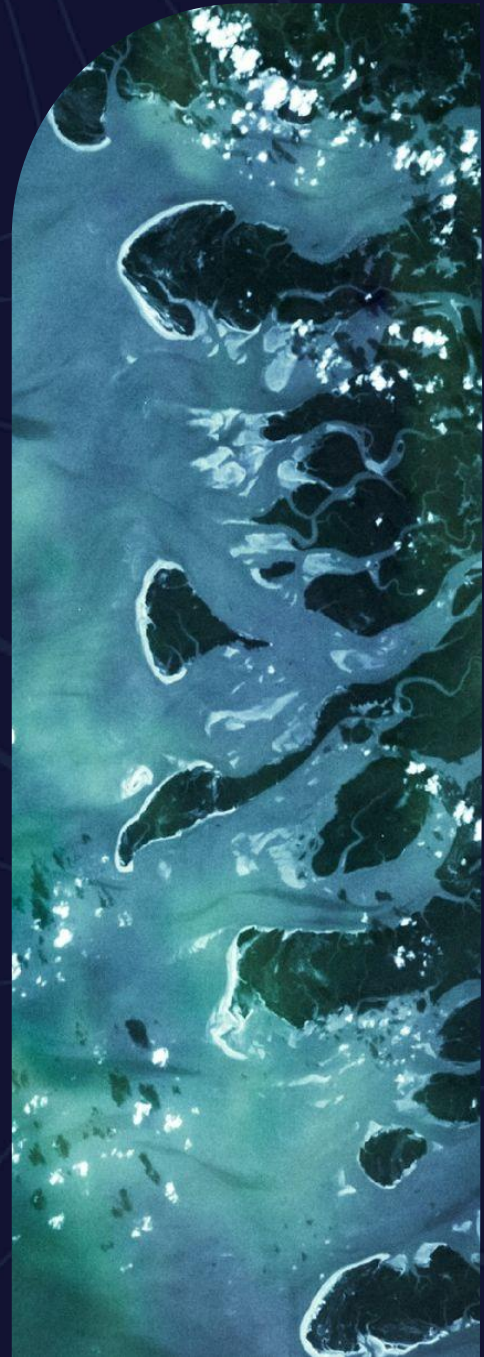


Scoping grens- overstijgende stresstest voor Vlaams- Nederlandse beken

Patrick Willems, 31 December 2024



Colofon

Client	JCAR ATRACE
Contact person	Patrick Willems
References	Stresstest scoping Vlaanderen

Document data

Version	1.0
Date	31 December 2024
Pages	63
Classification	Open
Status	Final

Author(s)

This table is used to check the correct execution of the assignment by JCAR ATRACE. Any other customer use or external distribution is not permitted.

Version	Author	Check	Approved
1.0	Patrick Willems	Kymo Slager	Kymo Slager

Samenvatting

Dit scoping-rapport is geschreven door het onderzoeksteam van prof. Patrick Willems van de KU Leuven. In dit scoping rapport worden de grenzen van het 'te stressen' systeem bepaald en wordt verkend welke personen en instanties betrokken kunnen worden. Meer specifiek geeft dit rapport bevindingen voor het Vlaamse gedeelte van twee piloot-stroomgebieden (de Mark/AA-Weerijds en de Dommel), voor zowel de overstromings- als de droogteproblematiek. Het rapport geeft een beschrijving van de eigenschappen van de gebieden, (uitdagingen voor) de waterhuishouding, maatregelen voorgesteld door de betrokken waterbeheerders, uitgevoerde studies, het bestaande modelleninstrumentarium en de bestaande grensoverschrijdende samenwerking.

Het rapport besluit met enkele aanbevelingen voor het opstellen van de methode bij het uitvoeren van stresstests. Dit betreft nog niet een beschrijving van de gemeenschappelijke methode voor de stresstesten die de komende jaren in het kader van JCAR ATRACE zullen worden uitgevoerd, maar het bevat wel relevante informatie en inspiratie voor het opstellen van die methode. Momenteel werken Deltares en KU Leuven aan een 2^e rapport waarin de methode ontwikkeld en getest wordt om gezamenlijk grensoverstijgende stresstesten te kunnen uitvoeren.

Contents

1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Komen tot een methode voor grensoverstijgende stresstest	10
2	Grensoverstijgend Vlaams-Nederlands stroomgebied van Mark/Aa-Weerij	15
2.1	Eigenschappen van het gebied	15
2.2	Overstromings- en droogteproblematiek	19
2.2.1	Overstromingsproblematiek	19
2.2.2	Droogteproblematiek	21
2.3	Oplossingen voorgesteld door waterbeheerders	24
2.4	Bestaande studies en modelleninstrumentarium	34
2.5	Grensoverstijgende samenwerking	37
3	Grensoverschrijdend Vlaams-Nederland stroomgebied van Dommel	39
3.1	Eigenschappen van het gebied	39
3.2	Overstromings- en droogteproblematiek	41
3.2.1	Overstromingsproblematiek	41
3.2.2	Droogteproblematiek	43
3.3	Oplossingen voorgesteld door waterbeheerders	44
3.4	Bestaande studies en modelleninstrumentarium	46
3.5	Grensoverstijgende samenwerking	47
4	Advies bij stresstesten	48
4.1.1	Hydrologische en hydraulische modellen	48
4.1.2	Meteorologische randvoorwaarden	49

4.1.3	Klimaatscenario's	49
4.1.4	Klimaatveranderingssignalen voor Vlaanderen	52
4.1.5	Hoog en midden klimaatscenario's	56
5	Referenties	60

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van de extreme neerslaggebeurtenis in juli 2021 en eerdere extreme droogtejaren van 2018 tot 2020 zijn zowel in Vlaanderen als in Nederland adviezen uitgebracht om de gevolgen van dit soort mogelijk maatschappij-ontwrichtende weerextremen beter te beheersen.

In Vlaanderen heeft in 2022 een expertenpanel met 'Weerbaar Waterland' een aangepaste strategie voor de waterzekerheid in Vlaanderen geformuleerd, met tien samenhangende acties en een plan van aanpak om die strategie zo snel mogelijk tot uitvoering te brengen. Het expertenpanel geeft aan dat alle tien de acties belangrijk zijn en moeten worden uitgevoerd om Vlaanderen waterzeker te maken.

Met voorgenomen studie faciliteren we directe methode-ontwikkeling voor de opmaak van geïntegreerde waterdoelen (actiepunt 1 in het Weerbaar Waterland advies), kunnen de resultaten gebruikt worden voor het verhogen van de paraatheid van mensen en infrastructuur (actiepunt 7) en versterken we internationale samenwerking (actiepunt 10).

Ook in Nederland heeft een Beleidstafel wateroverlast en hoogwater met eindadvies 'Voorkomen kan niet, voorbereiden wel. Allemaal aan de slag.', eind 2022, diverse aanbevelingen gedaan om Nederland beter voor te bereiden om maatschappelijke ontwrichting bij extreme neerslag te voorkomen. In het bijzonder gaat het om samen met de buurlanden grensoverschrijdende stresstesten te ontwikkelen en uit te voeren (aanbeveling 19), alsmede het samen versterken van de kennisbasis voor grensoverschrijdende regionale stroomgebieden (aanbeveling 20). Het doel van de aanbevelingen is de samenwerking te intensiveren en gezamenlijke gebiedsvisies te ontwikkelen. Stresstesten geven inzicht in de kwetsbaarheid van de maatschappij bij zeer extreme weersomstandigheden. Op basis hiervan kan een risicodialog worden uitgevoerd en kunnen bestaande mitigerende en adaptatieve strategieën verder worden versterkt.

Met voorgenomen studie faciliteren we versterking van de gemeenschappelijke kennisbasis voor regionale watersystemen en ontwikkelen we en testen we een methode voor grensoverschrijdende stresstesten met Vlaanderen.

Vlaanderen beschouwt overstromings- en droogterisico's momenteel meer dan Nederland op een integrale manier. Ook in Weerbaar Waterland wordt nadrukkelijk gewezen op ontwikkeling van doelen en strategieën waarin beide kanten van de medaille gelijktijdig worden beschouwd. In Nederland zijn dat wat meer gescheiden werelden.

In de voorgenomen studie combineren we nadrukkelijk stresstesten voor zowel wateroverlast als droogte, wat in Nederland nog onbekend terrein is.

Op regionaal niveau is voor de provincie Noord-Brabant in Nederland recent een andere belangrijke studie gepubliceerd, uitgevoerd door de onafhankelijke adviescommissie Droogte: 'Zonder water geen later. Naar een omslag in het (grond)waterbeheer in Noord-Brabant'. De commissie had de opdracht om de Brabantse grondwaterpartners te adviseren over de structurele aanpassingen die vanuit een integraal en langetermijnperspectief op droogte nodig zijn in het (grond)watersysteem, (grond)waterbeheer en het (grond)watergebruik, en wat dat vraagt van alle partijen die invloed hierop hebben. De commissie doet 12 aanbevelingen om in 2040 een (grond)waterrijk Noord-Brabant te realiseren.

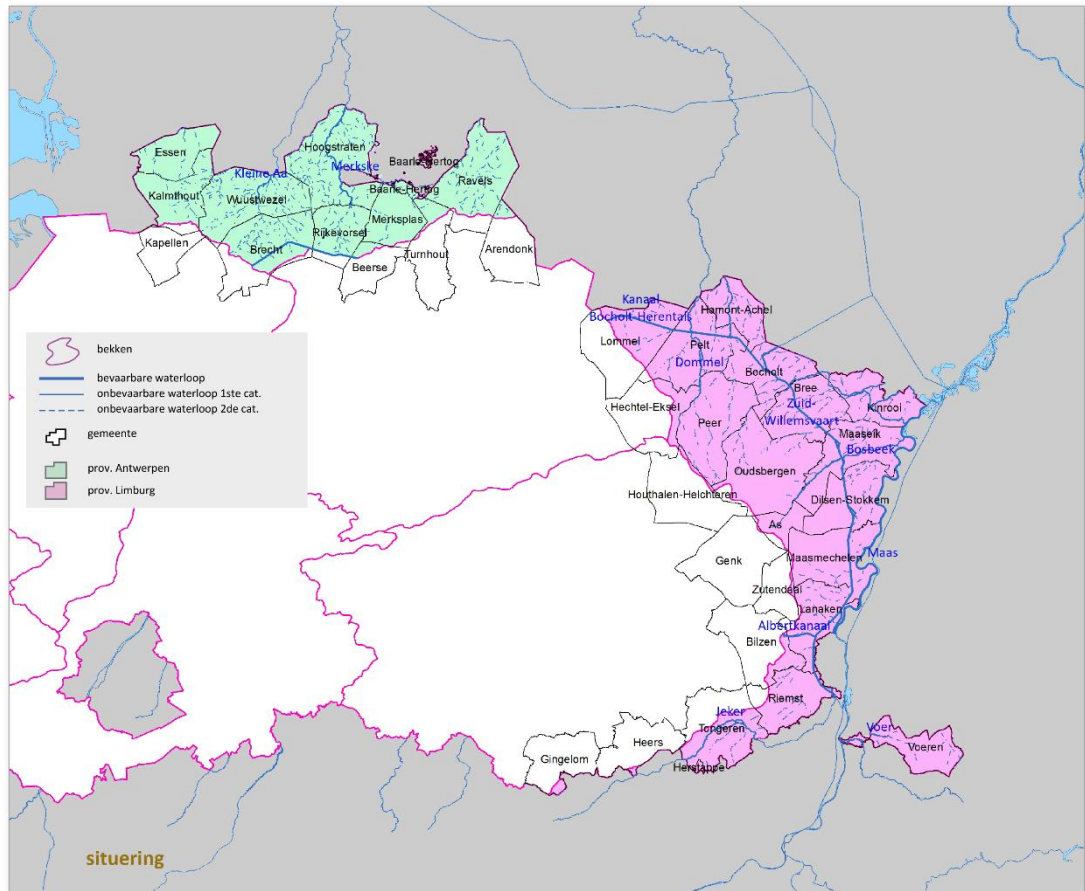
In de voorgenomen studie zullen de direct relevante aanbevelingen zoveel mogelijk worden beschouwd. Net zoals in het Vlaamse advies Weerbaar Waterland wordt als uitwerking van 'Zonder later geen water' gevraagd om (locatie)specifieke doelen te definiëren. Dit vraagt vooreerst dat de risico's duidelijk in kaart worden gebracht, d.w.z. het stresstesten van de stroomgebieden.

1.2 Komen tot een methode voor grensoverstijgende stresstest

Voorliggend rapport is een deelstudie onder JCAR ATRACE, via een zogenaamde Rapid Assessment Team Studie (RAT), waarbij via een Scopingfase de toekomstige verdere uitwerking wordt voorbereid van een methodiek voor het uitvoeren van grensoverschrijdende stresstests, voor zowel wateroverlast als droogte, voor regionale beken en rivieren die door Vlaanderen en door Nederland stromen.

Hiervoor werden de grensoverschrijdende stroomgebieden van de Mark/Aa-Weerijds en de Dommel als pilootgebieden geselecteerd. Deze zijn gesitueerd in het Vlaamse Maasbekken (Figuur 1.1). Het stroomgebied van Mark/Aa-

Weerij is opwaarts gesitueerd in het noorden van de Vlaamse Provincie Antwerpen en afwaarts in de Nederlandse Provincie Brabant. Het stroomgebied van de Dommel is opwaarts gesitueerd in het noorden van de Vlaamse Provincie Limburg en afwaarts in de Nederlandse Provincie Brabant.



Figuur 1.1 Het Maasbekken in Vlaanderen (CIW Stroomgebiedsbeheerplannen 2022 - 2027)

Het plan van aanpak om tot een methodiek te komen voor grensoverschrijdende stresstesten staat beschreven in een afzonderlijk document "Plan van Aanpak methode stresstest Vlaams-Nederlandse beken". In dat plan van aanpak werden drie fasen vooropgesteld; zie Figuur 1.2. De eerste fase betreft scoping. In deze fase wordt het gebied beschreven (de afbakening), en beschikbare kennis en modellen geïnventariseerd. De tweede fase betreft de analyse van het functioneren van het huidige watersysteem en omliggende gebieden, inclusief de functies, het huidige beheer en het crisismangement onder extreem natte en extreem droge omstandigheden. De derde fase betreft een eerste screening van maatregelen. De resultaten van de stresstest vormen input voor de risicodialoog.

Methodie bovenregionale stresstest

Doel: inzicht in kwetsbaarheid van gebied voor extreem weer

Uitgangspunten

Gebieds-
beschrijving

- Geografisch gebied
- Beschikbare kennis
- Actoren
- Beheer
- Response
- Beleidsdoelen
- Uitgangspunten

Kick-off
scoping

Data
verzamelen

Analyse

Waterbeeld

Gevolgen:
functies en
objecten

Response

- Extreem weer
basisscenario's
- Basisgegevens
- Modellen
- Criteria
- Systeemwerking
- Falen infrastructuur
- Extra scenario's

Modellen-
verificatie

Evalueren
beelden

Screening

Mogelijke
maatregelen
verkennen

- Lijst maatregelen
- Effecten bepalen
- Wanneer effectief?
- Voor, tijdens en na
- Staan we gesteld?

Rapport-
eren

Bewustzijn Preventie Gevolgbeperking Crisisbeheersing Herstel

Experts

Stake-
holders

Figuur 1.2 Opzet stresstest

Voorliggend rapport betreft de eerste fase van inceptie of scoping, waarin de grenzen van het 'te stressen' systeem worden bepaald, waarin wordt

vastgesteld welke personen en instanties betrokken moeten worden, en waarbij de randvoorwaarden voor de verdere analyses worden vastgesteld.

Meer specifiek werden in de scopingfase volgende deeltaken uitgevoerd:

- In kaart brengen van de eigenschappen van het te stressen systeem, voor zowel het Vlaams als Nederlands gedeelte van de stroomgebieden. Het gaat daarbij om begrenzing van het watersysteem (oppervlaktewater en grondwater) en het bestuurlijk systeem (welke instanties zijn verantwoordelijk voor het beheer van de gebieden). Daarnaast speelt de begrenzing ook een rol m.b.t. welke gevolgen in beeld gebracht zullen worden.
- Inventarisatie van beschikbare informatie (eerder uitgevoerde studies), data & modellen, en kennisbehoeften bij de beheerders van zowel het Vlaams als Nederlands gedeelte van de stroomgebieden. Hierbij worden volgende vragen beantwoord:
 - Welke problemen spelen in de gebieden (met betrekking tot extreme neerslag en droogte) en welke vragen hebben de beheerders daarover? We proberen bij het uitvoeren van de stresstest waar mogelijk antwoord te geven op deze vragen, bijvoorbeeld door methodieken ter kwantificering te vergelijken en een aantal aanvullende effecten te bepalen.
 - Welke koppelkansen zijn er (bv. waterkwaliteitsproblemen of erosieproblemen die tegelijk met de overstromingsrisico's en droogterisico's aangepakt kunnen worden)?
 - Welke relevante studies zijn al uitgevoerd en wat waren de bevindingen?
 - Welke modellen zijn beschikbaar voor de 'te stressen' gebieden (hydraulische modellen, neerslag-afvoermodellen of hydrologische modellen, ev. grondwatermodellen, en andere relevante impactmodellen)? Bij het uitvoeren van de stresstests wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de meest actuele al bestaande modelinstrumentaria. Er worden geen nieuwe modellen ontwikkeld.
- Overleg met de betrokken waterbeheerders over de te gebruiken modellen en de indicatoren die moeten worden bepaald voor de stresstesting.
- Vaststellen van de door te rekenen gebeurtenissen en scenario's voor de stresstesting. Bij het bepalen van deze scenario's wordt ook vastgesteld met welke initiële condities zal worden gewerkt (natte of droge periode voorafgaand aan de extreme bui). Er wordt nagegaan of aan deze gebeurtenissen voorkomingskansen toegekend kunnen worden en of dit wenselijk is (afweging voor- en nadelen).

2 Grensoverstijgend Vlaams-Nederlands stroomgebied van Mark/Aa-Weerijs

2.1 Eigenschappen van het gebied

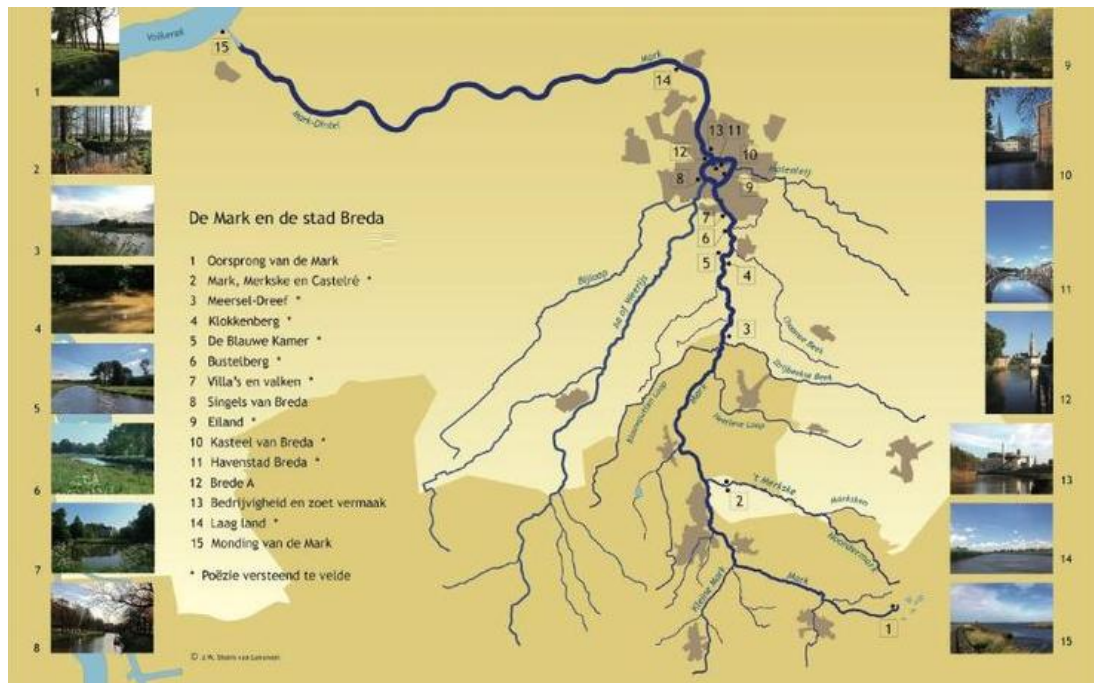
Het stroomgebied van de Mark en Aa-Weerijs behoort tot het Maasbekken en stroomt vanuit het noorden van de Vlaamse Provincie Antwerpen naar de Nederlandse Provincie Brabant. De twee belangrijkste beken zijn de (Boven)Mark en de (Kleine) Aa of Weerijs.

Het stroomgebied van de Bovenmark en de Aa of Weerijs beslaat een totaal oppervlak van 74.500 ha en ligt voor 56% op Vlaams grondgebied. De Mark ontspringt in Merksplas en stroomt daarna door Hoogstraten om in Meersel-Dreef de grens over te steken. De Mark heeft als voornaamste zijwaterlopen de Kleine Mark, volledig opwaarts in Vlaanderen gesitueerd, en o.a. t' Merkske als grensoverschrijdende waterloop. Het Merkske ontspringt in Ravels en vormt voor een groot deel de grens tussen Nederland en België, tot deze in Minderhout (Hoogstraten) uitmondt in de Mark.

De Weerijs ontspringt in Brecht en stroomt via Wuustwezel richting Nederland. De Kleine Aa ontspringt in Wuustwezel en stroomt via Kalmthout en Essen naar Nederland.

De Mark en de Aa-Weerijs stromen via de stad Breda verder naar de Volkerak (Figuur 2.1).

Het stroomgebied van de Bovenmark en de Aa of Weerijs beslaat een totaal oppervlak van 74.500 ha en ligt voor 56% op Vlaams grondgebied. De Bovenmark en de Aa of Weerijs zijn typische laaglandbeken, met hoge afvoeren tijdens natte perioden (meestal in de winter) en met kans dat de zijbeken droog komen te staan tijdens droge perioden in de zomer. In de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw zijn de beken in het stroomgebied van de Mark rechtgetrokken en uitgebaggerd (genormaliseerd) om in natte perioden het overtollige regenwater zo snel mogelijk af te voeren (Brevé, 2007). Om in droge perioden het water vast te houden zijn (regelbare) stuwen aangelegd. In België is het natuurlijk meanderende karakter van beide beken beter bewaard gebleven dan in Nederland. Maar ook hier werden ten behoeve van het peilbeheer de nodige stuwen geplaatst.



Figuur 2.1 Grensoverstijgend stroomgebied van de Mark / Aa-Weerijis

In Vlaanderen zijn de waterlopen opgedeeld in vier categorieën (Figuur 2.2). Deze van categorie 1 (Mark en Weerijsebeek) worden beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), deze van categorie 2 (Leyloop, De Aa, Merkske, Kleine Aa, Bolkse Beek, Kleine Mark, ...) door de Provincie Antwerpen, deze van categorie 3 (Molenbeek, Moerbeek, Biezenloop, Venneloop, Moerstraatloop, Zandloop, ...) en de publieke grachten door de betrokken gemeenten. Verder zijn er drie deelgebieden waar de waterlopen van categorie 1 en 2 en de publieke grachten beheerd worden door volgende wateringen: Watering De Beneden Mark, Watering van Loenhout, Watering van Wuustwezel. Er zijn wel hervormingen in het Vlaamse waterbeheer op komst, met de oprichting van Waterschappen naar Nederlands model en afschaffing van de Polders en Wateringen.

Het Nederlandse gedeelte van het stroomgebied wordt beheerd door het Waterschap Brabantse Delta.

In het Vlaams gedeelte van het stroomgebied zijn er ook nog volgende beheerders betrokken bij het waterbeheer van dit gebied:

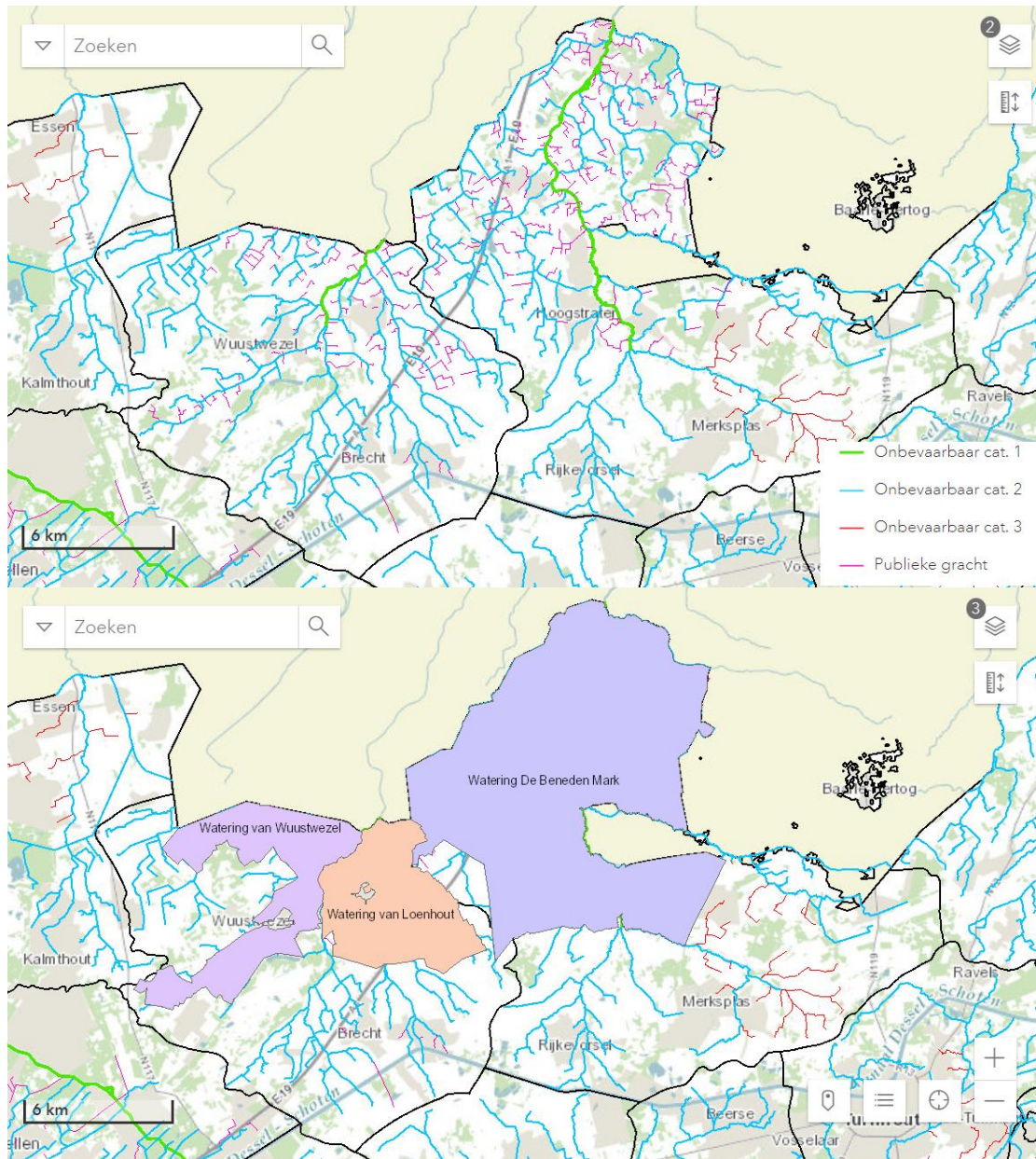
- Vlaamse Landmaatschappij: landbeheer in landelijk gebied: inrichtingsprojecten om de kwaliteit van de open ruimte te verbeteren, beheer van de grondenbank, beheerovereenkomsten met landbouwers die vrijwillig aan natuur-, milieu- en landschapszorg doen, stimuleren van duurzame bemesting bij landbouwers;

- Departement Omgeving: ruimtelijk beleid, erosiebestrijding, klimaatadaptatieplanning, toezicht op bedrijven met een klasse 1-vergunning, integratie van ecologie in de infrastructuur;
- Agentschap voor Natuur en Bos: beheer van openbaar groen, parken, natuur- en bosgebieden;
- Departement Landbouw en Visserij: landbouw-, tuinbouw- en visserijbeleid;
- Aquafin: aanleg van de bovengemeentelijke afvalwaterinfrastructuur en beheer van collectoren, pompstations en afvalwaterzuiveringsinstallaties, rioolbeheerder voor bepaalde gemeenten;
- Agentschap Wegen en Verkeer: beheer van de baangrachten langs gewestwegen;
- Pidpa (nieuw bedrijf: Adelta): drinkwatermaatschappij, behalve voor een deel van de gemeente Baarle-Hertog. Pidpa exploiteert in het gebied zeven (diepe) grondwaterwinningen in Brecht, Essen, Wuustwezel, Hoogstraten, Meerle, Rijkevorsel-Merksplas en Ravels.

De Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW) en de bekkencoördinator van het Maasbekken hebben een coördinerende rol. Het grondwater wordt beheerd door de VMM. VMM beheert zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit.

Het Vlaams gedeelte van het stroomgebied bestaat vooral uit zandbodems en lemige-zandbodems. Het heeft dus een goede infiltratiecapaciteit. Er is veel open ruimte in dit gebied, vooral bestaande uit akkerbouw, grasland en bossen. Ongeveer de helft van de oppervlakte van het stroomgebied is landbouwgebruiksareaal. In de Noorderkempen (Hoogstraten, Merksplas, ...) is er veel veeteelt en glastuinbouw (groenten en aardbeienteelt). Verharde oppervlakte neemt toe, door woningbouw, toename in industrie en door de expansie van de glastuinbouw en stallen. Dit zorgt voor een verminderde infiltratiecapaciteit en versnelde waterafvoer.

Het gebied telt meerdere ecologisch waardevolle gebieden zoals het Groot en Klein Schietveld bij de Weerijsebeek en de valleien van de Mark en Merkske. Ook de heidecomplexen in Kalmthout en de Mechelse Heide zijn rijk aan watergebonden natuur.



Figuur 2.2 Bovenfiguur: Categorieën van waterlopen in het Vlaams gedeelte van het stroomgebied van de Mark en de Aa-Weerij. Onderfiguur: Gebieden beheerd door de Wateringen

De grondwaterstanden zijn in het gebied ondiep. Dit ondiepe freatische grondwater behoort tot het Centraal Kempisch Systeem.

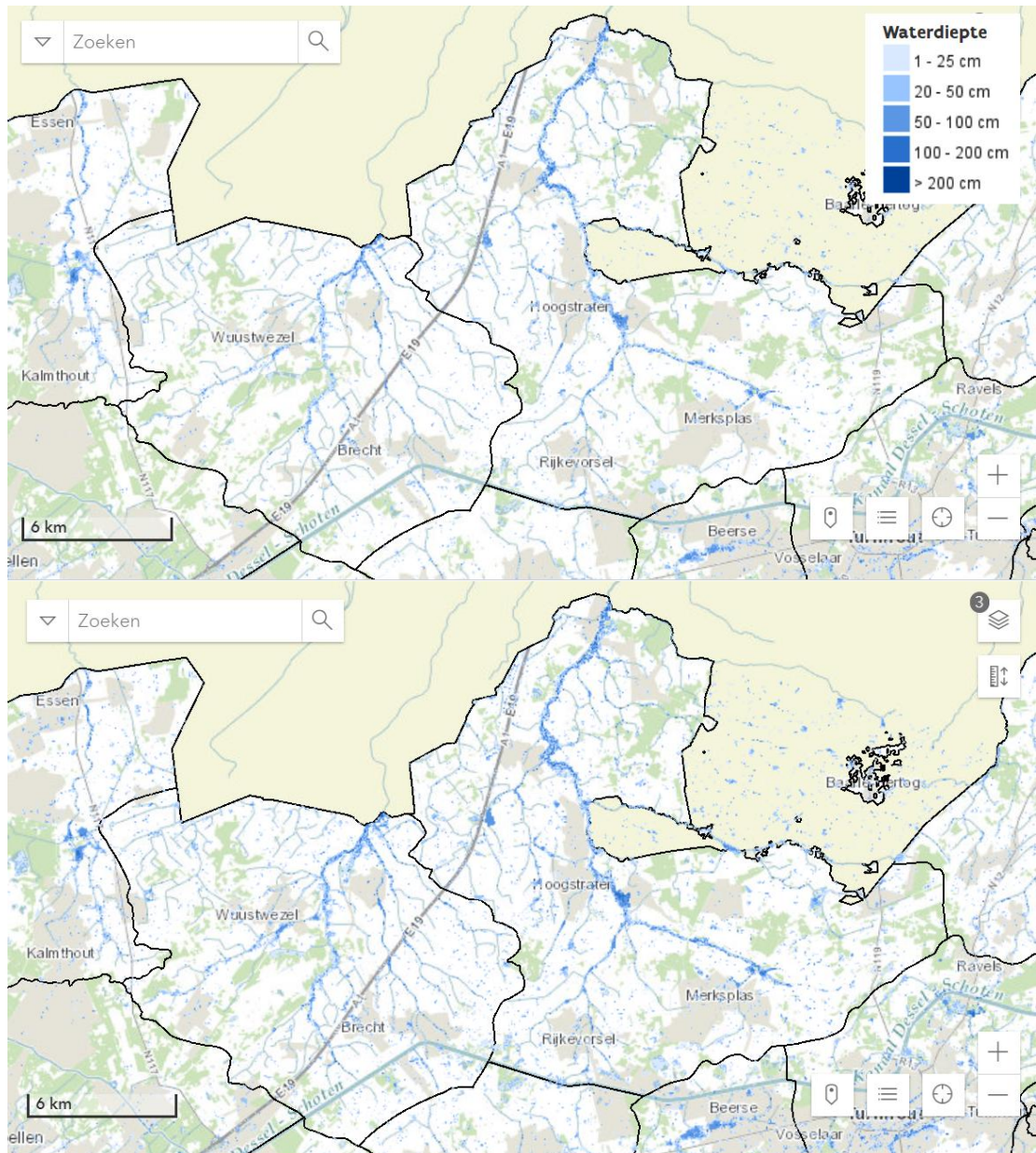
2.2 Overstromings- en droogteproblematiek

2.2.1 Overstromingsproblematiek

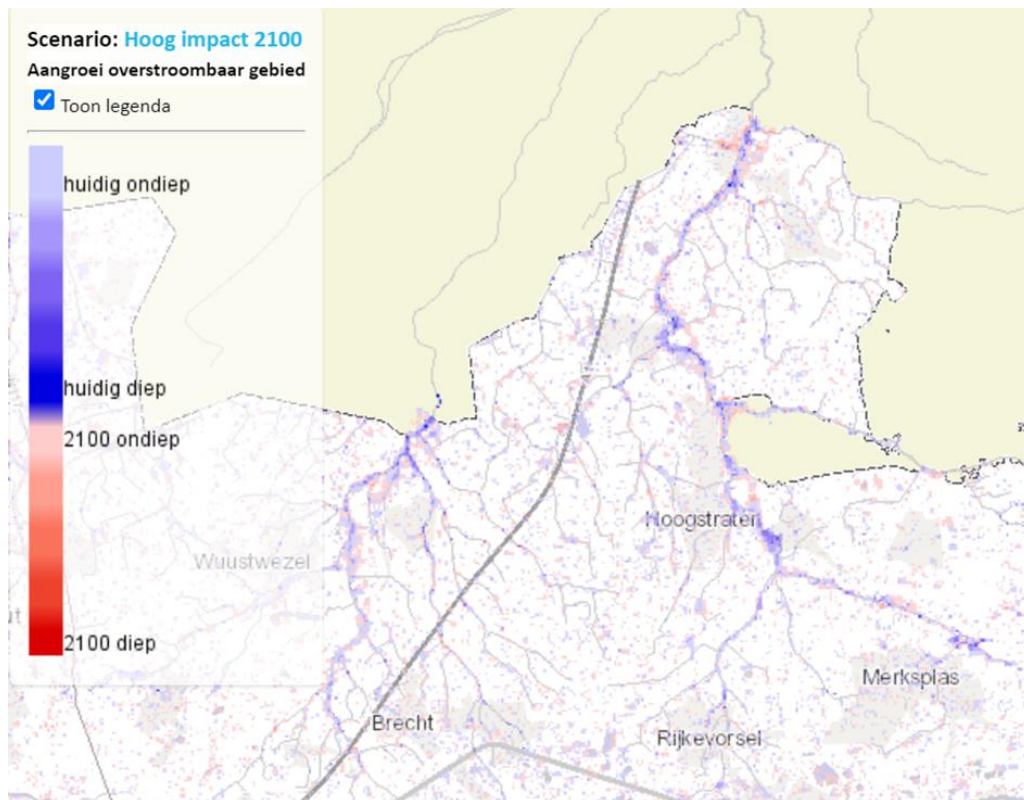
Voor het Vlaams gedeelte van het stroomgebied zijn de overstroombare gebieden bepaald voor zowel fluviale overstromingen (buiten de oevers treden van waterlopen) als voor pluviale overstromingen (als gevolg van extreme neerslag), bij grote (T10), middelgrote (T100) en kleine (T1000) voorkomingskans (Figuur 2.3) en dit voor zowel het huidig klimaat als na hoog-impact klimaatscenario. De bijhorende economische, ecologische en sociale gevolgen werden ook ingeschat en gecombineerd tot een overstromingsrisicokaart, voor zowel het huidig klimaat als het hoog-impact klimaatscenario. Door de klimaatverandering nemen de overstromingskansen en -risico's beduidend toe.

In de Vlaamse valleigebieden zijn er weinig kritieke overstromingen, maar in Nederland wordt het probleem groter met bedreiging voor o.a. Breda. In Vlaanderen zijn het vooral landbouw- en natuurgebieden die te kampen hebben met overstromingen.

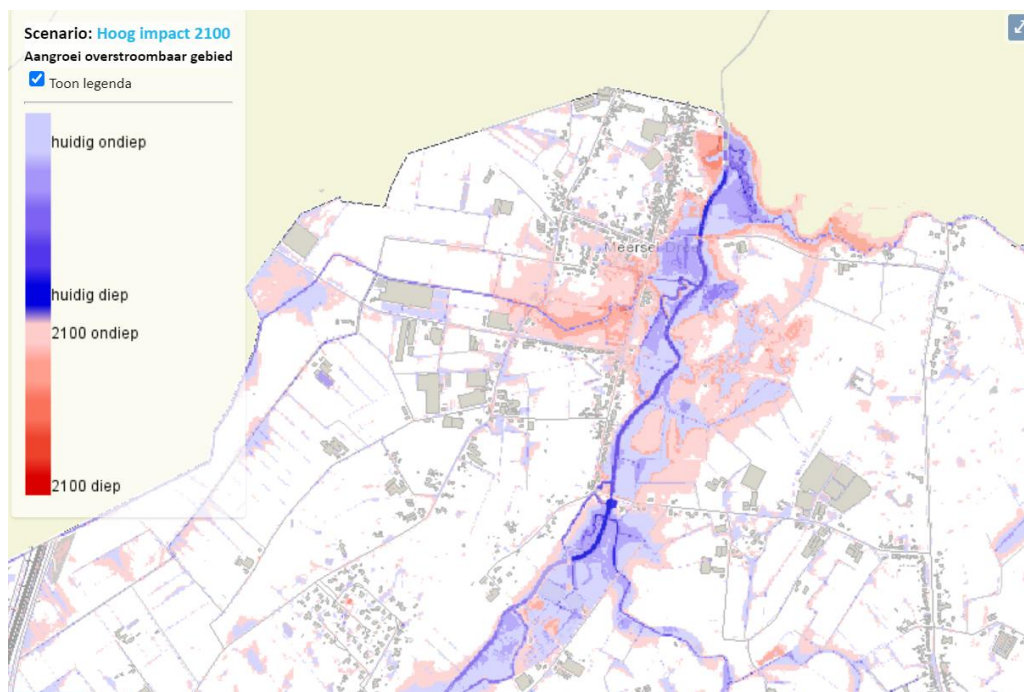
Hierna wordt in Figuur 2.4 en Figuur 2.5 ingezoomd het verschil getoond tussen de overstroombare gebieden voor het huidig klimaat en de toename voor het hoge impact klimaatscenario 2100. Deze vergelijking geeft aan dat er afwaarts van de samenvloeiing van de Kleine Mark en de Laak of Bolkse Beek met de Mark, in Hoogstraten en verder afwaarts, heel wat overstroombare gebieden zijn en verder zullen toenemen in de toekomst. Vooral in het dorp Meersel-Dreef zijn er sterke toenames in de overstromingsrisico's; ook in andere zones zoals langs de Mark net opwaarts van Meer. Dit geeft aan dat het belangrijk is om in de opwaartse deelstroomgebieden van Mark, Kleine Mark en Laak of Bolkse Beek meer water op te houden.



Figuur 2.3 Overstroombare gebieden (fluviaal + pluviaal) bij een kleine voorkomingskans (T1000). Bovenfiguur: huidig klimaat. Onderfiguur: hoog-impact klimaatsscenario. (bron: Waterinfo)



Figuur 2.4 Overstroombare gebieden in de valleigebieden van het stroomgebied van de Mark met aanduiding van de aangroei aan overstroombaar gebied van het huidig klimaat tot het hoog-impact klimaatscenario (bron: Waterinfo)



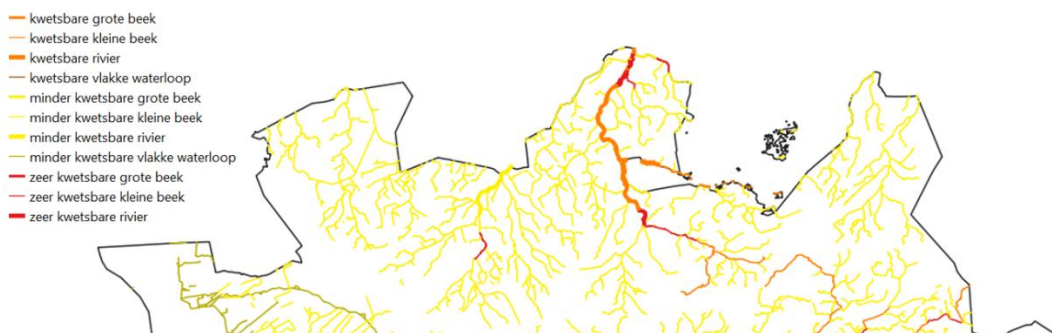
Figuur 2.5 Sterke toename in aantal overstroombare woningen te Meersel-Dreef in de vallei van het stroomgebied van de Mark van het huidig klimaat tot het hoog-impact klimaatscenario (bron: Waterinfo)

2.2.2 Droogteproblematiek

Ook de kans op grote droogte en waterschaarste nemen door de klimaatverandering toe. Lagere peilen en afvoeren in de waterlopen hebben

verhoogde watertemperaturen, lage(re) zuurstofconcentraties, hogere concentraties aan pollutanten, een verminderde werking van visdoorgangen, droogval, enz. tot gevolg. Dit kan leiden tot een verslechterde ecologische toestand. Ook de kans op acute ecologische problemen zoals vissterfte, (blauw)algenbloei en botulisme neemt toe. Daarom worden bij lage waterpeilen vooral in ecologisch belangrijke waterlopen onttrekkingsverboden ingesteld. Zo was er in de zomer van 2019 een captatieverbod voor het Merkske vanaf begin juli en vanaf midden juli ook voor Weerijs en Mark. Ook in 2020 en 2022 werden er langs meerdere waterlopen captatieverboden ingesteld.

De droogtegevoeligheid werd al voor enkele deelgebieden in kaart gebracht via een eco-hydrologische studie. De waterbeschikbaarheidsanalyse die KU Leuven en partners uitvoerde in het kader van de opmaak van het reactief afwegingskader voor waterschaarste (VRAG, 2021), geeft aan dat het stroomgebied van de Mark kwetsbaar is voor droogte. Zoals hoger aangehaald werd eerder al langs de ecologisch kwetsbare waterlopen (zie Figuur 2.6 zoals in de zomer van 2020, een captatieverbod uitgevaardigd. De VRAG-impactberekeningen voor zowel het huidig klimaat als het toekomstig klimaat (hoog impact klimaatscenario 2100; zie enkele resultaten in Figuur 2.7) geven aan dat deze kwetsbaarheid in de toekomst verder zal toenemen, met frequentere daling van de laagwaterdebieten onder de ecologisch minimale debieten voor meerdere waterlopen in het stroomgebied van de Mark. Dit geeft aan dat het belangrijk is om in deze gebieden meer water vast te houden en te vertragen niet enkel om de kans op wateroverlast te verminderen maar ook meer te laten infiltreren, zodat freatisch grondwater meer aangevuld wordt en de basisafvoer in de waterlopen tijdens droge periodes, wat vooral bestaat uit traag uitstromend freatisch grondwater, langer hoog blijft.



Figuur 2.6 Ecologische kwetsbaarheid van de waterlopen in het noorden van de Provincie Antwerpen

MAASBEKKEN				
A, afwaarts VHA zone 933 = uitstroom naar Nederland	10	0	-1	
Leyloop, afwaarts VHA-zone 934 = uitstroom naar Nederland	4	0	-1	
Mark, afwaarts VHA-zone 940	14	-1	-3	
Mark, afwaarts VHA-zone 941	32	3	-3	
Mark, afwaarts VHA-zone 945 = uitstroom naar Nederland	43	1	-7	
Weehagensebeek, afwaarts VHA-zone 942 = uitstroom naar Nederland	5	0	0	
Kleine A / Weerijsebeek, afwaarts VHA-zone 943 = uitstroom naar Nederland	12	0	-1	
Sluiskensbeek, afwaarts VHA-zone 944 = uitstroom naar Nederland	7	0	0	
Kleine Aa, afwaarts VHA-zone 950 = uitstroom naar Nederland	16	-2	-2	

Figuur 2.7 Resultaten uit het Vlaams reactief afwegingskader waterschaarste (VRAG) bij de waterbeschikbaarheid per VHA-zone gemiddeld voor 2005-2019 vs. de droge periode juli 2018 vs. juli 2018, na hoog klimaatscenario 2100, met watertekorten die toenemen, d.i. laagwaterdebieten die sterker onder ecologisch minimale debieten dalen tijdens droge zomerperiodes.

Captatieverboden zorgen ervoor dat de land- en tuinbouw op zoek moet naar water (watertransporten). Sinds 2019 moeten mobiele watercaptaties (m.u.v. de aangelanden) verplicht vanop de vaste locaties langs kanalen uitgevoerd worden.

Het waterverbruik van gezinnen is voornamelijk temperatuursafhankelijk maar ook langdurige droogte heeft een belangrijke invloed op het verbruik. De droogte heeft ook een effect op het leidingwaterverbruik wanneer van regenwater overgeschakeld wordt op leidingwater t.g.v. het droogvallen van de regenwaterputten. Het tijdig oproepen tot een spaarzaam gebruik van leidingwater heeft ervoor gezorgd dat de productie- en transportcapaciteit niet werd overschreden.

Door de zandige bodems is het gebied erg droogtegevoelig. Het grondwater kent tijdens droogte problematische dalingen en moeizaam herstel.

Gelinkt aan de meer intense regenval en de verhoogde kans op droogte door de klimaatverandering staat ook de waterkwaliteit onder druk. Tijdens droge periodes daalt het debiet in waterlopen en is er minder verdunning van de vuilvrachten die de waterlopen ontvangen. Meer intense regenval zorgt anderzijds voor bijkomende afspoeling van nutriënten uit landbouwgronden, en hogere frequentie aan riooloverstortingen. Ook verhoogt de sedimenttoevoer naar de waterlopen erdoor.

Het Merkske is een speerpuntgebied (klasse 2) voor waterkwaliteitsverbetering in Vlaanderen, maar haalt een ontoereikende score voor het visbestand. De vele vismigratieknelpunten zorgen ervoor dat de vissen niet stroomopwaarts geraken waardoor deze parameter slecht scoort. De Mark en de Weerijsebeek zijn ook speerpuntgebieden (klasse 3). Een speerpuntgebied betekent dat men er tegen 2027 de goede watertoestand wil bereiken (klasse 2) of alle nodige acties hiervoor in uitvoering wil hebben zodat na 2027 enkel nog natuurlijk herstel nodig is (klasse 3). Verder zijn er enkele zogenaamde aandachtsgebieden (Aa, Kleine Aa), waar een gebiedsgerichte werking voorop staat, zodat hier al de

eerste stappen gezet worden om tegen 2033 een goede watertoestand te bereiken.

2.3 Oplossingen voorgesteld door waterbeheerders

(bron: gesprekken met de waterbeheerders Provincie Antwerpen, Vlaamse Milieumaatschappij, Vlaamse Landmaatschappij; Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027)

- Door het combineren van preventieve, protectieve en paraatheidsverhogende maatregelen (3P's) en het nastreven van een gedeelde verantwoordelijkheid bij de verschillende betrokkenen ontstaat geleidelijk een meerlaagse waterveiligheid. De drietrapsstrategie 'vasthouden, bergen en afvoeren', blijft één van de pijlers voor het waterkwantiteitsbeheer. Een aanpak aan de 'bron' (haarvatenstelsel), de eerste stap, is ook naar watertekort cruciaal. De recente droge zomers met een tekort in de waterlopen, lage grondwaterpeilen en uitgedroogde akkers hebben de noodzaak hiervan aangetoond. Bevorderen van infiltratie door bijvoorbeeld ontharding, gebruik van regenwater, het zoveel mogelijk vasthouden van water in de bodem, de aanleg van overstromingszones en meanders en het plaatsen van stuwen zijn hierbij belangrijke acties die via allerlei initiatieven verder uitgewerkt kunnen worden. Zo maakt een herstel van de natuurlijke waterhuishouding de valleien tot klimaatbuffers. Het behoud van de open ruimtes is hierin primordiaal, maar net die staan lokaal onder zware druk (o.a. Merkske).
- Een belangrijke moeilijkheid die ervaren wordt door de beheerders is dat de vergunningsprocedure, bv. voor het plaatsen van stuwen i.k.v. waterconservering in grachten een arbeidsintensief en tijdrovend proces is, wat het rendement van dergelijke projecten hypothekeert. Daarnaast bemoeilijken de overkoepelende landbouwthema's (MAP, PAS, ...) momenteel de uitvoering van deze projecten sterk.
- Voor de waterlopen in het gebied is de druk vanuit de landbouwsector groot. Het is cruciaal om zowel diffuse verontreiniging van nutriënten als restlozingen van landbouwbedrijven hier terug te dringen. Naast een fysische-chemische verbetering moet verder ingezet worden op een betere beekstructuur. Het oplossen van vismigratieknelpunten, verbetering van de structuurkwaliteit en aangepast beheer zijn hierin vaste ingrediënten. Deze ingrepen zijn het meest effectief als de fysisch-chemische waterkwaliteit al behoorlijk is zoals in het Merkske. Op bepaalde plaatsen kunnen bufferstroken of oeverzones een belangrijke meerwaarde bieden, zowel naar instroom van nutriënten als ruimte voor water.
- Een toenemend probleem is het aantal invasieve exoten in en rond de waterlopen. Op een aantal plaatsen worden massale populaties

waargenomen. Vooral een aantal uitheemse oeverplanten (Japanse duizendknoop, reuzenbalsemien) breiden sterk uit. De samenwerking van alle waterbeheerders en terreinbeheerders is essentieel om tot een effectieve gebiedsdekkende bestrijding te komen per afstroomgebied.

- Om de bewustwording rond een gezond watersysteem te verhogen, dient verder ingezet te worden op het vergroten van de belevingswaarde van water en dit in combinatie met infiltratie, waterberging en een toename van de ecologische kwaliteit. Dit kan onder meer door het aanleggen van wadi's in parken of speeltuinen, het openleggen van ingebuisde waterlopen (bijvoorbeeld 'water in de stad'), het behoud van baangrachten, groenblauwe dooradering in de bebouwde omgeving en de open ruimte. De aanwezigheid van water is een belangrijke aantrekkingspool voor water- en oevergebonden recreatie en bijhorend toerisme.

Meer specifieke acties die voorgesteld worden:

Voor het Merkske:

- Voor de vallei van het Merkske is het streefdoel een natuurlijk beekdallandschap, met de nodige natuurontwikkeling en mogelijkheid tot overstromingen. Een natuurlijk oppervlakte- en grondwaterpeil met voldoende kwel is cruciaal voor het herstel van dit natuurlijk beekdallandschap en voor de werking van de vallei als klimaatbuffer. Dit zal aan belang toenemen naarmate de klimaatverandering zich verderzet. Voor het Merkske wordt daarom verder gestreefd naar een natuurlijke dynamiek van het peilregime met o.a. verdere verruwing en verondieping van de beekbedding. Er werd al afgesproken dat de Provincie Antwerpen in samenwerking met het Waterschap Brabantse Delta kleinschalige beekherstelmaatregelen uitvoeren (inbreng dood hout, zandsuppletie, ecologisch beheer waterloop, aanplanten van bomen en struiken op de oevers) met als doel een hoger waterpeil te bekomen bij basisafvoer, grotere diversiteit in beekmorfologie en afwisseling in beschaduwde en zonbeschenen trajecten (zie ook volgende actiefiche: [Actiefiche 8A E 0376.pdf \(vmm.be\)](#)).
- In het afstroomgebied zijn wateronttrekkingen afgestemd op de draagkracht van het systeem en moet Infiltratie maximaal hersteld worden. Door de aanleg van retentiemoerassen aan de randen van het beekdal kan drainage van hoger liggende landbouwgronden enerzijds gegarandeerd blijven en anderzijds worden nutriënten weggevangen. Met de ruilverkaveling is hier in het verleden al op ingezet. Cruciaal in deze totaalvisie is dat het landgebruik op beide oevers en in beide landen, ook op elkaar worden afgestemd. Hetzelfde geldt voor een uniform ecologisch beheer over de hele lengte van het Merkske.
- Verder is er nood aan kleinschalige maatregelen bij landbouwers in functie van waterretentie en conservering. Dit kan door het verbeteren van waterconservering in de bodem binnen het afstroomgebied, maar ook door ingrepen zoals de aanleg van

stuwtjes en drempels op kleine sloten in landbouwgebied. Via een samenwerking van Regionaal landschap De Voorkepen, stad Hoogstraten, Watering De Beneden Mark en Boerennatuur Vlaanderen wordt daar al werk van gemaakt. Zie de actiefiche: [Actiefiche 5B C 0031.pdf \(vmm.be\)](#) en meer info op: <https://www.boerennatuur.be/drempels-tegen-droogte/>. Na interessepeiling en analyse van de percelen gebeurt de uitrol van maatregelen voornamelijk in het gehucht Hal ten noorden van het Merkske en op de percelen van VITO-campus (afstroomgebied Mark). Dit project loopt nog tot midden 2023. Op dit moment loopt de vergunningsaanvraag voor 10 maatregelen (hoofdzakelijk stuwen) waarvan 6 in Hal, 2 op percelen van het VITO en 1 stuw meer richting grens met NL (afstroomgebied Mark). Deze worden geplaatst voor juni 2023. Het project heeft ook tot doel vervolprojecten in functie van waterconservering naar voren te brengen in de regio.

- Langs het Merkske kan de goede fysisch-chemische kwaliteit bereikt worden door enerzijds het wegwerken van de laatste puntvervuilingen o.a. huishoudelijk afvalwater afkomstig van Hal en het effluent van KWZI Zondereigen. Ten tijde van de voorliggende analyse stonden deze werken ingepland voor 2023-2024, waaronder de aanleg van een collector in Hal door Aquafin. Het gemeentelijk project dat hierop aansluit was ook opgedragen. De doorvoer van KWZI Zondereigen richting RWZI Merksplas werd aangekondigd na aanleg van de collector Steenweg op Weelde waarvoor de start van de werken in de tweede helft van 2024 was voorzien. In Zondereigen werd door de gemeente Baarle-Hertog in 2023 een RWA-riool aangelegd tussen het centrum en de Noordermark. Zie ook volgende actiefiches: [Actiefiche 7B J 0055.pdf \(vmm.be\)](#), [Actiefiche 7B I 0118.pdf \(vmm.be\)](#).
- Het is noodzakelijk dat binnen de penitentiaire instelling van Wortelkolonie volledige afkoppeling van het regenwater gebeurt opdat de volledige vuilvracht kan aansluiten op de aanwezige persleiding en de kwaliteit van de Staakheuvelse Loop (zijloop van het Merkske) kan verbeteren (de studieopdracht hiervoor is lopende). Zie ook volgende actiefiche: [Actiefiche 7B I 0128.pdf \(vmm.be\)](#).
- Daarnaast dient ingezet te worden op het wegwerken van de verspreide restlozingen voornamelijk afkomstig van de landbouwsector.
- Er moeten geen vismigratieknelpunten meer weggewerkt worden; wel is een herstel van de Mark nodig opdat ontbrekende soorten via natuurlijke kolonisatie het Merkske kunnen bereiken. Samen met de gemeenten en de landbouwsector rolde het bekkensecretariaat recent een proactieve aanpak uit binnen het afstroomgebied van het Merkske. Doel was om landbouwers bewust te maken van de impact van erfsappen, en vooral oplossingen aan te reiken om vervuiling te voorkomen. Zie volgende actiefiche: [Actiefiche 7B D 0088.pdf \(vmm.be\)](#). Deze proactieve aanpak was een uniek pilootproject in Vlaanderen. Naast de communicatie via infosessies werden voor de verschillende bedrijfstypen die binnen het afstroomgebied actief zijn, gedetailleerde checklists per bedrijfsonderdeel opgesteld. Met deze checklists hebben landbouwers en adviesverleners een concreet

hulpmiddel in handen om zelf mogelijke probleempunten te inventariseren en waar nodig gepaste maatregelen te nemen. Hierdoor neemt niet alleen het risico op (accidentele) watervervuiling in het omliggende gebied sterk af, maar kan de landbouwer zich ook in regel stellen met de wetgeving en tegelijk de bedrijfsvoering verbeteren. De hulpmiddelen kwamen tot stand met input van VLM, omgevingsinspectie en de Boerenbond. Aanvullend boden gemeenten Merksplas, Hoogstraten en Baarle-Hertog via een LEADER-project een gericht bedrijfsadvies aan door een extern bureau. Elke deelnemende landbouwer ontving hierbij een overzichtelijk en persoonlijk rapport met mogelijke maatregelen op maat van zijn/haar bedrijf en een overzicht van mogelijke subsidies. Medio 2022 werd het LEADER-project afgerond. 80% van de landbouwers in het afstroomgebied heeft deelgenomen aan het project. Gemiddeld werden 2 types van knelpunten per bedrijf vastgesteld. Tijdens de tweede ronde was het aantal knelpunten gedaald met 58% t.o.v. de uitgangssituatie doordat landbouwers verschillende (vnl. preventieve bron)maatregelen genomen hadden. Voor meer info hierbij, zie: [Grensboeren bewaken waterkwaliteit Merkske — nl \(integraalwaterbeleid.be\)](https://www.integraalwaterbeleid.be). Aansluitend op de campagne in het afstroomgebied van het Merkske wensten de deelnemende gemeenten in 2022 en 2023 de mogelijkheid voor bedrijfsadvies uit te breiden binnen hun gemeentegrenzen. Echter, dit voornemen werd on hold gezet omwille van het ongunstige landbouwklimaat ten gevolge van overkoepelende dossiers (PAS, MAP, Vlaamse parken, ...). Het is onduidelijk wanneer dit terug kan opgepakt worden.

Voor de Mark:

- Omdat de Mark in het verleden sterk rechtgetrokken is, is er minder waterberging in de bedding en snellere waterafvoer naar Nederland. Ook heeft dit geleid tot een lagere beekstructuur en ecologisch slechtere situatie. Er is nood aan een combinatie van effectgerichte (aanleg van overstromingszones, meanders) en brongerichte inspanningen (verhoogde infiltratie en water vasthouden in de bodem) om de piekafvoeren te reduceren. VMM werkt al vele jaren aan een verbeterende situatie door een gedeeltelijk herstel door het inschakelen van bestaande meanders, het uitgraven van een aantal gedempte meanders en andere structuurmaatregelen in de bestaande bedding zoals het plaatsen van keerkribbes. Zie ook de volgende actiefiche: [Actiefiche 8A E 0377.pdf \(vmm.be\)](#). Hierbij worden ook ingezet op de aanleg van bufferstroken. In totaal wordt gemikt op bijkomend buffervolume in de waterloop van 131000m³ (bij T100). Er komt een striktere scheiding tussen waterloop en landbouw. Er is behoud en uitbreiding van de recreatie langs de Mark. Er zijn verschillende projectgebieden om het geheel te realiseren. Grondverwerving loopt al verschillende jaren. Voor de aanleg van de meander t.h.v. Groot Eyssel is de grondverwerving rond. In 2023 liep een ontwerpfase i.s.m. Natuurpunt opdat dit in 2025 in uitvoering kan gaan. Ook zijn er een aantal oeverstroken verworven. De grondverwerving verloopt wel moeizaam binnen het landbouwgebied.

- Creëren van een gecontroleerd overstromingsgebied langs de Blauwputten en Leilooop of een bufferbekken op de Transportzone.
- De brongerichte aanpak is bovendien relevant voor duurzaam watergebruik in de sterk aanwezige landbouwsector, en een aanvulling van de grondwatertafel hetgeen voordelig is voor kweldruk en sluitend voorraadbeheer.
- De aanwezige kwel verdunt het vervuilde oppervlaktewater en verhoogt het zelfreinigend vermogen van de waterlopen. Gezien de positieve invloed van het kwelsysteem zijn alle factoren die dit systeem bedreigen een knelpunt, zoals waterwinningen, afname infiltratie door drainage en verhardingen, ... Maatregelen die leiden tot verhoogde kweldruk dienen dus geprioriteerd te worden. De zandgronden zijn alvast geschikt voor infiltratie van regenwater. Onder meer via de hemelwaterplannen en het lopende interregproject ProWater wordt hier al verder invulling aan gegeven.
- De Mark is momenteel als recreatieve verbinding en blauw-groen lint in Hoogstraten onderbenut. Deze kans voor de rivier verdient verdere uitwerking.
- De Mark heeft een matige waterkwaliteit door een hoge concentratie aan voedingsstoffen. In de bovenloop van de Mark en de zijlopen (o.a. Heerlese Loop, Muntloop en Kleine Mark) is de waterkwaliteit wel slechter. De hoge nutriëntenlast leidt mee tot ongezonde zuurstofarme omstandigheden in de zomer. De nutriënten zijn afkomstig van een suboptimale rioleringsinfrastructuur en de belasting vanuit de landbouwsector (enerzijds diffuse verontreiniging en anderzijds geconcentreerde restlozingen). Eutrofiëring vanuit landbouw, saneringsinfrastructuur en huishoudelijk afvalwater dient dus prioritair en gericht aangepakt te worden om het watersysteem gezond te maken en verdere ingrepen naar structuurkwaliteit optimaal te laten renderen. Het is een voorwaarde om een natuurlijke dynamiek van de Mark en haar zijlopen verder te ontwikkelen en om lokaal een (half)natuurlijk beekdallandschap met overstromingen toe te laten. Deze verhoogde bovenstroomse berging draagt ook bij om problemen met wateroverlast stroomafwaarts te vermijden. Sinds begin 2023 wordt op RWZI Hoogstraten ingezet op verdergaande fosforverwijdering met streefwaarde voor totale fosfor van 0,3mg/l in het effluent. Een aanzienlijke verbetering wordt hierdoor in 2023 op de Mark verwacht. Het dossier voor uitbreiding van de RWZI te Merksplas is nog niet opgestart. Voor het bekkenbestuur is het belangrijk dat ook deze RWZI wordt uitgebreid en geoptimaliseerd voor het halen van de KRW-doelen op de Mark. Te meer omdat hier in de toekomst meer vuilvracht (Zondereigen, strafinstelling Merksplas) zal toekomen. De aanleg van de collector Steenweg op Weelde en bijkomende huisaansluitingen zijn voorzien vanaf medio 2024. Aansluitend zal het project om de vuilvracht van Zondereigen naar Merksplas door te sturen worden opgestart. De renovatie van collector Nering, Achtel te Rijkevorsel met aanleg van gescheiden stelsel werd verder voorbereid voor aanbesteding in 2024-2025. De aanleg van de verbindingsriolering 'Steenweg op Rijkevorsel' voor aansluiting van Merksplas Kolonie is voorzien voor 2025-2026.

- Verbetering van de structuurkwaliteit is vooral nodig op het Vlaams waterlichaam van de Mark afwaarts de monding van het Merkske. Doordat het actuele landschap sterk gevormd wordt door intensieve landbouw, lijkt het niet aangewezen het oorspronkelijke meanderende karakter en grondwaterpeil volledig te herstellen. In eerste instantie moet structuurverbetering plaatsvinden binnen de actuele – en te brede – waterloop. Daarnaast kunnen meanders worden herangesloten, meanders opnieuw uitgegraven, de waterloop ondieper gemaakt en versmald of een nieuwe meander aangelegd.
- Opwaarts het centrum van Hoogstraten is er in de vallei ruimte voor de ontwikkeling van een meer natuurlijk beekdallandschap met natuurlijke overstromingen. Hierbij wordt best gestreefd naar een optimale landbouwinrichting, binnen de landschappelijke hoofdstructuur en buiten de beekvalleien. De ruilverkaveling Rijkevorsel-Wortel aan de Mark, Kleine Mark en Bolkse Beek wordt alvast verder uitgewerkt door de VLM. Bedoeling van deze ruilverkaveling is om het agrarisch gebied te herinrichten en te herverkavelen om tot aaneengesloten, regelmatige en bereikbare landbouwkavels dichtbij de bedrijfszetels te komen. Daarnaast heeft de ruilverkaveling een integrale inrichting van de open ruimte tot doel met een versterking van de beekvalleien van de Mark en de Kleine Mark, de depressies van de Bolkse beek en de Hollandse loop, de weidevogelgebieden van Polderheide en Bolk, de noordzuid-boscorridor van Wortelkolonie, en dit alles met aandacht voor het landschap en het recreatief medegebruik in het gebied. Er wordt ingezet op een grotere scheiding tussen landbouwpercelen en het watersysteem en er wordt ruimte voor het water gecreëerd o.a. via het dempen en heraanleggen van waterlopen en sloten, het aanleggen van oeverstroken en het uitvoeren van natuurinrichtingswerken in de beekvalleien van de Mark en de Kleine Mark en in de depressies van de Bolkse beek. Sinds de oprichting van het Ruilverkavelingscomité en de -Commissie van Advies in 2022 is de uitvoering van de ruilverkaveling Rijkevorsel-Wortel gestart. VLM engageert zich om dit proces met de betrokken partners verder te zetten. De herverkaveling van de percelen wordt momenteel uitgetekend. Dit huzarenwerk, waarbij alle eigenaars en gebruikers betrokken zijn, gaat gepaard met een aantal openbare onderzoeken waarbij de eigenaars en gebruikers de kans krijgen opmerkingen en bezwaren te uiten over onder meer de waardebepaling van de gronden, die ze in de ruil inbrengen, en over de nieuwe kavels, die aan hen toebedeeld worden. Na de eerste neerlegging van de inbreng en bijhorend openbaar onderzoek, wordt gestart met het ontwerp van de inrichtingsmaatregelen voor wegen en waterlopen.
- Voor een herstel van de visfauna is het belangrijk dat het knelpunt aan de Laermolen prioritair wordt aangepakt. Dit vormt nu een barrière tussen de waardevolle biotopen in het Merkske en in de structuurrijke bovenloop van de Mark. Ook in Nederland moeten de laatste vismigratieknelpunten worden opgelost.

Voor de Weerijds:

- Er zijn momenteel geen noemenswaardige overstromingsrisico's vanuit de waterlopen in het afstroomgebied van de Weerij. Stroomafwaarts, in het Nederlandse gedeelte van het stroomgebied, wordt het probleem wel relevant. Doorgerekende hoogwaterbescherming via o.a. aanleggen van overstromingsgebieden is voor Vlaanderen niet aan de orde. Wel dient blijvend ingezet te worden op brongerichte maatregelen om water vast te houden in de bodem voor aanvulling van de grondwatertafel, tegengaan van waterschaarste en duurzaam watergebruik in de landbouwsector.
- Voor een natuurlijk functionerend watersysteem en ter ondersteuning van verscheidene tot doel gestelde habitats en beschermde soorten (in o.a. habitatrictlijngebied Klein en Groot-Schietveld) is een maximaal herstel van de natuurlijke waterhuishouding belangrijk. De zandbodem is uitermate geschikt om sterk in te zetten op infiltratie.
- Aanpakken van oppervlakkige drainage in het Marum.
- Behouden van de waterconserveringsfunctie van de Brechtse Heide.
- Voor de fysico-chemische waterkwaliteit zijn de voornaamste probleemparameters t.h.v. het Vlaams oppervlaktewaterlichaam totaal fosfor, orthofosfaat, chemisch zuurstofverbruik en opgelost zuurstof. Vooral de matige zuurstofgehalten kunnen nefast zijn voor een permanente aanwezigheid van waterdieren, maar zuurstofloos water kan ook problematisch zijn voor toepassingen in de landbouw. Fosforemissies kunnen op korte termijn teruggedrongen worden via maatregelen op de RWZI's (Loenhout en Brecht) en binnen de landbouwsector. Aansluitingen van huishoudelijk afvalwater zijn voor de vooropgestelde KRW-doelen minder relevant, maar dienen op lange termijn wel nagestreefd te worden. Speciale aandacht voor het terugdringen van nutriëntenvrachten moet er zijn binnen het afstroomgebied van de Wehagenbeek.
- Naast brongerichte maatregelen dient complementair bekeken te worden hoe het zuurstofgehalte op de Weerij en bij uitbreiding de weerstand tegen klimaatverandering kan verbeterd worden door structuurverbetering en meer beschaduwning. Structuurverbetering leidt via toegenomen waterdynamiek tot betere zuurstofconcentraties. Beschaduwning zorgt via lagere watertemperaturen tot een betere zuurstofoplosbaarheid.
- Er zijn geen vismigratieknelpunten vanaf het Natura 2000 gebied Klein en Groot Schietveld tot aan de monding in Nederland meer, waardoor de vissen vrij spel hebben. Niettemin herstelt de visfauna zich niet door een combinatie van te lage zuurstofconcentraties en een gebrek aan gunstige biotopen. Ook om die reden moet komende planperiode ingezet worden op bijkomende structuurvariatie. De structuurkwaliteit van de Weerij binnen het Natura 2000 gebied werd in het verleden al verbeterd, bijgevolg is nu een verbetering van het traject van de Weerij tussen grens en Schietvelden relevant.

Voor de Kleine Aa:

- Een aanzienlijk deel van het stroomgebied van de Kleine Aa wordt gevormd door het Natura 2000 gebied Kalmthoutse Heide. Ingrepen op het watersysteem in dit gebied kunnen dus een belangrijke impact hebben op het gehele stroomgebied. Daarnaast zijn in dit gebied bepaalde natuurwaarden mede afhankelijk van een natuurlijk grondwaterpeilregime. Maximaal herstel van de natuurlijke hydrologie in dit gebied wordt op lange termijn vooropgesteld met een goed evenwicht tussen de specifieke instandhoudingsdoelstellingen enerzijds en de doelstellingen van waterdrainage en grondwaterwinning anderzijds. Een aangepast regime van vertraagde afvoer zal bijdragen tot een reductie van de potentiële wateroverlast stroomafwaarts. De zandbodem maakt het gebied geschikt om maximaal in te zetten op infiltratie. Ook binnen de landbouwsector zullen opgestarte projecten om water in de bodem langer vast te houden deze planperiode verdergezet worden.
- Uitvoeren van hydrologische herstelmaatregelen in functie van natte graslanden in De Markgraaf.
- Bouwen van een GOG (Gecontroleerd OverstromingsGebied) op de Dorpsbeek.
- Bouwen van een GOG t.h.v. oude opslagplaats gemeente Kalmthout.
- De waterkwaliteit in de Kleine Aa (=aandachtsgebied) kan in eerste instantie verbeteren door optimalisatie van de saneringsinfrastructuur, zoals verminderde overstortwerking via doorgedreven afkoppelingen en verdergaande zuivering op RWZI's Essen en Kalmthout. In tweede instantie kan ingezet worden op bijkomende aansluitingen.
- De Magerbeek die door centrum Essen stroomt verdient daarbij voldoende aandacht. Te bekijken is het openleggen van deze waterloop in Essen.
- De Kleine Aa functioneert als een ecologische verbinding tussen de Kalmthoutse heide en natuurgebieden stroomafwaarts in Nederland. Dit betekent dat de structuurkwaliteit verder moet verbeteren. Belangrijk hierin is de sanering van verschillende vismigratieknelpunten op de Kleine Aa. Aan beide zijden van de grens wenst men hierop in te zetten. Door het volledig optrekbaar maken van de Kleine Aa/Molenbeek vanaf de Vliet kunnen vissen de beek opnieuw koloniseren als er ook voldoende en geschikte habitats aanwezig zijn.

Hiervoor werd al verwezen naar het ruilverkavelingsproject Rijkevorschel-Wortel. Na een terreinbezoek georganiseerd in aanwezigheid van Ilse van Dienderen (manager landinrichting en grondenbank VLM), Filip Debrabandere (projectleider VLM), Bert Vueghs (projectontwerper VLM) en Patrick Willems (professor hydrologie en waterbeheer KU Leuven), werd door Patrick Willems de volgende evaluatie en advies geformuleerd:

Het huidig plan is zeer waardevol. Het zorgt voor een optimalere landbouwinrichting in samenhang met ecologische maatregelen en dit

volgens de natuur-, landbouw- en landschapsvisie voor het plangebied. Wat waterhuishouding betreft, zijn er een aantal algemene doelstellingen intrinsiek vervat in het plan:

- Realiseren van een groenblauwe dooradering langs de beekvalleien van de Mark, Bolkse Beek en Kleine Mark, gerealiseerd via de herverkaveling met een uitruiling van het huidige, intensieve landbouwgebruik uit valleien en depressies en het ecologisch en landschappelijk herstel van die valleigebieden. Dit laatste wordt gerealiseerd door onder meer afgraving van de aangerijkte bouwvoor, het dempen van bepaalde kavelsloten, het verwijderen van buisdrainage, het graven van poelen en beekbodemverhoging van de Mark.
- Omdat de verbeterde af- en ontwatering na ruilverkaveling voor het in te richten landbouwgebied een verhoogde piekafvoer tot gevolg kan hebben, zal - om wateroverlastproblemen stroomafwaarts te voorkomen - het intern bufferend vermogen van het waterlopen- en slotenstelsel verhoogd worden. Dit gebeurt door de aanleg van een natuurtechnisch profiel voor een groot aantal waterlopen. Op bepaalde locaties worden regelbare knijpstuwen vooropgesteld.

Naast deze geplande acties, zijn er zeker nog bijkomende mogelijkheden om de inrichting van het landbouwgebied nog meer Blue Deal-proof te maken. Hieronder volgen enkele aanbevelingen:

- Bij de herverkaveling gebeurt de ruimtelijke afbakening van de kavels best door zo veel als mogelijk ook rekening te houden met de topografie:
 - Egalisatie van lokale depressies wordt best zo veel mogelijk beperkt, omdat op die manier heel wat bufferend vermogen in het landschap verloren gaat, wat zowel naar droogte als wateroverlast zeer nadelige gevolgen heeft. Hierbij wordt er best ook rekening gehouden met de praktijkervaring – zoals ook aangegeven door de VLM-mensen tijdens het terreinbezoek – dat landbouwers de behoefte zullen voelen om – zeker in de zandgronden van de Kempen – depressies gelegen in het midden van een perceel uit te vlakken door afschuiven van grond vanaf de hogere randen en/of door aanvoer van externe grond. Het voorbeeld dat in de concept VLM-nota van 18 mei 2021 gegeven wordt voor Langvenheide (tussen Bolkse Bossen en Merksplas-Kolonie) is een voorbeeld van een goede oplossing: wijzigen van de bestaande kavels die een noord-zuid oriëntatie hebben naar kavels met een oost-west oriëntatie en een nieuwe kavelgrens ter hoogte van de thalweg van het komvormig gebied dat centraal in het gebied ligt.

- Ter hoogte van de grotere bestaande depressies in het landschap en in de buurt van landbouwgebieden die (volgens de ecohydrologische studie) droogtegevoelig zijn, installeert men best buffer- en/of infiltratiepoelen (afhankelijk van de specifieke bodemkarakteristieken, cf. doorlatendheid van de bodem). De infiltratiepoelen verhogen de grondwateraanvulling, en compenseren deels de ev. grondwateroppomping door de landbouwers in de omgeving. De bufferpoelen houden water ter beschikking voor irrigatie tijdens droogteperiodes. Een voorbeeldzone waar dit sterk te overwegen is, is het gebied dat (volgens de toelichting tijdens het terreinbezoek) in overweging wordt genomen voor herverkaveling ten zuiden van de grote serres van VGT (Verenigde Groentetuinders, paprikabedrijf) langs de Aardbolweg in Rijkevorsel.
- In de deelgebieden met relatief sterke terreinhellingen is het belangrijk dat er voldoende vegetatiestroken al dan niet in combinatie met houtkanten voorzien worden om het afstromend regenwater te remmen en te bufferen en kavelgrachten gedempt en afgedamd worden. Dit heeft ook belangrijke voordelen naar minderde sedimentafspoeling en nutriëntuitspoeling naar de waterlopen. Naast droogte en wateroverlast is immers ook de waterkwaliteit een aandachtspunt; cf. de hoge nutriëntconcentraties in de waterlopen.
- Er wordt in het huidig plan zeer veel aandacht gegeven aan de aanleg van natuurtechnische profielen voor een groot aantal waterlopen, dit om het intern bufferend vermogen van deze waterlopen te vergroten. Dat werkt gunstig voor zowel droogte als wateroverlast, maar het is daarbij belangrijk dat er op een groot aantal locaties langs het waterloppennetwerk regelbare stuwen worden geplaatst en deze goed geregeld worden door de waterloopbeheerder. Op voorhand kunnen de intenties op dat vlak goed zijn, maar in de praktijk bestaat er het gevaar dat het belang van die regeling na verloop van tijd vergeten wordt omdat ze geen direct zichtbaar effect heeft. De regeling dient zo ingesteld te worden dat men water maximaal vasthoudt in het valleigebied en buffert en laat infiltreren en enkel afvoert wanneer het nodig is om overlast (voor bebouwing, landbouw en habitats) te voorkomen.
- In het gebied zijn er ook heel wat diep ingesneden valleigebieden. Hier zijn er heel wat mogelijkheden tot bodemverhoging van de waterlopen en het plaatsen van knijp- en regelstuwen, dit om waterpeilen, drainagebasis en grondwaterstanden te verhogen en daarbij zowel wateroverlast stroomafwaarts als de droogtegevoeligheid te verminderen. Dat moet op verschillende locaties langs Mark, Kleine Mark en Laak of Bolkse Beek haalbaar zijn

in combinatie met de natuurinrichtingen die in die beekvalleien gepland staan. Het lengteprofiel van de waterlopen geeft een indicatie van de beste locaties voor die stuwen.

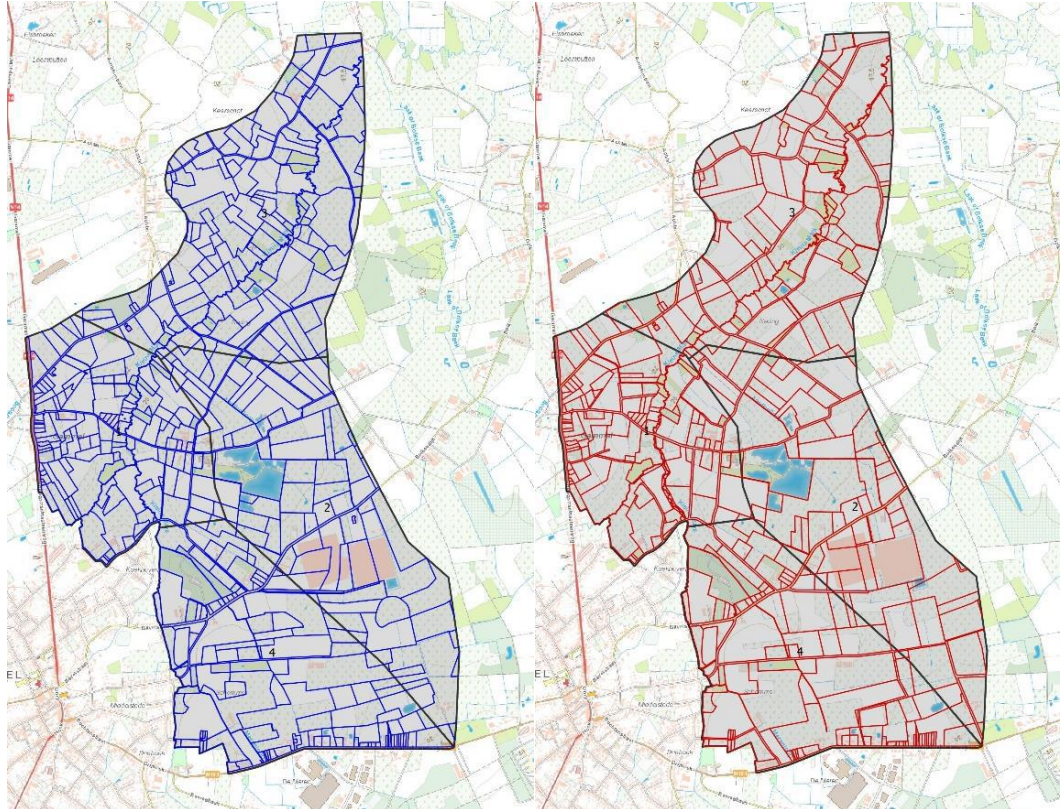
- Voor de zones waarbij in het verleden veel kavelsloten door de hogere zandruggen tussen de depressiegebieden in de interfluvia werden getrokken, om die depressies te ontwateren, is de aanpak voorgesteld in de concept VLM-nota van 18 mei 2021 een goede strategie. Vanuit het oogpunt van de strijd tegen zowel droogte als wateroverlast zou het goed zijn om die ontwatering zo veel als mogelijk op te heffen. Maar het is duidelijk dat dit vanuit landbouwoogpunt niet realistisch is, zeker omdat het ruilverkavelingsplan voor 150 ha verlies aan agrarisch gebied zal zorgen. Een sterkere hydrologische "scheiding" organiseren tussen de beekdalen en de hoger gelegen landbouwgronden is daarbij een goede strategie. De sloten die in de landbouwgronden door de hogere zandruggen tussen de depressiegebieden in de interfluvia werden getrokken worden daarbij best zo veel als mogelijk verondiept. Dat kan, zoals de nota voorstelt, door slootduikers te verhogen en een aangepaste beekruiming te organiseren, waardoor de tussenliggende open slootdelen verlanden (maximale slootdiepte van 0,8 m) waardoor de drainagebasis en freatische grondwaterstanden verhogen en de droogtegevoeligheid van de landbouwgronden vermindert maar er tijdens natte periodes toch voldoende drainage mogelijk blijft. Maar dat dient dan (meer dan!) gecompenseerd te worden verder afwaarts in de beekdalen via buffering en remming via de knijp- en regelstuwen zoals bij de vorige punten al werd besproken. Ook mogelijkheden om deze buffering te combineren met opslag in bufferpoelen en -bekkens voor gebruik tijdens droogte kan verder onderzocht worden. Dat laatste komt nog niet aan bod in het huidige plan, terwijl er in het plangebied heel wat mogelijkheden voor zijn.

2.4 Bestaande studies en modelleninstrumentarium

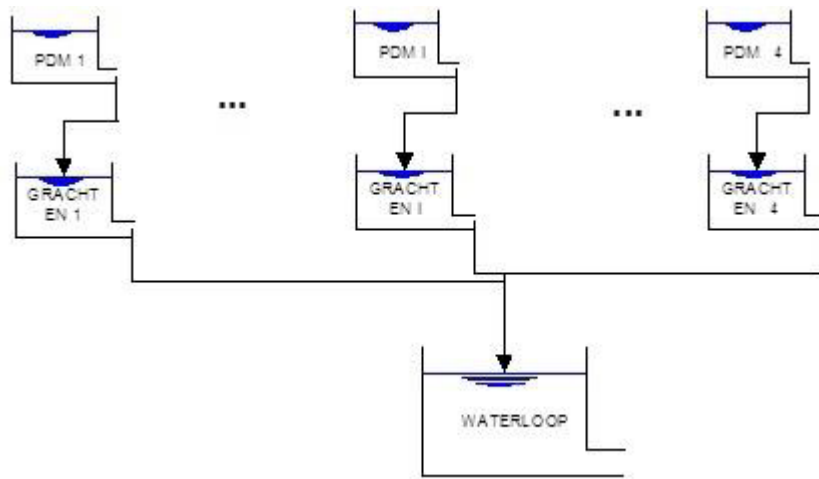
In het kader van de voorbereidingen voor de ruilverkaveling van Rijkevorsel-Wortel werden meerdere modelleringsstudies uitgevoerd. Door IMDC (2015) werden via PDM neerslagafvoermodellen enkele scenario's doorgerekend m.b.t. bovenstroomse maatregelen zoals wijziging van het grachtenstelsel door herverdeling van perceelsgrenzen, wijziging van landgebruik door omschakeling tussen natuur en landbouw, en wijziging van micro-reliëf. Zie hierna in Figuur 2.8 als voorbeeld het verschil in grachtenstelsel dat voor de Kleine Mark bestudeerd werd, voor en na de geplande ruilverkaveling. Een conceptueel bakjes-type model (Figuur 2.9)

werd hiervoor toegepast. Door IMDC & Technum (2015) werd naast een hydrologisch model ook een hydraulisch model (geïmplementeerd in InfoWorks) en een grondwatermodel geïmplementeerd (gridgrootte variërend van 200m aan de modelranden tot ca. 30m in het gebied van het ruilverkavelingsproject). Het hydraulisch model werd toegepast om scenario's door te rekenen m.b.t. de impact van de herverkaveling en verondieping of demping van bepaalde perceelsgrachten (bv. verondieping tot 30 cm onder maaiveld binnen de natuurzones, demping van perceelsgrachten tot op het maaiveld binnen de potentiële natuurzones); opstuwung van Mark, Kleine Mark en Bolkse Beek met 50 cm binnen de potentiële natuurzones; bouwvoor in alle percelen binnen de potentiële natuurzones 30 cm afgraven; of percelen met fosfaataanrijking gedifferentieerd afgraven. Het grondwatermodel werd gebruikt om voor de stroomgebieden van Mark en Kleine Mark een gebiedsdekkende stijghoogtekaart te produceren, de sturende processen van de grondwaterstroming in de ruime omgeving van de ruilverkaveling te begroten, de impact van wijzigingen in deze sturende factoren te berekenen: bv. veranderingen in de hydrografie, in waterpeilbeheer en in pompregime. Het grondwatermodel leverde verder de randvoorwaarden voor de vegetatiemodellering en modellering van wijziging in landbouwopbrengst; de lokalisatie en kwantificatie van de intrek- en kwelgebieden; het afleiden van de relatie tussen peilbeheer en grondwaterstanden en de mogelijkheden van een gedifferentieerd peilbeheer; onderzoek naar de impact van de Formatie van de Kempen; afijking van de relatie tussen bodemgebruik en grondwatervoedingen.

Voor het Merkske: Alvorens de voorziene beekherstelmaatregelen te implementeren werd in 2022 een grensoverschrijdend grondwatermodel opgemaakt. Een studiebureau werd onder de arm genomen om deze maatregelen tot uitvoering te brengen. Er werd vanuit de stakeholders de vraag gesteld naar een oppervlaktewatermodel. Dit zal in deze fase worden meegenomen.



Figuur 2.8 Overzicht van het grachtenstelsel in het afwaarts stroomgebied van de Kleine Mark voor (blauwe lijn) en na (rode lijn) de uitvoering van de ruilverkaveling (IMDC, 2015)



Figuur 2.9 Conceptueel bakjes-type model dat werd toegepast in IMDC (2015) voor de impactanalyse bij het ruilverkavelingsproject van Rijkvorschel-Wortel

2.5 Grensoverstijgende samenwerking

Eind 2017 startte het bekkensecretariaat Maasbekken samen met Waterschap Brabantse Delta een grensoverschrijdend integraal waterproject op voor het Merkske. Alle overheden en actoren die betrokken zijn bij het waterbeleid langs beide zijden van de grens werden hiervoor uitgenodigd, o.a. gemeenten, waterbeheerders, rioolbeheerders, administraties en natuur- en landbouwverenigingen zitten rond de tafel. Dit heeft geleid tot een concrete actielijst en verdere verfijning van de acties uit het stroomgebiedbeheerplan. Hiermee is verder aan de slag gegaan. Sinds 2021 wordt het integraal waterproject van het Merkske getrokken door provincie Antwerpen en waterschap Brabantse Delta. Voor heel wat acties loopt de voorbereiding en is effectieve uitvoering voorzien voor 2027.

Voor de Molenbeek-Mark is er grensoverschrijdend wateroverleg (GOW), wat wil zeggen dat men minimaal één keer per jaar samenkomt voor afstemming m.b.t. de operationele aspecten en het uitwisselen van informatie en ervaringen over het integrale waterbeheer en waterbeleid langs beide kanten van de grens. Concreet worden er bijvoorbeeld afspraken gemaakt over het beheer (frequentie, uitvoerder, wijze) van ruimingen van de grensvormende en grensoverschrijdende waterlopen.

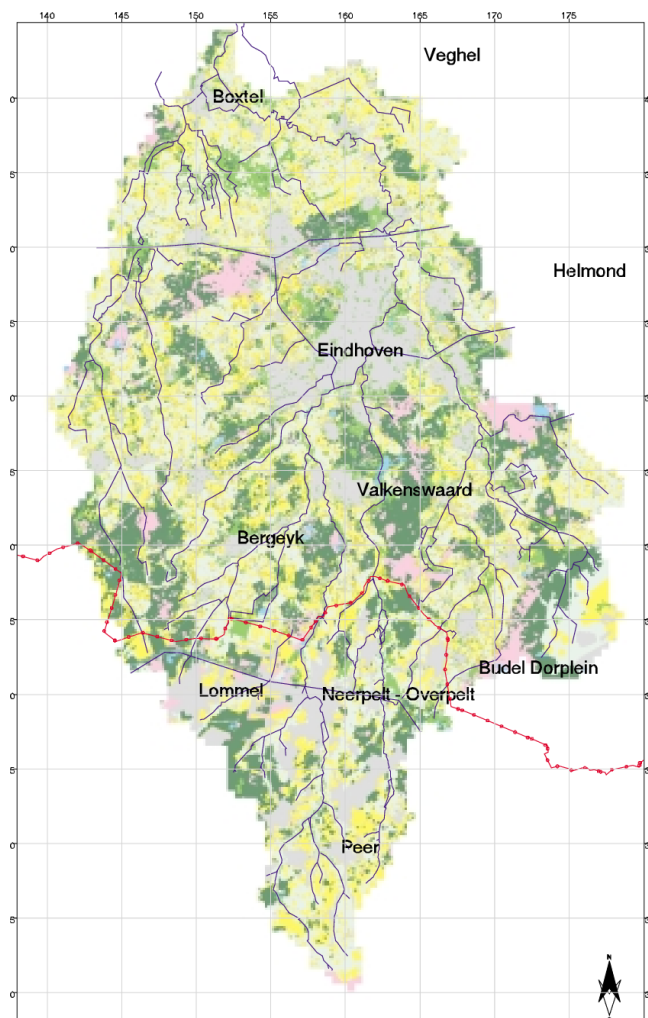
Er werd wel nog geen integrale projectwerking opgestart voor de vallei van de Mark. Langs Vlaamse zijde is personeelscapaciteit de oorzaak waarom dit nog niet gebeurd is. Er lopen wel grensoverschrijdende verkenningen met Nederland.

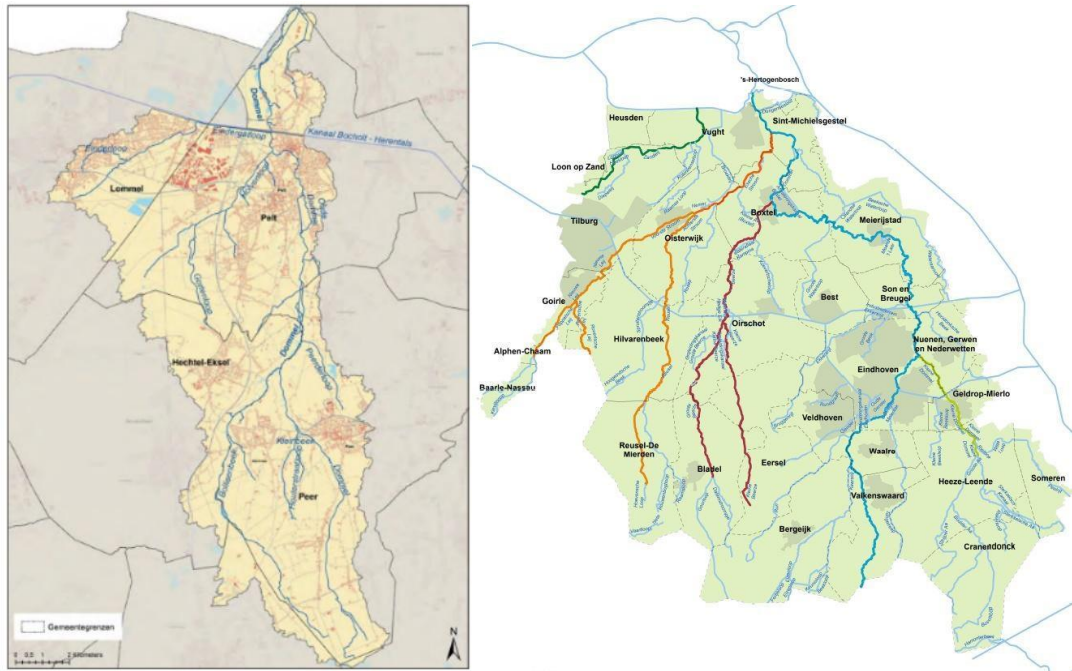
Voor het gebied afwaarts van de Vaart van Nol naar Roosendaal werd vanuit het waterschap Mark en Weerijs in 2011 een gebiedsvisie en beheerplan opgesteld. Hierbij werden aan de waterlopen ecologische, recreatieve, landschappelijke en waterkwantiteit gerelateerde functies toegekend. Deze gedragen visie bevestigt zowel bestaande alsook nog te realiseren functies en werd afgestemd met functietoekenningen aan Nederlandse zijde.

3 Grensoverschrijdend Vlaams-Nederland stroomgebied van Dommel

3.1 Eigenschappen van het gebied

Het stroomgebied van de Dommel behoort tot het Maasbekken. De rivier de Dommel begint in Vlaanderen ten zuiden van Peer, waar de bron zich bevindt op het Kempisch Plateau. Ze stroomt noordwaarts doorheen het centrum van Pelt. Bij Borkel en Schaft komt de Dommel Nederland binnen. In 's-Hertogenbosch komen de Dommel en rivier de Aa samen en vormen de Dieze. De Dieze mondt uiteindelijk uit in de Maas.





Figuur 3.1 Grensoverstijgend stroomgebied van de Dommel. Linkerfiguur: Vlaams Deel. Rechterfiguur: Nederlands deel

In Vlaanderen zijn de waterlopen opgedeeld in vier categorieën (Figuur 3.2). Deze van categorie 1 (Dommel afwaarts) worden beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), deze van categorie 2 door de Provincie Limburg, deze van categorie 3 en de publieke grachten door de betrokken gemeenten. Verder zijn er drie deelgebieden waar de waterlopen van categorie 1 en 2 en de publieke grachten beheerd worden door Watering De Dommel. Er zijn wel hervormingen in het Vlaamse waterbeheer op komst, met de oprichting van Waterschappen naar Nederlands model en afschaffing van de Polders en Wateringen.

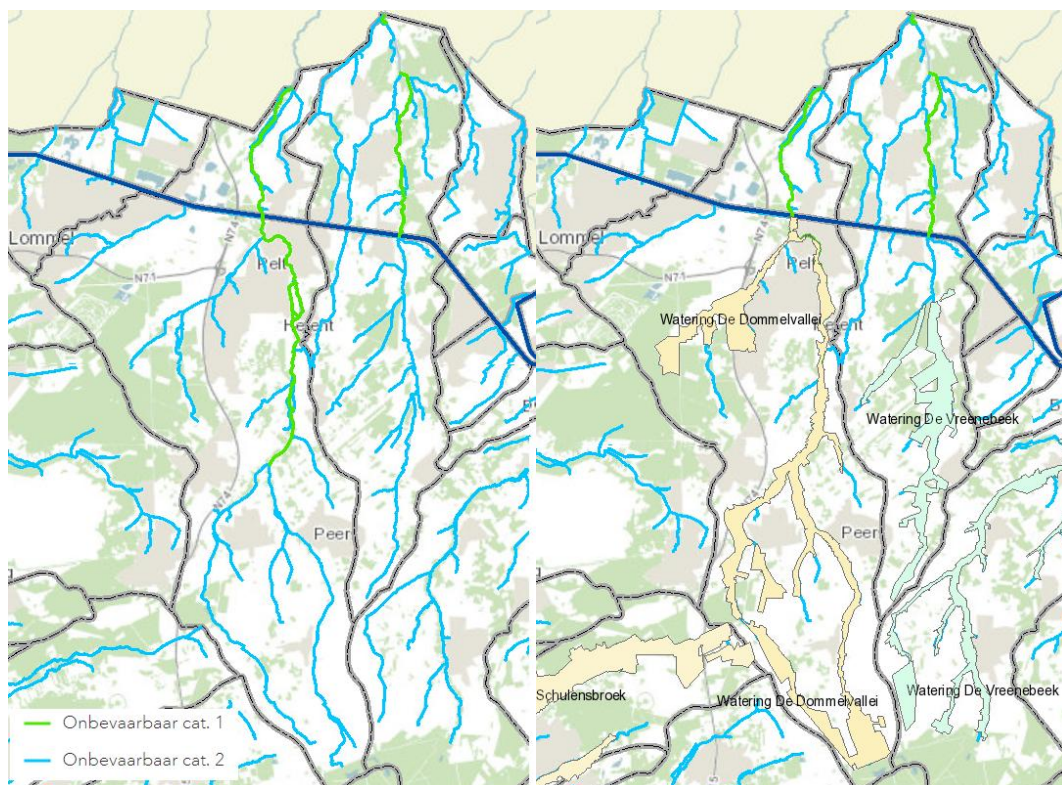
Het Nederlandse gedeelte van het stroomgebied wordt beheerd door het Waterschap De Dommel.

Zoals voor het stroomgebied van de Mark/Aa-Weerijis en andere Vlaamse stroomgebieden zijn er in het Vlaams gedeelte van het stroomgebied ook nog volgende beheerders betrokken bij het waterbeheer van dit gebied:

- Vlaamse Landmaatschappij: landbeheer in landelijk gebied: inrichtingsprojecten uit om de kwaliteit van de open ruimte te verbeteren, beheer van de grondenbank, beheerovereenkomsten met landbouwers die vrijwillig aan natuur-, milieu- en landschapszorg doen, stimuleren van duurzame bemesting bij landbouwers;
- Departement Omgeving: ruimtelijk beleid, erosiebestrijding, klimaatadaptatieplanning, toezicht op bedrijven met een klasse 1-vergunning, integratie van ecologie in de infrastructuur;
- Agentschap voor Natuur en Bos: beheer van openbaar groen, parken, natuur- en bosgebieden;

- Departement Landbouw en Visserij: landbouw-, tuinbouw- en visserijbeleid;
- Aquafin: aanleg van de bovengemeentelijke afvalwaterinfrastructuur en beheer van collectoren, pompstations en afvalwaterzuiveringsinstallaties, rioolbeheerder voor bepaalde gemeenten;
- Agentschap Wegen en Verkeer: beheer van de baangrachten langs gewestwegen;
- De Watergroep: drinkwatermaatschappij, die voor de productie van drinkwater grondwaterwinningen exploiteert in o.a. Lommel en Neerpelt.

De Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW) en de bekkencoördinator van het Maasbekken hebben een coördinerende rol. Het grondwater wordt beheerd door de VMM. VMM beheert zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit.



Figuur 3.2 Linkerfiguur: Categorieën van waterlopen in het Vlaams gedeelte van het stroomgebied van de Dommel. Rechterfiguur: Gebieden beheerd door Watering De Dommelvallei

3.2 Overstromings- en droogteproblematiek

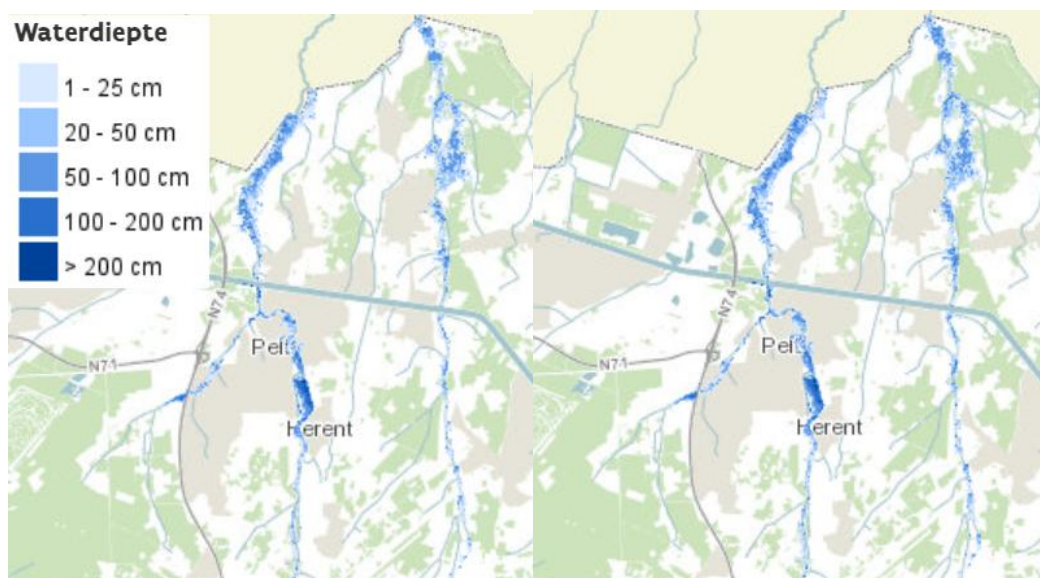
3.2.1 Overstromingsproblematiek

De Dommel en zijlopen werden in het verleden op veel plaatsen rechtgetrokken, in functie van een efficiëntere voedselproductie en een

snellere waterafvoer. Terwijl het meanderende karakter van de waterloop verdween, werden veel historische overstromingsgebieden van de Dommel in de jaren 1960 en 1970 volgebouwd. Daardoor kreeg de streek steeds vaker te kampen met wateroverlast. Om het risico op overstromingen te verminderen werd in 1993 een wachtbekken aangelegd, stroomopwaarts van Neerpelt. Maar door de klimaatverandering en de toenemende verharding is de capaciteit van dat wachtbekken vandaag onzeker.

Voor het Vlaams gedeelte van het stroomgebied zijn de overstroombare gebieden bepaald voor zowel fluviale overstromingen (buiten de oevers treden van waterlopen) als voor pluviale overstromingen (als gevolg van extreme neerslag), bij grote (T10), middelgrote (T100) en kleine (T1000) voorkomingskans (Figuur 3.3) en dit voor zowel het huidig klimaat als na hoog-impact klimaatscenario. De bijhorende economische, ecologische en sociale gevolgen werden ook ingeschat en gecombineerd tot een overstromingsrisicokaart, voor zowel het huidig klimaat als het hoog-impact klimaatscenario.

Door de klimaatverandering nemen de overstromingskansen en -risico's beduidend toe. Terwijl bij het huidig klimaat 1600 adressen zich bevinden in overstroombare zones bij een T10 voorkomingskans, stijgt dat tot 2900 bij het hoog-impact klimaatscenario. Vooral opwaarts het kanaal Bocholt-Herentals is er regelmatig sprake van wateroverlast. O.a. een deel van het Hageven in Pelt (Dommel) kampt met schade door wateroverlast.



Figuur 3.3 Overstroombare gebieden (fluviaal + pluviaal) bij een kleine voorkomingskans (T1000), Linkerfiguur: huidig klimaat. Rechterfiguur: hoog-impact klimaatscenario

3.2.2 Droogteproblematiek

Ook de kans op grote droogte en waterschaarste nemen door de klimaatverandering toe. Lagere peilen en afvoeren in de waterlopen hebben verhoogde watertemperaturen, lage(re) zuurstofconcentraties, hogere concentraties aan pollutanten, een verminderde werking van visdoorgangen, droogval, enz. tot gevolg. Dit kan leiden tot een verslechterde ecologische toestand. Ook de kans op acute ecologische problemen zoals vissterfte, (blauw)algenbloei, en botulisme neemt toe. Daarom worden bij lage waterpeilen vooral in ecologisch belangrijke waterlopen onttrekkingsverboden ingesteld. Vooral langs de bovenlopen in Peer en Hechtel-Eksel is er tijdens droogte snel waterschaarste.

Zo waren er in meerdere van de voorbije droge zomers captatieverboden. Zulke captatieverboden zorgen ervoor dat de land- en tuinbouw op zoek moet naar water (watertransporten). Sinds 2019 moeten mobiele watercaptaties (m.u.v. de aangelanden) verplicht vanop de vaste locaties langs kanalen uitgevoerd worden.

Het waterverbruik van gezinnen is voornamelijk temperatuursafhankelijk maar ook langdurige droogte heeft een belangrijke invloed op het verbruik. De droogte heeft ook een effect op het leidingwaterverbruik wanneer van regenwater overgeschakeld wordt op leidingwater t.g.v. het droogvallen van de regenwaterputten. Het tijdig oproepen tot een spaarzaam gebruik van leidingwater heeft ervoor gezorgd dat de productie- en transportcapaciteit niet werd overschreden.

Door de zandige bodems is het gebied erg droogtegevoelig. Het grondwater kent tijdens droogte problematische dalingen en moeizaam herstel. Zo daalden tijdens de droge zomers van 2017, 2018, 2019, 2020 en 2022 de freatische grondwaterlagen aanzienlijk.

Gelinkt aan de meer intense regenval en de verhoogde kans op droogte door de klimaatverandering staat ook de waterkwaliteit onder druk. Tijdens droge periodes daalt het debiet in waterlopen en is er minder verdunning van de vuilvrachten die de waterlopen ontvangen. Meer intense regenval zorgt anderzijds voor bijkomende afspoeling van nutriënten uit landbouwgronden, en hogere frequentie aan riooloverstortingen. Ook verhoogt de sedimenttoevoer naar de waterlopen erdoor.

De Dommel is een speerpuntgebied (klasse 3) voor waterkwaliteitsbeheer in Vlaanderen, wat wil zeggen dat na 2027 enkel nog natuurlijk herstel nodig is om een goede ecologische toestand te kunnen bereiken.

3.3 Oplossingen voorgesteld door waterbeheerders

(bron: gesprekken met de waterbeheerders Vlaamse Milieumaatschappij en Provincie Limburg; Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027; Riviercontract De Dommel)

- Omdat er opwaarts het kanaal Bocholt-Herentals regelmatig sprake is van wateroverlast en het huidig wachtbekken in Overpelt slechts een deel van de oplossing biedt, moet verdere hoogwaterbescherming vanuit een meerlaagse veiligheidsstrategie uitgevoerd worden. Zulke meerlaagse waterveiligheidsstrategie betekent het combineren van preventieve, protectieve en paraatheids-verhogende maatregelen (3P's) en het nastreven van een gedeelde verantwoordelijkheid bij de verschillende betrokkenen.
- De regio kampt in de bovenlopen meer met waterschaarste t.g.v. de toenemende droogte. Er is dus nood om het watersysteem opnieuw in evenwicht brengen. De drietrapsstrategie 'vasthouden, bergen en afvoeren' is één van de pijlers hiervoor. Een aanpak aan de 'bron' (haarvatenstelsel), de eerste stap, is ook naar watertekort cruciaal.
- De nodige maatregelen werden afgeleid tijdens de opmaak van het riviercontract van 2019 tot 2022.
- De zandgrond leent zich goed om stelselmatig sterk in te zetten op infiltratie en het brongericht vasthouden van water.
- Ook de gemeentelijke hemelwaterplannen zouden hierop moeten inspelen.
- Herstel van een meer natuurlijke waterhuishouding dient niet enkel om verdroging en wateroverlast op zich tegen te gaan, maar ook ter ondersteuning van de waterkwaliteit en de goedgekeurde natuurdoelen in de habitatrichtlijngebieden.
- Aanpakken van oppervlakkige drainage in het habitatrichtlijngebied: de vallei- en brongebieden van de Bollisenbeek en Dommel met heide en vengebieden.
- Herstel structuurkwaliteit, natuurlijke waterbergingscapaciteit langs de bovenloop en middenloop van de Dommel en de zijlopen waaronder de Bollisenbeek. De beekstructuur van een gracht of waterloop kan verbeterd worden door de waterloop te herdimensioneren, dood hout in te brengen, stroomdeflectoren in te richten, een (her)meandering te realiseren, talud(her)profilering toe te passen, zandsuppleties aan te brengen, enz.
- Verbeteren van waterconservering in de bodem binnen het afstroomgebied.
- Overgaan naar peilgestuurde drainage in plaats van klassieke drainage op landbouwpercelen.

- Gedeeltelijke openlegging van de Eindergatloop met aanleg van een buffervoorziening. Dit is gepland volgens het GRUP Reservatiestrook Barrier.
- Plaatsen van regelbare stuwtjes op perceelsgrachten en actief peilbeheer in op de huidige en te verwachten (grond)waterpeilen, via regelbare of geautomatiseerde stuwtjes, aan bestaande duikers, overwelvingen, enz.
- Een belangrijke moeilijkheid die ervaren wordt door de beheerders is dat de vergunningsprocedure, bv. voor het plaatsen van stuwen i.k.v. waterconservering in grachten, een arbeidsintensief en tijdrovend proces dat het rendement van dergelijke projecten hypothekeert. Daarnaast bemoeilijken de overkoepelende landbouwthema's (MAP, PAS, ...) momenteel de uitvoering van deze projecten sterk.
- Aangepast maaibeheer in grachten en waterlopen met als doel water langer vast te houden en te laten infiltreren.
- Bodempeilverhoging (actief of passief) om de waterniveaus in grachten of waterlopen te verhogen (en drainagepeilen van watergangen). Eventueel zelfs op bepaalde plaatsen het volledig dempen van een gracht of waterloop. Zulke bodempeilverhogingen kunnen gerealiseerd worden door bv. kleine, vis-passeerbare drempels aan te brengen met steenbestorting, waardoor er stroomopwaarts sedimentatie optreedt, of door de bedding van een gracht of waterloop over de hele bedding met zand of stenen verhogen. Er kan ook een oeververflauwing worden gerealiseerd, waarbij het ontstane grondoverschot in de waterloop wordt gestort. Door middel van zandsuppletie kan een meer passieve en natuurlijke vorm van bodempeilverhoging gerealiseerd worden (een soort 'zandmotor').
- Oppervlaktewater bufferen of in naastliggende gebieden laten infiltreren door water uit waterlopen of grachten in een naastliggend gebied te laten overlopen. Het water wordt ter plaatse opgehouden en kan rustig infiltreren en voor vernatting zorgen. De meest verregaande vorm van die actie betreft het herstel of de realisatie van een doorstroommoeras of van een moerassige laagtes langs beken.
- Voor de waterlopen in het gebied is de druk vanuit de landbouwsector groot. Het is cruciaal om zowel diffuse verontreiniging van nutriënten als restlozingen van landbouwbedrijven hier terug te dringen. Naast een fysische-chemische verbetering moet verder ingezet worden op een betere beekstructuur. Het oplossen van vismigratieknelpunten, verbetering van de structuurkwaliteit en aangepast beheer zijn hierin vaste ingrediënten. Op bepaalde plaatsen kunnen bufferstroken of oeverzones een belangrijke meerwaarde bieden, zowel naar instroom van nutriënten als ruimte voor water.
- Om de bewustwording rond een gezond watersysteem te verhogen, dient verder ingezet te worden op het vergroten van de belevingswaarde van water en dit in combinatie met infiltratie, waterberging en een toename van de ecologische kwaliteit. Dit kan onder meer door het aanleggen van wadi's, infiltrerende bermen, het openleggen van ingebuisde waterlopen (bijvoorbeeld 'water in de

stad'), het behoud van baangrachten, groenblauwe dooradering in de bebouwde omgeving en de open ruimte. De aanwezigheid van water is een belangrijke aantrekkingspool voor water- en oevergebonden recreatie en bijhorend toerisme. Ook de inwoners stimuleren om regenwater- en infiltratieputten op hun privéterreinen te laten aanleggen, hoort daarbij. Dat kan bijvoorbeeld door groepsaankopen te organiseren.

- De omvorming van naaldbossen naar loofbossen en andere vegetaties kan daarbij helpen, omdat loofbomen minder water verdampen dan naaldbomen en een rijkere strooisellaag creëren. Daardoor verloopt het infiltratieproces veel vlotter.

3.4 Bestaande studies en modelleninstrumentarium

Er werd recent een eco-hydrologische studie uitgevoerd voor het gebied van Dommel & Bolissenbeek. Er is ook een oppervlaktewatermodel voor de Dommel. De VMM en het Agentschap Natuur en Bos hebben zich geëngageerd om op basis van die conclusies een studiebureau aan te stellen voor de selectie, het ontwerp en de uitwerking van concrete maatregelen op het terrein. Beide overheden zullen tijdens dat vervolgtraject het bestaande overleg vanuit de opmaak van het Riviercontract met de betrokken partijen (terreinbeheerders, waterbeheerders, gemeenten, ...) voortzetten. Concreet betekent dit onder meer:

- De VMM zal de geselecteerde maatregelen uitvoeren op het categorie 1 waterlooptraject van de Dommel.
- Natuur en Bos staat in voor de uitvoering van de geselecteerde maatregelen op zijn eigen terreinen, namelijk het Vlaamse natuurreservaat De Ortolaan.
- Provincie Limburg zal de bestekplannen voor de werken aan de Bolissenbeek opmaken.
- Watering De Dommelvallei engageert zich om een toelage aan te vragen voor de uitvoering van de werken aan de Bolissenbeek.
- Natuurpunt Pelt engageert zich om percelen ter beschikking te stellen voor de gekozen maatregelen en om simultaan waterconserverende maatregelen uit te voeren op de eigen gronden, namelijk het erkende natuurreservaat De Dommelvallei, aan de zuidkant van Lindelhoeven, ...
- De gemeente Pelt en Fluvius engageren zich om een afkoppelingsstudie op te starten voor bedrijven, inclusief begeleiding door een afkoppelingsdeskundige. Tegelijk starten ze een ontwerpstudie op voor de renovatie en aanleg van gescheiden riolering in het NOLIM-Park, inclusief bijkomende bufferings- en infiltratiemogelijkheden op het openbaar domein.
- Aquafin engageert zich tot het onderzoeken van de mogelijkheden om gescheiden afvalwater vanuit het NOLIM-Park af te voeren naar de RWZI van Lommel in plaats van die van Overpelt.

- De gemeente Pelt, de stad Lommel, Fluvius, Aquafin en de provincie Limburg engageren zich om elkaar op de hoogte te houden van de lopende en op te starten studies met betrekking tot de gescheiden riolering in het NOLIM-Park, de RWZI Lommel en de Eindergatloop als ontvangende waterloop.
- Fluvius begeleidt de opmaak van hemelwater- en droogteplannen voor Pelt, Peer en Hechtel-Eksel. Lommel zal dat zelf in goede banen leiden.

Volgende modellen werden ontwikkeld:

- Hydraulische riool- en waterloopmodellen, geïmplementeerd in InfoWorks ICM (Innovyze, UK).
- Aqua3M en CSO-generator (door Aquafin in-house ontwikkelde modellen o.b.v. Matlab en Simulink).
- Rivierwaterkwaliteitsmodel PEGASE (AquaPôle, Univ. Liège).

3.5 Grensoverstijgende samenwerking

Voor de Dommel Thornerbeek is er grensoverschrijdend wateroverleg (GOW), wat wil zeggen dat men minimaal één keer per jaar samenkomt voor afstemming m.b.t. de operationele aspecten en het uitwisselen van informatie en ervaringen over het integrale waterbeheer en waterbeleid langs beide kanten van de grens. Concreet worden er bijvoorbeeld afspraken gemaakt over het beheer (frequentie, uitvoerder, wijze) van ruimingen van de grensvormende en grensoverschrijdende waterlopen.

4 Advies bij stresstesten

De betrokken waterbeheerders in Vlaanderen en Nederland vinden het nuttig om de methodiek zoals in Vlaanderen wordt voorgesteld o.b.v. het advies Weerbaar Waterland, en deze die in Nederland gangbaar is, toe te passen op het ganse stroomgebied en de resultaten te vergelijken. Dit vraagt dat er eerst een grensoverschrijdend model wordt opgemaakt om de effecten van te nemen acties te begroten.

4.1.1 Hydrologische en hydraulische modellen

Zowel voor de Vlaamse als de Nederlandse delen van de stroomgebieden zijn hydraulische (volledig hydrodynamische) modellen als neerslagafvoermodellen beschikbaar, maar geïmplementeerd in andere software-pakketten (bv. InfoWorks ICM in Vlaanderen, Sobek in Nederland) en ook de implementatieaanpak kent wat verschillen. Hier kan bekeken worden hoe tijdrovend de omzetting zou zijn van het Vlaamse model naar een equivalent model voor integratie met het Nederlandse model en/of omgekeerd. Indien te tijdrovend, kunnen de twee deelmodellen ook afzonderlijk gesimuleerd worden, met de uitvoer van het Vlaamse model afwaarts als invoer voor het Nederlandse model opwaarts. Integratie van beide modellen in één model biedt praktische voordelen maar is niet zo interessant vanuit wetenschappelijk oogpunt. Hydrodynamische modellen zijn immers zeer vergelijkbaar qua geïmplementeerde fysische processen en nauwkeurigheid. Wat wel een wetenschappelijke meerwaarde heeft is het vergelijken van de neerslagafvoermodellen, omdat hiervoor de verschillen veel groter zijn. Recent zijn er wel al enkele vergelijkende studies uitgevoerd, zie bv. de Boer-Euser et al. (2017) en Bouaziz et al. (2021).

Wat vooral een sterke wetenschappelijke meerwaarde zou bieden, en ook een sterke meerwaarde voor zowel de Vlaamse als Nederlandse waterbeheerders, is onderzoek naar de manier waarop bovenstroomse "natuur-gebaseerde" maatregelen (nature based solutions, groenblauwe oplossingen) in neerslagafvoermodellen geïmplementeerd en de impact ervan doorgerekend kan worden, en de nauwkeurigheid ervan. Ook is er hoge nood aan het analyseren van de effectiviteit van dergelijke maatregelen i.f.v. de karakteristieken van de hoogwaterperiode, en de voordelen voor droogtebeheer.

4.1.2 Meteorologische randvoorwaarden

Als meteorologische randvoorwaarden wordt vanuit Vlaanderen voorgesteld om te werken o.b.v. hydrologische modelsimulaties met uurlijkse tijdreeksen van neerslag en potentiële evapotranspiratie als input en dit voor recente historische tijdreeksen. Uit de bekomen tijdreeksen van neerslagafvoer- en rivierdebieten kunnen de hoogwater- en laagwaterafvoerextremen geëxtraheerd worden. Door hierop een statistische extreme-waarden-analyse uit te voeren kunnen de terugkeerperioden van welbepaalde uitzonderlijke hoogwater- en laagwatercondities bepaald en geëxtrapoleerd worden. De methodiek die hiervoor in Vlaanderen standaard gebruikt wordt is deze van Willems et al. (2000) en Willems (2013). Ze werd eerder ook deels toegepast bij de Nederlandse Waterschappen Aa en Maas en Brabantse Delta: Meert & Willems (2013, 2014, 2016), Vermuyten et al. (2019).

Deze bestaat er in om na simulatie van de beschikbare lange-termijn tijdreeksen van meteorologische input in de neerslagafvoermodellen per deelstroomgebied en validatie ter hoogte van de debietmeetlocaties, ook afzonderlijk voor de hoogwaterextremen via een extreme-waarden-analyse, onafhankelijke "peak-over-threshold" (POT) hoogwaterextremen uit de gesimuleerde tijdreeks van neerslagafvoerdebieten te extraheren (via de techniek beschreven in Willems, 2009b) en dit voor een reeks van relevante aggregatieduren en deze via statistische extreme-waarden-analyse om te zetten in zogenaamde compositiehydrogrammen. Aan de compositiehydrogrammen van de verschillende deelstroomgebieden worden tijdsverschuivingen gegeven, rekening houdend met het verschil in concentratietijd tussen de verschillende deelstroomgebieden. Voor verdere toelichting bij deze methode, zie Willems et al. (2000) of Willems (2013). Zie ook de samenvattende artikels Willems (2009a).

4.1.3 Klimaatscenario's

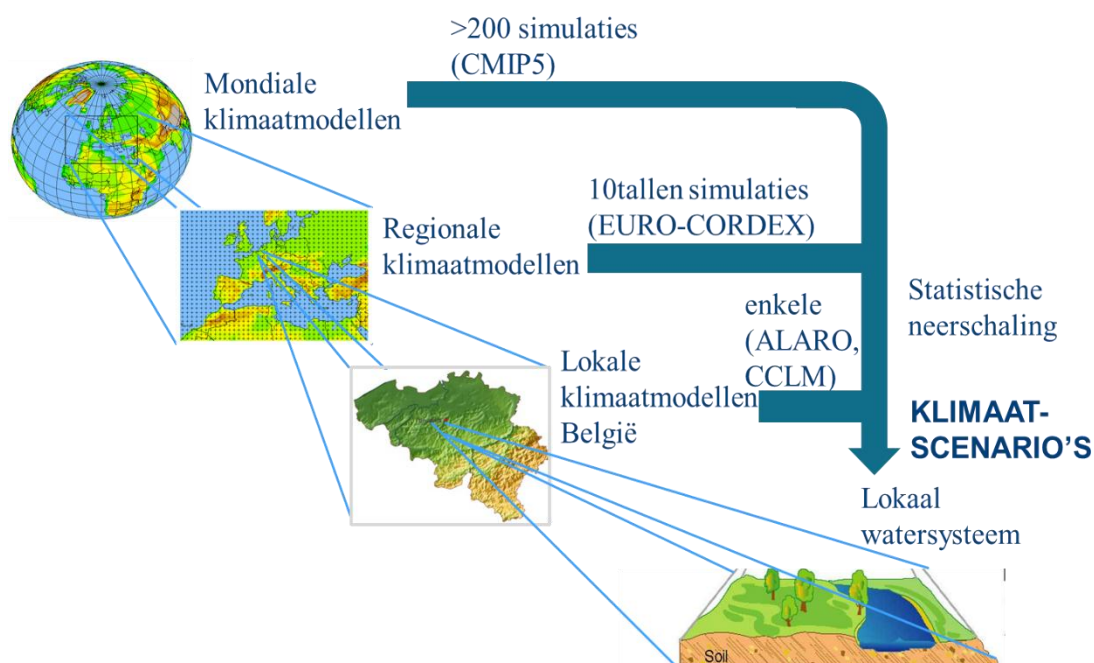
Als klimaatscenario's zou het nuttig zijn om de impact te vergelijken van de scenario's die standaard gebruikt worden in beide regio's. In Nederland worden standaard de KNMI-scenario's gebruikt. De klimaatscenario's voor Vlaanderen zijn door het projectteam van KU Leuven afgeleid, volgens de methodologie die eerder werd gevolgd voor het MIRA 2015 Klimaatrapport (Brouwers et al., 2015). Ze werden gaandeweg geactualiseerd, o.a. voor het Klimaatportaal van VMM, waarvoor ruimtelijk variabele klimaatkaarten voor Vlaanderen werden afgeleid (Lokers et al., 2018, vervolgopdracht voor VMM, 2019) en voor heel België in de onderzoeksprojecten CORDEX.be (Termonia et al., 2018) en CICADE.be i.s.m. KMI voor Belspo (Van Schaeybroeck et al., 2021). Deze laatste resultaten zijn in deze opdracht

gebruikt om de historische tijdreeksen van neerslag en potentiële evapotranspiratie (PET) per deelstroomgebied, via de ruimtelijk variabele klimaatscenario's en bijhorende klimaatperturbaties, aan te passen.

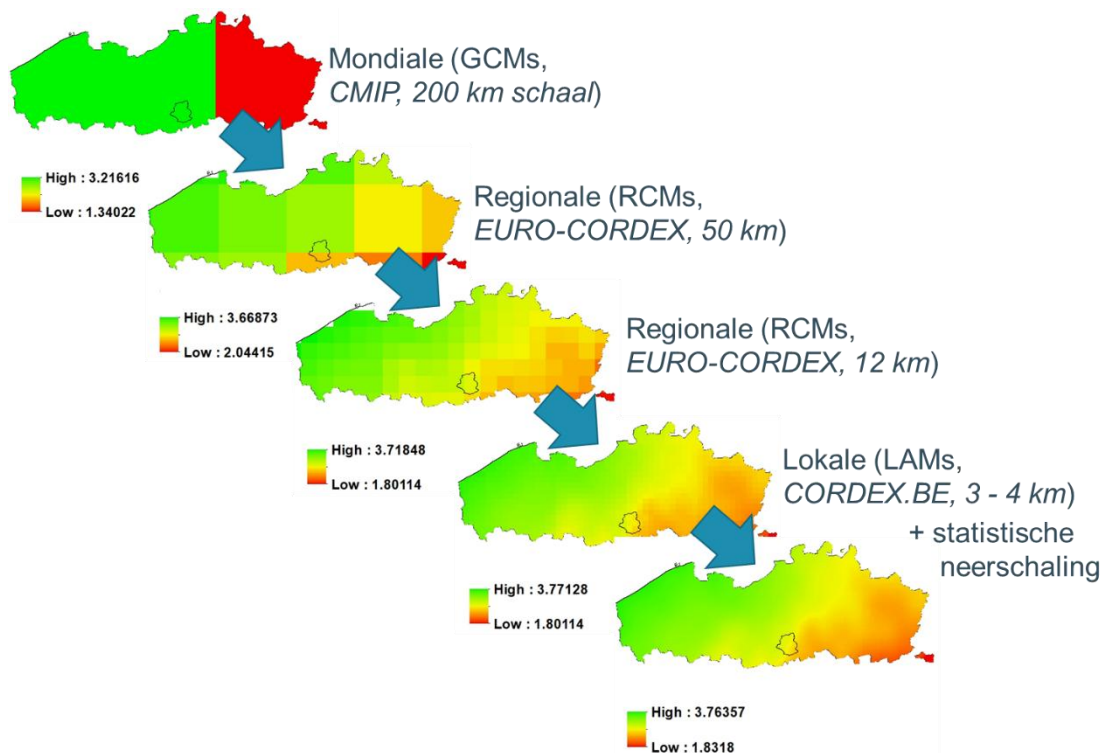
De klimaatscenario's voor Vlaanderen zijn gebaseerd op de meeste recente generatie klimaatmodelsimulaties:

- ✓ Meer dan 200 simulaties met mondiale klimaatmodellen volgens de simulaties van het World Climate Research Programme – Phase 5 (CMIP5) en Phase 6 (CMIP6);
- ✓ Meer dan 30 simulaties met regionale klimaatmodellen (EURO-CORDEX project);
- ✓ De 3 hoge-resolutie klimaatmodellen (ruimtelijke resolutie van 3-4 km) die recent specifiek voor België werden gesimuleerd binnen het CORDEX.be onderzoeksproject voor Belspo (Federaal Wetenschapsbeleid).

Deze verschillende typen klimaatmodellen hebben elk hun eigen ruimtelijke resolutie, welke varieert van 200 km voor de CMIP mondiale klimaatmodellen tot 3-4 km voor de hoge-resolutie klimaatmodellen (zie Figuur 4.2).



Figuur 4.1 Methodiek bij de afleiding van de Belgische klimaatscenario's: Op basis van een groot aantal beschikbare simulaties met mondiale, regionale en lokale klimaatmodellen werden na statistische neerschaling klimaatscenario's afgeleid voor impactanalyse op het lokale watersysteem.



Figuur 4.2 Neerschaling van de verschillende typen klimaatmodellen voor Vlaanderen, dynamisch door het gebruik van regionale en lokale klimaatmodellen aangevuld met statistische neerschaling.

Via statistische neerschaling werden klimaatscenario's bekomen voor lokale impactanalyse (zie schematische weergave van de gevolgde aanpak in Figuur 4.1). Het groot aantal beschouwde klimaatmodellen en klimaatmodelsimulaties liet toe om een spreiding (95-, 50- en 5-percentielwaarden) te bekomen als gevolg van de model- en scenario-onzekerheden, en dit voor elk van de beschouwde klimaatveranderingssignalen en voor zowel alle broeikasgasscenario's samen als afzonderlijk per scenario. Ook de correlatie tussen de klimaatveranderingssignalen (tussen neerslag en PET en tussen extreme neerslag en wind) werd daarbij bestudeerd.

De statistische neerschaling laat toe om per klimaatscenario klimaatveranderingssignalen af te leiden specifiek voor elk studiegebied. Dit kan voor volgende meteorologische variabelen: gemiddelde, minimale en maximale temperatuur, neerslag, luchtdruk, zonnestraling, windsnelheid en relatieve vochtigheid. Voor potentiële evapotranspiratie (PET), een andere belangrijke variabele voor hydrologische modellering, wordt voorgesteld om de klimaatmodelresultaten niet rechtstreeks te gebruiken (alhoewel vele klimaatmodellen PET ook als modeluitvoer ter beschikking stellen), dit omwille van de ervaring via vorige studies dat de PET-berekeningsmethode gebruikt in verschillende klimaatmodellen niet consistent is en bovendien vaak systematisch afwijkt van de historische waarnemingen (Baguis et al., 2010). Daarom wordt voorgesteld om de PET-resultaten zelf te berekenen via de methode van Bultot (Bultot, 1983) o.b.v. de volgende

meteorologische variabelen (telkens aan of in de onmiddellijke nabijheid van de oppervlakte): luchtdruk, zonnestraling, gemiddelde, maximale en minimale luchttemperatuur, windsnelheid, relatieve vochtigheid.

In Vlaanderen wordt voor de statistische neerschaling standaard de “kwantielperturbatiemethode” als een internationale state-of-the-art methode naar voor geschoven (Willems & Vrac, 2011; Ntegeka et al., 2014). Deze keuze is gebaseerd op een uitgebreide analyse en ervaring van het KU Leuven team met verschillende technieken van statistische neerschaling en de onderlinge vergelijking en evaluatie, specifiek voor Vlaanderen; ook in het kader van internationale samenwerkingen (vb. Willems et al., 2012; Sunyer et al., 2015, Mendoza Paz & Willems, 2023).

4.1.4 Klimaatveranderingssignalen voor Vlaanderen

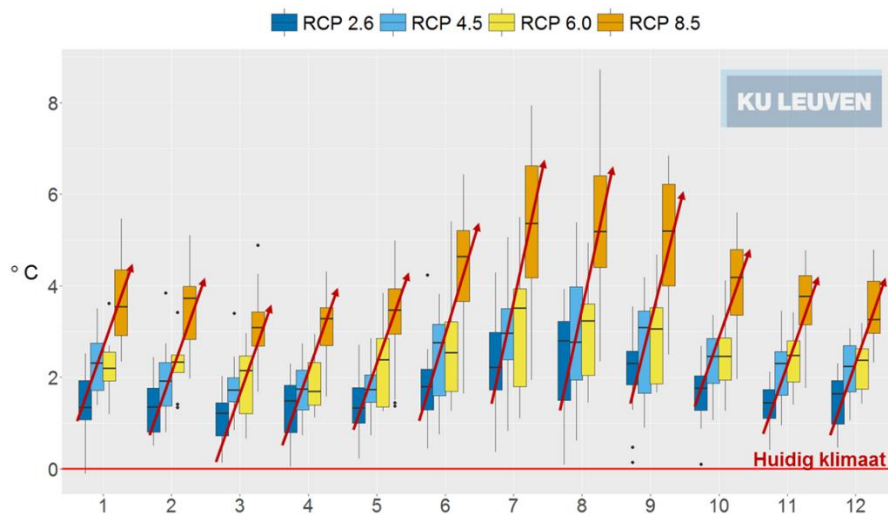
Figuur 4.3, Figuur 4.5 en Figuur 4.7 tonen de box-plots voor de verandering in maandgemiddelde temperatuur, neerslag en PET in het gebied van de Vlaams-Nederlandse grensoverschrijdende beken. Deze klimaatveranderingssignalen op de meteorologische variabelen zijn deze na toepassing van de hoger beschreven statistische neerschalingstechniek. Figuur 4.4, Figuur 4.6 en Figuur 4.8 tonen voor enkele voorbeeld-klimaatveranderingssignalen de ruimtelijke verschillen over Vlaanderen.

De klimaatveranderingssignalen zijn deze t.o.v. het recente historische klimaat. De precieze historische periode die daarvoor gebruikt wordt is niet zo belangrijk (want ze zijn – zoals typisch in klimaatstudies gebeurt – gebaseerd op periodes van 30 jaar), wel de periode waarover de klimaatveranderingssignalen beschouwd worden. Hieronder worden ze getoond voor een periode van 100 jaar in de toekomst. Indien in de simulaties van volgende hoofdstukken de resultaten voor het “huidig klimaat” worden gebaseerd op een historische simulatieperiode met 2000 als centraal jaar, en de klimaatveranderingssignalen over een periode van 100 jaar daarop worden toegepast, dan worden impactresultaten bekomen voor 2100.

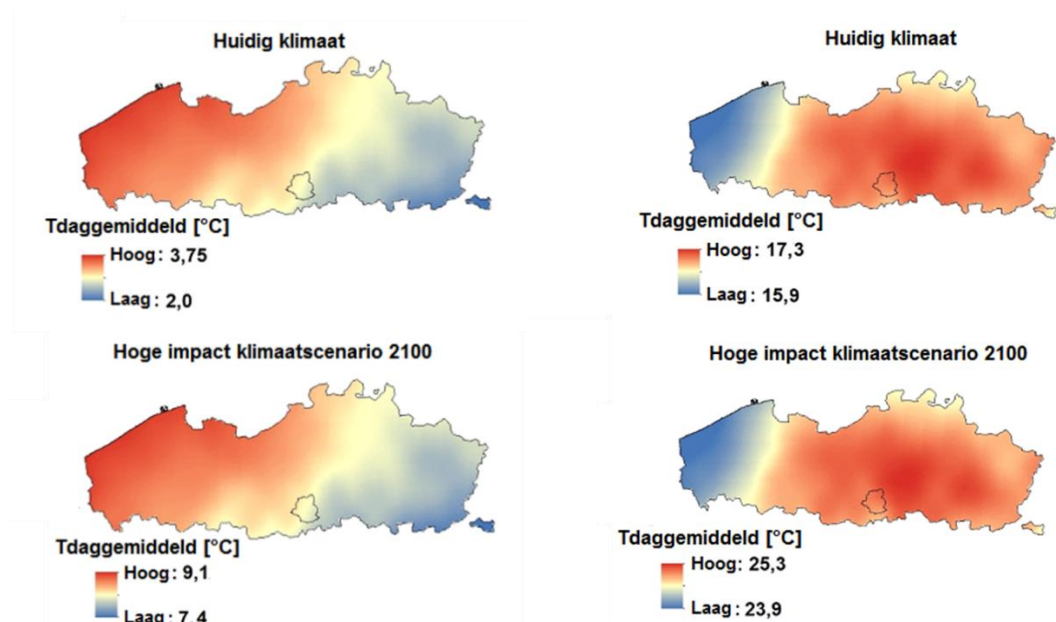
Temperatuur

Alle klimaatmodelsimulaties geven een stijging van de gemiddelde temperatuur boven het studiegebied, met sterkere stijgingen in de zomermaanden. Volgens de bovengrens van het 95%-interval op de klimaatveranderingssignalen afgeleid na neerschaling van alle beschouwde klimaatmodelsimulaties, hierna klimaatscenario “hoog” genoemd, kan deze temperatuurstijging voor 2071-2100 oplopen tot +5,3 °C in de wintermaanden en tot +8 °C in de zomermaanden. In de zomermaanden is

de temperatuurstijging hoger in het binnenland dan langs de kust, terwijl dat tijdens de wintermaanden net omgekeerd is (Figuur 4.4).



Figuur 4.3: Box-plots van toename in maandgemiddelde temperatuur (in °C) gemiddeld voor het gebied van de Vlaams-Nederlandse beken, per RCP-scenario, over een periode van 100 jaar in de toekomst

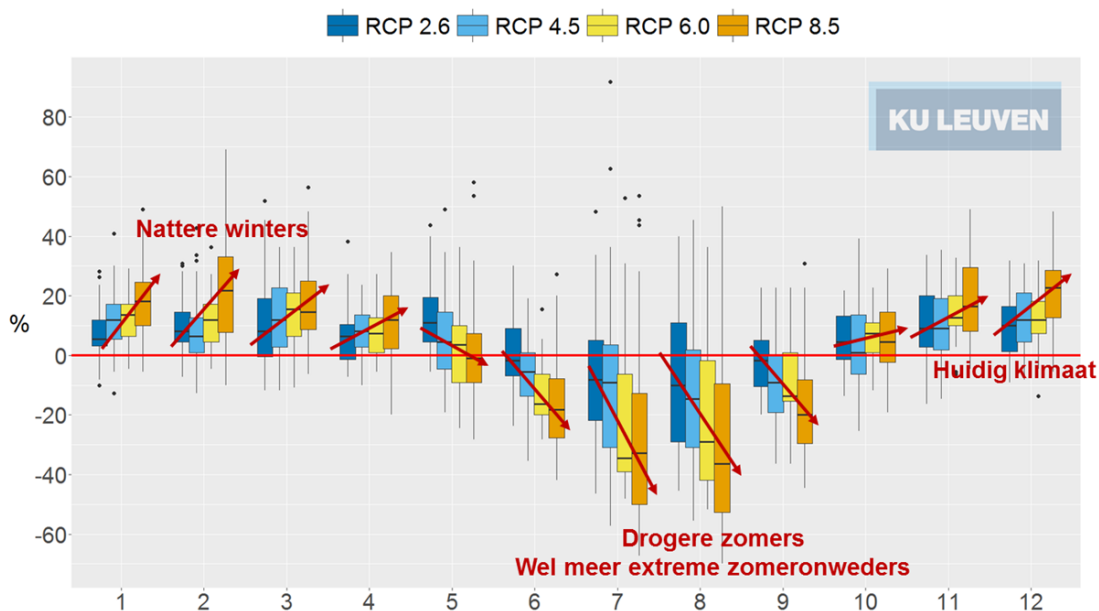


Figuur 4.4: Ruimtelijke verschillen in gemiddelde dagtemperatuur over Vlaanderen in de winter (links) en de zomer (rechts), voor huidig klimaat en klimaatscenario "hoog" over een periode van 100 jaar in de toekomst

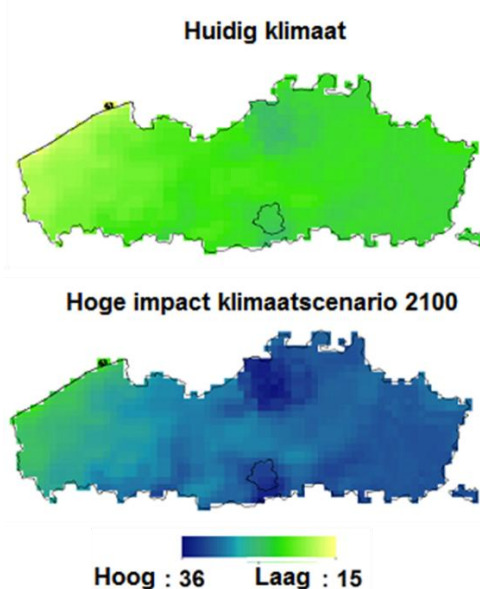
Neerslag

Wat neerslag betreft worden de winters natter, met een toename tot +38% voor 2071-2100. De zomers worden droger, tot de helft minder regen voor 2071-2100. Dit is vooral het gevolg van een sterke vermindering in het aantal regendagen in de zomer. Anderzijds zal de neerslagintensiteit van de intensere buien, ook/vooral in de zomer tijdens de zomeronweders, toenemen, tot +24% voor een neerslagintensiteit met een terugkeerperiode

van 1 jaar en +45% voor een terugkeerperiode van 20 jaar. Het aantal dagen met zware regenval neemt daardoor toe, tot +76% voor het aantal dagen met meer dan 20 mm regen. De stijging is in het studiegebied van de Vlaams-Nederlandse beken sterker dan in het westen van Vlaanderen (Figuur 4.6). Waarom de atmosferische temperatuurstijging als gevolg van de klimaatverandering leidt tot nattere natte periodes en drogere droge periodes met meer intense neerslagintensiteiten wordt geïllustreerd in Figuur 4.9.



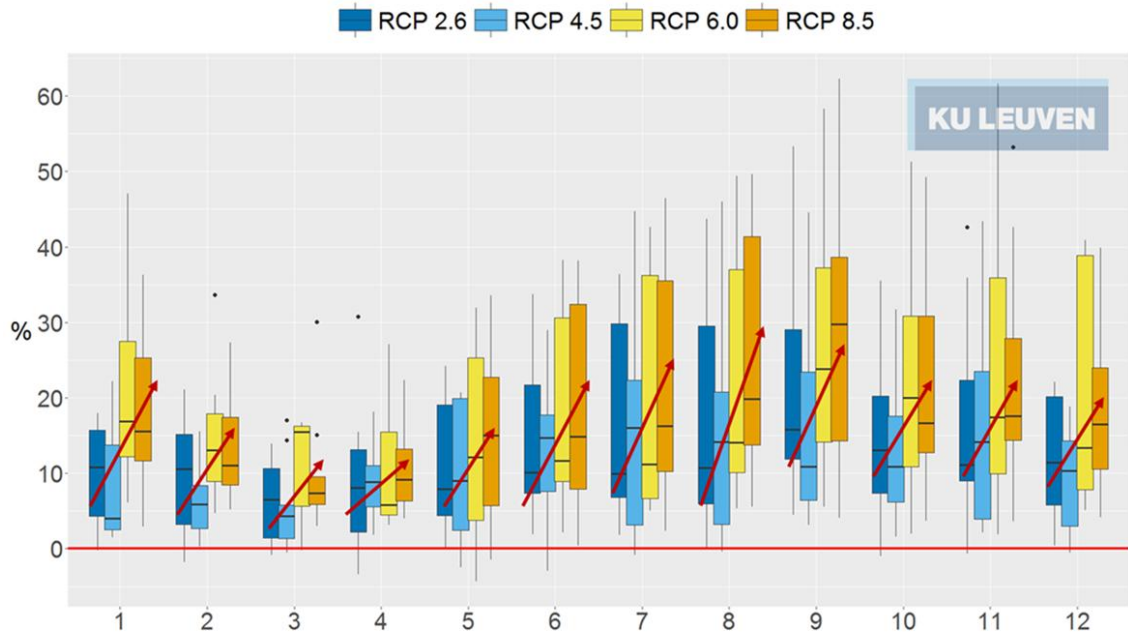
Figuur 4.5: Box-plots van relatieve verandering in maandgemiddelde neerslag (in %) gemiddeld voor het gebied van de Vlaams-Nederlandse beken, per RCP-scenario, over een periode van 100 jaar in de toekomst



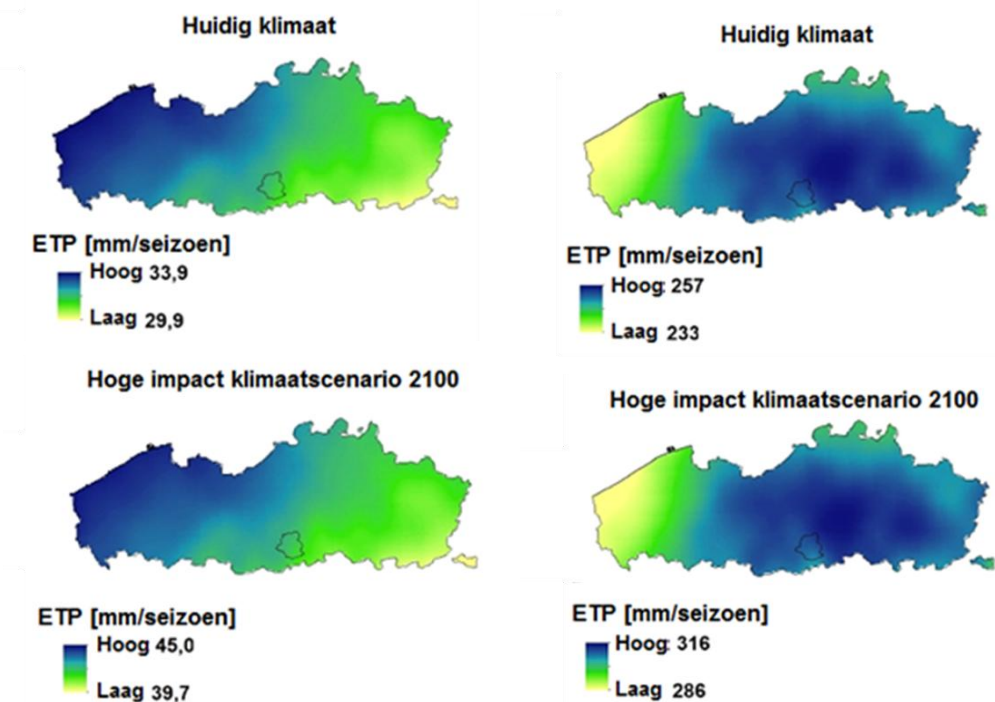
Figuur 4.6: Ruimtelijke verschillen in daggemiddelde piekneerslagintensiteit over Vlaanderen, voor een terugkeerperiode van 5 jaar, voor huidig klimaat en klimaatscenario "hoog" over een periode van 100 jaar in de toekomst

Potentiële evapotranspiratie

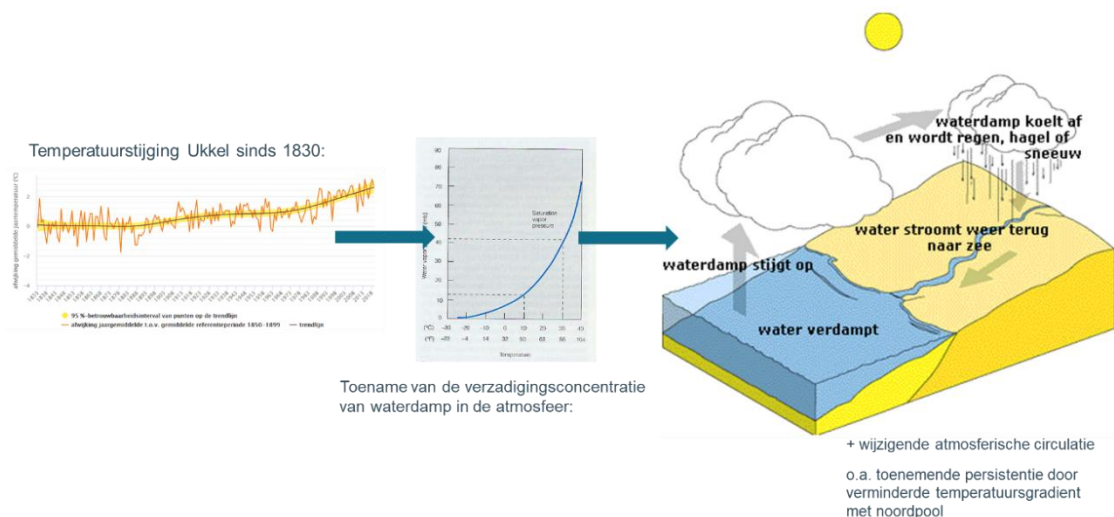
De potentiële evapotranspiratie (PET) kan voor 2071-2100 oplopen tot +30% in de wintermaanden en tot +22% in de zomermaanden. In de wintermaanden is de PET-stijging minder groot in het Vlaamse binnenland en in zuidelijke richting. In de zomermaanden is de PET-stijging groter in het Vlaamse binnenland en in zuidelijke richting (Figuur 4.8).



Figuur 4.7: Box-plots van relatieve toename in maandgemiddelde potentiële evapotranspiratie (in %) gemiddeld voor het gebied van de Vlaams-Nederlandse beken, per RCP-scenario, over een periode van 100 jaar in de toekomst



Figuur 4.8: Ruimtelijke verschillen in gemiddelde potentiële evapotranspiratie over Vlaanderen, in de winter (links) en de zomer (rechts), voor huidig klimaat en klimaatscenario "hoog" over een periode van 100 jaar in de toekomst

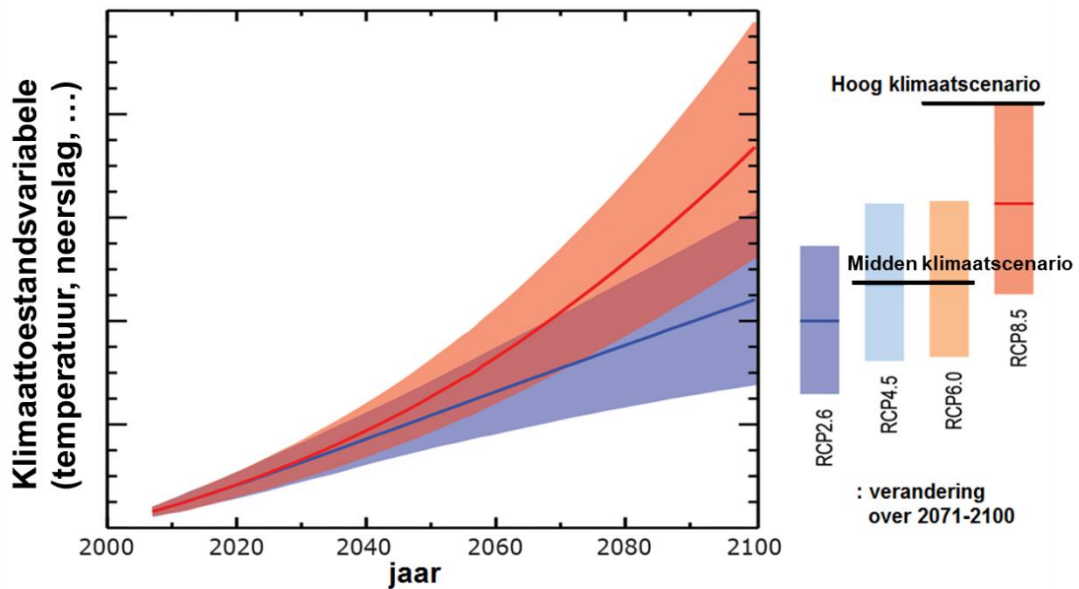


Figuur 4.9 De gemiddeld langjarige temperatuurstijging van onze atmosfeer zorgt ervoor dat verzadigingsconcentratie van waterdamp in de atmosfeer stijgt, wat via de hydrologische cyclus leidt tot langdurigere droge perioden en meer intense neerslagintensiteiten. Bovendien zijn er wijzigingen in atmosferische circulatie en verhoogde persistentie in weersfenomenen door de verminderde temperatuurgradiënt tussen onze contreien en de Noordpool

4.1.5 Hoog en midden klimaatscenario's

Om te voorkomen dat een groot aantal scenario's moet worden doorgerekend in de hydrologische en hydrodynamische modellen, wordt in Vlaanderen standaard gewerkt met een gereduceerde set van drie klimaatscenario's die het volledige bereik aan klimaatveranderingssignalen voor alle beschikbare klimaatmodelruns bestrijken. Dit zijn de zogenaamde klimaatscenario's "hoog", "midden" en "laag". Ze werden specifiek ontwikkeld voor impactanalyse op hydrologische extremen (Ntegeka et al., 2014; Tabari et al., 2014). Het "hoog" klimaatscenario komt daarbij overeen met de bovengrens van het 95%-interval van de klimaatmodelresultaten zoals hiervoor via de box-plots weergegeven. Het "laag" klimaatscenario komt overeen met de ondergrens van dat interval. Het "midden" klimaatscenario komt overeen met de mediaanwaarde. In Figuur 4.10 wordt deze betekenis en de klimaatscenario's "hoog" en "midden" grafisch geïllustreerd.

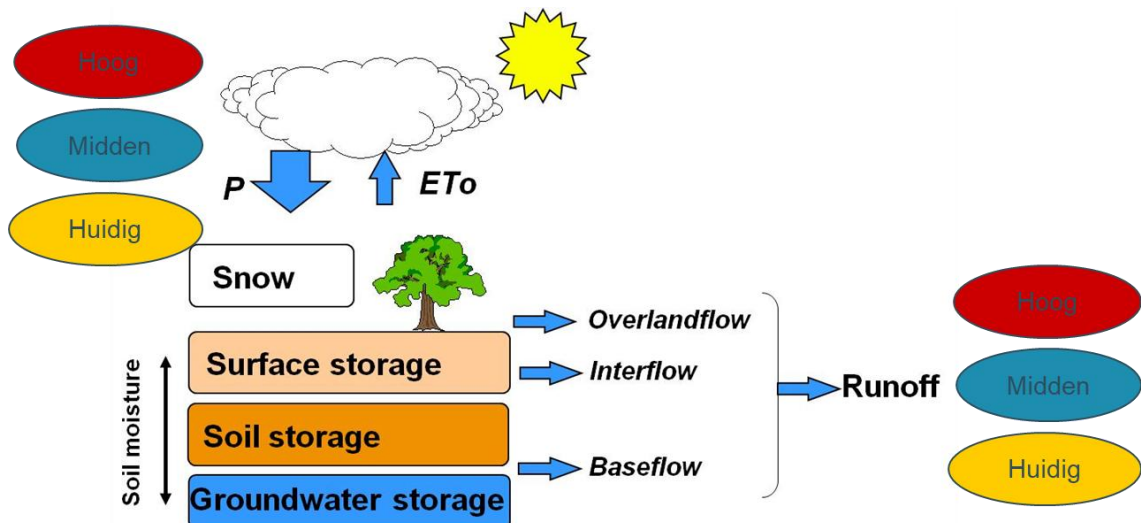
In deze studie zullen de klimaatscenario's beschouwd worden voor de toekomsthorizons 2050 en 2100. Vermits klimaat gedefinieerd wordt als de statistiek van het weer over perioden van minstens 30 jaar, gaat toekomsthorizon 2050 hierbij om een 30-jarige periode gecentreerd rond dat toekomstjaar. Hetzelfde geldt voor toekomsthorizon 2100; dit gaat om een 30-jarige toekomstperiode rond 2100.



Figuur 4.10 Schema dat de interpretatie van de klimaatscenario's "hoog" en "midden" illustreert

- Klimaatscenario "midden" = matige klimaatverandering: De klimaatverandering die overeenkomt met een matige toename in de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (het zogenaamde RCP4.5 scenario, volgens een veronderstelde evolutie in stralingsforcering die kort na 2100 stabiliseert tot 4.5 W/m²). Dit scenario wordt gekenmerkt door een grote toekomstige inzet aan technologieën en strategieën om broeikasgasemissies te beperken. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. In vergelijking met het andere scenario met "sterke klimaatverandering" heeft dit scenario een sterkere vermindering van de broeikasgasemissie per eenheid energie. Kenmerkend is ook het verondersteld gebruik van bio-energie en koolstofopvang en -opslag.
- Klimaatscenario "hoog" = sterke klimaatverandering: De klimaatverandering die overeenkomt met een sterke "business-as-usual" toename in de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (het zogenaamde RCP8.5 scenario, volgens veronderstelde groeiende broeikasgasemissies over de tijd resulterend in een stralingsforcering van 8.5 W/m² in 2100). Het is een hoog energie-intensief scenario met een hoge groei van de wereldbevolking tot ongeveer 12 miljard in 2100 en een lage technologische ontwikkeling.

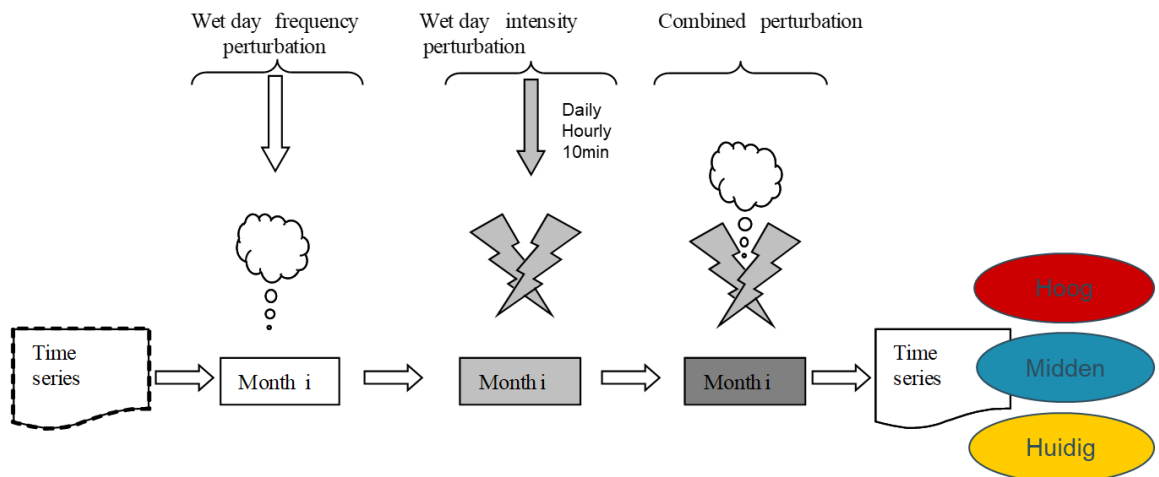
Om de impact van deze klimaatscenario's door te rekenen worden in de neerslagafvoermodellen voor elk van de deelstroomgebieden de tijdreeksen van meteorologische inputs aangepast aan de klimaatscenario's en opnieuw doorgerekend; zie een schematische voorstelling van deze aanpak in Figuur 4.11.



Figuur 4.11: Schematische voorstelling van de aanpak die gevolgd wordt om de impact van de klimaatscenario's op de neerslagafstromingsdebieten van de deelstroomgebieden door te rekenen. De historische tijdreeksen van neerslag (P) en potentiële evapotranspiratie ($ET_o = PET$), die representatief zijn voor het "huidig" klimaat, werden aangepast en de klimaatscenario's "hoog" en "midden" en de aangepaste meteo-tijdreeksen worden gepropageerd doorheen het hydrologisch model van elk deelstroomgebied om aangepaste tijdreeksen van neerslagafstromingsdebieten te bekomen

Het aanpassen van de tijdreeksen van neerslag en PET aan de klimaatscenario's gebeurt door toepassing van de kwantielperturbatiemethode die door het team van de KU Leuven werd ontwikkeld en ook de basis vormt van de door KU Leuven ontwikkelde klimaatperturbatietool. De tool werd oorspronkelijk opgemaakt o.b.v. de klimaatscenario's te Ukkel, maar voor deze JCAR ATRACE opdracht kunnen ze worden toegepast voor de ruimtelijk variabele (deelgebiedspecifieke) klimaatscenario's zoals hiervoor besproken.

De toegepaste kwantielperturbatiemethode voor het aanpassen van de tijdreeksen werd specifiek ontwikkeld voor impactanalyse van klimaatverandering rekening houdend met de verandering van de extremen, zowel voor hoogwater als laagwater (Willems & Vrac, 2011; Ntegeka et al., 2014). Bij toepassing van deze methode worden klimaatperturbatiefactoren gebruikt die afhankelijk zijn van de terugkeerperiode van elke gebeurtenis in de tijdreeks. Voor extrapolatie naar terugkeerperiodes groter dan de lengte van de beschikbare tijdreeks, wordt geëxtrapoleerd via extreme-waarden-analyse. Bij het perturberen van de neerslagtijdreeksen wordt de voorkomingsfrequentie van het aantal regenbuien en de lengte van de droge periodes aangepast als de neerslagintensiteit van de buien en dit gerelateerd aan de terugkeerperiode van de piekintensiteit voor elke bui (Figuur 4.12).



Figuur 4.12: Schematische weergave van de gevolgde procedure voor aanpassing van de neerslagtijdreeksen waarbij kwantielperturbaties worden toegepast, eerst op de frequentie van de buien en daarna op de neerslagintensiteiten i.f.v. de terugkeerperiode

Na doorrekening van de aan de midden en hoog klimaatscenario's geperturbeerde neerslag- en PET-tijdreeksen in de neerslagafvoermodellen voor de verschillende deelstroomgebieden, kunnen de gesimuleerde debiettijdreeksen via dezelfde methode als hiervoor beschreven, statistisch verwerkt worden tot aangepaste compositiehydrogrammen.

Voor de impactanalyse op de laagwatercondities kan na simulatie van de meteorologische inputtijdreeksen in de neerslagafvoermodellen een statistische analyse uitgevoerd worden op de laagwaterextremen die uit de debietreeksen geëxtraheerd kunnen worden op een gelijkaardige manier als hiervoor toegelicht voor de hoogwaterextremen. Voor een beschrijving van deze methode, zie Willems et al. (2000) of Willems (2013).

5 Referenties

Baguis P., Roulin E., Willems P., Ntegeka V. (2010) Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 273-286

de Boer-Euser, T., Bouaziz, L., De Niel, J., Brauer, C., Dewals, B., Drogue, G., Fenicia, F., Grelier, B., Nossent, J., Pereira, F., Savenije, H., Thirel, G., Willems, P. (2017) Looking beyond general metrics for model comparison - lessons from an international model inter-comparison study. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 423-440

Brevé, N. (2007) Integrale aanpak stroomgebied de Mark – Grensoverschrijdende samenwerking voor vismigratie. *Visionair*, nr. 4, juni 2007, 22-25

Bouaziz, L. J. E., Thirel, G., de Boer-Euser, T., Melsen, L. A., Buitink, J., Brauer, C. C., De Niel, J., Moustakas, S., Willems, P., Grelier, B., Drogue, G., Fenicia, F., Nossent, J., Pereira, F., Sprokkereef, E., Stam, J., Dewals, B. J., Weerts, A. H., Savenije, H. H. G., Hrachowitz, M. (2021) Behind the scenes of streamflow model performance. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25, 1069-1095

Brouwers, J., Peeters, B., Van Steertegem, M., van Lipzig, N., Wouters, H., Beullens, J., Demuzere, M., Willems, P., De Ridder, K., Maiheu, B., De Troch, R., Termonia, P., Vansteenkiste, Th., Craninx, M., Maetens, W., Defloor, W., Cauwenberghs, K. (2015) MIRA Klimaatrapport 2015 – Over waargenomen en nog verwachte klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij i.s.m. KU Leuven, VITO en KMI, Aalst

Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G.L. (1983) Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique (Procédure révisée). Royal Meteorological Institute of Belgium (IRM-KMI), Serie A Nr 112

CIW Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027, bekkenspecifiek deel Maasbekken, CIW – Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid Vlaanderen;

<https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2022-2027>

IMDC (2015) Analyse van de impact van de ruilverkaveling op het afstroomgedrag van de Mark. IMDC voor Vlaamse Landmaatschappij (VLM)

IMDC & Technum (2015) Ruilverkaveling Rijkevorsel-Wortel: uitvoeren van een hydraulische en ecohydrologische studie. IMDC en Technum voor Vlaamse Landmaatschappij (VLM)

JCAR-ATRACE (2023) Methode-ontwikkeling grensoverschrijdende stresstest (wateroverlast en droogte) voor Vlaams-Nederlandse beken: Plan van aanpak. Deltares & KU Leuven, September 2023

Lokers, R., Coninx, I., Willems, P., de Groot, H., Staritsky, I. (2018) Klimaatportaal Vlaanderen - Kompas voor een klimaatbestendig en weerbaar Vlaanderen. Rapport voor Vlaamse Milieumaatschappij - Dienst Hoogwaterbeheer en Dienst Milieurapportering, AOW&MIRA/2018/02, Wageningen Environmental Research & KU Leuven, 93 p.; ISBN 9789491385650

HAS (2021) Klimaatrobuuste landschappen – Ontwerpend onderzoek – Naar een gezondere balans tussen bodem, water, natuur en landbouw in het dal van de Aa of Weerijs, HAS Hogeschool, Beroepsopdracht 2021

Maasbekken – Wateruitvoeringsprogramma (2023) Maasbekken Bekkenbestuur 15 juni 2023; [11 maas wup2023.pdf](#) (integraalwaterbeleid.be)

Meert, P., Willems, P. (2013) Rioolbijdrage in compositiehydrogram methode. Notitie voor Waterschap Brabantse Delta, KU Leuven Afdeling Hydraulica

Meert, P., Willems, P. (2014) Toetsing Wateroverlast waterschap Brabantse Delta - Analyse afvoer. KU Leuven Afdeling Hydraulica, april 2014, 91 p.

Meert, P., Willems, P. (2016) Integrale analyse Roosendaal – Analyse meetreeksen. Notitie voor Waterschap Brabantse Delta & ingenieursbureau Witteveen+Bos, KU Leuven Afdeling Hydraulica

Mendoza Paz, S., Willems, P. (2023) The skill of statistical downscaling in future climate with high-resolution climate models as pseudo-reality. Journal of Hydrology: Regional Studies, 48, 101477

Ntegeka, V., Baguis, P., Roulin, E., Willems, P. (2014) Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments. *Journal of Hydrology*, 508C, 307-321

Riviercontract De Dommel (2022) Vlaamse Milieumaatschappij

Sunyer, M.A., Hundecha, Y., Lawrence, D., Madsen, H., Willems, P., Martinkova, M., Vermoor, K., Bürger, G., Hanel, M., Kriaučiūnienė, J., Loukas, A., Osuch, M., Yücel, I. (2015) Inter-comparison of statistical downscaling methods for projection of extreme precipitation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 1827-1847

Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P. (2014) Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen – Technische Appendix 2: Nieuwe modelprojecties voor Ukkel op basis van globale klimaatmodellen (CMIP5). Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, KU Leuven, november 2014, 104 p.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Caluwaerts, S., Giot, O., Hamdi, R., Vannitsem, S., Willems, P., Tabari, H., Van Uytven, E., Hosseinzadehtalaei, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J-P., Marbaix, Ph., Villanueva-Birriel, C., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Lauwaet, D., Stavrakou, T., Bauwens, M., Müller, J-F., Luyten, P., Pottiaux, E. (2018) The CORDEX.be initiative as a foundation for climate services in Belgium. *Climate Services*, 11, 49-61

Van Schaeybroeck, B., Mendoza Paz, S., Willems, P. (2021) CICADA.be: Coherent Integration of climate projections into Climate ADaptation plAnning tools for Belgium. Final report by RMI & KU Leuven for Belgian Science Policy Office, Brussels, BRAIN-be programme

Vermuyten, E., Wolfs, V., Willems, P. (2019) Opbouw en kalibratie conceptueel model - Vossenbeemd en Aa. KU Leuven voor Waterschap Aa & Maas, Nederland

VRAG (2021), 'Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste', voor CIW – Vlaamse Overheid (Vlaamse Milieumaatschappij, de Vlaamse Waterweg, het Departement Mobiliteit en Openbare Werken, het Departement Omgeving, het Departement Landbouw en Visserij, het Departement Economie, Wetenschap en Innovatie, en het Agentschap Natuur & Bos)

Willems P. (2009a) A time series tool to support the multi-criteria performance evaluation of rainfall-runoff models. *Environmental Modelling & Software*, 24(3), 311-321

Willems P. (2009b) Methodologie voor modellering van hydrologische extremen. *Stromingen*, jaargang 2009, kwartaal 4, 26-41

Willems, P. (2013) *Waterloopmodellering*. Acco Leuven & Den Haag, 268 p., ISBN 978-90-334-9296-9, D/2013/0543/132, NUR 955

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

Willems P., Qvick, A., Vaes, G., Berlamont, J., Christiaens, K., Feyen, J. (2000). *Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen*. KU Leuven voor AWZ - Waterbouwkundig Laboratorium

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