

Statistische analyse naar de invloed van het tijdstip van neerslagpieken op inboedel- en opstalschade

Auteur:

Emiel VERSTEGEN

1^e Begeleider:

Ir. M.H. SPEKKERS

2^e Begeleider:

Dr. ir. J.A.E. TEN VELDHUIS

18 oktober 2012

Voorwoord

Voor u ligt mijn Bachelor Eindwerk, uitgevoerd ter voltooiing van de bachelorstudie Civiele Techniek aan de TU Delft. Het gekozen onderwerp voor dit onderzoek ligt in lijn met mijn interesses en mijn vervolgstudie Watermanagement. Hoewel voor dit onderzoek vrij weinig kennis uit bachelor-vakken benodigd was, hoop ik hier wel mijn vaardigheden van academisch denken en rapporteren te laten zien. Het rapport is geschreven in $\text{\LaTeX}$. Hiermee ben ik in aanraking gekomen tijdens het 3de-jaarsproject *Systems Engineering*, en heb me hier tijdens het eindwerk verder in kunnen verdiepen. Tevens heb ik de mogelijkheid gehad me te verdiepen in statistiek. Dit heb ik vervolgens ook in praktijk kunnen brengen met behulp van R, een programmeertaal die mij nog onbekend was bij aanvang van dit eindwerk.

Graag wil van de mogelijkheid gebruik maken om mijn eerste begeleider Matthieu Spekkers te bedanken. Zijn tips, op- en aanmerkingen vanaf het begin van dit onderzoek hebben mij kritisch laten kijken naar mijn eigen onderzoek en rapportagestijl. Verder heeft hij mij geholpen op het gebied van statistiek en heeft hij mij kennis laten maken met R. Ook wil ik graag mijn tweede begeleider Marie-Claire ten Veldhuis bedanken voor het doorhakken van enkele knopen tijdens mijn onderzoek.

Emiel Verstegen
Delft, 18 oktober 2012

Samenvatting

In deze studie is gekeken naar de invloed van het tijdstip van neerslagpieken op inboedel- en opstalclaims. Deze invloed zou verklaard kunnen worden door de variaties in neerslag over de dag, maar ook de mogelijkheid van mensen om schadebeperkende maatregelen te treffen. Als mensen slapen of niet thuis zijn kan het zijn dat er vaker of meer schade optreedt. Hiertoe zijn neerslaggegevens van 26 KNMI-weerstations over een periode van 1992 tot 2010 bekeken, waaruit onafhankelijke buien zijn geëxtraheerd. Per bui is het uurvak waarin de hoogste intensiteit werd waargenomen aangemerkt als het referentietijdstip van de bui, met een bijbehorende datum en locatie van het weerstation. Per referentietijdstip zijn de verzekeringsgegevens, binnen een straal van 10 km rond het weerstation en van de desbetreffende datum, samengevoegd voor verdere analyse. De gebruikte verzekeringsgegevens zijn het relatieve aantal claims (aantal claims / aantal polissen), gemiddelde claimhoogte (totale claimhoogte / aantal claims) en relatieve claimhoogte (totale claimhoogte / aantal polissen).

Uit de analyse van de neerslaggegevens blijkt dat in de zomer 's ochtends minder neerslagpieken voorkomen. Uurvak 8 (07:00-08:00 UT) bevat met 21% minder dan het daggemiddelde het minste aantal pieken. Deze pieken hebben ook een lagere intensiteit, tijdens uurvak 9 is de gemiddelde intensiteit 16% lager dan het daggemiddelde. In de namiddag komen vaker neerslagpieken voor en deze hebben ook een hogere intensiteit dan het daggemiddelde, respectievelijk 30% en 20%. Voor de winterperiode is ook gevonden dat het aantal pieken 's ochtends lager (10%, uurvak 9) is en in de namiddag hoger (25%, uurvak 18), maar de intensiteit van deze pieken wijken niet significant af van het gemiddelde.

Uit de analyse van de verzekeringsgegevens komt naar voren dat tijdens de zomerperiode het aantal inboedel- en opstalclaims, behorende bij neerslagpieken in de ochtend, lager uitvalt dan het daggemiddelde. Het relatieve aantal inboedelclaims is 38% lager tijdens uurvak 8, voor opstalclaims is dit 33% tijdens uurvak 10. Voor de relatieve claimhoogte is dit respectievelijk 52% tijdens uurvak 7 en 40% tijdens uurvak 8. Dit lag in lijn der verwachting aangezien het gemiddeld gezien minder hard regent in deze periode. Hoewel het in de namiddag gemiddeld harder regent, is dit niet terug te zien in een verhoging in het aantal claims. Voor de winterperiode zijn deze afwijkingen niet gevonden. Voor zowel de zomer- als winterperiode is geen variatie in de tijd gevonden voor de gemiddelde claimhoogte.

Op basis van deze studie is niet te zeggen of de mogelijkheid tot het nemen van maatregelen bijdraagt aan het verband, of dat dit alleen op neerslagvariaties berust. Door middel van een andere aanpak in het identificeren van buien, een betere ruimtelijke resolutie van neerslag, en nauwkeurigere verzekeringsgegevens zou dit in een vervolgonderzoek verder onderzocht kunnen worden.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
2 Methode	7
2.1 Neerslagdata	7
2.2 Verzekeringsdata	8
2.3 Verwerking van de neerslagdata	8
2.4 Verwerking van de verzekeringsdata	9
2.5 Testen van de hypothese	9
3 Resultaten en discussie	10
3.1 Neerslagresultaten	10
3.2 Verzekeringsresultaten	13
3.3 Discussie	15
4 Conclusies en aanbevelingen	17
A Automatische KNMI-weerstations	21
B Verdeling piekintensiteit per uurvak	22
C Relatieve aantal claims	23
D Gemiddelde claimhoogte	28
E Relatieve claimhoogte	32
F Verdelingen schadegegevens	36
G R code	39

1. Inleiding

Achtergrond

Lokale overstromingen, veroorzaakt door overbelasting van stedelijke afwateringssystemen ten gevolge van neerslag, is een probleem dat wereldwijd voorkomt. Met name in gebieden met hoge economische waarde kunnen deze overstromingen lijden tot hoge schades. Deze overstromingen kunnen schade veroorzaken aan bijvoorbeeld huizen, kantoren, winkels en inboedel. Schadeverzekeraar Interpolis alleen al meldde na het noodweer van 28 juni 2011 bijna 4000 claims met een som van 10 miljoen euro (Interpolis, 2011). Het betrof hier een zomerse storm waarbij in Herwijnen (Gelderland) 79 mm regen in minder dan een uur is gemeten (KNMI, 2011). Een verband tussen neerslag en schade kan van belang zijn om kwetsbare gebieden te identificeren. Gebieden waarin meer schade plaatsvindt dan een dergelijk verband zou doen vermoeden zijn vervolgens de moeite waard verder te onderzoeken. In eerder onderzoek (Spekkers et al., 2012) is gekeken naar een verband tussen neerslagextremen en een database met water-gerelateerde schadeclaims van het Verbond van Verzekeraars. Hieruit is gebleken dat de regenintensiteit een significante voorspeller is voor hoge schade aantallen, maar dat het slechts een deel van de totale variantie in schade verklaart. Om schade nauwkeuriger te kunnen voorspellen moet een aantal andere factoren worden meegenomen. Een mogelijke factor, het tijdstip waarop regen valt, is het onderwerp van dit onderzoek.

Doel

Deze studie heeft als doel een verband te vinden tussen het tijdstip op de dag van de neerslagpiek en het aantal neerslaggerelateerde schadeclaims en de gemiddelde hoogte van een claim op basis van neerslag- en schadegegevens van Nederland. Neerslag die valt als mensen bijvoorbeeld slapen of op hun werk zijn, zou namelijk kunnen leiden tot meer en hogere schadegevallen omdat mensen niet in staat zijn maatregelen te treffen. Een andere mogelijke oorzaak is de variatie van neerslag over de dag. Daarvoor zal gekeken moeten worden of er sprake is van tijdsafhankelijke neerslag- en schade patronen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de beschikbare neerslag- en verzekeringsdata in Nederland, en welke methode is gebruikt voor de analyse daarvan. Vervolgens beschrijft hoofdstuk 3 de resultaten. Tot slot zijn de conclusies en aanbevelingen te lezen in hoofdstuk 4.

2. Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de neerslag- en schadedata en hoe deze wordt verwerkt. Alle beschreven data-analyses zijn uitgevoerd in een R 2.15.1 omgeving (R Core Team, 2012).

2.1 Neerslagdata

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) beschikt over een netwerk van 35 automatische weerstations, waarvan de eerste - De Bilt - al sinds 1901 gegevens verzameld. Deze weerstations staan verspreid opgesteld over Nederland (1 per 1000 km², zie figuur 2.1). Van deze weerstations zijn uurgegevens openbaar beschikbaar (KNMI, b). Omdat er in de loop der jaren stations bij zijn gekomen en weg zijn gegaan zal alleen gekeken worden naar de 26 stations die tussen 1992 en 2010 operationeel waren (zie bijlage A). Deze periode is gekozen omdat de verzekeringsgegevens ook deze periode beslaan. Voor deze studie zijn de uursommen gebruikt.



Figuur 2.1: Ligging meteorologische KNMI stations. Stations die niet gebruikt zijn voor deze studie zijn: IJmuiden, Vlieland, Berkhout, Hoorn, Wijk aan Zee, Soesterberg, Westdorpe, Hoek van Holland, Woensdrecht en Ell.

2.2 Verzekeringsdata

De beschikbare verzekeringsdata is aangeleverd door het Verbond van Verzekeraars en omvat watergerelateerde schade aan particuliere gebouwen (1986-2010) en inboedel (1992-2010) van een aantal grote verzekeringsmaatschappijen in Nederland. De database omvat enkele tabellen waarin claims (inboedel en opstal gescheiden) vermeld staan, samen met de geclaimde en uitgekeerde hoogte van de claim, schadedatum en informatie over de polis (Spekkers et al., 2012). Van de polisinformatie is voornamelijk de locatie (4-cijferige postcode) van het verzekerde van belang. Daarnaast is het totaal aantal afgesloten polissen per postcodegebied bekend, zodat schadeaantallen ten opzichte van het aantal polissen kan worden bekeken. Neerslag kan zeer lokaal van karakter zijn en alleen de polissen waarvan het hart van het postcodegebied binnen een straal van 10 km van een meetstation ligt, zijn meegenomen in dit onderzoek.

2.3 Verwerking van de neerslagdata

Aangenomen is dat de tijdsresolutie van de neerslagdata, 1 uur, voldoende is om neerslagextremen te identificeren. Spekkers et al. (2012) vond dat correlaties tussen neerslagintensiteit en schade het grootst waren bij een tijdsresolutie tussen 40 minuten en 2 uur. In deze studie is een bui gekenmerkt door de volgende eigenschappen: begintijd, eindtijd, piektijdstip en piekintensiteit. Het begin en het einde van een bui wordt gedefiniëerd door het eind van het uurvak waarin als eerste of laatste neerslag plaatsvindt.

Voor het begin van een bui moet wel eerst een droogte-periode van 12 uur hebben plaatsgevonden. De droogte-periode van 12 uur is bedoeld om per bui ervan uit te kunnen gaan dat het stedelijke afwateringssysteem volledig geledigd is. In de Stowa-publicatie van Zuidervliet et al. (2009) is voor gemengde systemen uitgegaan van een minimale berging en pompovercapaciteit van respectievelijk 4 mm en 0.5 mm/h. De maximale uitgangswaarden zijn 11 mm en 1.0 mm/h. Voor deze waarden is een droogte-periode van 12 uur genoeg om het systeem volledig te ledigen.

Buien met een zeer lage intensiteit hebben waarschijnlijk geen invloed op de afwateringssystemen en zijn daarom niet meegenomen; deze zeer kleine buien kunnen de duur van een bui aanzienlijk verlengen. Om dit te voorkomen is er een drempelwaarde van 1 mm/h gehandhaafd. Uursommen gelijk aan of onder deze drempelwaarde zijn als droog beschouwd. Nadat individuele buien zijn geïdentificeerd, worden hieruit de extreme buien geselecteerd. Buien zijn extreem aangenomen indien de piekintensiteit groter is dan 5 mm/h. De hieronder beschreven analyses zijn uitgevoerd op zowel alle buien en enkel extreme buien.

Voor de statistische analyse geldt het uurvak waarin de hoogste intensiteit is waargenomen als referentietijdstip voor de gehele bui, omdat de piekintensiteit als maatgevend schademechanisme is aangenomen. Het uurvak is het uur voorafgaand aan het nummer van het uurvak; uurvak 1 loopt van 0:00 tot 1:00. De uren zijn weergegeven in Universele Tijd (UT) waardoor zomer- en wintertijd niet van invloed zijn op de data. Desalniettemin is een scheiding gemaakt tussen neerslag in de zomer (april-september) en winter (oktober-maart) omdat aangenomen is dat de dagelijkse neerslagcyclus anders is in deze periodes. Deze aanname is gebaseerd op het feit dat de daglengte en temperatuur grote verschillen vertoont in beide periodes.

Ten eerste was gekeken naar de frequentie van referentietijdstippen per uurvak door middel van een χ^2 -test:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.1)$$

Hierin is χ^2 de toetsingsgrootheid, O het aantal geobserveerde buien en E het verwachte aantal buien. Als nulhypothese is genomen dat ieder uur van de dag dezelfde frequentie vertoont.

Het verwachtte aantal buien per uurvak is het totaal aantal geobserveerde buien gedeeld door 24 uurvakken.

Ten tweede was per uurvak de verdeling van piekintensiteiten onderzocht. Hieruit was af te leiden of het op bepaalde uren van de dag harder regent dan op andere uren. Dit zou kunnen verklaren waarom er op bepaalde tijdstippen meer schade zou ontstaan. De vergelijking van de gemiddelde piekintensiteit per uurvak was vergeleken met de gemiddelde piekintensiteit van alle geïdentificeerde buien, met behulp van een onafhankelijke t-test:

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad (2.2)$$

In deze formule is T de toetsingsgrootheid en zijn $\bar{X}$ en $\bar{Y}$ de steekproefgemiddeldes van de uurdata en de volledige data. S is de steekproefstandaardafwijking; n en m zijn het aantal waarnemingen van de uurdata en volledige data.

2.4 Verwerking van de verzekeringsdata

Ten eerste is de verzekeringsdata geaggregeerd op schadedatum en locatie van het weerstation. Alleen claims waarvan de datum én locatie overeenkomen met die van de neerslagextremen zijn gebruikt voor verdere analyse. Per bui, met bijbehorend referentietijdstip, zijn vervolgens het aantal claims en de totale hoogte aan uitgekeerde schade bekend. Door te delen door het aantal polissen zijn het relatieve aantal claims en de relatieve claimhoogte bekend. Door de totale hoogte te delen door het aantal claims is de gemiddelde claimhoogte bekend.

2.5 Testen van de hypothese

Dit onderzoek spitst zich op de vraag of het tijdstip van een extreme bui invloed heeft op het relatieve aantal schademeldingen en de relatieve hoogte hiervan. Neerslagextremen zijn op referentietijdstip (uurvak 1 tot 24) gegroepeerd, samen met de verwerkte verzekeringsdata. Per uurvak is er een verdeling in relatieve aantal claims, gemiddelde claimhoogte en relatieve claimhoogte, beschreven door een gemiddelde waarde en standaardafwijking. Aangenomen is dat deze verdelingen normaal verdeeld zijn. Voor zomer- en winterperiode wordt per uurvak de verdeling van verzekeringsgegevens vergeleken met de verdeling van alle gegevens binnen deze periode. Met een t-test met significantieniveau ($\alpha = 0.05$) wordt per uurvak bekeken of de gemiddelde waardes van deze verdelingen gelijk zijn aan elkaar.

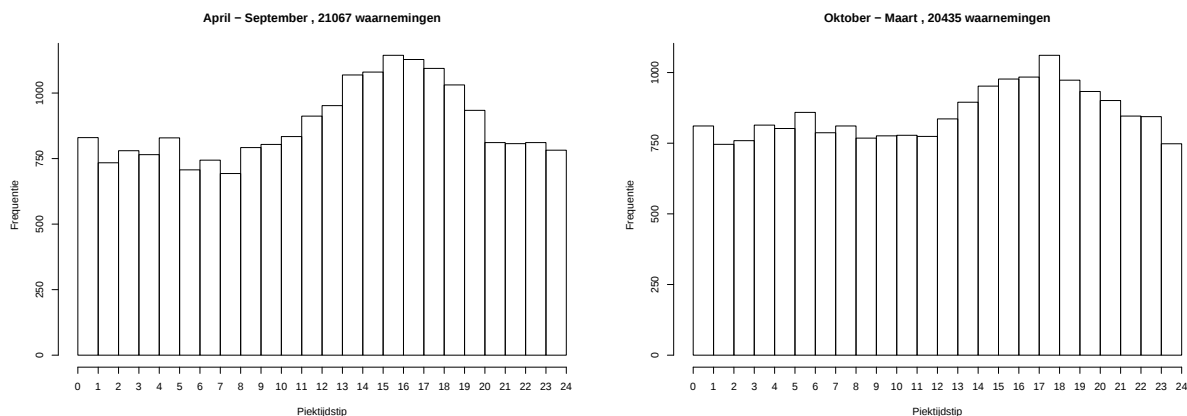
3. Resultaten en discussie

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de geanalyseerde neerslagdata beschreven. Vervolgens komen de resultaten van de analyse van de verzekeringsdata aan bod.

3.1 Neerslagresultaten

Frequentie

Om een beeld te krijgen van de dagelijkse neerslagpatronen is er om te beginnen gekeken naar de frequentie van het optreden van pieken per uurvak. Een weergave van de frequentieverdeling is te zien in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Frequentie van piekintensiteit per uurvak van alle individuele buien, links de zomerperiode, rechts de winterperiode

Als nulhypothese is aangenomen dat de frequentie ieder uur van de dag gelijk is aan de gemiddelde frequentie (aantal waarnemingen/24). De alternatieve hypothese stelt dat de verdeling minimaal één afwijkende waarde bevat, waarmee de gehele vergelijking afwijkend wordt verondersteld. Met behulp van een χ^2 -test is aangetoond dat de nulhypothese met grote zekerheid verworpen kan worden voor beide tijdsperiodes, zie tabel 3.1. Tabel 3.2 geeft de gestandaardiseerde residuen per tijdsvak weer. Residuen met een absolute waarde groter dan 2 zijn dikgedrukt om aan te geven dat deze substantieel meewerken aan het verwerpen van de nulhypothese (Grimm, 1993). Positieve waarden geven een hogere frequentie aan, negatieve waarden een lagere.

	χ^2	P-waarde
April-September	521.3674	1.25E-95
Oktober-Maart	210.4671	3.16E-32

Tabel 3.1: Resultaat χ^2 -test

Uur	Apr-Sep	Okt-Mrt	Uur	Apr-Sep	Okt-Mrt
1	-1.613082	-1.3865205	13	2.504707	-0.5297622
2	-4.85331	-3.614092	14	6.453734	1.4921873
3	-3.300701	-3.1685777	15	6.82501	3.4455962
4	-3.806986	-1.2837095	16	8.985162	4.3023545
5	-1.646834	-1.6949535	17	8.445124	4.5422468
6	-5.764624	0.2584554	18	7.297544	7.1810623
7	-4.515786	-2.2090084	19	5.171144	4.1652732
8	-6.237157	-1.3865205	20	1.897164	2.7944599
9	-2.895672	-2.8601447	21	-2.254377	1.6978093
10	-2.490644	-2.5859821	22	-2.389387	-0.1870589
11	-1.478073	-2.5174414	23	-2.254377	-0.2555996
12	1.154612	-2.6545227	24	-3.233196	-3.5455513

Tabel 3.2: Gestandaardiseerde residuen van de χ^2 -test

Piekintensiteit

Om de verdeling van piekintensiteiten per uurvak te kunnen vergelijken is eerst een verdeling van piekintensiteiten van alle data bekeken.

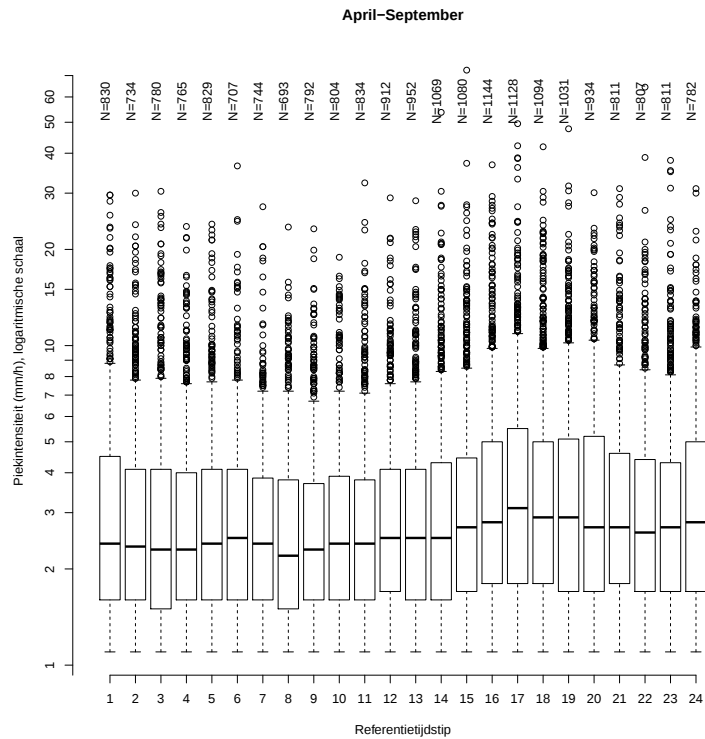
De eigenschappen van de verdeling zijn samengevat in tabel 3.3.

	1st Qu.	Mediaan	Gemiddelde	3rd Qu.	Max.
April-September	1.7	2.6	3.7	4.4	72.8
Oktober-Maart	1.4	2	2.4	2.8	23.2

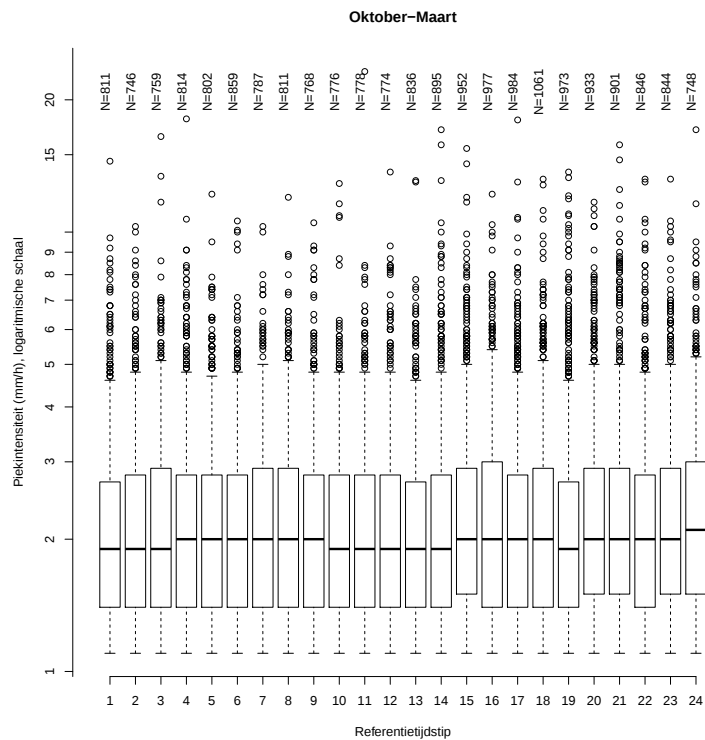
Tabel 3.3: Gegevens verdeling piekintensiteit (mm/h)

Per uur is eenzelfde verdeling op te stellen, gebruikmakend van alle neerslag met het referentietijdstip van dat uur (zomer- en winterperiode gescheiden). De verdeling van de piekintensiteit per uurvak is weergegeven in figuur 3.2 (zomer) en 3.3 (winter)

Voor zowel de zomer- als winterperiode zijn t-tests uitgevoerd op de verdeling van de piekintensiteit per uurvak en de verdeling van de piekintensiteit van alle buien. De nulhypothese stelt dat de gemiddelde piekintensiteit per uurvak gelijk is aan de gemiddelde piekintensiteit van alle buien in de desbetreffende periode. De alternatieve hypothese stelt dat de gemiddeldes afwijken.



Figuur 3.2: Verdeling piekintensiteit per referentietijdstip



Figuur 3.3: Verdeling piekintensiteit per referentietijdstip

In bijlage B zijn de gemiddelde piekintensiteiten en p-waarden van de t-tests in tabelvorm te lezen. Door een significantieniveau van $\alpha = 0.05$ te hanteren is aangetoond dat tijdens de zomerperiode uurvakken 4 t/m 13 significant lagere piekintensiteiten voorkomen. Tijdens uurvakken 16 t/m 20 zijn deze significant hoger. Voor de winterperiode geldt dat de gemiddelde piekintensiteit van uurvakken

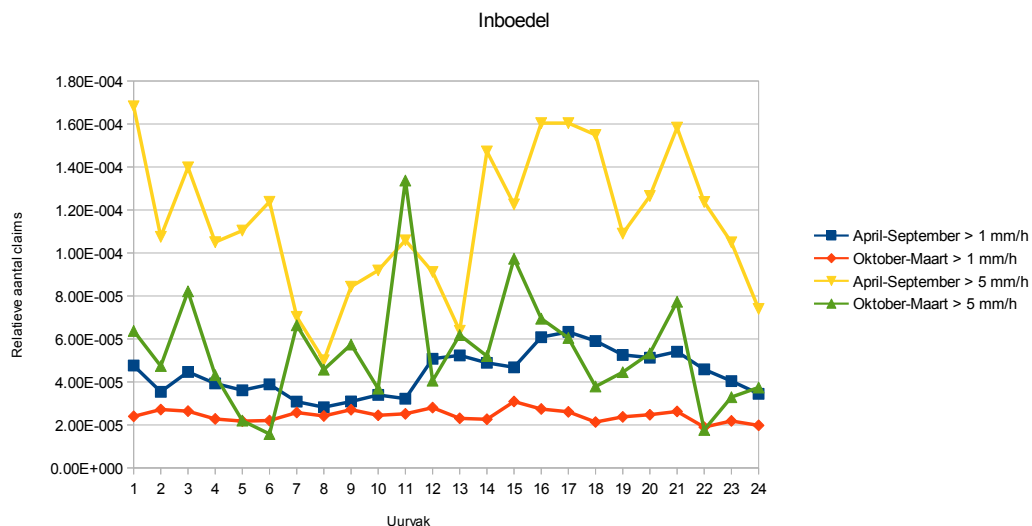
10 en 13 significant lager is en van uurvak 23 en 24 significant hoger. Omdat er in de zomerperiode meerdere uurvakken achter elkaar significant afwijken kan hier met meer zekerheid worden gesproken over dagelijkse variaties van piekintensiteiten dan tijdens de winterperiode.

Aangezien aangenomen wordt dat een hogere piekintensiteit tot meer schademeldingen en een hoger totaal aan schade leidt (Spekkers et al., 2012; Zhou et al., 2012), wordt verwacht dit ook terug te zien in de analyse van de verzekeringsdata. Afwijkingen hierin kunnen verklaard worden door andere factoren, zoals de mogelijkheid tot het treffen van maatregelen.

3.2 Verzekeringresultaten

Relatieve aantal claims

Eerst is gekeken naar de verdeling van het relatieve aantal claims per uurvak. Voor inboedelclaims zijn de gemiddelde waarden voor per uurvak weergegeven in figuur 3.4. Hierin is tevens onderscheid gemaakt tussen buien met een piekintensiteit > 1 mm/h (drempelwaarde) en > 5 mm/h. In figuur C.1 zijn de gemiddelde waarden voor opstalclaims weergegeven.



Figuur 3.4: Relatieve aantal inboedelclaims per uurvak (gemiddelde)

Met behulp van t-tests wordt de data uit elk uurvak vergeleken met alle data met als nulhypothese dat de gemiddeldes gelijk zijn. De resultaten van deze tests zijn te lezen in tabel C.1 (inboedel) en tabel C.2 (opstal) in bijlage C. In de zomerperiode lijken er bij piekintensiteiten voorkomend in de ochtend significant minder claims binnen te komen. Voor inboedelclaims zijn het relatieve aantal claims significant lager tijdens uurvakken 7 t/m 11, voor opstalclaims zijn dit uurvakken 8, 10 en 11. In de winterperiode lijkt deze trend niet voor te komen. De verdeling van piekintensiteiten uit bijlage B geeft ook in de zomerperiode 's ochtends significant lagere piekgemiddeldes weer. De trend van hevigere neerslag in de late middag is echter niet terug te zien in de inboedel- en opstaldata.

Uit de data blijkt echter dat 79% van de buien geen schade veroorzaakt. In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de omvang van de overgebleven data na selectie op een minimale piekintensiteit van 5 mm/h en het feit of er schade is gemeld of niet.

Ook is gekeken naar buien met een piekintensiteit hoger dan 5 mm/h met bijbehorende claims. Resultaten van deze tests zijn beschreven in tabel C.3 (inboedel) en tabel C.4 (opstal). Wederom zijn in de ochtend enkele uurvakken met significant lagere waarden. Voor de inboedelclaims zijn

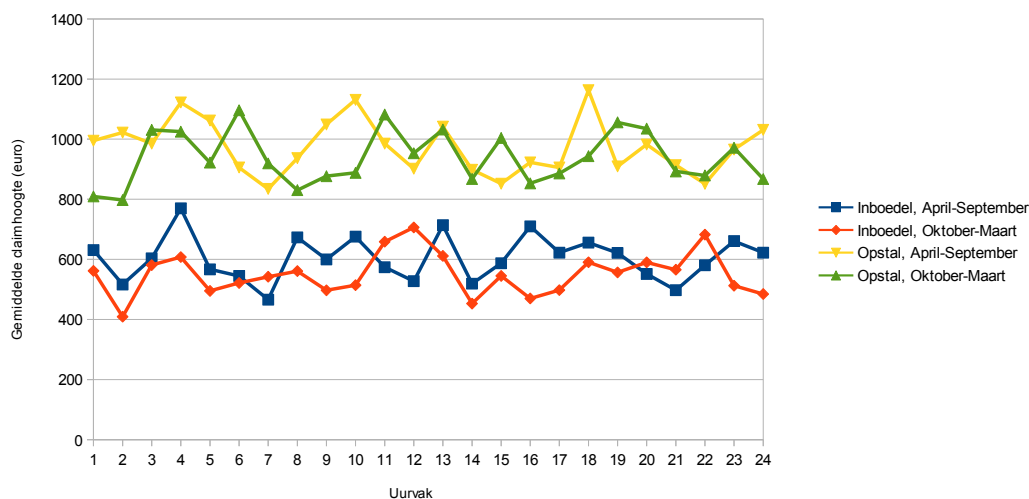
	April-September		Oktober-Maart	
	Aantal	Procent	Aantal	Procent
Totaal	21067	100.00%	20435	100.00%
Piek	4115	19.53%	958	4.69%
Schade	4670	22.17%	4154	20.33%
Piek+Schade	1340	6.36%	280	1.37%

Tabel 3.4: Percentage data, gefilterd op piek ($> 5\text{mm/h}$), schade (min. 1 claim) en beide

zomers uurvakken 7 en 8, en 's winters uurvakken 5 en 6. Met slechts 2 opeenvolgende significante waarden is het echter niet erg duidelijk of het hier gaat om een tijdsafhankelijke trend.

Gemiddelde claimhoogte

De gemiddelde claimhoogte is het totale schadehoogte per dag gedeeld door het aantal claims. Buien zonder claims zijn niet meegenomen omdat hiervan geen gemiddelde claimhoogte te berekenen is. Figuur 3.5 geeft de gemiddelde schadehoogte per uurvak weer. Net als bij de relatieve aantal claims zijn t-tests uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn beschreven in bijlage D, tabel D.1 en D.2. Hoewel hierin enkele significant afwijkende uurvakken zijn gevonden, is er niet te spreken van een tijdsafhankelijke trend omdat dit nauwelijks opvolgende tijdvakken betreft.



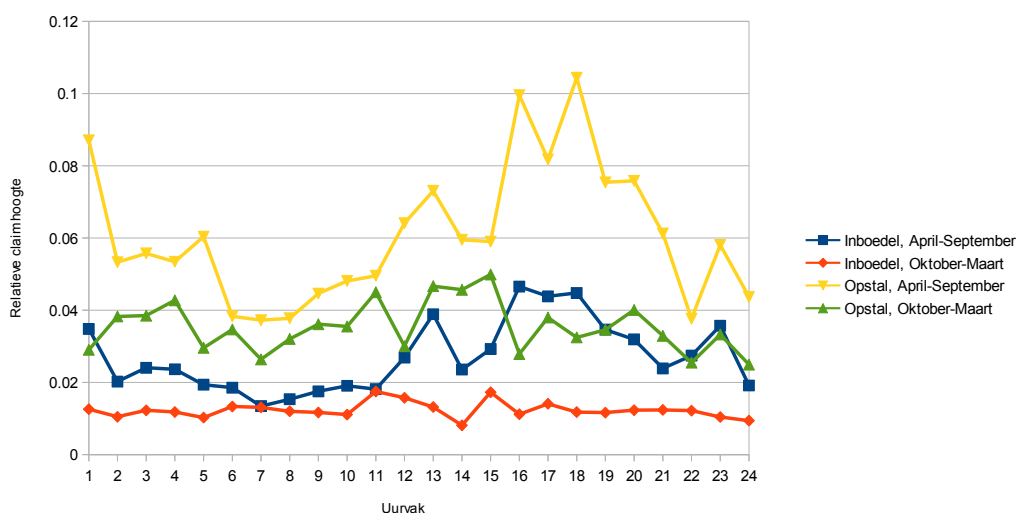
Figuur 3.5: Gemiddelde claimhoogte van inboedel- en opstalclaims.

Tevens is gekeken naar de gemiddelde claimhoogte van buien met een piekintensiteit hoger dan 5 mm/h . Resultaten van deze tests zijn gegeven in tabel D.3 en D.4. Net zoals bij de voorgaande analyse is er niet te spreken over een tijdsafhankelijke trend.

Relatieve claimhoogte

Tevens is gekeken naar de relatieve claimhoogte. Dit is de totale hoogte aan claims gedeeld door het aantal polissen in het desbetreffende gebied, ofwel het relatieve aantal claims maal de gemiddelde

claimhoogte. De gemiddelde waarde van de relatieve claimhoogte zijn per uurvak weergegeven in figuur 3.6. Net zoals bij voorgaande analyses zijn er t-tests uitgevoerd. Resultaten hiervan zijn te vinden in tabel E.1 en E.2. Net als bij het relatieve aantal claims is er 's ochtends in de zomerperiode sprake van significant lagere waarden. Voor inboedelclaims zijn dat uurvakken 5 t/m 11, voor opstalclaims uurvakken 6 t/m 10. Er zijn nog meer significante afwijkingen gevonden, maar deze zijn verspreid over de dag waardoor er niet geconcludeerd kan worden dat het hier gaat om een tijdsafhankelijke trend. Ook voor de winterperiode zijn de significante afwijkingen niet te verklaren als tijdsafhankelijk.



Figuur 3.6: Relatieve claimhoogte van inboedel- en opstalclaims.

Wanneer gekeken wordt naar de relatieve claimhoogte horende bij buien met een piekintensiteit van meer dan 5 mm/h is deze trend ook waar te nemen. Echter betreft het hier een kleiner aantal uurvakken die significant lagere waarden vertonen. Voor de inboedelgegevens geldt dat uurvakken 7, 8 en 10 lagere waarden vertonen. Voor de opstalgegevens zijn dit uurvakken 6 t/m 8 en 10. De exacte waarden zijn te vinden in tabel E.3 en E.4

3.3 Discussie

Identificatie van buien

In deze studie zijn buien geïdentificeerd aan de hand van een drempelwaarde en droogte-periode zoals is te lezen in hoofdstuk 2. Vervolgens is de tijd en de intensiteit van de hoogste piek genomen als referentie voor de gehele bui. Er is uitgegaan van het feit dat de hoogste piek van een bui het schademechanisme is. Het kan echter voorkomen dat een bui begint met een piek waarmee stedelijke afwateringssystemen zich vullen en het vervolgens nog uren door blijft regenen. Schade kan dan lange tijd na de piek optreden.

Behalve de hoogste piek zou ook gekeken moeten worden naar een combinatie van factoren, bijvoorbeeld het totale volume van de bui, het volume voor en na de piek en andere pieken. Hierdoor kan er waarschijnlijk een beter referentietijdstip (waarop de schade zou ontstaan) worden gegeven aan een bui.

Hagel

De KNMI-weerstations registreren de hoeveelheid neerslag. Deze neerslag kan echter bestaan uit onder andere regen, sneeuw of hagel. Sneeuw en hagel worden in de meetapparatuur gesmolten, en de hoeveelheid gesmolten water wordt vervolgens als uursom gemeten. Met name hagel kan de resultaten van dit onderzoek beïnvloeden, doordat dit hogere opstalschade kunnen aanrichten doordat het in harde vorm uit de lucht komt vallen. Niet alle verzekeraars waarvan data beschikbaar is geven aan of de schade is veroorzaakt door regen of hagel.

Schadedatum

In de gebruikte methode is voor iedere bui een datum toegekend. Dit is de datum waarop de hoogste piek van die bui heeft plaatsgevonden. Per claim is een claimdatum vermeld. De claimdatum van schade die rond de dagwisseling heeft plaatsgevonden is echter een onderwerp van discussie. Als de schade eigenlijk om 11 uur heeft plaatsgevonden, maar de volgende dag is ontdekt, zou het kunnen dat er eigenlijk de verkeerde datum is vermeld. Dit heeft tot resultaat dat een schademelding aan een verkeerde bui wordt gekoppeld.

Het tijdstip van neerslagmetingen is genoteerd in UCT. Deze tijdsnotering verschilt echter 1 uur in de winter en 2 uur in de zomer met de Nederlandse tijd. Hierdoor krijgen buien die in tussen 0:00 en 1:00 (in de zomer 2:00) Nederlandse tijd vallen, de datum van de vorige dag toegekend. Deze twee factoren in overweging nemende is het niet mogelijk conclusies te trekken over gegevens van buien en de daaraan gekoppelde verzekeringsinformatie waarvan de piek rond middernacht heeft plaatsgevonden.

Extremen

Deze studie heeft tot doel het al dan niet vinden van een verband tussen neerslagextremen en schade. Hoewel er is gekeken naar extremen (piekintensiteit $> 5\text{mm/h}$), is dit een beperkte dataset, waardoor de statistische analyse minder concluderend is. Tijdens de winterperiode zijn er slechts 21 waarnemingen hiervan in uurvak 10. Hiervan zijn bij slechts 5 waarnemingen schade gemeld, te weinig om conclusies op te baseren.

Statistische analyse

In de analyse naar significante afwijkingen van verzekeringsdata is gebruik gemaakt van t-tests. Deze test kan 2 verdelingen met elkaar vergelijken, en met een vooraf bepaald significantieniveau zeggen of de gemiddeldes gelijk of ongelijk aan elkaar zijn. Voorwaarde hiervoor is echter dat de verdelingen normaal verdeeld zijn. Uit latere analyse blijkt echter dat dit niet het geval was en de rechter 'staart' van de verdeling veel langer was dan de linker, zie bijlage F.

4. Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is onderzocht of er een verband bestaat tussen het tijdstip waarop neerslagpieken plaatsvinden en verschillende schadestatistieken. Hiervoor is eerst gekeken naar neerslagvariaties gedurende de dag. Door middel van een χ^2 -test is aangetoond ($\alpha = 0.05$) dat de peiktijdstippen niet gelijk over de dag verdeeld zijn. Zowel in de zomer- als winterperiode komen er 's ochtends minder pieken voor en 's avonds meer.

Ook gekeken is naar de intensiteit van deze pieken per uurvak op de dag. Door middel van t-tests is aangetoond dat in de zomerperiode de piekintensiteiten gemiddeld significant lager zijn in de ochtend, en hoger in de avond. Voor de winterperiode zijn geen duidelijke conclusies te trekken.

Vervolgens is gekeken naar het relatieve aantal claims, de gemiddelde claimhoogte en de relatieve claimhoogte. Wanneer alle buien worden beschouwd is er sprake van significant lagere waarden voor het relatieve aantal claims en de relatieve claimhoogte in ochtend tijdens de zomerperiode. Dit geldt voor zowel inboedel- en opstalclaims. Voor de winterperiode zijn er wel significante afwijkingen gevonden, maar deze waren dermate verdeeld over de dag dat er niet te spreken is van een trend in de tijd. Voor de gemiddelde claimhoogte is zowel in de zomer- als winterperiode geen sprake van een dergelijke trend.

Wanneer alleen buien met een piekintensiteit van meer dan 5 mm/h worden bekeken, zijn dezelfde conclusies te trekken. Er zijn echter wel minder significant afwijkende waarden gevonden, waardoor het verband minder sterk is.

Als de resultaten van de verzekeringsgegevens in het licht van de neerslaggegevens wordt gezet zijn er 2 opmerkelijke resultaten. Tijdens de zomerperiode zijn de piekintensiteiten gemiddeld 56% hoger dan tijdens de winterperiode. Het relatieve aantal claims is voor inboedel- en opstalgegevens respectievelijk 86% en 49% hoger tijdens de zomerperiode. Voor de relatieve claimhoogte is dit voor inboedelgegevens 129% en voor opstalgegevens 77%.

Wanneer de dagvariaties tijdens de zomerperiode bekeken worden hebben hogere piekintensiteiten later op de dag (tot 20% hoger dan het gemiddelde) geen significante afwijkingen in de verzekeringsgegevens tot gevolg. Bij lagere piekintensiteiten in de ochtend (tot 16% lager dan het gemiddelde) is wel een significante verlaging in het relatieve aantal claims en de relatieve claimhoogte te zien. Voor inboedelgegevens zijn tijdens de ochtend de relatieve aantal claims en de relatieve claimhoogte respectievelijk tot 38% en 52% lager dan het gemiddelde. Voor opstalgegevens is dit tot 33% en 40% lager.

Op basis van deze gegevens is echter niet vast te stellen of de mogelijkheid van mensen tot het nemen van maatregelen invloed heeft op het aantal schademeldingen en de hoogte daarvan.

Aanbevelingen

Voor verder onderzoek naar een verband tussen het tijdstip waarop neerslag optreedt en de schade die het veroorzaakt is het nodig een beter inzicht te hebben in de schademechanieken. Als aan de hand van meer factoren zoals duur en volume beter kan worden vastgesteld op wat voor tijdstip de daadwerkelijke schade optreedt, kan een beter inzicht worden verkregen wat de invloed van dit tijdstip

is op de schadegegevens. Hoewel lastig, zou het van grote waarde kunnen zijn als schadegegevens niet alleen een datum maar ook een tijdstip van optreden zouden bevatten. Een meer gedetailleerde categorisering van de oorzaak van de schade kan ook helpen in een dergelijk onderzoek, omdat nu niet duidelijk is welke waterschade door neerslag wordt veroorzaakt en welke een andere oorzaak hebben.

Hoewel de tijdsresolutie van neerslaggegevens in dit onderzoek goed genoeg is, is de ruimtelijke resolutie voor verbetering vatbaar. Bijvoorbeeld met behulp van een techniek als regenradars zou een beter beeld verkregen kunnen worden over hoe veel en hoe lang het daadwerkelijk heeft geregend op een groot aantal locaties.

Bibliografie

- Grimm, L. G. (1993). *Statistical Applications for the Behavioral Sciences*. John Wiley & Sons, Inc.
- Interpolis (2011). Tien miljoen euro schade door noodweer. http://www.interpolis.nl/overinterpolis/media/nieuwsberichten/2011/tien_miljoen_euro_schade_door_noodweer.aspx. Geraadpleegd op: 11-09-2011.
- KNMI. Daggegevens van het weer in Nederland. <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/download.html>. Geraadpleegd op: 12-09-2012.
- KNMI. Uurgegevens van het weer in Nederland. <http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/>. Geraadpleegd op: 10-09-2012.
- KNMI (2011). 28 juni 2011: Zware buien verdrijven tropische hitte. http://www.knmi.nl/klimatologie/nieuws/onweer_juni11.html. Geraadpleegd op: 04-10-2012.
- R Core Team (2012). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0.
- Spekkers, M. H., M. Kok, F. H. L. R. Clemens, and J. A. E. ten Veldhuis (2012). A statistical analysis of insurance damage claims related to rainfall extremes. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 9(10), 11615–11640.
- Zhou, Q., T. E. P. Petersen, B. J. Thorsen, and K. Arnbjerg (2012). Verification of flood damage modelling using insurance data.
- Zuidervliet, J., M. Glasbergen, and J. de Jong (2009). Invloed van de systeemkeuze op de emissies van het afval watersysteem.

Appendices

A. Automatische KNMI-weerstations

Nr	Naam	Van	Tot	Nr	Naam	Van	Tot
210	Valkenburg	19510101	gisteren	280	Eelde	19060101	gisteren
225	IJmuiden	19710101	gisteren	283	Hupsel	19891016	gisteren
235	De Kooy	19060101	gisteren	286	Nieuw Beerta	19900117	gisteren
240	Schiphol	19510101	gisteren	290	Twenthe	19510101	gisteren
242	Vlieland	19801001	gisteren	310	Vlissingen	19060101	gisteren
249	Berkhout	19990312	gisteren	319	Westdorpe	19910625	gisteren
251	Hoorn	19940526	gisteren	323	Wilhelminadorp	19891102	gisteren
257	Wijk aan Zee	20010430	gisteren	330	Hoek van Holland	19710101	gisteren
260	De Bilt	19010101	gisteren	340	Woensdrecht	19930401	gisteren
265	Soesterberg	19510901	20081118	344	Rotterdam	19561001	gisteren
267	Stavoren	19900618	gisteren	348	Cabauw	19860301	gisteren
269	Lelystad	19900117	gisteren	350	Gilze-Rijen	19510101	gisteren
270	Leeuwarden	19510101	gisteren	356	Herwijnen	19890926	gisteren
273	Marknesse	19890101	gisteren	370	Eindhoven	19510101	gisteren
275	Deelen	19510101	gisteren	375	Volkel	19510201	gisteren
277	Lauwersoog	19910318	gisteren	377	Eil	19990501	gisteren
278	Heino	19891013	gisteren	380	Maastricht	19060101	gisteren
279	Hoogeveen	19890926	gisteren	391	Arcen	19900618	gisteren

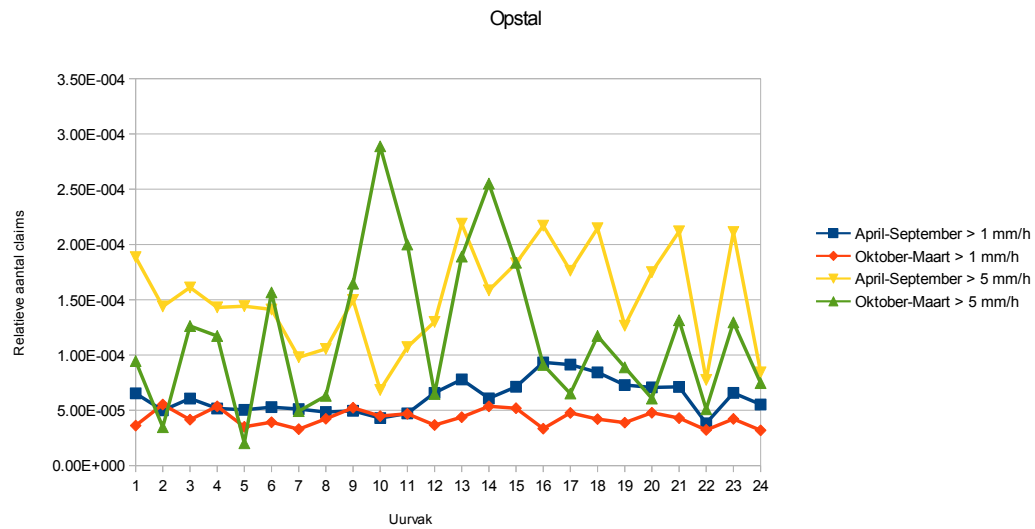
Tabel A.1: Overzicht looptijd KNMI-weerstations (KNMI, a), roodgedrukte stations zijn niet gebruikt omdat ze niet het gehele tijdsvenster beslaan of incomplete data vertonen. (Graadpleegd op: 12-09-2012)

B. Verdeling piekintensiteit per uurvak

Uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	Gemiddelde	P-waarde	Gemiddelde	P-waarde
1-24	3.692		2.369	
1	3.733	7.50E-001	2.286	8.79E-002
2	3.524	1.76E-001	2.317	2.92E-001
3	3.569	3.48E-001	2.344	6.42E-001
4	3.403	8.22E-003	2.403	5.14E-001
5	3.381	3.25E-003	2.334	4.34E-001
6	3.368	5.60E-003	2.289	6.22E-002
7	3.123	2.29E-009	2.343	5.48E-001
8	3.150	3.70E-008	2.331	3.99E-001
9	3.086	3.14E-011	2.302	1.44E-001
10	3.210	3.42E-007	2.275	4.37E-002
11	3.316	2.66E-004	2.293	1.35E-001
12	3.417	4.79E-003	2.314	2.60E-001
13	3.449	1.56E-002	2.264	2.12E-002
14	3.606	4.43E-001	2.375	9.05E-001
15	3.835	2.55E-001	2.456	8.80E-002
16	4.113	3.65E-004	2.414	3.30E-001
17	4.444	2.52E-008	2.394	6.05E-001
18	4.233	1.26E-005	2.392	6.01E-001
19	4.188	8.36E-005	2.371	9.65E-001
20	4.053	2.51E-003	2.434	1.81E-001
21	3.877	1.56E-001	2.479	5.26E-002
22	3.834	3.26E-001	2.417	3.50E-001
23	3.800	4.24E-001	2.477	3.44E-002
24	3.907	7.89E-002	2.484	3.82E-002

Tabel B.1: Gemiddelde piekintensiteit, p-waardes ≤ 0.05 zijn dikgedrukt

C. Relatieve aantal claims



Figuur C.1: Relatieve aantal opstalclaims per uurvak (gemiddelde)

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	relatieve aantal claims	p-waardes	relatieve aantal claims	p-waardes
1-24	4.53E-005		2.44E-005	
1	4.76E-005	0.8550822064	2.40E-005	0.8632696524
2	3.54E-005	0.0456999852	2.72E-005	0.3943236968
3	4.47E-005	0.9393588417	2.64E-005	0.5264129497
4	3.93E-005	0.2625173628	2.28E-005	0.4725037406
5	3.61E-005	0.0660730733	2.18E-005	0.3897367085
6	3.89E-005	0.4045265146	2.20E-005	0.2777511908
7	3.08E-005	0.0001516174	2.58E-005	0.6091124257
8	2.82E-005	2.81E-007	2.42E-005	0.9348770561
9	3.09E-005	0.0026536849	2.71E-005	0.311729614
10	3.40E-005	0.0420690604	2.45E-005	0.9871542953
11	3.22E-005	0.0288090098	2.52E-005	0.8456974402
12	5.08E-005	0.6549513592	2.81E-005	0.498308576
13	5.23E-005	0.644895172	2.30E-005	0.6350742848
14	4.89E-005	0.6137857004	2.26E-005	0.4188996177
15	4.68E-005	0.8243042572	3.09E-005	0.082350995
16	6.08E-005	0.0810937627	2.74E-005	0.3065262021
17	6.33E-005	0.1490437897	2.61E-005	0.4957914495
18	5.90E-005	0.0524042589	2.13E-005	0.0781095966
19	5.26E-005	0.3573349709	2.37E-005	0.7630962581
20	5.13E-005	0.4357810616	2.47E-005	0.9028967185
21	5.40E-005	0.3240351884	2.63E-005	0.5965120338
22	4.58E-005	0.9447720616	1.90E-005	0.0046071645
23	4.04E-005	0.4216423027	2.19E-005	0.2525074787
24	3.45E-005	0.0355828366	1.98E-005	0.0161492695

Tabel C.1: Relatieve aantal inboedelclaims per uurvak met bijbehorende p-waardes.

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	relatieve aantal claims	p-waardes	relatieve aantal claims	p-waardes
1-24	6.39E-005		4.28E-005	
1	6.53E-005	0.8908484737	3.62E-005	0.1169203946
2	5.00E-005	0.0447345424	5.52E-005	0.354459252
3	6.07E-005	0.7120055405	4.15E-005	0.8126762921
4	5.17E-005	0.0817571667	5.37E-005	0.079870171
5	5.05E-005	0.0802323903	3.51E-005	0.1970133278
6	5.28E-005	0.2315050127	3.92E-005	0.4938463979
7	5.11E-005	0.1732406135	3.29E-005	0.0068607429
8	4.85E-005	0.0250328927	4.23E-005	0.9330326869
9	4.95E-005	0.0504930012	5.23E-005	0.1900318269
10	4.30E-005	1.72E-005	4.47E-005	0.798160453
11	4.72E-005	0.0224622937	4.68E-005	0.5410384402
12	6.59E-005	0.8523010246	3.67E-005	0.1577504734
13	7.79E-005	0.5323326689	4.38E-005	0.8594496106
14	6.08E-005	0.7542454726	5.36E-005	0.1713254945
15	7.13E-005	0.3982236595	5.19E-005	0.1957449191
16	9.34E-005	0.0347733462	3.34E-005	0.008988815
17	9.13E-005	0.0830356584	4.77E-005	0.5625359176
18	8.43E-005	0.0568985987	4.20E-005	0.8971084205
19	7.29E-005	0.3506199931	3.89E-005	0.4182201227
20	7.08E-005	0.5330052776	4.78E-005	0.6507588592
21	7.12E-005	0.5761532205	4.30E-005	0.9694236266
22	3.83E-005	3.82E-007	3.23E-005	0.0040157353
23	6.57E-005	0.8905959655	4.22E-005	0.929060392
24	5.53E-005	0.2506752822	3.19E-005	0.0032346105

Tabel C.2: Relatieve aantal opstalclaims per uurvak met bijbehorende p-waardes.

April-September			Oktober-Maart	
uurvak	relatieve aantal claims	p-waardes	relatieve aantal claims	p-waardes
1-24	1.21E-004		5.47E-005	
1	1.68E-004	4.61E-001	6.37E-005	5.35E-001
2	1.08E-004	5.99E-001	4.74E-005	6.68E-001
3	1.40E-004	6.75E-001	8.21E-005	5.66E-001
4	1.05E-004	5.06E-001	4.31E-005	4.68E-001
5	1.10E-004	7.03E-001	2.20E-005	1.56E-003
6	1.24E-004	9.56E-001	1.58E-005	1.10E-004
7	7.03E-005	1.19E-003	6.64E-005	6.29E-001
8	5.00E-005	2.38E-008	4.57E-005	5.51E-001
9	8.43E-005	2.34E-001	5.74E-005	8.88E-001
10	9.19E-005	3.61E-001	3.69E-005	3.08E-001
11	1.06E-004	6.81E-001	1.34E-004	3.70E-001
12	9.11E-005	2.69E-001	4.06E-005	2.78E-001
13	6.38E-005	5.56E-003	6.18E-005	6.98E-001
14	1.47E-004	4.54E-001	5.20E-005	8.93E-001
15	1.23E-004	9.62E-001	9.73E-005	2.44E-001
16	1.60E-004	2.57E-001	6.94E-005	6.14E-001
17	1.60E-004	3.88E-001	6.05E-005	7.59E-001
18	1.55E-004	1.91E-001	3.79E-005	9.66E-002
19	1.09E-004	6.54E-001	4.45E-005	4.96E-001
20	1.27E-004	8.46E-001	5.33E-005	9.09E-001
21	1.58E-004	3.53E-001	7.73E-005	5.47E-001
22	1.24E-004	9.31E-001	1.77E-005	1.74E-006
23	1.05E-004	5.44E-001	3.29E-005	7.48E-002
24	7.40E-005	1.60E-002	3.74E-005	1.87E-001

Tabel C.3: Relatieve aantal inboedelclaims per uurvak met bijbehorende p-waardes, gefilterd op piekintensiteit > 5 mm/h

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	relatieve aantal claims	p-waardes	relatieve aantal claims	p-waardes
1-24	1.59E-004		1.16E-004	
1	1.89E-004	5.60E-001	9.45E-005	6.85E-001
2	1.44E-004	6.73E-001	3.48E-005	6.65E-005
3	1.61E-004	9.43E-001	1.26E-004	8.72E-001
4	1.43E-004	6.36E-001	1.17E-004	9.75E-001
5	1.44E-004	7.36E-001	2.03E-005	6.47E-009
6	1.41E-004	7.47E-001	1.57E-004	6.87E-001
7	9.80E-005	2.48E-002	4.93E-005	1.96E-002
8	1.06E-004	1.22E-001	6.31E-005	5.81E-002
9	1.50E-004	8.47E-001	1.65E-004	3.25E-001
10	6.84E-005	1.89E-006	2.89E-004	2.24E-001
11	1.07E-004	1.21E-001	2.00E-004	5.42E-001
12	1.30E-004	2.23E-001	6.48E-005	2.93E-002
13	2.19E-004	6.18E-001	1.89E-004	4.54E-001
14	1.59E-004	9.97E-001	2.55E-004	2.03E-001
15	1.83E-004	5.31E-001	1.84E-004	4.58E-001
16	2.17E-004	2.10E-001	9.11E-005	4.51E-001
17	1.76E-004	6.97E-001	6.51E-005	3.94E-002
18	2.15E-004	1.55E-001	1.17E-004	9.64E-001
19	1.27E-004	2.49E-001	8.89E-005	5.50E-001
20	1.75E-004	6.89E-001	6.07E-005	2.77E-002
21	2.12E-004	3.82E-001	1.32E-004	7.73E-001
22	7.76E-005	3.24E-005	5.10E-005	7.78E-003
23	2.11E-004	4.37E-001	1.30E-004	8.51E-001
24	8.43E-005	3.27E-004	7.46E-005	1.84E-001

Tabel C.4: Relatieve aantal opstalclaims per uurvak met bijbehorende p-waardes, gefilterd op piek-intensiteit > 5 mm/h

D. Gemiddelde claimhoogte

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	gemiddelde claimhoogte	p-waardes	gemiddelde claimhoogte	p-waardes
1-24	606.8		550.8	
1	630.9	0.633849938	561.6	0.8552037156
2	516.5	0.063053748	409.3	0.0004958377
3	603.3	0.952650599	580.9	0.6720981909
4	769.9	0.094007738	607.7	0.359817707
5	566.7	0.345312473	495	0.242052383
6	544.7	0.152673045	521.4	0.5348634212
7	466	0.002368905	542.1	0.8539498188
8	673	0.426803758	560.9	0.8576780835
9	599.9	0.917015422	497	0.2989806373
10	675.6	0.35101625	514.1	0.4818561165
11	573.9	0.487363881	658.7	0.2211913492
12	527.4	0.05921903	706.4	0.266522306
13	713.9	0.206877974	611.3	0.4945976584
14	519.1	0.02735278	452.8	0.0057018074
15	587	0.698649998	544.9	0.9095622385
16	710	0.176746332	469.9	0.0239372214
17	622.3	0.741312994	497.7	0.1952360101
18	655.7	0.347934527	590.4	0.5203592722
19	621.4	0.803400105	556.6	0.9316143826
20	551.6	0.248806014	590.1	0.5199209923
21	497.3	0.011275542	565.5	0.7677388478
22	580.5	0.641588709	682.5	0.2509866603
23	660.8	0.302045534	512.3	0.4336916126
24	622.2	0.87039561	484.6	0.1349553458

Tabel D.1: Gemiddelde claimhoogte inboedel per uurvak met bijbehorende p-waardes

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	gemiddelde claimhoogte	p-waardes	gemiddelde claimhoogte	p-waardes
1-24	971.8		941.1	
1	995	0.77103079	809.4	0.10092928
2	1022	0.69860168	797.6	0.06194861
3	985.4	0.85906333	1031	0.36199423
4	1122	0.22294893	1025	0.36652341
5	1062	0.31985714	922	0.87575242
6	905.8	0.45186288	1096	0.37345416
7	834.5	0.13111221	919.3	0.7988608
8	936.6	0.73675729	830.5	0.13702674
9	1049	0.65827518	876.9	0.53402483
10	1131	0.19684092	888.2	0.60685321
11	985.3	0.90825038	1082	0.25276532
12	901.7	0.38198294	953.2	0.91568581
13	1042	0.51778451	1032	0.39538476
14	898.2	0.21278787	867.7	0.29293132
15	852	0.05647991	1004	0.56971086
16	922.7	0.47793313	852.9	0.24103005
17	905.8	0.32625407	885.7	0.64889757
18	1163	0.04582195	943.4	0.97688348
19	909.2	0.4513315	1056	0.42730757
20	982.4	0.89774126	1035	0.43094979
21	913.5	0.55212596	892.6	0.62562158
22	851.3	0.07080011	879.2	0.56015295
23	965.5	0.93550474	971.5	0.74462718
24	1031	0.58690247	867.3	0.3986485

Tabel D.2: Gemiddelde claimhoogte opstal per uurvak met bijbehorende p-waardes

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	gemiddelde claimhoogte	p-waardes	gemiddelde claimhoogte	p-waardes
1-24	689.2		655.3	
1	751.3	0.5180273411	779.7	6.71E-001
2	614.1	0.3482725232	580.3	7.06E-001
3	648.7	0.7431004418	372.6	7.12E-003
4	904.7	0.3895305002	417.4	2.95E-003
5	678.3	0.9150017633	875.7	4.47E-001
6	700.6	0.9132528539	1024	1.67E-001
7	496.2	0.0312372996	532.3	5.11E-001
8	806	0.5831543077	591	6.69E-001
9	435.4	0.0002197819	186.3	2.34E-014
10	898.5	0.2574031839	463.7	2.75E-001
11	628	0.4594167698	524.9	3.96E-001
12	531	0.0083458219	1004	2.55E-001
13	732.3	0.858204956	673.5	9.31E-001
14	664.7	0.7936100224	328.4	1.29E-005
15	660.5	0.7770084281	578.3	5.39E-001
16	757	0.3537350451	412	1.92E-003
17	849.9	0.1151161695	395.4	1.02E-002
18	643.5	0.4467131066	1535	1.32E-001
19	603.1	0.1797272943	381.7	1.77E-002
20	636.2	0.4946644252	962.9	1.95E-001
21	490.8	0.0026621995	624.4	9.03E-001
22	617.5	0.480742052	734.2	7.08E-001
23	786.2	0.4812052476	716.3	7.75E-001
24	839.2	0.5517469426	562.9	4.49E-001

Tabel D.3: Gemiddelde claimhoogte inboedel per uurvak met bijbehorende p-waardes, alleen buien met minimaal 1 claim en een piekintensiteit > 5 mm/h zijn meegenomen

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	gemiddelde claimhoogte	p-waardes	gemiddelde claimhoogte	p-waardes
1-24	1004		932.2	
1	1079	6.35E-001	1488	0.46946191
2	1166	3.95E-001	455.6	0.022535458
3	1019	9.04E-001	633.6	0.331253492
4	880.3	5.03E-001	1100	0.516721744
5	1302	8.78E-002	2653	0.466531843
6	1073	6.99E-001	622.9	0.197290066
7	756.3	1.76E-001	551.4	0.208956487
8	1162	6.56E-001	1053	0.765643902
9	755.6	8.62E-002	963.6	0.903536522
10	1199	3.12E-001	746.8	0.505361627
11	1503	1.99E-001	1264	0.599745247
12	1240	2.62E-001	921.9	0.971559404
13	735.3	7.62E-003	1012	0.802845954
14	859.1	1.33E-001	741.6	0.302127701
15	763.7	1.52E-003	967.5	0.881872239
16	1029	8.45E-001	1150	0.511758762
17	951.8	5.62E-001	493.4	0.002745148
18	1214	1.31E-001	696.7	0.077271803
19	954.4	7.06E-001	831.8	0.63461351
20	898.1	2.56E-001	744.9	0.198687855
21	601.3	5.61E-008	941.6	0.966767791
22	911.7	5.14E-001	1010	0.840420054
23	921	5.29E-001	987.3	0.810663212
24	1223	3.49E-001	1059	0.767056339

Tabel D.4: Gemiddelde claimhoogte opstal per uurvak met bijbehorende p-waardes, alleen buien met minimaal 1 claim en een piekintensiteit > 5 mm/h zijn meegenomen

E. Relatieve claimhoogte

uurvak	April-September		Oktober-Maart	
	relatieve claimhoogte	p-waardes	relatieve claimhoogte	p-waardes
1-24	0.02825		0.01235	
1	0.03482	0.5386253085	0.0126	0.9045523742
2	0.02025	0.1054430925	0.01051	0.2840058449
3	0.02406	0.363094991	0.01228	0.9658944827
4	0.02365	0.2839263923	0.01182	0.7545865173
5	0.01939	0.0185017728	0.01027	0.3460960052
6	0.01856	0.0018133717	0.01334	0.7518146942
7	0.01346	1.07E-010	0.0131	0.7393567678
8	0.01535	4.18E-007	0.012	0.8630939225
9	0.01754	0.006183959	0.01169	0.7320015868
10	0.01907	0.0105200116	0.0111	0.4341519024
11	0.01815	0.0022266398	0.01749	0.1461422474
12	0.02689	0.8403795808	0.01576	0.273630389
13	0.0389	0.3535985991	0.0132	0.6978006348
14	0.02358	0.1750198375	0.008124	5.40E-006
15	0.02926	0.833314938	0.01728	0.3758078571
16	0.04656	0.017893323	0.01121	0.4187317552
17	0.04383	0.2269149755	0.01408	0.4711790111
18	0.04477	0.028360234	0.0118	0.7248734086
19	0.03464	0.2831862166	0.01164	0.7395822718
20	0.03192	0.6127586595	0.01233	0.9883848721
21	0.02389	0.3335696307	0.01238	0.990442489
22	0.02743	0.8756721392	0.0122	0.9662563832
23	0.03571	0.4419154	0.01043	0.2915280672
24	0.01916	0.0045603382	0.009432	0.047222825

Tabel E.1: Relatieve claimhoogte inboedel per uurvak met bijbehorende p-waardes.

April-September			Oktober-Maart		
uurvak	relatieve claimhoogte	p-waardes	relatieve claimhoogte	p-waardes	
1-24	0.06296		0.03551		
1	0.08707	0.2165506276	0.02903	0.1514004004	
2	0.05329	0.3777189916	0.03827	0.7739379188	
3	0.05573	0.4238354017	0.0385	0.6850770272	
4	0.05344	0.3354569926	0.04274	0.164878727	
5	0.06038	0.8257791977	0.02959	0.3765605834	
6	0.03828	4.48E-005	0.03466	0.8890133203	
7	0.03724	0.0080237136	0.02639	0.0195953996	
8	0.03777	1.37E-005	0.03204	0.4517420854	
9	0.0446	0.0180765256	0.03614	0.9086116174	
10	0.04811	0.0495990764	0.0355	0.998694488	
11	0.04955	0.187888366	0.04497	0.2177823237	
12	0.0641	0.9314299882	0.03003	0.2705227442	
13	0.07307	0.6129307304	0.04666	0.2119545216	
14	0.05951	0.8197863526	0.04567	0.2097642058	
15	0.05901	0.6988603951	0.04989	0.1668336779	
16	0.09954	0.0541557376	0.02788	0.0726909449	
17	0.08174	0.376690226	0.03797	0.7380010218	
18	0.1044	0.0325337728	0.03246	0.5565807392	
19	0.07541	0.422817883	0.03459	0.8914462783	
20	0.07584	0.3546186268	0.04007	0.5586625581	
21	0.06126	0.9048474341	0.03291	0.5659066627	
22	0.03765	0.0009843396	0.02549	0.0171831391	
23	0.05809	0.674057515	0.03328	0.6168944466	
24	0.04367	0.002910946	0.02495	0.0033973147	

Tabel E.2: Relatieve claimhoogte opstal per uurvak met bijbehorende p-waardes

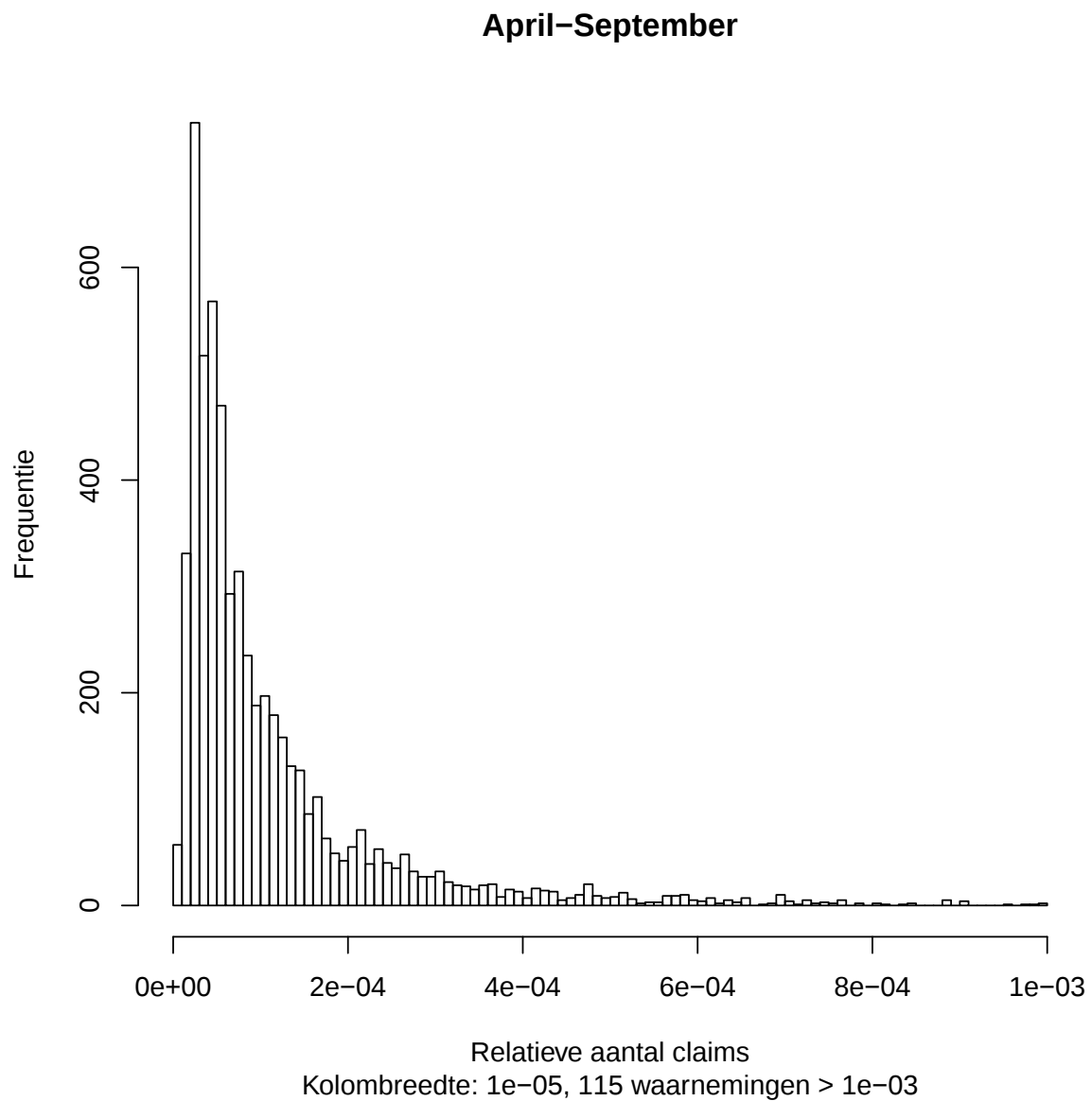
April-September			Oktober-Maart	
uurvak	relatieve claimhoogte	p-waardes	relatieve claimhoogte	p-waardes
1-24	0.08272		0.02864	
1	0.138	3.10E-001	0.05313	0.3135473652
2	0.0819	9.77E-001	0.03882	0.5769220486
3	0.08268	9.99E-001	0.02802	0.9677686402
4	0.06297	2.74E-001	0.01674	0.108388207
5	0.06644	4.69E-001	0.02742	0.9474143293
6	0.05992	1.66E-001	0.01904	0.3935863759
7	0.03309	1.15E-005	0.02151	0.3923207387
8	0.02803	1.62E-007	0.02898	0.980651396
9	0.05136	2.12E-001	0.01133	0.0006585263
10	0.04778	2.10E-002	0.0144	0.0953487407
11	0.05907	1.77E-001	0.05385	0.4448794578
12	0.05191	1.45E-001	0.03956	0.5475392017
13	0.04546	4.11E-002	0.02892	0.9745845631
14	0.07555	6.59E-001	0.01398	0.0067627708
15	0.07518	6.86E-001	0.03962	0.4732753599
16	0.1337	8.58E-002	0.02141	0.42129194
17	0.125	3.73E-001	0.02668	0.8619607385
18	0.1191	1.53E-001	0.05039	0.288411449
19	0.07441	6.59E-001	0.01842	0.2164453004
20	0.09696	6.12E-001	0.04299	0.2410229
21	0.06505	3.47E-001	0.03082	0.8848796498
22	0.07002	5.30E-001	0.01056	0.0001776841
23	0.1276	3.61E-001	0.01769	0.0868215711
24	0.04636	2.38E-003	0.02115	0.4502721107

Tabel E.3: Relatieve claimhoogte inboedel per uurvak met bijbehorende p-waardes, gefilterd op piekintensiteit > 5 mm/h

April-September			Oktober-Maart	
uurvak	relatieve claimhoogte	p-waardes	relatieve claimhoogte	p-waardes
1-24	0.1672		0.1011	
1	0.2848	2.09E-001	0.07819	5.70E-001
2	0.191	6.95E-001	0.01505	3.03E-008
3	0.1752	8.55E-001	0.04475	2.31E-002
4	0.1191	1.95E-001	0.09887	9.58E-001
5	0.1991	6.17E-001	0.114	9.05E-001
6	0.1028	3.18E-002	0.0443	2.26E-002
7	0.0669	3.78E-005	0.02204	3.40E-005
8	0.08339	1.02E-003	0.07061	3.96E-001
9	0.1123	1.74E-001	0.1444	4.41E-001
10	0.09063	9.45E-003	0.3344	2.55E-001
11	0.1404	5.27E-001	0.2023	4.74E-001
12	0.1465	5.17E-001	0.05858	1.04E-001
13	0.1276	4.15E-001	0.2403	3.29E-001
14	0.1782	8.88E-001	0.2154	2.20E-001
15	0.1336	3.87E-001	0.1744	4.90E-001
16	0.2823	1.15E-001	0.08487	6.29E-001
17	0.2027	6.47E-001	0.04196	1.37E-002
18	0.3016	8.49E-002	0.08423	5.49E-001
19	0.1114	6.93E-002	0.1182	8.60E-001
20	0.1901	6.50E-001	0.04762	3.88E-002
21	0.1296	3.05E-001	0.09833	9.52E-001
22	0.09652	4.72E-002	0.04123	7.37E-003
23	0.1868	7.23E-001	0.0758	4.40E-001
24	0.0768	2.33E-005	0.05779	8.73E-002

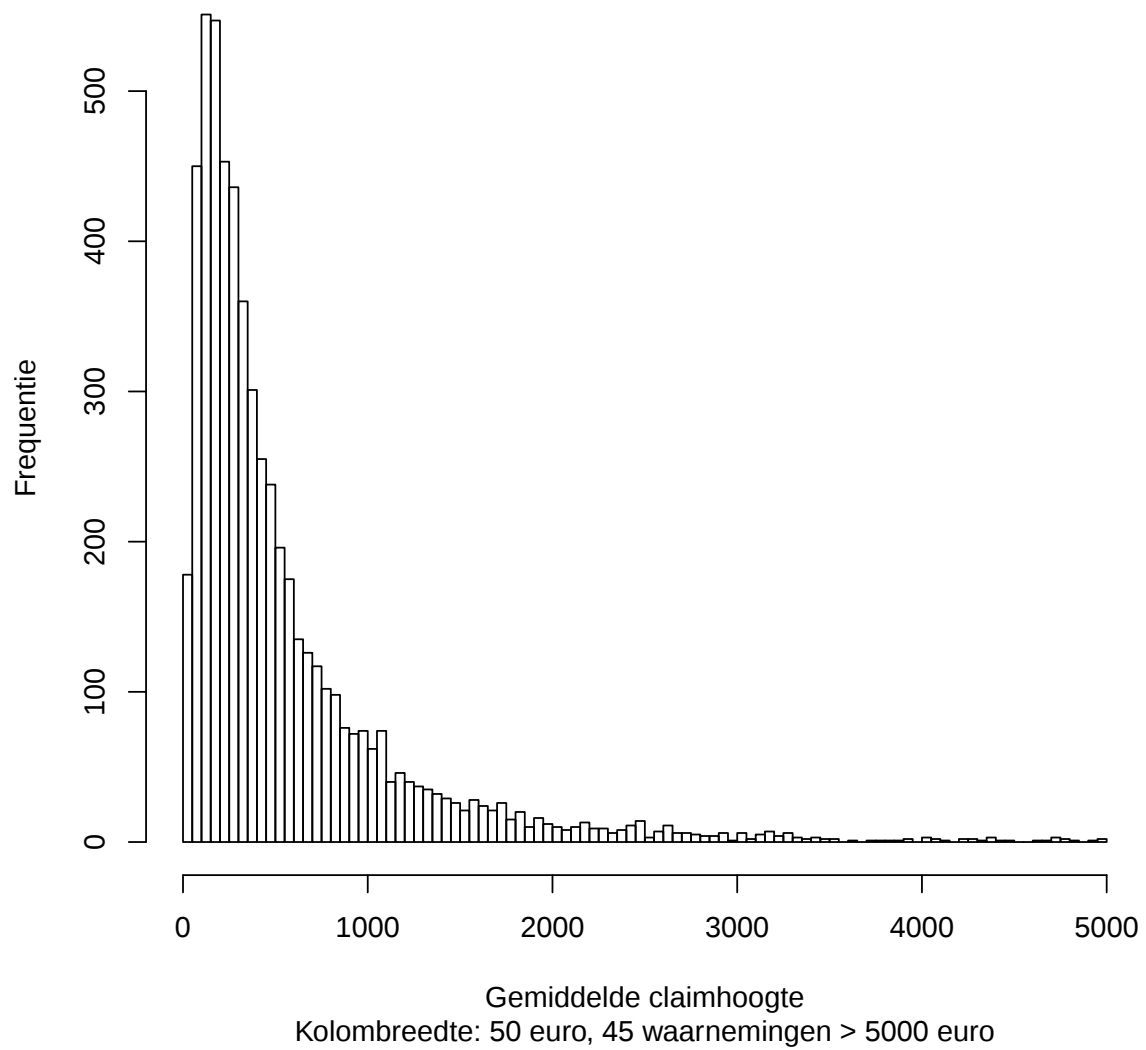
Tabel E.4: Relatieve claimhoogte opstal per uurvak met bijbehorende p-waardes, gefilterd op piek-intensiteit > 5 mm/h

F. Verdelingen schadegegevens



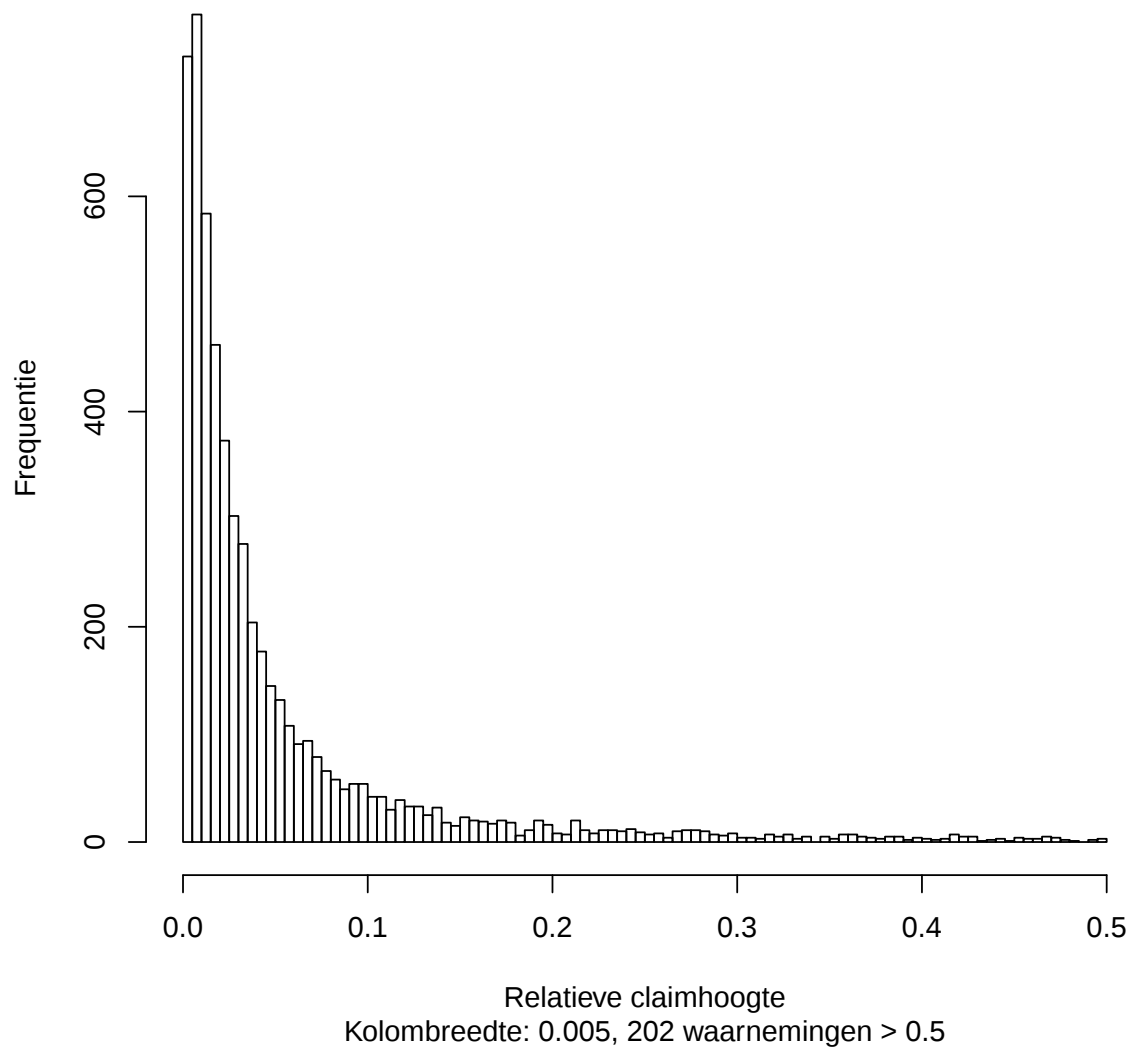
Figuur F.1: Verdeling van het relatieve aantal claims tijdens de zomerperiode

April-September



Figuur F.2: Verdeling van de gemiddelde claimhoogte tijdens de zomerperiode

April-September



Figuur F.3: Verdeling van de relatieve claimhoogte tijdens de zomerperiode

G. R code

```
1 #####
2 # Loop Rainfall Tool #
3 # By: Matthieu Spekkers , 2011 #
4 # Changed by: Emiel Verstegen , 2012 #
5 #####
6 rm( list=ls( all=TRUE))
7 source("E:/Documents/TU Delft/3e jaar/BSc Eindwerk/Analyse/func.r")
8 library("stringr")
9
10 #USER INPUT
11 folder_input <- "E:/Documents/TU Delft/3e jaar/BSc Eindwerk/Analyse/input/" #
12     folder with your rainfall data
13 folder_output <- "E:/Documents/TU Delft/3e jaar/BSc Eindwerk/Analyse/output/"
14     #folder for output database of rainfall events and characteristics
15 Stat <- 210 #number of station , just an example
16 s_date <- c("1992-01-01") #start date
17 e_date <- c("2010-12-31") #end data
18 Th <- c(1) #filter Threshold in mm/h
19 Dry <- 12 #dry time definition
20 Peakfilter <- 0
21 id_method <- 1
22 time_method <- 1
23
24 DryLoop <- c(12)
25 Stat.false <- c(225,242,319,330)
26
27 print("reading file")
28 R.input <- read.table(paste(folder_input,"input.txt", sep=""), header=TRUE, sep=
29     ", ", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE, stringsAsFactors = FALSE)
30
31 print("done reading file")
32 Stat.list <- unique(R.input$station)
33
34 rainevents <- data.frame(
35     id=numeric(0),
36     location=numeric(0),
```

```

peakint=numeric(0),
35 peakdate=numeric(0),
peaktime=numeric(0))

37
for(Stat in Stat.list){
39   print(Stat)
   flush.console() # force the output
41
   if(!(Stat %in% Stat.false)){
43     Stat.data <- deriveRC(R.input, Stat, s_date, e_date, Th, Dry, folder_input,
        folder_output, Peakfilter, id_method)
        rainevents <- rbind(rainevents, Stat.data)
45   }
}
47
#Writing extremes to file
49 s_date <- str_replace_all(s_date, "-", "")
e_date <- str_replace_all(e_date, "-", "")
51 nostat <- length(Stat.list)-length(Stat.false)
exportfile <- paste(folder_output, "rainevents - ", sprintf( "%03d", nostat), "
    stations - Dry ", Dry, "-", s_date, "-", e_date, sep="")
53 exportfile <- str_replace(exportfile, "[.]", "_")
exportrdata <- paste(exportfile, ".RData", sep="")
55 exporttxt <- paste(exportfile, ".txt", sep="")
save(rainevents, file=exportrdata)
57 write.table(rainevents, exporttxt)

```

Bijlagen/main.R

```

1 #####
# Load rainfall data & derive RC #
3 # By: Matthieu Spekkers, 2011 #
# Changed by: Emiel Verstegen, 2012 #
5 #####

7 deriveRC <- function(R, Stat, s_date, e_date, Th, Dry, folder_input, folder_
    output, Peakfilter, id_method){
9
# subsetting based on station
11 R <- R[which(R$station==Stat),]

13
#subsetting based on dates
15 R$date <- as.Date(as.character(R$date), "%Y%m%d")
R <- R[which(R$date>=s_date & R$date<=e_date),]

```

```

17
#-1 measurements to 0/0.1 mm/h to mm/h
19 R$depth[R$depth=="-1"] <- 0
R$station <- as.character(R$station)
21 R$depth <- as.numeric(as.character(R$depth))/10

23 #initiate matrix
mat <- mat.or.vec(nrow(R),3)

25
# mat[,1] 0 (dry) or 1 (wet) following Dp/Th-rule
27 Dp <- Dry; mat[,1] <- 1
mat[which(R$depth<=Th | is.na(R$depth)==TRUE),1] <- 0

29
y <- rle(mat[,1])
31 y$cumsum <- cumsum(y$lengths)
ye0 <- y$cumsum[which(y$values==0 & y$length<Dp)]
33 yl0 <- y$length[which(y$values==0 & y$length<Dp)]
ys0 <- ye0-yl0+1

35
for (i in 1:length(ys0)){
37   mat[ys0[i]:ye0[i],1] <- 1
}

39

41 #mat[,2] event ID / mat[,3] conditional cumsum
ld <- 0
43 z <- rle(mat[,1])
z$cumsum <- cumsum(z$lengths)
45 ze <- z$cumsum[which(z$values==1)]
zl <- z$length[which(z$values==1)]
47 zs <- ze-zl+1

49 for (i in 1:length(zs)){
ld <- ld+1
51 mat[zs[i]:ze[i],2] <- ld
a <- R$depth[zs[i]:ze[i]]; a[which(is.na(a))] <- 0
53 mat[zs[i]:ze[i],3] <- cumsum(a)
if (i<length(zs)){
55   if (zs[1]>1){
b <- R$depth[1:zs[1]-1]; b[which(is.na(b))] <- 0
57   mat[1:zs[1]-1,3] <- cumsum(b)
}
59 b <- R$depth[(ze[i]+1):(zs[i+1]-1)]; b[which(is.na(b))] <- 0
mat[(ze[i]+1):(zs[i+1]-1),3] <- cumsum(b)
61 }
}

```

```

}
63
R[,9:11] <- mat
65 names(R)[c(9,10,11)] <- c("rain_event", "id", "cumsum")

67 #Table per rainfall event with data: id, location, peakdate, peakintensity,
    peaktime
R.table <- data.frame(
69   id=numeric(0),
    location=numeric(0),
71   peakint=numeric(0),
    peakdate=numeric(0),
73   peaktime=numeric(0),
    duration=numeric(0))
75

77
for (i in 1:max(ld)){
79   R.table[i,1] <- i                                #index bui
   R.table[i,2] <- Stat                               #station
81   R.table[i,3] <- max(R$depth[which(R$id==i)], na.rm=TRUE)    #peak
        intensiteit

83   #peak date, in case of equal peaks, first date
   datum <- as.character(R$date[which(R$id==i & R$depth==R.table[i,3])])
85   R.table[i,4] <- datum[1]

87   #peak time, in case of equal peaks, first hour
   R.table[i,5] <- min(R$hour[which(R$id==i & R$depth==R.table[i,3])])
89   R.table[i,6] <- length(R$id[which(R$id==i)])          #duur/lengte blokken
        in uren
}

91
#filter extremes, based on peakintensity
93 R.table <- subset(R.table, peakint >= Peakfilter)

95
#return dataframe
97 return(R.table)
}

```

Bijlagen/func.R