

De invloed van regionale verschillen in het voorkomen van zware neerslaggebeurtenissen op de berekende gemiddelde overstortingsfrequenties

1. Inleiding

Een belangrijk aspect bij het ontwerp van rioolstelsels is het gemiddeld aantal malen per jaar dat overstortingen plaatsvinden van ongezuiverd rioolwater op het oppervlakte-water. De berging en pompoevercapaciteit van het stelsel dienen zodanig te zijn dat deze gemiddelde overstortingsfrequentie een bepaalde waarde niet mag overschrijden. Om te beoordelen of aan deze eis is voldaan wordt in de praktijk gebruik gemaakt van de stippengrafiek van Kuipers. Deze grafiek is gebaseerd op een analyse van continue



DR. IR. T. A. BUISHAND
Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut,
De Bilt

neerslagregistraties in De Bilt over een tijdvak van 37 jaren (1926-1962). Bij de meeste mensen is bekend dat er binnen Nederland klimatologische verschillen zijn. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de berekening van overstortingsfrequenties op grond van neerslaggegevens van één station in het midden van het land soms aan kritiek onderhevig is. Goede informatie over de grootte van afwijkingen in berekende overstortingsfrequenties tengevolge van klimatologische verschillen ontbreekt echter. In het kader van Thema 4 van het onderzoeksprogramma van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) werd een onderzoek uitgevoerd om de effecten van klimatologische verschillen op de berekende overstortingsfrequenties nader te kwantificeren [Buisland, 1986]. Dit artikel geeft een samenvatting van het desbetreffende onderzoek.

Een probleem bij de kwantificering van plaatselijke verschillen in berekende overstortingsfrequenties is dat de daartoe benodigde neerslaggegevens niet in de meest ideale vorm beschikbaar zijn. Bij het KNMI is het gebruikelijk om van continue neerslagregistraties de uursommen in een databank vast te leggen. Voldoende lange reeksen zijn slechts van een beperkt aantal stations voorhanden. Een vergelijking tussen de berekende overstortingsfrequenties op basis van deze reeksen wordt gegeven in hoofdstuk 2. Deze vergelijking geeft geen volledig beeld van de plaatselijke verschillen omdat voor de klimatologisch meest extreme plaatsen in Nederland geen reeksen van uursommen beschikbaar zijn. Een beter inzicht kan slechts verkregen worden met de dag-totale van de regenstations. Overstortingsfrequenties voor deze stations kunnen worden geschat met behulp van regressie-analyse.

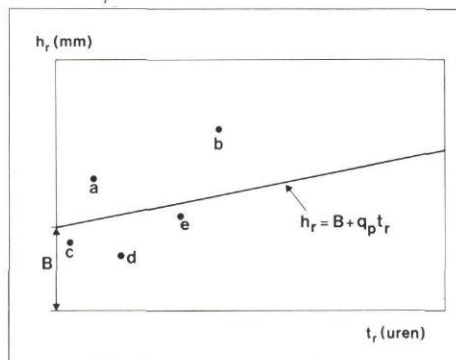
Het regressiemodel en de toepassing daarvan worden beschreven in hoofdstuk 3. Het uiteindelijke resultaat wordt gepresenteerd in de vorm van een kaart van Nederland met isolijnen van een factor waarmee de gemiddelde berekende overstortingsfrequentie uit de stippengrafiek van De Bilt zou kunnen worden gecorrigeerd.

2. Vergelijking tussen berekende overstortingsfrequenties van vijf klimatologische hoofdstations op basis van uursommen

2.1. De stippengrafiek van Kuipers

In een stippengrafiek zijn alle regens met een neerslaghoeveelheid van minstens 4 mm door een punt weergegeven (afb. 1). De punten geven de duur (t_r) en de hoeveelheid (h_r) van de betreffende regens weer. Een regen moet hierbij worden opgevat als een periode waarin onafgebroken neerslag valt. Heeft men een rioolstelsel met een berging van B mm en een pompoevercapaciteit van q_p mm/uur, dan wordt in de grafiek de lijn

Afb. 1 - Neerslaghoeveelheid (h_r) en duur (t_r) van afzonderlijke regens in een stippengrafiek volgens Kuipers. B geeft de berging van het stelsel (mm) aan en q_p de pompoevercapaciteit (mm/h). Het aantal overstortingen wordt gelijkgesteld aan het aantal punten boven de pomplijn $h_r = B + q_p t_r$.



$h_r = B + q_p t_r$ getekend. Punten boven deze pomplijn (a en b) worden opgevat als regens die tot overstorting zouden leiden; bij punten onder de lijn (c, d en e) wordt verondersteld dat dit niet het geval zou zijn. Doordat een aantal onderstellingen wordt gemaakt, kan deze theoretische overstortingsfrequentie verschillen van de werkelijke overstortingsfrequentie. Gelijktijdig met het hier beschreven onderzoek vond een kritische beschouwing van de rekenwijze van Kuipers plaats [DHV, 1986]. Het valt buiten het kader van dit artikel om hierop nader in te gaan.

2.2. De stippengrafiek op basis van uursommen

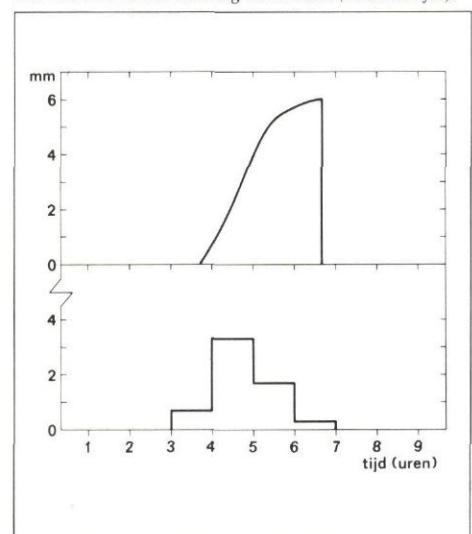
Daar de duur en de hoeveelheid van regens niet routinematig worden vastgelegd, is het vervaardigen van een stippengrafiek volgens Kuipers een tijdrovende bezigheid. Wel kan snel uit de uursommen op magneetband een

overstortingsfrequentie berekend worden op analoge wijze als bij de stippengrafiek.

In plaats van afzonderlijke regens wordt uitgegaan van afzonderlijke neerslaggebeurtenissen, waarbij onder een neerslaggebeurtenis een opeenvolging van natte uurvakken moet worden verstaan, die aan beide zijden begrensd wordt door een droog uurvak. De duren en neerslaghoeveelheden van de aldus gedefinieerde neerslaggebeurtenissen kunnen op dezelfde manier als bij de Kuipersgrafiek door een punt worden weergegeven.

Bij regens die voorafgegaan en gevolgd worden door een lange droge periode wordt in de stippengrafiek van uursommen vrijwel altijd een duur aangegeven die wat langer is dan de werkelijke duur. Afb. 2 geeft een regen weer met een duur van 3 uren en een

Afb. 2 - Het verloop van de cumulatieve neerslaghoeveelheid met de tijd in een regen (bovenste afb.) en uurwaarden van de neerslaghoeveelheid (onderste afb.).



neerslaghoeveelheid van 6 mm. Deze regen telt echter 4 natte uurvakken waardoor deze in de stippengrafiek van uursommen wordt weergegeven als een neerslaggebeurtenis van 4 uren. De neerslaghoeveelheid blijft echter 6 mm. Bij korte droge tussenperiodes worden afzonderlijke regens bij overgang op uurwaarden gecombineerd tot één enkele neerslaggebeurtenis (afb. 3).

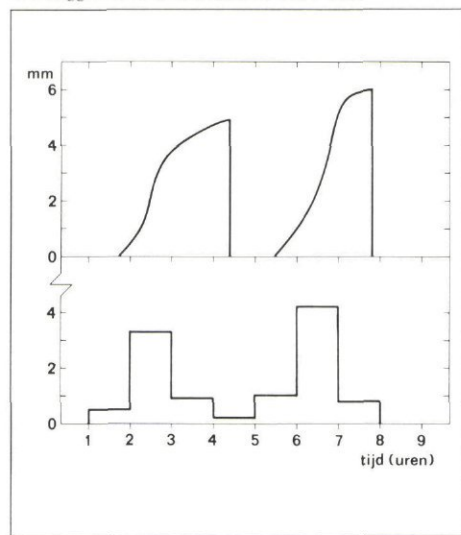
De twee soorten stippengrafieken laten kleine verschillen zien in de berekende overstortingsfrequenties. Voor de neerslagcijfers van De Bilt over het tijdvak 1926-1962 blijkt dat voor de meest voorkomende combinaties van berging en overcapaciteit met de Kuipersgrafiek een overstortingsfrequentie wordt berekend die 10 à 20% hoger is dan die uit de stippengrafiek op basis van uursommen. Verwacht mag worden dat de twee berekeningsmethoden dezelfde verschillen zullen geven voor andere plaatsen

in Nederland. Voor de (relatieve) verschillen in de berekende overstortingsfrequenties tussen twee plaatsen in Nederland maakt het daardoor weinig uit of van een Kuipersgrafiek of van een stippengrafiek op basis van uursommen wordt uitgegaan.

2.3. *Vergelijking tussen de berekende overstortingsfrequenties voor het tijdvak 1961-1980*

Reeds aan het einde van de vorige eeuw stond in De Bilt een zelfregistrerende regenmeter. De uurwaarden van deze registraties zijn vanaf 1906 op magneetband vastgelegd. Van vier andere hoofdstations, Den Helder (later De Kooy), Eelde, Vlissingen en Beek (L.) zijn dit soort gegevens beschikbaar vanaf het einde van de jaren vijftig. Tabel I geeft

Afb. 3 - Het verloop van de cumulatieve neerslaghoeveelheid met de tijd in twee opeenvolgende regens (bovenste afb.) en uurwaarden van de neerslaghoeveelheid (onderste afb.). De twee afzonderlijke regens vormen één neerslaggebeurtenis met een duur van 7 uren.



voor een riolering met een berging van 7 mm en een pompoevercapaciteit van 0,7 mm/uur de berekende overstortingsfrequenties van deze stations in het 20-jarig tijdvak 1961-1980.

Relatief veel overstortingen worden voor De Bilt gevonden. Het gemiddelde van 10 overstortingen per jaar is aanzienlijk hoger dan het langjarige gemiddelde van 8,9 overstortingen per jaar voor de volledige 75-jarige reeks (1906-1980) van dit station. De gemiddelden van Eelde, Vlissingen en Beek (L.) komen beter overeen met het 75-jarige gemiddelde dan met het 20-jarige gemiddelde van De Bilt. Voor Den Helder/De Kooy is het gemiddelde aantal overstortingen vrij laag.

Hoewel deze vijf hoofdstations niet hetzelfde neerslagklimaat hebben, moet bij de verschillen in tabel I vooral gedacht worden aan toevallige fluctuaties. Hierbij speelt zowel variatie in de tijd als variatie in de ruimte een rol. Voor de beschouwde combinatie van berging en overcapaciteit bedraagt het berekende aantal overstortingen gemiddeld 8 à 9 per jaar. Er zijn echter jaren waarvoor het berekende aantal overstortingen 8 à 9 verschilt van dit gemiddelde. In hetzelfde jaar kunnen verschillen tussen stations minstens zo groot zijn. Grote verschillen tussen de vijf hoofdstations worden in de jaren 1961, 1965, 1966, 1971 en 1973 aangetroffen. In de laatste twee jaren wijkt het berekende aantal overstortingen voor Beek (L.) sterk af van dat voor de overige hoofdstations. De jaren 1965 en 1966 zijn in De Bilt zeer nat; qua neerslaghoeveelheid zelfs de natste van deze eeuw. Het berekende aantal overstortingen voor deze jaren ligt bij De Bilt dan ook boven het gemiddelde;

daarentegen komt het aantal overstortingen in Eelde vrijwel overeen met het gemiddelde.

Door de grote variatie in de tijd heeft een 20-jarig gemiddelde van overstortingsfrequenties een vrij grote standaardafwijking. Deze standaardafwijking bedraagt ongeveer 0,8 overstortingen (bijna 10% van het gemiddelde). Een afwijking van één overstorting per jaar ten opzichte van een langjarig gemiddelde, zoals die voor De Bilt wordt gevonden, kan daarom volledig het gevolg zijn van toevulsfluctuaties.

De standaardafwijking van het verschil tussen de 20-jarige gemiddelden van twee stations bedraagt gemiddeld over alle stationsparen ongeveer 0,9 overstortingen en is dus van dezelfde orde van grootte als de standaardafwijking van het 20-jarig gemiddelde zelf. De verschillen die in tabel I gevonden worden, kunnen daarom grotendeels verklaard worden door het feit dat het in De Bilt toevallig zeer nat was in het tijdvak 1961-1980. Het vrij grote verschil tussen De Bilt en Den Helder/De Kooy (ongeveer 2,5 maal de standaardafwijking) wijst echter toch wel enigszins op reële klimatologische verschillen.

3. *Vergelijking tussen overstortingsfrequenties berekend uit dagsommen van de neerslag*

Door het KNMI wordt een uitgebreid net van regenstations onderhouden. Vanaf 1951 zijn de dagaftappingen van alle stations op magneetband vastgelegd. Nu is een tijdstap van een dag echter te lang om via een stippengrafiek een overstortingsfrequentie te bepalen. Daarom werd van regressie-analyse gebruik gemaakt om uit de dagwaarden een overstortingsfrequentie te schatten. Voor de langjarige reeks van De Bilt werden verschillende regressierelaties vergeleken. Een nadere toetsing van een geschikt regressiemodel vond plaats op de uursommen van de andere hoofdstations over het tijdvak 1961-1980. Vervolgens werd dit model toegepast op de dagsommen van 140 geselecteerde regenstations. In dit hoofdstuk worden de keuze, de toetsing en de toepassing van het model nader toegelicht.

3.1. *Regressie-analyse bij de neerslagreeks van De Bilt 1906-1980*

Uitgegaan wordt van een riolering met een berging van 7 mm en een pompoevercapaciteit van 0,7 mm/h. Zoals eerder aangegeven, bedraagt voor de 75-jarige reeks van De Bilt de gemiddelde overstortingsfrequentie 8,9 voor een dergelijk stelsel, indien uitgegaan wordt van een stippengrafiek van uursommen. De gemiddelde duur van de neerslaggebeurtenissen, die tot overstorting leiden, is ongeveer 8 uren. Verwacht mag

TABEL I - Berekend aantal overstortingen in het tijdvak 1961-1980 voor een riolering met een berging van 7 mm en een pompoevercapaciteit van 0,7 mm/h op basis van uursommen.

Jaar	Den Helder/ De Kooy	Eelde	De Bilt	Vlissingen	Beek (L.)
1961	9	13	16	18	12
1962	6	10	4	5	9
1963	10	8	9	12	9
1964	5	7	12	11	12
1965	9	8	19	8	12
1966	15	9	16	14	13
1967	13	11	10	9	7
1968	15	14	13	11	5
1969	2	7	8	8	5
1970	9	8	10	7	10
1971	5	4	5	4	13
1972	6	10	7	7	8
1973	7	7	13	8	1
1974	6	5	11	12	11
1975	10	10	8	8	8
1976	4	7	6	2	8
1977	3	6	12	9	8
1978	4	3	5	7	3
1979	7	8	6	11	9
1980	8	12	10	8	9
Gemiddelde	7,7	8,4	10,0	9,0	8,6

daarom worden dat de grootte van de dagsom enige indicatie geeft voor de kans op een overstorting. Om dagsommen aan het aantal overstortingen te relateren wordt het volgende regressiemodel gedefinieerd:

$$y_j = a + b x_j + \epsilon_j \quad (1)$$

met:

y_j : berekend aantal overstortingen op basis van uursommen in jaar j ,

x_j : een kenmerk van de neerslag in jaar j op basis van dagsommen,

ϵ_j : een storingsterm.

Verondersteld wordt dat de storingstermen $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ onafhankelijke normaal verdeelde kansvariabelen zijn met verwachting 0 en variantie σ_ϵ^2 . Dit klassieke regressiemodel werkt hier redelijk omdat de kans klein is dat y_j een waarde nul of bijna nul aanneemt.

Voor de 75-jarige reeks van De Bilt is er één jaar met één overstorting (1921), zijn er twee jaren met 3 overstortingen (1922 en 1933), terwijl er in andere jaren minstens 4 overstortingen zijn.

Als mogelijke verklarende variabelen werden onderzocht: de jaarsom, het aantal dagen met een neerslagsom boven een bepaalde waarde (bijvoorbeeld 10 mm) en een score van de dagsommen. Bij de laatste mogelijkheid werd aan elke dagsom d een gewicht toegekend. Een geschikte gewichtsfunctie bleek de volgende:

$$S(d) = \begin{cases} 0 & , \text{als } d < 10 \\ d - 10 & , \text{als } 10 \leq d \leq 20 \\ 10 & , \text{als } d > 20 \end{cases} \quad (2)$$

met d de neerslagsom in mm. Op dagen met een neerslagsom kleiner dan 10 mm is de kans gering dat er een overstorting plaatsvindt. Deze dagen krijgen een gewicht nul. Valt er

meer dan 20 mm neerslag dan is er vrijwel zeker een overstorting en wordt de maximale score 10 toegekend.

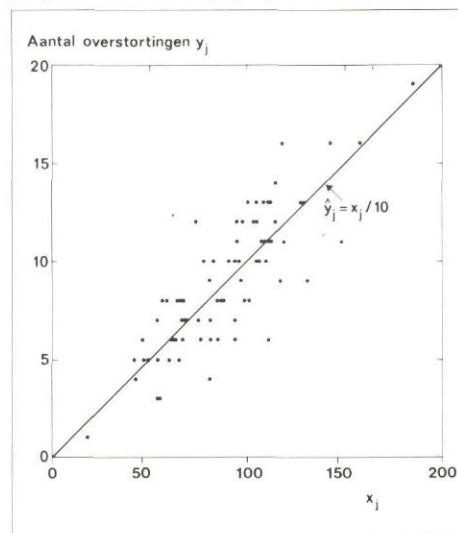
Voor x_j in vergelijking (1) wordt nu de totale score van alle dagsommen d_{ij} in het desbetreffende jaar genomen

$$x_j = \sum_{i=1}^J S(d_{ij}) \quad (3)$$

met i de dagindex en J het aantal dagen (365 of 366) in jaar j .

In tabel II worden enige resultaten van de regressie-analyse gegeven. Tussen de jaarsom en het berekende aantal overstortingen wordt een correlatiecoëfficiënt van 0,74 gevonden. Dit getal is in goede overeenstemming met de waarde van 0,75 die de

Afb. 4 - Berekende jaarlijkse overstortingsfrequenties y_j op basis van uursommen te De Bilt (1906-1980) uitgezet tegen een score x_j van de dagsommen (berging = 7 mm; pompovercapaciteit = 0,7 mm/h). De score x_j wordt gedefinieerd door de vergelijkingen (2) en (3).



TABEL III - Toepassing van regressie-analyse op het jaarlijks aantal overstortingen voor het tijdvak 1961-1980 (berging = 7 mm; pompovercapaciteit = 0,7 mm/h). Het regressiemodel is van de gedaante $y_j = b x_j + \epsilon_j$ (geen intercept). De verklarende variabele x wordt gegeven door de vergelijkingen (2) en (3). De geschatte standaardafwijking van \hat{b} is aangegeven als $\hat{\sigma}_{\hat{b}}$.

Station	\bar{x}	\bar{y}	$\hat{y} = \bar{x}/10$	\hat{b}	$\hat{\sigma}_{\hat{b}}$	$\hat{\sigma}_{\epsilon}^2$
Den Helder/De Kooy	82	7,7	8,2	0,094	0,005	4,1
Eelde	87	8,4	8,7	0,095	0,004	2,4
Vlissingen	88	9,0	8,8	0,100	0,005	4,8
Beek (L.)	86	8,6	8,6	0,100	0,005	4,1

TABEL II - Toepassing van regressie-analyse op het jaarlijks aantal overstortingen in De Bilt voor het tijdvak 1906-1980 (berging = 7 mm; pompovercapaciteit = 0,7 mm/h). De score van de dagsommen wordt gedefinieerd door de vergelijkingen (2) en (3). De grootte F is een toetsingsgrootte om te onderzoeken of het intercept a in vergelijking (1) al of niet van nul verschilt. Waarden van F die significant zijn bij een onbetrouwbaarheid van 5% zijn cursief gedrukt.

Verklarende variabele x	\bar{x}	\hat{a}	\hat{b}	$\hat{\sigma}_{\epsilon}^2$	Correlatiecoëfficiënt	F
Jaarsom (mm)	777	-6,2	0,019	5,6	0,74	14,1
Aantal dagen						
≥ 7 mm	35,1	-0,8	0,279	7,0	0,66	0,4
≥ 10 mm	19,6	-0,1	0,459	5,1	0,77	0,0
≥ 15 mm	7,6	2,5	0,841	5,2	0,76	12,8
≥ 20 mm	3,6	5,1	1,066	6,5	0,69	84,5
Score dagsommen	89	0,2	0,098	3,8	0,83	0,1

Commissie voor Riolering en Waterverontreiniging [1972] geeft voor de correlatiecoëfficiënt tussen de jaarsom en het jaarlijkse aantal overstortingen volgens de Kuipersgrafiek. Een iets hogere waarde voor de correlatiecoëfficiënt (en dientengevolge een iets lagere waarde voor de residuele variantie $\hat{\sigma}_{\epsilon}^2$) wordt verkregen indien men het aantal dagen telt met een neerslagsom ≥ 10 mm (of ≥ 15 mm). De hoogste correlatiecoëfficiënt wordt echter verkregen met de score van de dagsommen als verklarende variabele. Bij deze keuze van x_j mag het intercept a gelijk aan nul gesteld worden.

Voor het regressiemodel zonder intercept geeft de kleinste kwadratenmethode voor de coëfficiënt b een geschatte waarde van 0,100. Met deze schatting van b wordt het aantal overstortingen in jaar j geschat als:

$$\hat{y}_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^J S(d_{ij}) \quad (4)$$

Deze relatie heeft de eigenschap dat een dagsom van minstens 20 mm een bijdrage van 1 geeft aan het geschatte aantal overstortingen \hat{y}_j . In afb. 4 is de geschatte regressielijn gegeven. De grootste afwijkingen ten opzichte van de regressielijn bedragen 4 à 5 overstortingen (ruim $2 \hat{\sigma}_{\epsilon}$).

3.2. Regressie-analyse bij de neerslagreeksen van Den Helder/De Kooy, Eelde, Vlissingen en Beek (L.) 1961-1980

Het regressiemodel met de score van de dagsommen als verklarende variabele werd nader onderzocht voor de neerslagcijfers van de vier andere hoofdstations. Het intercept a werd weggelaten. Tabel III geeft de resultaten van de regressie-analyse.

Voor alle vier hoofdstations is het resultaat vrijwel hetzelfde als bij de 75-jarige reeks van De Bilt. Voor de kuststations Den Helder/De Kooy en Vlissingen wijken de geschatte waarden voor de regressiecoëfficiënt b niet systematisch af van die voor stations in het binnenland.

De grootte \hat{y} geeft de geschatte gemiddelde overstortingsfrequentie aan, indien de coëfficiënt b , evenals in vergelijking (4), gelijkgesteld wordt aan $1/10$. De waarde van \bar{y} komt redelijk overeen met \bar{y} . Het verschil tussen \bar{y} en \hat{y} is de voorspellingsfout e_f van het gemiddelde aantal overstortingen voor het regressiemodel met $a = 0$ en $b = 1/10$. Bij een gegeven reeks van dagsommen over n jaren geldt de volgende uitdrukking voor de variantie van e_f :

$$\text{var } e_f = \text{var}(y - \hat{y}) = \text{var } \bar{\epsilon} = \sigma_{\epsilon}^2/n. \quad (5)$$

Met $\sigma_{\epsilon}^2 = 4$ en $n = 20$ wordt voor de standaardafwijking van e_f gevonden:

$$\sigma(e_f) = 0,45. \quad (6)$$

Bij de neerslagreeksen in tabel III wijkt \hat{y} niet meer dan 0,5 af van het werkelijke gemiddelde \bar{y} , wat op grond van de hierboven gegeven waarde van $\sigma(e_f)$ zo ongeveer te verwachten was. Verder dient opgemerkt te worden dat $\sigma(e_f)$ ongeveer de helft bedraagt van de in paragraaf 2.3 genoemde waarde voor de standaardafwijking van \bar{y} . Dit is voor de hier beoogde toepassing aanvaardbaar.

3.3. Toepassing van het regressiemodel op de dagsommen van 140 regenstations

Uit het bovenstaande is gebleken dat met vergelijking (4) een redelijke schatting kan worden verkregen voor de gemiddelde overstortingsfrequenties uit de dagsommen van de neerslag. Deze regressierelatie werd toegepast op de reeksen van dagsommen van 140 stations in het tijdvak 1951-1980.

De geselecteerde stations waren dezelfde als die in dataset D 140 van Witter [1984] en in KNMI [1984]. Over het tijdvak 1951-1980 hebben deze regenstations geen of weinig ontbrekende en verdachte waarnemingen. Bij toepassing van vergelijking (4) wordt de geschatte gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie van een bepaald station gegeven door:

$$\hat{y} = \bar{x} / 10 \quad (7)$$

waarbij \bar{x} de gemiddelde jaarlijkse score (in mm) is voor het tijdvak 1951-1980.

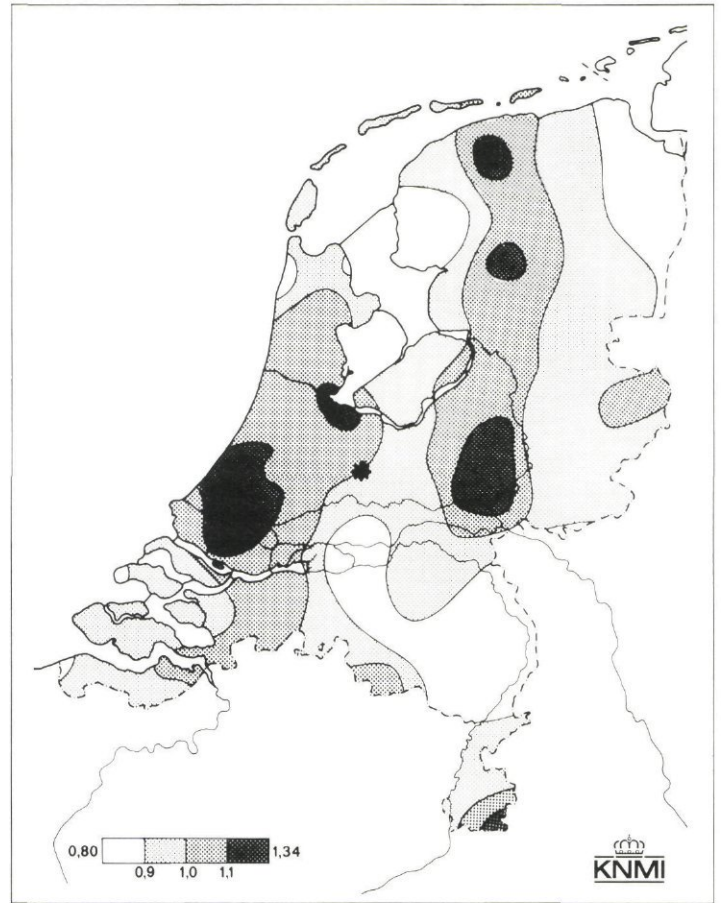
Afb. 5 geeft een kaart van Nederland met het geschatte aantal overstortingen ten opzichte van het gemiddelde voor De Bilt:

$$\hat{f}_p = \frac{\hat{y} \text{ voor plaats P}}{\hat{y} \text{ voor De Bilt}} = \frac{\bar{x} \text{ voor plaats P}}{\bar{x} \text{ voor De Bilt}} \quad (8)$$

Een tabel met de werkelijke waarde van \hat{f}_p voor elk van de 140 stations wordt gegeven in het betreffende onderzoeksrapport [Buishand, 1986].

De factor \hat{f}_p loopt uiteen van 0,80 in Stavoren tot 1,34 in Beekbergen en Vaals. Vergelijking van afb. 5 met de kaarten in Buishand en Schuurmans [1985] leert dat de ruimtelijke verdeling van \hat{f}_p een vrij grote overeenkomst vertoont met die van het gemiddelde aantal dagen met een neerslagsom ≥ 10 mm. De stations waarvoor $\hat{f}_p > 1,1$ behoren allemaal tot de natte stations van opdeling (iv) in Witter [1984, p. 32]; de stations waarvoor $\hat{f}_p < 0,9$ liggen meestal in het droge gebied van deze opdeling. Opvallend zijn de vrij grote verschillen binnen de vlakke provincie Friesland. De waarde van \hat{f}_p varieert in deze provincie van 0,80 langs de IJsselmeerkust tot ongeveer 1,15 in het oosten. Langs de kust worden zowel gebieden met een hoge waarde voor \hat{f}_p (Zuid-Holland, Dokkum) als gebieden met een lage waarde voor \hat{f}_p (Oost-Groningen) aangetroffen.

Afb. 5 - Factor \hat{f}_p waarmee de berekende overstortingsfrequentie uit een stippengrafiek van De Bilt herleid kan worden tot een berekende overstortingsfrequentie voor een plaats elders in Nederland. De factor geldt voor een riolering met een berging van 7 mm en een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h. Het station De Bilt is door een ster aangegeven.



Ondanks het omvangrijke datamateriaal, dat aan afb. 5 ten grondslag ligt, is de werkelijke waarde van de correctiefactor vrij onzeker. Deze onzekerheid heeft een drietal oorzaken:

1. Voorspellingsfouten van het regressiemodel. De standaardafwijking van de voorspellingsfout e_f bedraagt ongeveer 0,4 overstortingen per jaar, oftewel 5% van de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie.
2. Meetfouten. Fouten in neerslagmetingen zijn sterk afhankelijk van de directe omgeving van het meetterrein. De grootte van de meetfouten verschilt daarom van station tot station en beïnvloedt de waarde van de geschatte factor \hat{f}_p .
3. Toevallige fluctuaties in het voorkomen van zware neerslagebeurtenissen. Hierbij moet zowel gedacht worden aan variatie tussen jaren als aan variatie tussen stations. Een indruk van de invloed van deze variaties op de grootte van de relatieve verschillen geeft de standaardafwijking van \hat{f}_p . Deze standaardafwijking loopt uiteen van ongeveer 0,03 voor stations dicht bij De Bilt tot ongeveer 0,06 voor stations op wat grotere afstand. Door deze onzekerheden is het mogelijk dat een station met $\hat{f}_p = 0,9$ of 1,1 in werkelijkheid niet van De Bilt verschilt. Indien de waarde van \hat{f}_p gelijk is aan 0,8 of 1,2 dan is er echter altijd sprake van een wezenlijk verschil.

Tot nu toe is uitgegaan van een stelsel met een berging van 7 mm en een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h. Op grond van eigenschappen van de kansverdeling van neerslaghoeveelheden over D-uurlijkse perioden, kan aannemelijk gemaakt worden dat de gevonden waarden voor \hat{f}_p ook toepasbaar zijn voor andere stelsels, mits de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie 10 of minder bedraagt [Buishand, 1986]. Bij stelsels met een hogere gemiddelde overstortingsfrequentie zijn de relatieve verschillen vermoedelijk iets kleiner dan door afb. 5 wordt aangegeven. Met nadruk wordt er verder op gewezen dat afb. 5 geen informatie geeft over plaatselijke verschillen in relatie tot de afvoercapaciteit van rioleringen. Voor dit probleem zijn neerslaghoeveelheden over tijdsduren korter dan een uur maatgevend en deze zijn slechts zwak gerelateerd aan de dagsommen.

4. Conclusies

Sinds lang bestaat er belangstelling voor plaatselijke verschillen in het voorkomen van zware neerslagebeurtenissen binnen Nederland en de invloed hiervan op de berekende gemiddelde overstortingsfrequenties. Helaas is het niet mogelijk om

legenda). Bij regenwaterlozingen (gescheiden stelsels) en in stromende wateren zijn slechts geringe of geen duidelijke effecten van de overstortingen op de microfaunalevensgemeenschappen geconstateerd.

Macrofauna

Macrofaunalevensgemeenschappen kunnen in bepaalde situaties een goede indruk geven van het optreden van effecten van overstortingen op het aquatisch milieu. Bij overstorting op kleine of middelgrote (stagnante) wateren treedt vaak een duidelijk effect op (Wadenoyen, Winssen e.a.). De mate en duur van de verstoringen zijn ondermeer afhankelijk van watertype, (door)stroming, kwaliteit, kwantiteit en frequentie van de overstortingen, etc. Bij vuilemissies op relatief grote en/of goed doorstroomde wateren konden geen duidelijke effecten van overstortingen of regenwaterlozingen worden vastgesteld, uitgezonderd op plaatsen met een zeer frequente belasting vanuit het rioolstelsel (hoge overstortingsfrequentie), zoals bijvoorbeeld in Loenen en in Deventer.

6. Relaties riolering – oppervlaktewaterkwaliteitseffecten

Om de onderzoeksresultaten overdraagbaar te maken, dit wil zeggen toepasbaar bij het ontwerpen en aanpassen van rioolstelsels (en oppervlaktewateren) in andere dan de onderzochte situaties, is getracht de resultaten te verwerken in de vorm van eenvoudige relaties tussen stelselkenmerken, kenmerken van het oppervlaktewater, geschatte vuiluitwerpen en de effecten. In tabel V is voor de 12 onderzoekslocaties een karakterisering gegeven van deze relaties. Het aantal onderzoekslocaties uit het proefjaar en het aantal overstortingen zijn te gering om uit de resultaten al algemeen geldende relaties tussen riolering en effecten te kunnen afleiden.

Wel blijkt dat de effecten van overstortingen langduriger, ernstiger en over grotere afstanden verspreid zijn, naarmate het ontvangend water kleiner is, er minder doorstroming of doorspoelmogelijkheden zijn en de vuiluitwerp en overstortingsfrequentie hoger zijn.

Opgemerkt zijt nog dat op nagenoeg alle locaties het opgetreden aantal overstortingen in de onderzoeksperiode lager was dan het (theoretisch) gemiddelde. De onderzoeksperiode was weliswaar vrij nat, maar de neerslag was over het algemeen redelijk in de tijd verdeeld en van vrij lage intensiteit.

7. Vervolonderzoek

Op basis van de in het proefjaar opgedane ervaringen ten aanzien van organisatie, bemonsteringsfrequentie, waterkwaliteitseffecten etc. is voor het vervolgonderzoek

thema 9 (tweede fase) een afweging gemaakt tussen de verschillende mogelijke combinaties van omvang (aantal locaties) en diepgang (meet- en bemonsteringsprogramma en analysepakket) van het onderzoek. In de tweede fase wordt meer aandacht geschonken aan bijzondere situaties (zeer hoge of lage overstortingsfrequentie), verbeterd gemengde en (verbeterd) gescheiden stelsels, industriegebieden en stadswateren.

Het onderzoek is uitgebreid met een kleine aanvulling op sociaal-wetenschappelijk gebied, n.l. een inventarisatie door middel van een bewonersenquête van belevingsaspecten van omwonenden met betrekking tot de nabijheid van een overstort en daarmee mogelijk gepaard gaande hinder. In het laatste onderzoeksjaar 1987 zal bovendien op 6 verschillende locaties uitgebreid aanvullend onderzoek naar organische en anorganische microverontreinigingen plaatsvinden, zowel in de waterfase als in het sediment.

Het hier gerapporteerde onderzoek wordt gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).

De NWRW-begeleidingscommissie (thema 9) bestaat uit de volgende leden: ir. M. A. de Ruiter (PWS Utrecht), voorzitter; ir. G. Martijnse (Ministerie VROM); dhr. J. H. Reijnen (DWP Nijmegen); mw. drs. Y. Scheffer (ZS Amstel- en Gooiland); dr. ir. H. H. Tolkamp (WZ Limburg) en ir. E. J. B. Uunk (DBW RIZA, Lelystad).

Het dagelijks onderzoek wordt begeleid door ing. A. G. van den Herik (Grontmij n.v.); prof. dr. L. Lijklema, drs. J. G. M. Cuppen en dr. R. M. M. Roijackers (allen LUW). De auteurs bedanken J. H. Ebbeng en J. C. M. van Haren voor hun bijdrage aan het onderzoek.

Literatuur

1. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1983). *Onderzoeksplan VROM/STORA*.
2. Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (1984). *Overstortingsituaties in Nederland, rapport 1.1*. Staatsuitgeverij, Den Haag.
3. Schyns, P. M. M. L. (1986). *Overstortingsfrequentietellers bij het Zuiveringsschap Veluwe*. De Klaarsteester (21) nr. 4: 15-20.
4. Herik, A. G. van den, Lageveen, R. en Worst, W. J. P. (1980). *Vuillozingen op oppervlaktewater*. H₂O (13) 1980, nr. 22: 530-535.
5. Walraven, J. H. A. van, Bakker, K. en Wensveen, L. D. M. (1985). *De eerste resultaten van het STORA-onderzoek naar de vuilemissie van rioolstelsels*. H₂O (18) 1985, nr. 7: 145-151.
6. Ministerie VROM (1983). *Interimwet Bodemsanering*. Staatsuitgeverij, Den Haag.
7. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1986). *Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989*. Staatsuitgeverij, Den Haag.
8. Gauch, H. G. (1982). *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press.
9. Lange-Bertalot, H. (1979). *Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation*. Nova Hedwigia. Beiheft 64: 285-304.

Regionale verschillen in neerslag

- Slot van pagina 489

met de huidige gegevens van zelfregistrerende regenmeters een goed beeld te krijgen van mogelijke plaatselijke verschillen omdat voldoende lange reeksen op de klimatologisch meest extreme plaatsen niet voorhanden zijn. Om enig inzicht te krijgen in de grootte van plaatselijke verschillen is het nodig de dag-aftappingen van de regenstations te gebruiken. Met behulp van regressie-analyse kan uit dagsommen van de neerslag een schatting gemaakt worden van de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequenties. Voor een riolering met een berging van 7 mm en een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h, week de zo geschatte gemiddelde overstortingsfrequentie in de meest extreme plaatsen in Nederland 20 tot 34% af van die voor De Bilt. Ook voor stelsels met een andere berging en pompovercapaciteit blijft dit resultaat redelijk geldig, mits de gemiddelde jaarlijkse overstortingsfrequentie 10 of minder bedraagt.

Met de resultaten van dit onderzoek kunnen de berekende overstortingsfrequenties uit de neerslagcijfers van De Bilt in principe gecorrigeerd worden voor klimatologische verschillen. Of dit zinvol is hangt onder andere af van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van rioleringsmodellen. Hiernaar is nader onderzoek verricht binnen Thema 4 van het NWRW-programma. Een evaluatie van de resultaten moet nog plaatsvinden.

Literatuur

- Buishand, T. A. (1986). *Regionale verschillen in neerslag-gebeurtenissen*. NWRW Rapp. 4.1. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's-Gravenhage.
- Buishand, T. A. and Schuurmans, C. J. E. (1985). *Quantitative aspects of precipitation in the Netherlands*. Versl. en Meded. 33, Comm. Hydrol. Onderz. TNO, pp. 5-23.
- Commissie Riolering en Waterverontreiniging (1972). *Rapport van de Commissie Riolering en Waterverontreiniging van de Afdeling voor Gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs*. Deel I, H₂O (5), nr. 10, 199-214. Deel II, H₂O (5), nr. 12, 241-260.
- DHV (1986). *Rioleringsmodellen theorie en praktijk*. NWRW Rapp. 4.2. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's-Gravenhage.
- KNMI (1984). *Klimatologische gegevens van Nederlandse stations No. 11. Frequentie tabellen en reeksen van dagen volgens bepaalde criteria*. KNMI Publ. 150-11, 102 pp.
- Witter, J. V. (1984). *Heterogeneity of Dutch rainfall*. Dissertatie Landbouwhogeschool Wageningen, 204 pp.

