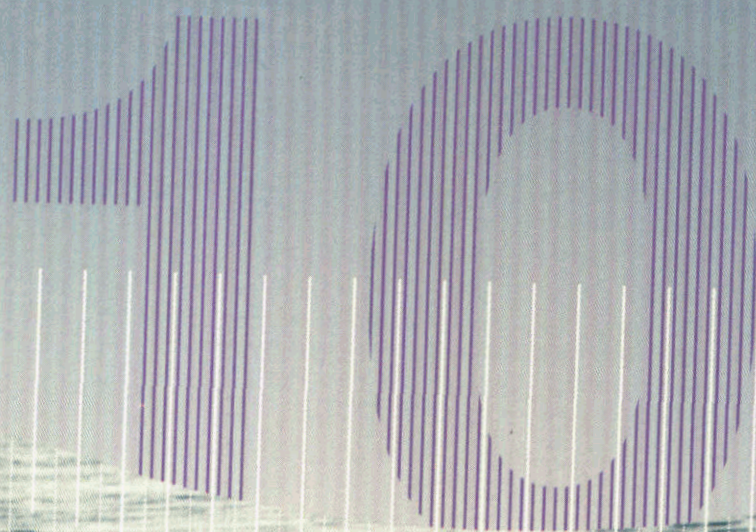
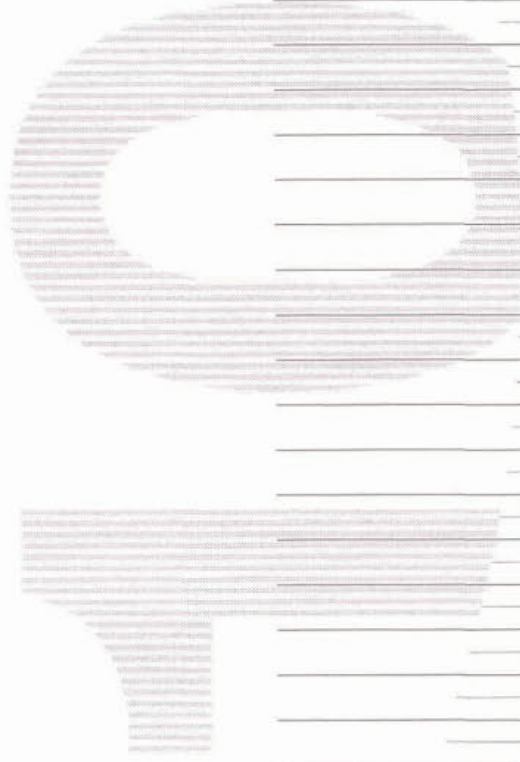


Statistiek van extreme neerslag in Nederland; definitiestudie

waternoo
deelrap



Statistiek van extreme neerslag in Nederland; definitiestudie



Colofon:

Utrecht, 2002

Uitgave:

STOWA, Utrecht

Tekst:

dr.ir. M. Kok (HKV)

ir. A. Klein Tank (KNMI)

ir. R. Versteeg (HKV)

A. Smits (KNMI)

Vormgeving:

Nicoline Caris, grafische vormgeving

Druk:

Kruyt Grafisch Advies Bureau

rapportnummer 2002-24, (STOWA)

Waternoodrapport 10

ISBN nummer: 90-5773-178-9

Bestelwijze STOWA publicaties

Publicaties en publicatieoverzicht van de STOWA zijn uitsluitend te bestellen bij:

Hageman Fulfilment, adres: Postbus 1110, 3330 CC Zwijndrecht

Telefoonnummer 078 6231754, faxnummer 078 610 42 87, e-mail info@hageman.nl

O.v.v. ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

Samenvatting

De extreme neerslaggebeurtenissen in het najaar van 1998 hebben duidelijk gemaakt dat het regionale watersysteem kwetsbaar is voor wateroverlast. Deze gebeurtenissen zijn de aanleiding geweest voor een discussie over de eisen die aan de waterhuishouding moeten worden gesteld: in welke mate moet het regionale waterhuishoudkundige systeem bescherming bieden tegen wateroverlast door extreme neerslag. De vraag hoe vaak extreme neerslag voorkomt, en op welke manier deze hoeveelheid valt, is hierbij van groot belang.

Momenteel zijn bij het KNMI een groot aantal neerslagreeksen beschikbaar, maar de statistiek van extreme neerslag in Nederland die er uit is afgeleid, is beperkt. De bestaande statistiek beantwoordt niet alle vragen die leven bij waterbeheerders. Daarom worden neerslaggegevens veelvuldig op ad hoc basis geanalyseerd en toegepast. Dit resulteert in een veelheid van benaderingen, waardoor resultaten van regionale hoogwaterstudies nauwelijks met elkaar vergeleken kunnen worden.

In deze definitiestudie is onderzocht welke vragen in het waterbeheer aanwezig zijn ten aanzien van de neerslagstatistiek van extreme gebeurtenissen, wat hiervoor mogelijke oplossingsrichtingen zijn en welke activiteiten gericht op het afleiden van neerslagstatistiek kunnen worden uitgevoerd om de vragen van de waterbeheerder te kunnen beantwoorden. Dit heeft de volgende zeven onderzoeksonderwerpen en met bijbehorende oplossingsrichtingen opgeleverd.

Het is gewenst de neerslagstatistiek te actualiseren voor het volledige traject van neerslagduren van 1 uur tot 10 dagen. Daarmee kan onderzoek worden uitgevoerd naar het falen van zowel snel reagerende systemen als traag reagerende systemen. Dit betekent dat de statistiek van extreme neerslag opnieuw dient te worden afgeleid voor herhalingsperioden van eens per 10 jaar tot eens per 1000 jaar.

In de neerslagstatistiek moet rekening worden gehouden met seizoenen/maanden als blijkt dat er significante verschillen in de kans op extreme neerslag zijn. Hiervoor dient te worden onderzocht of de kans op een bepaalde neerslaggebeurtenis in de wintermaanden of het groeiseizoen anders is dan de kans op optreden over het gehele jaar.

De neerslagstatistiek dient voor alle gebieden in Nederland beschikbaar te zijn (denk aan afwijking van de statistiek door kusteffecten of orografische effecten¹). Hiervoor dient te worden nagegaan of de statistiek voor de Bilt landelijk geldig is en of en hoe een ruimtelijke differentiatie van de neerslagstatistiek kan worden aangebracht.

¹ Orografische effecten: invloed van de hoogteverschillen, zoals in Limburg en op de Veluwe.

De neerslagstatistiek dient toepasbaar te zijn op zowel kleinschalige watersystemen (bijvoorbeeld individuele polders) als op grotere watersystemen (bijvoorbeeld polderboezemsystemen). Om inzicht te krijgen in de invloed van de gebiedsgrootte op de vertaling van punt- naar gebiedsstatistiek dient een aantal methodes te worden toegepast en geëvalueerd.

De kans op overschrijding van een waterstand wordt niet alleen bepaald door extreme neerslag, maar ook door de beginvoorwaarde van de resterende berging in het systeem en de mogelijkheid tot lozing. Met deze beginvoorwaarden dient rekening te worden gehouden. Hieraan kan worden tegemoet gekomen door extreme gebeurtenissen via de toepassing van een probabilistische aanpak te simuleren.

Voor veel praktijktoepassingen is het van belang te beschikken over informatie over het typische tijdsverloop van de neerslag tijdens een gebeurtenis. In het verleden zijn patronen voor 9-daagse perioden ontwikkeld. De algemene toepasbaarheid van deze typeringen dient te worden onderzocht.

Er is behoefte aan kennis over concrete effecten van klimaatverandering (wereldwijde opwarming), over locale effecten van bijvoorbeeld veranderingen in landgebruik en verstedelijking en over de invloed van schommelingen die in het verleden zijn opgetreden in neerslagfrequenties en -intensiteiten. Deze kennis kan (gedeeltelijk) worden gegenereerd door tijdreeksanalyse van de (extreme) neerslag.

Op basis van bovenstaande vragen en oplossingsrichtingen is een voorlopig werkplan opgesteld, dat uitkomt op een totale benodigde inspanning voor bovenstaande vragen van in totaal 25 mensmaanden.

De STOWA in het kort

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefte-inventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Inhoud

Colofon
Samenvatting
De STOWA in het kort

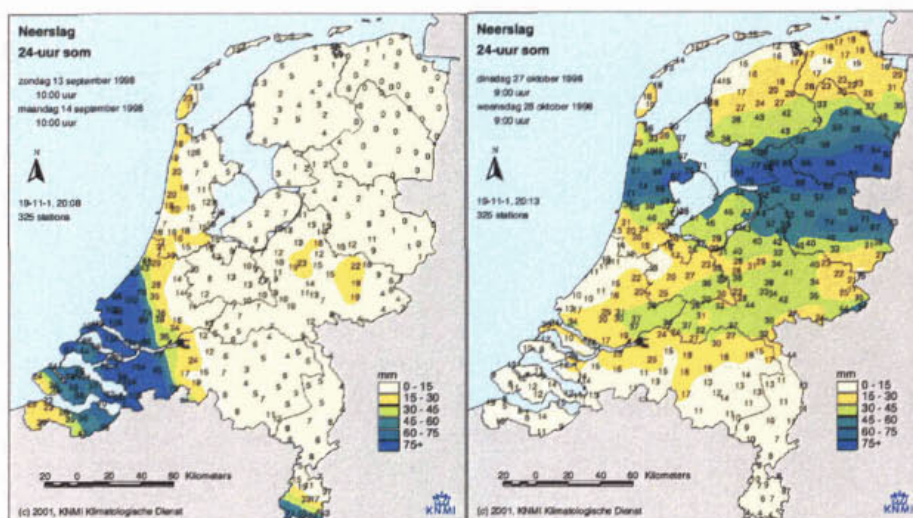
1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Achtergrond	2
1.3	Probleemanalyse	2
1.4	Doelstelling	5
1.5	Afbakening	5
1.6	Positionering van de studie	6
1.7	Indeling van het rapport	7
2	Eisen en wensen vanuit het waterbeheer	8
2.1	Watersystemen	8
2.2	Seizoenseffect	9
2.3	Afwijkingen ten opzichte van De Bilt	9
2.4	Gebiedsneerslag	9
2.5	Afhankelijkheden tussen neerslaggebeurtenissen en voorgeschiedenis	10
2.6	Tijdsverloop van neerslaggebeurtenissen	11
2.7	Klimaatverandering	11
3	Nieuwe neerslagstatistieken	12
3.1	Actualisering bestaande puntstatistiek	12
3.2	Seizoensstatistiek	12
3.3	Ruimtelijke differentiatie over Nederland	13
3.4	Van punt- naar gebiedsstatistiek	14
3.5	Probabilistische aanpak van wateroverlast	14
3.6	Neerslagpatronen	15
3.7	Klimaatvariabiliteit en klimaatverandering	15

4	Werkplan	17
4.1	Dagstatistiek van De Bilt	17
4.2	Uurstatistiek van De Bilt	17
4.3	Seizoen/maand statistiek van De Bilt	17
4.4	Meerdaagse statistiek van De Bilt.....	18
4.5	Meerdaagse seizoen/maand statistiek van De Bilt.....	18
4.6	Statistiek van overige locaties.....	18
4.7	Gebiedsneerslag	18
4.8	Afhankelijkheid tussen neerslaggebeurtenissen en de voorgeschiedenis	18
4.9	Afhankelijkheid tussen meerdaagse extremen	19
4.10	Neerslagpatronen	19
4.11	Klimaatveranderingen	19
5	Benodigde inspanning en doorlooptijd	20
	Literatuur	21

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De extreme neerslaggebeurtenissen in het najaar van 1998 hebben duidelijk gemaakt dat het regionale watersysteem kwetsbaar is voor wateroverlast. De totale financiële schade bedroeg circa 0.5 miljard Euro. De wateroverlast van september en oktober 1998 (Figuur 1-1) is voor de waterbeheerders in Nederland aanleiding geweest de discussie op gang te brengen over de eisen die aan de waterhuishouding moeten worden gesteld. Centrale vraag in de discussie is in welke mate het regionale waterhuishoudkundige systeem in ons land bescherming biedt tegen wateroverlast door extreme neerslag.



Figuur 1-1 Neerslaggebeurtenissen van het najaar 1998 (24-uur som)

De behoefte om normen te stellen voor de regionale watersystemen is ook verbonden aan de wens van de beheerders om overspannen verwachtingen ten aanzien van de te bieden bescherming te voorkomen. Normen voor de waterhuishouding geven de gewenste prestaties van watersystemen en geven weer tot in welke mate mag worden verwacht dat een watersysteem extreme neerslag kan verwerken, zonder dat er zich problemen van wateroverlast voordoen. Normen maken de grenzen van de geboden bescherming duidelijk en daarmee ook welk risico resteert.

In opdracht van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw is een eerste versie van een leidraad voor hoogwaternormering opgesteld (HKV LIJN IN WATER en Alterra, Hoogwaternormering Regionale Watersystemen, juni 2000). In deze systematiek is voorgesteld om gewenste beschermingsniveau's regionaal vast te stellen (mede op basis van een kosten-baten

analyse). De Commissie Waterbeheer 21^e eeuw heeft in haar advies deze aanpak onderschreven, en tevens geadviseerd dat de normeringssystematiek landelijk moet worden vastgesteld en onderhouden. Vervolgens is in opdracht van de Unie van Waterschappen, het IPO, Rijkswaterstaat en de STOWA door HKV LIJN IN WATER en WL|Delft Hydraulics een onderzoek uitgevoerd naar de normeringssystematiek (STOWA, 2000). Hierin wordt aanbevolen om uit te gaan van een landelijke basisnorm, waarvan regionaal afgeweken mag worden op grond van bijvoorbeeld een kosten-baten afweging. Onder schade wordt hier verstaan de schade die optreedt door enerzijds verhoogde oppervlaktewaterstanden en anderzijds verhoogde grondwaterstanden. Het beschermingsniveau wordt uitgedrukt in overschrijdingsfrequenties van waterstanden.

Bij het optreden van wateroverlast zijn factoren als de initiële grondwaterstand (voorgeschiedenis van de bodem) en buitenwaterstanden van groot belang. Een bepalend onderdeel van elke normeringssystematiek is echter de vraag hoe vaak extreme neerslag voorkomt, en op welke manier deze hoeveelheid valt. Voor de regionale watersystemen in landelijke gebieden hebben we het doorgaans over meerdaagse neerslaggebeurtenissen, waarbij de periode minimaal 1 dag is en maximaal 10 dagen. Voor snelreagerende systemen kunnen neerslaggebeurtenissen vanaf een periode van 1 uur van belang zijn.

1.2 Achtergrond

Bij de analyse van extreme neerslag is men voor een bepaalde duur geïnteresseerd in de neerslaghoeveelheid, die gemiddeld slechts eens per T jaar wordt overschreden. De grootte T wordt dan de herhalingstijd genoemd. Door statistische bewerking van een reeks extremen (bijvoorbeeld alle dagsommen van de neerslag boven een drempelwaarde of de maximale dagsommen van de afzonderlijke jaren in de reeks) kan voor elke neerslaghoeveelheid zo'n herhalingstijd worden berekend. Zo kunnen op basis van een beperkt aantal waarnemingen van extremen in het verleden uitspraken worden gedaan over de waarschijnlijkheid waarmee ze in de toekomst optreden. Daarbij is echter een waarschuwing op zijn plaats: aan dergelijke kansuitspraken zijn relatief grote onzekerheden verbonden, en dan met name de extrapolaties buiten het gebied van de waarnemingen. Bovendien gaat men er bij de berekeningen veelal vanuit dat het klimaat onveranderlijk is. Dat is niet het geval. Naast de schommelingen die van nature voorkomen in ons klimaat zorgt ook de mens, door de versterking van het broeikaseffect, ervoor dat het klimaat en dus de neerslag verandert. Het is noodzakelijk om te onderzoeken of deze verbanden ook af te leiden zijn uit de beschikbare gegevens. Voor de toekomst lijkt het wenselijk bij het toepassen van de statistiek voor extreme neerslag uit te gaan van een klimaatscenario.

1.3 Probleemanalyse

We spreken over neerslagstatistiek als we informatie bedoelen die afgeleid is uit reeksen van neerslagmetingen. Momenteel zijn bij het KNMI een groot aantal van dergelijke reeksen beschikbaar, maar de statistiek van extreme neerslag in Nederland die er uit is afgeleid is beperkt. Die statistiek is gebaseerd op werk dat voornamelijk in de jaren '70 is verricht en gepubliceerd in Buishand en Velds (1980), Buishand (1983) en Buishand (1991).

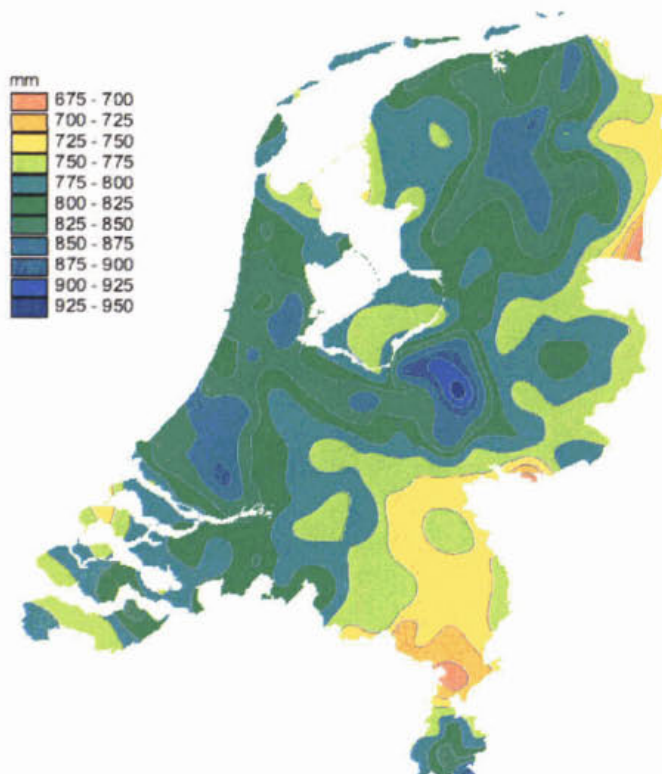
Eind tachtiger jaren is aanvullend onderzoek verricht aan de zgn. kwartiersomreeksen (Buishand et al., 1991). In de huidige praktijk hanteert het KNMI een standaardtabel ten aanzien van neerslagextremen. Daarin staan, voor gebeurtenissen met duren van 5 minuten tot 10 dagen, de neerslaghoeveelheden die gemiddeld 10x per jaar tot eens per 100 jaar worden overschreden. Zo wordt bijvoorbeeld een hoeveelheid van 50 mm in 12 uur tijd volgens die tabel gemiddeld eens per 20 jaar overschreden. Tabel 1-1 is afgeleid uit neerslaggegevens van De Bilt, waarvan jaarmaxima en partiële duurreeksen/POT (Peak Over Threshold) zijn geanalyseerd. De resultaten worden geacht representatief te zijn voor plaatsen met een gemiddelde neerslagsom per jaar tussen 750 en 900 mm.

			Minuten				uren				dagen			
			5	15	30	60	2	6	12	24	2	4	7	10
10 x	per	jaar	-	3	4	5	7	11	13	16	20	-	-	-
5 x	per	jaar	-	4	6	7	10	14	17	21	28	-	-	-
2 x	per	jaar	4	7	8	10	13	18	22	28	35	42	54	65
1 x	per	jaar	6	9	12	14	17	23	27	34	41	51	64	77
1 x	per	2 jaar	7	12	15	18	22	28	33	40	48	59	74	89
1 x	per	5 jaar	9	15	19	23	27	34	39	48	56	70	87	104
1 x	per	10 jaar	10	18	23	27	31	39	45	53	63	79	97	116
1 x	per	20 jaar	12	21	26	30	35	44	50	59	69	87	106	127
1 x	per	50 jaar	14	24	30	36	41	50	57	67	78	98	119	143
1 x	per	100 jaar	15	27	34	39	45	55	62	73	85	106	129	154

Tabel 1-1 Neerslaghoeveelheden uit de reeks (1906-1977) voor het gehele jaar in De Bilt, voor duren van 5 minuten tot 4 dagen voor herhalingstijden van 1 keer per jaar tot 1 keer per 100 jaar. Bron: Buishand en Velds, 1980.

Voor de meeste plaatsen in Nederland ligt de gemiddelde jaarsom tussen 750 en 900 mm (Figuur 1-2). Voor een plaats met een jaargemiddelde kleiner dan 750 mm zijn de neerslaghoeveelheden bij een gegeven overschrijdingsfrequentie ongeveer 7% lager dan die voor De Bilt; voor een plaats met een jaargemiddelde groter dan 900 mm zijn deze neerslaghoeveelheden ongeveer 10% hoger dan die voor De Bilt. Deze percentages berusten op een analyse van extreme neerslaghoeveelheden in respectievelijk Vlissingen en Ter Apel (jaarsom < 750 mm) en Vaals (jaarsom > 900 mm). Voor winterneerslag geldt ruwweg dat de extremen evenredig zijn aan de gemiddelde jaarsom. De neerslagsom bij een bepaalde herhalingstijd voor andere plaatsen dan De Bilt kan dan worden benaderd door de extreme waarden van De Bilt te vermenigvuldigen met de verhouding tussen de gemiddelde jaarsom van de betreffende plaats en die van De Bilt.

Neerslagsom per jaar in mm



Figuur 1-2 Gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid neerslag (1971-2000).

De bestaande statistiek beantwoordt echter niet alle vragen die leven bij waterbeheerders en daarom worden veelvuldig op ad hoc basis neerslaggegevens geanalyseerd en toegepast. Dit resulteert echter in een veelheid van benaderingen, waardoor resultaten van regionale hoogwaterstudies nauwelijks met elkaar vergeleken kunnen worden. Belangrijke tekortkomingen van de bestaande praktijk zijn:

- Het standaardwerk van het KNMI is gebaseerd op de neerslaggegevens tot eind jaren 70. Recente waarnemingen (bijv. de extreme neerslaggebeurtenissen van 1998) zijn dus niet op systematische wijze geanalyseerd, terwijl de nauwkeurigheid van de extreme waarden statistiek juist toeneemt naarmate de reeks langer is. Tevens wordt niet geprofiteerd van de vorderingen die gemaakt zijn ten aanzien van analyse methodieken van extremen.
- Het KNMI hanteert voor het gehele jaar dezelfde statistiek. Seizoensverschillen in het neerslagklimaat worden veelal verwaarloosd. Bekend is evenwel dat, door de jaarlijkse gang in de temperatuur, het aandeel van de buiige neerslag in de totale neerslaghoeveelheid een duidelijke seizoenbeweging vertoont. In de wintermaanden valt slechts 20% van de totale neerslaghoeveelheid in de vorm van buien; in de zomermaanden is dit ongeveer de helft. Ook zijn de neerslagintensiteiten in de zomer hoger, terwijl de totale neerslagduur in de zomer geringer is dan in de winter. Onderzoek dat in het verleden is verricht naar seizoenseffecten is onvoldoende geïmplementeerd.

- Er wordt alleen statistiek gebruikt die gebaseerd is op De Bilt. Te weinig wordt rekening gehouden met mogelijke afwijkingen in andere delen van het land. Bovendien kan de methodiek die daarvoor wordt gebruikt (schaling met de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid) worden verbeterd.
- De bestaande statistiek heeft betrekking op een bepaalde locatie. Bij relatief grote herhalingstijden zijn extremen van gebiedsgemiddelden kleiner dan die van puntneerslagen. Zo treden op dagen met buiige neerslag grote plaatselijke verschillen op. De gebiedsreductiefactor die door het KNMI wordt aanbevolen voor de overgang van punt- naar gebiedsstatistiek is afgeleid van voornamelijk Engelse stations. Deze factor kent bij ons weinig praktijktoepassingen en is voor Nederlandse omstandigheden nauwelijks getoetst.
- De verschillende neerslagduren zijn afhankelijk van elkaar. Zo is een ééndaagse extreme neerslaggebeurtenis vaak ook onderdeel van een extreme tweedaagse neerslaggebeurtenis. Beide gebeurtenissen kunnen leiden tot wateroverlast, terwijl ze verschillende herhalingstijden hebben. In de huidige praktijk wordt alleen de gebeurtenis die het meest extreem is genoemd. Ook is er afhankelijkheid met de voorgeschiedenis. Deze kan worden uitgedrukt in de toestand van de bodem. Een droge bodem (door weinig neerslag in de voorafgaande periode) kan bijvoorbeeld zonder veel problemen een nieuwe neerslaghoeveelheid verwerken, terwijl deze neerslaghoeveelheid bij een relatief natte bodem veel schade kan veroorzaken. In de huidige statistiek voor wateroverlast wordt hiermee onvoldoende rekening gehouden.
- De beschikbare statistiek voor een bepaalde neerslaggebeurtenis geeft geen informatie over hoe het karakteristieke tijdsverloop van de neerslag tijdens die gebeurtenis.
- Het is onduidelijk in hoeverre de huidige statistiek kan worden toegepast gegeven de problematiek van klimaatverandering.

1.4 Doelstelling

De in de probleemanalyse genoemde tekortkomingen kunnen worden opgeheven door een nieuw onderzoek. Doelstelling van het onderzoek is:

Het afleiden van neerslagstatistieken uit beschikbare meetreeksen van het KNMI, die voor de problematiek van wateroverlast van belang zijn, en die voor geheel Nederland toepasbaar zijn.

Dit rapport bevat de definitiestudie van het onderzoek, en beschrijft welke vragen in het waterbeheer aanwezig zijn ten aanzien van de neerslagstatistiek, wat de mogelijke oplossingsrichtingen zijn en welke activiteiten kunnen worden uitgevoerd om de vragen van de waterbeheerder te kunnen beantwoorden.

1.5 Afbakening

In dit onderzoek wordt aandacht besteed aan neerslagstatistieken die van belang zijn voor het ontwerp van watersystemen. Het onderzoek wordt beperkt tot statistieken die gelden voor neerslaggebeurtenissen van 1 uur tot maximaal 10 dagen, waarbij tevens aandacht besteed wordt aan de variabiliteit van neerslag binnen een gebeurtenis met behulp van patronen.

Er zal geen aandacht worden besteed aan verdamping en droogteproblematiek. (KNMI voert momenteel i.s.m. RIZA een studie uit naar droogte en klimaatverandering). Ook wordt geen aandacht besteed aan vorstproblematiek. Verwachtingen van de neerslag (bijvoorbeeld voor de korte termijn) vallen eveneens buiten het kader van dit onderzoek.

1.6 Positionering van de studie

Deze definitiestudie is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Water-nood van de STOWA. Waternood is een nieuwe methode voor het ontwerpen van de waterhuishoudkundige infrastructuur in het regionale waterbeheer. In 1998 hebben de waterschappen, verenigd in de Unie van Waterschappen en de Dienst Landelijk Gebied (DLG) besloten Waternood als de standaard voor het ontwerpen van waterlopen te gaan gebruiken.

In februari 2000 is door de STOWA het onderzoeksprogramma Waternood vastgesteld. Dit onderzoeksprogramma omvat diverse onderwerpen omtrent de nieuwe methode voor het ontwerpen van de waterhuishoudkundige infrastructuur in het regionale water-beheer.

Onderdeel van het onderzoeksprogramma Waternood vormt onder andere onderzoek naar omgang met extreme omstandigheden bij het ontwerpen, inrichten en beheren van regionale watersystemen. Deze definitiestudie naar de behoefte aan neerslagstatistieken voor extreme omstandigheden vormt daarvan een onderdeel.

De studie is begeleid door een begeleidingscommissie bestaande uit:

ir. J. Beldman (ws. Rijn en IJssel)
ir. J. van Dansik (hhr. Van Delfland)
ir. S.C.C. Helmyr (namens STOWA)
ir. F.R. Goossensen (namens STOWA)
ir. C.J.H. Griffioen (ws. Groot Salland)
ir. A.P.A. Kuypers (ws. Fryslân)
ir. T. de Meij (ws. Velt en Vecht)
ir. Z.C. Vonk (voorzitter) (hhr. Alblasserwaard en Vijfheerenlanden)
drs. B. van der Wal (STOWA)
ing. A. van Wessel (ws. de Dommel)

Uitvoering van de studie was in handen van:

dr. ir. M. Kok (HKV)
ir. A. Klein Tank (KNMI)
ir. R. Versteeg (HKV)
A. Smits (KNMI)

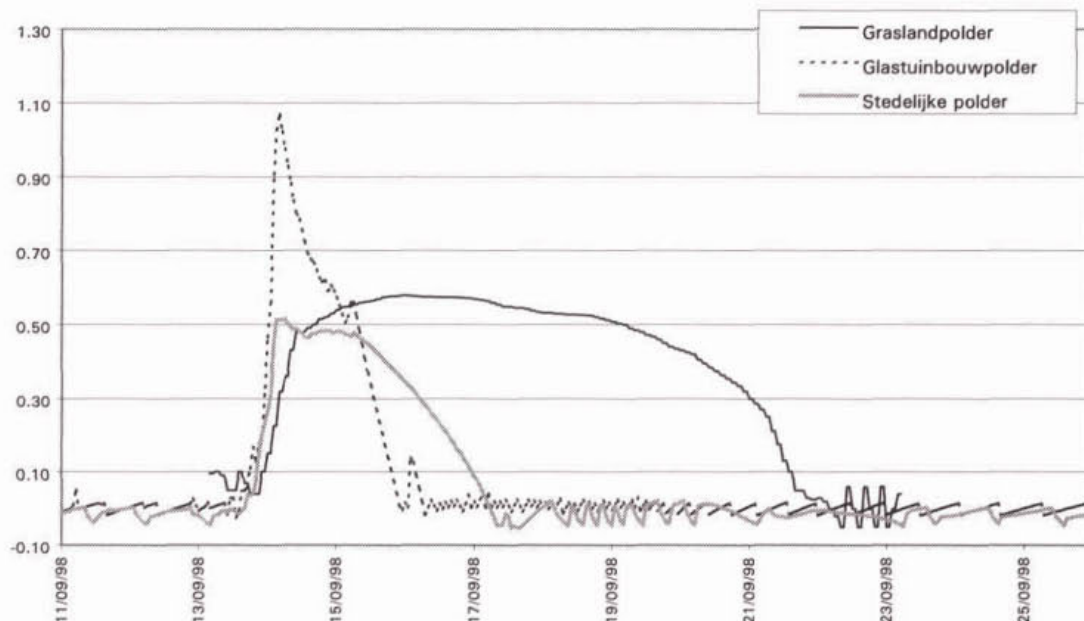
1.7 Indeling van het rapport

In hoofdstuk 2 worden de eisen en wensen vanuit het waterbeheer beschreven. De manier waarop vanuit de methodiek antwoord kan worden gegeven op de vragen vanuit het waterbeheer is beschreven in hoofdstuk 3. Hierbij wordt globaal dezelfde paragraaf indeling gehanteerd als in hoofdstuk 2 (dus paragraaf 3.6 geeft een antwoord op een waterbeheersprobleem uit paragraaf 2.6). In hoofdstuk 4 worden de activiteiten beschreven die uitgevoerd kunnen worden om de gewenste antwoorden af te leiden. Hoofdstuk 5 geeft tenslotte een indicatie van de omvang van elke activiteit (in maanden).

2 Eisen en wensen vanuit het waterbeheer

2.1 Watersystemen

Binnen een regionaal watersysteem komen vaak verschillende typen grondgebruik voor, zoals bebouwd gebied, glastuinbouw, akkerbouw en grasland. Voor de belangrijkste typen (water)systemen moet de neerslagstatistiek toepasbaar zijn. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen langzaam en snel reagerende systemen. Snel is bijvoorbeeld glastuinbouwgebied en stedelijk gebied, langzaam is bijvoorbeeld graslandgebied, akkerbouw ligt hier veelal tussen. Voor de snel reagerende systemen blijkt een korte periode van enkele uren tot enkele dagen met veel neerslag vaak belangrijk (hoge intensiteit), terwijl voor de traag reagerende systemen vaak een gebeurtenis gespreid over verschillende dagen belangrijk zal zijn (lage intensiteit). In Figuur 2-1 zijn drie reeksen van waterstanden opgenomen van een glastuinbouwpolder, een graslandpolder en een stedelijke polder tijdens dezelfde extreme neerslaggebeurtenis. In de figuur is te zien dat de duur van een overschrijding van waterstanden in de graslandpolder veel langer is dan de duur van de overschrijding in de glastuinbouwpolder. Daarentegen is de maximale overschrijding lager.



Figuur 2-1 Tijdreeksen van waterstanden in drie verschillende watersystemen

In het verleden is vaak uitgegaan van een neerslagduur van 9 dagen (zie bijvoorbeeld HKV, 2000). Voor 9-daagse tijdvakken is statistiek afgeleid op basis van 30 jaar neerslaggegevens van De Bilt. Hierbij is gezocht naar de maximale duur van een neerslagperiode met een gemiddelde dagneerslag groter dan 14mm/dag. De waarde van 14mm/dag is gebaseerd op een capaciteit van poldergemalen van 1,7l/s/ha. Wanneer de gemiddelde dagneerslag groter is dan de pompcapaciteit zal de waterstand gaan stijgen. Wordt de gemiddelde neerslagintensiteit weer kleiner dan 14 mm/dag, dan nemen de waterstanden af.

Voor snel reagerende systemen zoals een glastuinbouwgebied heeft een neerslagduur van 9 dagen een beperkte waarde. Bovendien kan ook een combinatie optreden van snel en traag reagerende systemen. De neerslagstatistiek moet op alle typen systemen van toepassing zijn, zonder door de waterbeheerder opnieuw te moeten worden afgeleid.

Op basis van bovenstaande is het gewenst de neerslagstatistiek te actualiseren voor het volledige traject van neerslagduren van 1 uur tot 10 dagen, waarmee onderzoek zowel naar het falen van snel reagerende systemen als traag reagerende systemen kan worden uitgevoerd.

2.2 Seizoenseffect

Een groot deel van de schade door wateroverlast treedt op in de landbouwsector, waarbij de periode maart tot en met oktober van belang is. Als de kans van voorkomen op een bui in de zomerperiode en winterperiode afwijkt heeft dit gevolgen voor de schadeberekening. In de winterperiode is de schade aan de meeste landbouwgewassen lager dan in de zomerperiode. In het najaar, de winter en het voorjaar kan schade optreden doordat het land niet bewerkt kan worden, in de zomerperiode kan het gewas door verdrinking verloren gaan. In de neerslagstatistiek moet rekening worden gehouden met seizoenen/-maanden als blijkt dat er significante verschillen in de kans op extreme neerslag zijn.

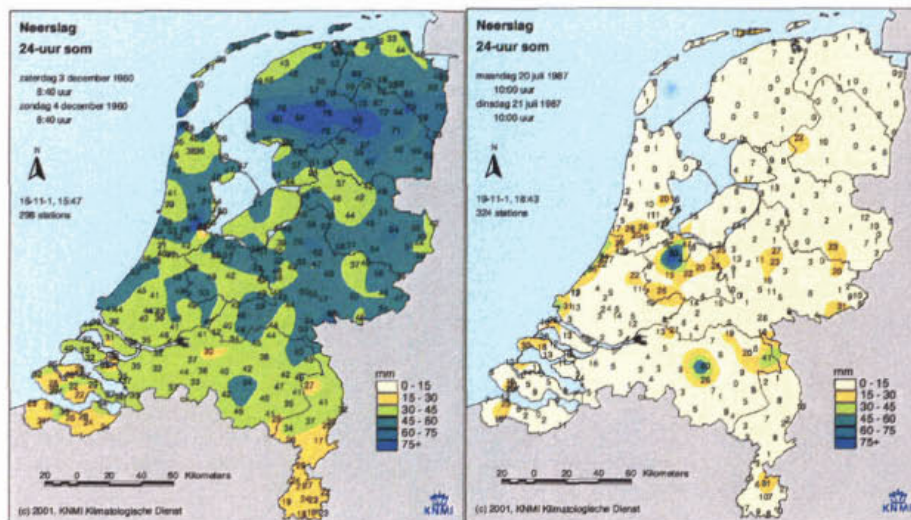
2.3 Afwijkingen ten opzichte van De Bilt

De normeringssystematiek moet in heel Nederland toegepast kunnen worden. Dit betekent dat de kans op de neerslag voor alle gebieden in Nederland beschikbaar moet zijn (denk aan afwijking van de statistiek door kusteffecten of orografische effecten). Vraagtekens kunnen worden geplaatst bij het feit dat statistiek afgeleid van De Bilt representatief is voor het gehele land.

2.4 Gebiedsneerslag

De normeringssystematiek moet kunnen worden toegepast op regionale watersystemen. Dit betekent dat de kans op de neerslaggebeurtenis toepasbaar moet zijn op zowel kleinschalige watersystemen (bijvoorbeeld individuele polders) als op grotere watersystemen (bijvoorbeeld polder-boezemsystemen). Als grotere watersystemen worden bekeken kan de ruimtelijke spreiding van een bui tijdens een neerslaggebeurtenis van grote invloed zijn op de resulterende waterstanden. De extreme regen, die in september 1998 in zuid-

west-Nederland viel gaf aanleiding tot veel wateroverlast, juist vanwege de uitgestrektheid van het neerslaggebied (zie Figuur 1-1). Uit de statistieken van het KNMI blijkt dat een willekeurige plek in ons land gemiddeld eens in de 125 jaar kans maakt in twee dagen 100 mm of meer te krijgen, maar de kans dat veel plekken naast elkaar een dergelijke hoeveelheid krijgen te verwerken is veel kleiner. De huidige cijfers gelden voor puntneerslag op een bepaalde plaats. Ze zeggen niets over de uitgestrektheid van het neerslaggebied. Zoals uit Figuur 2-2 blijkt kan de uitgestrektheid van het neerslaggebied per situatie sterk verschillen. De statistiek van gebiedsneerslagen kan worden afgeleid uit de puntstatistiek voor een station met behulp van een gebiedsreductiefactor. Echter, de bruikbaarheid van beschikbare factoren staat ter discussie, omdat deze niet uit neerslagmetingen in Nederland zijn afgeleid.



Figuur 2-2 Voorbeelden van verschillen in uitgestrektheid van het neerslaggebied

2.5 Afhangelijkheden tussen neerslaggebeurtenissen en voorgeschiedenis

Om de kans op overschrijding van de waterstand (op een bepaalde locatie) en een kosten-baten analyse uit te voeren is het van belang de kans op extreme gebeurtenissen te kennen. Deze gebeurtenissen worden echter niet alleen bepaald door extreme neerslag, maar ook door de beginvoorwaarde van de resterende berging in het systeem en de mogelijkheid tot lozing. Een natte ondergrond kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat de neerslag in de winter en het voorjaar aanleiding geeft tot wateroverlast. De kans op een gebeurtenis is dus eigenlijk de resultante van de kans op de verschillende 'randvoorwaarden' die van invloed zijn op het verloop van de oppervlaktewaterstand en grondwaterstand. Ook voor publieksvoorlichting is het belangrijk aan te geven dat de kans op de wateroverlastgebeurtenis niet alleen afhangt van de kans op de neerslaggebeurtenis.

2.6 Tijdsverloop van neerslaggebeurtenissen

Omdat bij de statistiek wordt uitgegaan van neerslaggebeurtenissen met duur van 1 uur tot 10 dagen, is niets bekend over het typische tijdsverloop van de neerslag tijdens een gebeurtenis. Voor veel praktijktoepassingen is het wel van belang over dergelijke informatie te beschikken.

2.7 Klimaatverandering

De waterbeheerder in Nederland beschikt over relatief weinig kennis over concrete effecten van klimaatverandering (wereldwijde opwarming) op de toepassing van neerslagstatistiek. Ook is het de vraag in hoeverre locale effecten bijvoorbeeld van veranderingen in landgebruik en verstedelijking een rol spelen bij veranderingen in de neerslag. Kennis ontbreekt tevens over de invloed van schommelingen die in het verleden zijn opgetreden in neerslagfrequenties en -intensiteiten. Het gaat daarbij om de variabiliteit van de neerslag in de tijd, zowel op de schaal van dagen, weken en seizoenen als op de schaal van decennia. Zo waren de zestiger jaren opvallend nat. Er viel toen ongeveer 10% meer neerslag dan in andere decennia. Ook de jaren tachtig en de afgelopen jaren (1998-2001) waren natter dan normaal. Met deze informatie in het achterhoofd ligt het voor de hand dat de keuze van het tijdvak waarop de extremenstatistiek wordt gebaseerd kan doorwerken op de resultaten. De vraag is vervolgens wat dit volgens de huidige inzichten betekent voor de bestaande extreme neerslagstatistiek. Hoe moet bijvoorbeeld worden omgegaan met de klimaatscenario's van het KNMI voor Nederland?

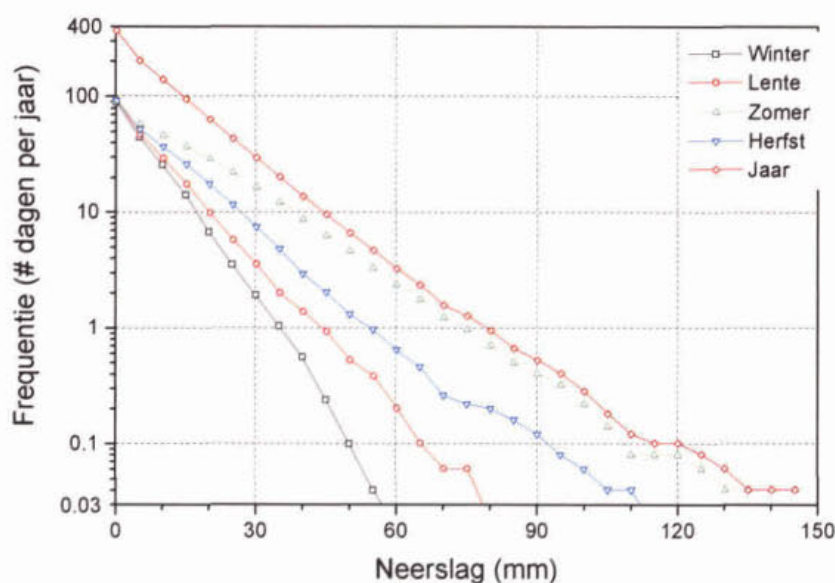
3 Nieuwe neerslagstatistieken

3.1 Actualisering bestaande puntstatistiek

Actualisering van de statistiek van extreme neerslag betreft het opnieuw afleiden van statistiek. Het gaat daarbij om uitspraken over het volledige traject tussen gebeurtenissen van 1 uur tot 10 dagen die gemiddeld 10 maal per jaar optreden tot gebeurtenissen van 1 uur tot 10 dagen met herhalingsduren in de orde van eens in de 1000 jaar. Daarmee kan antwoord worden gegeven op de vraag hoe de nu gehanteerde tabel met overschrijdingsfrequenties verandert als deze wordt gebaseerd op een nieuwe analyse van alle waarnemingen tot nu toe. Door dit onderzoek zal het inzicht in het huidige neerslagklimaat toenemen, al zijn er op voorhand geen aanwijzingen dat een nieuwe analyse resultaten oplevert die systematisch afwijken van het nu gehanteerde cijfermateriaal. Wel neemt de betrouwbaarheid waarmee uitspraken over puntneerslag kunnen worden gedaan beduidend toe. Het is zaak de nieuw verkregen resultaten systematisch te presenteren in tabel-, figuur- en kaartvorm. De vergelijking met resultaten verkregen met alternatieve methoden van extreme waarden analyse (alternatieve verdelingen of combinaties van verdelingen zoals in Bayesiaanse aanpak) moet deel uitmaken van de toetsing. Ook kan worden nagegaan in hoeverre simulatietechnieken, vergelijkbaar met de KNMI 'Neerslag-generator' voor het stroomgebied van de Rijn, bruikbaar zijn. Tenslotte is het voor de grensregio's zinvol de statistiek te vergelijken met die van de buurlanden (Belgie en Duitsland).

3.2 Seizoensstatistiek

Ter beantwoording van de vraag of in de gehanteerde neerslagstatistiek de verschillen in neerslagklimaat tussen de seizoenen/maanden terecht worden verwaarloosd, is het zinvol te onderzoeken of de kans op bepaalde neerslaggebeurtenissen in de wintermaanden of het groeiseizoen (maart – oktober) anders is dan de kans over het gehele jaar. Uit eerder onderzoek blijkt dat hiervoor aanwijzingen zijn. Figuur 3-1 illustreert dergelijke seizoensverschillen. Om de verschillen tussen de seizoenen/maanden duidelijk weer te geven is het zaak de statistiek per seizoen/maand te presenteren in tabel-, figuur- en kaartvorm.



Figuur 3-1 Indicatie van de verschillen tussen extreme neerslaggebeurtenissen per meteorologisch seizoen van 3 maanden

3.3 Ruimtelijke differentiatie over Nederland

Aangezien het KNMI in Nederland al een groot aantal jaren over een relatief dicht netwerk van neerslagstations beschikt (met ongeveer 1 station per 2500 km² waar continu de neerslag wordt geregistreerd en 1 station per 100 km² waar één keer per dag de neerslag wordt afgetapt), kan worden nagegaan of de statistiek die is afgeleid voor De Bilt landelijk geldig is. Dit onderzoek beoogt uiteindelijk de gevraagde ruimtelijke differentiatie aan te brengen die is gebaseerd op een uniforme systematiek. Aangesloten kan worden bij de waterstaatkundige indeling van Nederland volgens (deel)stroomgebieden.

De neerslaghoeveelheid wordt door het KNMI momenteel in Nederland op 34 plaatsen continu en op 325 plaatsen dagelijks gemeten. Voor de meting van de neerslag zijn in de loop der jaren verschillende typen regenmeters gebruikt. Daarnaast zijn regenmeters verplaatst of zijn er sterke veranderingen opgetreden in de directe omgeving van het meetinstrument. Veel lange meetreeksen zijn hierdoor niet homogeen. In Nederland werd de meetmethode in het eerste decennium van deze eeuw gestandaardiseerd, maar pas sinds de tweede wereldoorlog vindt een regelmatige stationsinspectie plaats en is er een systematische controle op de binnengekomen cijfers. Zelfs met de meest moderne meetinstrumenten worden echter nog fouten gemaakt, waardoor de gemeten hoeveelheid aanzienlijk kan afwijken van de werkelijke neerslag. De belangrijkste foutenbron is de invloed van de wind. Bij hoge windsnelheden veroorzaakt de regenmeter turbulentie van de lucht waardoor een deel van de neerslag niet wordt opgevangen. Afhankelijk van de kwaliteit van de reeksen is het zinvol een selectie te maken van neerslagstations en op basis daarvan de ruimtelijke differentiatie aan te brengen in de statistiek.

3.4 Van punt- naar gebiedsstatistiek

Extremen statistiek van gebiedsgemiddelden worden gewoonlijk uit extremen van punt-neerslagen afgeleid met behulp van de zogenaamde gebiedsreductiefactor. In Buishand en Velds (1980) wordt voor de neerslag statistiek van Nederland gebiedsreductiefactoren gegeven. Deze zijn gebaseerd op o.a. U.S. Weather Bureau (1957-1960), NERC (1975b) en Bell (1976). De in Buishand en Velds (1980) gegeven factoren zijn niet verkregen uit analyse van Nederlandse stationsgegevens, maar de toepasbaarheid op de Nederlandse situatie is wel onderzocht. Witte (1984) geeft voor drie gebieden in Nederland ter grootte van 1000 km² gebiedsreductiefactoren gebaseerd op een analyse van stationsgegevens van 1951 t/m 1979. Om de factoren te actualiseren en af te leiden voor geheel Nederland en verschillende gebiedsgroottes moeten eerst gebiedsneerslagen worden bepaald uit puntwaarnemingen. Eén van de methodes waarmee een schatting van de gebiedsneerslag uit een aantal puntwaarnemingen kan worden verkregen is de zogenaamde Thiessen-methode. Het gewicht van een bepaald neerslag station in het te beschouwen gebied is hierbij evenredig aan de oppervlakte van de veelhoek waarvoor het station het dichtstbijzijnde punt is (= de Thiessen-polygoon). Onder Nederlandse omstandigheden is er voor de berekening van gebiedsgemiddelde neerslag weinig verschil tussen deze methode en het eenvoudige rekenkundige gemiddelde van een aantal stations. Alleen indien men te maken heeft met zeer onregelmatige meetnetten of grote systematische plaatselijke verschillen (zoals in bergachtige streken) voldoet het rekenkundig gemiddelde niet. Een derde methode betreft het ruimtelijk interpoleren van de neerslag naar een regelmatig rooster. De neerslaghoeveelheid op een punt waar men niet over een regenmeter beschikt wordt daarbij geschat door interpolatie van de waarnemingen op een aantal nabijgelegen stations door middel van een gewogen (evenredig met de afstand tot de stations) gemiddelde.

De invloed van de gebiedsgrootte op de neerslagstatistiek over Nederland kan worden onderzocht door bovengenoemde methodes toe te passen op een venster voor de gebiedsgemiddelde neerslag rond een aantal geselecteerde stations. De grootte van het venster kan worden gevarieerd tot bijv. 400.000 ha of zelfs tot heel Nederland. Dit kan worden gedaan voor neerslagduren van 1 tot 10 dagen. Voor elk van de te beschouwen gebiedjes kan de extremen statistiek worden afgeleid en de resultaten kunnen onderling worden vergeleken. Voor neerslagduren korter dan 1 dag ontbreekt een voldoende dicht netwerk van continu registrerende stations voor een dergelijke analyse.

3.5 Probabilistische aanpak van wateroverlast

Door het hanteren van een probabilistische aanpak kunnen de verschillende factoren die bijdragen aan de kans op wateroverlast worden meegenomen. De relatieve bijdrage van de diverse factoren is afhankelijk van het gebied. Uit diverse studies is gebleken dat de volgende factoren van belang zijn voor bepaling van deze kans:

- neerslag (hoeveelheid, patroon, duur)
- restberging in de bodem (onverzadigde en verzadigde zone)
- afwateringscondities (stremming, maalstop, falen kunstwerk)
- De statistiek van extreme neerslag is in deze analyse belangrijk. We gaan ervan uit dat ook de duur van gebeurtenis een belangrijke factor is. Helaas is in de regionale watersystemen niet één unieke neerslagduur aan te wijzen die tot een "faalgebeurtenis" leidt.

Ook de neerslagduur is in principe een kansvariabele. De kans P op falen van een watersysteem kan dan worden uitgedrukt als (waarbij het symbool $\cup$ staat voor 'en'):

$$P\{\text{Falen}\} = P\{(\text{Falen in 1 dag}) \cup (\text{Falen in 2 dagen}) \cup \dots \cup (\text{Falen in } n \text{ dagen})\}$$

Hierbij is sprake van falen indien de waterstand op een locatie een specifieke grens overschrijdt (bijvoorbeeld op het maaiveld staat).

De verschillende neerslagduren zijn afhankelijk van elkaar. Zo is een ééndaagse neerslaggebeurtenis die tot falen leidt ook onderdeel van een tweedaagse neerslaggebeurtenis. De kans op falen kan dan ook niet worden berekend door de faalkansen voor de verschillende duren bij elkaar op te tellen. De 'werkelijke' faalkans bevindt zich in het gebied tussen volledige afhankelijkheid en volledige onafhankelijkheid:

Omdat wordt uitgegaan van een probabilistische aanpak wordt ook rekening gehouden met de voorgeschiedenis (dus met neerslagduren > 10 dagen). Dit is zinvol omdat de eerste fase van een neerslagperiode vaak wordt gekenmerkt door het opvullen van de bodemberging. Een elfdaagse neerslaggebeurtenis waarbinnen pas op de derde dag van overschrijding van de oppervlaktewaterstand optreedt, kan ook worden gezien als een negendaagse neerslaggebeurtenis waarbij de voorgeschiedenis gevormd wordt door de natheid van de bodem op de derde dag.

3.6 Neerslagpatronen

Binnen een meerdaagse periode, waarvoor statistiek is afgeleid, kan het tijdsverloop van de neerslag worden gekarakteriseerd met behulp van neerslagpatronen. Factoren die daarbij een rol spelen zijn het aantal droge dagen, het aantal extreme pieken, de hoogte van de pieken en de plaats van de pieken in de tijd. Er zijn in het verleden patronen voor 9-daagse perioden ontwikkeld (HKV, 2000). De algemene toepasbaarheid van dergelijke typeringen moet worden onderzocht.

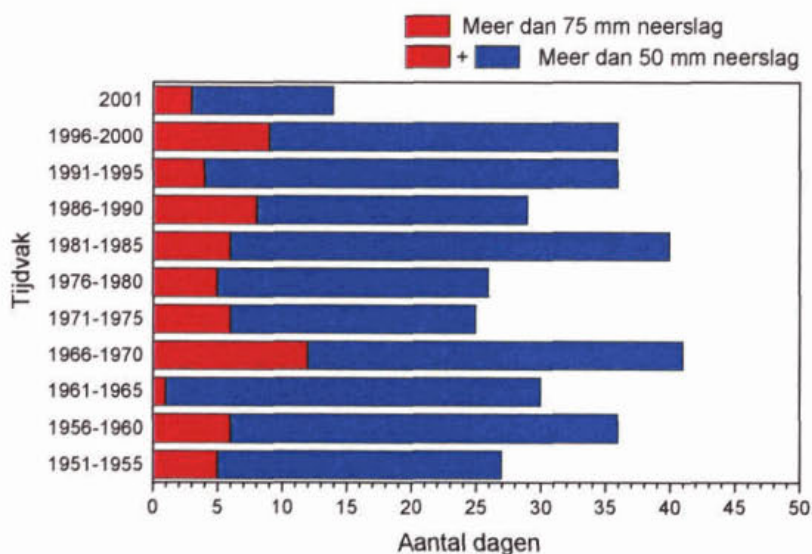
3.7 Klimaatvariabiliteit en klimaatverandering

De invloed van klimaatverandering op de neerslag in Nederland is onderwerp van het achtergronddocument voor de Vierde Nota Waterhuishouding getiteld: "Meteorologie t.b.v. de Vierde Nota Waterhuishouding". De daarin genoemde 'centrale schattingen' voor extreme neerslag in het midden van de volgende eeuw ten opzichte van 1990 (10% toename in de intensiteit van zware zomerbuien; 3% toename in de dagsom; 10% toename in de 10-daagse winterneerslagsom) gelden onder de aanname van ongewijzigde luchtcirculatiepatronen. Dit betekent dat er van wordt uitgegaan dat het optreden van de neerslaggebeurtenissen over ruimte en tijd ongewijzigd blijven, maar de intensiteit toeneemt. Langjarige schommelingen in de overheersende luchtcirculatiepatronen, die bijvoorbeeld hebben geleid tot de natte jaren zestig en tachtig, komen in een dergelijk scenario nog even vaak voor. Onlangs zijn de (WB21) scenario's van het KNMI licht bijgesteld naar aanleiding van de bevindingen in het 3^e assessment rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change van de Verenigde Naties (IPCC TAR). Deze nieuwe scenario's zijn weergegeven in Tabel 3-1.

Grootheid	Lage schatting	Centrale schatting	Hoge schatting
Temperatuur	+ 1°C	+ 2°C	+ 4 tot 6°C
Gemiddelde zomerneerslag	+ 1%	+ 2%	+ 4%
Gemiddelde winterneerslag	+ 6%	+ 12%	+ 25%
Jaarlijks maximum van de 10-daagse winter neerslagsom	+10%	+20%	+40%
Herhalingstijd van de 10-daagse som die nu eens per duizend jaar voorkomt (≥ 140 mm)	47 jaar	25 jaar	9 jaar
Zeespiegelstijging	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 110 cm

Tabel 3-1 KNMI Klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van het nieuwe IPCC rapport

De gevolgen van klimaatverandering voor de statistiek van extreme neerslag in Nederland, zoals die wordt afgeleid uit meetreeksen, zijn lastig te bepalen. Volgens het genoemde 3^e assessment rapport van de VN is over regionale (lees Europese) neerslagverandering weinig bekend. Wel kan worden nagegaan hoe het best rekening kan worden gehouden met de scenario's voor neerslagverandering, die meestal worden uitgedrukt in procentuele toe- of afname, maar ook met eventuele trends in de meetreeksen zelf. Het effect hiervan kan worden onderzocht door tijdreeksanalyse van de (extreme) neerslag, gecombineerd met een onderverdeling van meetreeksen in deelperiodes bij de bepaling van de extremenstatistiek. Uit Figuur 3-2 blijkt dat dit zinvol kan zijn aangezien neerslagextremen niet gelijkmatig over de tijd verdeeld zijn.



Figuur 3-2 Verdeling van neerslag over de verschillende (meestal 5 jarige) tijdvakken

4 Werkplan

Op basis van voorgaande kunnen de volgende onderzoeksactiviteiten worden geformuleerd. In de laatste paragraaf staat de inspanning voor uitvoering van de afzonderlijke activiteiten weergegeven. Het spreekt vanzelf dat er een bepaalde volgorde in de uitvoering van de activiteiten bestaat.

4.1 Dagstatistiek van De Bilt

Omschrijving: Het actualiseren van de bestaande puntstatistiek voor station De Bilt betreffende dagsommen. Hierbij worden extra gegevens vanaf de jaren 80 gebruikt, waarmee de te analyseren reeks begint in 1906 en doorloopt tot nu. Naast analyse met behulp van jaarmaxima worden tevens extremen boven een drempel geanalyseerd (Peak Over Threshold). Een aantal verdelingen wordt uitgewerkt, waaronder de Gumbel verdeling en de Weibull verdeling. Een uitspraak zal worden gedaan over de te gebruiken methodiek in relatie tot de toepassing (normering, kosten/baten, voorlichting).

Product: Keuze voor een methodiek; Tabel met geactualiseerde extreme puntstatistiek voor De Bilt voor 1-daagse neerslagsommen die 10 x per jaar tot gemiddeld eens per 1000 jaar voorkomen.

4.2 Uurstatistiek van De Bilt

Omschrijving: Het afleiden van uurstatistieken (tot 24 uur) voor gegevens van De Bilt. De statistiek voor tijdvakken van 24 uur moet aansluiten bij het product uit paragraaf 4.1: de eendaagse statistiek.

Product: Tabel met extreme puntstatistiek voor De Bilt van 10x per jaar, tot gemiddeld eens per 1000 jaar. De tabel wordt ingevuld met statistiek voor 1 uur, 2 uren, 4 uren, 8 uren, 16 uren en 24 uren.

4.3 Seizoen/maand statistiek van De Bilt

Omschrijving: De statistiek afkomstig uit de activiteiten die beschreven staan in paragraaf 4.1 heeft betrekking op het gehele jaar; er is geen onderscheid gemaakt in verschillende seizoenen/maanden. In deze activiteit wordt onderzocht op welke manier de seizoensafhankelijkheid van de neerslag kan worden meegenomen. Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de periode maart t/m oktober de belangrijkste groei- en oogst perioden in de land- en tuinbouw is, met de nadruk op de maanden september en oktober.

Product: Een tabel conform paragraaf 4.1 voor de onderscheiden seizoenen en de 12 maanden.

4.4 Meerdaagse statistiek van De Bilt

Omschrijving: Met behulp van de gekozen methodiek uit paragraaf 4.1 en de extra gegevens van na 1977 wordt de meerdaagse puntstatistiek (tot 10 dagen) voor De Bilt geactualiseerd.

Product: Een tabel conform paragraaf 4.1 voor meerdaagse sommen. Tabel wordt ingevuld met statistiek voor 1 dag, 2 dagen, 4 dagen, 6 dagen, 8 dagen en 10 dagen. De Bilt

4.5 Meerdaagse seizoen/maand statistiek van De Bilt

Omschrijving: De seizoensafhankelijkheid van de extreme meerdaagse puntstatistiek uit paragraaf 4.4 voor De Bilt wordt nader uitgewerkt.

Product: Tabel conform paragraaf 4.4 voor de onderscheiden seizoenen en de 12 maanden.

4.6 Statistiek van overige locaties

Omschrijving: De statistiek afkomstig uit de activiteiten die in paragraaf 4.1 t/m 4.4 afgeleid zijn, heeft betrekking op De Bilt. Omdat het niet vanzelfsprekend is dat de statistiek van extreme neerslag in een willekeurige locatie in Nederland gelijk is aan de statistiek van De Bilt, wordt onderzocht in welke mate de statistiek van een beperkt aantal locaties (circa 10) afwijkt van de statistiek van De Bilt. Deze analyse wordt uitgevoerd op jaarbasis, en er zal, zo mogelijk, ook een relatie gelegd worden met de verdeling van de gemiddelde jaarsom over Nederland.

Product: een kwantitatieve uitspraak over de variabiliteit van extreme neerslag over Nederland, d.w.z. hoe wijkt de statistiek van een willekeurige locatie af van De Bilt.

4.7 Gebiedsneerslag

Omschrijving: Voor een bepaald gebied wordt nagegaan in hoeverre de gebiedsreductiefactor toepasbaar is om de verhouding tussen extreme neerslag op een enkele locatie (puntstatistiek) en extreme neerslag in het gebied (gebiedsstatistiek) te beschrijven.

Een drietal gebiedsgroottes wordt onderzocht, te weten 10.000, 200.000 en 400.000 hectare. Naast de dagsommen wordt dit uitgewerkt voor 3- en 5-daagse sommen.

Product: Gebiedsreductiefactoren en uitleg over hoe deze te gebruiken in de praktijk.

4.8 Afhankelijkheid tussen neerslaggebeurtenissen en de voorgeschiedenis

Omschrijving: Onderzocht wordt in welke mate het geoorloofd is om de neerslaggebeurtenis onafhankelijk van de toestand van de bodem aan het begin van die extreme neerslaggebeurtenis te beschouwen. Hierbij zal ook onderscheid gemaakt worden tussen (extreem) natte jaren en (extreem) droge jaren. Deze analyse wordt uitgevoerd voor De Bilt.

Product: Antwoord op de vraag of een extreme neerslaggebeurtenis en de toestand van de bodem onafhankelijk zijn. De mate van afhankelijkheid zal worden gekwantificeerd.

4.9 Afhankelijkheid tussen meerdaagse extremen

Omschrijving: Onderzocht wordt welke afhankelijkheid bestaat tussen neerslaggebeurtenissen van verschillende duur, bijvoorbeeld een extreme 1 daagse gebeurtenis en een extreme tweedaagse gebeurtenis. Bij de afleiding van de meerdaagse statistiek (voor tijdvakken van 1 tot 10 dagen) is hiermee geen rekening gehouden. Het onderzoek zal een praktische invalshoek hebben, zodat opname van deze afhankelijkheden in de probabilistische aanpak mogelijk is. Ook biedt deze activiteit, onder bepaalde veronderstellingen, de mogelijkheid om voor verschillende typen watersystemen een zogenaamde karakteristieke standaardbui te definiëren.

Product: Uitspraak over de mate van afhankelijkheid tussen de meerdaagse neerslaggebeurtenissen.

4.10 Neerslagpatronen

Omschrijving: Om de statistiek van één of meerdaagse perioden uit 4.1 t/m 4.4 te kunnen gebruiken voor toepassingen waarbij het tijdsverloop van de neerslag binnen die periode van belang is, worden karakteristieke patronen afgeleid.

Product: een aantal karakteristieke neerslagpatronen (maximaal vier voor maximaal vier N-daagse periode) die over de meerdaagse perioden, en binnen een dag, aangeven op welke manier neerslag valt. Ook de kans op de karakteristieke neerslagpatronen wordt aangegeven.

4.11 Klimaatveranderingen

Omschrijving: Ingegaan wordt op de vraag of en hoe schommelingen en veranderingen in het klimaat (verleden en toekomst) doorwerken op het voorkomen van extreme neerslaggebeurtenissen. Tevens wordt bekeken hoe gevoelig de resultaten uit de paragrafen 4.1 t/m 4.10 (waarvoor aannames gelden) hiervoor zijn.

Product: Een zo kwantitatief mogelijke uitspraak over de vraag of de tot stand gekomen statistiek te voorzichtige resultaten oplevert of juist niet.

5 Benodigde inspanning en doorlooptijd

Er is een inschatting gemaakt van de benodigde inspanning (in mensmaanden) voor uitvoering van de hierboven beschreven activiteiten.

Activiteit	Inspanning (mm)
1. Dagstatistiek van De Bilt	3
2. Uurstatistiek van De Bilt	3
3. Seizoen/maand statistiek van De Bilt	2
4. Meerdaagse statistiek van De Bilt	2
5. Meerdaagse seizoen/maand statistiek van De Bilt	1
6. Statistiek van overige locaties	3
7. Gebiedsneerslag	3
8. Afhankelijkheid tussen neerslaggebeurtenissen en voorgeschiedenis	2
9. Afhankelijkheid tussen meerdaagse extremen	2
10. Neerslagpatronen	3
11. Klimaatveranderingen	1
Totaal	25

Tabel 5-1. Inspanning per activiteit in mensmaanden

Een minimale inspanning betreft de uitvoering van de activiteiten 1, 3, 5, 7, 8 en 10. Deze activiteiten hebben als inspanning circa 14 mensmaanden. Alle 11 activiteiten uitvoeren betekent een inspanning van circa 25 mensmaanden. De minimale doorlooptijd van het onderzoek is circa 1 jaar.

Literatuur

- Bell, F.C., 1976. The areal reduction factor in rainfall frequency estimation. Report 35, Institute of Hydrology, Wallingford Oxon.
- Buishand, T.A., en Velds, C.A., 1980. Klimaat van Nederland 1, Neerslag en verdamping. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- Buishand, T.A., 1983. Uitzonderlijke hoge neerslaghoeveelheden en de theorie van de extreme waarden. Cultuurtechnisch Tijdschrift, 23, 9-20; erratum 23, 81.
- Buishand, T.A., 1991. Extreme rainfall estimation by combining data from several sites. Hydrological Sciences Journal, 36, 345-365.
- Buishand, T.A., J.B.M. van Acker en H. van Luijtelaar, 1991. Analyse van kwartiersommen van de neerslag. H₂O, 11, 294-299.
- NERC, 1975b. Flood Studies Report. Volume II: Meteorological studies. National Environment Research Council, London.
- HKV LIN IN WATER en Alterra, 2000. Hoogwaternormering Regionale Watersystemen. Lelystad, PR326, juni 2000 (uitgevoerd in opdracht van de commissie Waterbeheer 21e eeuw).
- HKV LIN IN WATER. Neerslagpatronen. RO verslag, oktober 2000.
- STOWA, 2001. Normering regionale wateroverlast. Opzet en Inhoud van het normeringssysteem. Onderzoek uitgevoerd door HKV LIN IN WATER en WL|delft hydraulics. Stowa rapport 2001-35.
- U.S. Weather Bureau, 1957-1960. Rainfall Intensity-Frequency Regime, 5 parts. Weather Bureau Technical Papers 29, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
- Witter, J.V., 1984. Heterogeneity of Dutch rainfall. Proefschrift Landbouwhogeschool te Wageningen.

