

A network diagram with various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background.

Bedrijfstakonderzoek
BTO 2021.020 | April 2021

**PRISTINA 1.0: een
rekenmodel om de
drinkwater-
beschikbaarheid bij
toekomstige
watervraag te toetsen**

Rapport

PRISTINA 1.0: een rekenmodel om de drinkwaterbeschikbaarheid bij toekomstige watervraag te toetsen

BTO 2021.020 | april 2021

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045-015

Projectmanager

ir M.L. (Martin) van der Schans

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Bronnen en omgeving

Auteurs

S. (Sharon) Clevers MSc, B. (Bram) Hillebrand MSc, E. (Erwin) Vonk MSc

Kwaliteitsborger

Dr. ir. D.G (Gijsbert) Cirkel

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Keywords

klimaatverandering, watervraag, leveringszekerheid

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie

ir. M.L. (Martin) van der Schans (KWR),
T +31 30 606 9537
E martin.van.der.schans@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

april 2021 ©

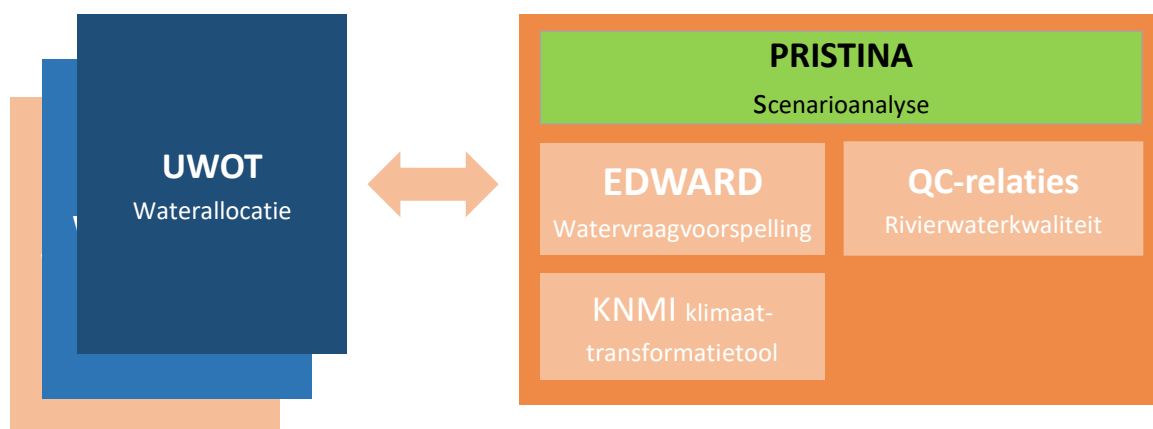
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag -
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden
verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd
gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige
wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier.

Managementsamenvatting

Rekenmodel PRISTINA helpt drinkwaterbedrijven om waterbeschikbaarheid te toetsen bij toekomstige watervraag

Auteurs: S. (Sharon) Clevers MSc, B. (Bram) Hillebrand MSc, E. (Erwin) Vonk MSc

De toekomstige vraag- en aanbod van drinkwater wordt door vele factoren beïnvloed zoals klimaatverandering, demografische verschuivingen, uitbreidingen van steden, wijzigingen in gebruikerspatronen en veranderingen in vakantiespreiding. Afgelopen jaren zijn verschillende tools ontwikkeld die de effecten van deze individuele factoren op de watervraag of -aanbod voorspellen. In dit onderzoek is een rekenmodel, genaamd PRISTINA, ontwikkeld die een aantal van deze bestaande tools en kennis samenbrengt tot een gecombineerde voorspellingen van zowel watervraag als aanbod bij verschillende klimaatscenario's. Waterbedrijven kunnen zo toetsen of hun drinkwaterproductiesysteem kan voldoen aan de toekomstige watervraag en adaptatiemaatregelen doorrekenen als onderbouwing voor eventuele investeringen in het productiesysteem.



Overzicht van de onderliggende rekenmodellen welke PRISTINA gebruikt om toekomst scenario's voor watervraag en aanbod door te rekenen.

Belang: Toekomstige watervraag en -aanbod op elkaar afstemmen

Afgelopen jaren zijn diverse studies uitgevoerd naar de invloed van klimaatverandering op de (piek-) drinkwatervraag (BTO 2017.043). Daarnaast is ook de aanbodzijde van drinkwater bestudeerd waaronder een studie naar de effecten van lage afvoeren van de Maas en de Rijn op de waterkwaliteit onderzocht (BTO 2017.099). Hieruit blijkt dat de piekvraag zal toenemen terwijl de beschikbaarheid van oppervlaktewater door grotere droogte in de zomer afneemt. Wat in deze analyses ontbreekt, is een koppeling tussen vraag en aanbod op dagbasis. Vallen de hogere piekvragen bijvoorbeeld altijd

samen met momenten dat het aanbod gering is? Zo ja, wat betekent dat voor de prognose van watertekorten?

Aanpak: Bestaande rekenmodellen voor watervraag en aanbod gecombineerd in PRISTINA.

Het model PRISTINA combineert een aantal bestaande rekenmodellen en rekenregels:

- QC-relaties (relatie tussen de concentratie en de afvoer) voor klimaat-gerelateerde veranderingen in de kwaliteit van het oppervlaktewater bij innamepunten.
- Het KNMI-klimaat transformatieprogramma wordt gebruikt om historische meteorologische

metingen te transformeren naar
klimaatscenario's.

- EDWARD: Met dit model kan de invloed van
klimaatverandering en vakantiespreiding
voorspeld worden op de drinkwatervraag.
- UWOT: hierin wordt het waterdistributiesysteem
geschematiseerd gemodelleerd. Dit levert de
koppeling tussen watervraag en -aanbod.

PRISTINA rekent deze modellen allemaal door voor
een door de gebruiker gedefinieerd
toekomstscenario/ klimaatscenario, en toetst
vervolgens of de waterbeschikbaarheid voldoet aan
de watervraag. Daarnaast is het ook mogelijk om
handmatig watervraagscenario's te definiëren;
bijvoorbeeld de toename van watervraag door
aansluiting van een extra woonwijk.

Resultaten: Bruikbaarheid van PRISTINA beoordeeld aan hand van drie casussen

Drie gebieden zijn met PRISTINA doorgerekend om
de bruikbaarheid van de tool te evalueren:

- De casus Mookerheide (WML) is succesvol
doorgerekend, inclusief voorspelling van de
toekomstige watervraag op basis van het
KNMI'14 klimaatscenario's (GL en WH) en drie
vakantiespreidingsscenario's.
- Voor de casus Petrusplaat (Evides) was het
model in staat om innamestops door
veranderingen van de waterkwaliteit te
simuleren. Wel bleek het vanwege de
schaalgrootte en de complexiteit van meerdere
leveringsgebieden en eindgebruik niet goed
mogelijk om de toekomstige watervraag te
voorspellen.
- Voor casus Kaatsheuvel beschikte Brabant Water
niet over voldoende lange historische reeksen
om de watervraag bij klimaatverandering af te
leiden. Daarom zijn handmatig piekwatervragen
bepaald door het vermenigvuldigen van de
gemiddelde watervraag met een piefactor.
Prisitina bleek vervolgens goed in staat om de
effectiviteit van maatregelen aan het
distributiesysteem te voorspellen.

Pogingen om Meetjesland (Watergroep) door te
rekenen zijn mislukt door gebrek aan gegevens over
de berging in het distributiesysteem.

Toepassing: snel inzicht in toekomstige watertekort en effectiviteit van adaptatiemaatregelen.

Waterbedrijven kunnen het rekenmodel PRISTINA
toepassen om op eenvoudige wijze te zien hoeveel
watertekort er in de toekomst optreedt in een
complex waterdistributiesysteem. Het model is ook
bruikbaar om te testen welke aanpassingen aan het
distributiesysteem nodig zijn om aan toekomstige
watervragen te voldoen.

Wel blijkt de databeschikbaarheid vaak nog te
beperkt of van onvoldoende kwaliteit om
gedetailleerde analyses met PRISTINA te doen.
Gegevens over maximale capaciteiten van het
distributienet bleken niet altijd direct voorhanden,
wat het lastig maakt om te bepalen of het
geproduceerde water wel kan worden geleverd bij
piekvragen. Daarnaast is er vaak een gebrek aan
langdurige historische watervraagreeksen. Dit laatste
is in dit onderzoek opgelost door het handmatig
definiëren van de watervraag per deelgebied. Om
goede voorspellingen voor de toekomst te doen
dienen drinkwaterbedrijven hun distributiemodellen
en watervraagreeksen goed op orde te hebben.

Het Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *PRISTINA
1.0: een rekenmodel om de
drinkwaterbeschikbaarheid bij toekomstige
watervraag te toetsen* (BTO-2021.020).

Inhoud

<i>Managementsamenvatting</i>	3
-------------------------------	----------

Inhoud6

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Doel en scope	8
1.3	Leeswijzer	9
2	Beschrijving rekenmodel	10
2.1	Modelconcept	10
2.2	Koppeling van verschillende rekenmodellen	10
2.3	In- en output PRISTINA	12
2.4	Workflow	13
3	Toepassing van PRISTINA op casussen	15
3.1	Casus Mokerheide (WML)	15
3.2	Casus Petrusplaat (Evides)	19
3.3	Casus Kaatsheuvel (Brabant Water)	24
4	Conclusies en aanbevelingen	31
4.1	Conclusies per casus	31
4.2	Beoordeling van de functionaliteiten van PRISTINA	32
4.3	Aanbevelingen voor de verdere ontwikkeling van PRISTINA	32
4.4	Aanbevelingen voor de waterbedrijven	33
5	Referenties	34
I	Bijlage 1. Resultaten casus Kaatsheuvel huidige situatie	35
II	Bijlage 2. PRISTINA leaflet	37
III	Bijlage 3. Samenvatting UWOT componenten	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De kans op extreem droge en hete perioden is de afgelopen eeuw sterk toegenomen. Recent heeft het KNMI becijferd dat de herhalingsdij van een hitteperiode, zoals die van begin juli 2015 voor De Bilt, is toegenomen van eens per 20 jaar in 1900 naar eens per 3 jaar in 2015 (Climate Central, 2015). In Nederland en Vlaanderen was in het voorjaar van de afgelopen jaren sprake van langdurige droogte en hoge temperaturen, waardoor verschillende waterbedrijven opriepen zuinig om te gaan met drinkwater. Dergelijke situaties passen in het beeld van een veranderend klimaat, waarbij het 'piekseizoen' voor watervraag zich buiten de zomerperiode verbreedt naar het voorjaar en najaar en waarbij het aanbod van bepaalde bronnen lager wordt (zoutwaterindringing aan de kust, indikking van concentraties vervuulende stoffen bij lage rivierafvoeren, afname grondwateraanvulling).

Het klimaat beïnvloedt zowel de vraag- als aanbodzijde van drinkwater. Het RIVM heeft de afgelopen jaren ook enkele studies uitgevoerd waarbij ook klimaatverandering is meegenomen in analyses voor de drinkwatervoorziening. Zo is door Wuijts et al. (2013) op nationale schaal gekeken naar de invloed van het klimaat op oppervlaktewater als drinkwaterbron. De betreffende studie geeft een gedetailleerd beeld van klimaatinvloeden op de drinkwatervoorziening, maar is uitgevoerd op basis van oude KNMI '06-scenario's. De aanbeveling uit dat onderzoek was: "De modelresultaten zijn indicatief, maar geven wel aan dat het wenselijk is om per innamepunt de resultaten nader uit te werken om op basis hiervan concreter aan te kunnen geven wat mogelijke effectieve adaptatiemaatregelen zijn bij klimaatverandering". In een andere studie van het RIVM (Tangena, 2014) over grondwatervoorraden voor drinkwater, wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen in die gebieden waar regionaal reserves en tekorten op relatief korte afstand van elkaar bestaan. Binnen deze studie zijn ook prognoses voor andere invloeden (o.a. demografische ontwikkelingen) op de watervraag meegenomen (Baggelaar et al., 2010). Belangrijk om te vermelden is dat binnen deze studie niet is gekeken naar verandering in de vraagpatronen binnen jaren (piekverbruik), terwijl de verwachting is dat juist daardoor knelpunten kunnen ontstaan.

In het afgelopen jaar is binnen het BTO onderzoek juist dit aspect nader onderzocht. Dit onderzoek naar de invloed van klimaatverandering op de (piek-)drinkwatervraag (Vonk et al., 2017) heeft laten zien dat in Nederland en België onder het extreemste klimaatscenario maximaal 3.1% meer (jaarlijkse) watervraag in 2050 te verwachten valt dan nu. Dit is in lijn met eerdere studies van Cirkel et al. (2005; 2006) en Zwolsman et al. (2011). Als gevolg van toenemende droogte, veranderingen in vakantiespreiding en hogere temperatuurextremen kan de piekfactor echter maar liefst tot 21.3 % hoger uitkomen in 2050. Dit kan belangrijke consequenties hebben voor de productiecapaciteit en distributiecapaciteit.

In het BTO programma en daarbuiten is de afgelopen jaren ook de aanbodzijde van drinkwater bestudeerd. Zo hebben Sjerps et al. (2016) de effecten van lage afvoeren van de Maas en de Rijn op de waterkwaliteit onderzocht. Door Zwolsman et al. (2011) is geconstateerd dat een te hoge temperatuur van het oppervlaktewater een knelpunt kan vormen bij klimaatverandering (uitgaande van de 25°C-norm). Verder zijn er studies gedaan naar de invloed van klimaatverandering op de rivierafvoeren (Klijn et al., 2015) en externe verzilting (Deltares, 2015). Ook voor Vlaanderen is door Lipzig et al. (2015) de invloed van klimaatverandering op diverse aspecten van de leefomgeving in kaart gebracht (o.a. grondwateraanvulling, afvoeren van de Maas, Schelde, Grote Nete en de Grote Laak).

Al met al zijn de bouwstenen van een overkoepelende analyse, inclusief temporele variaties in watervraag en – aanbod reeds ontwikkeld. Tot nu toe heeft elk onderzoek zich echter gericht op een deelaspect van het vraagstuk, waarbij op de andere aspecten steeds (relatief grove) aannames zijn gedaan. Wat momenteel ontbreekt om concreet de gevolgen van klimaatverandering te kwantificeren voor individuele winningen en voorzieningsgebieden, is een koppeling tussen bestaande methoden en het samenbrengen van bestaande informatie. Een dergelijke methodiek zou zowel vraag als aanbod moeten beschouwen, met inbegrip van het tijdsaspect (variaties van de vraag en het aanbod op dagbasis), met daarbij aandacht voor zowel oppervlakte- als grondwater, kwaliteit en kwantiteit en bestaande zoetwaterbuffers bij winningen en innamepunten. Belangrijk is verder dat de methode op een eenvoudige manier in kaart brengt voor welke gebieden/winningen adaptieve maatregelen of nieuwe concepten van water winnen nodig zijn, en welke adaptieve maatregelen daarbij kansrijk zijn.

Bestaande initiatieven, zoals het Landelijk Hydrologisch Model (onderdeel van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium), maken het reeds mogelijk om de effecten van klimaatverandering te vertalen naar veranderingen in het gecombineerde hydrologische systeem (oppervlakte- en grondwater). Dergelijke modellen vereisen echter veel gegevens en rekentijd en zijn daarom niet altijd geschikt voor snelle analyses. Er is momenteel geen manier om, voorafgaand aan een complexe (numerieke) modelanalyses, een snelle toetsing uit te voeren om te bepalen of een waterwinning in de toekomst in de problemen komt door klimaatverandering of niet (en, daarmee, of deze winning aanvullende aandacht nodig heeft).

1.2 Doel en scope

Het doel van dit project is dan ook om een eenvoudige, doch betrouwbare, rekenmethodiek te ontwikkelen om voor waterwinningen de effecten van klimaatverandering te vast te stellen. De tool moet ook gebruikt kunnen worden om snel te verkennen of bepaalde adaptatie strategieën nut kunnen hebben of bij voorbaat kansloos zijn. Deze ‘maatregelenverkenner’ brengt bestaande modellen en afgeleide fysische relaties, zoals Vlugzout voor verzilting van grondwaterwinningen (Makkink et al., 2011), QC-relaties voor oppervlaktewaterkwaliteit (Zwolsman et al) en het piekfactor-voorspellingsmodel voor de watervraag (Vonk et al) samen en combineert deze met door het KNMI ontwikkelde 2014-klimaatscenario's (voor Nederland), ALARO/COSMO-CLM scenario's (voor Vlaanderen) en door Baggelaar et al., (2010) uitgewerkte drinkwatervraag scenario's. De centrale vraag die het rekenmodel voor een gebruiker moet kunnen beantwoorden is: “wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor vraag en aanbod van water op het niveau van individuele winningen en in hoeverre helpen verschillende typen adaptatiemaatregelen om deze gevolgen te beperken?”.

We voorzien onder meer de volgende toepassingen voor deze methodiek:

- 1 Worden voor de zichtjaren 2050 en 2085 problemen verwacht bij deze winning? En zo ja, van welke aard zijn deze problemen (kwaliteit, vergunningslimieten, etc.)?
- 2 Op welke momenten in het jaar is er niet voldoende water (van voldoende kwaliteit) beschikbaar? En hoe groot is op die momenten het gat tussen vraag en aanbod (in m³)?
- 3 Kunnen op kritische momenten in het jaar watertekorten bij winningen worden opgevangen door doorlevering vanuit andere winningen?
- 4 Hoeveel (extra) berging zou eventueel nodig zijn voor een bepaalde winning, onder uiteenlopende klimaatscenario's, ten einde de voorziene piekvragen op te vangen (het ‘pieken scheren’)?
- 5 Voor welke winningen en voorzieningsgebieden zijn (radicaal) nieuwe winconcepten te overwegen?

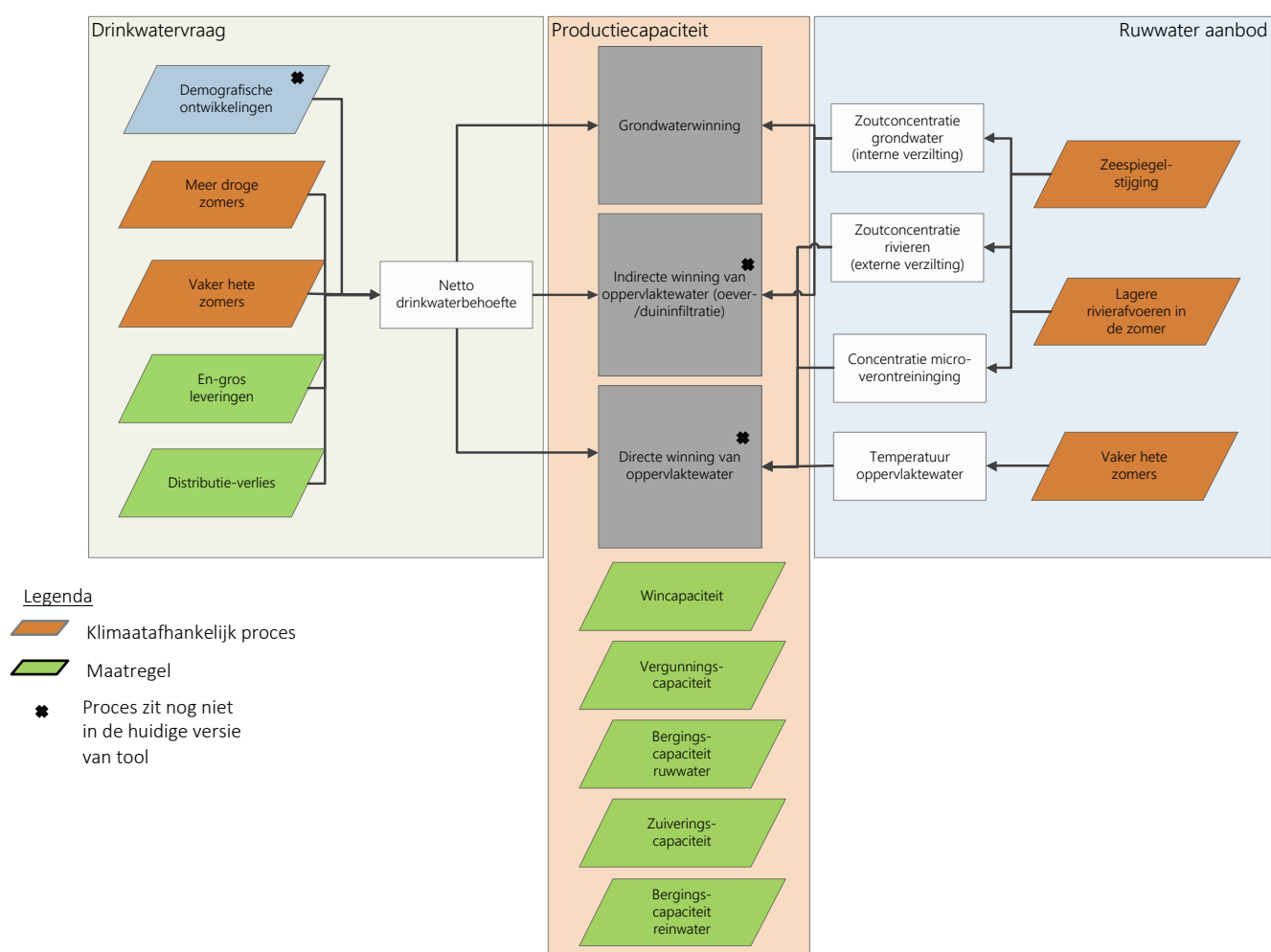
1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt de werking van de ontwikkelde tool, PRISTINA (PRoduction InfraSTructure Impact Analysis) genaamd, beschreven. Het modelconcept is in dit hoofdstuk toegelicht en de in- en output van het model is toegelicht. In hoofdstuk 3 is de toepassing van PRISTINA op drie casussen opgenomen. PRISTINA is toegepast op een casus van WML, Evides en Brabant Water. De casussen lopen uit een in complexiteit en input gegevens. In hoofdstuk 4 worden conclusies getrokken op basis van de resultaten uit de casussen en aanbevelingen gegeven voor vervolg ontwikkeling van PRISTINA.

2 Beschrijving rekenmodel

2.1 Modelconcept

Het onderzoeksvraagstuk dat het PRISTINA model wil beantwoorden is conceptueel weergegeven in Figuur 2-1. Klimaatverandering werkt zowel aan de vraag- als aanbodzijde van een winning (bruinegekleurde processen). Aan zowel de vraagkant als in het productieproces zijn aspecten beïnvloedbaar door waterbedrijven (groengekleurde items). Voor een correcte inschatting van de waterbeschikbaarheid moeten processen aan beide kanten meegenomen worden. Adaptieve maatregelen kunnen gezocht worden in de groengekleurde onderdelen.

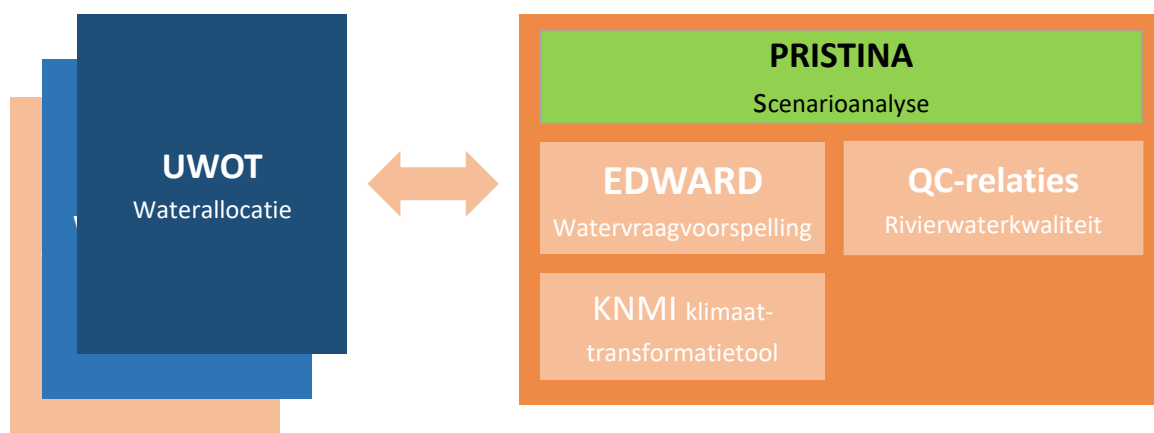


Figuur 2-1. Conceptuele weergave van het onderzoeksvraagstuk.

2.2 Koppeling van verschillende rekenmodellen

PRISTINA is een tool om scenario's mee door te rekenen. Hiervoor worden een aantal bestaande rekenmodellen aangeroepen (Figuur 2-2):

- UWOT = Urban Water Optioneering Tool. Hierin wordt het gehele waterdistributiesysteem gemodelleerd. Van de bron tot de toepassingen in huishoudens. Adaptieve maatregelen zijn hieraan toe te voegen.
- EDWARD: Met dit model kan voor een willekeurig voorzieningsgebied in Nederland of Vlaanderen de invloed van klimaatverandering en vakantiespreiding voorspeld worden op de drinkwatervraag.
- Het KNMI-klimaat transformatieprogramma (Bakker, 2015) wordt gebruikt om historische meteorologische metingen te transformeren, zodat een beeld ontstaat hoe die historische jaren eruit zouden zien onder de nieuwe klimaatomstandigheden van de verschillende KNMI'14 klimaatscenario's. De klimaattransformaties maken onderscheid tussen de verschillende regio's in Nederland. Voor dit onderzoek zijn voor elk voorzieningsgebied de representatieve neerslag, verdamping, globale straling, gemiddelde dagtemperatuur en maximale dagtemperatuur getransformeerd naar hun representatieve toekomstige waarden.
- QC-relaties. Dit zijn relaties tussen de concentraties van enkele stoffen in, en de debiet van, de grote Nederlandse rivieren de Rijn en de Maas. (Sjerps et al. 2016)



Figuur 2-2. Overzicht van onderliggende rekenmodellen

Voor het uitvoeren van simulaties maakt PRISTINA gebruik van het UWOT waterallocatiemodel (Urban Water Optioneering Tool), waarin een productiefaciliteit is geschematiseerd. UWOT is geschreven door de universiteit van Athene en beschikbaar via watershare (Rozos & Makropoulos, 2012). Een UWOT model is opgebouwd uit de componenten van een waterdistributiesysteem. Het hele drinkwatersysteem kan van de bronnen tot de kraan gesimuleerd worden. Hierdoor is het zeer geschikt voor water vraag- en aanbod studies. De componenten bevatten capaciteiten en indien van toepassing (vergunningen-) limieten. Deze zijn verbonden met een watervraagcomponent die een tijdreeks van de historische of de te verwachte watervraag bevat.

UWOT omvat een aantal soorten componenten die relevant zijn voor deze studie:

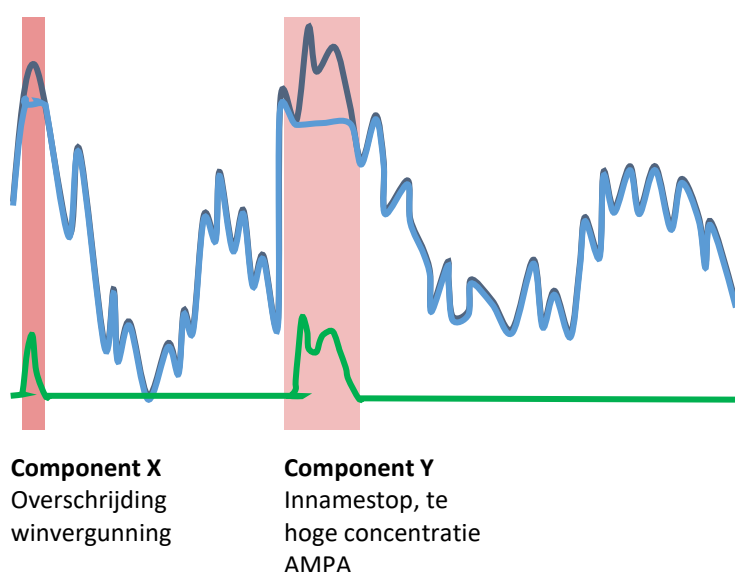
1. Signaal: dit zijn componenten die input signalen sommeren, opsplitsen, vermenigvuldigen enz. of componenten die de water kwaliteit/kwantiteit meten.
2. Hydrosysteem: dit zijn componenten die water overbrengen, behandelen en opslaan, zoals grondwater, rioolwaterzuivering en reservoir.
3. Energie-Water Nexus: zoals windturbines, zonnepanelen en stedelijk groen.

2.3 In- en output PRISTINA

Om de gevolgen van verschillende toekomstscenario's op de waterlevering te berekenen is de tool PRISTINA gebruikt. PRISTINA maakt hierbij gebruik van een in UWOT geschematiseerde waterdistributiesysteem. De watervraag is op twee manieren mee te nemen in PRISTINA:

1. PRISTINA kan, door de EDWARD tool te gebruiken, de watervraag onder verschillende toekomstscenario's berekenen door middel van machine learning. Input voor de training van het machine learning model zijn (1) de historische watervraag, (2) vakantie afwezigheidsgegevens van het CBS en (3) meteorologische gegevens van het KNMI zoals bijvoorbeeld neerslag, temperatuur en verdamping. Hiervan hoeft alleen de eerste door de gebruiker te worden aangeleverd. De toekomstscenario's zijn te definiëren op basis van de KNMI'14 klimaatscenario's (GL en WH) en drie vakantiespreidingsscenario's (zelfde als nu, verspreid en geconcentreerd). Met de keuze voor GL en WH wordt aangesloten bij de Deltascenario's. Verder kan in PRISTINA ook nog onderscheid gemaakt worden voor de situatie tot 2050 of 2085. Aan de hand van de vakantiespreidingsscenario's en de met behulp van de KNMI transformator tool getransformeerde meteorologische gegevens voor een van de KNMI'14 klimaatscenario's wordt er een voorspelling voor een daar bijbehorende watervraag gedaan. In sectie 3.1 en 3.2 is deze methode in casus Mookerheide en Petrusplaat toegepast.
2. Op basis van gebiedseigenschappen is voor verschillende voorzieningsgebieden door de drinkwaterbedrijven een voorspelling gedaan voor de toekomstige piekwatervraag. Deze piekvraag is berekend voor een dag, maand en jaar. Door van deze piekwatervragen een synthetische watervraag reeks te maken voor een jaar in de toekomst is met PRISTINA te bepalen of aan deze piekvraag kan worden voldaan. In sectie 3.3 is deze methode in casus Kaatsheuvel toegepast.

PRISTINA berekent vervolgens of de waterlevering aan het toekomstscenario van de watervraag kan voldoen. Hierbij kunnen individuele componenten falen, zoals overschrijding van een vergunning of wanneer een put onvoldoende kan leveren, maar waarbij er wel aan de watervraag kan worden voldaan (bijvoorbeeld doordat backup-voorzieningen de levering overnemen). Figuur 2-3 geeft een voorbeeld van een situatie waarbij de watervraag (donker blauwe lijn) groter is dan de maximale productie (licht blauwe lijn). De groene lijn geeft aan hoe groot het tekort is.



Figuur 2-3. Voorbeeld van vergelijking van watervraag (donker blauw) met de geleverde hoeveelheid (licht blauw). In de rode vlakken treedt een tekort op (groene lijn)

Verder kunnen componenten falen zodanig dat er niet aan de watervraag kan worden voldaan. Het resultaat wordt in PRISTINA weergegeven in 4 prestatie scores (zie Tabel 2-1):

- A. Groen: geen falende componenten
- B. Geel: falende componenten, opgevangen door backup-voorzieningen.
- C. Oranje: falende waterlevering, statistisch acceptabel: er zijn dagen waarop niet aan de watervraag voldaan kan worden, maar dit is statistisch acceptabel (minder dan 1 dag per 10 jaar).
- D. Rood: falende waterlevering, statistisch onacceptabel: er zijn meer dagen waarop niet aan de watervraag voldaan kan worden dan statistisch acceptabel is (meer dan 1 dag per 10 jaar).

Tabel 2-1 Output PRISTINA: dashboard met prestatiescores

E. Label	Toelichting
A	Geen falende componenten of waterlevering
B	Falende componenten, opgevangen door backup-voorzieningen
C	Dagen met falende waterlevering, statistisch acceptabel
D	Dagen met falende waterlevering, statistisch niet acceptabel

Het onderscheid tussen categorie C en D is alleen van toepassing voor getransformeerde, realistische watervraagreeksen. Wanneer er voor een meer synthetische watervraag reeks wordt gekozen (zoals in casus Brabant van sectie 3.3) is dit onderscheid niet relevant omdat er geen zinnige statistische berekening van de faalkans van het desbetreffende component kan plaatsvinden.

2.4 Workflow

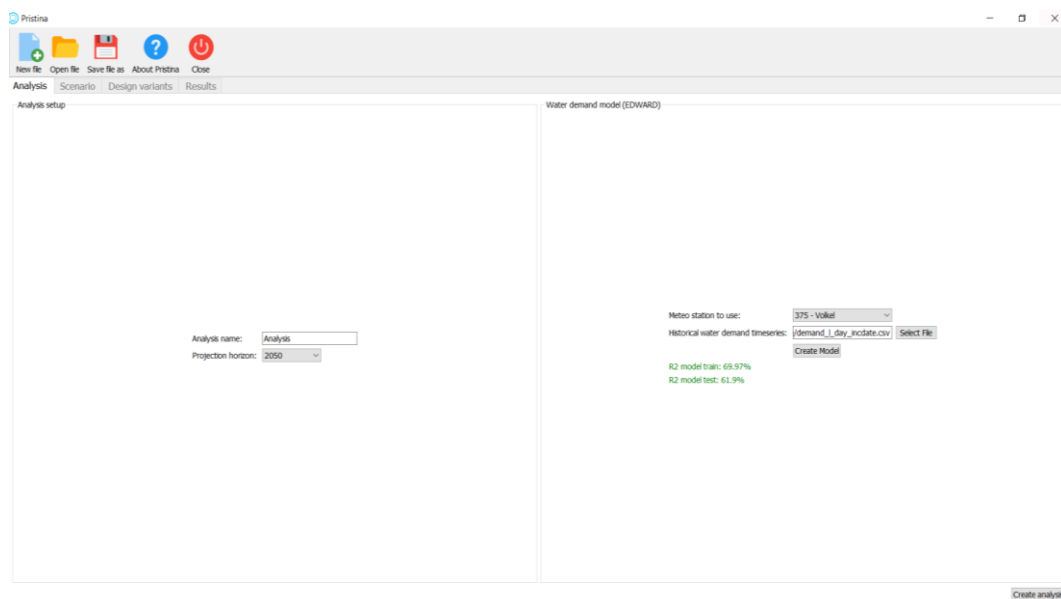
PRISTINA is geschreven als een pre en post processor. De User interface van het programma (Figuur 2-4) sluit aan bij de workflow en is hieronder aangegeven:

- Er wordt een analyse aangemaakt en gekozen voor een bepaald horizon jaar (2050 of 2085).
- Er kan gekozen worden tussen een custom demand input of EDWARD. In het eerste geval dient de gebruiker zelf een toekomstige watervraag in te voeren, in het tweede geval kiest de gebruiker een weerstation en selecteert een historische watervraag reeks. EDWARD (ook ontwikkeld in het BTO) berekent dan met behulp van machine learning een potentiële toekomstige watervraag gecorrigeerd voor de invloed van klimaat verandering.
- Vervolgens kunnen er scenario's worden toegevoegd. Hierbij wordt er gekozen uit een Delta klimaat scenario (Druk, Stoom, Rust, Warm) en een vakantie verspreidingscenario (Mean, Spreaded of Concentrated). PRISTINA maakt op dit moment enkel gebruik van de klimaat onderdelen van de Delta scenario's zoals toekomstige meteoreeksen en rivier afvoeren.
- Daarna wordt er een design van het watersysteem gekozen. Hier gaat het om een UWOT model van het watersysteem.
- Vervolgens wordt er op Simulate gedrukt. Dit activeert eerst Edward (mits gekozen) welke een toekomstige watervraag berekend. Daarnaast wordt er, mits toepasselijk in het watersysteem, aan de hand van QC relaties en de verwachte rivierafvoer de kwaliteit van het in te nemen rivierwater

berekend om te bepalen of er wel of geen inname stop dient plaats te vinden. Vervolgens worden alle relevante inputfiles klaar gezet en wordt UWOT automatisch op de achtergrond aangeroepen. UWOT berekent vervolgens per dag de waterbalans. Wanneer UWOT klaar is schakelt PRISTINA door naar de results tab waar, met een simpel stoplicht systeem (Tabel 2-1), is weergegeven hoe het watersysteem presteert. Door op het bolletje te klikken volgt een overzicht met alle mogelijke grafieken waarvoor UWOT output heeft gegenereerd. Hier kan in detail bekeken worden waar een watersysteem mogelijk gefaald heeft.

- Naast deze workflow heeft PRISTINA ook de mogelijkheid om files met doorgekende scenario's op te slaan en weer te openen. Om PRISTINA te gebruiken dient het watersysteem dus eerst gemodelleerd te worden in UWOT.

Het horizonjaar en de gekozen scenario's hebben enkel invloed op de met EDWARD berekende toekomstige watervraag en op de rivierafvoeren die worden gebruikt voor de verwachte waterkwaliteit berekeningen. Dit betekent dat wanneer men voor een custom demand input (aangepaste watervraag invoer) kiest en er geen rivierwater wordt ingenomen in het watersysteem, deze keuzes (horizon jaar en scenario's) geen invloed hebben op de berekeningen. PRISTINA zit op dit moment zo in elkaar dat ze wel gemaakt moeten worden.



Figuur 2-4. Screenshot met user interface van PRISTINA.

3 Toepassing van PRISTINA op casussen

PRISTINA is toegepast op drie casussen om zo de bruikbaarheid van de tool te onderzoeken: Casus Mookerheide van WML, casus Petrusplaat van Evides en casus Kaatsheuvel van Brabant water. Zoals in sectie 2.3 is beschreven zijn er twee manieren waarop de watervraag in PRISTINA meegenomen kan worden. De toekomstige watervraag is voor casus Mookerheide en Petrusplaat berekend op basis van de KNMI'14 klimaatscenario's (GL en WH) en drie vakantiespreidingsscenario's. Voor casus Kaatsheuvel is gebruik gemaakt van een door Brabant water afgeleide piekwatervraag. Het doel van het doorrekenen van de casussen is het testen van de functionaliteiten van PRISTINA. Gemaakte aannames kunnen effect hebben op het resultaat, maar dit staat los van het testen van de functionaliteit.

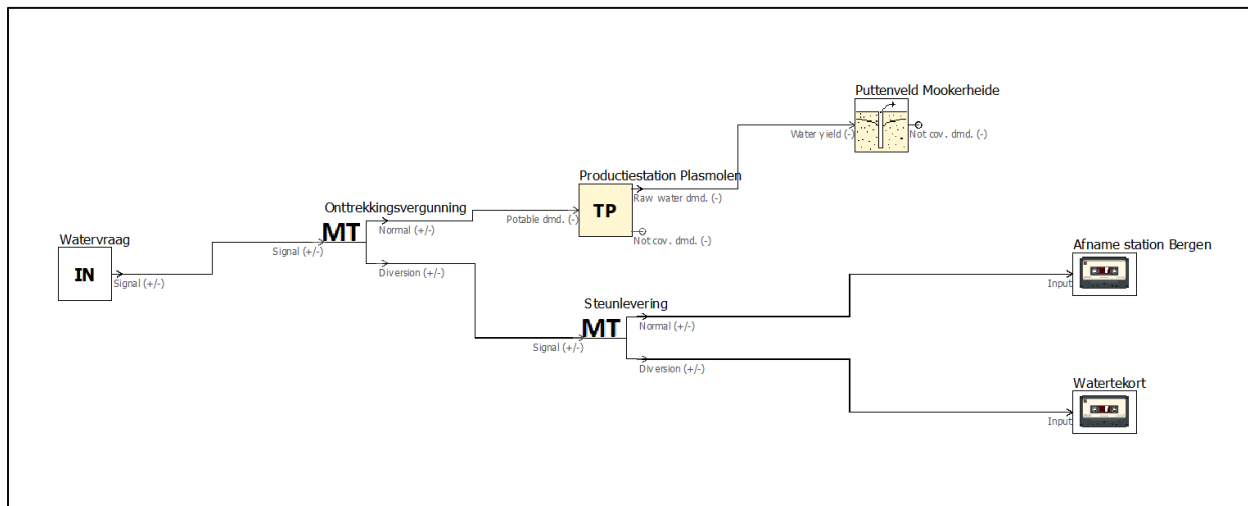
Er is ook nog gepoogd om PRISTINA toe te passen op het gebied Meetjesland van de Watergroep. In dit gebied bleek het echter niet goed mogelijk om (zonder verdere uitgebreide analyse) een goede fit te krijgen voor het EDWARD model. Dit komt waarschijnlijk doordat de berging en het opvullen en leegraken van watertorens niet is meegenomen in de registratie. Hierdoor treden er incidenteel onverklaarbare piekvragen of juist heel lage watervragen op. Deze casus is dan ook verder niet opgenomen in dit rapport.

3.1 Casus Mookerheide (WML)

3.1.1 UWOT Schematisatie

Uit de correspondentie met WML (contactpersoon: Birgitta Putters) hebben wij een overzicht gekregen van de componenten die PS Mookerheide definiëren, de capaciteit van de winningen en de vergunningen. Hiermee is de schematisatie in UWOT ontwikkeld (Figuur 3-1). Het model bestaat uit de volgende componenten:

- Watervraag: gebaseerd op een historische watervraag tijdreeks van het afzetgebied van PS Mookerheide
- Capaciteit productiestation Plasmolen: dit productiestation heeft een capaciteit van 400 m³ per uur. Indien de watervraag deze capaciteit overschrijdt wordt dit met een virtuele logger-component gemonitord (Not cov. dmd. in Figuur 3-1)
- Onttrekkingsvergunning: deze vergunning is 1 miljoen m³ per jaar en 150.000 m³ per maand. Indien de watervraag lager is dan de onttrekkingsvergunning komt de waterlevering alleen vanuit puttenveld Mookerheide. Indien de watervraag de vergunningswaarde overschrijdt komt de waterlevering vanuit zowel puttenveld Mookerheide en een steunlevering vanuit PS Bergen.
- Puttenveld Mookerheide: dit bestaat uit 4 putten met gezamenlijk een debietcapaciteit van 263 m³ per uur (per put 1578 m³ per dag). In de praktijk wordt niet de gehele pompcapaciteit benut, zo is een maximaal debiet van 168,5 m³ per uur geleverd in 2010. Aangezien het technisch wel mogelijk is (door de volledige pompcapaciteit te benutten) om in de toekomst de volledige 263 m³ per uur te leveren wordt deze laatste capaciteit in het UWOT model gebruikt. Daarnaast is een extra analyse uitgevoerd met een debiet van 168,5 m³ per uur. Indien de watervraag deze capaciteit overschrijdt wordt dit met een virtuele logger gemonitord (weergegeven als Not cov. dmd. in Figuur 3-1).
- Steunlevering: dit is een steunlevering door productiestation Bergen met een capaciteit van 0,25 miljoen m³ per jaar. Deze steunlevering wordt met een virtuele logger gemonitord. Indien de watervraag de capaciteit van de steunlevering overschrijdt wordt het watertekort ook met een virtuele logger gemonitord.

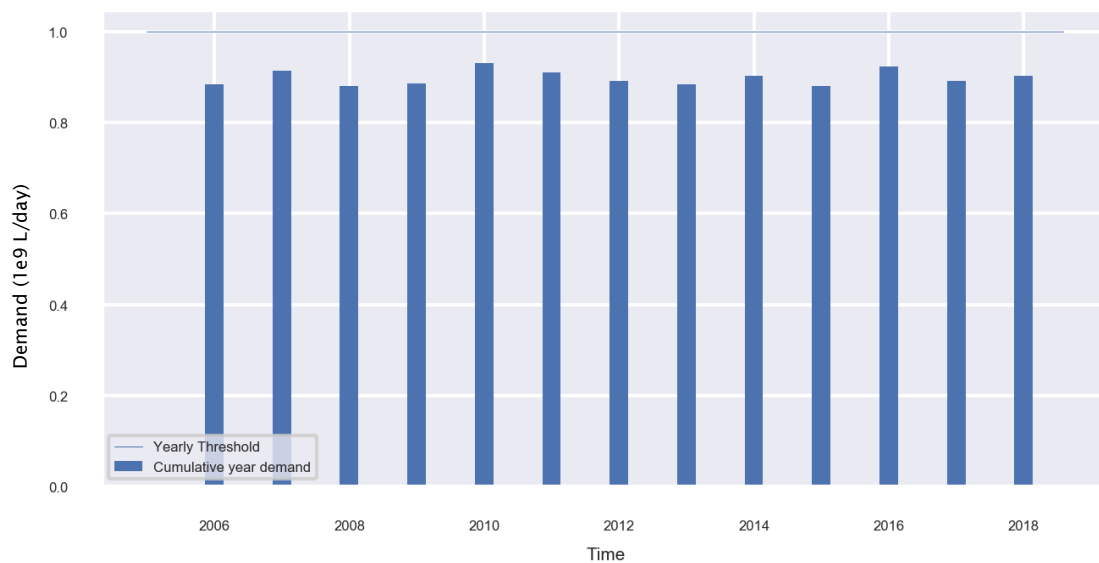


Figuur 3-1. UWOT schematisatie van de Mookerheide casus

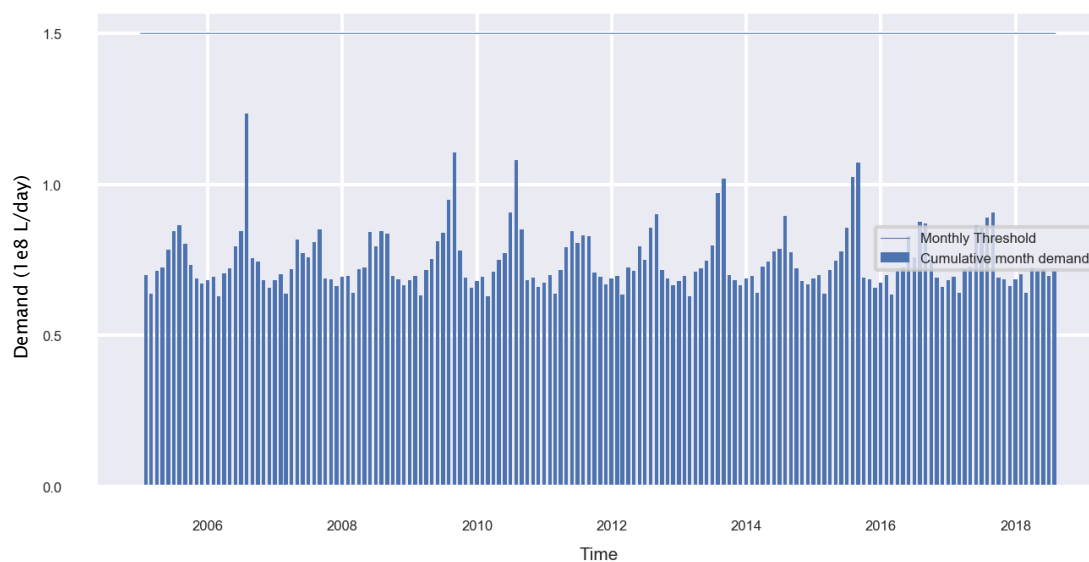
3.1.2 Resultaten

Voor de Mookerheide casus hebben we op basis van het in Figuur 3-1 weergegeven waterdistributiesysteem de gevolgen van de verschillende klimaatscenario's getest. Voor de situatie waarbij de volledige capaciteit van de winningen wordt ingezet (263 m³ per uur), komt bij alle scenario's een prestatiescore A (groen) uit de PRISTINA berekeningen. Dit betekent dat PS Mookerheide in 2050 en 2085 zonder problemen aan de gesimuleerde watervraag kan voldoen. Al het benodigde water kan door het puttenveld Mookerheide worden geleverd, de steunlevering (productiestation Bergen) hoeft niet benut te worden. In Figuur 3-2 en Figuur 3-3 is de hoogste gesimuleerde watervraag weergegeven voor Mookerheide, dit treedt op bij een toekomstscenario met KNMI'14 warm (WH) en een verspreid vakantiepatroon. De jaarlimiet ligt op 1 miljard liter en de cumulatieve jaarlijkse watervraag is maximaal 856 miljoen liter. De maandlimiet is 150 miljoen liter en de cumulatieve maandelijkse watervraag is maximaal 102 miljoen liter.

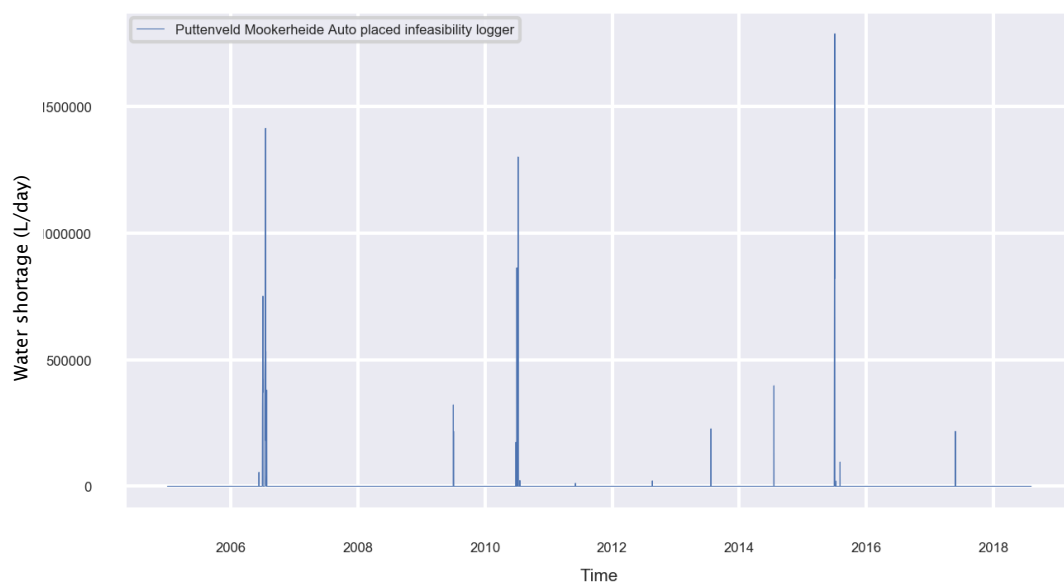
Indien gerekend wordt met het maximale winningsdebiet zoals opgetreden in 2010 (168,5 m³ per uur) komt bij alle scenario's een prestatiescore D (rood) uit de PRISTINA berekeningen. Dit betekent dat PS Mookerheide in 2050 en 2085 onder de gesimuleerde scenario's niet aan de watervraag kan voldoen, met een statistisch onacceptabele kans. Al het water dat door het puttenveld Mookerheide kan worden geleverd wordt benut, maar dit is meer dan 1 dag per 10 jaar onvoldoende om aan de watervraag te voldoen. Het onttrekkingsdebiet is hier dus limiterend, en moet opgeschaald worden naar het maximale debiet uit het eerste scenario om aan de watervraag te kunnen voldoen. In Figuur 3-2 en Figuur 3-3 is de hoogste gesimuleerde watervraag te zien (bij een toekomstscenario met KNMI'14 warm (WH) en een verspreid vakantiepatroon) voor Mookerheide en de momenten waarop productiestation Plasmolen niet aan de watervraag kan voldoen zijn te zien in Figuur 3-4.



Figuur 3-2. De getransformeerde cumulatieve jaarlijkse watervraag en jaar limiet (l/d) voor PS Mookerheide bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2085 en een winningsdebiet van 263 m^3 per uur. De watervraag is voorspeld voor 2085 gebaseerd op data van 2006-2018, waardoor deze jaartallen op de x-as staan.



Figuur 3-3. De getransformeerde cumulatieve maandelijkse watervraag en maand limiet in PS Mookerheide bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2085 en een winningsdebiet van 263 m^3 per uur. De watervraag is voorspeld voor 2085 gebaseerd op data van 2006-2018, waardoor deze jaartallen op de x-as staan.



Figuur 3-4. Het watertekort PS Mookerheide bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2085 en een winningsdebiet van 168,5 m³ per uur (maximale capaciteit pompstation in de huidige situatie waarbij niet alle pompen maximaal worden benut)

3.2 Casus Petrusplaat (Evides)

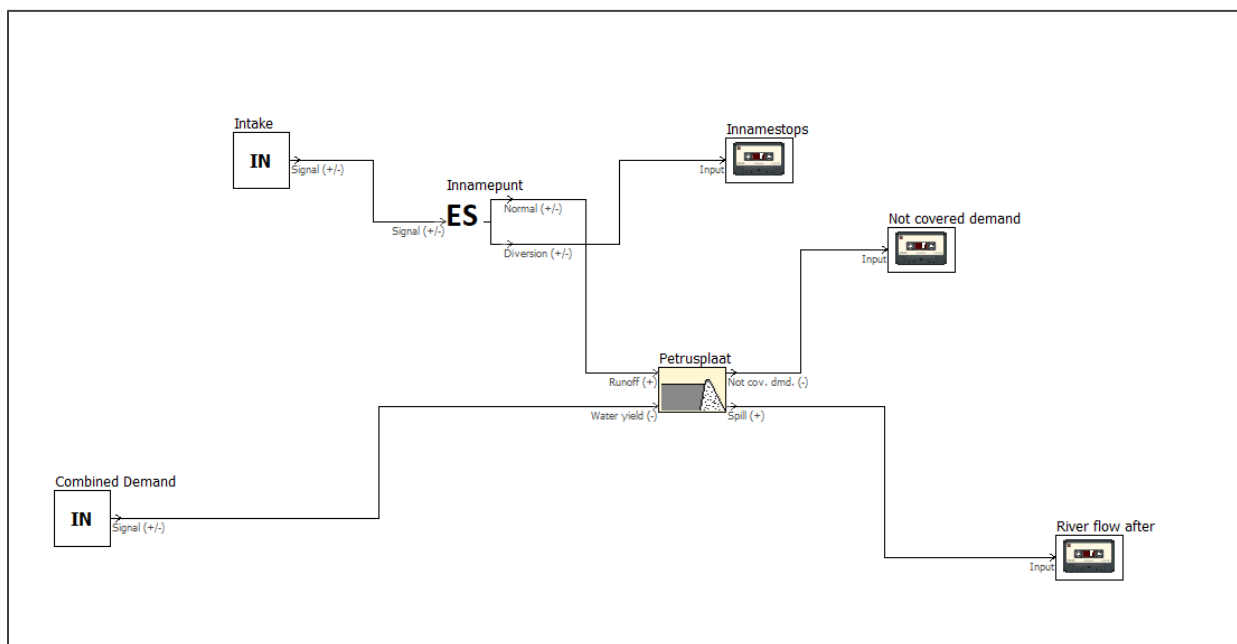
3.2.1 UWOT schematisatie

Uit de correspondentie met Evides (contactpersoon: Rob Lafort) hebben wij een overzicht verkregen van de componenten die productielocatie Petrusplaat definiëren. Hiermee is de schematisatie in UWOT ontwikkeld (Figuur 3-5). Het model bestaat uit de volgende componenten:

- **Watervraag:** gebaseerd op een historische watervraagtijdsreeks van de eindstations: Baanhoek, Braakman, Wranghe, Zevenbergen, Berenplaat en Kralingen. Door de complexiteit van de samenhang tussen de leveringsgebieden is na overleg met Rob Lafort besloten deze watervraagreeksen op te tellen tot 1 watervraag voor de productielocatie Petrusplaat. Dit is een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid waarbij grondwaterwinningen (Baanhoek) en spaarbekkens (Biesbosch) afzonderlijk leveren.
- **Procesbekken Petrusplaat:** dit bekken heeft een inhoud van 13 miljoen m³. Indien de watervraag deze capaciteit plus de aanvulling door rivierwater overschrijdt wordt dit met een virtuele logger-component gemonitord (Not covered demand). Indien de watervraag lager is dan de capaciteit van Petrusplaat + de inname stroomt dit water terug richting de rivier en met een andere virtuele logger-component gemonitord (River flow after).
- **Inname (intake):** dit is de inname van Maaswater richting bekkens Petrusplaat. Deze heeft een capaciteit van 16 m³ per seconde (1.382.400 m³ per dag). Dit is exclusief spaarbekkens Gijster en Honderd en Dertig, die bij deze studie buiten beschouwing worden gelaten.
- **Innamepunt:** hier wordt getest of het Maaswater aan de juiste waterkwaliteitseisen voldoet. Indien dit niet het geval is vindt een inname stop plaats en wordt er geen water ingenomen op productielocatie Petrusplaat. De waterkwaliteit wordt getoetst door middel van Q-C relaties voor klimaatscenario's uit eerder onderzoek van KWR uit 2017 (Sjerps en Huiting 2017) en afvoerreeksen voor de Deltascenario's aangeleverd door Deltares. Vooralsnog worden de concentraties van chloride, AMPA, carbamazepine en amidotrizoic zuur als markers gebruikt. Er is gekozen voor deze stoffen aangezien hier de afgelopen jaren binnen KWR veel onderzoek naar gedaan is en QC-relaties zijn opgesteld. Hiervoor gelden de volgende normen zoals weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1. Concentratielimieten inname Maaswater

Stof	Drinkwaterregeling
Chloride	150 mg/l
AMPA	1,0 µg/l
Carbamazepine	1,0 µg/l
Amidotrizoic zuur	1,0 µg/l



Figuur 3-5. UWOT schematisatie van de Petrusplaat casus

3.2.2 Resultaten

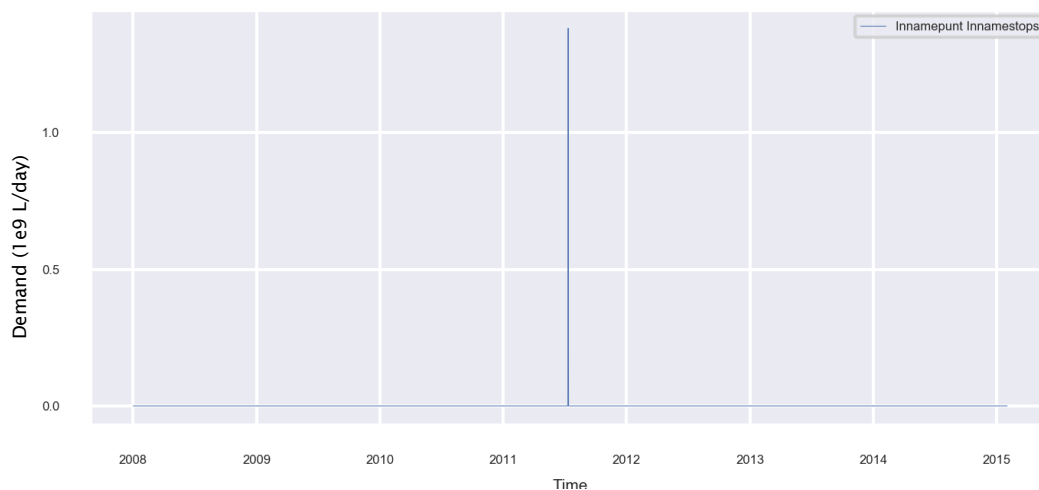
Aan de hand van de vakantiespreidingsscenario's en de door de KNMI transformator getransformeerde meteorogegevens voor een van de KNMI'14 klimaatscenario's wordt in PRISTINA een voorspelling voor een daar bijbehorende watervraag gedaan. Dit levert echter een slechte fit op tussen de watervraag en meteorologische gegevens (correlatie <60%). Dit is te verklaren door de vereenvoudiging van de werkelijkheid bij het optellen van de watervraagreeksen. Daarom is voor deze casus besloten geen transformatie met EDWARD van de watervraag met de klimaatscenario's uit te voeren. De toekomstige watervraag wordt daarom bepaald door een handmatige transformatie met een stijging van de historische watervraag met 6% voor 2050, zoals bepaald in Vonk et al (2019). De vakantiespreidingsscenario's worden wel doorgerekend met PRISTINA. Daarnaast worden de klimaatscenario's wel gebruikt om de toekomstige rivierafvoeren en daarmee stofconcentraties in het Maaswater te berekenen.

Voor de casus Petrusplaat hebben we op basis van het in Figuur 3-5 weergegeven watertransportsysteem de gevolgen van de verschillende klimaatscenario's getest. Zoals hierboven beschreven is de toekomstige watervraag bepaald door een stijging van de historische watervraag met 6% voor 2050, zoals bepaald in Vonk et al (2019). Daarnaast worden de klimaatscenario's wel gebruikt om de toekomstige rivierafvoeren en daarmee stofconcentraties in het Maaswater te berekenen. Voor de toekomstscenario's gebaseerd op het klimaatscenario gematigd (GL) met een verspreide of geconcentreerde vakantiespreiding is het resultaat voor een simulatie van 2050 een prestatiescore geel. Bij deze simulaties is er uitgegaan van een periode van 2 dagen met een inname stop, als gevolg van een te hoge concentratie AMPA in de Maas. Dit is weergegeven in Figuur 3-6 en Figuur 3-7.

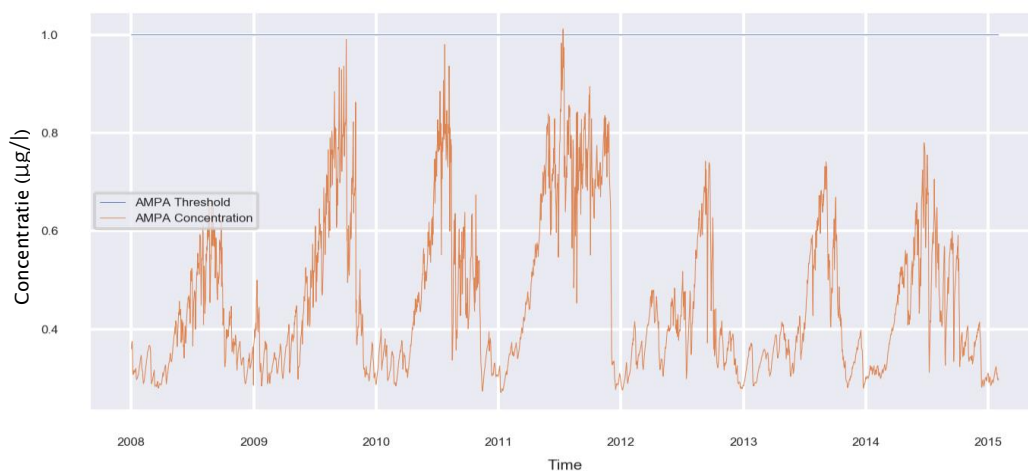
Voor de toekomstscenario's gebaseerd op het klimaatscenario warm met een verspreide of geconcentreerde vakantiespreiding is het resultaat een prestatiescore rood. Het water dat door alleen Petrusplaat kan worden geleverd, zoals vereenvoudigd meegenomen in deze studie, is meerdere dagen onvoldoende om aan de watervraag te voldoen (Figuur 3-8). Dit wordt veroorzaakt door een groot aantal innamestops, als gevolg van te hoge concentraties chloride en AMPA in de Maas. Dit is weergegeven in Figuur 3-9, Figuur 3-10 en Figuur 3-11.

Echter is hier uitgegaan van de capaciteit van de Petrusplaat van 13Mm³. De realiteit is dat er ook aanvulling vanuit de spaarbekkens Honderdendertig en de Gijster plaatsvindt. Daarnaast wordt door de bouw van een

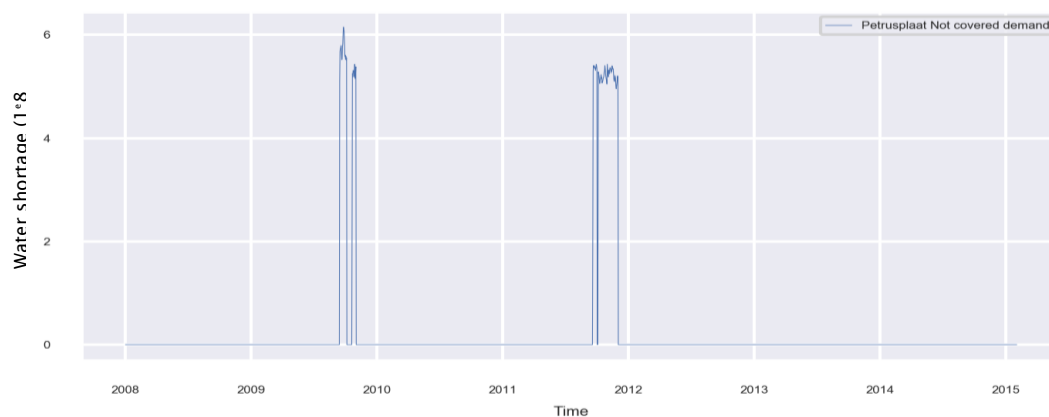
nieuw innamestation Bergse Maas in de toekomst de capaciteit $32\text{m}^3/\text{sec}$ wat neerkomt op een verdubbeling van huidige innamecapaciteit van productielocatie Petrusplaat. Het doel van het doorrekenen van casus Petrusplaat is het testen van de functionaliteiten van PRISTINA. Hierdoor maakt het niet uit dat de casus niet alle werkelijke componenten bevat.



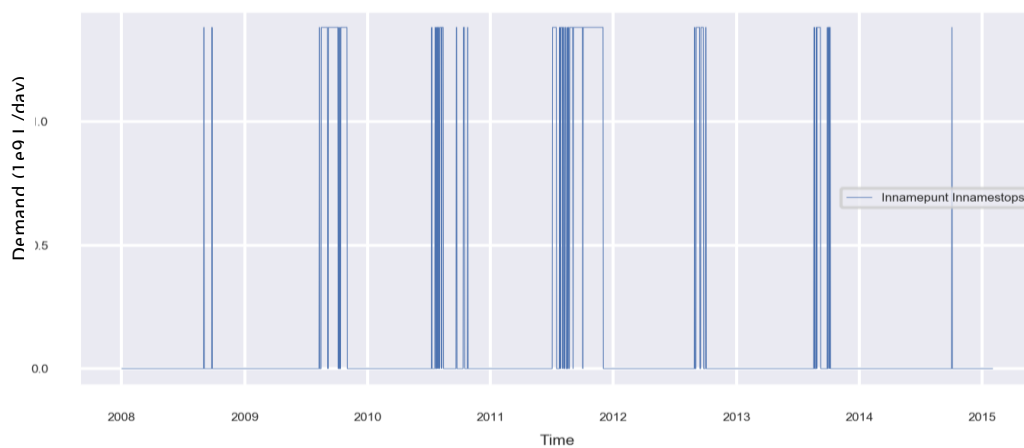
Figuur 3-6. Innamestop Petrusplaat bij scenario GL-vakantiespreiding tot 2050



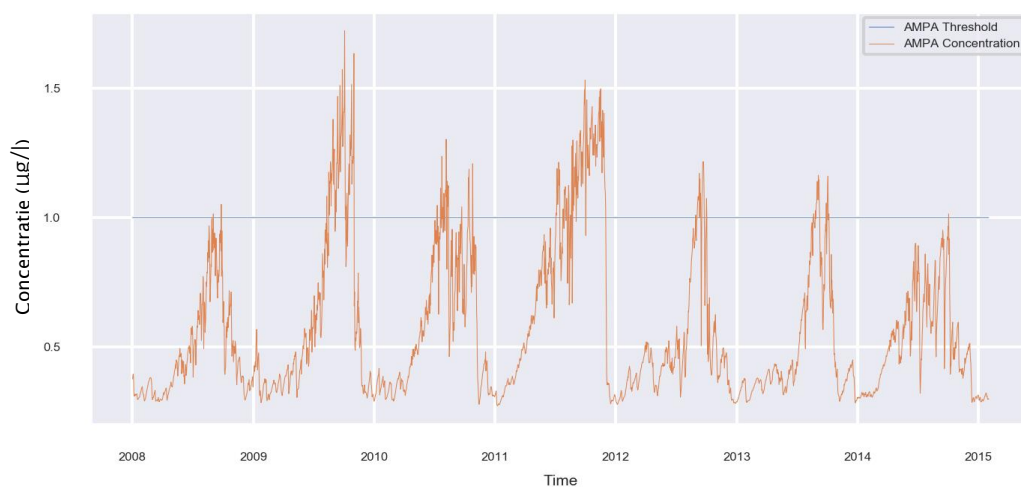
Figuur 3-7. AMPA concentratie ($\mu\text{g/l}$) in ingenomen Maaswater bij scenario GL-vakantiespreiding tot 2050 en de norm uit de drinkwaterregeling



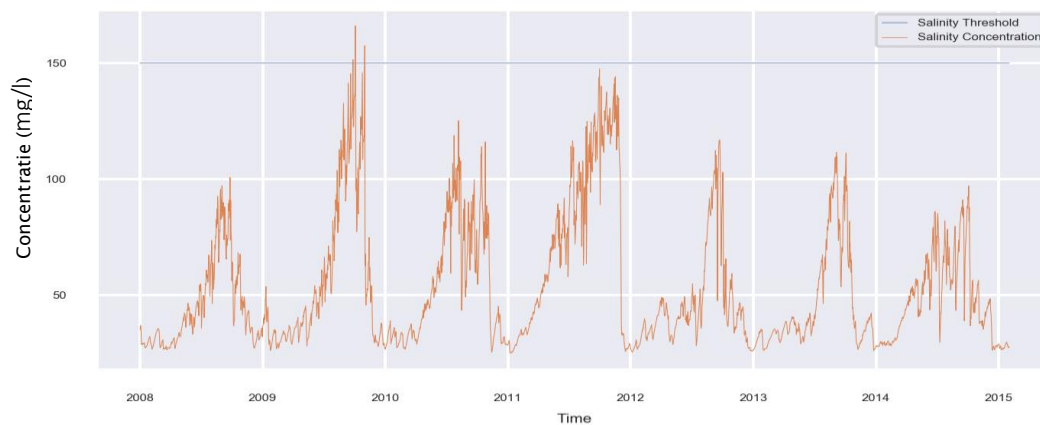
Figuur 3-8. De watervraag dat Petrusplaat niet kan leveren bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2050



Figuur 3-9. Innamestops Petrusplaat bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2050



Figuur 3-10. AMPA concentratie µg/l inname Maaswater bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2050 en de norm uit de drinkwaterregeling

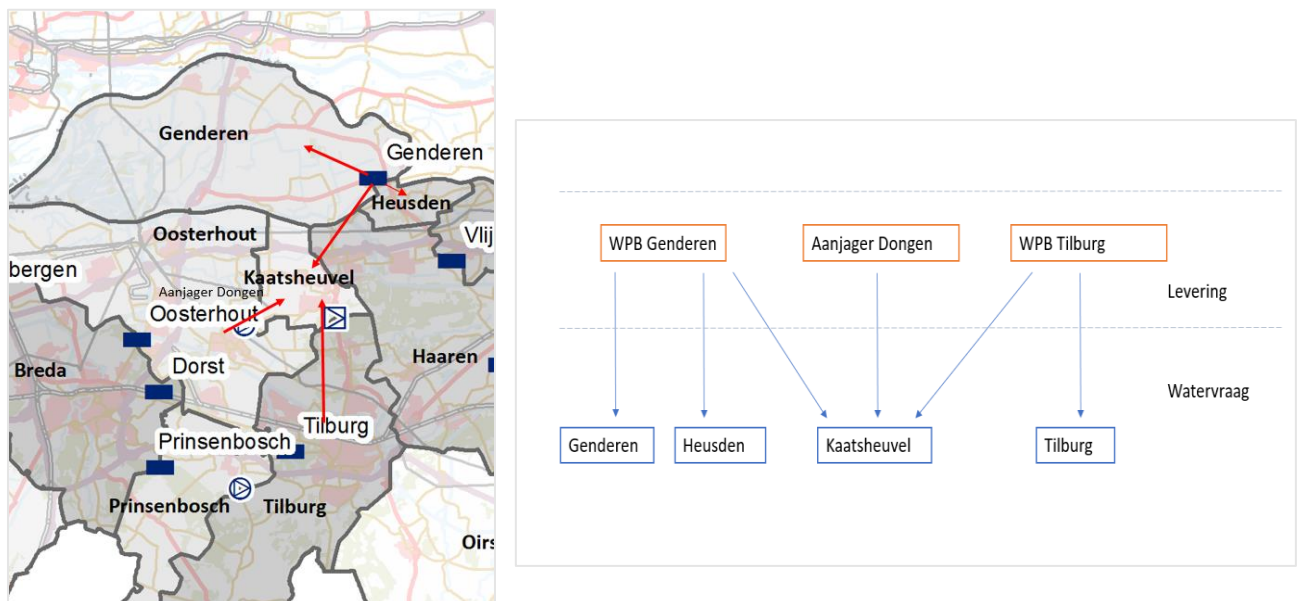


Figuur 3-11. Chloride concentratie (mg/l) inname Maaswater bij scenario WL-vakantiespreiding tot 2050 en de norm uit de drinkwaterregeling

3.3 Casus Kaatsheuvel (Brabant Water)

3.3.1 Achtergrond informatie

Uit de correspondentie Brabant Water (contactpersoon: met Stijn de Jong) hebben wij een overzicht gekregen van de componenten die de waterverdeling in de regio Tilburg definiëren. De waterproductiestations zijn weergegeven in Figuur 3-12, de pijlen geven aan naar welke gebruiksgebieden de waterlevering plaatsvindt. Waterproductiestation Genderen levert aan Genderen, Heusden en Kaatsheuvel. Daarnaast levert waterproductiestation Tilburg aan Tilburg en Kaatsheuvel. En tot slot levert aanjager Dongen vanuit Oosterhout ook aan Kaatsheuvel met een vast debiet van 2250 m³/dag. De resterende watervraag van Kaatsheuvel wordt voor 50% geleverd door productiestation Tilburg en voor 50% door productiestation Genderen.



Figuur 3-12 Water distributie in de regio Tilburg, weergegeven op kaart en schematisch

EDWARD heeft voldoende data nodig om het model te kunnen trainen. Het is hierbij belangrijk dat het reeksen betreft waarbij de gebiedsgrenzen niet, of in ieder geval nauwelijks veranderd zijn of dat de reeksen hiervoor gecorrigeerd kunnen worden. Aangezien er voor deze gebieden van Brabant Water geen historische watervraagreeksen met voldoende lengte beschikbaar zijn is ervoor gekozen geen gebruik te maken van Edward, maar zelf toekomstige watervraagreeksen op te stellen. Hiervoor zijn synthetische watervraagreeksen opgesteld die bestaan uit 1 dag het dag maximum, gevolgd door 30 dagen het 1/30^{ste} van het maandmaximum minus het dagmaximum, gevolgd door 11 maanden het 1/334^{ste} van het jaarmaximum minus het maandmaximum. Hiervoor zijn de prognoses gebruikt van Brabant Water voor de maximale dag, maand en jaar watervraag per gebruiksgebied in 2030. Brabant Water heeft hiervoor de volgende aannames gedaan:

- Het dagmaximum en jaarmaximum neemt toe met 10% uitgaande van een meteorologisch gemiddeld jaar
- Het maandmaximum wordt 11% van het jaar maximum in 2030

De synthetische watervraag reeksen die uit deze rekenregels volgen zijn weergegeven in Figuur 3-13. De synthetisch watervraagreeksen van Genderen en Heusden zijn samengevoegd tot 1 reeks omdat deze gebieden enkel door productiestation Genderen van water worden voorzien.



Figuur 3-13 Dagelijkse watervraag in Tilburg, Genderen+Heusden en Kaatsheuvel in 2030 volgens voorspellingen Brabant Water.

In Tabel 3-2 staan de berekende toekomstige watervragen weergegeven voor de regio Tilburg. In Tabel 3-3 staat de huidige levering door de productiestations en de winningen. Hieruit is op te maken de aan de totale maximale watervraag per jaar kan worden voldaan, maar niet aan de totale maximale watervraag per dag en maand.

Tabel 3-2 Prognoses van Brabant Water voor de watervraag in 2030

Verbruiksgebied	Prognose dag maximum 2030 [*10 ³ m ³ /dag]	Prognose maand maximum 2030 [mlj. m ³ /maand]	Prognose jaar maximum 2030 [mlj m ³ /jaar]
Genderen	22,7	0,5	4,4
Heusden	1,9	0,04	0,4
Kaatsheuvel	11,1	0,2	2,2
Tilburg	75,1	1,9	17,2
Totaal	110,8	3,6	24,2

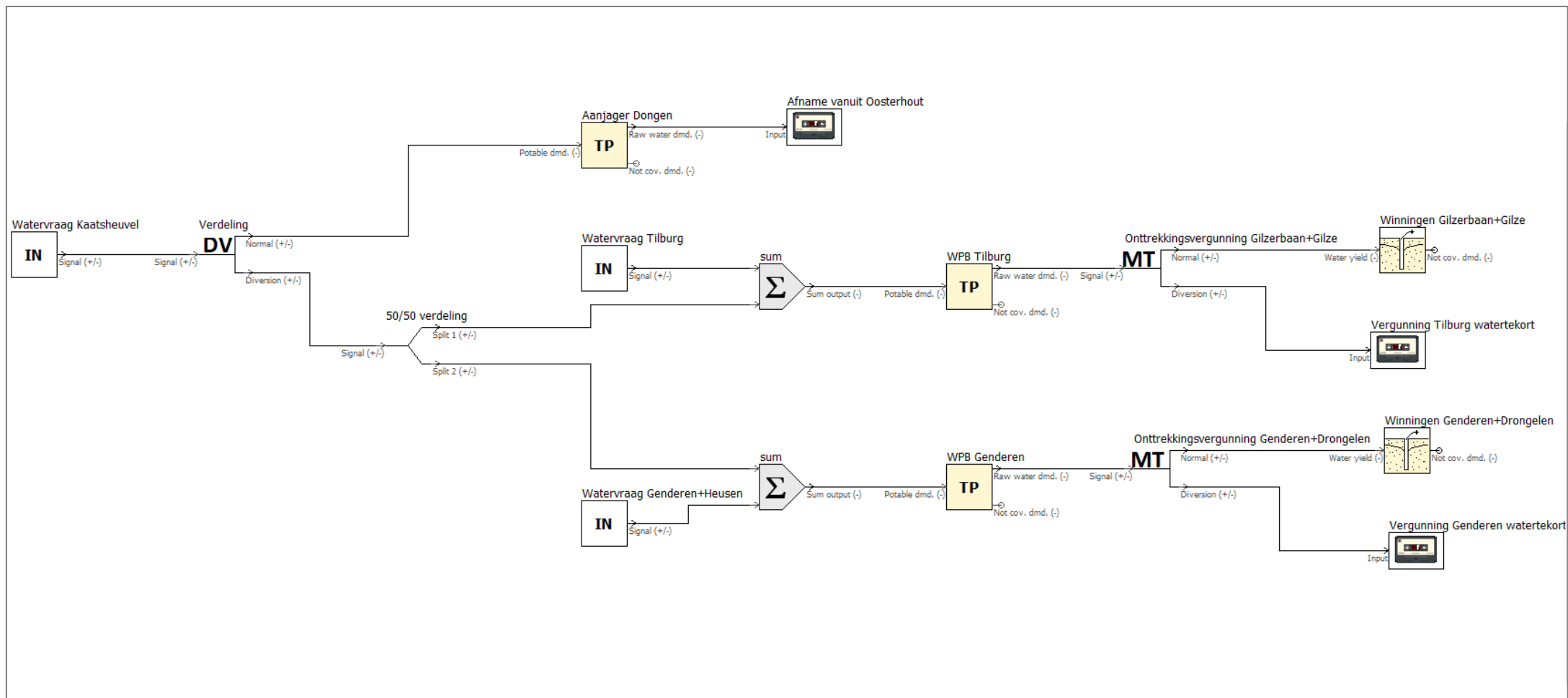
Tabel 3-3 Huidige zuiveringscapaciteit en winningsvergunningen voor de regio Kaatsheuvel

Productiestation	Leverings- /zuiveringscapaciteit [m ³ /dag]	Woningen	Vergunning winningen
Aanjager Dongen	2.250	-	
WPB Tilburg	69.000	Woningen Gilzerbaan en Gilze	78.000 m ³ /dag; 1,82 mlj m ³ /maand; 16,7 mlj m ³ /jaar
WPB Genderen	24.150	Woningen Genderen en Drongelen	34.000 m ³ /dag; 830.000 m ³ /maand; 8 mlj m ³ /jaar
Totaal	95.400		112.000 m ³ /dag; 2,65 mlj m ³ /maand; 24,7 mlj m ³ /jaar

3.3.2 UWOT Schematisatie

Op basis van de informatie uit sectie 3.3.1 en de aangeleverde informatie over de capaciteit van de winningen en de vergunningen is de schematisatie in UWOT ontwikkeld (Figuur 3-14). Het model bestaat uit de volgende componenten:

- Watervraag Kaatsheuvel, Tilburg en Genderen + Heusden: synthetische reeksen voor de maximale watervraag in 2030 zoals beschreven in sectie 3.3.1. Aangezien de gebruiksgebieden Genderen en Heusden beide volledig door waterproductiestation Genderen van water worden voorzien zijn de watervragen van deze gebieden samengenomen in het UWOT model.
- Aanjager Dongen: vanuit Oosterhout gaat een continu debiet van 2250 m³/dag naar Kaatsheuvel. Indien de watervraag deze capaciteit overschrijdt wordt dit met een virtuele logger gemonitord (weergegeven als Not cov. dmd. in Figuur 3-14).
- Waterproductiestation Tilburg: dit productiestation levert aan de watervraag van Tilburg en 50 procent van het overig deel (=watervraag- levering vanuit Oosterhout) van de watervraag uit Kaatsheuvel. Productiestation Tilburg heeft een capaciteit van 69.000 m³/dag. Indien de watervraag deze capaciteit overschrijdt wordt dit met een virtuele logger gemonitord (weergegeven als Not cov. dmd. in Figuur 3-14).
- Woningen Gilzerbaan en Gilze: deze winningen leveren aan productiestation Tilburg en hebben een gezamenlijk een onttrekkingsvergunning van 78000 m³/dag, 1,82 miljoen m³/maand en 16,7 miljoen m³/jaar. De vergunningen van deze winningen zijn in UWOT op te tellen aangezien deze samen alleen aan productiestation Tilburg leveren.
- Waterproductiestation Genderen: dit productiestation levert aan de watervraag van Genderen + Heusden en 50 procent van het overig deel van de watervraag uit Kaatsheuvel. Productiestation Genderen heeft een capaciteit van 24.150 m³/dag. Indien de watervraag deze capaciteit overschrijdt wordt dit met een virtuele logger gemonitord (weergegeven als Not cov. dmd. in Figuur 3-14).
- Woningen Genderen en Drongelen: deze winningen hebben gezamenlijk een onttrekkingsvergunning van 34.000 m³/dag, 830.000 m³/maand en 8 miljoen m³/jaar. De vergunningen van deze winningen zijn in UWOT op te tellen aangezien deze samen alleen aan productiestation Genderen leveren.



Figuur 3-14 UWOT schematisatie van de Tilburg casus

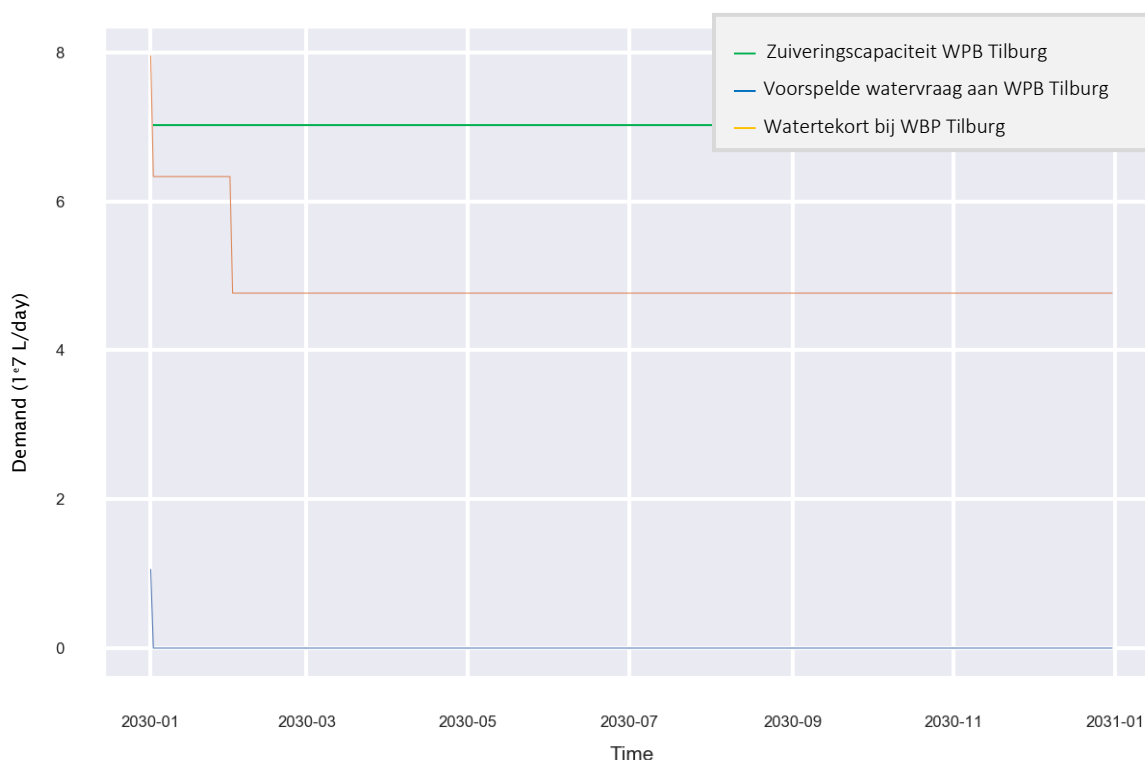
3.3.3 Resultaten

3.3.3.1 Scenario 1. Huidige situatie

Voor de casus Kaatsheuvel hebben we op basis van het in Figuur 3-15 weergegeven waterdistributiesysteem getest of deze aan de door Brabant Water voorspelde toekomstige watervraag voor het jaar 2030 kan voldoen. Zoals hierboven beschreven zijn synthetische reeksen van de maximale watervraag op basis van kentallen gebruikt in plaats van het EDWARD model.

Uit de PRISTINA berekeningen komt een prestatiescore D (rood). Dit betekent dat aanjager Dongen, productiestation Tilburg en productiestation Genderen gezamenlijk niet aan de voorspelde watervragen van Genderen, Heusden, Tilburg en Kaatsheuvel in 2030 kunnen voldoen.

PRISTINA geeft in grafiekvorm voor elke zuiveringscapaciteit van de productiestations en bij elke vergunning weer of deze hoog genoeg is om aan de voorspelde maximale dag, maand en jaar watervraag te voldoen. Zo laat Figuur 3-15 zien dat de zuiveringscapaciteit van productiestation Tilburg te laag is om aan de maximale dag watervraag die dit productiestation in 2030 zou moeten leveren (combinatie van levering aan Kaatsheuvel en Tilburg) te voldoen. De oranje lijn is de synthetische watervraag reeks van Tilburg en een deel van Kaatsheuvel waar productie station Tilburg aan levert. De eerste dag van deze lijn staat voor de maximale dagwatervraag, de 30 dagen die volgen staan voor de maximale maandwatervraag en de 11 maanden die daarop volgen staan voor de maximale jaarwatervraag. Te zien is dat de zuiveringscapaciteit (groene lijn) voldoende is om aan de maximale maand en jaarvraag te voldoen, maar te laag is voor de maximale dagvraag.



Figuur 3-15 Voorspelde watervraag (oranje), de zuiveringscapaciteit (groen) en het watertekort (blauw) bij productiestation Tilburg.

Door middel van de grafieken in PRISTINA zijn de volgende conclusies te trekken over de mogelijkheid om met het huidige systeem, zoals beschreven in sectie 3.3.2, aan de voorspelde watervraag in 2030 te voldoen:

- Zuiveringscapaciteit productiestation Tilburg is te laag om aan maximale dagvraag te voldoen.
- Aan maximale maand- en jaarvraag kan de zuiveringscapaciteit van productiestation Tilburg wel voldoen.
- Vergunning van winningen bij Tilburg (winning Gilzerbaan+Gilze) zijn op dag-, maand- en jaarbasis te laag om aan watervraag te voldoen (zie Figuur 5-1 Bijlage 1).
- Zuiveringscapaciteit productiestation Genderen is te laag om aan maximale dagvraag te voldoen (zie Figuur 5-2 Bijlage 1)
- Aan maximale maand- en jaarvraag kan de zuiveringscapaciteit van productiestation Genderen wel voldoen (zie Figuur 5-2 Bijlage 1)
- Vergunning van winningen bij Genderen (winning Genderen+Drongelen) zijn hoog genoeg om aan watervraag te voldoen (zie Figuur 5-3 Bijlage 1).

Het voordeel van PRISTINA is dat voor elke capaciteit/vergunning die niet aan een watervraag voldoet een watertekortreeks wordt gegenereerd (blauwe lijn in Figuur 3-15). Hierdoor kun je niet alleen zien of een capaciteit/vergunning niet voldoet, maar ook hoeveel deze capaciteit/vergunning te laag is. Dit is vooral handig bij complexe waterleveringen, waarbij een productiestation aan meerdere gebieden levert. Zo berekend PRISTINA voor deze casus van Brabant Water hoeveel van de watervraag uit Kaatsheuvel door Dongen kan worden geleverd en hoeveel er vervolgens nog door de productiestations geleverd moet worden.

3.3.3.2 Scenario 2. Toename levering door Aanjager Dongen

Een alternatief scenario is doorgerekend waarbij het debiet van aanjager Dongen is verhoogd naar $11,1 \cdot 10^6$ liter/dag, gelijk aan de maximale dagwatervraag van Kaatsheuvel. Deze keuze zorgt ervoor dat de watervraag van Kaatsheuvel volledig door aanjager Dongen wordt geleverd. Dit heeft tot gevolg dat de productiestations Tilburg en Genderen niet meer aan Kaatsheuvel hoeven te leveren en de volledige capaciteit kunnen benutten voor levering aan Tilburg en Genderen +Heusden.

Uit de PRISTINA berekeningen komt nog steeds een prestatiescore D (rood). Op basis van de watertekortreeksen die in PRISTINA genereerd zijn, zijn de volgende conclusies te trekken over de mogelijkheid om met dit aangepaste scenario aan de voorspelde watervraag in 2030 te voldoen:

- Aan de voorspelde watervraag van Kaatsheuvel kan op dag-, maand- en jaarbasis worden voldaan. Dit wordt volledig geleverd door aanjager Dongen, dit was ook het uitgangspunt van dit scenario.
- Zuiveringscapaciteit productiestation Tilburg is te laag om aan maximale dagvraag van Tilburg te voldoen. Het watertekort bij de zuivering is: $6,2 \cdot 10^6$ liter/dag (dus circa $6000\text{m}^3/\text{dag}$).
- Vergunning van winningen bij Tilburg (winning Gilzerbaan+Gilze) zijn op maand- en jaarbasis te laag om aan de watervraag van Tilburg te voldoen. De vergunningen voldoen wel om aan de maximale dagvraag te voldoen. Het watertekort op maandbasis is $6,1 \cdot 10^7$ liter en op jaarbasis is $4,6 \cdot 10^7$ liter.
- Zuiveringscapaciteit productiestation Genderen is te laag om aan maximale dagvraag te voldoen. Het watertekort bij de zuivering is: 590.000 liter/dag
- Vergunning van winningen bij Genderen (winning Genderen+Drongelen) zijn hoog genoeg om aan watervraag te voldoen

3.3.3.3 Scenario 3. Toename productiecapaciteiten en vergunningen

Op basis van de watertekortreeksen van scenario 2 is een scenario ontwikkeld waarbij het systeem aan de voorspelde maximale watervragen van 2030 kan voldoen. Hierbij zijn de volgende aanpassingen gedaan aan het UWOT model uit sectie 3.3.2:

1. Het debiet van aanjager Dongen is verhoogd naar $11,1 \cdot 10^6$ liter/dag, zoals in scenario 2

2. Zuiveringscapaciteit productiestation Tilburg is verhoogd naar $75,2 \cdot 10^6$ liter/dag.
3. Zuiveringscapaciteit productiestation Genderen is verhoogd naar $24,7 \cdot 10^6$ liter/dag
4. Vergunning winningen Gilzerbaan+Gilze zijn verhoogd naar $1,88 \cdot 10^9$ liter/maand en $16,74 \cdot 10^9$ liter/jaar (huidige vergunning is $1,82 \cdot 10^9$ liter/maand en $16,70 \cdot 10^9$ liter/jaar).

Uit de PRISTINA berekeningen komt nu een prestatiescore A (groen). Door bovenstaande aanpassingen kan aan de voor 2030 voorspelde maximale watervraag van Kaatsheuvel, Genderen+Heusden en Tilburg op dag-, maand- en jaarbasis worden voldaan. Dit scenario laat dus goed zien dat door naar de resultaten uit PRISTINA te kijken een nieuw scenario te ontwikkelen is dat de watertekorten voorkomt. Dit scenario is niet de enige oplossing voor deze casus. Het debiet van aanjager Dongen is in dit scenario fors toegenomen. Indien dit niet mogelijk is, zullen WPB Tilburg en WPB Genderen ook aan Kaatsheuvel moeten blijven leveren. Dit betekent dat de zuiveringscapaciteiten van deze productiestations in grotere maten moeten toenemen om aan de watervragen te blijven voldoen. In deze casus is goed gebruik gemaakt van verschillende scenario's die door te rekenen zijn in PRISTINA. Hiermee is dus aan getoond dat de tool en methodiek goed werkt voor dit doel.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies per casus

4.1.1 Casus Mookerheide

PRISTINA is een geschikte tool om te bepalen in welke mate het waterdistributiesysteem van casus Mookerheide aan de toekomstige watervraag kan voldoen. De mate waarin aan de watervraag kan worden voldaan wordt bij deze casus voornamelijk bepaald door het maximale winningsdebiet. De resultaten laten zien dat bij de maximale pompcapaciteit dat op dit moment operationeel is (168,5 m³ per uur) in geen van de toekomstscenario's aan de watervraag kan worden voldaan. Door de pompcapaciteit te verhogen kan wel aan de watervraag worden voldaan. Voor aanvullende analyses kan ook gekeken worden of andere aanpassingen aan het waterdistributiesysteem ertoe leiden dat aan de watervraag voldaan kan worden. De PRISTINA tool is zeer geschikt om te testen welke aanpassingen aan het distributiesysteem gedaan kunnen worden om aan toekomstige watervragen te voldoen.

4.1.2 Casus Petrusplaat

De casus Petrusplaat zit complex in elkaar. Zo zijn er meerdere watervraagreeksen door verschillende gebieden die gevoed worden vanuit de Petrusplaat. Aangezien PRISTINA (nog) niet met meerdere watervraagreeksen kan rekenen hebben we gedurende het onderzoek er noodgedwongen voor gekozen deze op te tellen. Dit is een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Waarschijnlijk is dat de oorzaak van de slechte fit tussen de watervraag en meteodata. Alle zogenoemde leveringsgebieden van Petrusplaat hebben een eigen respons, waardoor optelling leidt tot het uit dempen of sterker worden van invloeden. De slechte fit tussen de watervraag en meteodata zorgt ervoor dat met de tool geen betrouwbare toekomstige watervraag te berekenen is. Daarom is er gerekend met de watervraagstijging (stijging van de historische watervraag met 6% voor 2050; gemiddelde van de klimaatscenario's, vakantiescenario's en gemiddeld voor Nederland) zoals beschreven in Vonk et al (2019). De casus laat zien dat door middel van deze methode is er met PRISTINA wel te bepalen in welke mate het waterdistributiesysteem aan deze toekomstige watervraag kan voldoen. Deze casus laat zien dat de waterkwaliteitseisen meegenomen worden in de beoordeling. Door middel van PRISTINA is dus niet alleen te kijken naar de waterkwantiteit maar ook naar de invloed van waterkwaliteit op leveringsmogelijkheden aan de toekomstige watervraag.

4.1.3 Casus Kaatsheuvel

PRISTINA is een geschikte tool om te bepalen in welke mate het waterdistributiesysteem van casus Kaatsheuvel aan de toekomstige watervraag kan voldoen. De mate waarin aan de watervraag kan worden voldaan wordt bij deze casus voornamelijk bepaald door het maximale capaciteit van de productiestations. Deze casus laat goed zien dat PRISTINA ook te gebruiken is wanneer er geen historische watervraagreeks wordt gebruikt, maar een synthetische reeks van de voorspelde toekomstige watervraag de input vormt. Daarnaast zijn in deze casus meerdere watervraagreeksen meegenomen die door dezelfde productiestations van water worden voorzien. PRISTINA heeft in dit geval de grote meerwaarde dat op eenvoudige wijze te zien is hoeveel watertekort er optreedt in dit complexer waterdistributiesysteem. Voor elke capaciteit/vergunning die niet aan een watervraag voldoet wordt een watertekort reeks gegenereerd. Hierdoor kun je niet alleen zien óf een capaciteit/vergunning niet voldoet, maar ook hoeveel deze capaciteit/vergunning te laag is.

4.2 Beoordeling van de functionaliteiten van PRISTINA

4.2.1 Casus Mookerheide

De grondwaterwinning in Mookerheide is prima te modelleren in PRISTINA maar ook hier moet worden opgemerkt dat de werkelijke lay-out iets complexer is dan in het UWOT model is gevangen. Ook wordt er nog geen rekening gehouden met de gevolgen voor het grondwatersysteem door klimaatverandering waardoor putten mogelijk droog kunnen vallen. De grondwaterwinningen zijn niet als klimaatafhankelijke factor in PRISTINA meegenomen. Hoewel dit ook niet gepland was in het projectplan, kwam dit wel sterk naar voren als wens van WML en andere aanwezige testers tijdens een demonstratie op locatie (workshop bij WML op 20 februari 2020).

Het installeren van PRISTINA bracht ook enkele problemen met zich mee. Met name omdat PRISTINA contact wil maken met de KNMI-server om weerdata op te halen. Dit werd actief geblokkeerd door de beveiliging van WML. Als workaround is er uiteindelijk de optie ingebouwd om PRISTINA te voeren met een zelf gedownloade weerdata file van de KNMI wanneer het programma geen contact mag maken.

4.2.2 Casus Petrusplaat

Bij de Petrusplaat blijkt dat EDWARD vooral geschikt is voor analyse van de watervraag (zowel huishoudelijk als landelijk), omdat de tool de watervraagpatronen door het jaar en de week kent. Watervraagreeksen welke ook incidentele steunleveringen, het vullen van bekkens, of watertorens etc. bevatten, zullen met EDWARD zonder voorbewerking van de data veel minder goed gematched (een lage R^2 score) kunnen worden met weerdata. Daardoor kan Edward ook geen goede voorspelling meer maken van het toekomstige waterverbruik. PRISTINA geeft feedback over deze R^2 score zodat kan worden nagegaan of de waterreeks bruikbaar is voor analyse. Hiervoor is de functionaliteit om een eigen watervraagreeks in te voeren toegevoegd. Hiervan gebruikmakend is de Petrusplaat goed door te rekenen met behulp van PRISTINA en geven de resultaten goed innamestops weer waar gesimuleerde concentraties in de rivier te hoog waren.

De tool dient verder ontwikkeld te worden zodat deze om kan gaan met meerdere watervraagreeksen, zodat voor iedere reeks een afzonderlijke fit met de meteodata gemaakt kan worden. Dit vereist aanpassing van de invoer velden en ook aanpassing van de manier waarop het in de database wordt opgeslagen. Ook daarna zal het een uitdaging blijven voor een complexe casus als Petrusplaat om een goede fit met de meteodata te krijgen. Daarnaast is het interessant om de invloed van de hoogte van de watervraag op de waterkwaliteit van de rivier en innamestops te onderzoeken.

4.2.3 Casus Kaatsheuvel

Voor casus Kaatsheuvel dienen meerdere synthetische watervraagreeksen meegenomen te worden. Grootste onzekerheid in deze casus zit dus in de synthetische watervraagreeks. Deze is niet statistisch onderbouwd door EDWARD, maar vraagt expertise aan de kant van de gebruiker. PRISTINA kan met deze synthetische reeksen omgaan en is geschikt om de waterlevering te toetsen aan voorspelde maximale dag-, maand- en jaarwatervragen. De watertekortreeksen uit de loggers geven exact weer hoeveel de waterlevering te kort komt om aan deze maximaal voorspelde watervragen te voldoen. Een kanttekening is dat er maar 1 watervraagreeks in PRISTINA ingelezen kan worden en de andere reeksen via UWOT ingeladen moeten worden. Voor de gebruiksvriendelijkheid van de tool zou deze in de toekomst uitgebreid kunnen worden voor meerdere watervraagreeksen.

4.3 Aanbevelingen voor de verdere ontwikkeling van PRISTINA

Uit de casussen zijn een aantal aanbevelingen naar boven gekomen die van belang zijn om verder te ontwikkelen in PRISTINA:

- De grondwaterwinningen als klimaatafhankelijke factor meenemen: bij de casus Mookerheide kwam dit ter sprake, omdat onttrekkingen in de toekomst bij droge periodes minder kunnen leveren. Het is van belang om dus niet alleen de stijging in watervraag maar ook een eventuele daling in waterlevering als gevolg van klimaatverandering te simuleren. Dit is ook van belang voor andere leveringsgebieden in Nederland.
- De mogelijkheid om meerdere watervraagreeksen te simuleren in PRISTINA: op dit moment kan in PRISTINA slechts 1 watervraag reeks ingelezen worden. Daarom kan ook van slechts 1 leveringsgebied de toekomstige vraag onder een bepaald klimaat- en vakantiespreidingsscenario direct bepaald worden met de tool en input vormen voor de berekeningen. Als meerdere leveringsgebieden gelinkt zijn moet men op dit moment buiten PRISTINA om de reeksen getransformeerd worden naar toekomstige watervraagreeksen en via het UWOT model meegenomen worden. Dit is omslachtig en tijdrovend, waardoor het wenselijk is deze functie uit te bereiden in PRISTINA.
- De installatie van PRISTINA binnen de beveiligde omgeving van een drinkwaterbedrijf kan problemen opleveren. Dit is het geval bij bijvoorbeeld WML (ontdekt tijdens de workshop bij WML). De tool zal verder ontwikkeld moeten worden om dit te voorkomen.
- De figuren die uit PRISTINA komen zijn relatief ingewikkeld en lastig te interpreteren. Hier kan ook nog een verbeterslag gemaakt worden.

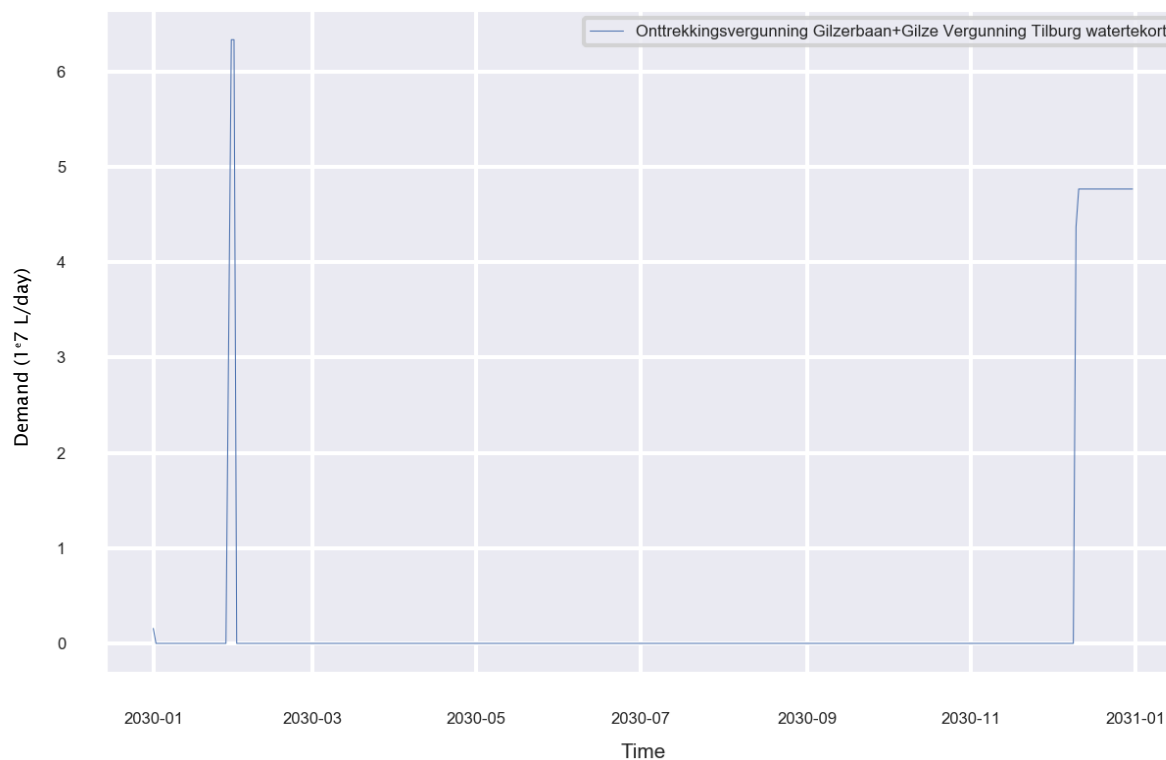
4.4 Aanbevelingen voor de waterbedrijven

- De databeschikbaarheid is nog (te) beperkt of van onvoldoende kwaliteit om gedetailleerde analyses met PRISTINA te doen. Het gebrek aan langdurige historische watervraagreeksen is opgelost door te werken met handmatig getransformeerde watervraagreeksen. Daarnaast is het lastig gebleken om de realiteit van levering in een UWOT model te omvatten. Zo bleek uit de gegevens van Brabant Water dat de waterdistributie aan specifieke gebieden de afgelopen jaren regelmatig veranderde. Hierdoor zijn regionale tekorten lastig te bepalen. Om goede voorspellingen voor de toekomst te doen dienen drinkwaterbedrijven hun gedetailleerde distributiemodellen goed op orde te hebben.

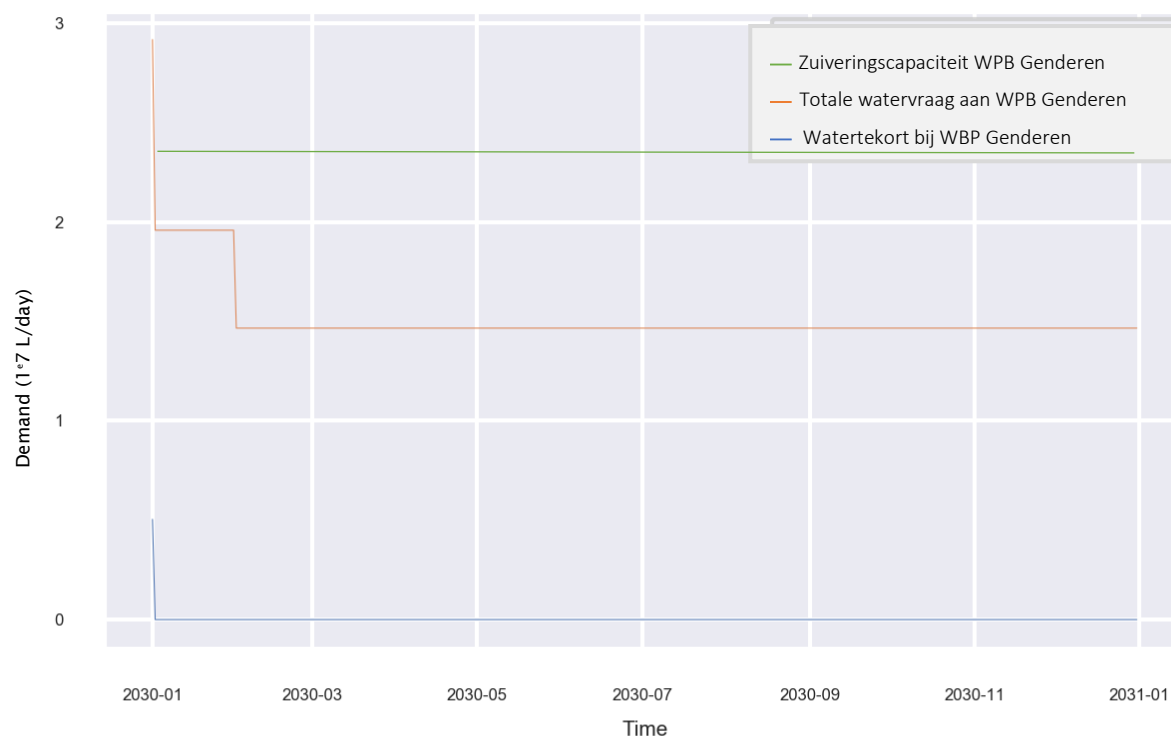
5 Referenties

- Baggelaar, P.K., Hummelen, A.M., Büscher, C. (2010). Vier scenario's voor de drinkwatervraag in 2040. KWR Water in opdracht van VROM (thans: IenM). Rapportnummer KWR 2010.012.
- Climate Central. (2015). Europe heat wave 2015 statement (revised July 10, 2015) [Press release]
- Cirkel, D. G., Baggelaar, P. K., & Doomen, A. (2005). Klimaatverandering en grondwaterwinning - Effecten van klimaatverandering op drinkwaterverbruik en grondwaterdynamiek (KWR 05.030).
- Cirkel, D. G., Van Griensven, E., & Broers, E. (2006). Klimaatverandering en grondwaterwinning. H2O(22), 39-42.
- Deltares (2015). Cumulatieve effecten van externe ingrepen voor de zoetwatervoorziening in de 21e eeuw. Deltares: Delft.
- Klijn, F., Hegnauer, M., Beersma, J., Weiland, F.S. (2015). Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Deltares & KNMI
- Lipzig, N., Willems, P., Beullens, J., Vanden Broucke, S., Tabari, H., Taye, M., De Troch, R. & Termonia, P. (2015). Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen. Rapportnummer MIRA/2015/0.
- Makkink, H.J., Balemans, M.L.M., Schrama, E.J., Leunk, I., Rambags, F. (2011). Kennisdocument Putten(velden) – Ontwerp, aanleg en exploitatie van pompputten. KWR, Nieuwegein. Rapportnummer KWR 2011.014.
- Sjerps, R. & Huiting, H. (2017) Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie, KWR 2017.099, KWR Nieuwegein
- Sjerps, R., Ter Laak, T., Zwolsman, G. (2016). Ontwikkeling waterkwaliteit bij innamepunten van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening. KWR, Nieuwegein. BTO 2016.028.
- Rozos, E. & Makropoulos, C. (2012) Source to tap urban water cycle modelling. University of Athens, Greece
- Tangena, B. (2014). Behoeftedekking Nederlandse drinkwatervoorziening 2015-2040. Rapport ten behoeve van verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater. RIVM rapport 2014-0006.
- Vonk, E., Cirkel, D.G., Leunk, I. (2017). De invloed van klimaatverandering en vakantiespreiding op de drinkwatervraag. BTO 2017.043, KWR, Nieuwegein.
- Vonk, E.; Cirkel, D.G.; Blokker, M. Estimating Peak Daily Water Demand under Different Climate Change and Vacation Scenarios. Water 2019, 11, 1874.
- Zwolsman, J.J.G., G.A. van den Berg en D.G. Cirkel (2011). Knelpuntenanalyse drinkwater en industriewater. KWR, in opdracht van het Deltaprogramma Zoetwater, Nieuwegein.

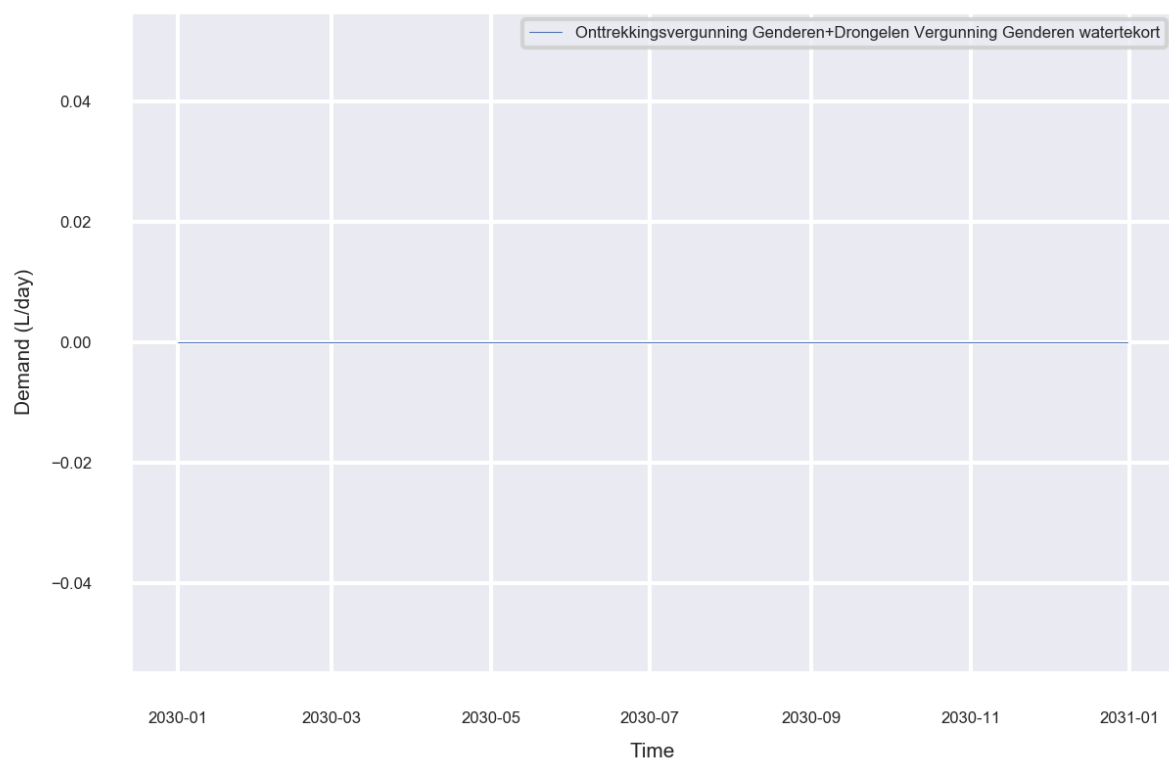
I Bijlage 1. Resultaten casus Kaatsheuvel huidige situatie



Figuur 5-1 Watertekort als gevolg van de onttrekkingsvergunningen van winning Gilzerbaar+Gilze



Figuur 5-2 Voorspelde watervraag (oranje), de zuiveringscapaciteit (groen) en het watertekort (blauw) bij productiestation Genderen.



Figuur 5-3 Watertekort als gevolg van de onttrekkingsvergunningen van winning Genderen+Drongelen

II Bijlage 2. PRISTINA leaflet

PRISTINA

Production infrastructure scenario impact analysis

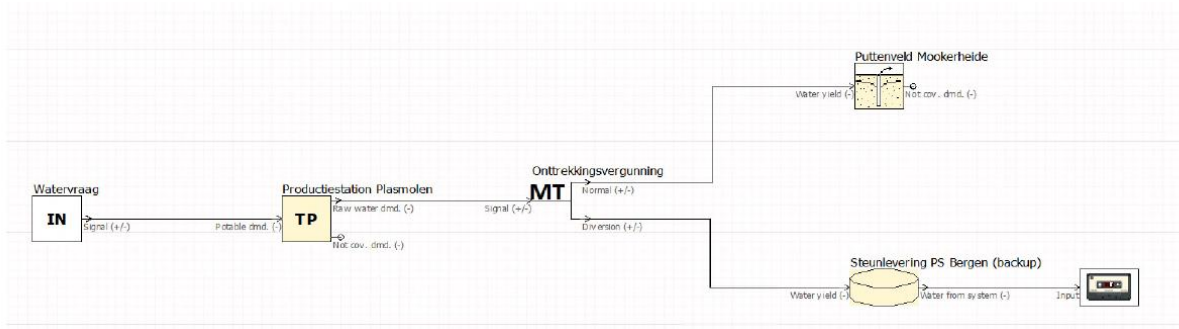
Achtergrond

Toekomstige leveringszekerheid van waterwinningen en -zuiveringen wordt bepaald door de betrouwbaarheid van de infrastructuur, in combinatie met de dynamiek in vraag en aanbod van water. Beide aspecten worden beïnvloed en gedreven door diverse trends, zoals klimaatverandering, verstedelijking, vergrijzing en technologische ontwikkelingen. Wat het robuust inschatten van toekomstige leveringszekerheid daarbij extra complex maakt, is dat knelpunten vaak niet spelen op een tijdschaal van jaren, maar vaak in korte periodes van bijvoorbeeld extreme droogte. Verder kunnen knelpunten optreden door juridische barrières (onttrekkingsvergunningen of overschrijding waterkwaliteitsnormen), capaciteitslimieten van infrastructuur of beperkte beschikbaarheid van water. Bij strategische verkenningen naar leveringszekerheid en verstoringsrisico analyses zijn alle deelaspecten nu vaak nog lastig te verenigen, omdat het verschillende domeinexpertise vraagt. Bovendien wordt voor toekomstverkenning vaak nog gerekend met waterbalansen op lange tijdschalen, waardoor korter durende knelpunten onopgemerkt kunnen blijven.

PRISTINA is een maatregelenverkenner die waterbedrijven in staat stelt om per productiefaciliteit de gevolgen van verschillende toekomstscenario's op de waterlevering te berekenen en effectiviteit van adaptieve maatregelen te verkennen. Het programma bevat een database aan oppervlaktewatergegevens en waterkwaliteitsnormen en kan diverse faalmechanismes simuleren, waaronder overschrijding van wincapaciteit, onttrekkingsvergunning, overschrijding van verschillende stofconcentraties (o.a. AMPA, Glyfosaat, Carbamazepine), watertemperatuur, pompcapaciteit, et cetera. Om een statistisch betrouwbaar beeld te genereren van de faalkansen simuleert het model lange tijdsperiodes (ordegrootte 20 jaar) met een dagelijkse tijdstap. Een gebruiker kan spelen met capaciteitsvergroting van bepaalde componenten om mogelijke oplossingsrichtingen op strategisch niveau te verkennen. PRISTINA is bedoelt om snel een beeld te krijgen van knelpunten en kan dienen als opstapje voor een verdiepende numerieke modelstudie.

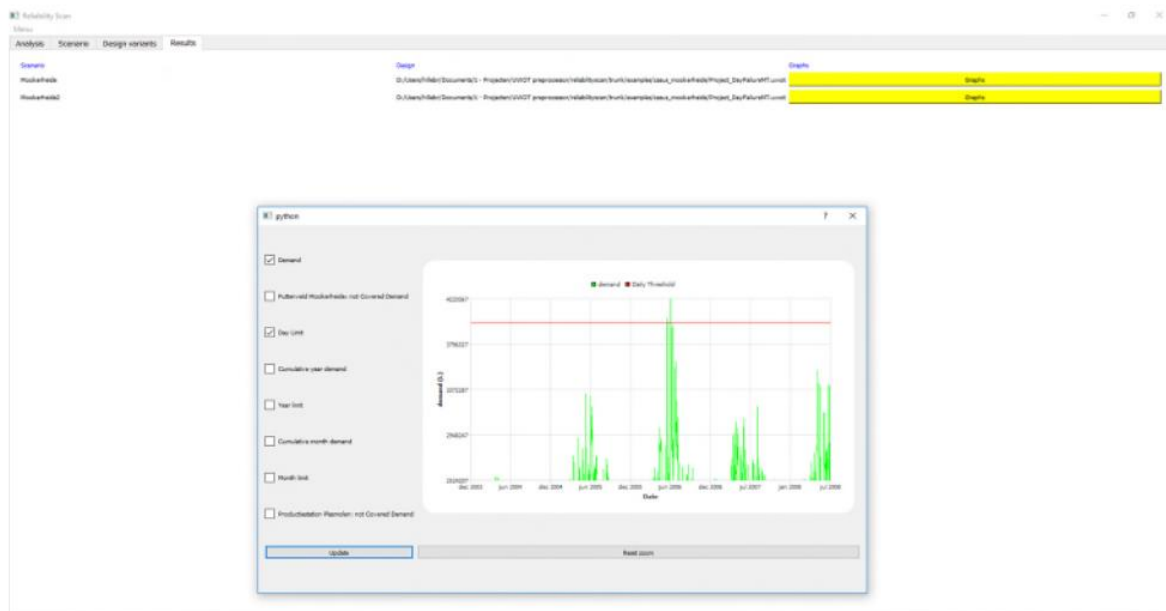
Hoe werkt het?

Voor het uitvoeren van de simulatie is PRISTINA gekoppeld aan het UWOT waterallocatiemodel. De eerste stap is daarom om in UWOT een schematisatie van de productiefaciliteit te maken. Als gebruiker sleep je de verschillende componenten van je waterdistributiesysteem (winning, inlaatwerken, zuivering, reservoirs, steunleverpunten, etc.) bij elkaar en verbindt ze onderling op de juiste manier. Per component kun je de capaciteiten aangeven.



Figuur 5-4 Voorbeeld modellering waterproductiesysteem in UWOT

Vervolgens open je het UWOT-model in PRISTINA en definieer je een set toekomstscenario's waarop je het waterdistributiesysteem wilt testen. Tevens geef je de geaggregeerde historische watervraag voor het leveringsgebied op, waarna PRISTINA automatisch deze watervraag transformeert naar het klimaat van 2050 of 2085.



Figuur 5-5 Resultatenscherm van PRISTINA

Resultaten

Met het model kunnen waterbedrijven op een gestandaardiseerde en wetenschappelijk onderbouwde manier hun voorzieningsgebieden toetsen op de effecten van uiteenlopende toekomstscenario's. De modelresultaten maken op het niveau van individuele winningen inzichtelijk:

- hoeveel kubieke meter watertekort er bij elk scenario maximaal ontstaat;
- in welke perioden van het jaar dit tekort het meest waarschijnlijk is;
- welk proces ervoor zorgt dat dit tekort optreedt (innamestop waterkwaliteit, vergunningscapaciteit, wincapaciteit, bergingscapaciteit, etc.); en
- welke adaptatiemaatregelen kansrijk zijn (doorleveren vanaf andere pompstations, aanpassen zuivering, vergroten berging, nieuwe bronnen, etc.).

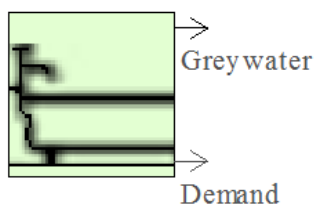
III Bijlage 3. Samenvatting UWOT componenten

1. Household

BA	Bath
HB	Hand basin
SH	Shower
WM	Washing machine
DW	Dish washer
KS	Kitchen sink
OU	Outside uses
WC	Toilet

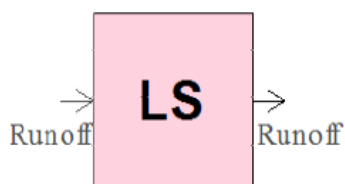
Deze componenten hebben 2 outputs:

1. het water nodig voor de toepassing
2. afvalwater uit de afvoer (grijs water).



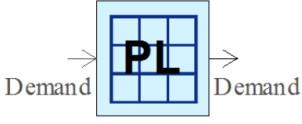
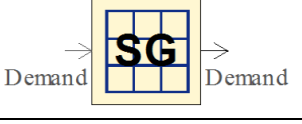
LS	Local Suds (=sustainable drainage systems)
----	--

Deze component ontvangt afstromend water (runoff) van bestrate en niet-bestraten delen van een huishouden en vermindert de runoff door een gedeelte te infiltreren.

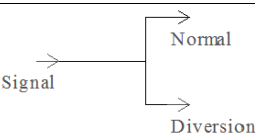
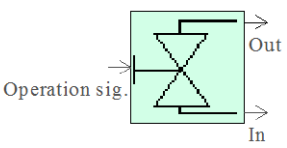
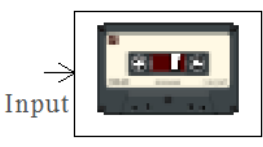
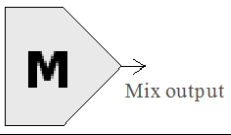
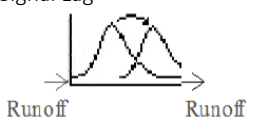


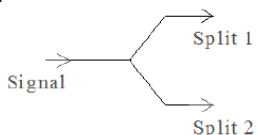
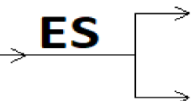
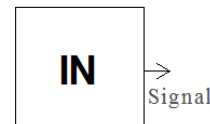
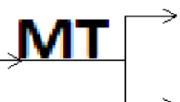
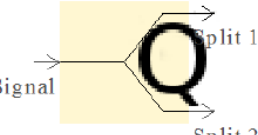
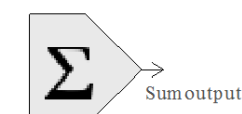
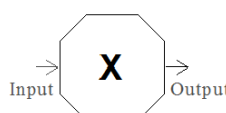
2. District net

DS	Storm Drain A blue grid-like box labeled 'DS' in the center. An arrow labeled 'Demand' points into the box from the left. Another arrow labeled 'Demand' points out of the box to the right.	Stedelijk stormwater verzamelnetwerk
----	--	--------------------------------------

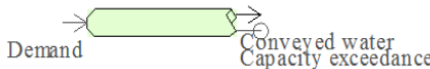
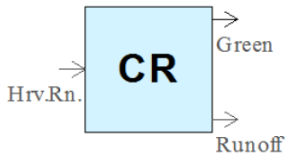
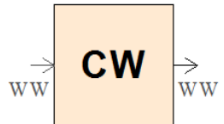
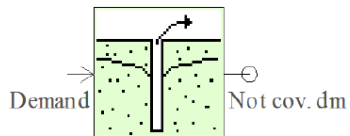
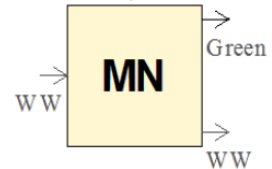
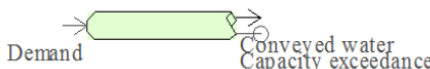
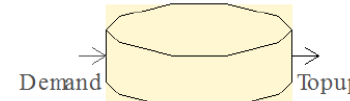
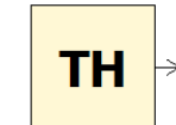
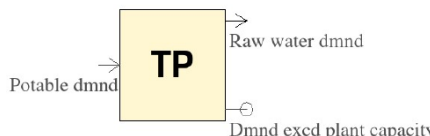
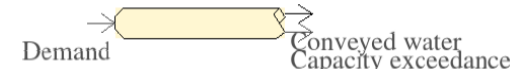
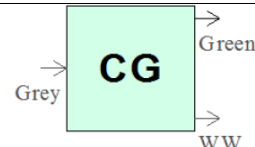
GL	Grey water line 	centrale grijs water verzamelnetwerk
PL	Portable distribution 	Draagbare distributienetwerk
SG	Sewage collection 	stedelijk riolering verzamelnetwerk

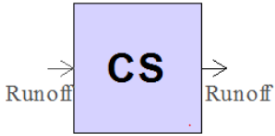
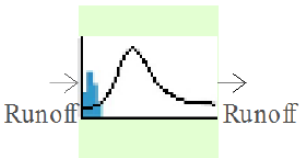
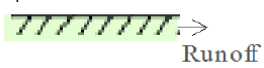
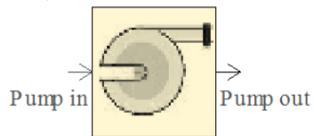
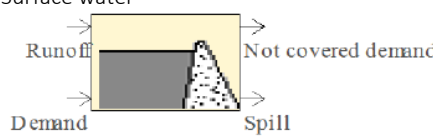
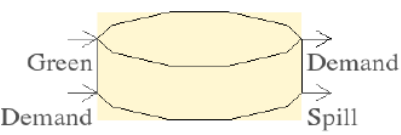
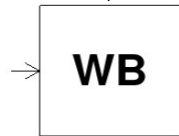
3. Signal

DV	Divergence 	Het input signaal wordt gesplit in een 2 ^e output als de hoeveelheid water een bepaalde threshold overschrijd.
FC	Flow control 	Maakt van 1 input signaal 2 identieke output signalen. Bij. Om de hoeveelheid in 1 reservoir (IN) te beperken met een 2 ^e reservoir (OUT)
IL	In-Line Logger 	Meet de kwantiteit en kwaliteit van een inkomend signaal, maar beïndigd het signaal niet, deze gaat door.
LG	Logger 	Meet de kwantiteit en kwaliteit van een inkomend signaal.
MX	Mix 	Mixed de inkomende signalen
SL	Signal Lag 	Geeft een time lag s aan het inkomend signaal. Het simuleert de tijd dat het kost dat een flow van een punt naar een ander gaat.

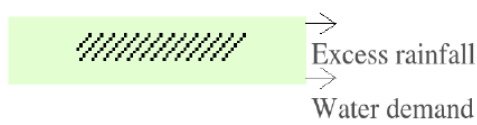
SP	Splitter 	Split het inkomend signaal in 2 output signalen.
ES	Time series exceedence splitter component 	Verdeelt een input signaal in een 2 ^e output als de waarde van een tijdserie (extern) boven een threshold is.
FL	Filter 	Maakt van een inkomend signaal gelijk aan een constante of een waarde van een tijdserie.
IN	Incoming Signal 	Geeft een input signaal gebaseerd op een constante waarde of uit een tijdserie
MT	Multi time scales threshold 	Verdeelt het inkomende signaal in een 2 ^e output voor zolang de sommatie van het uitkomende signaal een dagelijkse/maandelijkse/jaarlijkse threshold overschrijd.
QS	Quality Splitter 	Observeert de kwaliteit q van de wateropslag in het reservoir dat een bepaalde groep id heeft. Als de kwaliteit een bepaalde threshold overschrijd dan wordt het inkomend signaal verdeeld in een 2 ^e output.
SM	Summation 	Sommeert de inkomende signalen.
X	Multiplication 	Vermenigvuldigd een inkomend signaal met een constante waarde of een waarde uit een tijdserie. Bv. Om van signalen van huishouden schaal naar een hele stad te gaan.

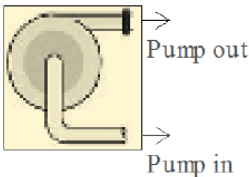
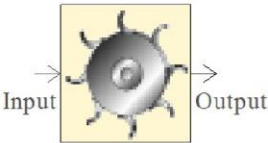
4. Hydrosystem

AQ	Aquaduct 	Simuleert het transport van water via leidingen met een bepaald lekverlies en een bepaalde capaciteit.
CR	Centralized rainwater 	Simuleert de centrale regenwater zuiveringsunits. Input: grijswater, output: geproduceerd groen water en de hoeveelheid water boven de zuiveringscapaciteit.
CW	Centralized Wastewater 	Centrale afvalwater zuiveringsinstallaties. Input: afvalwater uit de stad, output: gezuiverd afvalwater
GW	Groundwater 	Simuleert onttrekkingen van grondwater via winningen.
MN	Sewer mining 	Rioolwinning. Input: rioolwater, output: behandeld groen water en afvalwater
PT	Potable transmission 	Simuleert het transport van water via leidingen (vergelijkbaar met Aquaduct).
RS	Service Reservoir 	Voorzieningsreservoir, een buffer tussen de watervraag en het water aanbod.
TH	Thornthwaite model 	Bodemvocht model. Input: tijdreeks van neerslag, output: overloop door verzadiging.
TP	Treatment Plant 	Zuiveringsinstallatie
WP	Waste Pipes 	Simuleert de componenten die afvalwater en stormwater overbrengen.
CG	Centralized grey water 	Simuleert centrale grijswater zuivering units. Input: grijswater, output: geproduceerd groen water en

		de hoeveelheid water boven de zuiveringscapaciteit.
CS	Centralized SUDS 	Centrale USDS (sustainable drainage systems); drainagesystemen
DT	Signal Detention 	Reservoir dat afstromend water tijdelijk opslaat.
IM	Impervious 	Afstromend water van ondoordringbare oppervlaktes
PM	Pump 	Pomp, met water in/output met een bepaalde kwaliteit en kwantiteit.
PV	Pervious 	Afstromend water van doordringbare oppervlaktes (met infiltratie en verdamping).
SW	Surface water 	Oppervlakte water bronnen.
TN	Tank 	Water opslag containers
WB	Water Body 	Meet de signalen die in waterlichamen eindigen.

5. Energy-Water Nexus

BG	Blue Green 	Stedelijke groene gebieden (bevat de Thornthwaite formule om de potentiële verdamping te bepalen).
NR	Net radiation 	Simuleert inkomende zonnestaling (alleen te gebruiken met tijdstap per dag).

RN	Renewable 	Water pompen gedreven door duurzame bronnen.
HD	Hydro Turbine 	Simuleert het genereren van elektriciteit uit hydraulische turbines (waterkrachtcentrales).
PA	Solar Panel 	De energie gegenereerd door zonnepanelen (alleen te gebruiken met tijdstap per dag).
WN	Wind turbine 	De energie gegenereerd door een wind turbine.