

Klimaatverandering en riolering

Samenvatting

Hoe beïnvloedt de toekomstige klimaatverandering de extreme neerslag boven de stedelijke omgeving? En hoe houdt deze klimaatverandering zich ten opzichte van de natuurlijke klimaatschommelingen? Op basis van onderzoek naar deze klimaatvariaties werden recent de Vlaamse buien voor het ontwerp van rioleringen aangepast. Ook werd de invloed van deze aanpassing op rioleringsoverstromingen en riooloverstortfrequenties bestudeerd, en werden de richtlijnen voor kleinschalige buffering in de stedelijke omgeving aangepast. De zin en onzin van deze kleinschalige buffering wordt herzien, alsook de noodzaak voor een betere afstemming tussen stedelijk waterbeheer en ruimtelijke stadsplanning.

Recente klimaatrends versus klimaatschommelingen

Analyse van klimaatrends en de invloed ervan op de voorkomingsfrequentie van extreme neerslag (vb. deze die gebruikt wordt aan de basis van het rioleringsontwerp) gebeurt best op basis van historische meetreeksen die meerdere decennia omvatten. Naast trends ten gevolge van de klimaatverandering is er immers ook de invloed van klimaatschommelingen over perioden van één of enkele decaden. Dit is recent aangetoond op basis van een meetreeks van 10-minuten neerslagintensiteiten voor een periode van 110 jaar (sinds 1898) te Ukkel, Brussel [ref. 1, 2, 4, 9, 12]. Deze meetreeks van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) is wereldwijd bijzonder uniek, niet enkel omwille van haar lengte en de 10-minuten tijdstap, maar ook omdat de metingen sinds 1898 met dezelfde pluviograaf en op dezelfde meetlocatie gebeuren.

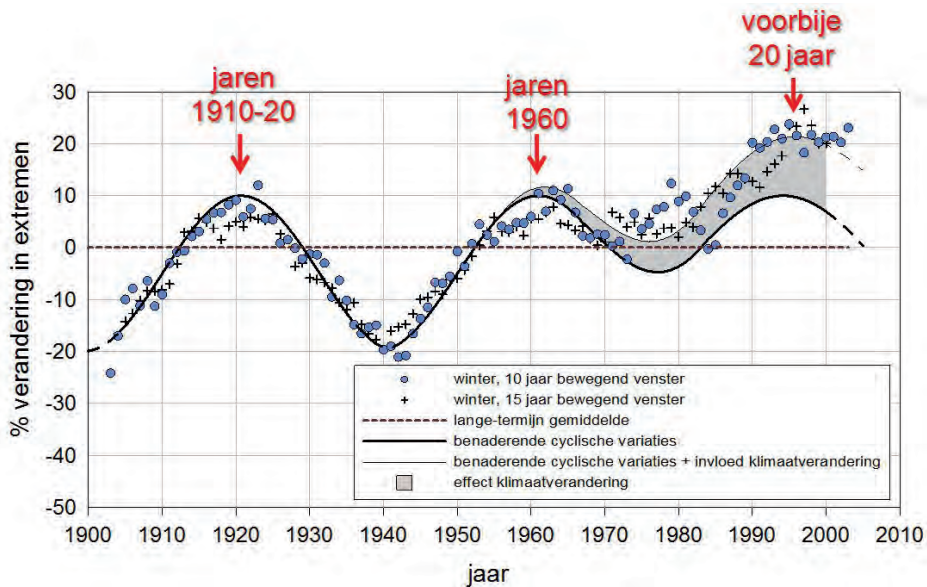
De analyse van extreme regenbuien in de unieke meetreeks van Ukkel geeft aan dat de neerslagextremen voor de wintermaanden sinds de jaren 60 van de vorige eeuw een stijgende trend vertonen (figuur 1) [ref. 1, 2, 4, 9, 12]. Sinds de jaren 90 zijn de neerslagextremen (voor eenzelfde kans op voorkomen) met 20 tot 25 procent gestegen in vergelijking met de ganse meetperiode vanaf het begin van de vorige eeuw. Deze stijging is wel niet volledig het gevolg van de klimaatopwarming (toegenomen uitstoot aan broeikasgassen). Hypothetisch zou ongeveer de helft van de stijging het gevolg kunnen zijn van



Patrick Willems
KU Leuven



Klimaatverandering en riolering



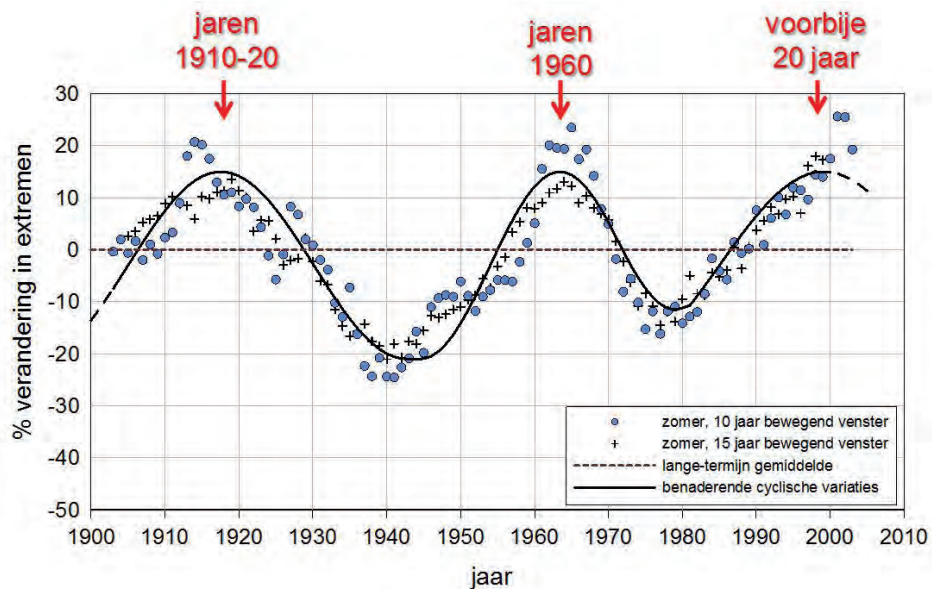
Figuur 1 - Variatie in extreme neerslagkwantielen, berekend als gemiddeld verschil in neerslagkwantielen op basis van deelperioden van 10 of 15 jaar (bewegend venster met stappen van 1 jaar) versus dezelfde neerslagkwantielen berekend op basis van de ganse beschikbare meetreeks 1898-2007, voor de wintermaanden december-januari-februari, voor een uitmiddeldingsduur van 10 minuten, en voor neerslagkwantielen > 0.8 mm [Ref. 1, 2, 9, 12].

natuurlijke klimaatschommelingen. In figuur 1 worden immers schommelingen waargenomen in de neerslagextremen over perioden van meerdere decennia. Tijdens de periode van 1910 tot 1920, 1960 en van 1990 tot 2000 kwamen meer en hogere neerslagextremen voor, terwijl de jaren 30-40 en 70-80 perioden waren met minder en minder hoge neerslagextremen. Het effect van de klimaatverandering werd voor de jaren 90-00 dus in grote mate versterkt door de schommelingspiek in deze periode. Op dit ogenblik is een daling ingezet in de klimaatschommeling, maar het effect van de klimaatverandering zet zich door. Voor de zomermaanden (figuur 2) worden dezelfde klimaatschommelingen waargenomen, maar is het effect van de klimaatverandering (nog) niet zichtbaar.

Gelijkaardige klimaatschommelingen werden vastgesteld voor andere neerslagmeetstations in noordwest Europa, ook voor Nederland [9]. Het neerslagklimaat blijkt te schommelen met perioden van 30 tot 60 jaar. De schommelingen vertonen een noord-zuid-variatie, met bijvoorbeeld een negatieve correlatie tussen Noord-Europa en Zuid-Europa [9]. Dat wil zeggen dat tijdens perioden met

meer extreme regenbuien in Nederland, België en omstreken, er net minder uitzonderlijke regenbuien voorkomen in Zuid-Europese landen zoals Italië, en omgekeerd. Dat heeft te maken met atmosferische circulatiepatronen. Hoge en lage drukgebieden schuiven vaker of minder vaak op naar het noorden of het zuiden van Europa en de Atlantische Oceaan gedurende perioden van 10 tot 30 jaar. In perioden met vaker hogedrukgebieden boven Scandinavië, zoals rond de jaren 1930-1940 en 1970, valt er minder extreme neerslag in onze streken, maar net meer extreme neerslag boven Zuid-Europa. In perioden met vaker hogedrukgebieden boven de Azoren, zoals rond de jaren 1910-1920, 1960 en de laatste 20 jaar, gebeurt het omgekeerde. Het luchtdrukverschil tussen Scandinavië en de Azoren is een goede indicator te zijn voor het feit of wij ons in een periode met meer of minder extreme regenval bevinden.

Deze kennis over de klimaatschommelingen heeft een beter inzicht gegeven in de tijdsvariabiliteit van het neerslagklimaat. De schommelingen kunnen immers de trend naar meer extreme neerslag als gevolg van de klimaatverandering tijdelijk versterken



Figuur 2 - Variatie in extreme neerslagkwantielen, berekend als gemiddeld verschil in neerslagkwantielen op basis van deelperioden van 10 of 15 jaar (bewegend venster met stappen van 1 jaar) versus dezelfde neerslagkwantielen berekend op basis van de ganse beschikbare meetreeks 1898-2007, voor de zomermaanden juni-juli-augustus, voor een uitmiddeldingsduur van 10 minuten, en voor neerslagkwantielen > 1 mm [Ref. 1, 2, 9, 12].

of afzwakken. Zo is er op dit ogenblik een trend naar minder extreme neerslag, maar die trend kan binnen enkele decennia omkeren en in combinatie met de toename in extreme neerslag als gevolg van de klimaatopwarming tot een sterke stijging leiden. Dit soort informatie is uiteraard van groot belang voor het ontwerp van rioleringsstelsels. Die dienen immers te worden ontworpen op basis van de verwachte evoluties tijdens de levensduur van de infrastructuur. In Vlaanderen werden op basis van de kennis over de klimaatschommelingen recent de Code van Goede Praktijk voor het ontwerp van rioleringsstelsels (Cooördinatiecommissie Integraal Waterbeleid) aangepast [1, 2]. De oude neerslagstatistieken waren gebaseerd op de meetperiode 1967-1993. In figuur 1 en 2 kan worden opgemerkt dat deze periode geen volledige schommelingsperiode van het klimaat omvat, maar vooral gecentreerd is rond het schommelingsdal van de jaren 70-80. Hierdoor zijn de neerslagstatistieken - gebruikt in de Code van Goede Praktijk - onderschat in vergelijking met de langdurigere statistieken. De aanwezigheid van oscillatiegolven in het neerslagklimaat is echter zeer recent ontdekt, die kennis was op het ogenblik van de opmaak van de Code in 1996 nog niet beschikbaar.

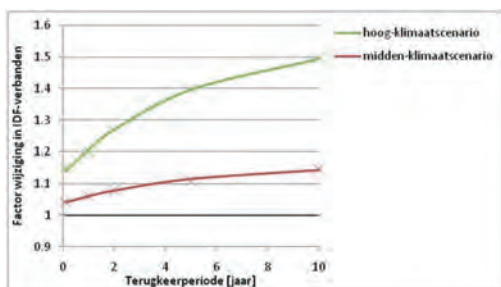
De neerslagstatistieken werden daarom aangepast. Gemiddeld was een aanpassing met +7.5 procent in de neerslagintensiteit vereist (voor tijdsduren van 10 minuten tot 1 dag). De correctie is gebaseerd op het verschil in neerslagstatistieken tussen de meetperioden 1898-2007 (volledige meetreeks) of 1970-2007 (meest recente schommelingsgolf) in vergelijking met de oude meetperiode 1967-1993.

Toekomstige trends door de klimaatverandering

In de toekomst zullen hoogstwaarschijnlijk bijkomende correcties nodig zijn. Klimaatprojecties op basis van klimaatmodellen geven immers aan dat de extreem hoge neerslagintensiteiten in zowel zomer als winter de volgende decennia met hoge waarschijnlijkheid verder zullen toenemen. Dit is het geval voor de meeste plaatsen in de wereld, ook in Nederland en België [Ref. 16]. Op basis van de huidige inzichten en kennis met betrekking tot het klimaatonderzoek, werden zowel in Nederland als België klimaatscenario's tot 2100 afgeleid samen met hun onzekerheid (KNMI'06 scenario's voor Nederland: <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/knmi06>; CCI-HYDR scenario's voor België: [83](http://www.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Klimaatverandering en riolering

kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR). Deze kunnen gebruikt worden bij het ontwerp van rioleringsstelsels en randvoorzieningen in functie van de ontwerpperiode. Figuur 3 geeft op basis van de Belgische klimaatscenario's de toename in neerslagintensiteit weer (voor tijdsduren tussen 10 minuten en 15 dagen) bij een midden- en hoog-klimaatscenario [Ref. 1, 11]. Het midden-klimaatscenario is een scenario waarbij 50 procent van de klimaatmodellen een hogere impact geven en 50 procent een lagere impact. Het hoog-klimaatscenario komt overeen met de hoogste impact van de bestudeerde klimaatmodelsimulaties. Uit figuur 3 blijkt dat een extreme neerslagintensiteit die zich momenteel gemiddeld eens per 10 jaar voordoet in het midden-klimaatscenario een 15 procent hogere intensiteit zal kennen tegen 2100, terwijl die stijging toeneemt tot 50 procent in een hoog-klimaatscenario. In dat hoog-klimaatscenario komt een neerslagintensiteit die zich nu gemiddeld eens per twee jaar voordoet, tegen 2100 gemiddeld eens per jaar voor. Of, met andere woorden, extreme regenbuien met zulke intensiteit (die typisch gebruikt worden voor het dimensioneren van rioolstelsels) doen zich in zulk scenario tweemaal zo vaak voor. Indien bestudeerd wordt hoe dit bijvoorbeeld de terugkeerperiode van overloop van buffervoorzieningen langs rioleringen beïnvloed, wordt gevonden dat ontwerpwaarden die volgens de huidige aanpak een terugkeerperiode van overloop van de buffervoorziening hebben van grootteorde 2 jaar, tegen het eind van deze eeuw onder het hoog-klimaatscenario een verkorte terugkeerperiode hebben van slechts een half jaar. Huidige ontwerpwaarden met een terugkeerperiode



Figuur 3. Factor toename in neerslagintensiteit i.f.v. de terugkeerperiode (gemiddelde herhalings tijd) voor de Belgische hoog- en laag-klimaatscenario's [Ref. 1, 11].

van 5 jaar, kennen in dat geval een verkorte terugkeerperiode tussen één en anderhalf jaar. Om in zulke omstandigheden toch eenzelfde veiligheid tegen overstroming te behouden, is er (afhankelijk van de specifieke karakteristieken van het stelsel) 15 tot 50 procent bijkomende bergingscapaciteit in het stelsel nodig.

Verwachte toename laagwaterproblematiek

Naast de stijging in de grote korte-duur hemelwaterpieken geven de klimaatmodellen voor de zomer een sterke daling van het aantal regendagen met kleine neerslaghoeveelheden. Hierdoor neemt – ondanks de toename in de extreme piekneerslag – de totale neerslaghoeveelheid in de zomermaanden af, wat aanleiding geeft tot verdroging. Door de sterke daling in de zomerneerslag en de toename in de verdamping zouden de laagwaterdebieten in onze rivieren aanzienlijk dalen. Voor Vlaanderen zou het laagste jaarlijks laagwaterdebiet tegen 2100 met meer dan 20 % dalen (gemiddeld 50 % voor het midden-scenario, gemiddeld 70 % in het meest ongunstige scenario). Het is duidelijk dat deze verwachte daling in laagwaterafvoeren de kans op watertekorten aanzienlijk kan doen toenemen, met mogelijk nadelige gevolgen voor het industrieel en huishoudelijk watergebruik, voor de diepgang van de scheepvaart, voor de waterkwaliteit, de ecologie langs de rivier valleien, enz. (zie <http://www.kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR>). Rekening houdend met de kennis dat Vlaanderen per inwoner een lage beschikbaarheid aan zoetwater heeft, kan dat aanleiding geven tot een belangrijke toename in de laagwaterproblematiek.

Klimaatadaptatie

Een belangrijke uitdaging zal er in bestaan om ons waterbeheer aan deze wijzigende omstandigheden aan te passen. Bij een toenemende tijdsvariatie in de neerslag (meer neerslag op korte tijd, lagere totale neerslagvolumes in de zomer) wordt best naar aanpassingen gezocht die de invloed van deze toenemende tijdsvariatie op de waterhuishouding tegengaan [Ref. 13, 16]. Dit houdt een betere planning van de regenwaterafvoer in (ook op het gemeentelijk niveau). Bij het (her)dimensioneren van



rioleringen en de bijhorende buffervoorzieningen (regenwatertanks, infiltratiebekkens, enz.) moet rekening gehouden worden met meer intense neerslagperiodes.

Naast technologische oplossingen (bijvoorbeeld intelligente sturing van onze bergings- en afvoersystemen) en het opzetten van voorspellings- en waarschuwingssystemen (zie bvb. www.raingain.eu en <http://www.kuleuven.be/hydr/plurisk>), moet meer aandacht gaan naar bronmaatregelen zoals opwaartse bergings- en infiltratievoorzieningen. Maximaal inzetten op opwaartse infiltratie (daar waar de ondergrond dit toelaat) laat toe om wateroverlast en verdroging gelijktijdig en meest efficiënt aan te pakken. Dit vraagt een betere afstemming tussen ruimtelijke planning (ook in de stedelijke omgeving) en waterbeheer [Ref. 7].

Verder zal het belang van lokale maatregelen toenemen, zoals verhoogde stoepranden, verdieping van de straat, of het doordacht aanleggen van lokale depressies in het openbaar domein (bijvoorbeeld in parken of andere groengebieden, sportterreinen en speeltuinen), of individuele afkoppeling/infiltratie

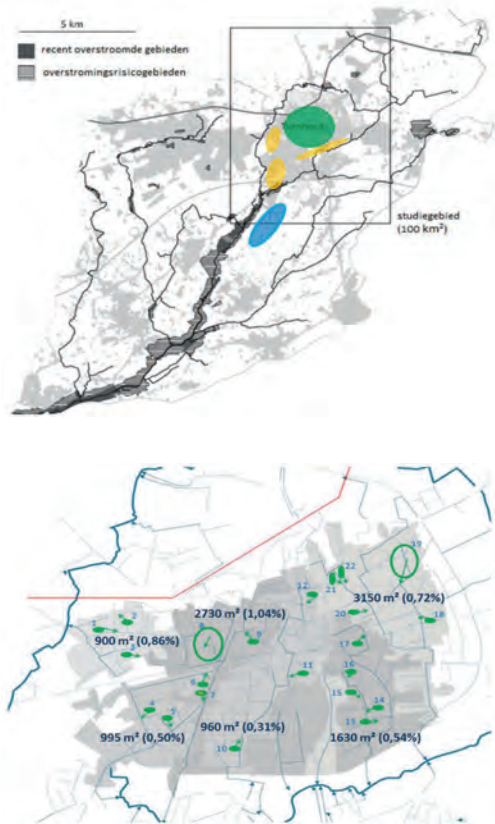
op privéterrein van regenwater. Dergelijke lokale en individuele maatregelen kunnen overstromingsschade beperken en cumulatief (wanneer op grote schaal uitgevoerd) meest efficiënt wateroverlast en verdroging hand-in-hand tegengaan.

Omwille van de grote onzekerheden in de toekomstige klimaatevoluties en bijhorende aanpassingen aan de ontwerpparameters wordt niet aanbevolen om toekomstige afvoer- en bergingssystemen en waterbeheersmaatregelen vanaf nu te ontwerpen volgens de toekomstige neerslagsscenario's. Wel wordt aanbevolen om bij nieuwe ontwerpen rekening te houden met de potentiële toekomstige klimaatverandering. Met "rekening houden" wordt bedoeld dat "no regret" en "climate proof" maatregelen worden genomen, en dat – in het licht van de grote onzekerheden – ontwerpen en maatregelen adaptief worden gemaakt [Ref. 13, 16]. Adaptief maken betekent dat men de mogelijkheid voorziet om later – indien zou blijken dat het klimaat in de richting van een zeer nadelig klimaatscenario opschuift – bijkomende berging, bijkomende pompcapaciteit, enz. te bouwen (liefst met zo beperkt mogelijke kost). Er moet worden voorkomen dat maatregelen worden genomen die dergelijke aanpassingen in de toekomst onmogelijk of zeer duur zouden maken. Uiteraard dient men in de toekomst de klimaatevoluties continu op te volgen en bij significant veranderende trends de klimaatprojecties bij te stellen (hopelijk gepaard gaande met verkleinde onzekerheden).

Nood aan betere afstemming tussen ruimtelijke planning, stadsontwerp en stedelijk waterbeheer

Berging en infiltratie in de stedelijke omgeving kan bijvoorbeeld door het doordacht aanleggen van lokale depressies in het openbaar terrein. In parken of andere groengebieden of open ruimtes in de stad, zoals recreatie-, sport- en speelgebieden (zie voorbeelden in foto's hierna), kan tijdelijk heel wat water geborgen worden. Laatste maatregel heeft bovendien het voordeel dat het geborgen water na de regenperiode infiltreert in de ondergrond, en alzo rechtstreeks bijdraagt tot het tegengaan van de verdroging. Het vereist echter een betere

Klimaatverandering en riolering



Figuur 4 - Situering van de Stad Turnhout en identificatie van groene zones in de stad die in aanmerking komen voor regenwaterberging en -infiltratie [Ref. 5].

afstemming tussen stedelijke ruimtelijke planning, stadsontwerp en stedelijk waterbeheer [Ref. 7]. Dergelijke afstemming wordt reeds geruime tijd als ondermaats bestempeld; zie o.a. conclusies van het internationaal congres over “Water & Urban Development Paradigms” aan de KU Leuven op 15-17 september 2008. Dit betekent concreet dat er een betere afstemming moet komen tussen de code van goede praktijk voor het ontwerp van rioleringssystemen, de watertoets, de gewestelijke stedenbouwkundige verordening en andere stedenbouwkundige voorschriften. Bovendien vereist het infiltreren van stedelijk regenwater in de ondergrond dat men naast het waterkwantiteitsaspect ook rekening houdt met de waterkwaliteit. Andere aspecten die moeten bekeken worden zijn de invloed op de verkeersveiligheid, de

verantwoordelijkheid van de wegbeheerder, maar ook de specifieke verantwoordelijkheden van de water- en rioolbeheerders, andere openbare domeinbeheerders, de individuele burgers (privéterreinen), de landbouw, enz.

In een concrete gevalstudie voor de stad Turnhout werd recent onderzocht welke concrete voordelen opwaartse buffering in de stad hebben op de vermindering van overstromingsrisico's langs zowel de riolering als de afwaartse waterloop [Ref. 5, 6, 8]. De locaties in de stad waar lokale buffering mogelijk is in combinatie met andere ruimtelijke functies werden geïdentificeerd na een interdisciplinaire samenwerking tussen waterbouwkundigen en stedelijke ontwerpers. Voor het begroten van de effecten op de overstromingsrisico's werden rioleringsmodellen met riviermodellen gekoppeld en werden deze fysisch-gebaseerde simulatiemodellen met statistische tijdreeksanalyse gecombineerd. Om de tijdreeks simulaties voor het integrale en uitgestrekte riolering-riviersysteem haalbaar te maken, werden vereenvoudigd conceptuele modellen geïdentificeerd en gekalibreerd aan de gedetailleerde volledig hydrodynamische modellen.

Samenvattend werd gevonden dat het implementeren van berging in groene zones voor amper 1% van de neerslagafstromingsoppervlakte van de stad tot een sterke reductie leidt van het overstromingsvolume langsheen de riolering met 30% tot 50% [Ref. 5]. De impact van deze groene zones op de afwaartse waterloop is echter verwaarloosbaar. Buffers afwaarts langs de riolering zorgen anderzijds voor een sterke reductie van de piekafvoeren naar de waterloop, maar door de tijdsverschuiving tussen de piekafvoeren van de riolering en deze in de waterloop, zorgt dit slechts voor een zeer beperkte ontlasting van de waterloop. Naast de nood aan een betere afstemming tussen stedelijk waterbeheer en stedelijke ruimtelijke planning, is er ook nog steeds hoge nood aan een betere afstemming tussen waterloop- en rioleringsbeheer.

Referenties voor meer informatie (beperkt tot eigen onderzoek)

Nederlandstalige referenties:

Over impact van klimaatverandering op extreme neerslag en rioleringsontwerp:

[1] Willems, P. (2012), 'Neerslagstatistieken herzien - invloed van klimaatverandering versus natuurlijke klimaatschommelingen', Riolering, jaargang 18, februari 2012, 11-12

[2] Willems, P. (2011), 'Evaluatie en actualisatie van de IDF-neerslagstatistieken te Ukkel', WT-Afvalwater, 6, 341-352

[3] Willems P. (2009), 'Invloed van klimaatverandering op ontwerpparameters voor rioleringen en buffervoorzieningen', Rioleringswetenschap, 36, 15-29

[4] Willems P., Ntegeka V., Berlamont J. (2007), 'Analyse van trends en meerjarige schommelingen in de neerslagextremen op basis van de meer dan 100 jaar 10 minuten neerslag te Ukkel', Rioleringswetenschap, 26, 45-53

Over de betere afstemming tussen stedelijk waterbeheer en ruimtelijke stadsplanning:

[5] De Vleeschauwer, K., Weustenraad, J., Willems, P. (2012), 'Vergelijking van buffering op- en afwaarts langs de riolering en waterloop. Een kwantitatieve studie voor Turnhout', WT-Afvalwater, jaargang 12, nr.5, 346-359

[6] Nolf, C., Putseys, I., De Meulder, B., Shannon, K., Willems, P., Devisch, O. (2012), 'Ruimte voor water in de stad: naar een meer geïntegreerde steden- en waterbouwkundige benadering', WT-Afvalwater, jaargang 12, nr.1, 3-15

[7] Nolf, C., Putseys, I., De Meulder, B., Shannon, K., Devisch, O., Willems, P. (2012), 'Water in de stad: Betere verwevenheid van stedenbouw en waterbeheer', vakblad Riolering, jaargang 18, maart 2012, 22-24

[8] Nolf, C., De Meulder, B., Shannon, K., Willems, P. (2012), 'Turnhout als (regen)water lab', vakblad

Riolering, jaargang 18, maart 2012, 18-20

Enkele Engelstalige referenties:

[9] Willems P. (2013), 'Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe', Climatic Change, 120(4), 931-944

[10] Arnbjerg-Nielsen, K., Willems, P., Olsson, J., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H., Nguyen, V-T-V. (2013). 'Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review', Water Science and Technology, 68(1), 16-28

[11] Willems, P. (2013). 'Revision of urban drainage design rules after assessment of climate change impacts on precipitation extremes at Uccle, Belgium', Journal of Hydrology, 496, 166-177

[12] Willems, P. (2013). 'Adjustment of extreme rainfall statistics accounting for multidecadal climate oscillations', Journal of Hydrology, 490, 126-133

[13] Willems, P., Arnbjerg-Nielsen, K. (2013), 'Climate change as a driver for urban drainage paradigm change', Water21, February 2013, 23-24

[14] Willems, P., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsson, J., Nguyen, V.T.V. (2012), 'Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: methods and shortcomings', Atmospheric Research, 103, 106-118

[15] Willems P., Vrac M. (2011), 'Statistical precipitation downscaling for small-scale hydrological impact investigations of climate change', Journal of Hydrology, 402, 193-205

[16] Willems, P., Olsson, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H., Nguyen, V-T-V. (2012), 'Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage', IWA Publishing, 252p., Paperback Print ISBN 9781780401256; Ebook ISBN 9781780401263