

## **Invloed van klimaatverandering op hoog- en laagwater in Vlaanderen**

In samenwerking met het KMI onderzocht de K.U.Leuven voor het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid de invloed van de klimaatverandering op hydrologische en hydraulische extremen (hoog- en laagwater) langs Vlaamse rivieren en rioleringen. Er werd uitgegaan van klimaatscenario's die specifiek voor Vlaanderen werden afgeleid in onderzoeksprojecten voor Federaal Wetenschapsbeleid en het Vlaams Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). Voorliggende tekst geeft een samenvattend overzicht van de tussentijdse bevindingen, specifiek voor de situatie in Vlaanderen.

### *Klimaatveranderingsscenario's voor Vlaanderen*

De hydrologische en hydraulische impactresultaten zijn gebaseerd op klimaatveranderingsscenario's voor neerslag, verdamping, zeespiegelstijging, wind en golfklimaat tot het jaar 2100. De scenario's zijn afgeleid via het statistisch analyseren van simulaties met regionale Europese klimaatmodellen. De simulaties geven een indicatie van de verandering in het klimaat ten gevolge van de toekomstige evoluties in de uitstoot van broeikasgassen. Schattingen in deze toekomstige uitstoot zijn gemaakt door de Intergouvernementele Werkgroep rond Klimaatverandering (IPCC). Ze zijn gebaseerd op toekomstverwachtingen van de evolutie van de wereldeconomie, van de bevolkingstoename, van het gebruik van materialen, van energiebronnen, enzovoort. Deze evolutie kan meer of minder duurzaam verlopen, al dan niet sterk rekening houdend met ecologische aspecten, en meer mondiaal of meer regionaal georiënteerd. Als gevolg hiervan kunnen de concentraties van de broeikasgassen in de atmosfeer verder blijven toenemen tot het jaar 2100 met in het meest pessimistische scenario een verdrievoudiging van de CO<sub>2</sub> uitstoot. Een ander scenario is dat deze eerst toenemen tot het midden van de volgende eeuw en daarna opnieuw dalen. In samenwerking met het KMI werden 5 scenario's en 31 simulaties met 10 regionale klimaatmodellen geanalyseerd. De brede waaier aan simulatieresultaten werd na statistische verwerking samengevat in een "laagscenario" (= minst pessimistisch scenario), "middenscenario" en "hoogscenario" (= meest pessimistisch scenario).

Algemeen kan men stellen dat door klimaatverandering de hoeveelheid verdamping in zowel de winter als de zomer toeneemt) en dat de neerslag in de winter toeneemt. De neerslagverandering in de zomer is complexer: het zou minder vaak regenen (lagere neerslagvolumes in de zomer) maar de hevige zomeronweders kunnen extremer zijn en vaker voorkomen (alhoewel niet alle klimaatmodellen het over dit laatste eens zijn). Langs de kust zal de zeespiegel stijgen, waarbij de hoogwaters sneller stijgen dan de gemiddelde zeespiegel; de laagwaters stijgen trager. De windsnelheid en het golfklimaat zouden nagenoeg niet wijzigen.

*Invloed op hoog- en laagwater langs rivieren in het Vlaamse binnenland*

In samenwerking met het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse overheid werden door de K.U.Leuven de scenario's doorgerekend in hydrologische en hydrodynamische riviermodellen om de concrete invloed te bestuderen op hoog- en laagwaterdebieten langs rivieren. Dit gebeurde voor 67 deelbekkens in het Vlaamse binnenland, waarvoor hydrologische en hydrodynamische modellen beschikbaar zijn bij het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid (zie ingekleurde gebieden in Figuur 1 en Figuur 2). De conclusies gaan voor alle rivieren in dezelfde lijn:

- voor het laagwater in de zomer:

Door de sterke daling in de zomerneerslag en de toename in de verdamping, daalt het debiet aanzienlijk. Tijdens droge zomers kunnen de laagste rivierdebieten met meer dan 50% dalen (gemiddeld 20% in het minst pessim. scenario, gemiddeld 70% in het meest pessim. scenario). Figuur 1 toont de resultaten voor het middenscenario. Het is duidelijk dat deze verwachte daling in laagwaterafvoeren de kans op watertekorten aanzienlijk kan doen toenemen, wat nadelige gevolgen kan hebben voor het industrieel en huishoudelijk watergebruik, de diepgang voor de scheepvaart, voor de waterkwaliteit, enz. Hoe deze daling zich vertaalt naar hoe vaak er watertekorten, vissterftes, enz. zullen zijn in de toekomst wordt in een vervolgstudie nog bestudeerd.

- voor het hoogwater in de winter:

De sterke stijging in de verdamping (tijdens zowel de winter als de zomer) compenseert voor een groot deel de toename in de winterneerslag. Daardoor valt de toename in

het aantal en de grootte van de overstromingen (in de winter vooral langs rivieren) nog best mee. Piekfvoeren in de rivieren nemen in het meest pessimistische scenario met niet meer dan ongeveer 35% toe (Figuur 2). Dergelijke toename kan echter wel de uitgestrektheid van overstromingsgebieden plaatselijk sterk vergroten (voorbeeld Figuur 3).

- voor het hoogwater in de zomer:  
Extreme zomeronweders kunnen potentieel voor rioleringsoverstromingen zorgen (zoals meermaals tijdens recente zomers in Vlaanderen opgemerkt). De meeste klimaatmodellen (alhoewel niet allemaal) voorspellen een toename in het aantal en de grootte van zulke hevige zomeronweders zodat ook een toename van het aantal rioleringsoverstromingen wordt verwacht. Als wij kijken naar de grootste bui die zich momenteel in een periode van 10 jaar typisch voordoet, dan blijkt deze in het meest pessimistische scenario met ongeveer 30% toe te nemen.

Merk op dat het telkens gaat om schattingen tegen 2100.

#### *Invloed op hoogwater langs kust en Schelde*

Langs de kust en langs de Schelde worden de overstromingsrisico's beïnvloed door de zeespiegelstijging en de verandering in wind en bijhorend golfklimaat. Het meest pessim. scenario voor 2100 gaat uit van 2 meter zeespiegelstijging en 8% toename in de windsnelheid. Deze waarden zijn vergelijkbaar met wat de Deltacommissie in Nederland vooropstelt als bovengrensscenario: 2 tot 4 meter zeespiegelstijging tot 2200. Verder gaan zij er van uit dat de windsnelheid nagenoeg niet zal wijzigen. Als gevolg hiervan zal de stormopzet langs de kust weinig veranderen. De golfbelasting op kust en zeevering neemt wel beduidend toe (door toenemende waterdiepte ten gevolge van de zeespiegelstijging). De extreme golven op diep water veranderen echter weinig. Doordat hoogwaters en laagwaters sneller/trager stijgen dan de gemiddelde zeespiegel neemt verder de getijslag toe. De toegenomen golfbelasting en getijslag zorgen voor een toename van de erosie van strand en duinen, en van de bijhorende frequentie op bresvorming. Hogere waterstanden langs de kust vertalen zich ook naar hogere overstromingskansen langs de Schelde. In het huidig klimaat doen overstromingen zich tussen Gent en Vlissingen 1 keer op de 70 jaar voor. Na realisatie van het gecontroleerd overstromingsgebied van Kruikeke-Bazel-

Rupelmonde daalt deze kans tot 1 keer op de 350 jaar (Actualisatie Sigmaplan). Bij een middenscenario van 60cm zeespiegelstijging stijgt de overstromingskans opnieuw tot 1 keer op de 25 jaar tegen 2100.

*Zijn de trends reeds waarneembaar ?*

Velen vragen zich af of deze trends door klimaatverandering momenteel reeds waarneembaar zijn. Als men naar de waarnemingen van het KMI van de laatste 100 jaar in Ukkel kijkt, dan is de toename in de winterneerlag en de toename in de verdamping effectief reeds waarneembaar. De toename in het aantal en de grootte van het aantal zomeronweders is nog niet waarneembaar. Wel zijn er de laatste 15 jaar zeer veel hevige zomeronweders geweest, maar hier speelt nog een andere factor een rol: de natuurlijke klimaatoscillaties. Door natuurlijke schommelingen in het klimaat zijn er de laatste 15 jaar toevallig zeer veel zomeronweders voorgekomen, maar niet meer dan bijvoorbeeld in de jaren 1910-1920 en de jaren 1960 (Figuur 4). Het aantal rioleringsoverstromingen is sinds die tijd wel sterk toegenomen maar dat vindt zijn verklaring in het gewijzigd landgebruik (toename in de verharding, aanleg van rioleringen en waterzuiveringsinfrastructuur). In de winterperiode is het aantal en de grootte van extreme winterbuien (die potentieel tot rivieroverstromingen leiden) de laatste 15 jaar wel beduidend hoger dan in de jaren 1910-1920 en 1960 (Figuur 5). De stijging is consistent met de resultaten van klimaatmodellen (Figuur 6).

Zeespiegelstijging is tenslotte duidelijk waarneembaar: stijging met een 20tal cm tijdens de laatste 100 jaar (toename van 1.7 tot 4 mm/jaar;  $\pm$  20cm in 100 jaar).

*Regionale verschillen*

De invloed van klimaatverandering is niet enkel sterk seizoensafhankelijk maar ook regionaal zeer variabel. In de zuidelijke buurregio van Vlaanderen (vb. Somme en Seine rivierbekkens in Noord-Frankrijk) blijkt dat door klimaatverandering de evolutie naar verdroging verder versterkt zal worden, met een daling van zowel de zomer- als de winterafvoeren. Waar in Vlaanderen de evolutie naar meer overstromingen nog onduidelijk is, verwacht men voor Noord-Frankrijk een daling van het aantal overstromingen. Meer noordelijk, in Nederland, wordt de verwachte toename

in het aantal overstromingen dan weer duidelijker. Er is dus een duidelijke variatie in noord-zuid richting.

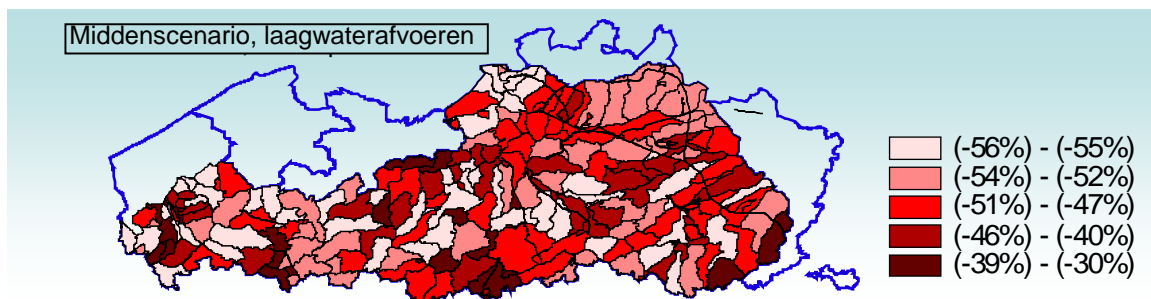
#### *Conclusies uit de studie*

De studie heeft waterbeheerders en waterbouwkundige ingenieurs de mogelijkheid gegeven om via de scenario's afgeleid in de studie (de zogenaamde hoog-, midden- en laag-klimaatveranderingsscenario's) de invloed in te rekenen van toekomstige klimaatverandering in nieuwe waterbeheersprojecten of bij de bouw van nieuwe waterbouwkundige infrastructuur (zoals dijken, wachtbekkens, enz). De onzekerheden zijn echter nog zeer groot. Daarom moeten de evoluties van het klimaat de volgende jaren verder nauwgezet opgevolgd worden, en moet bij nieuwe projecten voor waterbeheersing rekening gehouden worden met de mogelijkheid om preventieve, maar aanpasbare maatregelen te nemen. Bij het beveiligen van de kustzone wordt momenteel reeds met flexibele oplossingen gewerkt waarbij de zeekering wordt versterkt door het opspuiten van zand op het strand. Bij elke 5 jaarlijkse onderhoudsbeurt, kan de bescherming geleidelijk anticiperen op de verwachte zeespiegelstijging. Naast structurele maatregelen zijn overstromingsvoorspellers 1 van de instrumenten die momenteel door de Vlaamse overheid worden ontwikkeld om anticipatief te kunnen inspelen op dreigende wateroverlast. Een andere mogelijkheid die momenteel aan de K.U.Leuven (in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij) wordt onderzocht, is het gebruik van hydraulische regelstructuren die overstromingen langs grote steden anticipatief kunnen beperken. Ten slotte wordt ook nagegaan hoe de ontwerpregels voor de aanleg van rioleringen in Vlaanderen kunnen bijgesteld worden in het licht van het veranderende klimaat. De studie heeft aangetoond dat men naast deze lopende plannen m.b.t. een betere beheersing van overstromingen, de andere problemen m.b.t. waterbeschikbaarheid niet uit het oog mag verliezen. Deze laatste problemen zijn momenteel nog marginaal, maar kunnen in de toekomst (tijdens de komende eeuw) mogelijk belangrijker worden dan de overstromingsproblematiek.

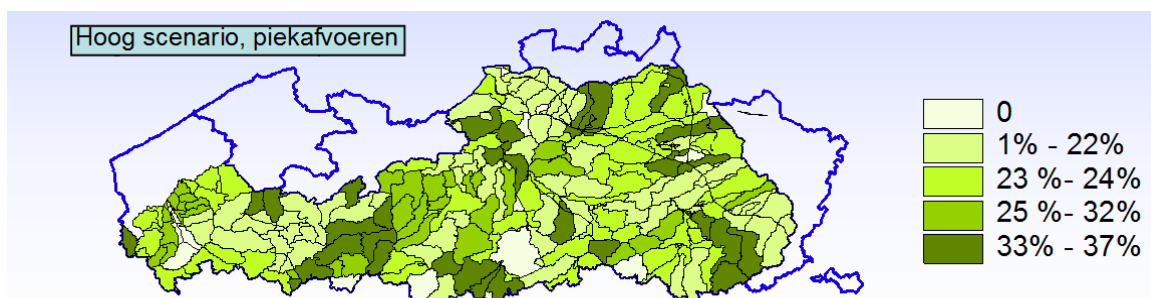
*Voor meer informatie*

Prof. dr. ir. Patrick Willems  
Hoofddocent Rivierkunde en stedelijke hydrologie  
Katholieke Universiteit Leuven  
Laboratorium voor Hydraulica  
Kasteelpark Arenberg 40  
3001 Heverlee (Leuven)  
Tel. kantoor: 016 / 32 16 58  
E-mail: [Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be](mailto:Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be)  
URL: <http://www.kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR>

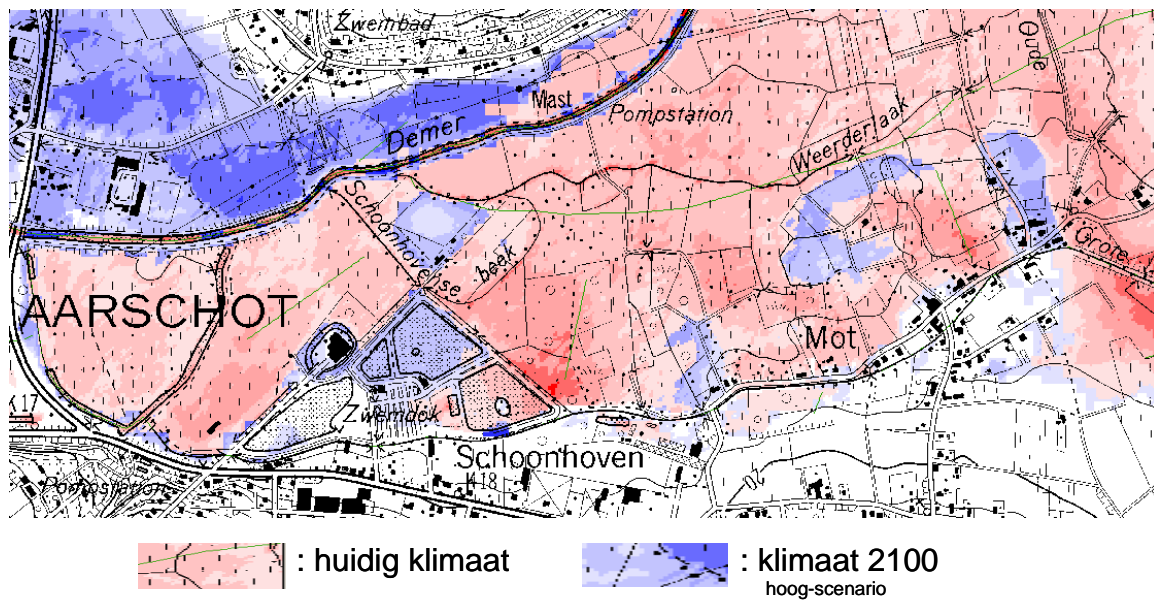
## Figuren



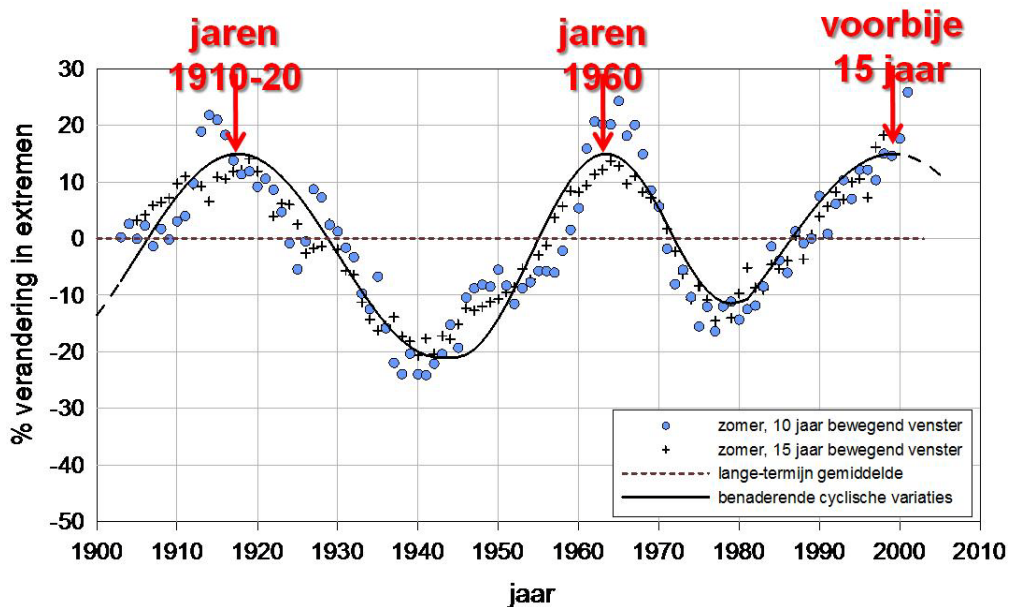
Figuur 1: % daling in laagwaterafvoeren naar rivieren (middenscenario; klimaat 2100)



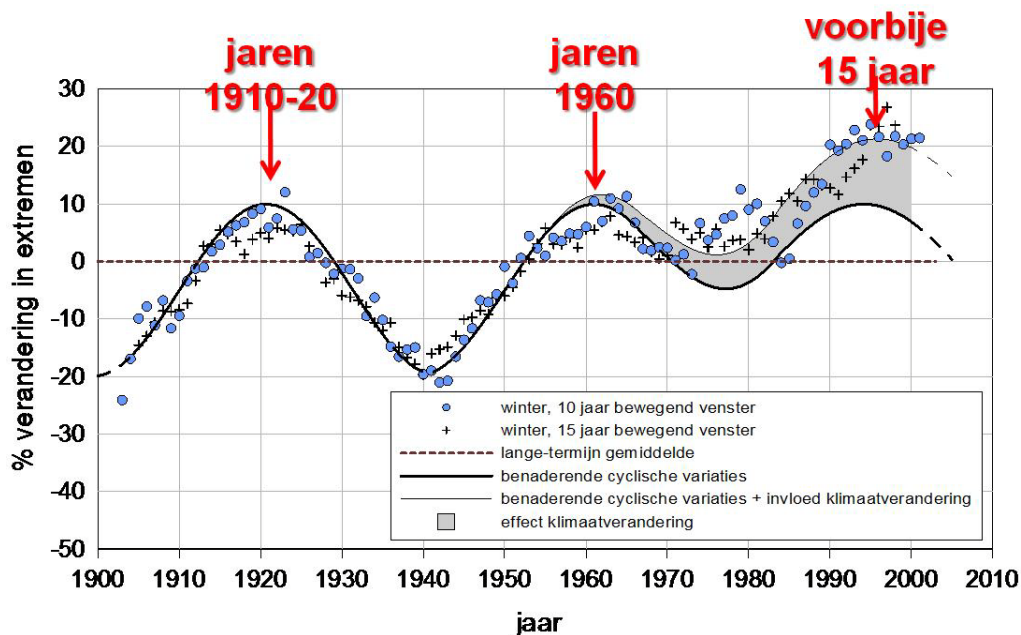
Figuur 2: stijging in piekafvoeren naar rivieren (meest pessimistische scenario; klimaat 2100)



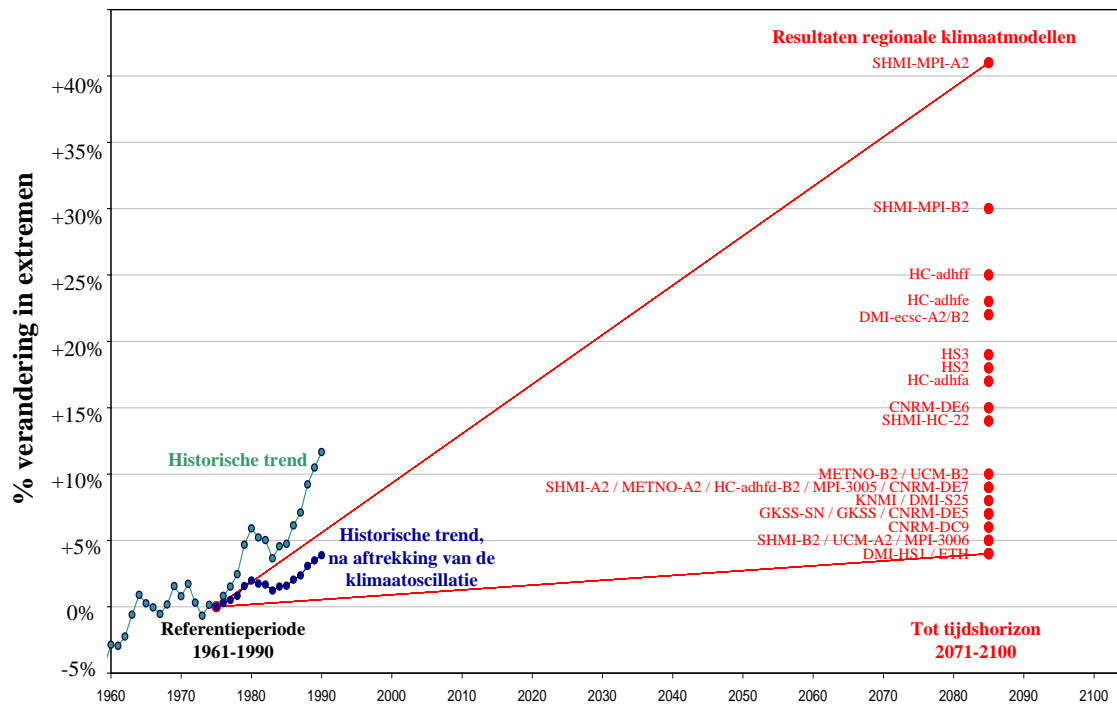
Figuur 3: Lokaal overstroomingsgebied met een gemiddelde herhalingsstijd van 1 keer op de 100 jaar, voor en na klimaatverandering



Figuur 4: Multidecadale oscillaties in extreme zomerneerslag te Ukkel (gebaseerd op de periode 1898-2005)



Figuur 5: Multidecadale oscillaties en trends in extreme winterneerslag te Ukkel (gebaseerd op de periode 1898-2005)



Figuur 6: Recente trends en toekomstige evoluties in de extreme neerslag voor Vlaanderen (gebaseerd op 28 simulaties met 10 verschillende regionale klimaatmodellen): voorbeeld voor de winterperiode