V	-/a
of	=	overstortingsfrequentie	-/a
V	=	de voorkomende vuilemissie	kg
V _{gem}	=	de gemiddelde vuilemissie per overstorting	kg

Voor het bepalen van de vuilemissie die met een zekere frequentie optreedt, dient dus de overstortingsfrequentie en de waarde van V_{gem} te worden bepaald. De overstortingsfrequentie volgt uit de overstortkarakteristiek. De waarde van V_{gem} volgt uit:

$$V_{\text{gem}} = \frac{V_a}{\text{of}}$$

V _a	=	de jaarlijks optredende vuilemissie	kg/a
----------------	---	-------------------------------------	------

V_a is bepaald op basis van metingen aan twee zeer verschillende rioolstelsels. Uit de analyse van de NWRW-metingen aan de rioolstelsels van Kerkrade en Loenen blijkt dat de gemiddelde vuilvracht per ha verhard oppervlak nagenoeg onafhankelijk is van de berging.

$$k = \frac{V_a}{\text{of} Fv_{\text{tot}}} = \text{constant}$$

Fv _{tot}	=	Het totale verharde oppervlak van het stelsel	ha
-------------------	---	---	----

Het al of niet afhankelijk zijn van de pompovercapaciteit kan niet uit de meetgegevens

worden afgeleid. Uiteraard is de overstortingsfrequentie wel afhankelijk van de berging en de pompovercapaciteit. De jaarlijks optredende vuilemissie kan met deze vergelijking worden berekend.

Bij een stelsel met meerdere overstorten hoort bij elke knoop een gedeelte van het totale verharde oppervlak. Het stelsel kan min of meer in verschillende deelstelsels worden onderverdeeld. Aangenomen wordt dat voor elk deelstelsel k gelijk is aan de waarde die gevonden is voor Kerkrade en Loenen (voor BZV ca 3 kg/ha). Voor het oppervlak kan nu niet het oppervlak van het gehele stelsel worden ingevuld. De waarde van het gemiddelde per bui afwaterend verhard oppervlak Fv_{gem} kan daarentegen worden bepaald met behulp van de overstortkarakteristiek voor het verhard oppervlak gekoppeld aan de Kuipersgrafiek. Voor elke stip kan de grootte van het bijbehorend afwaterend oppervlak door middel van interpolatie tussen iso- Fv lijnen worden bepaald. Fv_{gem} is het gemiddeld afwaterend verhard oppervlak berekend over alle stippen uit de stippengrafiek. Deze waarde wordt bepaald door de afwaterende verharde oppervlakken van de stippen te sommeren en te delen door het totaal aantal overstortingen in de registratieperiode. De som van Fv_{gem} voor alle overstorten is kleiner dan Fv_{tot} . Om te corrigeren voor het verschil in oppervlak dient Fv_{gem} te worden opgeschaald met de factor $Fv_{tot}/\Sigma(Fv_{gem})$.

Dus V_{gem} wordt voor elke overstort berekend met:

$$V_{gem} = k Fv_{gem} \frac{Fv_{tot}}{\sum Fv_{gem}}$$

De frequentie van optreden van extreme vuilvrachten kan nu worden bepaald.

5 TOEPASSING METHODIEK OP RIOOLSTELSEL MAARTENSDIJK

5.1 Kalibratie

Voordat met de niet-stationaire berekeningen is begonnen is getracht een kalibratie uit te voeren. Neerslagmetingen van 5 buien en bijbehorende waterstandsmetingen van overstort 220627 zijn daarbij als uitgangspunt gehanteerd. In de kalibraties zijn initiële verliezen, afstromingsvertraging en vertragingverliezen in leidingen gevarieerd. In bijlage 3 is verslag gedaan van deze kalibratie. Het bleek niet mogelijk te zijn instellingen te vinden die een goede overeenkomst opleverden tussen de metingen en de simulaties. Uiteindelijk is daarom gekozen voor die instelling die de beste resultaten opleverde.

Tabel 5.1 Invoergegevens Maartensdijk

Verhard oppervlak	23 ha, verdeeld over inspectieputten
Totale pompcapaciteit	0,56 l/s
Inslagpeil gemaal Uitslagpeil gemaal	0,20 m + NAP -0,40 m + NAP
Pompoevercapaciteit	0,3 mm/h
Onderdrempelberging	11 mm (gevolg van ingevoerde lay-out van het stelsel)
In- en uittreeverliezen in inspectieputten	0
Afvoercoëfficiënt externe overstorten	1,75
Coëfficiënt van Manning:	Betonnen buizen 0,0250 PVC buizen 0,0133
Inloopmodel	programma-gebonden (zie bijlage 3, kalibratie)

5.2 Invoergegevens

Ten behoeve van het uitvoeren van de niet-stationaire berekeningen is een model van het rioolstelsel van Maartensdijk ingevoerd in het niet-stationaire rekenmodel. De invoer is samengevat in tabel 5.1. De dwa is constant aangenomen.

De rioolstelsels van Hollandse Rading en het Bedrijventerrein zijn geschematiseerd tot bakken volgens tabellen 5.2 en 5.3.

Tabel 5.2 Invoergegevens Hollandse Rading

Verhard oppervlak	6,73 ha
Gemaalcapaciteit laag	7 l/s
Inslagpeil laag Uitslagpeil laag	-1,30 m + NAP -2,05 m + NAP
Gemaalcapaciteit hoog	14 l/s
Inslagpeil hoog Uitslagpeil hoog	0,00 m + NAP 0,00 m + NAP
Totale capaciteit bij twee-pompen bedrijf	21 l/s
Pompoevercapaciteit	0,7 mm/h
Onderdrempelberging	10 mm
Berging in bergbezinkbassin	2,8 mm
Inloopmodel	programma-gebonden (zie bijlage 3, kalibratie)

Tabel 5.3 Invoergegevens Bedrijventerrein

Verhard oppervlak	2,92 ha
Gemaalcapaciteit	10 l/s
Inslagpeil Uitslagpeil	-0,88 m + NAP -1,28 m + NAP
Pompoevercapaciteit	ongeveer 0,7 mm/h
Onderdrempelberging	7,1 mm
Inloopmodel	programma-gebonden (zie bijlage 3, kalibratie)

5.2 Rekenduur

Voor de bepaling van de overstortkarakteristieken voor de externe overstorten in het rioolstelsel van Maartensdijk zijn voor de zeven regenintensiteiten bij elkaar ongeveer 85 buien met een totale duur van 470 uur doorgerekend. De totale rekentijd bedroeg 200 minuten.

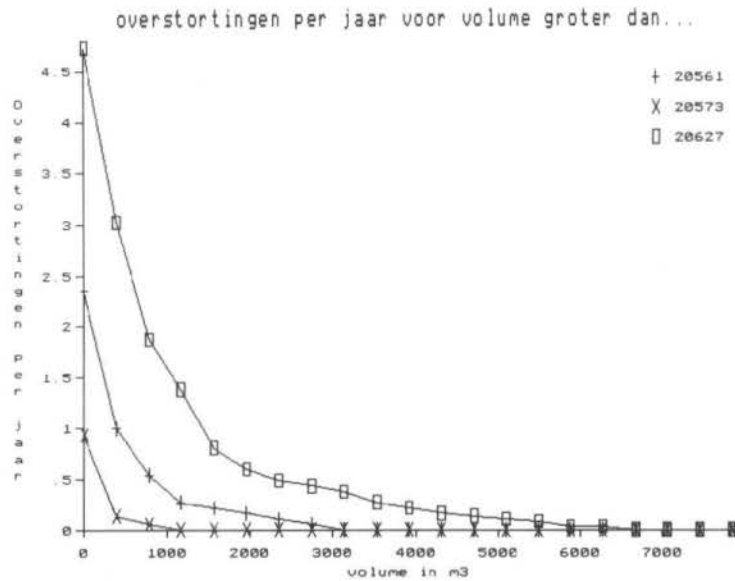
5.3 Resultaten overstortkarakteristiek volume

De overstortingsfrequentie, het gemiddeld jaarlijks overstortend volume en het percentage van het totaal jaarlijks overstortend volume zijn voor elke overstort gegeven in tabel 5.4. Uit de tabel blijkt dat via overstort 220627 het meeste water verdwijnt.

Tabel 5.4: resultaten

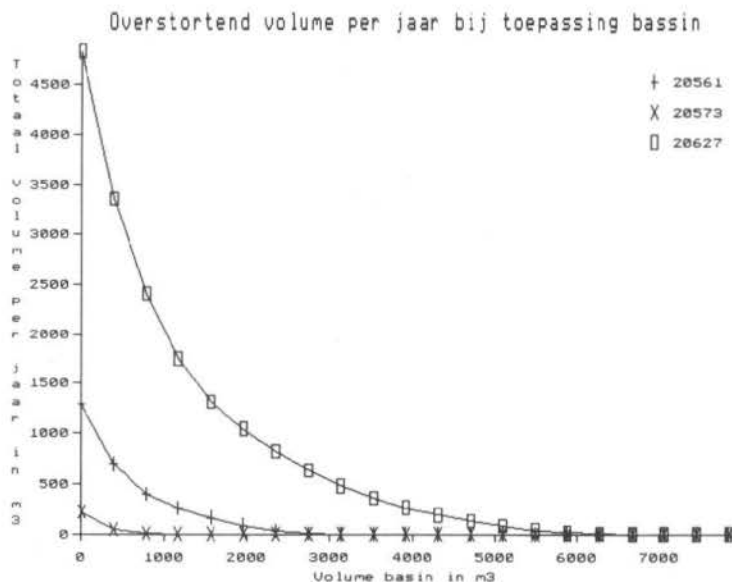
Overstortnummer	Overstortingsfrequentie	Gemiddeld jaarlijks overstortend volume, m ³ /a	Gemiddeld jaarlijks overstortend volume, %	Gemiddeld afwaterend verhard oppervlak per bui, ha	Gemiddeld jaarlijks afwaterend verhard oppervlak, ha
220561	2,4	1294	17,4%	4,3	10,1
220573	0,9	217	2,6%	1,7	1,6
220627	4,7	4838	80,0%	10,2	48,2
Totaal		6349	100,0%	16,2	59,9

De overstortkarakteristiek is omgewerkt naar een grafiek waaruit de overschrijdingsfrequentie van een bepaald overstortend volume kan worden afgelezen. Deze grafiek is voor alle overstorten gegeven in figuur 5.1. Uit deze figuur blijkt dat bij overstort 220627 een overstortend volume van 1000 m³ gemiddeld twee keer per drie jaar wordt overschreden. Bij overstort 20561 gebeurt dit slechts een keer per drie tot vier jaar en bij overstort 20573 wordt dit volume helemaal niet overschreden.



Figuur 5.1

Het effect van de toevoeging van een bassin achter een overstort kan met behulp van de overstortkarakteristiek volume duidelijk in beeld worden gebracht. Voor de drie overstorten in het stelsel van Maartensdijk is dit te zien in figuur 5.2. Op de horizontale as van deze figuur is het volume van het bassin weergegeven, op de verticale as het effect van de toevoeging van het bassin op het gemiddeld jaarlijks overstortend volume. Toevoeging van bijvoorbeeld een volume van 1000 m³ achter overstort 220627 reduceert het gemiddeld jaarlijks overstortend volume met ongeveer 2800 m³ tot ongeveer 2000 m³.

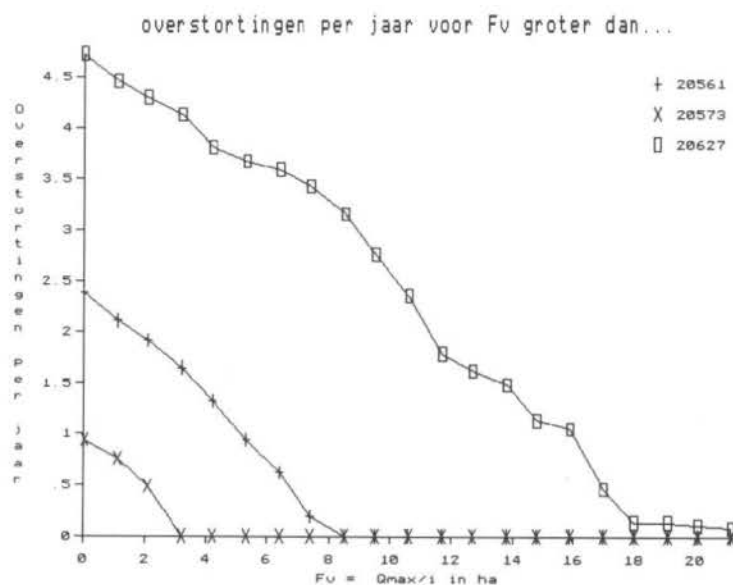


Figuur 5.2

5.4 Resultaten overstortkarakteristiek verhard oppervlak

De overstortingsfrequentie, het gemiddeld afwaterend verhard oppervlak per bui en het gemiddeld jaarlijks afwaterend verhard oppervlak zijn ook weergegeven in tabel 5.4. Overstort 220627 is wederom de overheersende overstort.

De overstortkarakteristiek is omgewerkt naar een grafiek waaruit de overschrijdingsfrequentie van een bepaald afwaterend verhard oppervlak kan worden afgelezen. Deze grafiek is voor elke overstort gegeven in figuur 5.3. Uit deze figuur blijkt onder andere dat bij overstort 220627 een afwaterend verhard oppervlak van bijvoorbeeld 4 ha gemiddeld vier keer per jaar wordt overschreden. Bij overstort 20561 gebeurt dit drie keer per twee jaar en bij overstort 20573 helemaal niet.



Figuur 5.3

6 VERIFICATIE

In de standaard-methode worden rekentijden verkort door de regengegevens te schematiseren. Een vraag die kan worden gesteld is in welke mate men schematisaties in de regengegevens kan toelaten zonder dat bij een zeker rioolstelsel verkeerde voorzieningen worden getroffen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de methode vergeleken met een berekening waarbij de regengegevens niet werden geschematiseerd. Hiervoor zijn vijf-minuten regengegevens van de periode 1951-1960 gebruikt. Benadrukt wordt dat de resultaten van de regenreeks volgen uit een zo exact mogelijke modellering. Een over de dag variërende dwa is in rekening gebracht.

Om de resultaten van de regenreeksberekening goed te kunnen vergelijken met de resultaten volgens de methodiek, zoals beschreven in dit rapport, zijn de regengegevens over de periode 1951-1960 omgewerkt volgens de buidefinities van de Kuipersgrafiek. Een over de dag gemiddelde dwa is in rekening gebracht.

In tabel 6.1 zijn de resultaten samengevat. Uit deze tabel blijkt dat in absolute zin het overstortend volume en de overstortingsfrequentie bij alle drie de overstorten bij toepassing van de TU-methode wordt onderschat ten opzichte van de resultaten bij de regenreeksberekeningen. De verdeling van de hoeveelheden overstortend water over de drie overstorten is echter min of meer gelijk. De methode is daarmee geschikt om in relatieve zin stelsels te beoordelen.

De verschillen tussen de resultaten die volgen bij gebruik van de Kuipersgrafiek en de resultaten bij gebruik van een stippengrafiek gebaseerd op de 10 jarige reeks zijn het gevolg van verschillen in neerslag.

Tabel 6.1: Regenreeks versus TU-methode

Berekening	Overstortnummer	Jaarlijks overstortend volume m ³ /a	Overstortend volume in % ten opzichte van het totaal	Overstortingsfrequentie
TU-methode, Kuipersgrafiek	20561	1294	20,4	2,4
	20573	217	3,4	0,9
	20627	4838	76,2	4,7
TU-methode met stippengrafiek gebaseerd op periode 1951-1960	20561	1093	14,3	1,2
	20573	339	4,4	0,6
	20627	6229	81,3	5,7
Regenreeks 1951-1960 ongeschematiseerd	20561	3633	29,6	6,1
	20573	1051	8,6	3,6
	20627	7594	61,9	7,6

DHV en Grontmij hebben met behulp van de door hen voorgestelde methode twee regenreeksen doorgerekend: 25 jaar en 3,5 jaar. Zie tabel 6.2. De berekende waarden voor de overstortende volumens en frequenties voor de 25 jarige reeks zijn hoger dan de met de TU-methode berekende waarden. De resultaten van de 3,5 jarige reeks liggen in de buurt van die van de TU-methode. Opgemerkt wordt dat alle methoden resulteren in ongeveer dezelfde verdeling van het water over de verschillende overstorten.

Om te beoordelen welke resultaten de werkelijkheid het best beschrijven zijn meetgegevens nodig. De enige beschikbare meetgegevens zijn het overstortende volume en frequentie voor overstort 20726 in Maartensdijk gedurende de 3,5 jarige periode. De overstortingsfrequentie is 8 keer per jaar. Het overstortende volume is groter dan 5000 m³ per jaar (omdat niet voor elke overstorting het volume is geregistreerd is het slechts mogelijk de bovengrens van het volume te geven). Voorts kan worden aangenomen dat de ongeschematiseerde regenreeksberekening van de TU de werkelijkheid goed beschrijft.

Wanneer deze gegevens als maatstaf worden gebruikt blijkt dat resultaten van de 3,5 jarige reeks door DHV/Grontmij redelijk overeenkomen met de meetgegevens voor overstort 20627. Zowel de resultaten van deze methode als die van de TU-methode komen redelijk overeen met die van de ongeschematiseerde regenreeks. De resultaten van de 25 jarige reeks met de DHV/Grontmij-methode zijn alle hoger dan die van de ongeschematiseerde regenreeks. Het is echter niet duidelijk of dit het gevolg is van het verschil in regenperiode of verschil in methode.

Uit deze verschillende berekeningen blijkt dat de resultaten aanzienlijk kunnen variëren als gevolg van de wijze van berekenen en de gekozen neerslagperiode. De werkelijkheid wordt slechts benaderd. Met alle methoden wordt echter een duidelijk beeld verkregen van de werking van de overstorten in relatieve zin.

Tabel 6.2: Resultaten DHV/Grontmij²

Berekening	Overstortnummer	Jaarlijks overstortend volume m ³ /a	Overstortend volume in % ten opzichte van het totaal	Overstortingsfrequentie
25 jaar regenreeks	20561	4170	27,3	7,6
	20573	1250	8,2	5,5
	20627	9850	64,5	10,3
Nivo GM zonder/met inloop model 1987-1991	20561	2260 / 1700	24,2 / 22,0	5,7 / 4,3
	20573	500 / 410	5,4 / 5,4	4,0 / 2,3
	20627	6500 / 5610	70,2 / 70,2	6,6 / 6,0
CYCREEX zonder/met inloop model 1987-1991	20561	1380 / 1180	17,0 / 15,5	5,4 / 3,7
	20573	260 / 210	3,2 / 2,8	2,6 / 1,4
	20627	6470 / 6190	79,8 / 81,7	6,0 / 5,4

7 EVALUATIE

De in dit rapport gepresenteerde methode is eenvoudig en eenduidig in het gebruik. Met behulp van het ontwikkelde programma SR2.EXE ter bepaling van de verschillende karakteristieken wordt het functioneren van het stelsel duidelijk. De schematisatie van de regen tot blokregens en het vervolgens koppelen van de berekeningsresultaten aan een stippengrafiek introduceert een onnauwkeurigheid in de uitkomst. Aan de hand van een vergelijking van de resultaten van een regenreeksberekening (1951-1960) met de resultaten van deze methode (gebruik makend van een stippengrafiek gebaseerd op die zelfde regenreeks), heeft laten zien dat de methode de grootte van de overstortende volumens onderschat, maar wel betrouwbare informatie geeft over de onderlinge verhouding tussen de overstorten.

Hiermee is de methode geschikt om het functioneren van een stelsel te beoordelen. Het effect van een voorgestelde aanpassing aan het stelsel kan worden geschat, maar kan ook worden berekend. De niet-stationaire berekeningen met de blokbuien dienen daartoe te worden uitgevoerd met het aangepaste stelsel. De resultaten gevoerd door het programma voor de overstortkarakteristieken geven direct het functioneren van het aangepaste stelsel weer, zodat de aanpassing kan worden beoordeeld.

Opgemerkt wordt dat de hoeveelheid overstortend rioolwater wel een indicatie van de werking van de overstort geeft, maar niet eenduidig aangeeft over het belang van die overstort voor de vuiluitworp. Gebleken is dat een overstortend volume niet mag worden vermenigvuldigd met een constante concentratie aan vuil om de vuiluitworp te bepalen.

Het is de verwachting dat met de immer voortschrijdende computers en programmatuur het in de nabije toekomst mogelijk zal zijn alle Nederlandse rioolstelsels zonder vereenvoudigingen met een niet-stationair programma door te rekenen en het functioneren bij een regenreeks te beoordelen. Daarmee zal het niet meer nodig zijn de regen te vereenvoudigen tot blokregens. Ook de schematisatie van het rioolstelsel (zoals gepropageerd door DHV/Grontmij) zal dan niet meer noodzakelijk zijn.

De standaardisatie van het doorrekenen van rioolstelsel heeft dan nog enkel behoefte aan afspraken met betrekking op de invoerparameters voor het niet-stationaire programma: zoals inloopmodel en ruwheden van buizen. Tevens dient te worden afgesproken wat de maat van nauwkeurigheid is die moet worden aangenomen. Het is namelijk zo dat de werkelijkheid nooit helemaal exact kan worden beschreven. Enige schematisatie treedt altijd op. Denk hierbij aan het vervangen van de stroming over straat, door de goten en in de kolken tot een inloopmodel.

BIJLAGE 1

PROCEDURE VOOR HET BEPALEN VAN DE BLOKREGENS

BIJLAGE 1

PROCEDURE VOOR HET BEPALEN VAN DE BLOKREGENS

STAP 1:

Grote buien.

- a) Doorrekenen van een lange bui voor elke intensiteit, met een buiduur $t_i = 55/i$ (55 mm regen en regenintensiteit i in mm/min, bij toepassing van de Kuipersgrafiek).
- b) Bepaal voor elke intensiteit het aanslagtijdstip van alle overstorten: T_{a_i} in minuten. Omdat de uitvoer van de berekeningen in stappen van 5 minuten wordt gegeven zal dit een veelvoud van 5 minuten zijn.

STAP 2:

Bepaal buiduur waarbij net geen overstorting optreedt T_{0_i} .

- a) Doe voor elke intensiteit:
Doe voor elke overstort:
Buiduur: $T_{d_i} = T_{a_i} - 10$ minuten.
Dit geeft een reeks buien (voor elke intensiteit en voor elke overstort). Het is echter mogelijk dat voor verschillende overstorten dezelfde buien moeten worden doorgerekend. Elke bui hoeft natuurlijk slechts 1 maal te worden doorgerekend!
- b) Reken de nieuwe buien door.
- c) Indien geen overstorting: langere bui (Stap 5 minuten).
Indien wel overstorting: kortere bui (stap 10 minuten)
Hierbij dient erop te worden gelet welke buien voor de andere overstorten zijn doorgerekend.
- d) Dit levert een reeks nieuwe buien op, die moeten worden doorgerekend.
Onderdelen c en d worden herhaald, totdat de buiduur waarvoor net geen overstorting meer optreedt op 5 minuten nauwkeurig is gevonden.

STAP 3:

3 Buien net boven nulpunt:

$T_d = T_0 + 5$, $T_0 + 10$ en $T_0 + 15$ voor $i > 15$ l/s.ha

$T_d = T_0 + 5$, $T_0 + 15$ en $T_0 + 25$ voor $i \leq 15$ l/s.ha

STAP 4:

Bepaal een reeks extra buien tussen $T_0 + 15$ of $T_0 + 25$ en T_a .

In principe 3 buien tussen T_0 en T_a , zoveel mogelijk gelijkelijk verdeeld, maar met een minimale afstand van 10 minuten. Bovendien kunnen eerdere berekeningen worden benut indien deze in het betreffende gebied vallen. Voor verschillende overstorten zullen buiduren samenvallen, zodat veelal minder dan 3 buien per overstort hoeven te worden gemaakt.

STAP 5: Stapbui.

Reken een bui door met een in de tijd als volgt variërende intensiteit. De begin intensiteit is 40 l/s.ha. Deze neemt af tot nul in stappen van 2.5 l/s.ha. Elke stap dient zo lang te duren dat aan het einde van de stap zich een evenwichtssituatie heeft ingesteld.

Voorbeeld

intensiteit 60 l/s.ha

3 overstorten met (onbekende) werkelijke nulpunten $T0w_1 = 27$, $T0w_2 = 35$ en $T0w_3 = 78$.

STAP 1

$TI = 150$ min. Uit het doorrekenen van de lange bui volgen de aanslagtijdstippen:

$Ta_1 = 40$, $Ta_2 = 55$ en $Ta_3 = 80$ minuten.

STAP 2a en b: Doorrekenen buien met buiduur $Ta-10$.

Dus doorrekenen buiduren 30, 45, en 70 minuten. Een bui met een buiduur van 30 minuten zal bij overstort A tot een overstorting leiden ($>$ in volgende tabel) omdat de buiduur langer is dan $T0w_1$.

	A	B	C
30	>	0	0
45	>	>	0
70	>	>	0

STAP 2c: Doorrekenen buien met 10 minuten kortere of 5 minuten langere buiduur.

De kortste buiduur met een overstorting voor overstort A is 30 minuten. Een bui met buiduur van 20 dient te worden doorgerekend. Voor overstort B wordt een bui met een buiduur van 35 minuten gekozen. Overstort C geeft geen enkele overstorting, dus $Td = 75$ minuten.

	A	B	C
20	0	0	0
30	>	0	0
35	>	>	0
45	>	>	0
70	>	>	0
75	>	>	0

Overstort A: 25 minuten.

Overstort B: De kortste buiduur met een overstorting is 35 minuten. De langste buiduur met een overstorting is 30 minuten. Dus $T0_2$ is 30 minuten.

Overstort C: $T0_3$ is groter dan 75 minuten, omdat $Td = 80$ minuten.

Dus doorrekenen 25 en 80 minuten.

	A	B	C
20	0	0	0
25	0	0	0
30	>	0	0
35	>	>	0
45	>	>	0
70	>	>	0
75	>	>	0
80	>	>	>

Overstort A: $T0_1 = 25$ minuten

Overstort C: $T0_3 = 80$ minuten

STAP 3:

Toevoegen T0 + 5, T0 + 10 en T0 + 15:

Overstort A: 30, 35 en 40

Overstort B: 35, 40 en 45

Overstort C: 80, 85 en 90

Dus 40, 85 en 90 minuten.

STAP 4

Vervolgens 3 tussen T0 + 15 en T1.

Overstort A: $150 - 40 = 110$

1^e tussen 55 en 80

2^e tussen 85 en 105

3^e tussen 105 en 140

Overstort B: $150 - 50 = 100$

1^e tussen 60 en 80

2^e tussen 85 en 105

3^e tussen 105 en 140

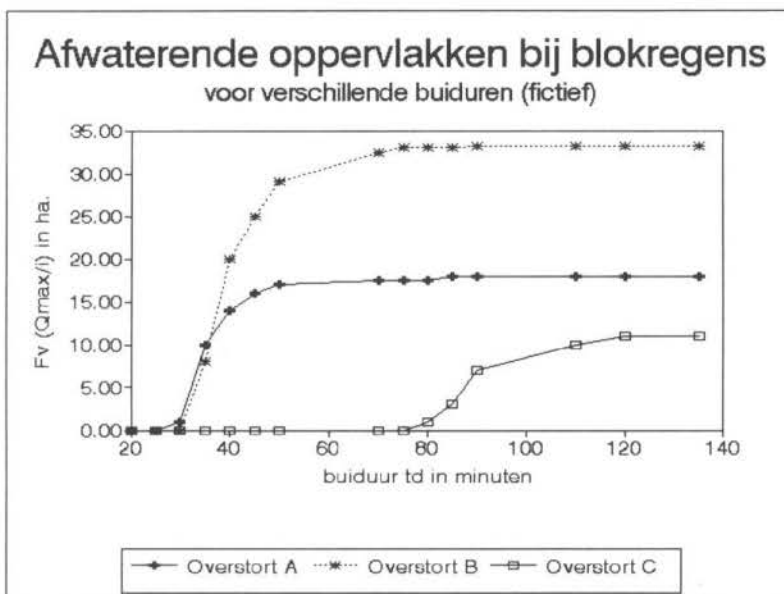
Overstort C: $150 - 95 = 55$

1^e tussen 105 en 110

2^e tussen 115 en 130

3^e tussen 135 en 140

kies 70 (reeds klaar), 90 (reeds klaar), 110, 120 en 135.



In totaal dienen voor dit geval dus 15 buien te worden doorgerekend (deze intensiteit).
Zie figuur.

BIJLAGE 2

VOORBEELD OVERSTORTKARAKTERISTIEK VOLUME

BIJLAGE 2

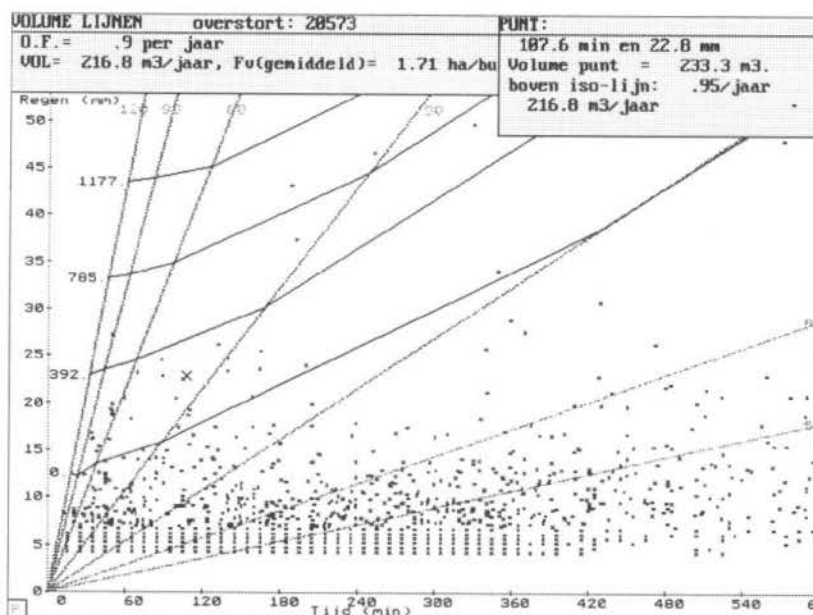
VOORBEELD OVERSTORTKARAKTERISTIEK VOLUME

Tabel 1 geeft een overzicht van de overstortende volumens die voor overstort 220573 zijn berekend bij de verschillende buiduren en intensiteiten. Aan het einde van de tabel is de regenintensiteit weergegeven waarbij de overstort droogvalt. Op basis van deze resultaten is de overstortkarakteristiek volume samengesteld. Zie figuur.

Tabel 1

i	tb	Vol	
120	80	1703,1	i = regenintensiteit
120	60	1162,9	tb = buiduur
120	40	619,6	Vol = overstortend volume
120	35	481,7	
120	25	189,4	
120	20	35,0	
120	15	,0	
60	155	1580,2	
60	110	965,9	
60	80	557,4	
60	55	211,6	
60	50	139,4	
60	45	69,0	
60	40	11,2	
60	35	,0	
30	310	1095,7	
30	250	797,8	
30	150	305,2	
30	105	84,7	
30	100	60,7	
30	95	37,2	
30	90	15,3	
30	85	,0	
15	615	6,0	
15	535	2,1	
15	530	1,9	
15	525	1,7	
15	515	1,4	
15	510	1,2	
15	475	,3	
15	375	,0	
8	1150	,0	
5	1835	,0	

Regenintensiteit waarbij volume = 0 m³, i = 14,5 l/s.ha



BIJLAGE 3

KALIBRATIE

BIJLAGE 3

KALIBRATIE

Gedurende de periode 1988-1991 zijn in Maartensdijk de neerslag en de waterstand bij een van de drie overstorten gemeten. Uit deze periode zijn 5 buien voor de kalibratie beschikbaar (dezelfde 5 als gebruikt door Grontmij/DHV). Slechts van 3 van deze buien zijn overstortende debieten (berekend uit de waterstanden bij de overstort) bekend. Tevens zijn de beginwaterstanden in het gemaal voor elke bui gegeven.

De beginwaterstanden (tabel 1) bij de pomp komen niet overeen met het opgegeven pompregime na 26-8-1988, waarbij de pompen uitslaan op een uitslagpeil van 0,05mN-AP. Bij dat pompregime zou een lagere waterstand dan 0,05mNAP te onmogelijk zijn. Waarschijnlijk is het stelsel af en toe leeggepompt om rotting van het afvalwater te voorkomen.

In de kalibraties is het uitslagpeil van de pomp gelijk gekozen aan de beginwaterstand, zodat bij het begin van de bui het water bij de pompen inderdaad op het opgegeven peil staat.

Uit een vooronderzoek bleek dat het wenselijk was in de kalibratie te zorgen voor vertraging in een inloopmodel en een hoge weerstand in de leidingen (Manning: $N=40$). Daarnaast is geëxperimenteerd met verschillende neerslagverliezen. In Hydroworks kan vertraging van afvoer over land worden opgegeven middels een vertragsparameter. Volgens de handleiding dient de waarde van deze parameter tussen de 0 en -5 te liggen, waarbij -5 overeenkomt met de grootste vertraging. Bij het kalibreren zijn echter ook waarden van -7 en -9 geprobeerd.

De berekeningen zijn als volgt kort weergegeven. N40,0,-3, betekent Manning = $1/40$, 0 mm neerslag verlies, en een vertragsparameter gelijk aan -3.

De maximale debieten (Q_{max}), het totale overstortende volume (Vol) en het begin- en eindtijdstip (t_b en t_e) van de overstorting zijn beschouwd om de berekeningen te beoordelen.

Het gehele stelsel is zo exact mogelijk gemodelleerd. Een over de dag variërende dwa is meegenomen.

Tabel 1:

	datum	begin waterstand bij pomp mNAP	neerslag mm	OVERSTORTING			
				Q_{max} l/s	Vol m ³	t_b min	t_e min
1	30- 6-1988	-0,70	12,8	-	-	-	-
2	5- 9-1988	-0,50	13,3	112	308	99	198
3	12-11-1988	-0,71	20,5	244	1021	384	596
4	23- 7-1989	-0,73	18,5	-	-	-	-
5	26-12-1990	-0,20	20,0	409	1047	341	542

Opmerking: In het rapport van DHV/Grontmij³, is het totale volume bij bui 3 berekend als zijnde 899 m³. Dit blijkt niet uit de meetgegevens. Hier is 1021 berekend.

3

DHV/Grontmij, mei 1995, Standaardberekening Rioolstelsels, Richtlijnen Rioleringsberekeningen, Onderzoek Maartensdijk, Voorbeeldberekening.

Bui 1 (30-6-1988)

Bui 1 leverde geen overstorting op en is niet gebruikt in de kalibratie.

Bui 2 (5-9-1988)

Verschillende instellingen van het model resulteerden alle in een onderschatting van de overstorting: Q_{max} tot 26% van de meting en Vol tot 15% van de meting. Alleen door het uitslagpeil van de pomp op 0,05 mNAP te leggen (en daarmee de gemeten beginwaterstand te negeren) bleek het mogelijk een goede gelijkenis tussen de metingen en de berekeningen te verkrijgen.

Bui 3 (12-11-1988)

Uit de berekeningen van bui 3 bleek het noodzakelijk geen initiële verliezen van de regen in rekening te brengen. Naarmate meer wrijving in het stelsel werd opgegeven werden de resultaten voor het debiet beter. Het volume wordt dan echter steeds verder onderschat. Door meer vertraging in de inloop in het stelsel op te geven bleek het mogelijk zowel het maximale debiet als het volume redelijk goed te krijgen.

	meting	N60,1,-3	N60,0,-3	N50,0,-3	N40,0,-3	N40,0,-5	N40,0,-7	N40,0,-9
Q_{max}	0,244	0,381	0,408	0,397	0,359	0,333	0,302	0,273
Vol	1021	848	920	923	867	881	919	950
t_b	284	280	275		284	281	284	289
t_e	596	405	405		596	420	433	448

Berekeningen met de instellingen N40,0,-9 geven de beste overeenkomst met de metingen voor bui 3.

Bui 4 (23-7-1989)

Gezien de hoeveelheid en het verloop van de deze neerslag werd een overstorting verwacht. Deze is echter niet gemeten, zodat hiermee geen kalibratie kon worden uitgevoerd.

Bui 5 (26-12-1990)

Uit figuur 2 blijkt dat volgens de meetgegevens de piek van de overstorting eerder dan de van de regen (die overstorting hoogst waarschijnlijk veroorzaakt) piek komt. Dat is natuurlijk niet mogelijk. Mogelijk is de gemeten neerslag niet representatief voor het gehele stelsel, of de meetgegevens zijn fout.

Voor bui 5 bleek juist de vertraging van de inloop niet te groot te mogen zijn. De instelling N40,0,-5 geeft de beste overeenkomst.

	meting	40,0,-9	N40,0,-7	N40,0,-5
Q_{max}	0,409	0,256	0,276	0,304
Vol	1047	1102	1089	1074
t_b	341	374	367	360
t_e	542	549	529	511

De overeenkomst is voor alle 3 de instellingen niet meer dan redelijk. Het bleek niet mogelijk met het gegeven pompregime en de gemeten beginwaterstand bij de pomp een goede kalibratie van het stelsel te maken. Wanneer het uitslagpeil van de pomp op 0.05 + NAP wordt gekozen (zoals in het opgegeven pompregime voor na 26-8-1988) is het mogelijk een veel betere gelijkenis tussen de verschillende buien te verkrijgen. De opgegeven range van de vertragsingsfactor loopt tot -5. Daarom is arbitrair gekozen voor de N40,0,-5 instellingen.

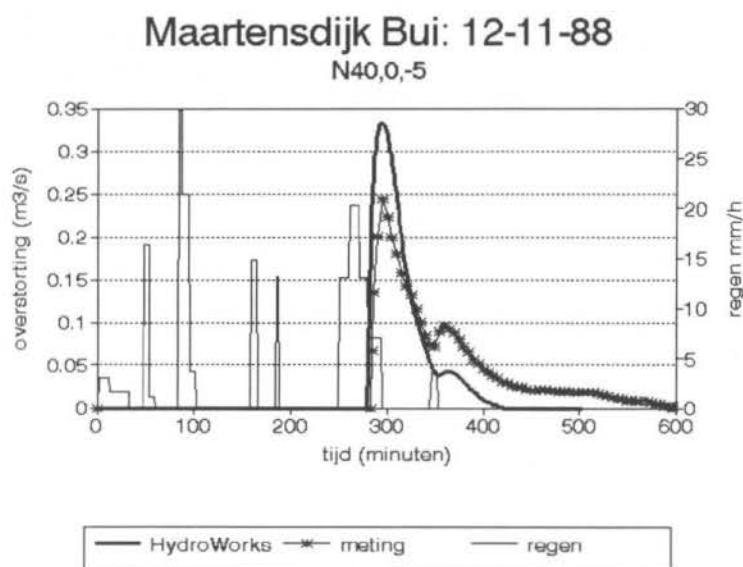
De kalibratie heeft geen goede resultaten opgeleverd. De kalibratie uitgevoerd door DHV/Grontmij is echter niet beter. Voor bui 3 wordt voor elke berekening het maximale overstortende debiet overschat (meer dan een factor 2 te groot). Het overstortende

volume is groter dan de gemeten waarde. Opgemerkt wordt dat de door DHV/Grontmij berekende waarden beter in de buurt komen van 1021 m³ zoals in tabel 1 gegeven, dan de in dat rapport gegeven waarde van 899 m³, terwijl de door TUD berekende waarde juist in de buurt van 899 m³ ligt.

Ook voor bui 5 wordt zowel het maximale debiet als het totale volume overschat. Het debiet wordt met 30% overschat!

Berekeningen

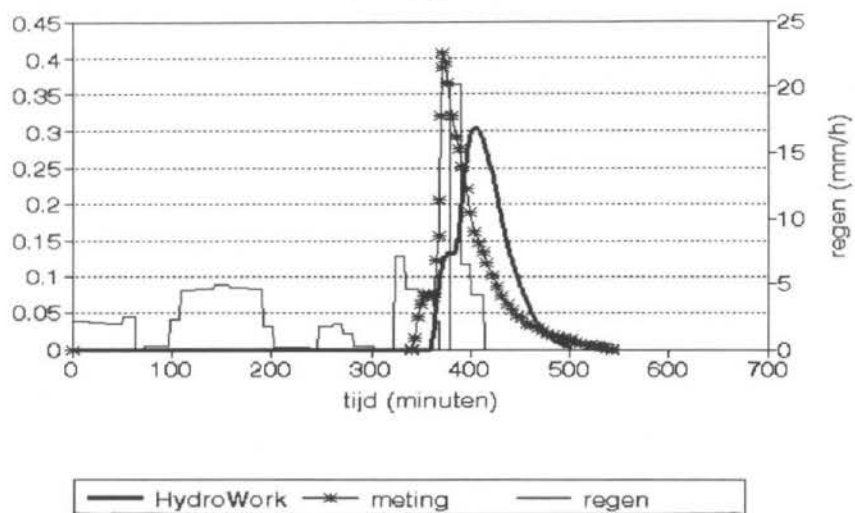
In alle berekeningen (zowel de reeksberekening als de berekening volgens de methodiek van de TU) zijn de N40,0,-5 instellingen gebruikt. De resultaten bij deze instellingen zijn in de figuren 1 en 2 gegeven. Het pompregime van het hoofdgemaal in Maartensdijk is aangepast volgens de opgave. Hetzelfde inslagpeil is gekozen: 0,05 mNAP. Als uitslagpeil is -0,40 mNAP gekozen. Dit komt min of meer overeen met de gemeten waterstanden en de kalibratie.



Figuur 1

Maartensdijk Bui: 26-12-90

N40,0,-5



Figuur 2