

SYNTHETISCHE NEERSLAG VOOR RIOOLEMISSIEBEREKENINGEN

ir. G. VAES, prof. J. BERLAMONT
Laboratorium voor Hydraulica
KU Leuven

ir. N. VERHOEST, prof. P. TROCH,
prof. F. DE TROCH
Laboratorium voor Hydrologie
en Waterbeheer
Universiteit Gent

SYNTHETIC RAINFALL FOR EMISSION CALCULATIONS

Accurate simulations of the flow through sewer systems can be made using a dynamic model in combination with long time series of rainfall data. To overcome the problem of short historical rainfall time series or lack of rainfall data, stochastic rainfall models can be used to generate statistically similar rainfall time series. Besides for emission calculations, synthetic rainfall can be used for other applications. In this study the Modified Bartlett-Lewis Gamma model is tested, which is designed to preserve the extreme behaviour of rainfall while keeping the statistical properties of the original time series. The original version of this model does not allow to generate accurately the extreme values of the rainfall distribution. When adjusting the model parameters for the intensity of a cell, better results are obtained for the extreme storms. However, the statistical representation of the series is affected by this operation. On the

other hand, the time distribution of rainfall during a storm is observed to be in good agreement with the historical data. When rainfall will be used for emission calculations, one must look at the effect of the rainfall inputs, i.e. the overflow events. Therefore, a comparison of emissions using the historical rainfall data and generated rainfall is performed. A linear reservoir model is used in such a way that the most important sewer system parameters can be simulated. Comparing the overflow events based upon the original series with those based upon the synthetic series shows that the generated rainfall series contains shorter storm durations with a higher intensity for the extreme storms. However, using this knowledge in adjusting the parameters of the rainfall generator, the reproduction of the extreme rainfall events can be ameliorated.

1. SITUERING

De meest nauwkeurige simulaties van de stroming in rioleringen worden bekomen met een dynamisch model. Om een goede statistische analyse te kunnen maken van de overstortgebeurtenissen dient men voor de neerslaginvoer gebruik te maken van een lange reeks neerslaggegevens [1,2,3]. Zulke simulaties nemen echter veel tijd in beslag. De rekentijd kan worden beperkt door enkel bepaalde geselecteerde buien uit de neerslagreeks te simuleren [3,4]. Wanneer men alle 'buien' verdeelt over klassen met gelijkaardige buien, dit wil zeggen buien die ongeveer tot hetzelfde effect leiden, is het enkel nodig om uit elke buien-klasse één bui te simuleren. Om toevalligheden in de neerslagreeks uit te schakelen en over voldoende buien te beschikken om de verdeling in representatieve klassen te kunnen maken, dient de gebruikte neerslagreeks voldoende lang te zijn. Bij de huidige beschikbare historische neerslagreeks van Ukkel van 27 jaren met een tijdstap van 10 minuten is het aantal beschikbare buien met kleine frequentie hiertoe te beperkt. Bovendien kunnen in een zeer lange historische

neerslagreeks trends aanwezig zijn, waardoor niet de huidige relevante neerslag in rekening wordt gebracht. Door een neerslagmodel op te stellen die neerslag genereert met dezelfde karakteristieken als de historische neerslagreeks, kan men een neerslagreeks bekomen die zo lang is als men wenst. Hiertoe dienen een aantal karakteristieken van de synthetische neerslagreeks zo goed mogelijk overeen te komen met deze van de historische neerslagreeks. Op deze manier kan ook het probleem van onvoldoende neerslaggegevens worden opgevangen. Naast het gebruik voor emissieberekeningen zijn ook andere toepassingen mogelijk voor synthetische neerslag.

Aangezien het de bedoeling is deze synthetische neerslagreeks te kunnen gebruiken bij emissieberekeningen, zullen voor de beoordeling van de synthetische neerslagreeks vooral die parameters worden bestudeerd die hierbij belangrijk zijn. Daartoe is het nodig dat er naast de statistische testen ook rekening wordt gehouden met het systeem waar deze neerslag de invoer voor is, namelijk het rioolstelsel. Vermits het doorrekenen van lange neerslagreeksen met

werkelijke rioolstelsels in een dynamisch model te veel tijd vergt en slechts een beperkt aantal situaties kan omvatten, wordt gebruik gemaakt van een vereenvoudigd model dat de belangrijkste parameters van het rioolstelsel inrekenet. Voor een brede variatie aan parameters en dus voor een brede variatie aan rioolstelsels, kan op die manier snel een beeld van de emissies worden bekomen. Hiertoe werd een vergelijking gemaakt aan de hand van een lineair bakmodel, waarbij de parameters 'bergingsvolume' en 'doorvoercapaciteit' werden gevarieerd [5]. Zo kunnen de effecten (namelijk de overstortgebeurtenissen) van de historische neerslagreeks vergeleken worden met de effecten gebaseerd op de synthetische neerslagreeks.

2. SYNTHETISCHE NEERSLAG

2.1 Soorten modellen

Synthetische neerslagrijddreksen kunnen op verschillende manieren bekomen worden. Zowel fysisch gebaseerde als stochastische modellen zijn ontworpen om neerslag-

processen numeriek na te bootsen. Een stochastische aanpak van het probleem is meer te verantwoorden dan een puur fysische gebaseerde, omdat het neerslagproces zeer complex is. Voor deze aanpak kan men zich baseren op twee benaderingen. Een eerste maakt gebruik van tijdreeksanalyse. Dit leidt echter tot modellen met veel parameters wanneer reeksen worden gegenereerd met kleine aggregatieniveaus (dit zijn de tijdsintervallen waarbinnen de neerslag wordt gecumuleerd). Een tweede manier om synthetische neerslag te genereren, baseert zich op puntprocessen. Voornamelijk bleken de op clusters gebaseerde rechthoekige pulsen modellen vrij succesvol voor gebruik over een breed domein van aggregatieniveaus. Voor de neerslagreeks van Ukkel voor de periode van 1967 tot en met 1993 werden twee families clustermodellen (namelijk de Neyman-Scott en de Bartlett-Lewis modellen) tegenover elkaar geplaatst en vergeleken [6,7,8]. Hieruit blijkt dat het Gewijzigde Bartlett-Lewis (Modified Bartlett-Lewis, MBL) model het best de statistische eigenschappen van de Ukkelneerslagreeks volgt. Er werd echter een onderschatting van de extreme waarden voor kleine aggregatieniveaus opgemerkt. Daar extreme waarden binnen een tijdreeks zeer belangrijk zijn voor hydrologische berekeningen, moet een verbetering gezocht worden van de modelopbouw.

2.2 Het Gewijzigde Bartlett-Lewis Gamma model

Vrij recent werd een aanpassing van het MBL model voorgesteld, waarbij een andere statistische verdeling van de neerslagintensiteit wordt voorgesteld met als doel het gedrag van de extreme gebeurtenissen beter weer te geven [9]. Dit Gewijzigde Bartlett-Lewis Gamma (MBLG) model heeft dezelfde structurele opbouw als het MBL model, maar er wordt voor de celintensiteit een twee parameter gamma verdeling gebruikt in plaats van een exponentiële verdeling. Het voordeel van het invoeren van dergelijke gamma verdeling is dat een breder spectrum van distributies kan beschreven worden, wat het model in staat moet stellen om beter de extreme intensiteiten uit de historische neerslagreeks op te vangen. Deze twee parameter gamma verdeling wordt bepaald door de vormparameter p en de schaalparameter δ , zodat voor de gemiddelde waarde $E[.]$ en voor de variantie $Var[.]$ geldt:

$$E[\text{celintensiteit}] = \frac{p}{\delta}$$

$$Var[\text{celintensiteit}] = \frac{p}{\delta^2}$$

Het afijken van deze parameters gebeurt met de momentenmethode [6,7]. Na het invullen van de gevonden parameters voor de verschillende maanden in het model kan een neerslagreeks van bijvoorbeeld 100 jaar

gegenereerd worden welke voor de verificatie van het model kan gebruikt worden. Uit de analyse van de verkregen neerslagreeks valt op dat het MBLG model de extreme waarden niet beter blijkt weer te geven dan het MBL model, alhoewel dit model daartoe werd ontwikkeld [6,7].

2.3 Aanpassen van de intensiteit

Bij het MBLG model is het mogelijk om de parameters van de intensiteitsverdeling zodanig aan te passen dat de gemiddelde waarde $E[.]$ van de distributie gelijk blijft, terwijl zijn variantie $Var[.]$ vergroot wordt. Dit

moet ons toelaten om meer extreme waarden te kunnen genereren, terwijl de gemiddelde neerslagintensiteit constant blijft. Bij wijze van test werd de variantie verdubbeld en met de bekomen parameters een neerslagreeks van 100 jaar neerslag gegenereerd. Uit tabel 2 blijkt dat de gemiddelde waarde van de neerslag weinig afwijkt van de historisch waargenomen gemiddelden. Deze waarden zijn ook nagenoeg identiek aan deze bekomen met het MBLG model met de originele parameters [6,7]. De tweede orde momenten wijken zoals verwacht sterk af van deze berekend met de historische reeks. De geringe toename van

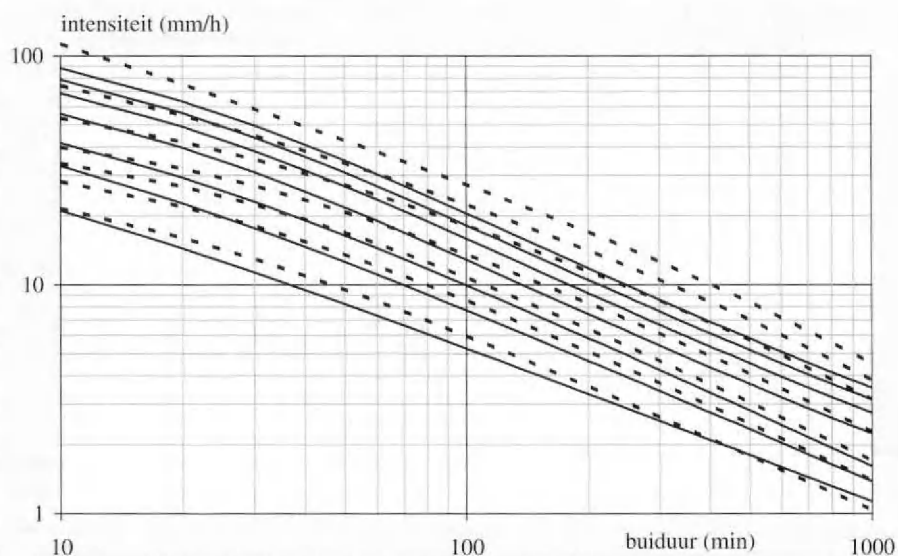
Tabel 1 : verklaring van gebruikte afkortingen en begrippen

ZDP	Zero Depth Probability : de kans dat er geen neerslag valt [6]
IDF relaties	Intensiteit-Duur-Frequentie relaties [10]
MBL model	Modified Bartlett-Lewis model : gewijzigd Bartlett-Lewis model [6]
MBLG model	Modified Bartlett-Lewis Gamma model : gewijzigd Bartlett-Lewis gamma model
clustering	het groepsgewijs voorkomen in de tijd van neerslaggebeurtenissen
celintensiteit	de constante neerslagintensiteit in een cel, waarbij de duur van de cel ook varieert volgens een vooropgestelde distributiefunctie [6]
interne stormstructuur	de variatie van de neerslagintensiteit in de tijd binnen een storm

Tabel 2 : momenten en ZDP voor de maanden maart en juli voor de historische neerslagreeks en voor het MBLG model met verdubbelde variantie voor de celintensiteit

aggregatieniveau	gemiddelde (mm)	variantie (mm ²)	covariantie (mm ²)	correlatie lag 1 (mm ²)	correlatie lag 2 (mm ²)	correlatie lag 3 (mm ²)	ZDP
HISTORISCHE NEERSLAGREEKS maart							
10 min	0.016	0.007	0.004	0.589	0.442	0.374	0.926
30 min	0.049	0.045	0.026	0.578	0.392	0.305	0.884
1 uur	0.098	0.143	0.074	0.517	0.329	0.256	0.849
6 uur	0.589	2.353	0.786	0.334	0.147	0.116	0.678
12 uur	1.177	6.569	1.652	0.251	0.136	0.055	0.562
24 uur	2.354	15.730	4.070	0.259	0.114	0.122	0.406
juli							
10 min	0.016	0.024	0.013	0.523	0.292	0.205	0.954
30 min	0.048	0.141	0.051	0.361	0.205	0.106	0.924
1 uur	0.095	0.403	0.118	0.292	0.104	0.065	0.897
6 uur	0.571	4.192	0.721	0.172	0.078	0.089	0.757
12 uur	1.143	9.695	1.726	0.178	0.123	0.049	0.652
24 uur	2.285	22.712	4.714	0.208	0.058	0.070	0.515
SYNTHETISCHE NEERSLAGREEKS maart							
10 min	0.016	0.012	0.005	0.448	0.222	0.160	0.949
30 min	0.047	0.061	0.021	0.339	0.191	0.165	0.907
1 uur	0.094	0.164	0.054	0.328	0.227	0.201	0.869
6 uur	0.565	2.176	0.770	0.354	0.146	0.071	0.728
12 uur	1.130	5.813	1.612	0.277	0.074	0.029	0.606
24 uur	2.260	14.813	2.555	0.172	0.017	-0.040	0.429
juli							
10 min	0.017	0.034	0.017	0.511	0.278	0.202	0.979
30 min	0.050	0.188	0.073	0.386	0.196	0.150	0.956
1 uur	0.100	0.507	0.180	0.355	0.163	0.089	0.928
6 uur	0.602	6.131	1.038	0.169	0.044	0.038	0.782
12 uur	1.203	14.721	1.596	0.108	0.037	0.024	0.681
24 uur	2.406	32.519	3.239	0.100	0.012	0.053	0.521

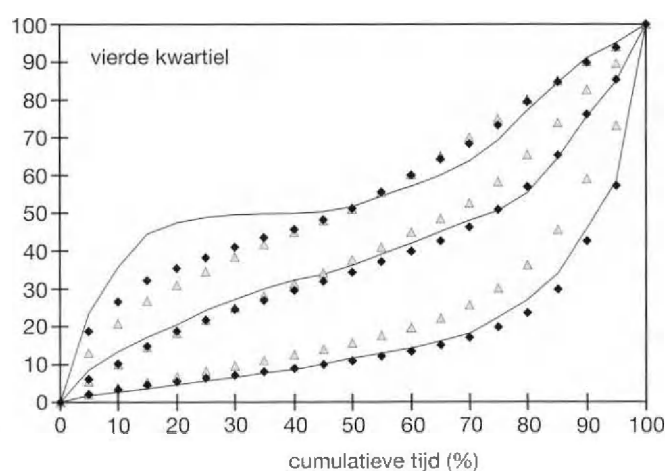
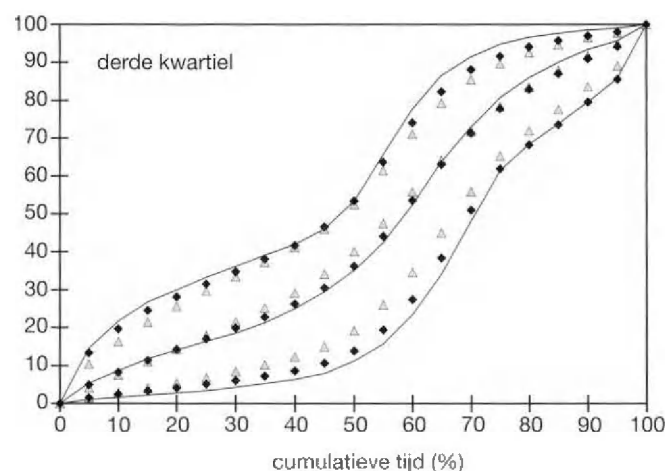
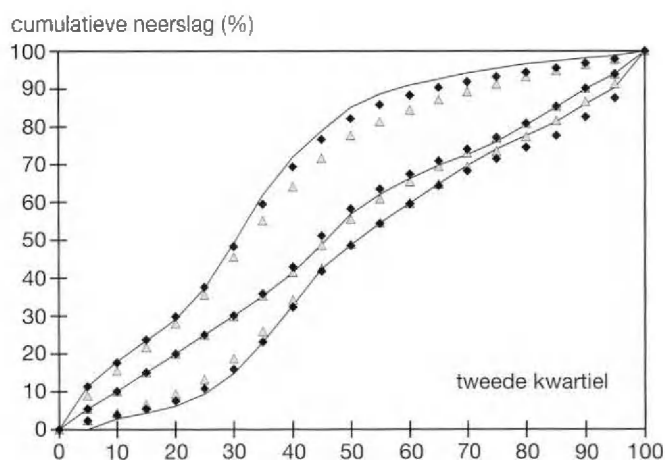
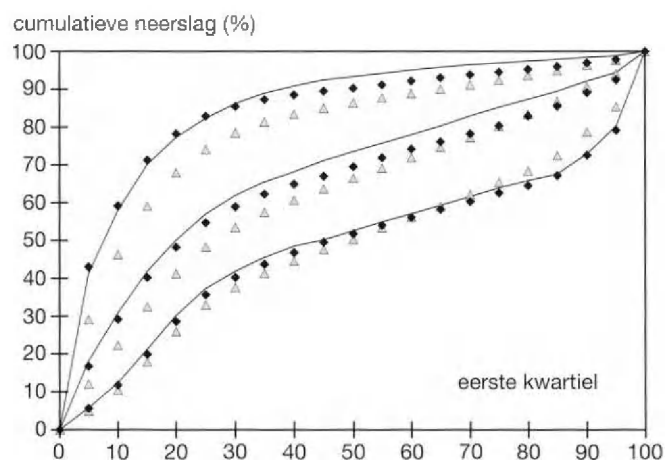
Figuur 1 : IDF-relaties voor Ukkel (volle lijnen) versus MBLG model met verdubbelde variantie voor de celintensiteit (streeplijnen) voor terugkeerperioden van 20, 10, 5, 2, 1, 1/2 en 1/5 jaar (van boven naar beneden)



de Zero Depth Probability (ZDP, dit is de kans dat er geen neerslag valt gedurende een tijdstap) ten opzichte van het MBLG model met de originele parameters is theoretisch gezien onmogelijk, maar dit kan te wijten zijn aan afrondingen binnen de neerslaggenerator.

De verdubbeling van de variantie van de intensiteitsdistributie werd voornamelijk uitgevoerd met het oog op het verbeteren van de extreme waarden, in het bijzonder voor de kleinere aggregatieniveaus. Figuur 1 geeft de IDF-relaties (Intensiteit/Duur/Frequentie-relaties) weer voor deze parameterset [10]. Hieruit blijkt dat de neerslagintensiteiten voor kleine aggregatieniveaus beter benaderd worden dan bij de andere Bartlett-Lewis modellen [6,7]. Evenwel wordt een overschatting van de intensiteit voor grotere tijdsintervallen waargenomen. Het veranderen van de intensiteitsparameters dient met grote voorzichtigheid te worden aangewend, want het heeft een grote invloed op de synthetische neerslagreeks, zoals blijkt uit de afwijkende tweede orde momenten. Voor kleinere aggregatieniveaus worden de neerslagextremen be-

Figuur 2 : mediaan (middelste curve), 10 %-betrouwbaarheidsinterval (onderste curve) en 90 %-betrouwbaarheidsinterval (bovenste curve) van de gecumuleerde neerslagcurves voor de historische neerslagreeks (lijnen) in vergelijking met het MBL model (Δ) en het MBLG model met verdubbelde variantie ($\blacklozen$)



ter gegenereerd en blijft de cluster-structuur behouden, daar deze niet beïnvloed wordt door de parameterwijziging [6,7,11].

3. BEHOUD VAN DE INTERNE STORM-STRUCTUUR

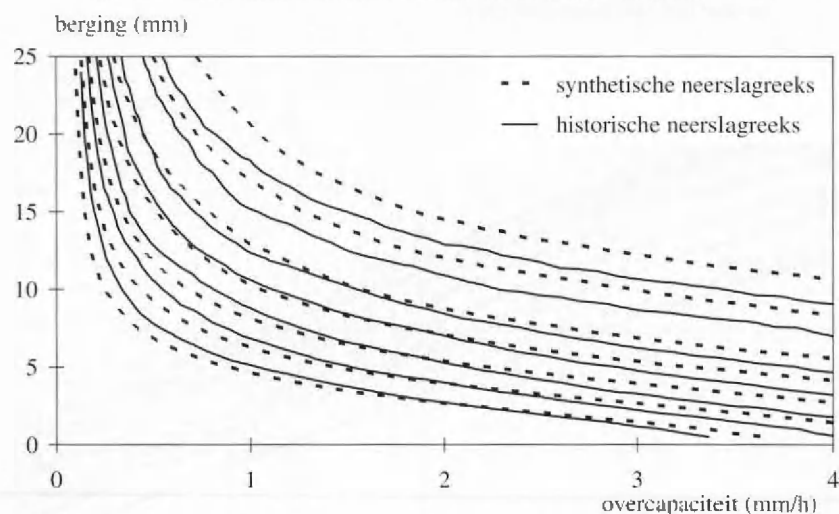
Naast het behoud van verschillende statistische grootheden en het verloop van de extreme waarden, is tevens het bewaren van de interne stormstructuur van belang bij het selecteren van buien voor hydrologische berekeningen. Daartoe kan het concept van cumulatieve neerslag curves (mass curves) toegepast worden [12]. Cumulatieve neerslag curves plaatsen de procentuele cumulatieve neerslag tegenover de procentuele cumulatieve tijd sedert het begin van de storm.

Om cumulatieve neerslag curves te kunnen berekenen, werden stormen gedefinieerd als neerslagperiodes gescheiden van elkaar door minstens 24 uur [6,7,10]. Men kan de verschillende 'buien' in 4 groepen indelen, afhankelijk van wanneer de hevigste neerslag gedurende de bui voorkwam (in het eerste, tweede, derde of vierde kwartiel van de bui) [12]. Voor iedere geselecteerde bui in een gegeven kwartiel werd voor elk 5%-tijdsinterval een frequentie-analyse uitgevoerd op de gecumuleerde neerslagwaarden. Daardoor kunnen de gecumuleerde neerslagwaarden berekend worden met een bepaald probabiliteitsniveau. Door het verbinden van de neerslagwaarden met een constant probabiliteitsniveau voor de verschillende tijdsintervallen, worden de genoemde gecumuleerde neerslag curves bekomen. In figuur 2 worden de cumulatieve neerslag curves van het MBL model en het MBLG model met gewijzigde parameters vergeleken met deze van de historische neerslagreeks. Beide modellen blijken vrij goed de probabiliteitsverdelingen van de historische neerslagreeks te volgen.

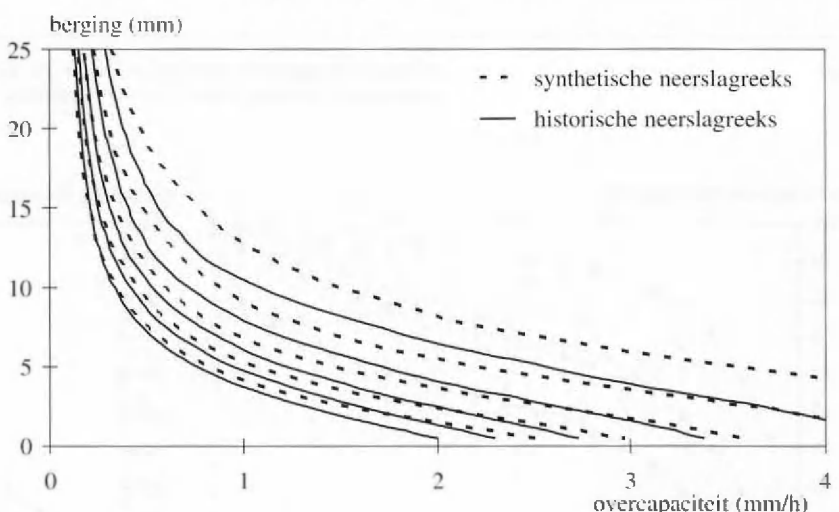
4. BEOORDELING MET EEN BAKMODEL

Aangezien een bakmodel de belangrijkste parameters van een rioolstelsel bij benadering in rekening brengt en bovendien rekening houdt met de opeenvolging van de buien, kan een vergelijking van de synthetische neerslagreeks met de historische neerslagreeks op basis van een bakmodel bepaalde fundamentele verschillen aan het licht brengen [5]. Bij een bakmodel wordt een rioolstelsel vereenvoudigd tot een bak met een bepaald maximaal bergingsvolume en een bepaalde maximale doorvoercapaciteit. Bij een lineair bakmodel wordt een lineair verband aangenomen tussen het bergingsvolume en het doorvoerdebiet. Rioolstelsels die zich bij benadering lineair gedragen, kunnen dan in een grafiek bergingsvolume versus overcapaciteit (dit is de doorvoercapaciteit verminderd met de droog weer afvoer) als een punt worden voorgesteld. Met dit soort grafieken kunnen

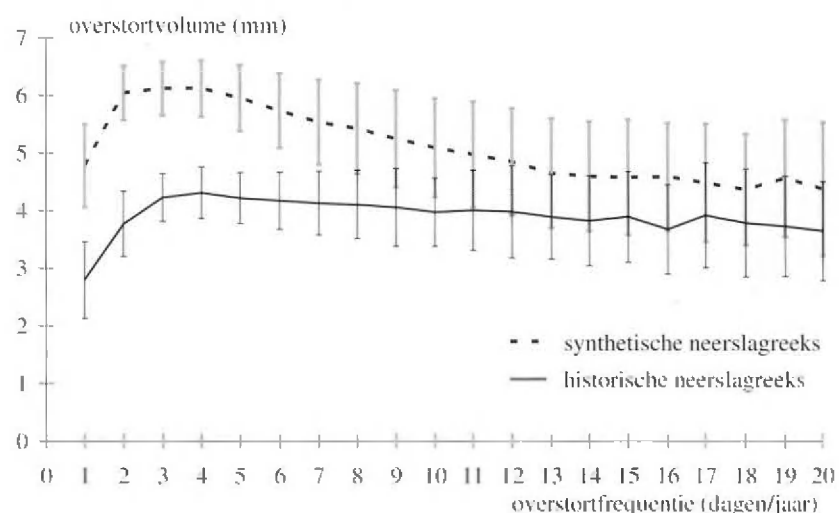
Figuur 3 : isolijnen voor de overstortfrequenties van 2, 3, 5, 7, 10, 14 en 20 dagen met overstorting per jaar (van boven naar beneden) voor een lineair bakmodel



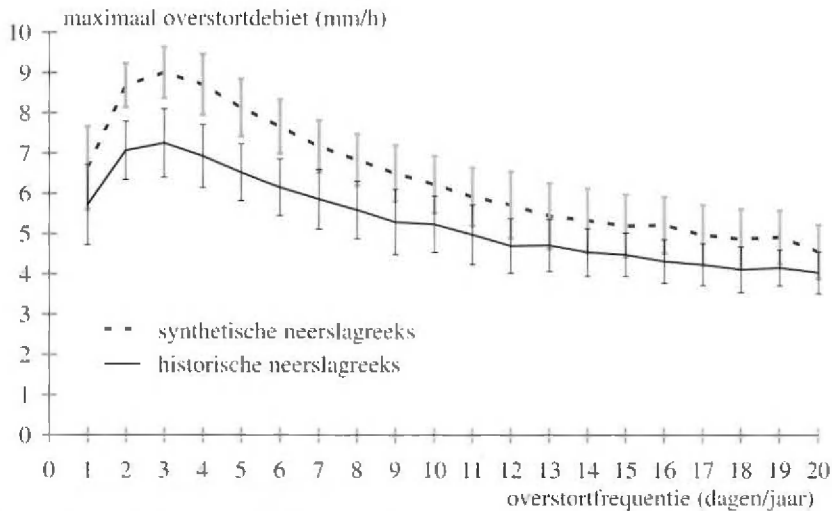
Figuur 4 : isolijnen voor de overstortvolumes van 4, 6, 8, 10 en 12 % van de totale neerslag (van boven naar beneden) voor een lineair bakmodel



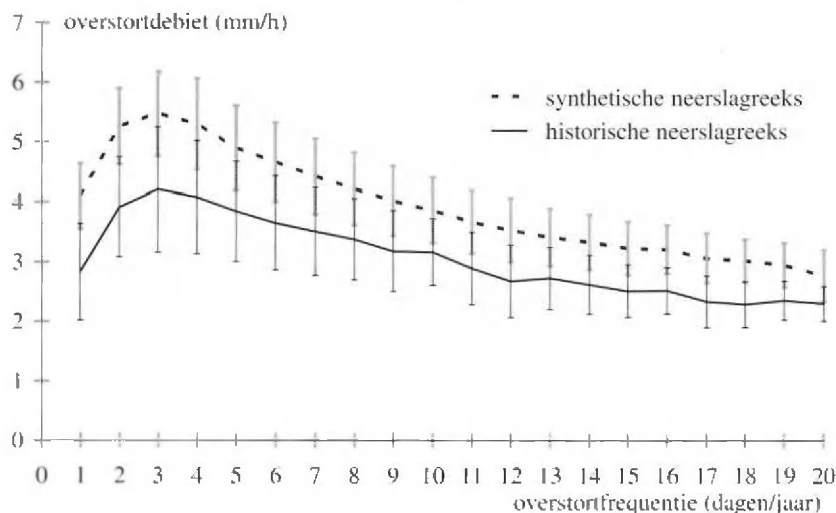
Figuur 5 : gemiddeld overstortvolume per dag met overstorting en het 68 %-betrouwbaarheids-interval hierop voor een lineair bakmodel



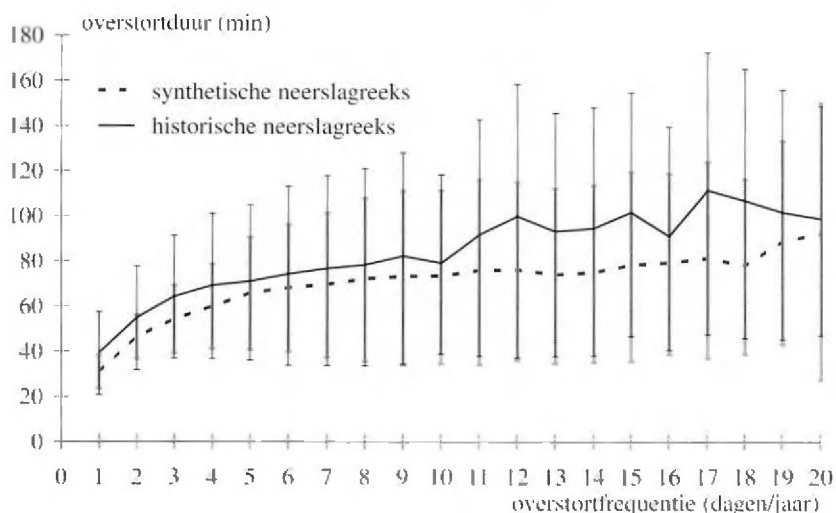
Figuur 6 : gemiddeld van de 10-minuten piekdebieten en het 68 %-betrouwbaarheidsinterval hierop voor een lineair bakmodel



Figuur 7 : gemiddeld overstortdebiet per dag met overstorting en het 68 %-betrouwbaarheidsinterval hierop voor een lineair bakmodel



Figuur 8 : gemiddelde overstortduur per dag met overstorting en het 68 %-betrouwbaarheidsinterval hierop voor een lineair bakmodel



vele rioolstelsels met zeer verscheiden karakteristieken in een oogopslag vergeleken worden voor verschillende overstortparameters, zoals overstortfrequentie en -volumes.

Wat de gemiddelde overstortfrequentie betreft komt de synthetische neerslagreeks (MBLG model met gewijzigde parameters) goed overeen met de historische neerslagreeks voor een gemiddelde frequentie van 7 dagen met overstorting per jaar (figuur 3). Voor hogere frequenties levert de synthetische neerslagreeks een onderschatting van de frequentie op bij een overcapaciteit kleiner dan 1,5 mm/h; de frequentielijnen van de historische neerslagreeks liggen boven deze van de synthetische neerslagreeks. Wat de overstortvolumes betreft, levert de synthetische neerslagreeks een overschatting op voor de meest voorkomende situaties (figuur 4); de isolijnen voor het totaal overstortvolume liggen voor de synthetische neerslagreeks hoger dan voor de historische neerslagreeks.

Daarnaast kan men ook een statistische analyse maken van bepaalde overstortparameters in functie van de gemiddelde overstortfrequentie. De overstortfrequentie wordt in Vlaanderen immers als het belangrijkste criterium gehanteerd om overstorten te beoordelen. Voor de overstorten met een lage overstortfrequentie worden de overstortvolumes sterk overschat (figuur 5). Voor de hoge overstortfrequenties liggen de overstortvolumes bekomen met beide neerslagreeksen dichterbij. Hetzelfde, maar in mindere mate, geldt voor de overstortdebieten, waarbij er meer verschil is bij de piekdebieten (figuur 6) dan bij de gemiddelde debieten (figuur 7). De overstortduren verschillen maar weinig, maar geven een lichte onderschatting voor de synthetische neerslagreeks (figuur 8). Deze lichte onderschatting van de overstortduur is echter te klein om de overschatting van de debieten (vooral de piekdebieten) te compenseren, waardoor de overstortvolumes dus overschat worden. De verschillen op basis van overstortdebieten en -volumes zijn dus veel groter dan de verschillen voor de overstortfrequentie.

5. BESLUIT

Het uitvoeren van nauwkeurige emissieberekeningen voor overstorten vergt lange reeksen neerslaggegevens. Daartoe kan een neerslagmodel aangewend worden dat een lange neerslagreeks kan genereren, die dezelfde karakteristieken heeft als de historische neerslagreeks. In deze studie werd het MBLG model aangewend. Dit model zou moeten in staat zijn om beter de extreme waarden weer te geven dan het MBL model. Uit de IDF-curves blijkt echter dat er nog een onderschatting optreedt voor kleine buiduren. Door het aanpassen van de variantie van de intensiteit per cel kan de generatie van extreme waarden worden aangepast, waardoor voor kleinere buiduren

de IDF-relaties nagenoeg overeenkomen, terwijl een kleine overschatting optreedt voor grotere tijdsintervallen. De stormstructuur van de synthetische neerslagreeks werd gecontroleerd aan de hand van cumulatieve neerslag curves. Het blijkt dat de probabiliteitsverdeling van de interne stormstructuur goed wordt gevolgd.

Uit de analyse met het lineair bakmodel blijkt dat de synthetische neerslagreeks tot te grote overstortdebieten en te sterk gepiekte en te korte overstortgebeurtenissen leidt. Omdat het effect van te grote overstortdebieten groter is dan dit van de te korte overstortduren, worden ook de overstortvolumes gemiddeld overschat. Bovendien is de ZDP bij de synthetische neerslagreeks groter dan bij de historische neerslagreeks, wat betekent dat de neerslag over een kortere tijd is verdeeld. Uit de IDF-relaties blijkt dat er een te grote clustering is van de neerslag rond de piekintensiteiten, waardoor de IDF-relaties voor stijgende buiduren voor de synthetische neerslagreeks niet snel genoeg afnemen. Dit kan ook de te sterk gepiekte en te korte overstortgebeurtenissen verklaren.

Uit deze studie blijkt dat indien een betere simulatie van extreme neerslaggebeurtenissen gewenst is, een aanpassing van de intensiteitsparameters moet gebeuren in functie van de resultaten van het bakmodel. Door het aanpassen van de neerslagintensiteitsparameters wordt echter een wijziging aangebracht, zodat deze niet meer statistisch gelijkaardig is aan de historische neerslagreeks. Daarnaast blijkt dat een beoordeling op basis van de eigenschappen van de neerslag zelf niet voldoende is om zekerheid te hebben over de voorspelling van de effecten, namelijk de overstortgebeurtenissen, omdat rioleringsystemen essentieel niet-lineaire systemen zijn. Een minder nauwkeurige beschrijving of vereenvoudiging van de neerslaginvoer in een simulatiemodel voor rioleringen kan tot grotere fouten op de resultaten leiden dan

op basis van de neerslaginvoer alleen kan worden geschat. Dit benadrukt het belang van lange termijn simulaties voor emissieberekeningen met goede en relevante neerslagreeksen, zij het dan met vereenvoudigde modellen om de rekentijd te beperken.

6. SLOTWOORD

Dit onderzoek maakt deel uit van een meer algemene studie in verband met de neerslaginvoer voor emissieberekeningen die werd uitgevoerd op aanvraag en met de financiële steun van Aquafin en die werd afgerond in september 1995. Deze studie werd uitgevoerd door enerzijds het Laboratorium voor Hydrologie en Waterbeheer van de Universiteit Gent [7] en anderzijds door het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven [11]. De historische neerslagreeks waarmee dit onderzoek is gebeurd, omvat de neerslag opgemeten te Ukkel tussen 1967 en 1993 met een tijdstap van 10 minuten. Deze neerslagreeks werd door het KMI (Koninklijk Meteorologisch Instituut) ter beschikking gesteld voor onderzoek van algemeen nut. Hiervoor willen de onderzoekers die aan deze studie meewerkten het KMI danken.

ir. G. VAES, prof. J. BERLAMONT
Laboratorium voor Hydraulica
KU Leuven
de Croylaan 2
3001 Heverlee

ir. N. VERHOEST, prof. P. TROCH,
prof. F. DE TROCH
Laboratorium voor Hydrologie en
Waterbeheer
Universiteit Gent
Coupure Links 653
9000 Gent

REFERENTIES

- [1] Vaes G., "Impaktberekeningen voor de afvoer van regen- en afvalwater", *Water*, nr. 81, maart/april 1995.
- [2] Vaes G., "Het effect van het schematiseren van de neerslag bij modelberekeningen", cursus vuiluitwerp uit rioolstelsels, stichting Post-Academisch Onderwijs, Delft, Nederland, februari 1996.
- [3] Vaes G., "Representatieve neerslag voor impaktberekeningen met dynamische modellen", Vario studiedag vuilvrachtmodellen, Leuven, februari 1995.
- [4] Vaes G. en Berlamont J., "Korte neerslagreeksen voor de berekening van rioolmissies", *Water*, nr. 91, november/december, 1996.
- [5] Vaes G. en Berlamont J., "Bakmodellen voor de beoordeling van overstorten", *Water*, nr. 88, mei/juni 1996.
- [6] Verhoest N., Velghe T., Troch P. en De Troch F., "Simulatie van neerslag aan de hand van stochastische cluster-modellen voor rioolontwerpberkeningen", *Water*, nr. 87, maart/april, 1996.
- [7] Verhoest N., Velghe T., Troch P. en De Troch F., "Vergelijkende studie van cluster-gebaseerde puntneerslagmodellen met het oog op het bepalen van representatieve buien voor rioolontwerp berekeningen", Laboratorium voor Hydrologie en Waterbeheer, Universiteit Gent, september 1995.
- [8] Velghe T., Troch P., De Troch F. en Van De Velde J., "Evaluation of cluster-based rectangular pulses point process models for rainfall", *Water Resources Research*, nr. 10, 1994.
- [9] Onof C. en Wheeler H., "Improvements to the modelling of British rainfall using a modified random parameter Bartlett-Lewis rectangular pulse model", *Journal of Hydrology*, nr. 157, 1994.
- [10] Vaes G., Willems P. en Berlamont J., "Een kritische kijk op IDF-relaties", *Water*, nr. 79, november/december 1994.
- [11] Vaes G. en Berlamont J., "Methodologieën voor de bepaling van de overstortfrequentie met behulp van beperkte neerslaginvoer", Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, september 1995.
- [12] Huff F., "Time distribution of rainfall in heavy storms", *Water Resources Research*, nr. 4, 1967.

ERRATUM

In *WATER* 92 (januari/februari '97) verscheen op blz. 36 de Nederlandse vertaling van een aantal bedenkingen over waterproblemen, naar voren gebracht door de Zweedse professor Malin Falkenmark op de Waterconferentie in Stockholm. Daar professor Malin Falkenmark een vrouw is, hadden wij melding moeten maken van "haar" en niet van "zijn" toestemming.