



# Economische Analyse Zoetwater Tussenrapportage Fase 2

September 2019



# Economische analyse Zoetwater

## *Tussenrapportage fase 2*

Stratelligence

Leiden, september 2019

Opgesteld in opdracht van  
het Deltaprogramma, Deelprogramma Zoetwater

**Colofon:**

Samenstelling, tekst en redactie: Stratelligence in samenwerking met Witteveen en Bos, september 2019

Illustraties: Stratelligence, Deltares, Rijkswaterstaat

Foto voorblad: depositphotos 6696335\_xl-2015

Voor meer informatie over de inhoud:

Gigi van Rhee  
Stratelligence  
Rijnsburgerweg 161  
Nederland  
+31 71 573 08 20  
[info@stratelligence.nl](mailto:info@stratelligence.nl)



# VOORWOORD

---

De *Economische analyse Zoetwater, tussenrapportage fase 2* is opgesteld door Stratelligence in samenwerking met Witteveen en Bos en Deltares in opdracht van het Deltaprogramma, Deelprogramma Zoetwater, op basis van een groot aantal basisstudies, de berekeningen van Deltares met het Nationaal Water Model (NWM) en aanvullende analyse.

Dit document betreft een tussenrapportage ter afsluiting van fase 2. Fase 2 gaat in op de economische effecten van veranderende waterbeschikbaarheid voor de nieuwe Deltascenario's op basis van de risicobenadering. De economische effecten zijn beschouwd voor:

- De referentie 2017, het zichtjaar 2050 voor de Deltascenario's Stoom, Warm, Rust, Druk en Parijs en 2100 voor de Deltascenario's Stoom, Warm, Rust, Druk;
- De gebruiksfuncties landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur.

Deze versie gaat nog niet in op de effecten van mogelijke maatregelen. Deze analyse volgt in fase 3. In fase 3 zal de tussenrapportage worden uitgebreid tot een volledige MKBA en worden ingegaan op de rol van de overheid. De huidige versie bevat alleen enkele onderdelen van de MKBA.

*Doordat het een tussenrapportage betreft kunnen nog geen definitieve conclusies worden verbonden aan de gepresenteerde resultaten. De cijfers en conclusies in deze rapportage kunnen nog niet gebruikt worden voor beleidsafwegingen.*

Dit document bouwt voort op eerder uitgevoerde studies en onderzoek dat min of meer gelijktijdig met deze economische analyse is uitgevoerd. Voor zover mogelijk zijn de definitieve versies van deze documenten en de meest recente data verwerkt. Belangrijke bouwstenen zijn:

- De geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares;
- De effectmodules en de beschrijvingen, zie o.a. Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, Deltares.

Door de grote hoeveelheid data die verwerkt is in deze studie, vertrouwen we op de nauwkeurigheid en kundigheid van de partijen die ons gegevens hebben aangeleverd. We kijken hier kritisch naar, voor zover dit mogelijk is binnen de tijd en scope van de opdracht. Dat houdt in dat we de plausibiliteit van de resultaten, de consistentie, en logica van conclusies beoordelen en de ontwikkeling van de resultaten gedurende het proces beschouwen. We combineren hiervoor een technische met een economische-bedrijfskundige achtergrond.

# INHOUDSOPGAVE

---

Voorwoord .....	iii
Inhoudsopgave .....	iv
HOOFDSTUK 1 Inleiding .....	1
1.1 Achtergrond .....	1
1.2 Fasering economische analyse zoetwater .....	2
1.3 Verschillen tussen eerste en tweede fase Deltaprogramma zoetwater.....	3
1.4 Leeswijzer.....	3
HOOFDSTUK 2 Methode en uitgangspunten.....	5
2.1 Risicobenadering.....	5
2.2 Kwadrantenaanpak.....	6
2.3 Vergelijking economische effecten .....	10
2.4 Tijdreeksen .....	11
2.5 Algemene uitgangspunten .....	14
2.6 Referentie en nulalternatief.....	15
2.7 Geactualiseerde Deltascenario's 2017 .....	17
2.8 Methodiek bepaling economische effecten .....	18
HOOFDSTUK 3 Huidige situatie en ontwikkeling hydrologische knelpunten .....	29
3.1 Nederland in hydrologische gebieden .....	29
3.2 Oppervlaktewatertekorten .....	31
3.3 Knelpunten door grondwatertekorten.....	35
3.4 Knelpunten door laag water.....	36
3.5 Knelpunten door onvoldoende waterkwaliteit.....	37
HOOFDSTUK 4 Huidige situatie en risico autonome ontwikkelingen .....	38
4.1 Land- en tuinbouw.....	38
4.2 Scheepvaart .....	45
4.3 Drinkwater.....	50
4.4 Industrie .....	58
4.5 Natuur .....	65
4.6 Overige functies .....	71
HOOFDSTUK 5 Resultaten per regio .....	73
5.1 Het IJsselmeergebied .....	73
5.2 West-Nederland / Benedenrivierengebied.....	74
5.3 Het Rivierengebied.....	76
5.4 De Hoge Zandgronden .....	78
5.5 De Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer.....	80

HOOFDSTUK 6 Conclusies en aanbevelingen.....	82
6.1 Conclusies knelpunten.....	82
6.2 Conclusies economische analyse.....	84
6.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek .....	91
Afkortingen .....	94
Literatuurlijst .....	95
Omschrijving van gebruikte ecotoopgroepen.....	97



### 1.1 ACHTERGROND

Het Deltaprogramma heeft als opdracht Nederland structureel te beschermen tegen hoogwater en duurzaam te voorzien van voldoende zoet water met als doel een klimaatbestendige, veilige en aantrekkelijke inrichting van ons land. Het Deltaprogramma bestaat uit een aantal Deelprogramma's, dat zich ieder met een deelregio of aspect van de opgave bezighoudt. Het Deelprogramma Zoetwater (DPZW) ontwikkelt strategieën voor een duurzame zoetwatervoorziening in Nederland, een voorziening die standhoudt op de lange termijn en economisch doeltreffend is. De strategieën die hiertoe moeten leiden, bestaan uit een samenhangend geheel van fysieke maatregelen en beleidsinstrumenten dat erin voorziet dat de juiste hoeveelheid en kwaliteit zoet water op de juiste locaties aanwezig is.

Deze zoetwatervoorziening in Nederland staat steeds vaker onder druk. In 2018 had Nederland te kampen met extreme droogte en het optreden van laagwater. Naast positieve effecten leidt dit ook tot knelpunten die in de toekomst vaker kunnen optreden, doordat de vraag naar zoetwater toeneemt en het klimaat verandert.

Om in de toekomst zo goed mogelijk om te gaan met deze knelpunten (adaptatie) of ze te kunnen mitigeren is het belangrijk voor watergebruikers om te weten op welke hoeveelheid water (van welke kwaliteit) men onder verschillende omstandigheden kan rekenen en voor beleidsmakers om inzicht in de effecten van zoetwatermaatregelen te hebben.

Het Deltaprogramma Zoetwater zoekt daarom, mede naar aanleiding van adviezen uit 2014<sup>1</sup> antwoord op de volgende vragen:

1. Zijn er aanvullende zoetwatermaatregelen nodig of moeten maatregelen uit de eerste fase van het Deltaprogramma geprogrammeerd in periode 2015-2021 sneller worden geïmplementeerd om Nederland voor te bereiden op mogelijk toenemende droogte?
2. Wat zijn de economische effecten van veranderende waterschikbaarheid in de verschillende Deltascenario's?
3. Welke zoetwatermaatregelen zijn vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief het meest voordelig?

Ter voorbereiding van de nieuwe deltabeslissing zoetwater in 2021 en de maatregelen voor de periode 2022-2027 waarin afspraken komen te staan over waterbeschikbaarheid en een actualisatie van de voorkeursstrategie zoetwater heeft het Deltaprogramma Zoetwater Stratelligence gevraagd een MKBA op te stellen. Deze MKBA wordt uitgevoerd in samenwerking met Witteveen en Bos en met Deltares. Bij het opstellen van de MKBA wordt gebruik gemaakt

---

<sup>1</sup> Workshop verbeteringen economische analyses zoetwater.



van de beschikbare modellen en effectmodules die door verschillende partijen zoals Deltares, WEcR, KWR, en Ecorys ontwikkeld zijn.

## 1.2 FASERING ECONOMISCHE ANALYSE ZOETWATER

De economische analyse zoetwater MKBA is verdeeld over drie fasen en loopt in de periode september 2018 tot juni 2020:

- Fase 1 (september 2018 - december 2018): Pilot economische analyse zoetwatermaatregelen, ter verfijning van de aanpak en de inzet van het economisch instrumentarium voor de MKBA. Deze fase is afgerond;
- Fase 2 (februari 2019 - juli 2019): Bepalen economische effecten veranderende waterbeschikbaarheid voor nieuwe Deltascenario's op basis van risicobenadering (t.b.v. urgentie);
- Fase 3 (augustus 2019 - juni 2020): Bepalen en afwegen welvaartseffecten<sup>2</sup> van maatregelenpakketten opgesteld in DP Zoetwater op basis van risicobenadering.

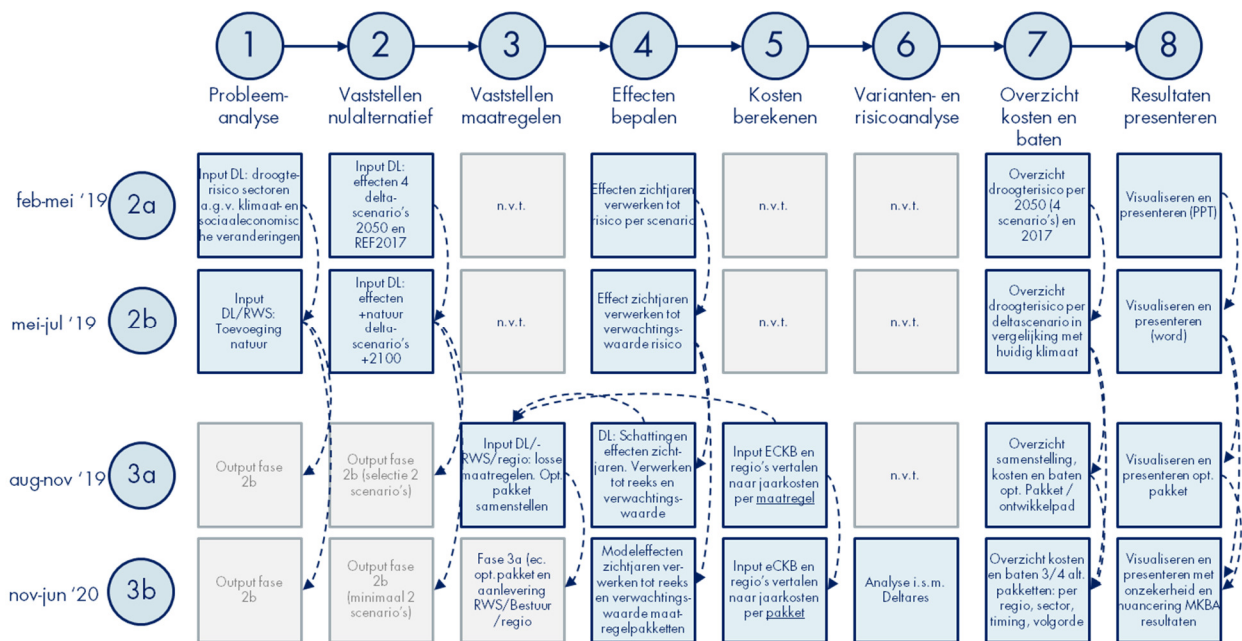
In fase 1 is de aanpak verfijnd waarmee de economische effecten kunnen worden bepaald. Deze fase is geen onderdeel van het huidige MKBA-proces. Door in fase 2 het verschil in droogterisico te bepalen tussen nu en de situatie in 2050 en 2100 ontstaat inzicht in de ontwikkeling van het droogterisico en de urgentie van maatregelen.

In de MKBA wordt het risico bepaald *met* (fase 3) en *zonder* maatregelen (fase 2). Het verschil is een maat voor de welvaartseffecten van verschillende maatregelen. Deze resultaten kunnen worden gebruikt voor de deltabeslissing zoetwater 2021.

Ondanks de relatief lange doorlooptijd, blijft de doorlooptijd voor sommige onderdelen kort. De beschikbare tijd is daardoor leidend in de mate van detail en uitwerking van de resultaten. Binnen deze randvoorwaarde is gewerkt aan de best mogelijke resultaten. Deze economische analyse neemt daarom geen stedelijk gebied en infrastructuurschade als gevolg van bodemdaling mee. Hiervoor bestaan nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules en die kunnen ook niet binnen de beschikbare tijd worden ontwikkeld. Ook de analyse van maatregelen die niet gemodelleerd kunnen worden met het landelijk instrumentarium is onderwerp van discussie voor fase 3. Meenemen van deze maatregelen zal alleen kwalitatief mogelijk zijn of op basis van indicatieve expertinschattingen.

---

<sup>2</sup> We spreken over een welvaartseffect als een (beleids)maatregel het risico verandert ten opzichte van de autonome situatie / het referentiepad. Het droogterisico is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het effect van droogte op de Nederlandse economie.



**Figuur 1: bouwstenen MKBA en fases economische analyse zoetwater**

### 1.3 VERSCHILLEN TUSSEN EERSTE EN TWEEDE FASE DELTAPROGRAMMA ZOETWATER

Als onderbouwing voor de deltabeslissing 2021 is een aantal uitgangspunten en methoden veranderd ten opzichte van de eerste deltabeslissing zoetwater in 2015.

Tabel 1 geeft de belangrijkste verschillen weer. Door deze wijzigingen wijken ook de resultaten af. In de meeste gevallen is sprake van een nauwkeurigere modellering of detaillering, gebruik van actuelere data en bevatten de resultaten meer economische informatie dan in de vorige fase.

**Tabel 1: Verschillen tussen eerste en tweede fase DPZW**

Deltaprogramma: Deltabeslissing 2015	Deltaprogramma: Deltabeslissing 2021
Gemiddeld (1967), Droog (1989) en extreem Droog (1976) jaar gemodelleerd en 30-jarige reeksen	Risicobenadering o.b.v. langjarige reeksen (100-jaar 1911-2010)
Weinig verschillende droogtegebeurtenissen	Betere inschatting variatie in (extreme) gebeurtenissen
Beperkte analyse welvaartseffecten maatregelen mogelijk	Berekening welvaartseffecten belangrijkste gebruiksfuncties plus natuur inclusief verdeling over regio's
Deltascenario's 2013 (o.b.v. KNMI-2006, WLO-2006)	Actualisatie Deltascenario's 2017 (o.b.v. KNMI-2014, WLO-2015)
Referentie 2015	Referentie 2017
Nationaal Water Model	NWM versie 2.1.4 met LHM versie 3.4

### 1.4 LEESWIJZER

Het vervolg van dit rapport beschrijft het eerste deel van de *Economische analyse Zoetwater*: de autonome ontwikkeling per Deltascenario. In hoofdstuk 2 worden de gevolgde methode en uitgangspunten beschreven. De huidige situatie en ontwikkeling van de hydrologische

knelpunten volgen in Hoofdstuk 3. De effecten in de autonome ontwikkeling per gebruiksfunctie worden in Hoofdstuk 4 beschreven. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten per regio samengevat. Achtereenvolgens komen de volgende gebieden aan bod: het IJsselmeergebied, West-Nederland, het Rivierengebied, de Hoge Zandgronden en tot slot de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer.

Hoofdstuk 6 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

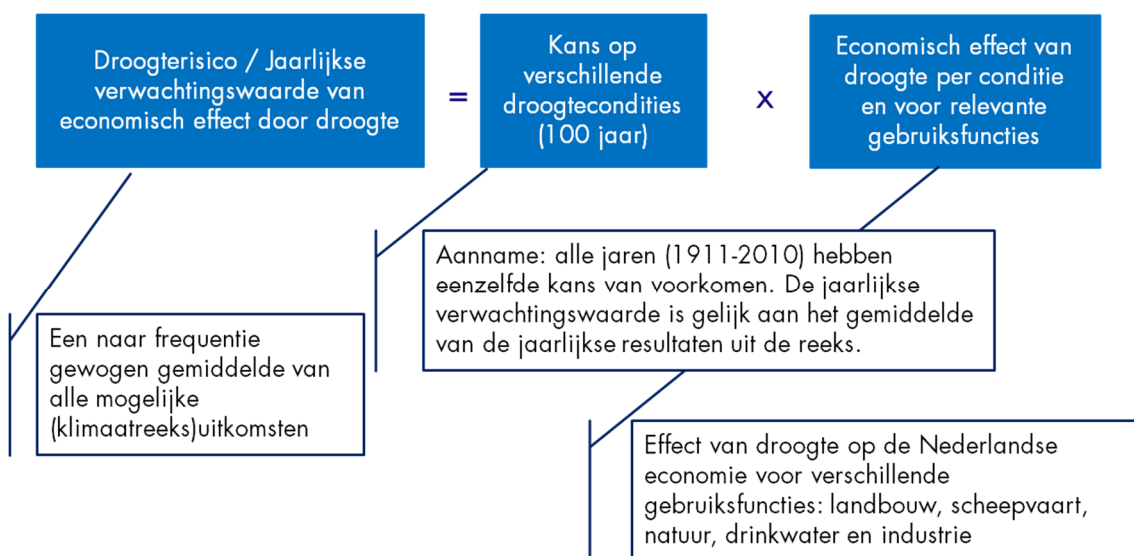
Dit hoofdstuk beschrijft kort de risicobenadering, de gebruikte uitgangspunten in de economische analyse en de gebruikte aanpak in de economische effectmodules. Het gebruik van het begrip schade wordt zo veel mogelijk voorkomen. In plaats daarvan gebruiken we het begrip risico. Dit kan meer omvatten dan de schade voor een specifieke sector.

### 2.1 RISICOBENADERING

De gebruikte risicobenadering voor droogte is vergelijkbaar met de aanpak bij waterveiligheid en gebaseerd op de combinatie van de kans op een droogtegebeurtenis maal de impact van die gebeurtenis.

#### 2.1.1 Definitie droogterisico

De uitkomst van de risicobenadering is een verwachtingswaarde van het effect van droogte op de Nederlandse economie op verschillende gebruiksfuncties die door droogte effecten kunnen ondervinden (zie Figuur 2).



**Figuur 2: risicobenadering en definitie droogterisico**

De kans ofwel de frequentie waarin verschillende situaties van watertekort voorkomen, is gebaseerd op de resultaten van een hydrologisch model voor een groot aantal jaren/een tijdreeks bij verschillende klimaat- en economische scenario's. De impact wordt bepaald door de fysieke effecten van het watertekort te vertalen in een economisch effect bij die fysieke effecten. De jaarlijkse verwachtingswaarde is een naar frequentie gewogen gemiddelde van de beschouwde tijdreeks.

### 2.1.2 Verschil droogterisico en welvaartseffect

Het droogterisico is niet hetzelfde als het welvaartseffect (zie Tabel 2). Over een welvaartseffect spreken we alleen als het gaat om de impact van een (beleids)maatregel op het risico in de autonome situatie.

Het berekende droogterisico is relevant voor verschillende vergelijkingen en analyses.

1. Het huidig droogterisico t.o.v. de situatie waarin er geen watertekorten zijn en het droogterisico nihil is. Dit geeft het potentieel aan voor verbetering bij extra waterbeschikbaarheid.
2. Het verloop (2050, 2100) van het toekomstig droogterisico in de vier Deltascenario's en de variant Druk-Parijs. Dit helpt om het moment te bepalen waarop een maatregel interessant is of een kritische grens bereikt wordt.
3. Het verschil tussen het toekomstige (nr. 2) en huidige droogterisico (nr. 1). Dit geeft inzicht in de verbetering of achteruitgang als gevolg van klimaatverandering en veranderende sociaaleconomische omstandigheden.
4. Het verschil tussen de verschillende toekomstige (Delta)scenario's. Het verschil geeft de bandbreedte aan in de ontwikkeling van het (gemiddelde) droogterisico.
5. Effect van beleid (maatregelenpakket) in elk (Delta)scenario op het droogterisico. Het effect wordt uitgedrukt als het welvaartseffect. Het verschil in risico moet worden afgewogen tegen de kosten van beleid of een maatregel om te bepalen hoe aantrekkelijk een maatregel of beleidsalternatief is.

**Tabel 2: Verschil droogterisico en welvaartseffect**

Droogterisico	Welvaartseffect
<input type="checkbox"/> Jaarlijkse verwachtingswaarde van economisch effect door droogte <input type="checkbox"/> Focus fase 2 economische analyse zoetwater <input type="checkbox"/> Het (verschil in) droogterisico tussen 2017 en 2050 en 2100 <input type="checkbox"/> Relevantie: omvang knelpunt en mate van urgentie <input type="checkbox"/> 100 klimaatjaren voor gewogen gemiddelde	<input type="checkbox"/> Verandering in het Nederlandse economische effect van droogte als gevolg van een maatregel of beleidsalternatief <input type="checkbox"/> Focus fase 3 economische analyse zoetwater <input type="checkbox"/> Het verschil in droogterisico met en zonder maatregel <input type="checkbox"/> Relevantie: beoordeling welvaartseffect en meest aantrekkelijke beleidsalternatief <input type="checkbox"/> Verdiscontering over 100 economische jaren naar basisjaar

## 2.2 KWADRANTENAANPAK

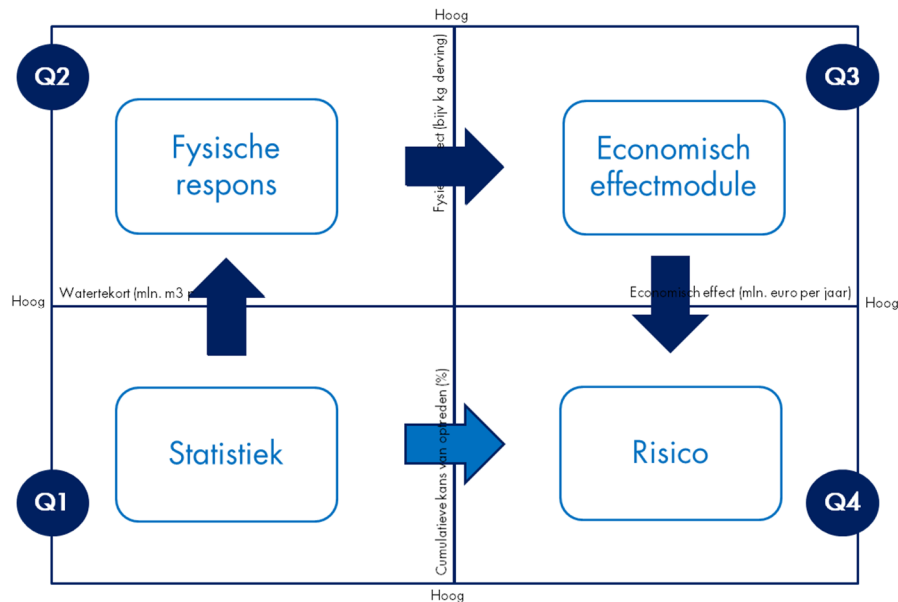
De kwadrantenmethode is een methode om de risicobenadering deels te visualiseren, bepaalde effecten vooraf te voorzien en de impact van maatregelen en klimaatverandering te duiden.

### 2.2.1 Hoe werkt de methodiek?

De analyse van de risicobenadering bestaat uit bepaling van verschillende hydrologische statistieken leidend tot een bepaalde impact en de jaarlijkse verwachtingswaarde van het risico. Een aantal stappen hiervan worden in een vier-kwadrantenschema gespecificeerd (Figuur 3). Elk kwadrant is een aparte grafiek. Deze grafieken kunnen tot een kwadrantenschema worden gemaakt doordat elke grafiek de assen deelt met een andere grafiek. Kwadrant Q1 bevat de kans van optreden van een droogtegebeurtenis. Q2 de fysieke respons die in Q3 wordt vertaald naar

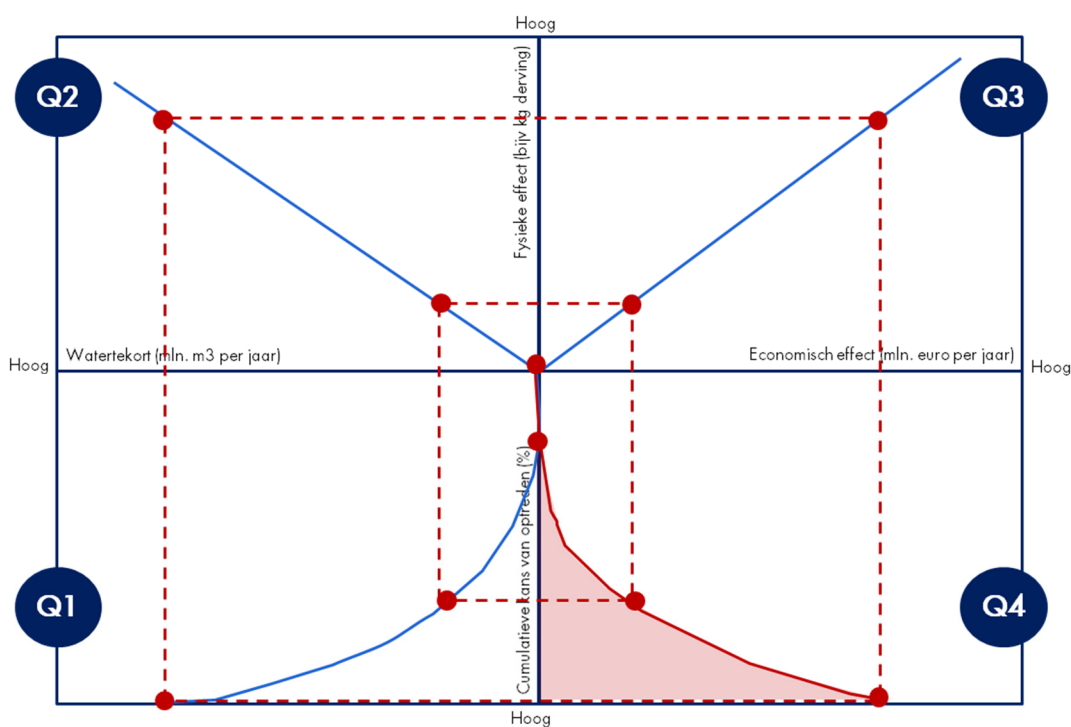


een economisch effect. De combinatie van de kans van optreden (Q1) maal het economische effect (Q3) vormt het risico of de jaarlijkse verwachtingswaarde.



**Figuur 3: De vier kwadranten; vier grafieken met gedeelde assen**

In elk kwadrant wordt het verband tussen de variabelen op de x-as en y-as uitgezet. De curve in Q1 bevat de hydrologische statistiek (bijvoorbeeld het tekort) als functie van de cumulatieve kans van optreden: bij 100% is het hoogste tekort afgebeeld, alle andere droogtegebeurtenissen leiden tot een lager tekort. De fysieke en economische respons op deze droogtesituatie is getoond in Q2 en Q3. Het economisch effect in kwadrant drie wordt, afhankelijk van de gebruikersfunctie, gecorrigeerd voor prijs- en verdelingseffecten. Op basis van de curven in kwadrant 1 en 3 kan de curve in kwadrant 4 (het risico en de jaarlijkse verwachtingswaarde) worden afgeleid. De gestippelde rechthoeken in Figuur 4 illustreren dit. Op basis van de blauwe lijnen kunnen punten op de te construeren grafiek in Q4 worden bepaald. Het oppervlak onder de lijn door deze punten is de jaarlijkse verwachtingswaarde.

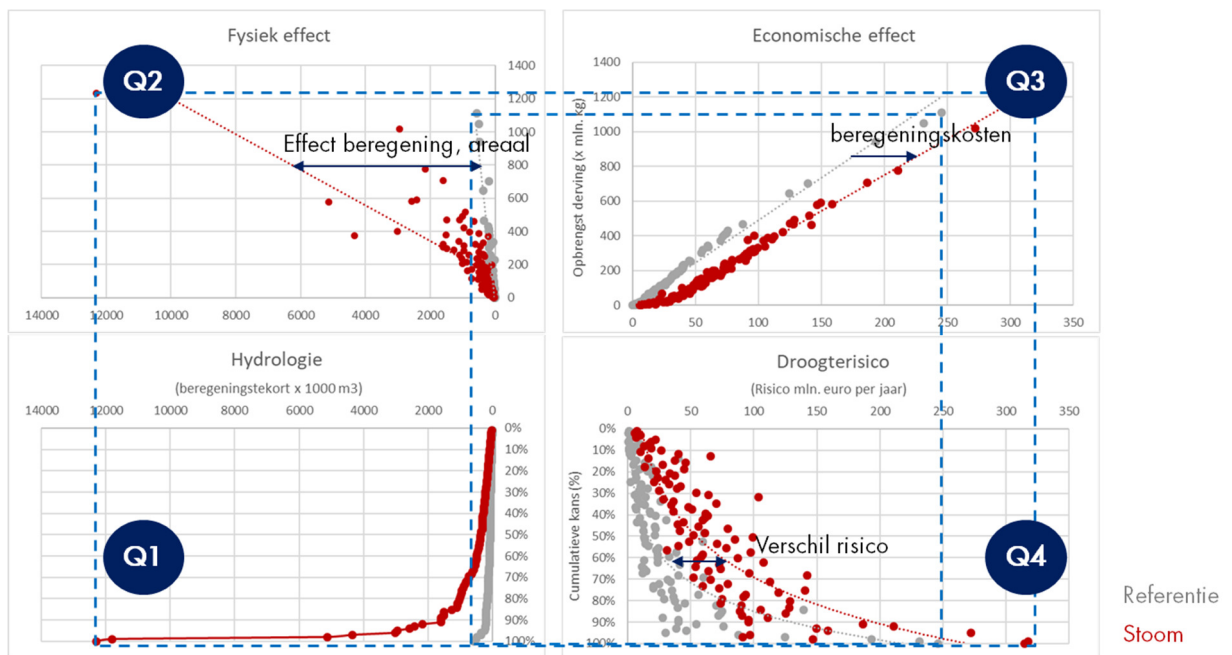


**Figuur 4:** constructie van droogterisico in Q4 uit Q1 en Q3

### 2.2.2 Effecten van klimaatverandering of maatregelen

Effecten van maatregelen en klimaatveranderingen leiden tot verschuivingen van de curven in het kwadrantenschema. Als referentie wordt daarom eerst de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de huidige situatie zonder maatregelen afgeleid (de grijze curve en punten, zie Figuur 5).

Afhankelijk van de situatie die wordt bestudeerd, kunnen de curven in Q1-3 worden aangepast. De figuur toont als voorbeeld de extra kosten van meer beregning in het Deltascenario Stoom (Q3), en de vermindering van de gevoeligheid voor droogte door beregning (Q2). Het effect van klimaatverandering komt tot uiting in Q1. In de Deltascenario's is aangenomen dat het beregeningsareaal toeneemt als voorbereiding of reactie op klimaatverandering (adaptatiemaatregel van sector).



**Figuur 5:** Indicatieve illustratie van risico door klimaatverandering (in Deltascenario Stoom) bij adaptatie landbouwsector met toename beregend areaal

Door vervolgens met de aangepaste curves de jaarlijkse verwachtingswaarde in Q4 te bepalen, kunnen de effecten van maatregelen en klimaatverandering in dit voorbeeld berekening en het Deltascenario Stoom voor een specifieke gebruiksfunctie (hier landbouw) worden afgeleid.

Het verschil in oppervlak tussen een aangepaste curve (rood) en de referentiecurve (grijs) is het jaarlijkse effect van de maatregel, of de jaarlijkse schade door klimaatverandering. Dus voor het effect van droogte (het risico door klimaatverandering) nemen we het oppervlak onder de rode curve minus het oppervlak onder de grijze curve.

### 2.2.3 Gebruik voor beleidsafwegingen

Doordat we de gemiddelde verwachtingswaarde kunnen bepalen voor verschillende situaties kan ook het rendement van een maatregel worden berekend.

Hiervoor stellen we in fase 3 de kosten vast van de maatregel of het beleid. Hierbij zijn twee mogelijkheden:

- Er zijn nauwelijks extra kosten voor het beleid of de maatregel. Bijvoorbeeld: men past de waterverdeling in of tussen regio's aan. Het verschil in de gemiddelde verwachtingswaarde tussen twee of meer alternatieven geeft aan of het een op economische gronden aantrekkelijke verandering is.
- Het is nodig een investering te doen. Bijvoorbeeld: men wil de landbouw minder kwetsbaar maken en legt een extra waterreservoir aan. De investeringskosten moeten worden verwerkt in de berekening van de jaarlijkse verwachtingswaarde met deze maatregel. Hiervoor bepalen we de jaarlijkse kosten van de investering inclusief rentelasten en smeren deze uit over de levensduur van de investering (annuïteitenberekening, zie volgende paragraaf). Deze kosten trekken we af van de opbrengsten of tellen we op bij de resterende schade bij inzet van de maatregel in Q3. Uitvoering is een economisch aantrekkelijke keuze wanneer

het totale saldo in Q4 met maatregel gunstiger is dan zonder maatregel of beleid en gunstiger dan andere mogelijke maatregelen of beleid.

## 2.3 VERGELIJKING ECONOMISCHE EFFECTEN

Om effecten die per jaar variëren en investeringen van maatregelen met verschillende levensduren vergelijkbaar te maken, verdisconteren we de verschillende kosten en effecten naar een basisjaar met de Netto Contante Waarde-methode (NCW) conform de leidraad MKBA<sup>3</sup>. Deze methode is in Kader 1 toegelicht.

### Kader 1: Contante waarde

Om de waarde van toekomstige kosten en effecten in euro's te bepalen, worden deze teruggerekend. De stroom van eenmalige en jaarlijkse kosten wordt in de tijd geplaatst en vervolgens verdisconteerd naar het basisjaar, zodat de contante waarde ontstaat.

$$NCW = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

De formule voor de berekening van de netto contante waarde is:

Hierin is  $C_t$  de kosten in jaar  $t$  vanaf de start van de planperiode,  $r$  de rente of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen en  $N$  is de looptijd van het project. De discontovoet bestaat uit twee delen: de reële risicovrije discontovoet en de risico-opslag. De reële risicovrije discontovoet is eind 2015 vastgesteld op 0% en de standaard risico-opslag, die voor de macro-economische risico's corrigeert, op 3%. Samen vormen zij de standaard discontovoet van 3,0%, zoals vastgesteld door het kabinet. Infrastructuurinvesteringen hebben substantiële vaste kosten, bijvoorbeeld de investeringskosten aan het begin van een project, zoals de kosten van het aanleggen van waterbuffer of een gemaal. Maar ook de vaste kosten tijdens de looptijd, zoals energiekosten en vaste onderhoudskosten, kunnen groot zijn. Vanwege deze hoge vaste kosten is gekozen voor een discontovoet van 4,5%, voor zowel de kosten als voor de baten van publieke investeringen, tenzij sprake is van een andere uitzondering bij een infrastructuurproject. Voor effecten op natuur geldt een uitzonderingssituatie.

Voor het vergelijken van kosten van maatregelen met een verschillende levensduur is het wenselijk en praktisch om de NCW te vertalen naar een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering: de Equal Annual Annuity (EAA). De investeringskosten worden als het ware 'uitgesmeerd' naar een gelijkwaardig constant bedrag per jaar zoals bij een annuïteitenhypotheek en het is niet nodig om de restwaarde aan het einde van de planningshorizon te berekenen. Voor de NCW maakt het niet uit of uitgegaan wordt van een eenmalige investering of van over de levensduur uitgesmeerde investeringskosten. De NCW van een eenmalige investering is gelijk aan de NCW van de over de levensduur uitgesmeerde investeringskosten. Ook het effect van een jaar uitstel van de investering of van de start van de annuïteitenstroom is gelijk.

Het bijkomend voordeel van een constant jaarbedrag is dat je het jaarlijkse kostenbedrag direct kunt vergelijken met de verwachte baten in ieder jaar. Het punt waar de kosten- en batenlijnen elkaar snijden is het punt vanaf waar de investering hogere baten heeft dan kosten. Bij een blijvende opgave, dat wil zeggen de eerste investering wordt blijvend opgevolgd met vervangingsinvesteringen, is dat moment gelijk aan het optimale investeringsmoment. Als je eerder investeert, neem je een periode mee met hogere kosten dan baten, en als je later investeert mis je een stukje potentiële winst.

<sup>3</sup> CPB/PBL (2013), Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse

## Kader 2: Equal Annual Annuity

De equivalente jaarlijkse annuïteit wordt gebruikt om een netto contante waarde te vertalen in een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering.

$$EAA = \frac{r * (NCW)}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

Waarbij  $r$  de discontovoet is per periode,  $n$  het aantal perioden (levensduur),  $NCW$  de netto contante waarde van de kasstromen over de levensduur.

Het nut van deze vertaalslag is dat Investerings met verschillende looptijden/levensduur vergelijkbaar gemaakt kunnen worden. De lengte van een investering ( $n$ ) speelt geen rol bij een  $NCW$ -berekening:

- Een vergelijking tussen twee investeringen met dezelfde  $NCW$ , waarbij de een 4 jaar meegaat en de ander 8 jaar, gaat mank met alleen een netto contante waarde vergelijking. Terwijl een maatregel die 4 jaar meegaat na 4 jaar volledig afgeschreven is, heeft een maatregel die 8 jaar meegaat op dat moment nog restwaarde.
- De *equal annual annuity* formule maakt een vergelijking mogelijk, rekening houdend met de tijd van de investering. Hierdoor is het niet noodzakelijk de mogelijkheid tot herinvestering te beoordelen.
- Door de vertaling naar jaarkosten van een investering, kan ook het optimale investeringsmoment eenvoudig bepaald worden. Dat is het moment dat de jaarlijkse baten de jaarlijkse kosten overstijgen. Je stelt de investering net zo lang uit totdat de jaarlijkse baten groter zijn dan de jaarlijkse kosten. De netto contante waarde is in dit geval het hoogst. Vanaf dat moment gaat deze weer afnemen, tenminste als de baten en kosten voor alle alternatieven doorlopen tot het einde van de planningshorizon. Dit rendementsprincipe wordt gebruikt in tools zoals *OptimaliseRing* (Deltares) en in *Diqe-opt* (CPB).

## 2.4 TIJDREEKSEN

In de economische analyse is sprake van verschillende tijdreeksen die elk een ander doel dienen. Er is sprake van een 'klimaat'-reeks om de kans van optreden van de verschillende droogtegebeurtenissen te bepalen en van een economische reeks om de netto contante waarde van het economische effect te bepalen.

### 2.4.1 100-jarige klimaatreeks om spreiding risico te identificeren

De hydrologische en economische effecten zijn voor verschillende zichtjaren (2017, 2050, 2100) en Deltascenario's bepaald. Het risico is in werkelijkheid nl. niet voor elk jaar gelijk. Er zit een behoorlijke spreiding rondom het gemiddelde (zie Figuur 6). Zo was 1976 een extreem droog jaar met een hoog watertekort. Om de spreiding tussen de jaren zo goed mogelijk mee te nemen, gebruikt Deltares voor de meeste zichtjaren een simulatie van een 100-jarige (historische) reeks (1911-2010) die is aangepast voor de toekomstige verwachte klimaatcondities. De referentie 2017 is gelijkgesteld aan de situatie zonder correctie, ofwel het gemiddelde klimaat in periode 1911-2010.<sup>4</sup> Het gemiddelde effect van deze klimaatreeks is (een benadering van) het droogterisico. Per zichtjaar en scenario kan de spreiding rondom het gemiddelde verschillen. In het voorbeeld in Figuur 7 is in de referentie 20% van jaren verantwoordelijk voor 50% van het risico per jaar, en in Stoom 10% van jaren. Het gemiddelde risico bij Stoom ligt in dit voorbeeld significant hoger dan in referentie.

In principe is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de 100-jarige reeks om het gemiddelde effect te bepalen en de resultaten onderling vergelijkbaar te maken. Dit betekent dat voor 2050 en de referentie met en zonder maatregelen het gemiddelde op basis van 100 jaar is bepaald. Om te besparen op de doorlooptijd en werkzaamheden is voor 2100 een 30-jarige reeks gebruikt die de verwachtingswaarde voor de 100-jarige reeks zo goed mogelijk representeert. Gekozen is voor de

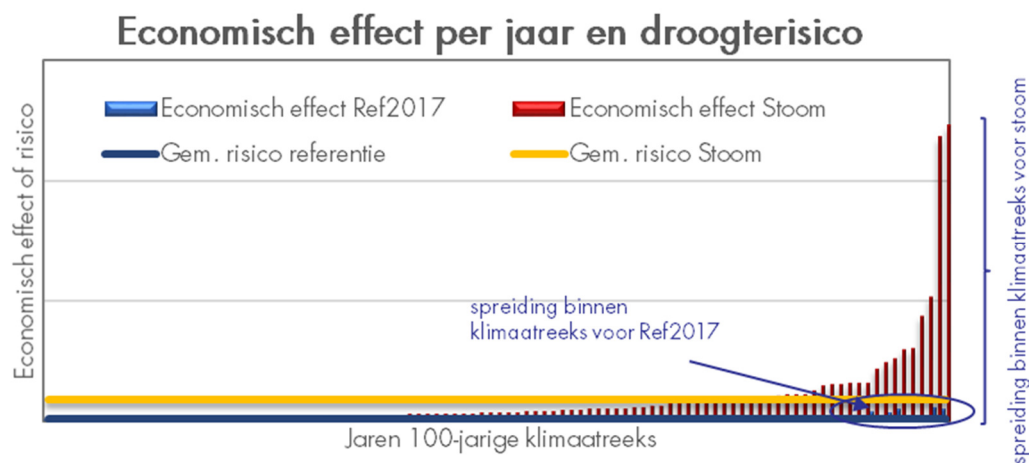
<sup>4</sup> De referentie kan door deze aanname het huidige droogterisico onderschatten en de verwachte ontwikkeling naar bijvoorbeeld Stoom overschatten.



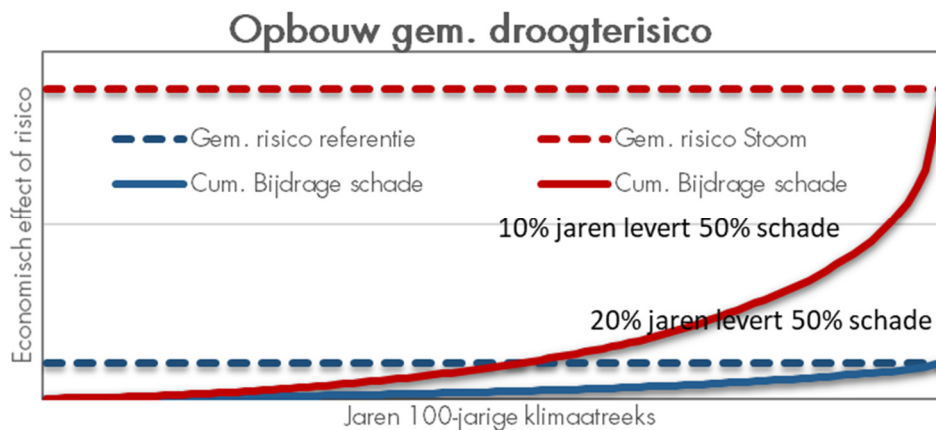
periode 1974-2003. Deze periode is de 30-jarige reeks waarvan het gemiddelde effect op de landbouw het beste overeenkomt met de 100-jarige reeks, en het een relatief recente periode betreft. Omdat het verschil in het gemiddelde effect in deze periode ten opzichte van de 100-jarige periode, hoewel klein, toch niet te verwaarlozen is, kunnen de resultaten niet direct vergeleken worden met de resultaten voor 2050 en de referentie. De 30-jarige reeks leidt vooral voor scheepvaart, drinkwater en industrie tot moeilijk vergelijkbare resultaten. Voor scheepvaart is dit omdat het jaar dat als nulpunt gebruikt wordt voor de berekening niet in de 30-jarige reeks voorkomt (1916). In dit jaar binnen de 100-jarige reeks waren de rivierafvoeren maximaal en de vaarkosten minimaal. Voor drinkwater en industrie vraagt de methodiek om het meest maatgevende jaar in een reeks van 100 (een 1 op 100 jaar). Hierdoor zijn specifieke correcties van de resultaten nodig geweest (zie methode gebruiksfuncties, paragraaf 2.8). De resultaten voor 2100 moeten vooral als indicatie voor de verwachte doorontwikkeling gezien worden. Dit is geen grote beperking om de volgende redenen:

- Voor de netto contante waarde berekening werken de jaren die verder weg liggen van het basisjaar minder door in het resultaat.
- De Deltascenario's voor 2100 zijn minder uitgewerkt. Voor de sociaaleconomische ontwikkeling is de situatie gelijk aan 2050. Voor klimaat wordt de verwachte verandering in KNMI-scenario's voor 2085 beschouwd als benadering voor het klimaat van het einde van de eeuw.

In fase 2b is de variant Parijs 2050 net als de Deltascenario's 2100 op basis van de 30-jarige reeks doorgerekend. Dit maakt de resultaten minder goed vergelijkbaar met de andere scenario's voor 2050 en de referentie die op basis van de 100-jarige reeks zijn doorgerekend. Of het nodig is Parijs opnieuw te berekenen is nog onderwerp van discussie.



**Figuur 6:** indicatief voorbeeld effecten per jaar en berekend droogterisico

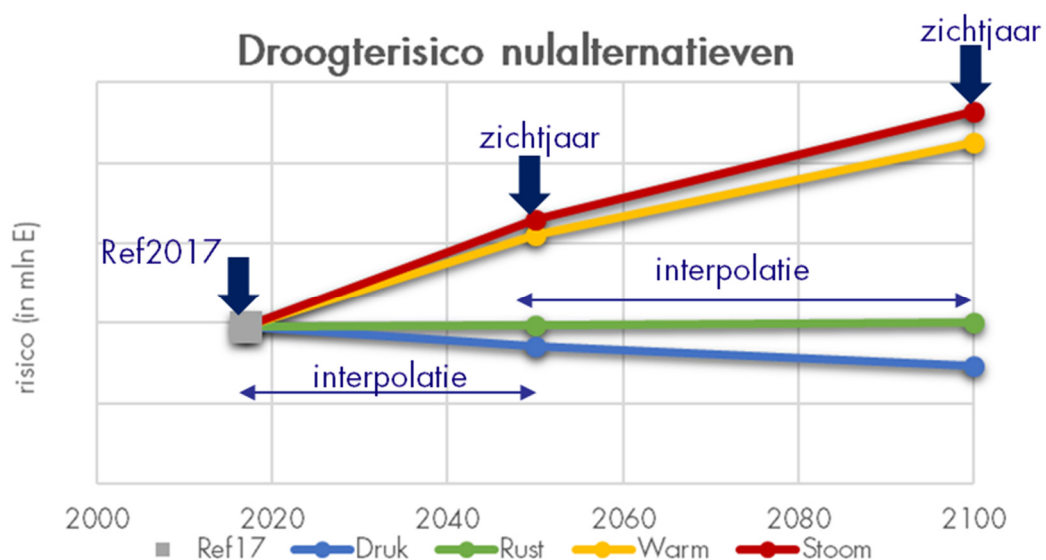


**Figuur 7:** indicatief voorbeeld bijdrage per jaar aan gemiddeld droogterisico

#### 2.4.2 100-jarige economische reeks voor kosten-batenanalyse

Om de netto contante waarde te bepalen moeten in principe de kosten en effecten over een oneindige periode per jaar worden bepaald en verdisconteerd naar het basisjaar. Om praktische redenen wordt vaak gewerkt met 100 jaar omdat de invloed van kasstromen na 100 jaar niet meer tot uiting komen in het resultaat. Deze 100 jaar wijkt af van de (historische) klimaatreeks. Het betreft een reeks toekomstige jaren die ingaat in het basisjaar (2020) en dan 100 jaar vooruitloopt.

Omdat er alleen voor de zichtjaren 2017, 2050 en 2100 economische effecten worden bepaald, is het nodig de economische 100-jarige reeks zelf af te leiden op basis van de resultaten voor de zichtjaren. Tussen de resultaten van de zichtjaren en de referentie worden de resultaten voor de tussenliggende jaren benaderd door te interpoleren. Na 2100 houden we het jaarlijks effect gelijk aan 2100.



**Figuur 8:** voorbeeld effecten per jaar en berekend droogterisico

## 2.5 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

Aan de *Economische analyse Zoetwater* ligt een aantal gegevens en uitgangspunten ten grondslag. Tabel 3 vat deze uitgangspunten samen.

**Tabel 3: Uitgangspunten Economische Analyse Zoetwater**

Thema	Uitgangspunt	Toelichting
Studiegebied	Heel Nederland m.u.v. de Waddeneilanden	Het NWM bevat de Waddeneilanden niet. Deze zijn ook niet verbonden aan het zoetwatersysteem van de rest van Nederland.
Tijdshorizon	2020-2120	De situatie in 2017, 2050 en 2100 is geanalyseerd. Daartussen wordt geïnterpoleerd. Na 2100 worden effecten gelijk verondersteld aan 2100.
Prijsniveau	Januari 2018	Kosten zijn weergegeven in prijspeil januari 2018.
Basisjaar	2020	Als uitgangspunt voor de bepaling van de contante waarde worden alle kosten teruggerekend naar de contante waarde in 2020.
Btw	Alle kosten zijn inclusief btw	De kosten worden getoond inclusief btw. Tenzij anders vermeld is hiervoor een percentage van 21% gehanteerd.
Faalkans maatregelen	Voor de maatregelen die geanalyseerd zijn en de maatregelen die onderdeel zijn van de referentie (zoals zeesluis IJmuiden), is uitgegaan van een faalkans van nul.	Binnen de doorlooptijd van het project is het niet mogelijk een faalkans voor de maatregelen te bepalen. Van de meeste maatregelen is nog geen faalkans bekend. Voor de zoetwateropgave is aangenomen dat het falen niet tot enorme schades zal leiden.
Zoetwatervraag	Totaal (ongekorte) water-vraag voor verschillende zichtjaren en voor verschillende klimaatjaren bij verschillende scenario's.	De watervraag is bijvoorbeeld door sectorale maatregel of prijsbeleid beïnvloedbaar en verschilt per mogelijke zoetwaterstrategie. Bovendien is het een nog te maken beleidskeuze of onder alle omstandigheden aan de vraag zal worden voldaan en voor welke functies.
Bovenstroomse gebieden	Sociaaleconomische effecten van bovenstroomse gebieden ten opzichte van Nederland zijn niet meegenomen	De Deltascenario's bevatten alleen de klimaateffecten bovenstrooms buiten Nederland.
Deltascenario's	Hydrologische ontwikkelingen zijn doorgerekend voor alle vier de Deltascenario's: Stoom, Warm, Druk en Rust. Tevens is voor 2050 de variant Druk-Parijs bekeken. De effecten van maatregelen zullen worden doorgerekend voor scenario's (alle of selectie nog te bepalen)	De Deltascenario's zijn combinatie van KNMI 2014 scenario's en WLO-2015. De WLO-2015 scenario's zijn alleen voor zichtjaar 2050 bepaald. De KNMI 2014 scenario's voor 2050 en 2085. De modelresultaten van 2085 zijn een indicatie is voor klimaat van voor einde van de eeuw. Voor de economische analyse gebruiken we de resultaten van Deltascenario's 2085 voor 2100.
100-jarige reeksen	Reeksen van 1911 tot 2010	Deze reeks is gebruikt voor nulalternatief: referentie 2017 en Deltascenario's Stoom, Warm, Druk en Rust 2050
30-jarige reeksen	Reeksen van 1974 tot 2003	Deze reeks is gebruikt voor Deltascenario's Stoom, Warm, Druk en Rust 2100 en de variant Druk-Parijs in 2050.

Een laatste belangrijk uitgangspunt voor de analyse is de Nationale Verdringsreeks zoals beschreven in het Nationaal Waterplan. De verdringsreeks is een serie afspraken die ervoor

zorgt dat bij een watertekort het beschikbare water eerlijk wordt verdeeld over de partijen die het nodig hebben. De volgorde van de verdringingsreeks is vertaald in een prioriteitsstelling in de gebruikte modellen. De verdringingsreeks bestaat uit 4 categorieën (zie Figuur 9). Categorie 1 heeft de hoogste prioriteit. Categorie 4 de laagste.

- Categorie 1: veiligheid en voorkomen van blijvende schade. Watertekorten kunnen leiden tot bodemdalingen en kwetsbaarheid van dijken. Vooral veengebieden en veendijken zijn hier gevoelig voor. Uitgedroogd veen wordt veel lichter en kan geen water meer absorberen. Hierdoor kan een dijk gaan barsten en scheuren. Als veen eenmaal is uitgedroogd, kan dit niet meer worden teruggedraaid. In deze categorie valt ook schade aan de natuur die niet meer te herstellen is.
- Categorie 2: voldoende energie en drinkwater. In deze categorie vallen een ongestoorde energievoorziening door genoeg koelwatercapaciteit en toereikende beschikbaarheid van drinkwater. Drinkwater valt niet onder categorie 1 omdat er grote voorraden zijn.
- Categorie 3: kleinschalig hoogwaardig gebruik van water. Door dure gewassen tijdelijk te besproeien, kan met weinig water veel schade voorkomen worden. Ook het water dat in de industrie wordt gebruikt voor productie valt in deze categorie.
- Categorie 4: water voor overige belangen. Hierin vallen scheepvaart, landbouw, industrie, waterrecreatie, binnenvisserij en overige functies. Ook de natuur valt onder deze categorie, als het watertekort geen onomkeerbare schade veroorzaakt. Het beschikbare water gaat naar de regio of sector waar de meeste (maatschappelijke) schade kan worden voorkomen.



**Figuur 9: De nationale verdringingsreeks voor zoet water uit het Nationaal Waterplan (Rijksoverheid, 2009)**

## 2.6 REFERENTIE EN NULALTERNATIEF

De referentie die gebruikt is voor de analyse is het huidige beleid inclusief het hanteren van de huidige verdringingsreeks en invoering van beleidsmaatregelen waarvoor dekking beschikbaar is en die zijn uitgevoerd in 2021. Met de referentie verwijzen we naar de huidige situatie (een moment in de tijd bij huidige sociaaleconomische omstandigheden en klimaatcondities).

Het nulalternatief omvat eveneens de voortzetting van het huidige beleid en invoering van beleidsmaatregelen waarvoor dekking beschikbaar is inclusief autonome ontwikkelingen (zoals gedrag van watergebruikers) bij een van de Deltascenario's of varianten. Het gaat om een tijdspad waarin de sociaaleconomische situatie en klimaatomstandigheden veranderen. Er worden echter nog geen nieuwe maatregelen toegevoegd.

Ingrepen en maatregelen die wel in het nulalternatief (de autonome ontwikkeling) en in de referentie (Ref2017) zijn verwerkt staan vermeld in Tabel 4.

**Tabel 4: ingrepen en maatregelen nulalternatief en referentie (zie ook Deltares 2019, geactualiseerde knelpuntenanalyse)**

Ingrepen hoofdwatersysteem	Maatregelen Deltaprogramma eerste fase
<input type="checkbox"/> De verdieping van de Nieuwe Waterweg* <input type="checkbox"/> Selectieve onttrekking bij de zeesluis IJmuiden* <input type="checkbox"/> De Kier* <input type="checkbox"/> De extra pomp- en spuicapaciteit in Afsluitdijk <input type="checkbox"/> Een tweede sluis bij Eefde <input type="checkbox"/> Aanpassing capaciteit van de Noordervaart. <input type="checkbox"/> Aanpassing aantal gemaalcapaciteiten (Rivierenland)	<input type="checkbox"/> Flexibel peil IJsselmeer-Markermeer <input type="checkbox"/> Extra aanvoer via Roode Vaart <input type="checkbox"/> Uitbreiding Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA-plus) Het gaat om de KWA-15 (stap 1 van de voorkeursstrategie Deltaprogramma Zoetwater) <input type="checkbox"/> Regionale maatregelen p.m.

Een aantal ingrepen (\*) is niet (volledig) gemodelleerd vanwege onzekerheden over de juiste wijze om de ingreep/maatregel te modelleren of modelbeperkingen. Dit gaat om de verdieping van de Nieuwe Waterweg de selectieve onttrekking bij de zeesluis IJmuiden en de Kier. Het minimale debiet bij zeesluis IJmuiden is aangepast om het model te laten overeenkomen met beheerregels in de praktijk.

De meeste regionale maatregelen hebben alleen tijdelijk of lokaal effect op de watervraag. Ook kunnen niet alle regionale maatregelen goed in een landelijk model worden meegenomen. Daarom is besloten de regionale maatregelen uit de eerste fase van het Deltaprogramma niet mee te nemen in het nulalternatief. De effecten van deze maatregelen zijn verwaarloosbaar zeker ten opzichte van het effect van de scenario's.<sup>5</sup>

Daarnaast zijn de volgende zaken aangepast:

- De berekeningvraag en –areaal zijn hoger;
- De grondwateronttrekking in Brabant is verminderd;
- De doorspoelingsvraag is aangepast naar aanleiding van nieuwe studies;
- Er zijn diverse peilen en schutverliezen aangepast (o.a. in Maas-Waalkanaal, bij Grave, en van regionale peilen);
- De verdamping in de veenweidegebieden is verhoogd Dit veroorzaakt een verdere uitzakking van de grondwaterstanden.

Voor de hoogte van het berekende droogterisico valt het nulpunt niet altijd samen met de situatie in de referentie. Dit verschilt per sector. Voor de drinkwatersector en de industrie veronderstelt de gebruikte effectmodule dat het droogterisico in de referentie nul is. Voor de landbouw wordt het nulpunt of 'ijkpunt' in de effectmodules bepaald door de potentiële opbrengst. Deze verschilt per scenario en gewas. Het risico is het verschil tussen potentiële en actuele opbrengst, gecorrigeerd voor prijs- en weglekeffecten. Voor de scheepvaart gebruikt de effectmodule 1916, het jaar in de 100-jarige reeks met de minste laagwateromstandigheden (c.q. minste diepgangbeperkingen voor scheepvaart), als nulpunt. Voor landbouw en scheepvaart is er daarom ook bij het huidige klimaat (referentie 2017) al sprake van een droogterisico. De ongelijke nulpunten beïnvloeden de uitkomst van het welvaartseffect van een maatregel niet. Het verschil

<sup>5</sup> Inschatting Deltares. Ook de inlaatsluis Spijkenisse is niet meegenomen, omdat die niet klimaatrobust is.

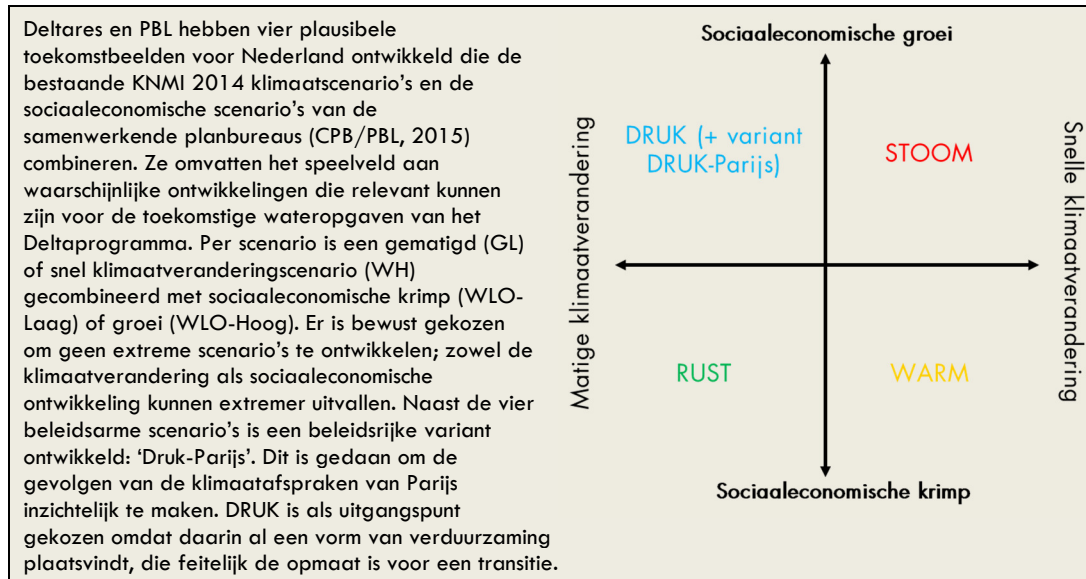


tussen het droogterisico met een maatregel en het droogterisico zonder een maatregel blijft gelijk onafhankelijk van het nulpunt.

## 2.7 GEACTUALISEERDE DELTASCENARIO'S 2017















De hydrologische berekeningen zijn gemaakt voor de vier Deltascenario's en een variant (zie Kader 3). Voor de ontwikkeling zonder aanvullende maatregelen is dit gedaan voor alle vier de scenario's voor 2050 en 2100. De variant Druk-Parijs is voor 2050 doorgerekend.

### Kader 3: De vier Deltascenario's (Deltares, WecR, PBL, 2018)



Een samenvatting van de belangrijkste kenmerken en verschillen voor de verschillende Deltascenario's staat in Figuur 10.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Tijdens het onderzoek is de vraag gerezen of de veronderstelde sociaaleconomische ontwikkeling en de klimaatverandering wel volledig onafhankelijk zijn. Bijvoorbeeld het scenario Stoom met hoge economische groei in combinatie met 65% CO<sub>2</sub>-reductie en 2,5-3 graden temperatuurstijging volgens het achtergronddocument klimaat bij de WLO-scenario's lijkt niet consistent met de snelle klimaatverandering maar tot 2 graden beperkte temperatuurstijging volgens de KNMI-scenario's. Als de mitigatiemaatregelen door samenwerking wereldwijd succesvol zijn om de temperatuurstijging te beperken, zoals in het scenario Stoom tot in relatief hoge mate, dan zou de groei van transportsectoren relatief sterk vertragen door de vermoedelijk hoge kosten van mitigatie. Maatregelen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen, bijvoorbeeld voor de scheepvaart, kunnen de nu veronderstelde groei beperken. Een dergelijk verband lijkt niet direct terug te komen in de gestelde autonome groei van de sectoren in dit scenario.

2050 t.o.v. ref17	Rust	Druk (Parijs)	Warm	Stoom
	1°C	1°C	2°C	2°C
	+1% zomer	+1% zomer	-13% zomer	-13% zomer
	+4% zomer	+4% zomer	+11% zomer	+11% zomer
 Rijn / Maas	Laagste afvoer +5%/+5%	Laagste afvoer +5%/+5%	Laagste afvoer -20%/-45%	Laagste afvoer -20%/-45%
	16 mln.	19 mln.	16 mln.	19 mln.
	+1% per jaar	+2% per jaar	+1% per jaar	+2% per jaar
	Beperkte, compacte verstedelijking en meer spreiding over het land	Compacte verstedelijking in hoge dichtheden met ruimte voor groen	Beperkte, verspreide verstedelijking; na 2030 concentratie in Randstad	Sterke, verspreide verstedelijking in lage dichtheden met name in Randstad
	Toename in lijn met ec. groei	Forse toename	Lager dan economische groei, rem door klimaat	Meer, grootschalig, rem door klimaat
	Lichte daling (-10%)	Lichte toename (+10%)	Stabilisatie (+0%)	Sterke toename (+35%)
	Sterke daling (-30%)	Zeer sterke afname (-40%)	Lichte daling (-10%)	Toename (+15%)
	Intensivering en schaalvergroting, maar ook circulair/natuur-inclusief en grondgebondenheid.	Intensivering, maar ook circulair/natuur-inclusieve landbouw (onderwater-drainage veengebieden).	Grootschalig, en gebieden met extensiever karakter.	Meer intensivering en schaalvergroting (kostenreductie).
	-3%	-9% (-11%)	-3%	-11%
	+8%	+4% (+3%)	+60%	+55%
	+8%	+7% (+24% o.a. groter bosareaal)	+8% nieuwe natuur door verzilting & vernatting	+13%, recreatief gebruik belangrijk

**Figuur 10: Samenvatting Deltascenario's 2050 t.o.v. referentie 2017**

## 2.8 METHODIEK BEPALING ECONOMISCHE EFFECTEN

Tekorten in het oppervlaktewater en bodemvocht/grondwater-aanvulling kunnen leiden tot schade voor gebruiksfuncties (zie Tabel 5). Om goed onderbouwde afwegingen over mogelijke (beleids)maatregelen te kunnen maken zijn voor het Deltaprogramma Zoetwater vijf

effectmodules ontwikkeld. Deze modules vertalen de effecten van droogte op een sector of gebruiksfunctie in het economisch effect op de maatschappij.

De ontwikkelde effectmodules zijn gemaakt voor de gebruiksfuncties die de grootste effecten van droogte ondervinden: landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur. In de economische analyse focussen we daarom op deze gebruiksfuncties. De effecten op andere gebruiksfuncties zoals recreatie en energie zijn naar verwachting verwaarloosbaar. Bij recreatie gaat het vooral om verdringing waardoor sprake is van een beperkt nationaal economisch effect. De energiesector wordt minder afhankelijk van droogte door de toename van de opwekking van hernieuwbare energie en de verschuiving van de productie naar de kustgebieden.

Stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress zijn niet meegenomen omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Bovendien bestaan er nog geen goede hydrologische modellen of effectmodules. Het economische effect hiervan is daarom niet in de economische analyse zoetwater meegenomen, maar kan wel zeer groot zijn. Dergelijke effecten kunnen worden betrokken in het vervolg wanneer de aangeleverde maatregelen hierop ingrijpen. De beschrijving per methodiek volgt hieronder.

**Tabel 5: Overzicht mogelijke schade per gebruiksfunctie en knelpunt**

Tekort en/of knelpunt	Gebruiksfuncties	Mogelijke schade
Onvoldoende water voor peilbeheer	Stedelijke functies, Veiligheid en infrastructuur, Land- en tuinbouw, Recreatie, Natuur, Scheepvaart	Verzakking, paalrot, verzwakken dijken, meer onderhoud kades, wegen, kabels en leidingen, verdroging, verlies belevingswaarde en inkomsten recreatie
Onvoldoende water voor doorspoeling	Land- en tuinbouw, Stedelijke Functies, Recreatie, Natuur	Verziltingschade door hoog chloridengehalte oppervlaktewater, afname waterkwaliteit met verlies natuur- en recreatiewaarde
Onvoldoende water voor beregning	Land- en tuinbouw	Droogteschade en verziltingschade vooral in groeiseizoen
Te hoge concentratie opgeloste stoffen (chloride of anderszins)	Drinkwater en Industrie (koel- en proceswater)	Stilleggen of verminderen productie, meerkosten alternatieve aanvoer, kosten van ontzilting
Te lage waterstanden	Scheepvaart, (water)recreatie	Hogere transport en opslagkosten, verlies belevingswaarde en inkomsten recreatie
Bodemvochttekort/grondwater-aanvulling	Land- en tuinbouw, natuur	Droogteschade vooral in groeiseizoen, verlies natuur- en recreatiewaarde

### 2.8.1 Landbouw

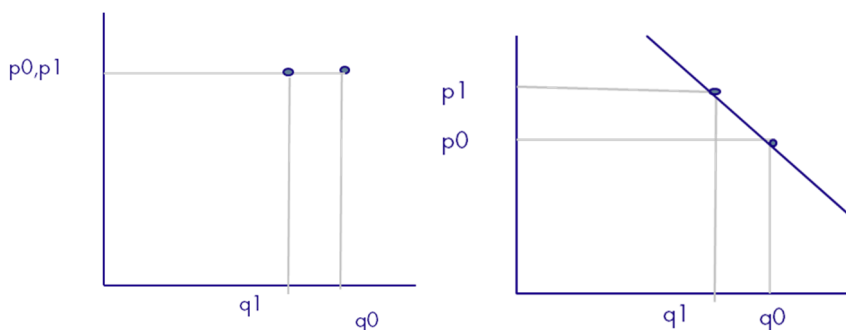
Weersextremen in het groeiseizoen van gewassen zoals droogte, leiden tot opbrengstderving van gewassen. Voor het bepalen van de economische effecten op de landbouwsector wordt de Effectmodule Landbouw gebruikt.<sup>7</sup> De Effectmodule Landbouw berekent het economische effect

<sup>7</sup> Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, vs. 0.1 augustus 2019.

van een vermindering van de gewasopbrengst en/of toename van de beregening door droogte. Gedurende droge periodes gaan agrariërs meer beregenen met hogere beregeningskosten tot gevolg. Het resterende bodemvochtttekort en/of zoutstress leidt tot minder gewasopbrengst. Voor de agrariërs kan de vermindering van de gewasopbrengst gedeeltelijk worden gecompenseerd door hogere prijzen. Dit heeft echter een negatief effect op de consumenten. Voor het bepalen van deze effecten maakt de effectmodule gebruik van het bestaande effectmodel AGRICOM in combinatie met de speciaal voor het Deltaprogramma ontwikkelde (nabewerkingsmodel) Prijsstool Landbouw.<sup>8</sup>

Het economisch effect is de verandering in de omvang van het consumenten- en producentensurplus. Relevant voor de samenstelling van het consumenten- en producentensurplus is de mate waarin een verminderde landbouwproductie prijseffecten tot gevolg heeft. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de onderstaande figuren.

De *linker figuur* geeft de situatie bij afwezigheid van prijseffecten weer. Door droogte treedt opbrengstderving op ter grootte van  $q_0 - q_1$ . Doordat voor het type gewas (bijv. graan) de prijs gegeven is, kan deze producent de ten behoeve van de productie gemaakte kosten (incl. variabele kosten van beregening) niet doorbelasten naar afnemers. Daarmee komt het totale economische effect ter grootte van de oppervlakte  $(q_0 - q_1) \cdot p_0$  voor rekening van de primaire producent. De *rechterfiguur* geeft de situatie weer waarbij wel prijsdoorberekening mogelijk is. In dit geval belast de producent een deel van de kosten door naar afnemers. Ondanks het verlies aan oogst met een waarde  $(q_0 - q_1) \cdot p_0$ , stelt de marktsituatie van relatieve schaarste de producent in staat om op de hoeveelheid  $q_1$  een meeropbrengst te realiseren van  $q_1 \cdot (p_1 - p_0)$ . De mate waarin dit het initiële verlies compenseert verschilt. De gerealiseerde meeropbrengst komt ten laste van de afnemers.



**Figuur 11: Illustratie van doorwerking opbrengstderving op afzetmarkt**

#### Bepaling fysieke opbrengstderving

AGRICOM is gebruikt om de huidige en toekomstige fysieke opbrengstderving te berekenen. De opbrengstderving per gewas is het verschil tussen de potentiële en de actuele opbrengst die resteert rekening houdend met zoetwatertekorten of verzilting. Om de derving door watertekort te bepalen wordt in AGRICOM eerst de potentiële gewasopbrengst berekend aan de hand van de potentiële gewasverdamping. Vervolgens is met het model de actuele opbrengst bepaald door rekening te houden met een lagere actuele verdamping door droogte. Naast verdamping is ook verzilting van invloed op de gewasgroei. Voor de bepaling van de totale derving is in een

<sup>8</sup> Wageningen Economic Research (2017), Prijsstool Landbouw, november 2017

nabewerking de zoutstress van de overgebleven opbrengst afgetrokken. De opbrengst die overblijft is de actuele opbrengst.

Derving door natte omstandigheden wordt niet meegenomen. AGRICOM heeft wel een module om natschade te berekenen, maar de hydrologische invoer is onvoldoende betrouwbaar om de resultaten hiervan te gebruiken. Daarmee wordt het effect van droogte en verzilting in natte jaren met hevige voorjaarsneerslag mogelijk overschat. Eveneens is opbrengstderving in de glastuinbouwsector buiten beschouwing gelaten. Voor de glastuinbouw is een niet gelimiteerd wateraanbod verondersteld.

In de referentie is landgebruik, waterbeheer en berekening conform de huidige situatie. Bij de bepaling van de toekomstige fysieke opbrengstderving (zie Figuur 12) is rekening gehouden met autonome veranderingen in de Deltascenario's van de potentiële opbrengst als gevolg van veranderend landgebruik<sup>9</sup> (delta ha) en veranderende groeicondities van gewassen (delta opbrengst/ha).

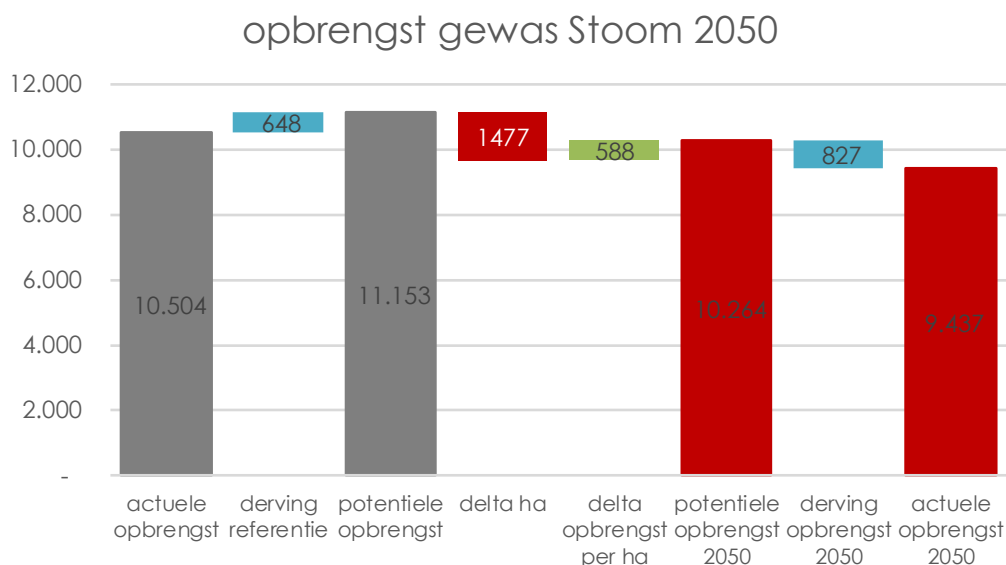
Daarnaast is rekening gehouden met autonome adaptatie in de vorm van extra berekening. Het is immers goed voorstelbaar dat bij een sterk veranderend klimaat meer agrariërs beregeningsinstallaties aanschaffen om tijdens (steeds vaker voorkomende) droge periodes door aanvulling van het bodemvocht productiederving te voorkomen. Per saldo worden hiermee de nadelige gevolgen van dalende hoeveelheden vocht in de bodem (enigszins) gedempt. Dit uit zich in een *ceteris paribus* hogere potentiële opbrengst dan zonder autonome aanpassing van het beregend areaal. Uitgangspunt bij het bepalen van de toename van het potentieel beregend areaal is dat agrariërs een rationale afweging maken tussen enerzijds de kosten van aanschaf van de installatie en anderzijds de baten van beregening in de vorm van vermeden opbrengstderving. Deze kosten-batenoverweging verschilt per gebied (bodemvochtsituatie), gewas en klimaatscenario en is bepaald met behulp van de regioscan zoetwater.<sup>10</sup>

Hoewel onderdeel van het huidige beleid houdt de modellering geen rekening met beregeningsverboden. Dit zorgt voor een verdere uitzakking van de grondwaterstanden in het model dan in de praktijk. In de praktijk wordt per saldo minder beregend dan waar nu vanuit is gegaan. Dit betekent dat het droogterisico voor de landbouw mogelijk wordt onderschat en het risico voor natuur tegelijkertijd wordt overschat. In een gevoeligheidsanalyse kan de invloed van dit uitgangspunt op de resultaten worden getoetst.

---

<sup>9</sup> Technologische ontwikkeling waarbij aanpassing van het teeltgewas aan nieuwe klimatologische omstandigheden plaatsvindt, kan zorgen voor meer adaptatie. De kwetsbaarheid van de sector neemt hierdoor autonoom af. Dit effect wordt verondersteld impliciet te zijn meegenomen in de modellen via aanpassingen van samenstelling van het gewassenpakket.

<sup>10</sup> Zie voor meer informatie STOWA (2018).



**Figuur 12: bepaling huidige en toekomstige opbrengstderving**

#### Bepalen economische doorwerking

Met de Prijstool Landbouw wordt het effect van droogte en zoutstress op prijs en droogterisico bepaald. De prijstool berekent of de prijs van een gewas stijgt wanneer opbrengstderving door droogte plaatsvindt. Dit hangt af van het aandeel van de productie verandering ten opzichte van de totale productie van dit gewas in de relevante markt (zie Tabel 6).

Wanneer Nederland een klein aandeel van een gewas op de wereldmarkt levert, bijvoorbeeld bieten of graan, heeft een afname van de productie in Nederland geen effect op de prijs op de wereldmarkt en kan de agrariër gemaakte kosten niet doorbelasten. Bij een groot aandeel op de wereldmarkt, zoals bij pootaardappelen of sierteeltproducten zullen agrariërs wel hogere prijzen voor hun producten in rekening kunnen brengen. In dat geval wordt een deel van de kosten afgewenteld op buitenlandse afnemers. Ten slotte zijn niet alle gewassen onderdeel van een internationale markt, sommige producten worden lokaal verhandeld, zoals gras en mais voor veevoer. De prijsvorming van deze gewassen is daardoor ook lokaal.

**Tabel 6: Overzicht mogelijkheden voor afwentelen kosten via prijsmechanisme**

Gewas	Prijseffect	Aandeel NL Wereldaanbod
Bieten, Granen, Fruit, Fabriksaardappel, Consumptieaardappelen, overig	nee	0%
Grasland, Mais	ja	0%
Uien	ja	2%
Pootaardappel	ja	60%
Boomteelt	ja	100%
Tulp, Hyacint, Narcis, Gladiol, Rest bollen	ja	100%

### 2.8.2 Scheepvaart

Voor de scheepvaart op de grote rivieren is voldoende diepgang van wezenlijk belang. In de zomer kunnen door droogte de waterstanden in de rivieren erg laag komen te staan. Er kan dan behoorlijke economische schade ontstaan doordat de binnenvaart genoodzaakt is af te wijken van de optimale planning om vrachten op de plek van bestemming te krijgen.

Voor de economische effecten op de scheepvaart wordt de methodiek van de Effectmodule Scheepvaart<sup>11</sup> gevolgd. Deze beschouwt de economische schade door beperkingen aan het binnenvaarttransport die ontstaat door lagere rivierafvoer door droogte. Daarbij dient 1916, het jaar in de 100-jarige reeks met de minste laagwateromstandigheden (c.q. minste diepgangbeperkingen voor scheepvaart), als nulpunt.

Bij de bepaling van de economische effecten wordt ervan uitgegaan dat alle vracht uiteindelijk de bestemming bereikt. De kosten van het transport nemen toe:

- Door een lagere beladingsgraad moeten er meer schepen varen om dezelfde hoeveelheid vracht af te leveren;
- Door diepgangbeperkingen op de gewenste route wordt uitgeweken naar andere, minder optimale routes;
- Door de inzet van meer schepen wordt het drukker en nemen de wachttijden bij sluizen toe, ook als gevolg van hevelend schutten en schutbeperkingen;
- Bij te lage waterstanden wordt vracht tijdelijk opgeslagen of wordt uitgeweken naar (duurder) transport per weg en spoor.

De reductie in lading is gelimiteerd tot 2/3 van de maximale beladingsgraad. Als de diepgang dan nog steeds onvoldoende is om te varen, wordt verondersteld dat de vracht tijdelijk wordt opgeslagen. Hierbij is vrij arbitrair gekozen voor een periode van 3 dagen. Als na 3 dagen transport per binnenvaartschip nog steeds niet mogelijk is, wordt aangenomen dat wordt uitgeweken naar andere modaliteiten (weg of spoor). Hierbij is per NSTR<sup>12</sup>-klasse een verdeling gemaakt van de vracht die naar het spoor en naar de weg gaat.

Het gevolg van de hierboven beschreven reacties op lage waterstanden zijn hogere (variabele) vaarkosten, opslagkosten en transportkosten (modal shift). Aangenomen hierbij is dat de binnenvaart hogere vaarkosten zal proberen te verrekenen in de vrachtprijs. Een deel van de kosten wordt op deze manier verhaald op afnemers van vracht. Niet alle afnemers zullen bereid zijn meer te betalen voor vervoer per binnenvaart en zullen overschakelen op weg of spoor. Hierdoor daalt per saldo de door binnenvaart vervoerde hoeveelheid vracht in een jaar.

Een belangrijk uitgangspunt bij de berekeningen is dat het potentiële verlies wordt bepaald door de kosten in een jaar af te zetten tegenover de kosten in het als natst aangemerkte jaar, 1916. In dit jaar binnen de 100-jarige reeks waren rivierafvoeren maximaal en de vaarkosten minimaal, waardoor dit jaar kan worden gezien als een jaar waarin de waterstand het minst beperkend was

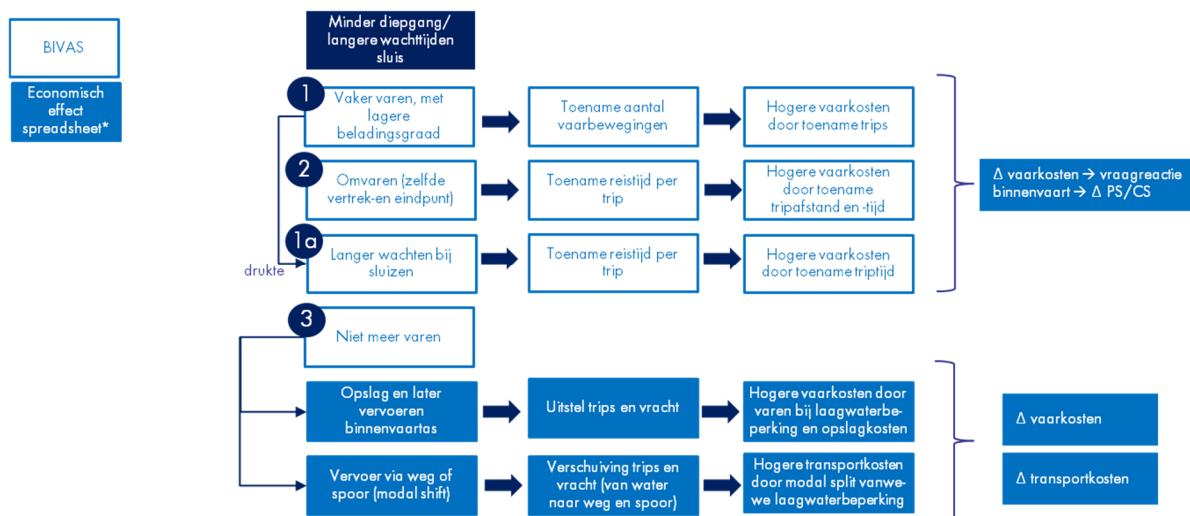
---

<sup>11</sup> De Effectmodule Scheepvaart is ontwikkeld door Deltares i.s.m. Ecorys, zie 'Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater', Deltares (2019)

<sup>12</sup> classificatie van goederen gebaseerd op de Nomenclature uniforme des marchandises pour les Statistiques de Transport, Révisée.

voor de scheepvaart. Alleen het verschil in kosten ten opzichte van 1916 wordt meegenomen bij de bepaling van het droogterisico.

In de huidige situatie is aangenomen dat voldoende opslag-, weg- en spoorwegcapaciteit aanwezig zijn om de gevolgen van droogte op te vangen. In een toekomstig klimaat zal extra capaciteit benodigd zijn om droge periodes goed door te kunnen komen. Dit vraagt om additionele investeringen. Deze investeringen in extra capaciteit verhogen (structureel) de productiekosten van de sector. In de berekeningen is aangenomen dat er een hoge bereidheid is bij vervoerders om te investeren in uitbreiding van de capaciteit om te voorkomen dat in tijden van droogte onderbreking van de logistieke keten optreedt. De totale kosten van de maatregelen worden met een bandbreedte voor de Deltascenario's geschat op ca. € 15 - 25 miljoen per jaar. Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.<sup>13</sup>



**Figuur 13: Beschouwde gedragsreacties scheepvaartsector**

### 2.8.3 Drinkwater

Voor de economische effecten op de drinkwatersector wordt de methodiek van de effectmodule drinkwater<sup>14</sup> gebruikt. Deze beschouwt alleen de effecten op drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken voor de drinkwaterproductie. De grondwaterwinning voor de drinkwaterproductie vormt geen onderdeel van deze studie. Naar verwachting heeft grondwaterwinning minder last van klimaatverandering, hoewel er ook sprake kan zijn van negatieve effecten door oplopende neerslagtekorten en een toenemende watervraag. Vooralsnog wordt aangenomen dat de drinkwatersector grondwater zal blijven onttrekken tijdens droge perioden, ook al wordt daarbij de vergunning overschreden. Eventuele boetes voor drinkwaterbedrijven zijn een financiële overdracht van de ene (semi-)overheid naar de andere. Vanuit een nationaal welvaartspectief is dit geen economisch effect. De effecten van extra

<sup>13</sup> Ecorys, Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart, Eindrapportage, april 2018.

<sup>14</sup> Effectmodule drinkwater en industrie is ontwikkeld door Ecorys, zie Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.



grondwateronttrekkingen op de natuur en landbouw zijn meegenomen in de landbouw- en natuureffectmodules wanneer ze een verdampingstekort veroorzaken.<sup>15</sup>

Een belangrijk uitgangspunt om het economisch effect op de drinkwatersector die gebruik maakt van oppervlaktewater te bepalen, is dat voor drinkwater leveringszekerheid een wettelijke verplichting is. In het huidige klimaat moet er daardoor voldoende reservecapaciteit zijn om altijd aan de leveringsverplichting te voldoen. Als gevolg van droogte en de bevolkingsontwikkeling kan er echter in toekomst vaker onvoldoende oppervlaktewater van voldoende kwaliteit beschikbaar zijn om drinkwater te produceren. Investeren in mitigerende maatregelen om waterlevering te garanderen is dan noodzaak. De beschikbaarheid van oppervlaktewater is in de berekende resultaten bij de verschillende Deltascenario's ook in de toekomst geen knelpunt.

De kwaliteit is onvoldoende als de concentratie opgeloste stoffen zoals medicijnresten, organische microverontreinigingen en chloride (verziltig) de toetswaarde overschrijdt. De maatgevende stof en toetswaarde hiervoor verschillen per locatie.

- Voor de oppervlaktewaterinnamepunten is het aantal aaneengesloten dagen dat de toetswaarde wordt overschreden bepalend voor het effect.
- Voor oeverinfiltratiepunten gaat het erom of de jaargemiddelde concentratie de toetswaarde overschrijdt.

Bij overschrijding van de norm is extra buffercapaciteit noodzakelijk of een toename van de zuiveringsinspanning. Afhankelijk van de locatie gaat het om UV-peroxidezuivering bij verontreinigingen, *reverse osmosis* bij verziltig, of additionele productiecapaciteit. Deze capaciteit wordt gecorrigeerd voor een mogelijk hogere dagvraag in droge perioden.

Deze investeringen in productiecapaciteit en de mogelijke extra kosten voor exploitatie, onderhoud en beheer verhogen de productiekosten voor de sector. De kosten van deze maatregelen liggen tussen de € 72.000 en € 282.000 per Mm<sup>3</sup> additionele buffercapaciteit per jaar. Voor de drinkwatersector geldt hierbij dat de vraag sterk inelastisch is en de kosten (vrijwel) volledig kunnen worden doorberekend. Het droogterisico is dan gelijk aan de meerkosten door investeringen en operationele kosten om de leveringszekerheid op peil te houden ten opzichte van referentie. Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.<sup>16</sup>



**Figuur 14: schema berekeningswijze economische effect uit hydrologische effect**

#### 2.8.4 Industrie

Voor industrieën met een omvangrijke watervraag is de beschikbaarheid van voldoende water met de juiste kwaliteit cruciaal voor het productieproces. Klimaatverandering kan deze

<sup>15</sup> Deltares, effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, concept, juli 2019.

<sup>16</sup> Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018

beschikbaarheid beïnvloeden en dan is sprake van een economisch effect voor de industrie. Voor de economische effecten op de industrie wordt de methodiek van de effectmodule drinkwater en industrie<sup>17</sup> gebruikt. Deze beschouwt de effecten op de proceswatervraag voor de industrie die hiervoor oppervlaktewater gebruikt.

Stillegging van de productie is voor deze bedrijven doorgaans zo kostbaar dat het zeker stellen van voldoende waterlevering door te investeren in mitigerende maatregelen de voorkeur verdient.

Voor het gebruik als koelwater zijn de effecten van een toename van de watertemperatuur beperkt verondersteld bij ontwikkeling effectmodule. Bovendien geldt dat er nauwelijks handelingsperspectief is vanuit het hoofdwatersysteem voor problemen met temperatuur en zijn kwantitatieve gegevens over kwetsbaarheid van de koelwatervoorziening voor chloride niet beschikbaar.<sup>18</sup> De hoeveelheid oppervlaktewater is ook in de toekomst geen knelpunt. Voor het gebruik als proceswater (excl. koeling) bemoeilijkt een hogere chlorideconcentratie de productie van demiwater. Hiervoor is een toename van de zuiveringsinspanning nodig. De maximale kosten zijn geschat door de hiervoor benodigde demiwaterproductiecapaciteit te bepalen. Dit is een maximum inschatting.

Deze investeringen in productiecapaciteit en de mogelijke extra kosten voor exploitatie, onderhoud en beheer verhogen de productiekosten voor de industrie. Aangenomen is dat deze kosten niet kunnen worden doorberekend om de concurrentiepositie niet te beïnvloeden en de kosten zijn verwaarloosbaar klein t.o.v. marktschommelingen (geen prijscorrectie).

Een chlorideconcentratie van 150 mg/l is gebruikt als toetswaarde. Het maximum aantal dagen waarop deze concentratie wordt overschreden, bepaalt de benodigde buffercapaciteit per scenario.

Indien klimaatverandering een verhoging van het maximum aantal overschrijdingsdagen veroorzaakt dan is het droogterisico voor de industrie gelijk aan de meerkosten door investeringen en operationele kosten ten opzichte van de referentie. De kosten van deze maatregelen zijn geschat op € 249.000 per Mm<sup>3</sup> additionele buffercapaciteit per jaar voor de industrie. Zie voor meer informatie het rapport van Ecorys.<sup>19</sup>

$$\text{Jaarlijks droogterisico} = \text{Toename dagen (> 150 mg/l)} \times \text{Productiecapaciteit per dag (Mm3/dag)} \times \text{Gem. jaarlijkse kosten per Mm3}$$

**Figuur 15:** schema berekeningswijze economische effect industrie uit hydrologische effect

### 2.8.5 Natuur

Voor de effectbepaling van de natuur is deze verdeeld in twee categorieën:

- Grondwaterafhankelijke natuur; en
- Natuur in de grote rivieren en uiterwaarden: de 'riviernatuur'.

In beide onderdelen zijn nog niet alle mogelijke aspecten en effecten meegenomen (zie Figuur 16). Dit komt omdat de gebruikte instrumenten en modellen nog in ontwikkeling zijn en nog

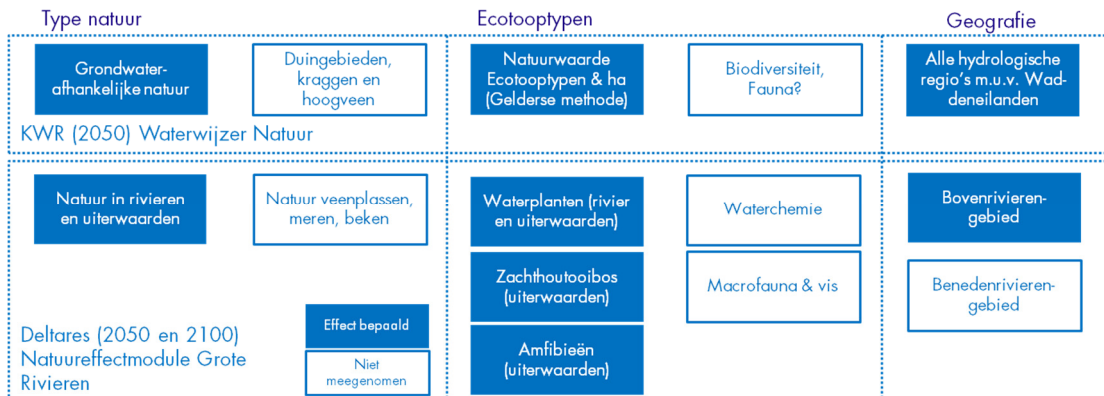
<sup>17</sup> Effectmodule drinkwater en industrie is ontwikkeld door Ecorys, zie Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte.

<sup>18</sup> Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018

<sup>19</sup> Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, 2018

niet alle benodigde dosis-effectrelaties bekend of goed te modelleren zijn. Bijvoorbeeld hoogveen ontbreekt terwijl dit wel belangrijk gevonden wordt en droogtegevoelig is. Er is niet een instrument dat alle type natuur meeneemt. Vandaar dat voor ‘droge’ en ‘natte’ natuur andere tools gebruikt worden.

Voor de natuurberekeningen is uitgegaan van de gemiddelde hydrologische effecten van de 100-jarige (of 30-jarige reeks) om de verandering voor de natuur per scenario te bepalen. Dit kan een ander resultaat opleveren dan het gemiddelde natuureffect van een 100-jarige reeks. Het laatste zou methodisch de voorkeur verdienen maar was niet praktisch uitvoerbaar.



**Figuur 16: Onderzochte onderdelen voor natuur**

#### Grondwaterafhankelijke natuur

Voor de grondwaterafhankelijke natuur is met de waterwijzer natuur (WWN) door KWR onderzocht<sup>20</sup> waar de kansen liggen voor natuur en waar bestaande natuurwaarden verloren gaan in de verschillende Deltascenario's. De effecten zijn voor de Deltascenario's Rust, Druk, Stoom en Warm in 2050 bepaald. Het effect van veranderingen in bodemkarakteristieken (relevant voor veengebieden) en het effect van saliniteit (relevant voor west-Nederland) zijn nog niet meegenomen in de waterwijzer natuur.

De kansen en risico's zijn op basis van de methode Gelderland uitgedrukt in natuurwaarde voor alle natuurgebieden, zonder focus op bijvoorbeeld Natura 2000. Deze methode houdt naast het aantal hectares met verschillende criteria rekening, zoals soortenrijkdom en zeldzaamheid. De berekende toename en afname in natuurwaarde kunnen niet zondermeer bij elkaar opgeteld worden, maar zouden gewogen moeten worden, omdat de kansen alleen verzilverd worden bij een juist vegetatiebeheer, aanwezigheid van plantenzaad et cetera, terwijl verliezen meer waarschijnlijk zijn. Natuurwaarden kunnen niet worden gemonetariseerd. In relevante werkwijzers wordt aanbevolen deze in natuurlinies uit te drukken.<sup>21</sup> Met de natuurwaarde/natuurlinies wordt de waarde van natuur op basis van een ecologische waarderingsgrondslag bepaald. Bij de afweging van maatregelen is de economische waarde van natuur ten opzichte van de kosten van de maatregel de vergelijkingsmaatstaf.

<sup>20</sup> KWR, Effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland, 2019

<sup>21</sup> CE Delft, Werkwijzer natuur, maatschappelijke kosten-batenanalyses, 2018.

### Natuur in rivieren en uiterwaarden

De natuur in de grote rivieren en uiterwaarden is voor vijf riviertakken in het bovenrivierengebied door Deltares beoordeeld met de natuureffectmodule 'Grote Rivieren'.<sup>22</sup> Het gaat in het stroomgebied van de Maas om:

- Limburgse Maas inclusief Grensmaas, stroomafwaarts tot splitsingspunt met Maas-Waal kanaal bij Nijmegen (Hoge Zandgronden Zuid);
- Bedijkte Maas, stroomafwaarts tot de stuw van Lith (Rivierengebied).

In het stroomgebied van de Rijn betreft het de Rijntakken:

- Waal, stroomafwaarts tot Zaltbommel (Rivierengebied);
- Neder-Rijn/Lek, stroomafwaarts tot de stuw bij Hagestein (Rivierengebied);
- IJssel, stroomafwaarts tot Kampen (IJsselmeergebied).

De natuureffectmodule heeft als invoer de rivierpeilen en stroomsnelheid uit het NWM (LSM-light) gebruikt om via kennisregels afgeleid uit de KRW-tool *waterplanten Rijn* en literatuur de effecten te bepalen voor verschillende waterplanten, twee amfibiesoorten en de verwachte plantenbegroeiing in zachthoutoibos.

Effecten die zijn meegenomen voor de grote rivieren, zijn de veranderingen in rivierafvoer en veranderende nutriënten kringlopen. Effecten van temperatuur, zoutindringing en veranderingen in stroomsnelheid als gevolg van veranderende rivierafvoer niet. De riviernatuur gebruikt dezelfde hydrologische input als scheepvaart.

De analyse is beschikbaar voor de Deltascenario's Rust, Druk, Stoom en Warm in 2050 en 2100. Voor de variant Parijs zijn geen bruikbare resultaten beschikbaar. Per scenario is het effect uitgedrukt in de omvang van het areaal. De verandering van het areaal geeft aan of sprake is van verbetering of achteruitgang. Deze effecten zijn niet in geld uit te drukken.

---

<sup>22</sup> Deltares, Natuureffectmodule voor de Grote Rivieren, 2019.

## HOOFDSTUK 3 HUIDIGE SITUATIE EN ONTWIKKELING HYDROLOGISCHE KNELPUNTEN

---

Dit hoofdstuk behandelt de verwachte omvang van de toekomstige zoetwaterknelpunten en de relatieve toename ten opzichte van huidig klimaat. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen scenario's in de zichtjaren 2050 en 2100. Deze analyse is gebaseerd op de rapportage van Deltares *Actualisatie knelpuntenanalyse* en het dashboard met hydrologische data: *modeldata Deltares*.<sup>23</sup>

In deze geactualiseerde knelpuntanalyse van Deltares, zijn meer knelpunten geïnventariseerd, dan waarvan de effecten in de economische analyse zijn bepaald. Deze knelpunten nemen toe in Warm en Stoom en niet in Druk en Rust. De scenario's Druk en Rust komen in grote lijnen overeen met de referentie.

Het gaat o.a. om:

- Een daling van de laagste grondwaterstand;
- Een toename van bodemvochttekorten;
- Verzilting in wortelzone;
- Droogval van beken.

Deze knelpunten leiden tot een extra risico voor de landbouw en natuur. Effecten op verstedelijking, funderingsschade, leefbaarheid en infrastructuur als gevolg van grondwaterstanden / bodemdaling zijn niet meegenomen in deze studie, maar kunnen aanzienlijk zijn.

Daarnaast nemen in geval van lagere rivierafvoeren de concentraties opgeloste stoffen toe en dringt zeewater verder binnen (verzilting), zodat vaker inlaatpunten voor industrie en drinkwater gesloten moeten worden. Dit is in de economische effectmodule ingebouwd. Bij lage afvoeren ondervindt ook de scheepvaart een knelpunt. Voor meer informatie wordt verwezen naar geactualiseerde knelpuntanalyse van Deltares.

### 3.1 NEDERLAND IN HYDROLOGISCHE GEBIEDEN

Nederland is ingedeeld in 17 waterhuishoudkundige regio's<sup>24</sup> (zie ook Figuur 17). De hydrologische regio's zijn geaggregeerd tot 5 zoetwaterregio's of knelpuntgebieden. De indeling in zoetwaterregio's wordt gebruikt bij het bespreken van de opgave en het kosten-batensaldo van deelgebieden in dit rapport. Indien nodig wordt incidenteel ingezoomd op het niveau van hydrologische regio's om meer inzicht te krijgen in de verdeling van effecten binnen een knelpuntgebied. Aan de ene kant kan een regionale detaillering meer inzicht verschaffen doordat

---

<sup>23</sup> *Modeldata Deltares* verwijst voor hydrologische data naar de dashboardversies van 19-11-18 'Dashboard 20181109 (Q 17r) – LHMmz' voor 2050 en ref17 en dashboardversie '20190410 (17r 5r) - Parijs' voor 2100 en Parijs die Deltares beschikbaar heeft gesteld voor de analyse.

<sup>24</sup> De Waddeneilanden zijn niet in het NWM opgenomen en worden daarom niet meegenomen in de analyse.

de gemiddelde tekorten per kernregio niet altijd een representatief beeld voor alle deelgebieden geven, aan de andere kant levert dit soms een schijnnaauwkeurigheid op. Er is voor gekozen de economische analyses per deelregio achterwege te laten.



**Figuur 17: Hydrologische regio's (Deltares, 2019)**

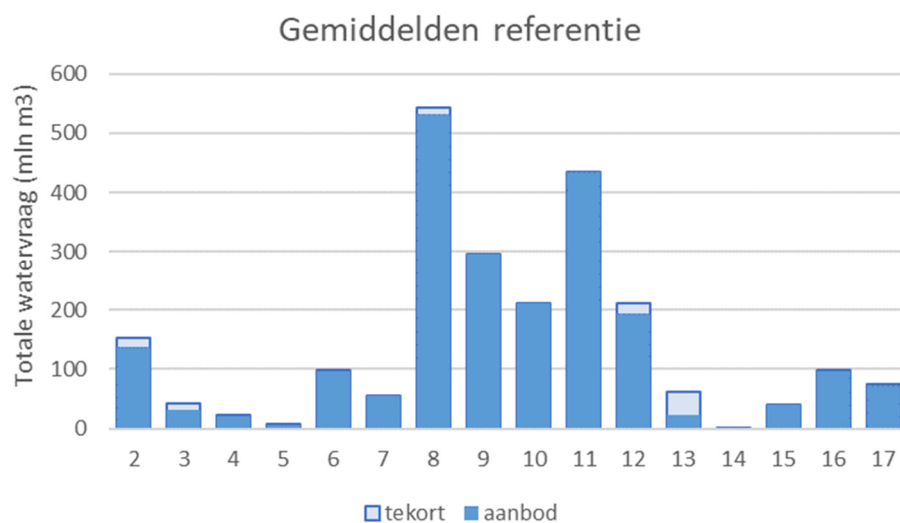
**Tabel 7: Toedeling hydrologische regio's aan zoetwaterregio's (knelpuntgebieden)**

Hydrologische gebieden	Zoetwaterregio's
1. Waddeneilanden	Niet opgenomen/ toegedeeld
2. Midden-Limburg en Noord-Brabantse kanalen gebied	Hoge Zandgronden
3. Zuid-Nederland-Midden	Hoge Zandgronden
4. Centrale hoge zandgebieden	Hoge Zandgronden
5. Oostelijk zandgebied	Hoge Zandgronden
6. Rivierengebied – noord	Rivierengebied
7. Rivierengebied – zuid	Rivierengebied
8. Fries-Gronings kustgebied	IJsselmeergebied
9. Noord-Holland	IJsselmeergebied
10. West-Nederland-West – extern verzilt	Benedenrivierengebied
11. West-Nederland-Oost – niet extern verzilt	Rivierengebied
12. Zuid-West-Nederland – met zoetwateraanvoer	Benedenrivierengebied
13. Zuid-West-Nederland – zonder zoetwateraanvoer	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer
14. Zuid-Limburg	Hoge Zandgronden
15. Flevopolders	IJsselmeergebied
16. IJssel-Vechtgebied	IJsselmeergebied
17. Drents plateau	IJsselmeergebied

### 3.2 OPPERVLAKTEWATERTEKORTEN

#### Referentie

Momenteel zijn in een gemiddeld jaar in enkele regio's oppervlaktewatertekorten (zie Figuur 18). De tekorten treden het sterkst op in de Hoge Zandgronden (regio 2 en 3) en de Zuidwestelijke Delta met en zonder aanvoer, en in beperktere vorm in het Fries-Gronings kustgebied. Een deel van de huidige vraag in Zuidwest Nederland zonder aanvoer wordt nooit bediend door het ontbreken van de aanvoer uit het hoofdwatersysteem (regio 13). De peilbeheerde gebieden op de Hoge Zandgronden hebben wel aanvoer uit het hoofdwatersysteem, maar voor een groot deel van de Hoge Zandgronden geldt dit niet. Alleen met regionale en sectorale maatregelen kan wat aan de tekorten gedaan worden, niet met maatregelen in het hoofdwatersysteem.



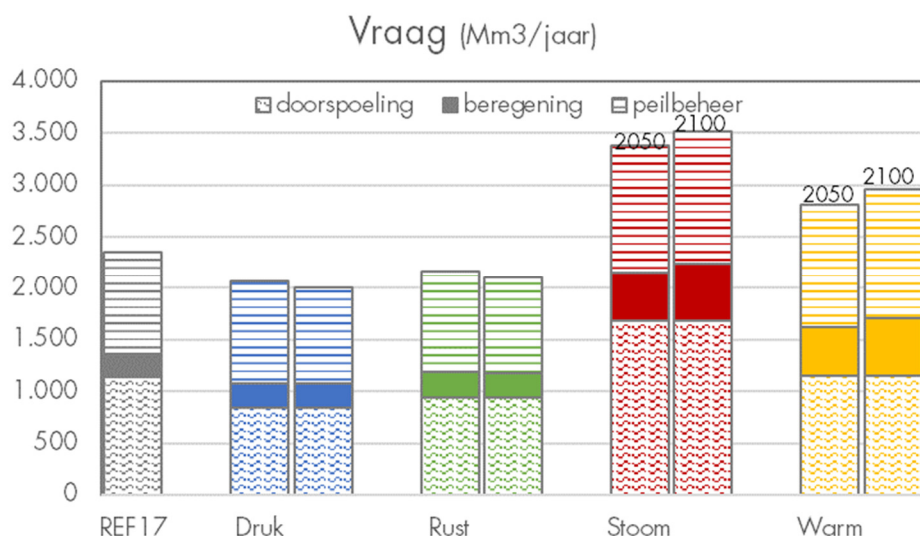
**Figuur 18: gemiddelde watervraag en tekorten per regio in referentie op basis van modeldata Deltares**

#### Ontwikkeling vraag en tekorten per scenario

De ontwikkeling van de absolute watervraag per scenario is getoond in Figuur 19.

De absolute vraag in scenario Rust en Druk neemt iets af ten opzichte van de referentie. Dit is vooral het gevolg van de doorspoelingsvraag. In Rust is de doorspoelingsvraag hoger dan in Druk vanwege het grotere landbouw- en natuurareaal. De verdamping neemt in deze scenario's in de zomer sterker toe dan de neerslaghoeveelheid. Hoewel het landbouwareaal afneemt, neemt het deel dat beregend wordt toe. De vraag naar oppervlaktewater voor beregening blijft daardoor min of meer gelijk. De watervraag voor peilbeheer blijft tot 2050 ongeveer gelijk en neemt na 2050 iets af.

De absolute vraag in de scenario's Warm en Stoom neemt sterk toe ten opzichte van de referentie. Hoewel het landbouwareaal afneemt, neemt het deel dat beregend wordt in beide scenario's sterk toe. De verdamping neemt in deze scenario's in de zomer sterker toe dan de neerslaghoeveelheid. De vraag naar oppervlaktewater voor beregening verdubbelt daardoor in 2050 en naar 2100 neemt de vraag verder toe. De watervraag voor peilbeheer neemt voor beide scenario's iets toe. In Stoom stijgt ook de watervraag voor doorspoeling. Dit is het gevolg van de sociaaleconomische ontwikkeling.



**Figuur 19: ontwikkeling watervraag per scenario op basis van modeldata Deltares**

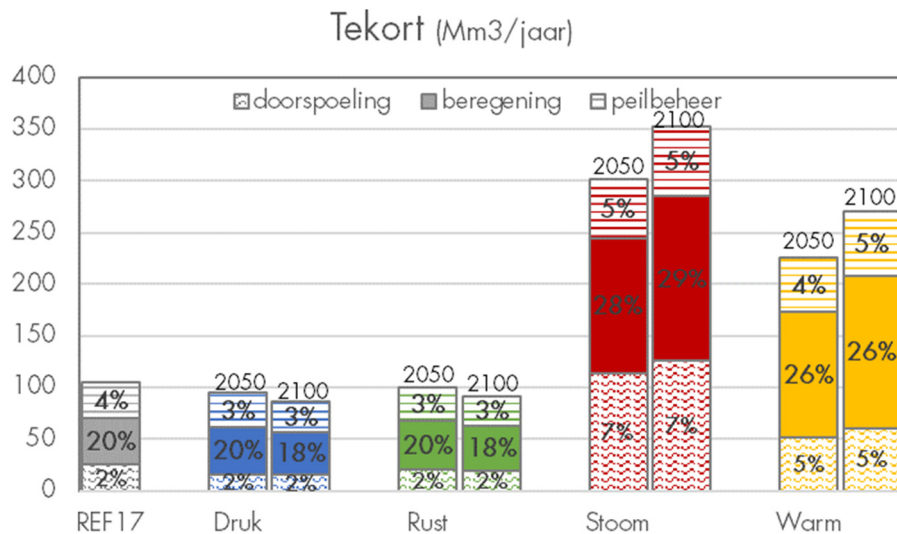
Voor de scenario's Druk en Rust nemen de absolute tekorten iets af en blijven de relatieve tekorten gelijk ten opzichte van de referentie (zie Figuur 20). Na 2050 nemen de tekorten voor beregning en peilbeheer verder af.

Het scenario Warm leidt tot een groter watertekort dan in de referentie, zowel absoluut als relatief ten opzichte van vraag. De vraag naar beregning neemt sterk toe door afname van de neerslag, toename van de verdamping in de zomer en toename van het beregeningsareaal. De laagste afvoeren van de Rijn en Maas nemen af en vergroten het knelpunt in Warm.

Het grootste tekort ontstaat in het scenario Stoom. In dit scenario neemt de vraag naar beregning toe hoewel het areaal 10% afneemt (intensieve landbouw). De tekorten worden het grootst voor de beregeningsvraag. Tekorten nemen absoluut (3x) en relatief toe, van 20% naar 28% in 2050 en 29% in 2100. De doorspoelingsvraag stijgt door de toenemende vraag uit stedelijke functies, landbouw en natuur.

Absoluut nemen de tekorten in Stoom en Warm nog iets verder toe na 2050 door de verdergaande klimaatverandering.

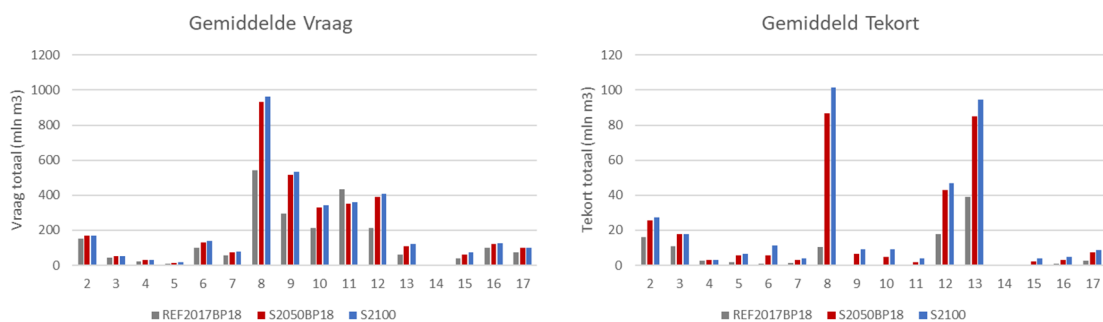




**Figuur 20:** ontwikkeling tekorten per scenario op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 19)

#### Ontwikkeling vraag en tekorten per regio in Stoom en Rust

Per regio is naar de totale vraag en tekorten volgens de scenario's Stoom en Rust gekeken. Stoom (veel klimaatverandering en hoge groei) is het scenario met de grootste watervraag, zie Figuur 21. Het scenario dat hier het meest van afwijkt is Rust (gematigde klimaatverandering en beperkte economische groei), zie Figuur 22. Rust is echter niet het scenario met de kleinste watervraag. Dat is Druk door het kleinere landbouwareaal.

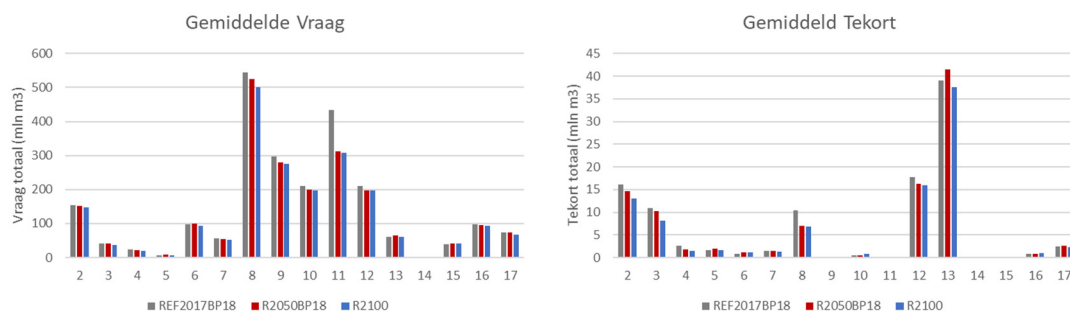


**Figuur 21:** ontwikkeling vraag tekorten per scenario in Stoom op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 22)

De totale watervraag neemt in Stoom toe met ruim 40% in 2050. Voor 2100 komt daar ruim 5% bij. De tekorten nemen in kubieke meters met bijna 200% toe in 2050 en met 50% extra in 2100. Relatief nemen de tekorten toe van 4% naar 9% in 2050 en 10% in 2100.

De totale tekorten zijn het grootst in Fries-Gronings kustgebied (8) en Zuidwestelijke delta met (12) en zonder aanvoer (13). De toename van de vraag en het tekort tussen 2017 en 2050 is volgens de modelberekeningen het grootst in het Fries-Gronings kustgebied (8).

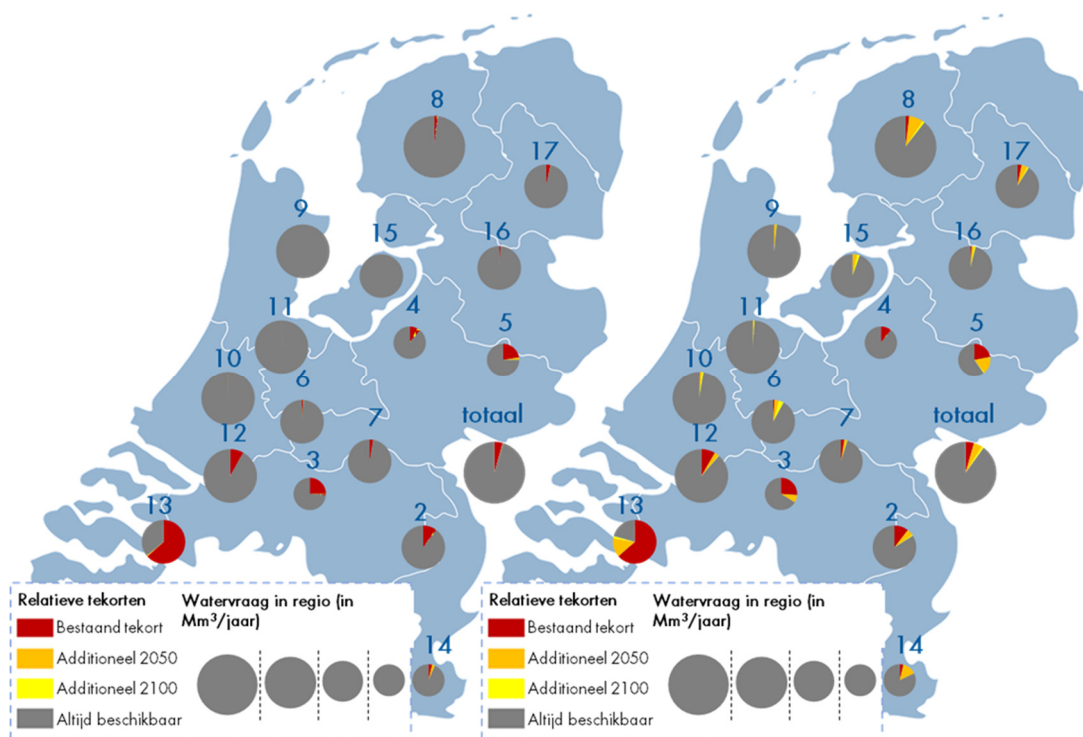
Relatief is het tekort het grootst in de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer. Daar kan met oppervlaktemaatregelen weinig aan worden gedaan.



**Figuur 22: ontwikkeling vraag tekorten per scenario in Rust op basis van modeldata Deltares (let op andere schaal dan Figuur 21)**

Totale watervraag neemt in Rust in 2050 af met 8%. In 2100 neemt vraag 3% extra af. De afname is het grootst in regio 11: *West-Nederland niet verzilt*. Tekorten nemen in 2050 af met 4% ten opzichte van de referentie en in 2100 met 8% ten opzichte van 2050.

In regio 13 en 2 bestaan de tekorten uit de beregeningsvraag en peilbeheer. In de regio 8 en 12 vooral uit doorspoeling. Regio 3 heeft vooral tekorten voor beregening. In de overige regio's zijn de absolute tekorten verwaarloosbaar.



**Figuur 23: Procentuele tekorten peilbeheer, doorspoeling en beregening in scenario Rust (links) en Stoom (rechts). Figuur opgesteld op basis van modeldata Deltares<sup>25</sup>**

<sup>25</sup> Modeldata Deltares verwijst voor hydrologische data naar de dashboardversies van 19-11-18 'Dashboard 20181109 (Q 17r) – LHMmz' voor 2050 en ref17 en dashboardversie '20190410 (17r 5r) - Parijs' voor 2100 en Parijs die Deltares beschikbaar heeft gesteld voor de analyse.

Figuur 23 laat de relatieve tekorten per regio zien. Deze zijn het grootste voor de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer, zowel in referentie (rode taartpunten), als in het Stoom-scenario. Ook op de Hoge Zandgronden (2, 3, 5) en het Drents plateau (17) zijn er grote relatieve tekorten, die toenemen in Stoom. Deze zijn moeilijk op te lossen met oppervlaktewatermaatregelen. In regio 4 neemt het bestaande (kleine) tekort niet toe in het Stoom-scenario. Een regio waar significante relatieve tekorten ontstaan in 2050 is regio 8.

Hierbij is geen rekening gehouden met extra adaptatiemaatregelen<sup>26</sup> door de gebruikers. De tekorten zijn hierdoor waarschijnlijk hoger geschat dan ze in werkelijkheid zullen optreden.

### 3.3 KNELPUNTEN DOOR GRONDWATERTEKORTEN

Het grondwaterwatersysteem van Nederland bestaat grofweg uit poldersystemen met peilgestuurde watersystemen en (deels) wateraanvoer en vrij-afwaterende systemen waar geen wateraanvoer mogelijk is. In de vrij afwaterende gebieden kan het peil beheerst worden door middel van het vasthouden van water achter stuwen. De peilgestuurde gebieden liggen over het algemeen in de lagere delen van Nederland, terwijl de vrij-afwaterende gebieden vaak op de hogere delen aanwezig zijn, zoals Veluwe, Oost-Nederland, Brabant en Limburg.

In perioden met neerslagoverschot stroomt water de bodem in naar het grondwater. Een groot deel daarvan stroomt door de ondergrond naar greppels, beken en sloten. Vanuit het ondiepe grondwater kan in perioden van neerslagtekort grondwater opstijgen naar de wortelzone. Een klein deel van de neerslag bereikt de diepere grondwaterlagen.

In het NWM worden vragen aan grondwater (voor beregening, drinkwaterbereiding, en industrieel gebruik) altijd geleverd. Een tekort vertaalt zich op deze manier in een dalende grondwaterstand. Veranderingen in klimaat beïnvloeden de grondwaterstand ook. De grondwaterstand zal stijgen bij een hogere gemiddelde neerslag. Een daling van de grondwaterstand is te verwachten bij:

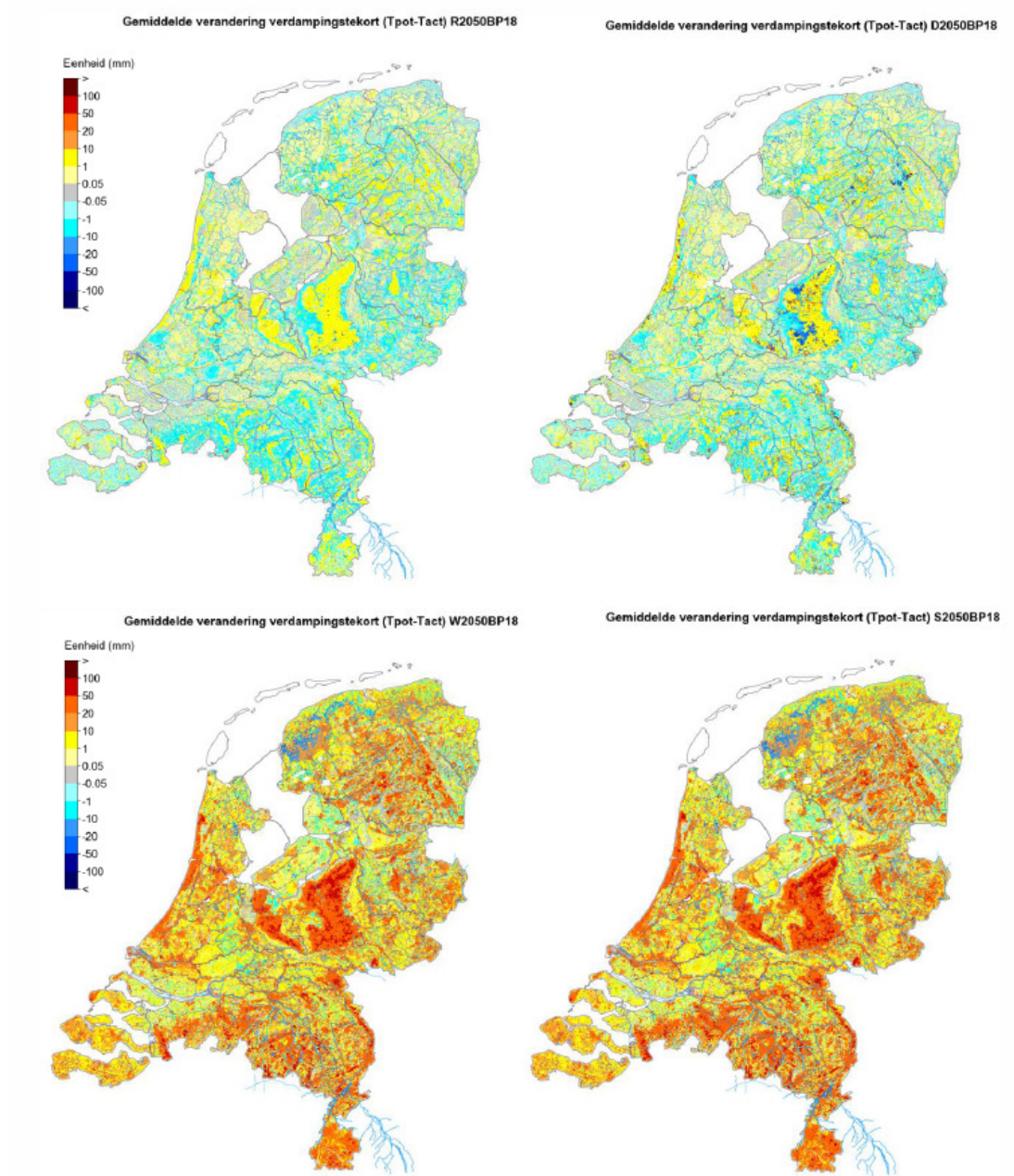
1. Een toename van de watervraag uit grondwater (voor beregening, drinkwater of industrie);
2. Een toename van de potentiële verdamping;
3. Bij bodemdaling.

Een daling van de grondwaterstand kan betekenen dat het grondwater de wortelzone niet meer bereikt en dat een verdampingstekort optreedt. Als gevolg van een verdampingstekort kan een gewas zich niet optimaal ontwikkelen en berekent het NWM een droogterisico voor landbouw en natuur.

Klimaat beïnvloedt niet als enige het verdampingstekort. Ook veranderingen in landgebruik of waterbeheer hebben invloed. In de Deltascenario's Rust en Druk wordt een beperkte verandering van het verdampingstekort berekend. Voor Stoom en Warm gaat het om een verdampingstekort van meer dan 50 mm over het hele jaar voor het beregend en niet-beregend areaal (zie Figuur 24).

---

<sup>26</sup> Buiten de toename van het beregeningsareaal in de Deltascenario's. Deze kunnen in fase 3 worden meegenomen.



**Figuur 24:** verandering van de gemiddelde verdampingstekorten voor de scenario's Rust (linksboven), Druk (rechtsboven), Warm (linksonder), Stoom (rechtsonder), overgenomen uit geactualiseerde knelpuntenanalyse, Deltares.

### 3.4 KNELPUNTEN DOOR LAAG WATER

Als gevolg van klimaatverandering kunnen er bij lagere rivierafvoeren vaker laagwatercondities optreden. Lange aaneengesloten perioden van laagwater zijn problematisch voor de scheepvaart omdat de vracht toch vervoerd zal moeten worden met lagere beladingsgraden of andere modaliteiten. De afvoer van de grote rivieren (Rijn, Maas) die voor deze situatie bepalend is, is in de Deltascenario's alleen afhankelijk verondersteld van klimaatverandering en niet van sociaaleconomische ontwikkelingen. Er zijn dus slechts twee scenario's relevant: die met matige klimaatverandering

(KNMI'14 GL - verwerkt in Druk en Rust), en die met sterke klimaatverandering ( $W_{H,dry}$ , verwerkt in Warm en Stoom).

Bij matige klimaatverandering blijkt dat de afvoeren toenemen ten opzichte van de referentie. Dit is gunstig voor de scheepvaart. Bij sterke klimaatverandering neemt de afvoer echter af. Een overschrijding van de afvoer van 750 m<sup>3</sup>/s komt in het huidige klimaat eens per 10 jaar voor en met sterke klimaatverandering in 2050 elke 3 jaar. De duur van lage afvoeren met een herhalingsperiode van 10 jaar neemt bij sterke klimaatverandering toe van 0 naar 51 dagen.

### 3.5 KNELPUNTEN DOOR ONVOLDENDE WATERKWALITEIT

In de toekomst kunnen we vaker en langer te maken krijgen met periodes van droogte, waarin de verdunning van verontreinigingen door lagere afvoeren afneemt. Het aantal dagen dat de waterkwaliteit onvoldoende is voor het beoogde gebruik van industrie of drinkwaterbedrijven neemt dan toe.

De knelpuntenanalyse laat zien dat in de scenario's Stoom en Warm zowel de drinkwatersector als de industrie vaker en langer te maken gaan krijgen met overschrijdingen van de gebruikte normen. Voor de scenario's Druk en Rust is nauwelijks sprake van een toename. De resulterende overschrijdingen per scenario staan beschreven in Hoofdstuk 4 bij de gebruiksfuncties drinkwater en industrie.

## HOOFDSTUK 4 HUIDIGE SITUATIE EN RISICO AUTONOME ONTWIKKELINGEN

In dit hoofdstuk worden per gebruiksfunctie de resultaten en conclusies voor het nulalternatief gepresenteerd.

### 4.1 LAND- EN TUINBOUW

De landbouw neemt meer dan de helft van het oppervlak van Nederland in. Het areaal cultuurgrond voor de landbouw bedraagt ca. 1,9 mln. hectare.<sup>27</sup> Het overgrote deel hiervan (ca. 70%) is in gebruik voor de productie van voedergewassen (gras- of mais). Daarnaast vertegenwoordigen granen met 10% een relatief belangrijk deel. In termen van economisch potentieel is de bijdrage van voedergewassen beduidend minder (ca. 25%) en wordt de bijdrage van hoge toegevoegde waarde teelten, waaronder fruit- en boomteelt en aardappelen, groter.

In de Deltascenario's wordt voor 2050 rekening gehouden met een krimpend landbouwareaal in verband met oprukkende verstedelijking en een grotere vraag naar natuurgebieden. De afname is het grootst in de scenario's Druk en Stoom en de variant Parijs (ca. -10%) en het kleinst in de scenario's Rust en Warm (ca. -3%). Daarnaast houden de scenario's rekening met veranderingen in de gewassenstelling.

In de Deltascenario's is een toename aangenomen van het beregeningsareaal als autonome adaptatie van de landbouw aan klimaatverandering. De landbouw kan in toekomst vaker te maken krijgen met droge periodes. Verondersteld wordt dat agrariërs hierop anticiperen en meer agrariërs zullen beschikken over een beregeningsinstallatie. Het beregeningsareaal neemt sterk toe in de Deltascenario's Warm en Stoom, als reactie op de toenemende frequentie van droogte en de hiermee samengaannde verwachte gewasopbrengstderving.

**Tabel 8: ontwikkeling areaal beregening**

Scenario	Beregeningsareaal uit grondwater [x 1000 ha]	Beregeningsareaal uit oppervlaktewater [x1000 ha]	Beregeningsareaal totaal [x1000 ha]
Referentie	183	241	424
Rust	195 (+6%)	263 (+9%)	458 (+8%)
Druk	184 (+0%)	257 (+7%)	441 (+4%)
Warm	278 (+51%)	399 (+66%)	677 (+60%)
Stoom	277 (+51%)	380 (+58%)	657 (+60%)

<sup>27</sup> Hier bedoeld: grasland en voedergewassen, akkerbouw en tuinbouw open grond, op basis van AGRICOM. Tuinbouw onder glas is niet meegenomen hierin, zie ook verwijzing naar scope in Hoofdstuk 2.



#### 4.1.1 Specifieke correcties/analyse

Bij het kwantificeren van de economische effecten op basis van de effectmodule landbouw wordt al onderscheid gemaakt tussen afnemers uit Nederland en het buitenland. De module berekent het totale economische effect voor producenten en consumenten en corrigeert deze. Voor producten waar Nederland een groot aandeel op de wereldmarkt heeft, zullen producenten een deel van het verlies verhalen via hogere exportprijzen. Het zijn dan buitenlandse consumenten waarvoor een verlies aan consumentensurplus optreedt. Om inzichtelijk te maken hoe het welvaartseffect is opgebouwd, zijn de verschillende componenten apart berekend.

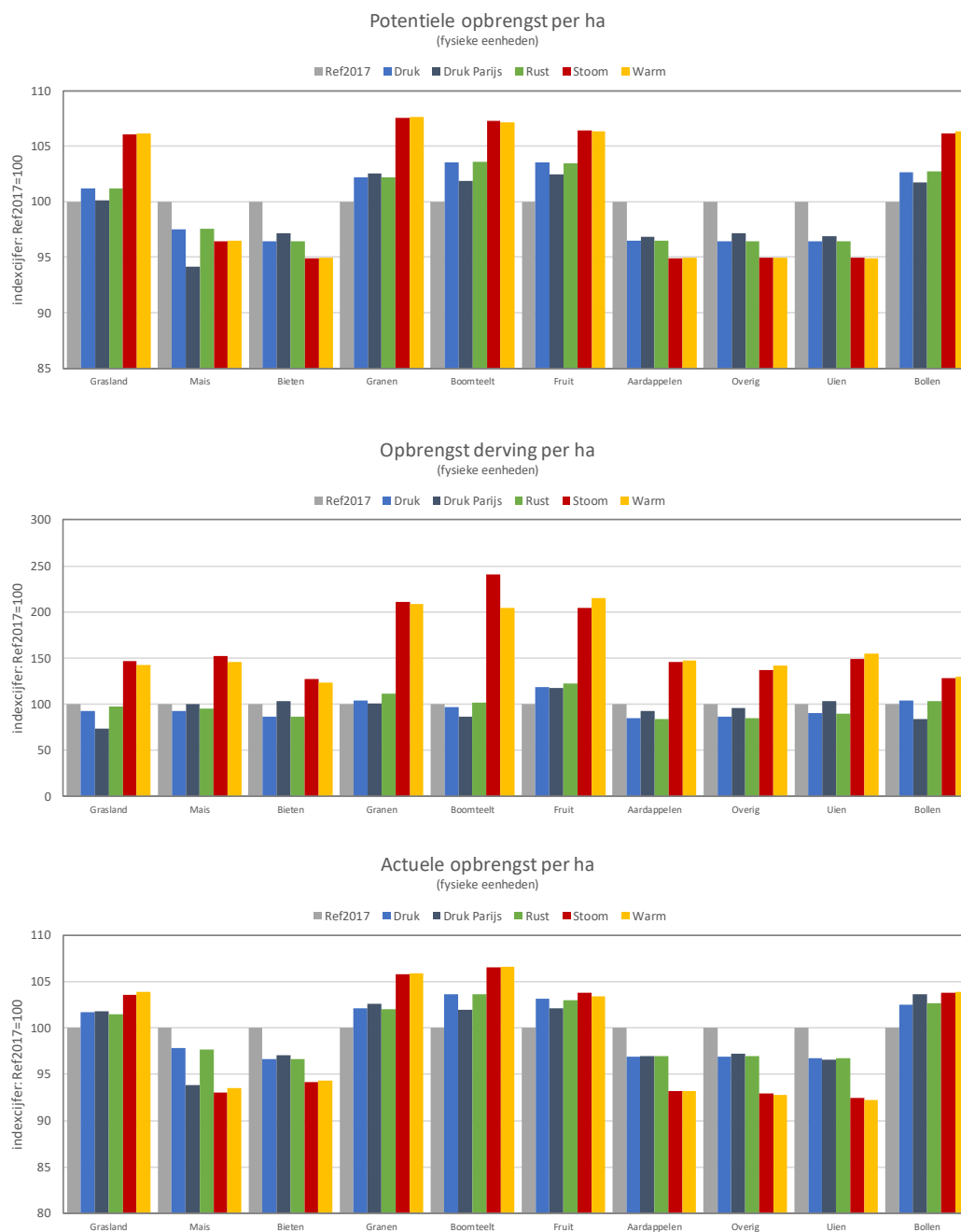
#### 4.1.2 Resultaten landbouw

Figuur 24 geeft inzicht in de ontwikkeling in de potentiële opbrengst, opbrengstderving en actuele opbrengst per hectare per scenario. Voor gras, granen, boomteelt, fruit en sierteelt neemt in Stoom en Warm de potentiële opbrengst per ha (matig tot fors) toe als gevolg van klimaatverandering. Voor mais, bieten, aardappelen en uien is sprake van dalende potentiële opbrengst per ha. In Stoom en Warm neemt ook de derving toe. In Druk en Rust is het effect op de opbrengstderving per hectare relatief beperkt.<sup>28</sup>

In alle scenario's daalt de actuele opbrengst per saldo voor mais, bieten, aardappelen en uien. De daling lijkt het gevolg van een optelsom van autonome verslechtering van de productieomstandigheden voor deze gewassen (dalende potentiële opbrengst per hectare) en oplopende zoetwatertekorten (droogte, verzilting).

---

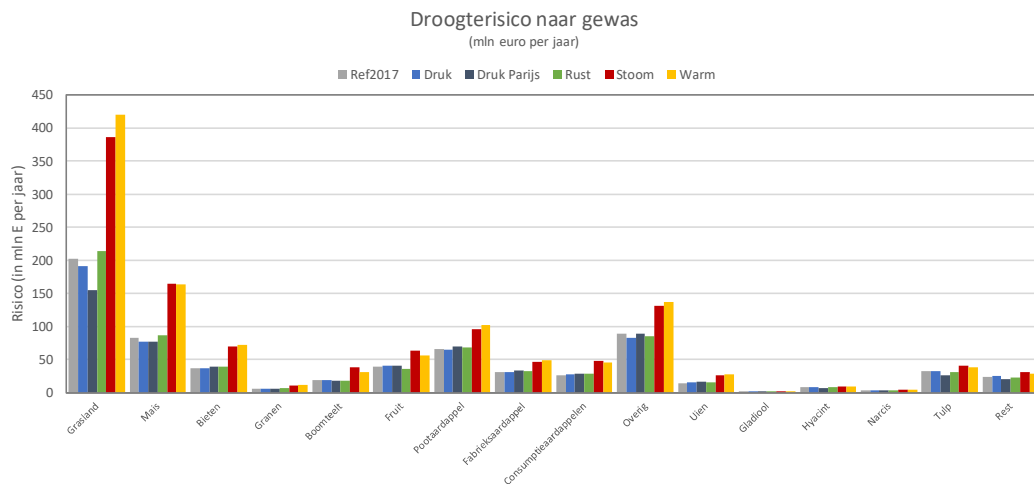
<sup>28</sup> De potentiële opbrengst per ha wordt bepaald als de langjarig gemiddelde potentiële gewasopbrengst vermenigvuldigd met de verdampingsfactor. Niet alle elementen van de verdampingsfactor zijn per Deltascenario in effectmodule aangepast. Hierdoor is de groei van de potentiële opbrengst mogelijk overschat.



**Figuur 25: verandering potentiële en actuele opbrengst en opbrengstderving per hectare per gewas en Deltascenario**

Uit de opbrengstderving en de toename van de variabele beregeningskosten kan vervolgens het droogterisico per gewas worden bepaald, zie Figuur 26. Een toename van het droogterisico is voornamelijk gebonden aan de scenario's Stoom en Warm, waarbij de toename van het risico in absolute zin voor ca. 80% is terug te voeren tot grasland en mais. Voor de scenario's Druk en Rust en de variant Parijs zijn de verschillen ten opzichte van de huidige situatie (zeer) beperkt.





**Figuur 26: droogterisico naar gewas in 2050**

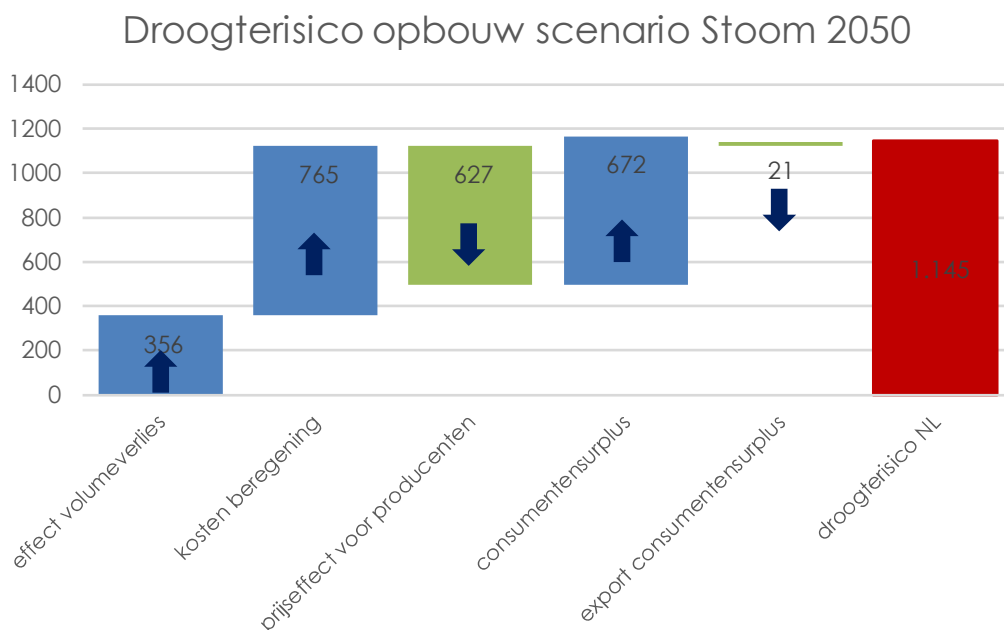
Figuur 27 illustreert de regionale verschillen in het optreden van droogterisico. Het hoogste droogterisico treedt op in de Hoge Zandgronden en in Fries-Gronings kustgebied (watertekort) en Noord-Holland (verzilting). De Hoge Zandgronden Zuid en Noord-Holland hebben ook per hectare het hoogste landbouwdroogterisico. Deze regio's zijn niet alleen groot in oppervlak, maar verbouwen relatief veel gewassen met veel derving per hectare door droogte of verzilting, zoals aardappelen, bollen en bieten.



**Figuur 27: droogterisico naar regio, totaal per regio (bovenste figuur) en per ha (onderste figuur)**

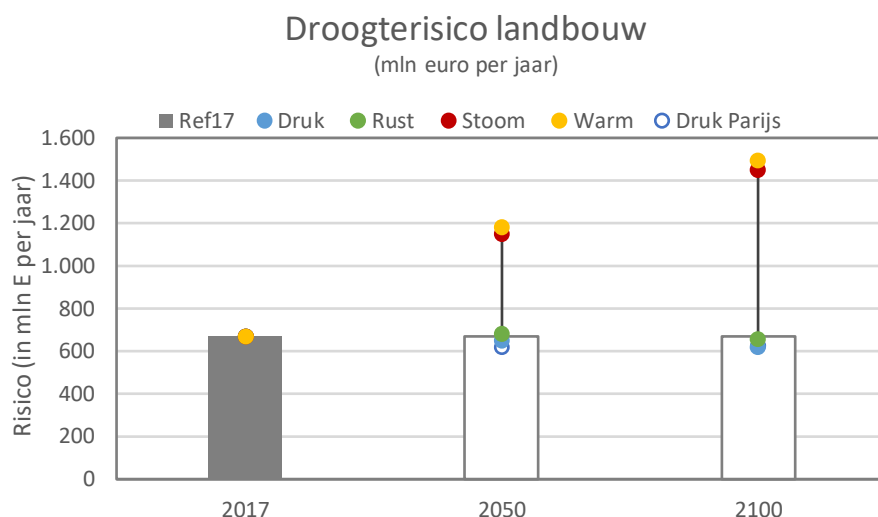
Rekening houdend met de aanwezigheid van mogelijke prijseffecten voor de betreffende gewassen, wordt de verandering van het welvaartseffect bepaald. Voor het scenario Stoom 2050

komt het geaggregeerde welvaartseffect voor Nederland als gevolg van de effecten op de landbouw uit op circa € 1,1 miljard. Hiervan bedragen de kosten van extra beregenen ca. € 765 miljoen. Een (relatief klein) deel van de kosten die primair ten laste komen van de producent (€ 21 miljoen) wordt afgewenteld via export op buitenlandse afnemers.



**Figuur 28: opbouw droogterisico Stoom 2050**

In het scenario Stoom is het welvaartsverlies voor Nederland in dezelfde grootteorde als Warm, zie Figuur 29. In Druk, Parijs en Rust verandert in termen van droogteschade en zoutstress nauwelijks iets ten opzichte van de huidige situatie.



**Figuur 29: geaggregeerde droogterisico per zichtjaar en scenario**

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een netto contante waarde van het droogterisico in 2020. Voor Parijs 2100 is aangenomen dat het risico in 2100 gelijk is aan 2050.

**Tabel 9: netto contante waarde droogterisico (na correctie weglek naar buitenland) in mln. euro.**

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm	Parijs
NCW	€ 14.597	€ 14.298	€ 14.758	€ 21.600	€ 22.044	€ 13.963
NCW t.o.v. referentie	€ -	€ -299	€ 161	€ 7.003	€ 7.448	€ -634

#### 4.1.3 Duiding en conclusies landbouw.

In de referentie is het droogterisico in de landbouw voor Nederland per jaar ongeveer € 665 miljoen (NCW € 14,6 miljard). Voor de Deltascenario's Warm en Stoom wordt rekening gehouden met een sterke toename van het risico tot ca. € 1,1 - € 1,2 miljard in 2050 en € 1,4 - € 1,5 miljard per jaar in 2100. Ten opzichte van het huidige risico is dit een toename van ca. € 500 miljoen per jaar in 2050 en € 800 miljoen per jaar in 2100. De netto contante waarde neemt ten opzichte van de referentie met ca. € 7 miljard toe.

In de Deltascenario's Druk en Rust is sprake van status quo of een kleine daling (Druk) van het droogterisico in vergelijking met de huidige situatie. Daarmee kenmerkt (de verandering van) het toekomstig droogterisico zich door een enorme bandbreedte, hetgeen de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen in de volgende fase bemoeilijkt.

De absolute toename van het droogterisico concentreert zich in enkele gebieden (Hoge Zandgronden, Fries-Gronings kustgebied) en gewassen (gras, mais). Per hectare is het risico het grootst voor de Zuidelijke Hoge Zandgronden.

Een opvallende uitkomst is dat voor sommige gewassen de verwachte toename in de potentiële fysieke opbrengsten per hectare de opbrengstderving door droogte overstijgen vanwege gunstigere groeiomstandigheden door veronderstelde hogere temperaturen (bijv. grasland, fruit, bloembollen). Voor deze gewassen leidt klimaatverandering per saldo tot gemiddeld betere productieomstandigheden.

De uiteindelijke resultaten zijn mede afhankelijk van de sociaaleconomische omstandigheden zoals landgebruik en berekening volgens de Deltascenario's. De toename van hoogwaardige landbouw (zoals groenteteelt) in combinatie met berekening in de scenario's Druk en Stoom leidt tot een toename van de berekende gemiddelde (potentiële) waarde per hectare van de landbouwopbrengst, terwijl deze bij de scenario's Rust en Warm in veel gevallen ongewijzigd blijft of juist afneemt.

Door droogte en verzilting worden lagere fysieke gewasopbrengten gerealiseerd dan in potentie maximaal haalbaar zijn. Ook nemen de kosten van berekening bij een warmer klimaat toe. In totaal maken de beregeningskosten ca. 60% van het economisch effect uit. Slechts een klein deel van het risico wordt afgewenteld op afnemers in het buitenland (1%). Dit gaat om pootaardappelen, boomteelt, uien en bollen waar Nederland een deel van de productie exporteert.

Ter duiding van de relevantie van de toename van het risico kan een vergelijking worden gemaakt met de (theoretische) waarde van de potentiële opbrengst op basis van de Effectmodule Landbouw in de referentiesituatie van € 6,4 miljard euro per jaar. Uitgaande hiervan neemt het risico toe van ca. 10% van de opbrengstwaarde in de referentiesituatie tot ca. 20% in de scenario's Warm en Stoom in 2050.

Opgemerkt moet worden dat bij het oplossen van alle watertekorten mogelijk niet de hele opbrengstderving voorkomen zal worden. In een situatie zonder droogte of verzilting is er immers

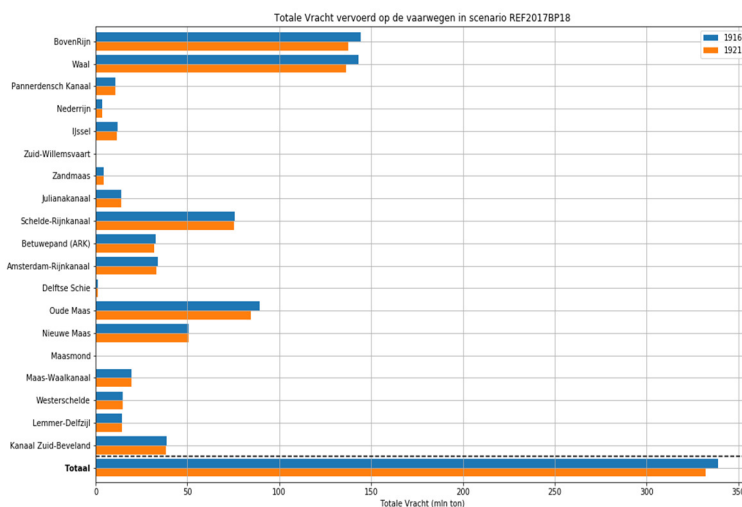
altijd nog het risico op ziekten of vernattingsschade als gevolg waarvan de actuele en potentiële opbrengst verminderen. Hiermee wordt in de berekeningen nu geen rekening gehouden. Hoe groot de maximaal haalbare actuele en potentiële opbrengst zouden kunnen zijn als rekening gehouden wordt met deze factoren vraagt vervolgonderzoek dat buiten de scope van de economische analyse valt.

## 4.2 SCHEEPVAART

De economische analyse van het droogterisico voor de scheepvaart beperkt zich tot de binnenvaart op de grote rivieren (Rijn, IJssel, Maas) en de kanalen. Deze rivieren dekken het grootste deel van de transportvolumes af en vertegenwoordigen zowel de effecten op gestuwde als ongestuwde rivieren. Overige rivieren en kanalen, net als de recreatievaart, blijven buiten beschouwing.

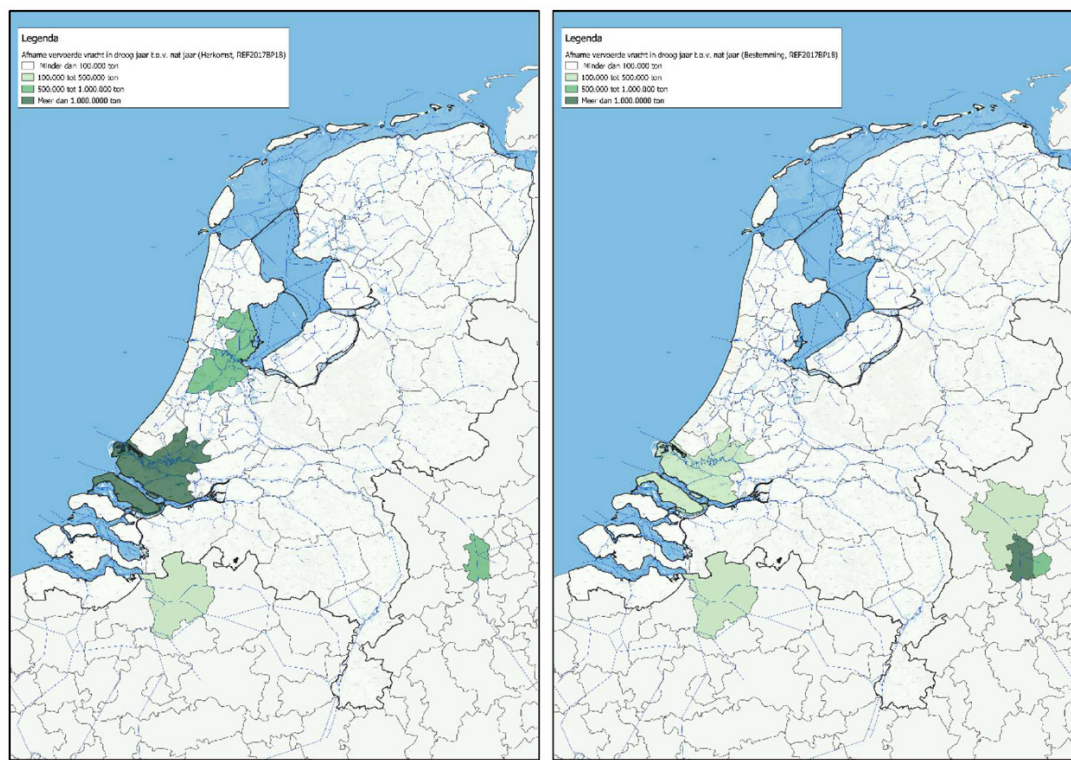
De invloed van droogte op de bevaarbaarheid verloopt voor de Rijn en de Maas via verschillende mechanismen. In de Rijn wordt de bevaarbaarheid tijdens droogte beperkt doordat de vaardiepte op een aantal kritieke punten in Nederland en Duitsland afneemt, waardoor schepen niet meer volledig beladen kunnen varen. De Maas is een gestuwde rivier, waardoor de diepgang vrijwel altijd op peil blijft. Het schutten van schepen door de sluizen bij de stuwen verplaatst echter aanzienlijke hoeveelheden water, waardoor bovenstrooms watertekort kan ontstaan. Daarom wordt op de Maas tijdens droogte het aantal schuttingen beperkt. Dat leidt tot economische schade door de langere reistijd.

Een belangrijk deel van de vracht is gesitueerd op de corridor Rotterdam-Lobith (Waal en Bovenrijn), op het Schelde-Rijntakanaal richting Antwerpen en binnen de Rijnmaasmonding (Oude en Nieuwe Maas) bij de haven van Rotterdam. In een droge periode zal als gevolg van lage waterstanden vaker moeten worden gevaren met lagere bezetting om dezelfde hoeveelheid vracht op de plaats van bestemming te krijgen. Dit uit zich in per saldo hogere vaarkosten. Bij te lage waterstanden bestaat daarnaast het risico dat vrachten niet meer per binnenvaartschip kunnen worden vervoerd. Figuur 28 illustreert dit. In een droog jaar (1921) is de totaal (direct) vervoerde vracht per saldo (gemiddeld ca. 2%) kleiner dan in nat jaar (1916). De gemiddelde bezettingsgraad van de schepen die wel vracht hebben vervoerd, komt voor een droog jaar (1921) uit op ca. 93% van de (optimale) bezetting in een nat jaar (1916).



**Figuur 30: Vervoerde vracht op de gegeven vaarwegen voor een nat jaar (1916) en een droog jaar (1921)**

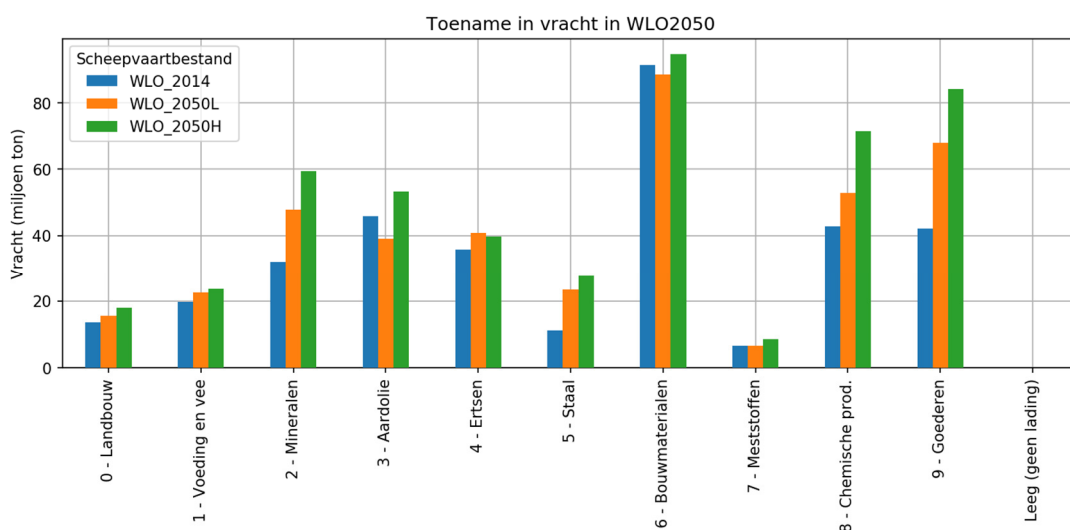
De afname van de vervoerde vracht als gevolg van (te) grote ondiepte (=niet-vervoerde vracht) is het grootst op de corridor Rotterdam (Herkomst) – Duitsland (Bestemming). Door beperkingen in de diepte op de Rijn zijn de gevolgen op deze corridor het grootst.



**Figuur 31: Afname in vervoerde vracht in een droog jaar (1921) ten opzichte van een nat jaar (1916), met links de herkomst en rechts de bestemming van de vracht.**

Voor het huidige klimaat (referentiescenario) rekent BIVAS<sup>29</sup> met ruim 400.000 vaarbewegingen per jaar. In toekomstige situaties neemt dit aantal toe door de economische groei, tot maximaal 550.000 vaarbewegingen in 2050 op basis van het scenario WLO-hoog. Het WLO-hoogscenario wordt gebruikt in de Deltascenario's Druk en Stoom en het WLO-laagscenario in de Deltascenario's Rust en Warm. Figuur 3.9 geeft inzicht in de veronderstelde ontwikkeling van de vervoerde vracht tot 2050. Na 2050 wordt de groei op nul verondersteld.

<sup>29</sup> BIVAS staat voor "Binnenvaart analyse systeem" en is ontwikkeld voor Rijkswaterstaat om netwerkanalyses uit te voeren voor de binnenvaart.



**Figuur 32: Vervoerde vracht in de scenario's WLO\_2050L en WLO\_2050H ten opzichte van basisjaar 2014**

#### 4.2.1 Specifieke correcties/analyse

Ten opzichte van de standaardmethodiek waarbij wordt gewerkt met een 100-jarige reeks is voor de scheepvaart voor het zichtjaar 2100 en Druk Parijs een 30-jarige reeks gebruikt in de analyses. In deze 30-jarige reeksen ontbreekt 1916 als natste aangemerkte jaar en als nulpunt waartegen de toename van de vaar- en transportkosten voor de andere jaren uit de reeks worden bepaald. In de 30-jarige reeks geldt 1981 als het natste jaar. Het jaar 1981 kenmerkt zich ten opzichte van 1916 echter door meer lage rivierafvoeren en al relatief hoge kosten ten gevolge van droogte, waardoor de aan droogte gerelateerde kosten voor 2100 in de verschillende jaren in de reeks worden onderschat. Om die reden is het voor het klimaat van 2050 aangepaste jaar 1916 als referentiejaar toegevoegd aan de 30-jarige reeks. Ook met deze aanpassing is de inschatting voor het droogterisico voor 2100 minder nauwkeurig.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt aangenomen dat partijen in de logistieke keten autonoom investeren in capaciteit om de kans te minimaliseren op het niet adequaat kunnen hanteren van vrachten in de toekomst. Uitgangspunt in de berekening is dat de sector een zeer kleine kans accepteert en dusdanig investeert in aanpassing van de opslag-, weg- en spoorcapaciteit dat er in het meest extreme jaar cumulatief een periode van 30 dagen kan worden overbrugd (dat wil zeggen om vracht tijdelijk op te slaan dan wel per weg of spoor te vervoeren zonder dat op deze modaliteiten knelpunten ontstaan). Hoeveel uitbreiding in capaciteit benodigd is, verschilt per scenario. De berekening van de structurele capaciteit is daarnaast sterk gevoelig voor de minimale afvoer in het betreffende scenario voor de in beschouwing genomen zichtjaren. Door gebruik van de 30-jarige reeks ontbreekt het meest droge jaar 1921 voor het zichtjaar 2100. De benodigde kosten voor een structurele uitbreiding zouden zo in 2100 worden onderschat. Om die reden is ervoor gekozen voor 2100 uit te gaan van eenzelfde bedrag aan autonome investeringen in aanpassing van de opslag-, weg- en spoorcapaciteit als voor het zichtjaar 2050.

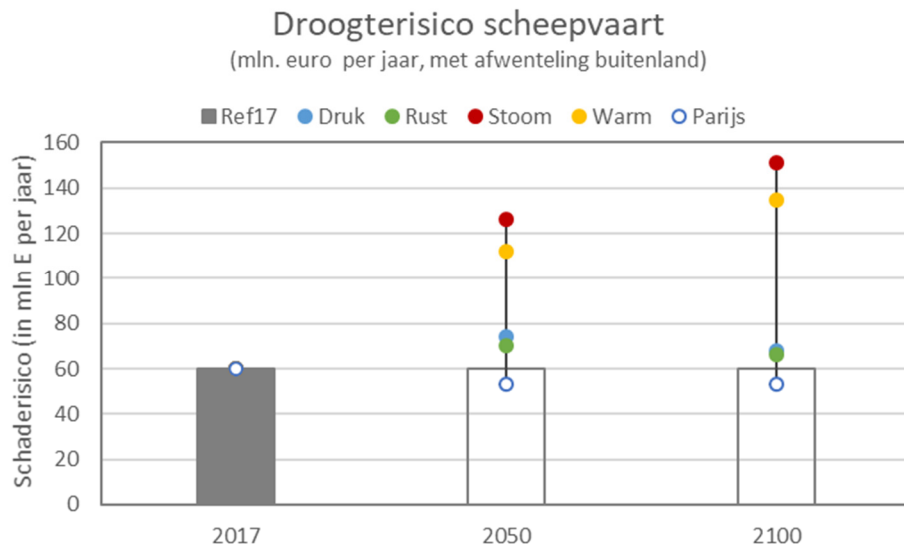
#### 4.2.2 Resultaten fase 2

Tabel 10 laat zien hoe het droogterisico in de verschillende scenario's is opgebouwd. Het grootste deel van het risico bestaat uit de toename van de vaarkosten. De toename van de vaarkosten zorgt

er ook voor dat bepaalde afnemers afhaken (vraaguitval). Het totale droogterisico bestaat verder uit de meerkosten voor het in tijden van droogte overschakelen op andere modaliteiten en uit de adaptatiekosten voor capaciteit. Dit risico wordt verondersteld te worden doorbelast aan de afnemers in de vorm van hogere prijzen. De binnenvaartsector haalt een belangrijk deel van zijn omzet uit de export, ca. 50%. Op die manier wordt een deel van het risico geëxporteerd. Het welvaartsverlies voor Nederland is daarmee ca. 50% van het totale droogterisico.

**Tabel 10: opbouw droogterisico per scenario**

	2017	2050					2100 incl. correctie 30-/100-jarige reeks (1981 -/- 1916)			
	Ref	Druk	Rust	Stoom	Warm	Parijs	Druk	Rust	Stoom	Warm
Toename vaarkosten door laagwater	97	114	101	177	157	90	111	100	216	191
Vraaguitval	5	5	5	11	10	3	3	3	11	10
Meerkosten extra opslag	5	8	6	16	14	7	4	3	19	16
Meerkosten modal shift	4	4	3	29	26	1	1	1	39	34
Toename structurele kosten	-	15	23	14	16	4	15	23	14	16
Totaal risico laagwater	111	146	139	248	222	104	134	131	299	267
Afwenteling (aandeel NL)	53,6%	50,7%	50,6%	50,7%	50,6%	50,7%	50,7%	50,6%	50,7%	50,6%
Economisch effect NL	60	74	70	126	112	53	68	66	151	135
(Verschil t.o.v. huidig)	-	14	11	66	53	-7	8	7	92	76



**Figuur 33: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario**

In alle Deltascenario's neemt het droogterisico voor de scheepvaart toe. Voor de scenario's Stoom en Warm is het negatieve economische effect het grootst. In Druk en Rust is de toename relatief beperkt. In de variant Parijs ligt het gemiddelde jaarlijkse risico lager dan in de Deltascenario's voor 2050. Omdat voor deze variant een reeks van 30 jaar is gebruikt, zijn de resultaten minder nauwkeurig en niet een op een vergelijkbaar met de resultaten van de andere scenario's die zijn gebaseerd op 100 jaar.



De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een netto contante waarde van het droogterisico in 2020. Voor Parijs 2100 is aangenomen dat het risico in 2100 gelijk is aan 2050. Dit zal mogelijk tot een lichte overschatting leiden, doordat in Druk het risico iets afneemt van 2050 naar 2100.

**Tabel 11: netto contante waarde droogterisico in mln. euro.**

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm	Parijs
NCW	€ 1.317	€ 1.489	€ 1.440	€ 2.243	€ 2.054	€ 1.225
NCW t.o.v. referentie	€ -	€ 172	€ 123	€ 926	€ 737	€ -92

#### 4.2.3 Duiding en conclusies

Het Nederlands droogterisico voor de scheepvaart is in de referentie ongeveer € 60 miljoen per jaar (NCW € 1,3 miljard). De ontwikkeling van het droogterisico varieert per Deltascenario. Voor Druk en Rust neemt het jaarlijks risico in beperkte mate toe (+ ca. € 10 miljoen). In de Deltascenario's Stoom en Warm neemt het risico significant toe. Voor Stoom verdubbelt het risico naar ca. € 126 miljoen in 2050 waarna het risico verder oploopt tot ca. € 151 miljoen in 2100. Voor Warm komt het jaarlijkse risico in beide zichtjaren uit op respectievelijk ca. € 112 miljoen en € 135 miljoen. De netto contante waarde neemt in Stoom en Warm ten opzichte van referentie met respectievelijk € 0,9 en € 0,7 miljard toe.

In bovenstaande bedragen is er rekening mee gehouden dat de scheepvaartsector het risico in belangrijke mate via de prijs kan afwentelen op afnemers, waarvan ongeveer de helft buitenlandse klanten. Het totale risico is derhalve ca. 2x zo hoog als de hierboven vermelde cijfers.

Veruit het grootste deel van het risico (ca. 90% voor de referentie en 70-80% voor de Deltascenario's) bestaat uit de extra vaarkosten die worden gemaakt doordat bij lagere afvoeren gekozen wordt voor alternatieve (suboptimale) vaarroutes (omvaren) en het nodig is vaker te varen in verband met aanpassing van de beladingsgraad.

Het overige deel van het risico bestaat uit kosten voor het tijdelijk opslaan van vracht, de meerkosten van het vervoer per weg of spoor, extra structurele capaciteit voor spoor, weg en opslag, en enige vraaguitval.

Het risico neemt in de berekeningen deels toe door een veronderstelde toename van de hoeveelheid per binnenvaart vervoerde vracht in de Deltascenario's in de periode tot 2050. Door deze groei van de binnenvaart nemen de gevolgkosten bij droogte in absolute zin toe. De toename in vracht bedraagt rond de 10-20% voor Rust en Warm en 30-40% voor Druk en Stoom.

In de referentie is ca. 87% van het risico terug te voeren op het vervoer van (droge en natte) bulk. In de Deltascenario's daalt dit aandeel en valt een groter deel van het droogterisico aan het containervervoer toe. Dit wordt deels verklaard door in de Deltascenario's aangenomen relatief sterke toename van het containervervoer (ten opzichte van bulk). Daarnaast wordt in droge periodes bij containers sneller gekozen voor (duurder) transport per weg of spoor, terwijl voor bulk (tegen relatief lage kosten) tijdelijk opslag plaatsvindt. Ten opzichte van de totale omzet á ca. € 2,6 miljard<sup>30</sup> per jaar in de binnenvaartsector bedraagt de toename van het risico in Warm en Stoom enkele procentpunten (2-4%).

<sup>30</sup> Maritieme Monitor 2018, Nederland Maritiem Land (2018).

### 4.3 DRINKWATER

Nederland verbruikt 1.160 miljoen m<sup>3</sup> (2016) drinkwater per jaar<sup>31</sup>. Daarvan wordt 55% gewonnen uit grondwater, 40% uit oppervlaktewater en 5% uit natuurlijk duinwater en oeverinfiltratie. In West-Nederland is het oppervlaktewater afkomstig uit de Rijn, de Maas en het IJsselmeer de belangrijkste bron voor drinkwater. Prognoses voor de ontwikkeling van de vraag naar drinkwater tot 2050 variëren van een lichte daling in het scenario Rust (-10%) tot een sterke stijging in scenario Stoom (+35%).<sup>32</sup> Bij Druk neemt de vraag licht toe (+10%) en bij Warm blijft de vraag nagenoeg gelijk tot 2050.

Drinkwater stelt zeer hoge eisen aan de waterkwaliteit en put uit specifieke delen van het Nederlandse watersysteem. Bij overschrijdingen van gestelde kwaliteitsnormen stoppen drinkwaterbedrijven tijdelijk de waterinname, mengen ze water, of zetten ze additionele zuiveringsprocessen in. Bij innamestops van water moet men voldoende buffercapaciteit hebben of alternatieve bronnen. In de praktijk worden ook tijdelijk ontheffingen aangevraagd bij overschrijding van de normconcentraties.

Drinkwaterbedrijven kunnen in de toekomst vaker en langer te maken krijgen met periodes van droogte, waarin de verdunning van verontreinigingen afneemt en innamestops vaker en langer optreden. Droogte veroorzaakt lagere afvoeren met als gevolg een toename van chlorideconcentratie of toxische stoffen (bestrijdingsmiddelen, medicijnresten) en een mogelijke stijging van de watertemperatuur. Ook toekomstige sociaaleconomische ontwikkelingen, waaronder een steeds ouder wordende bevolking, kunnen effect hebben op de waterkwaliteit.

De duur van de overschrijding van een maatgevende stof kan leiden tot een toename van de benodigde investeringen om aan de leveringsplicht te kunnen voldoen.

---

<sup>31</sup> Vewin, Dutch Drinking Water Statistics 2017, 2017

<sup>32</sup> Deltares (2018), Actualisering 2017, Deltascenario's voor 21e eeuw.



**Figuur 34: geanalyseerde drinkwaterinnamepunten**

Tabel 12 en Figuur 34 presenteren welke innamepunten die oppervlaktewater gebruiken, zijn geanalyseerd.

**Tabel 12: geanalyseerde drinkwaterinlaatpunten**

Innamepunt oppervlaktewater/ oevergrondwater	Waterbedrijf	Productie drinkwater (Mm <sup>3</sup> / jaar) <sup>33</sup>	Productie industriewater (Mm <sup>3</sup> / jaar)
1. Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)*	Evides	127	39
2. Nieuwegein (Lekkanaal)	Waternet	65	23
3. Brakel (Afgedamde Maas)*	Dunea	75	0
4. Andijk (IJsselmeer)	PWN	63	12
5. Nieuwegein (Lekkanaal)*	PWN	16	0
6. 7 productielocaties Oasen (oeverinfiltratie Lek)*	Oasen	43,6	0
7. Heel (lateraalkanaal Maas)*	WML	20	0
8. Engelse Werk (IJssel)*	Vitens	9	0
9. Vechterweerd (Overijsselse Vecht)	Vitens	5	0
10. De Punt (Drentsche Aa)	WBG	7	0

\* Locaties waarvoor analyse drinkwater is uitgevoerd

<sup>33</sup> Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie, en Vewin (2017), Drinkwaterstatistieken 2017.

Niet voor alle drinkwaterinnamepunten was het mogelijk de analyse uit te voeren vanwege modelbeperkingen (nr. 4, deel 6), overschakeling op grondwater (nr. 10) of onvoldoende zicht op de kwaliteit van het gebruikte effluent (nr. 9).

De maatgevende stoffen en toetswaarden waarvoor de analyse is uitgevoerd, verschillen per drinkwaterlocatie.<sup>34</sup> In principe zijn de door het drinkwaterbedrijf opgegeven stoffen en waarden gebruikt.<sup>35</sup> Naast deze stoffen en waarden die door drinkwaterbedrijven zijn opgegeven, zijn ook analyses uitgevoerd voor concentraties carbamazepine (medicijn). Die zijn gebruikt ter vervanging van de toetswaarde voor bromide, die niet goed gemodelleerd kan worden. De signaalwaarde (0,1 µg/l voor carbamazepine) wordt nu volgens de analyses al vaak overschreden.

**Tabel 13: gebruikte toetswaarden en maatgevende stoffen**

Sluitingsdagen	Carbamazepine > 0,1 µg/l	Chloride > 150 mg/l	Chloride > 200 mg/l	Glyfosaat > 1 µg/l	Ampa > 1 µg/l
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	Toetswaarde 1 # dagen				
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	Signaalwaarde # dagen i.p.v. bromide		Toetswaarde 1, # dagen		
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	Toetswaarde 1 # dagen	Toetswaarde 2, # dagen			
PWN - Andijk (IJsselmeer)	Geen resultaten				
PWN - Nieuwegein (Lekkanaal)	Signaalwaarde # dagen i.p.v. bromide		Toetswaarde 1, # dagen		
Oasen - 7 productielocaties Oasen (Lek)		Toetswaarde 1 jaargem. Oeverinfiltratie			
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)				Toetswaarde 1, # dagen	Toetswaarde 2, # dagen
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	Maatgevende waarde # dagen dat IJsselaflow lager is dan huidige laagste zomeraflow referentie				
Vitens - Vechter Weerd (Overijsselse Vecht)	Geen resultaten				
WBG - De Punt (Drentsche Aa)	Geen resultaten				

#### 4.3.1 Specifieke correcties/analyse

Ten opzichte van de standaardmethodiek zoals beschreven in Hoofdstuk 2, waren er voor twee locaties specifieke correcties nodig. Het gebruik van de 30-jarige reeks voor het zichtjaar 2100 en de variant Parijs maakten een extra benaderingsslag nodig om de methodiek toe te passen.

<sup>34</sup> KWR (2017), Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie.

<sup>35</sup> Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie.

## Oasen

Oasen gebruikt voor de drinkwatervoorziening zes pompstations gelegen aan de Lek. Het opgepompte water is een mengsel van rivierwater van verschillende ouderdom gemengd met lokaal grondwater. Piekconcentraties microverontreinigingen in het oppervlaktewater worden op deze manier uitgevlakt tijdens bodempassage. Voor de locaties waar drinkwaterwinning via oeverinfiltratie plaatsvindt, is daarom de jaargemiddelde chlorideconcentratie van belang in plaats van het aantal dagen dat de toetswaarde wordt overschreden. Chlorideconcentraties nemen niet af tijdens bodempassage of conventionele zuivering en de jaargemiddelde drinkwaternorm is 150 mg/l. Als deze norm wordt overschreden is aangenomen dat voor de hele jaarproductie een oplossing gezocht wordt. Deze oplossing bestaat bij Oasen uit *reverse osmosis*.

## Engelse Werk

Vitens produceert drinkwater hoofdzakelijk uit grondwater, maar voor twee locaties wordt gewonnen grondwater aangevuld met oppervlaktewater. Een kwetsbare oevergrondwaterwinning is Engelse Werk, waar oevergrondwater wordt gewonnen uit de IJssel. Daarnaast is er bij Engelse Werk nog sprake van een grondwaterwinning. Deze winning staat los van de IJssel, maar de afvoer van de IJssel kan bij deze winning een beperkende factor zijn doordat minimaal 60% van het geproduceerde water volgens de vergunning afkomstig moet zijn van de IJssel. Dit is omdat het intrekgebied voor grondwaterwinning niet te groot mag zijn en de stad Zwolle bereiken. We nemen aan - in lijn met de methodiek in de effectmodule - dat in de referentie de buffercapaciteit voldoende is. De buffercapaciteit zou dan voldoende zijn voor de laagste afvoer van de IJssel in de 100-jarige reeks. Deze bedraagt in de modelresultaten voor de IJssel ter hoogte van Westervoort 73 m<sup>3</sup>/s. In de Deltascenario's Rust, Druk en Parijs komt de laagste afvoer niet onder deze waarde uit en er is dan ook geen droogterisico. In de scenario's Stoom en Warm is er in 2050 90 dagen en in 2100 100 dagen sprake van een lagere afvoer. Dit bepaalt de investering in additionele reservecapaciteit, nl. de watervraag gedurende 90 respectievelijk 100 dagen.

## Vergelijkbaarheid 30- en 100-jarige reeksen

Voor de meeste oppervlaktewaterinnamepunten is het aantal sluitingsdagen per jaar maatgevend voor het droogterisico. Uitgangspunt is dat in minder dan 1% van de gevallen er een probleem mag ontstaan. Voor de scenario's waarbij gewerkt is met een 100-jarige klimaatreeks kan de buffercapaciteit dan worden afgeleid uit het aantal sluitingsdagen in het jaar met het hoogste aantal sluitingsdagen. Dit aantal wordt vergeleken met het maximum aantal sluitingsdagen per jaar in de referentie. Een toename betekent dat er aanvullende reservecapaciteit moet worden aangelegd. De kosten hiervan vormen het droogterisico. Omdat voor de variant Parijs en de scenario's voor 2100 een reeks van 30 jaar is gebruikt, is dezelfde methodiek niet direct toepasbaar. Dit komt omdat het meest extreme jaar qua sluitingsdagen niet in de gekozen 30 jaar hoeft te vallen. Dit bleek het geval waardoor er een correctieslag nodig was om op basis van de modelresultaten voor 30 jaar een 100-jarige reeks te benaderen. Op basis van de benaderde 100-jarige reeks is het droogterisico voor 2100 en Parijs bepaald. Door de benadering zijn de resultaten minder nauwkeurig en minder vergelijkbaar met de resultaten die daadwerkelijk gebaseerd zijn op 100 jaar.

### 4.3.2 Resultaten drinkwater

Tabel 14 laat zien hoeveel dagen extra capaciteit er per scenario nodig zijn. Het maximaal aantal dagen dat extra capaciteit nodig is, neemt toe in Stoom. Ook voor Warm neemt het aantal sluitingsdagen in de meeste gevallen toe (voor 2100 en een deel van 2050). Het aantal

beperkingen neemt af in Druk ten opzichte van de referentie, behalve in het Lekkanaal. De concentratie carbamazepine hangt af van de bevolkingsomvang en die neemt sterker toe in Druk en Stoom. De concentratie is in de Parijsvariant gemiddeld lager. In Rust neemt het aantal beperkingen gemiddeld verder af ten opzichte van de referentie.

**Tabel 14: sluitingsdagen voor verschillende scenario's (in rood toename t.o.v. referentie)**

Dagen reservecapaciteit (dagen zonder productie)	Maatgevende stof	Ref 17	Rust 2050	Druk 2050	Warm 2050	Stoom 2050	Parijs 2050	Rust 2100	Druk 2100	Warm 2100	Stoom 2100
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	carbamazepine > 0,1 µg/l	163	91	140	161	167	80	90	113	174	170
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	carbamazepine > 0,1 µg/l	290	290	300	289	299	294	251	227	309	303
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	carbamazepine > 0,1 µg/l	26	15	18	28	34	5	6	9	31	33
PWN - Nieuwegein (Lekkanaal)	carbamazepine > 0,1 µg/l	290	290	300	289	299	294	251	227	309	303
Oasen - 7 productie-locaties Oasen (Lek)*	chloride > 150 mg/l	deels overschrijding	deels overschrijding	deels overschrijding	100% overschrijding	100% overschrijding	deels overschrijding	deels overschrijding	deels overschrijding	100% overschrijding	100% overschrijding
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)	ampa > 1 µg/l	76	64	66	90	93	66	65	67	96	102
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	Minimum afvoer < ref	-	-	-	90	90	-	-	-	100	100

\* het gaat om wel/niet overschrijding van jaargemiddelde concentratie. In gematigde scenario's is niet altijd sprake van overschrijding. In scenario's Warm en Stoom is dit wel voor alle locaties het geval.

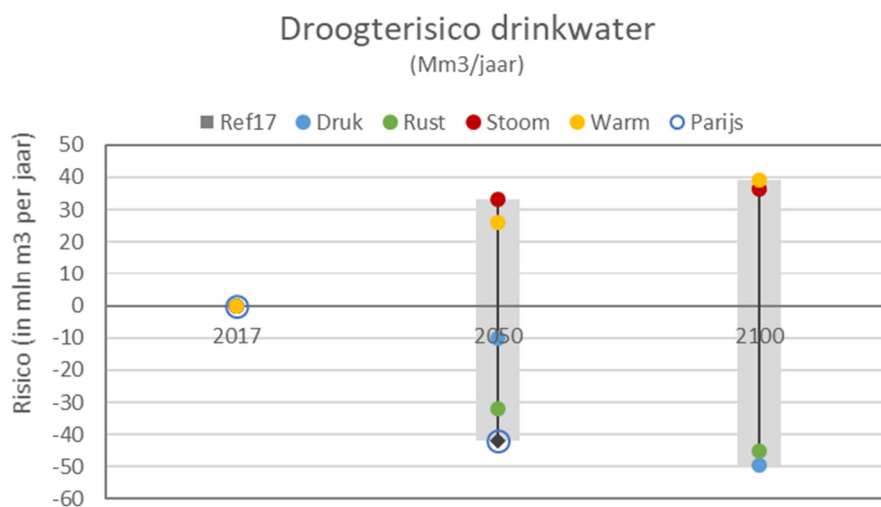
Uit het aantal sluitingsdagen worden de kosten berekend (zie Tabel 15) nodig om voldoende drinkwater te kunnen leveren in de te overbruggen periode. Voor het scenario Stoom in 2050 is het droogterisico bijna € 9 mln. De meerkosten zullen niet leiden tot vraaguitval en evenmin is sprake van grote import of exportvolumes waardoor ook het economisch effect voor Nederland € 9 mln. bedraagt.

**Tabel 15: berekening van droogterisico voor scenario Stoom 2050**

Extra capaciteit (max)	Extra sluitings-dagen	jaarcapaciteit incl. correctie droogte*	Extra benodigde capaciteit	Extra jaarkosten*	Economische effect
	Stoom 2050	Mln. m3	Mln. m3	€ per Mm3	€ mln. per jaar
Evides - Gat van de Kersloot (Maas, Biesbosch/Amer)	4	165	1,8	€ 72.689	€ 0,13
Waternet - Nieuwegein (Lekkanaal)	9	85	2,1	€ 72.689	€ 0,15
Dunea - Brakel (Afgedamde Maas)	8	82	1,8	€ 72.689	€ 0,13
PWN - Nieuwegein (Lekkanaal)	9	21	0,5	€ 72.689	€ 0,04
Oasen - 7 productielocaties Oasen (Lek), oeverinfiltratie	365	22	22,0	€ 282.418	€ 6,21
WML - Heel (lateraalkanaal Maas)	17	26	1,2	€ 72.689	€ 0,09
Vitens - Engelse Werk (IJssel)	90	16	3,85	€ 537.176	€ 2,07
<b>Totaal</b>			<b>33,3</b>		<b>€ 8,8</b>

\*resultaten berekend met kentallen effectmodule Ecorys

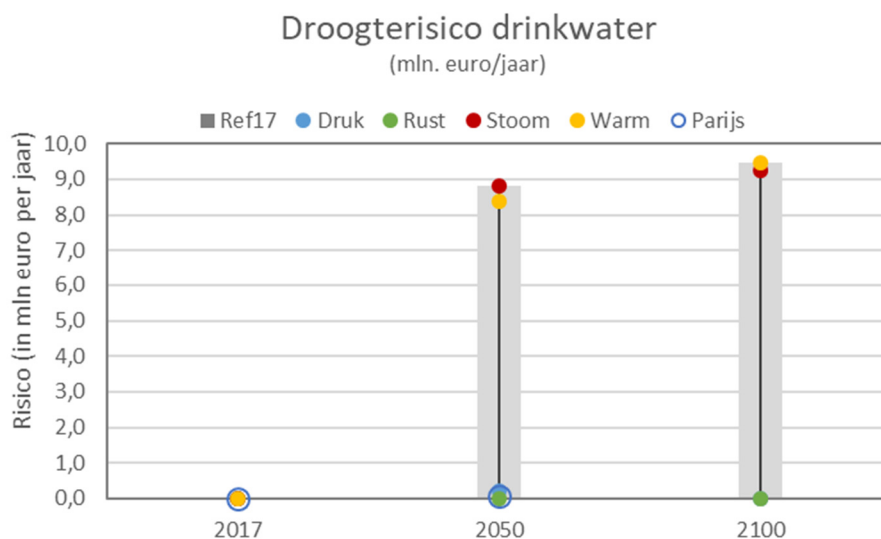
Ook in het Deltascenario Warm komt de risicoberekening uit op € 9 mln., zie Figuur 36. In Druk, Rust en Parijs is er nauwelijks sprake van een droogterisico en neemt de benodigde buffercapaciteit af, zie Figuur 35.



**Figuur 35: ontwikkeling benodigde reservecapaciteit per zichtjaar en scenario**

In de referentie is aangenomen dat het droogterisico nul is omdat drinkwaterbedrijven een leveringsverplichting hebben. Ze moeten voldoende reservecapaciteit hebben om de sluitingsdagen te overbruggen.

Vermindering van de benodigde buffercapaciteit in de gematigde scenario's levert dan geen voordeel op doordat de kosten voor voldoende reservecapaciteit al gemaakt zijn in de referentie. Op termijn zou de reservecapaciteit mogelijk slechts deels vervangen kunnen worden.



**Figuur 36: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario**

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een netto contante waarde van het droogterisico in 2020. Voor Parijs 2100 is aangenomen dat het risico net als in Druk en Rust € 0 is in 2100. Hiermee komt de NCW uit op € 0 tot € 2 mln. in de gematigde scenario's en de referentie. De warmere scenario's hebben een NCW van rond de € 115 mln.



**Tabel 16: netto contante waarde droogterisico in mln. euro.**

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm	Parijs
NCW	€ -	€ 2	€ -	€ 117	€ 113	€ 1

#### 4.3.3 Duiding en conclusies

Voor de drinkwatersector is alleen sprake van een droogterisico in de warmere Deltascenario's Stoom en Warm. Het droogterisico ligt dan op € 9 mln. per jaar, in 2050 een krappe € 9 mln. in 2100 een ruime € 9 mln. De netto contante waarde neemt ten opzichte van de referentie met ca. € 115 miljoen toe. Het berekende droogterisico is het grootst voor Oasen bij de Lek en Vitens op de locatie Engelse Werk.

Niet alle drinkwaterbedrijven die gebruik maken van oppervlaktewater zijn in de resultaten meegenomen. Het mogelijke extra droogterisico voor deze bedrijven is naar verwachting echter klein.

In de Deltascenario's Rust, Druk en Parijs neemt het aantal sluitingsdagen ten opzichte van het huidige klimaat gemiddeld af. Dit levert niet direct een besparing op omdat de reserv capaciteit al in huidige klimaat nodig is. Op termijn kan dit wel leiden tot lagere vervangingskosten dan in het huidige klimaat. De afname is echter klein en de onzekerheden in de verschillende berekeningen groter.

Berekeningen voor de concentratie carbamazepine leiden tot een hoog aantal sluitingsdagen, ook in het huidige klimaat (bijv. 290 dagen voor Lek). Het grote aantal dagen overschrijding van de drempelwaarde van carbamazepine is opvallend, omdat in de huidige situatie er geen langdurige sluiting is van innamepunten door deze stof. Deze stof is door verschillende drinkwaterbedrijven meestal ook niet als maatgevend aangegeven. Een verklaring hiervoor kan worden gevonden in de gebruikte drempelwaarde. In de praktijk wordt deze gebruikt als een signaalwaarde. Innamepunten zullen niet altijd sluiten als deze waarde wordt bereikt. De gepresenteerde resultaten voor carbamazepine geven dus een conservatieve schatting van de problemen bij de desbetreffende drinkwaterinnamepunten. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de concentraties op termijn in de praktijk daadwerkelijk problemen kunnen gaan geven, omdat bij een groeiende bevolking en stijgend medicijngebruik de concentraties verder zullen toenemen. De medicijnrestenschattingen, waaronder carbamazepine, worden betrouwbaar geacht vanwege de uitgevoerde validatie.<sup>36</sup>

De schatting van de chlorideachtergrondconcentratie is minder betrouwbaar, doordat er onvoldoende gegevens zijn over de chlorideconcentratie van (individuele) regionale wateren en de locaties van chloridebronnen. Voor de overige stoffen (bestrijdingsmiddelen) geldt hetzelfde als voor chloride. De herkomst van de stof is onduidelijk en daarbij kan er geen betrouwbare schatting worden gegeven van de bijdrage van deze stoffen aan de concentratie in de Nederlandse wateren. Hierdoor kunnen de concentraties worden over- of onderschat. De vrachten uit het buitenland worden in de Deltascenario's bovendien constant verondersteld. Doordat de debieten op de Rijn en Maas veranderen heeft dat invloed op de berekende concentraties.

<sup>36</sup> Deltares, Effectmodules, juli 2019.

Voor de reguliere drinkwaterinnamepunten lijken de inschattingen van het economisch effect vrij betrouwbaar doordat gebruik is gemaakt van de kosten van maatregelen die de sector zelf zou kunnen nemen. Voor de oeverinfiltraties (Oasen) is sprake van een overschatting van het economisch effect doordat bij overschrijding van de norm het economische effect gelijk wordt gesteld aan de kosten van het omzetten van de hele jaarproductie van het innamepunt naar *reverse osmosis*. In de praktijk kunnen de kosten beperkt worden met een gedeeltelijke overstap om onder een concentratie van 150 mg/l uit te komen of een andere verdeling van de productie tussen de innamepunten.

De meerkosten van de extra zuivering van oppervlaktewater en buffercapaciteit zullen worden doorberekend aan de consument en veroorzaken in 2050 dan een stijging van maximum 2 ct. per m<sup>3</sup> in de scenario's Warm en Stoom<sup>37</sup>, indien toegerekend aan drinkwater uit oppervlaktewater. Het tarief voor consumenten was in 2016 gemiddeld € 1,41 per m<sup>3</sup> (€ 1,11 tot € 2,32 per m<sup>3</sup>).<sup>38</sup>

De toename van het jaarlijkse droogterisico lijkt daarmee gemiddeld nog steeds betaalbaar voor alle gebruikers en inkomensgroepen. Voor enkele drinkwaterbedrijven die te maken krijgen met een relatief hoog droogterisico (bijvoorbeeld Oasen) kan de toename hoger uitpakken: een toename<sup>39</sup> van maximaal 14 ct. per m<sup>3</sup> in de scenario's Warm en Stoom. De verschillen tussen gemeenten en drinkwaterbedrijven zijn nu groter dan deze toename.

#### 4.4 INDUSTRIE

De industriesector gebruikt water op twee manieren: daadwerkelijke onttrekking en tijdelijk gebruik als koelwater. De totale onttrekking is circa 3400 miljoen m<sup>3</sup>. Hiervan betreft 2600 miljoen m<sup>3</sup> oppervlaktewater en 770 miljoen m<sup>3</sup> grondwater.<sup>40</sup> Het gebruikte oppervlaktewater bestaat uit circa 190 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor proceswater en de rest van het oppervlaktewater wordt gebruikt als koelwater.

De netto omzet van de Nederlandse industrie die afhankelijk is van oppervlaktewater en proceswater voor het realiseren van productie bedroeg in 2016 € 228 miljard of 71% van de industriële netto omzet.<sup>41</sup> Deze industrie stelt wisselende eisen aan de kwaliteit van het water, en is bijvoorbeeld gevoelig voor het chloridegehalte, naast andere indicatoren voor de waterkwaliteit. Voor industriewater gelden geen wettelijke normen, maar er zijn vaak wel afspraken gemaakt omdat een te hoog chloridegehalte schadelijk kan zijn voor de industrie.

In de industriesector vinden twee tegenstrijdige ontwikkelingen plaats. Enerzijds zal de vraag naar water toenemen met de economische groei, anderzijds zullen efficiëntere installaties en gesloten waterketens, eventueel gestimuleerd door beleid, de vraag weer doen afnemen. De scenario's binnen het Deltaprogramma houden rekening met een maximum bandbreedte van Rust (-40%) tot Stoom (+15%) in 2050. Bij zowel Druk als de variant Parijs krimpt de vraag met 30% en in Warm daalt de vraag tot 2050 met 10%. Dit hangt samen met verschillen in economische groei en klimaatverandering.

---

<sup>37</sup> € 9 mln. / (40% x 1160 mln. M3)

<sup>38</sup> Vewin (2017), Drinkwaterstatistieken 2017

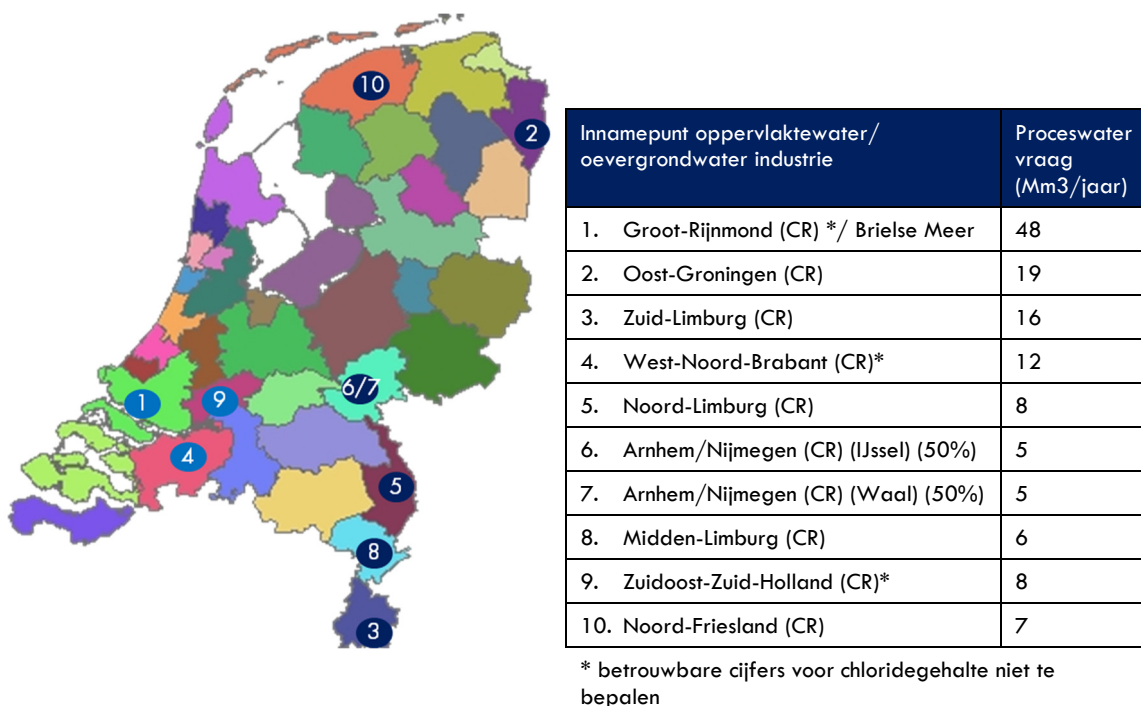
<sup>39</sup> € 6,2 mln / 43,7 mln. m<sup>3</sup>

<sup>40</sup> Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.

<sup>41</sup> Ecorys, Welvaartseffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport, 2018.

Voor de berekening van het droogterisico zijn de industriegebieden met de grootste proceswatervraag geanalyseerd waar alleen achtergrondconcentraties voor chloride een rol spelen. Industrielocaties (die oppervlaktewater gebruiken) waar externe verzilting en interne verzilting<sup>42</sup> een rol spelen kunnen met het huidige instrumentarium nog niet goed gemodelleerd worden. Dit is het geval voor West-Nederland. Voor West-Nederland met de industriegebieden in Groot-Rijnmond, West-Noord-Brabant, Zuidoost Zuid-Holland spelen externe verzilting en interne verzilting een belangrijke rol. Om voor deze gebieden bruikbare data te vinden moeten de fysieke processen nauwkeuriger worden gemodelleerd. Dit is niet mogelijk in deze economische analyse. Vanwege de omvang van de vraag in Groot-Rijnmond is voor het deel dat water uit het Bernisse – Brielse Meer gebruikt wel een aanvullende analyse gedaan.

De watervraag in gebieden met informatie dekt daardoor slechts een deel van de totale vraag af. Het berekende droogterisico voor de industrie wordt daardoor onderschat.



**Figuur 37: industrielocaties met proceswatervraag**

#### 4.4.1 Specifieke correcties/analyse

Een deel van het gebruik in Groot-Rijnmond is in fase 2 geschat op basis van een aanvullende studie.<sup>43</sup> Voor Groot-Rijnmond komt een deel van het water uit het Brielse Meer en een deel uit andere bronnen. Voor het Brielse Meer speelt achterwaartse verzilting en nalevering een rol.<sup>44</sup> De

<sup>42</sup> Interne verzilting is verzilting door brakke of zoute kwel, externe verzilting ontstaat door aanvoer van brak oppervlaktewater.

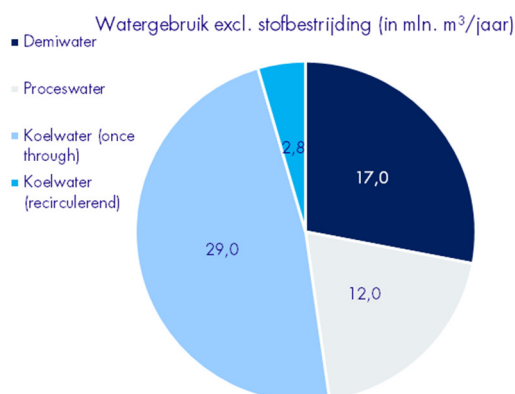
<sup>43</sup> Deltares, Voorspellen optreden nalevering bij Bernisse, mei 2019

<sup>44</sup> Nalevering is het proces waarbij door windopzet eerst zout via de Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Spui het Haringvliet instroomt (achterwaartse verzilting) en bij gesloten Haringvlietssluisen weer terug stroomt via het Spui naar het noorden (nalevering) en en voor langdurige verhoging van de chlorideconcentraties bij Bernisse /Brielse Meer kan zorgen.

maximale concentratie van nalevering neemt naar verwachting niet toe door klimaatverandering, de duur en frequentie wel (Stoom en Warm). Vanwege de verwachte omvang van het risico van nalevering is hiervoor door Deltares een indicatieve schatting gemaakt. Achterwaartse verzilting zonder nalevering is naar verwachting beperkt doordat het netto waterstandsverschil tussen het Haringvliet en de Noordzee beperkt is en het kantelpunt in de huidige klimaatscenario's nog niet wordt bereikt.

De kosten voor nalevering zijn afhankelijk van de gemiddelde duur en het aantal 'events'. Een 'event' is een situatie waarin meer dan 7 dagen nalevering optreedt.

Voor recirculerende koeling (norm 250 mg/l) en proceswater (norm 150 mg/l) is aangenomen dat drinkwater wordt bijgemengd om de chlorideconcentratie onder de norm te krijgen.



**Figuur 38: watergebruik industrie Brielse Meer**

Voor de demiwatervraag moeten extra kosten voor chemicaliën en energiegebruik worden gemaakt bij een te hoog chloridegehalte. In totaal is het jaarlijks risico in de referentie € 0,9 mln. per jaar. Dit neemt toe met € 0,3 mln. per jaar in Warm en € 0,6 mln. per jaar in Stoom.

De toename in Stoom is gevolg van de grotere watervraag, terwijl de watervraag krimpt in Warm (zie Tabel 17).

**Tabel 17: droogterisico per scenario Brielse Meer 2050<sup>45</sup>**

	Referentie/ Druk/ Rust	Warm	Stoom
Aantal events	41 per 100 jaar	51 per 100 jaar	51 per 100 jaar
Duur events	26 dagen	30 dagen	30 dagen
Risico koelwater per event	€ 0,11 mln.	€ 0,11 mln.	€ 0,15 mln.
Risico proceswater per event	€ 1,80 mln.	€ 1,87 mln.	€ 2,39 mln.
Risico demiwater per event	€ 0,31 mln.	€ 0,36 mln.	€ 0,36 mln.
Gemiddeld risico per jaar	€ 0,91 mln.	€ 1,20 mln.	€ 1,48 mln.

<sup>45</sup> Het berekende risico is een boveninschatting, doordat is aangenomen dat de gemiddelde concentratie chloride bij een naleveringsevent 400 mg/l bedraagt. Waarschijnlijk ligt gemiddelde concentratie lager.

#### 4.4.2 Resultaten industrie

Tabel 18 laat het maximum aantal dagen zien per scenario dat de normwaarden overschreden worden. Het maximum aantal dagen neemt in de scenario's Warm en Stoom voor enkele locaties toe t.o.v. de referentie. Parijs heeft geen effect ten opzichte van Druk 2050. De gebruikte 30-jarige klimaatreeks voor Parijs en 2100 bleek minder extreem dan de 100-jarige reeks voor 2050 en de referentie. Resultaten van de 30-jarige reeks zijn daarom gebruikt om een representatieve 100-jarige reeks via extrapolatie te benaderen, net als bij drinkwater. Door de benadering zijn de resultaten minder nauwkeurig en minder vergelijkbaar met de resultaten die daadwerkelijk gebaseerd zijn op 100 jaar.

**Tabel 18: sluitingsdagen voor verschillende scenario's bij verhoogde chloride achtergrondconcentraties (excl. interne/externe verzilting)**

Innamepunt oppervlaktewater/oevergrondwater	Toetswaarde # dagen overschrijding	Ref 17	Rust '50	Druk '50	Warm '50	Stoom '50	Parijs '50**	Rust '00**	Druk '00**	Warm '00**	Stoom '00**
Groot-Rijnmond (CR)*	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Oost-Groningen (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zuid-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	11	13	13	70	69	13	12	12	83	82
West-Noord-Brabant (CR)	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	3	3	0	0	0	5	5
Arnhem/Nijmegen (CR) (IJssel/Waal)	chloride >150 mg/liter	9	0	0	89	89	0	0	0	162	162
Midden-Limburg (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	3	3	0	0	0	5	5
Zuidoost-Zuid-Holland (CR)*	chloride >150 mg/liter	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Friesland (CR)	chloride >150 mg/liter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*Betrouwbare cijfers voor chloridegehalte niet beschikbaar

In Stoom neemt het risico toe tot € 1 mln. in 2050 en € 2 mln. per jaar in 2100 maar zonder de industrie in West-Nederland. De inschatting voor het risico bij nalevering in Brielse Meer bedraagt € 1,5 mln. per jaar ofwel € 0,6 mln. extra ten opzichte van referentie.

Voor scenario Warm is het risico gelijk, respectievelijk € 1 mln. en € 2 mln. eveneens zonder effecten voor West-Nederland. De inschatting voor het risico bij nalevering rond het Brielse Meer bedraagt € 1,2 mln. per jaar ofwel € 0,3 mln. extra ten opzichte van referentie.

Voor de scenario's Druk, Rust en Parijs is het risico in 2050 en 2100 verwaarloosbaar. In 2100 neemt het aantal dagen dat een overschrijding optreedt met 1 dag af in Zuid-Limburg. Het risico blijft verwaarloosbaar. Parijs heeft geen effect ten opzichte van Druk.

**Tabel 19: droogterisico voor verschillende scenario's**

2050 (2100 indien afwijkend)	Referentie, Rust, Druk, Parijs		Stoom '50 (2100)		Warm '50 (2100)	
	Extra reservecapaciteit (mln. m <sup>3</sup> )	Jaarkosten (mln. euro) **	Extra reservecapaciteit (mln. m <sup>3</sup> )	Jaarkosten (mln. euro)**	Extra reservecapaciteit (mln. m <sup>3</sup> )	Jaarkosten (mln. euro)**
Groot-Rijnmond (CR) incl. Brielse Meer*	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Oost-Groningen (CR)	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Zuid-Limburg (CR)	0,1 (0,0)	0,02 (0,01)	2,5 (3,1)	0,63 (0,77)	2,6 (3,2)	0,64 (0,76)
West-Noord-Brabant (CR)	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Limburg (CR)	0,0	-	0,1	0,02 (0,03)	0,1	0,02 (0,03)
Arnhem/Nijmegen (CR)	-0,2	-	2,5 (4,2)	0,55 (1,04)	2,2 (4,2)	0,55 (1,04)
Midden-Limburg (CR)	0,0	-	0,0 (0,1)	0,01 (0,02)	0,0 (0,1)	0,01 (0,02)
Zuidoost-Zuid-Holland (CR)*	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Noord-Friesland (CR)	0,0	-	0,0	-	0,0	-
<b>Totaal 2050</b>	<b>0,1 + p.m.</b>	<b>0,02 + p.m.</b>	<b>4,8 + p.m.</b>	<b>1,21 + p.m.</b>	<b>4,9 + p.m.</b>	<b>1,22 + p.m.</b>
<b>Totaal 2100</b>	<b>0,0 + p.m.</b>	<b>0,01 + p.m.</b>	<b>7,5 + p.m.</b>	<b>1,86 + p.m.</b>	<b>7,6 + p.m.</b>	<b>1,88 + p.m.</b>
Brielse Meer 2050	Mengen en ontzilten	€ 0,91	Mengen en ontzilten	€ 1,20	Mengen en ontzilten	€ 1,48
<b>Totaal 2050 incl. Brielse Meer</b>	<b>0,1 + p.m.</b>	<b>€ 0,93 + p.m.</b>	<b>4,8 + p.m.</b>	<b>€ 2,41 + p.m.</b>	<b>4,9 + p.m.</b>	<b>€ 2,70 + p.m.</b>

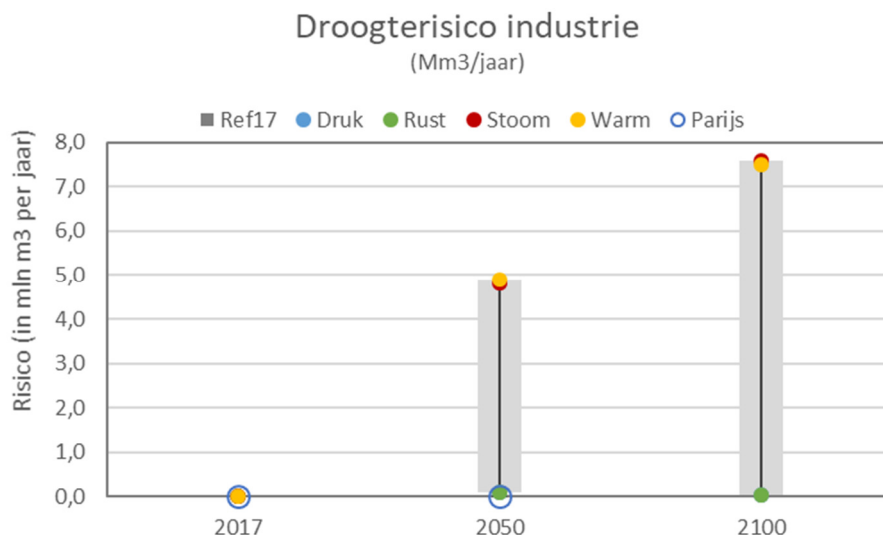
\*Cijfers niet beschikbaar, \*\*Kental USG effectmodule Ecorys o.b.v. gem. kosten demiwater

De standaard risicoberekening komt uit op een toename van het droogterisico t.o.v. de referentie voor Stoom en Warm. In de referentie is aangenomen dat het droogterisico nul is omdat niet leveren voor de industrie meer kost dan investeren in een alternatieve/reserve watervoorziening. Voor het Brielse Meer geldt dat in de huidige situatie wel schade optreedt (€ 0,9 mln. per jaar). Voor het berekenen van het welvaartseffect gaat het om het verschil dat een maatregel hierop kan maken.

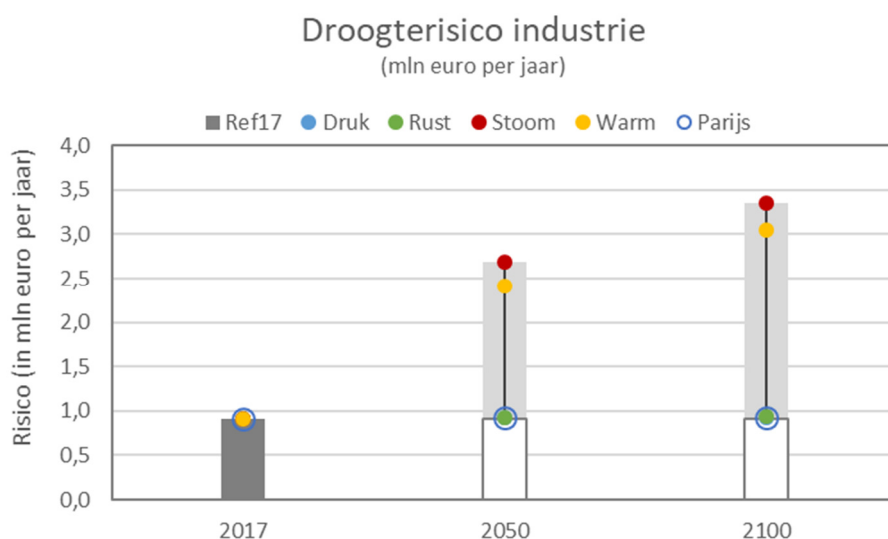
Bij toename van het droogterisico is extra capaciteit nodig. De kosten van deze capaciteit zijn berekend o.b.v. de kosten van demiwaterproductie.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> USG-Chemelot, €0,25/ m<sup>3</sup>, bron Ecorys

In de figuren is de toename van het risico bij het Brielse Meer (Stoom en Warm) alleen weergegeven voor wat betreft het droogterisico, omdat het risico is opgebouwd uit de kosten van bijmengen van drinkwater en demiwaterproductie. Aangenomen is dat het effect in 2100 gelijk is aan 2050.



**Figuur 39: ontwikkeling benodigde reservecapaciteit per zichtjaar en scenario (excl. Brielse Meer)**



**Figuur 40: ontwikkeling droogterisico per zichtjaar en scenario (incl. Brielse Meer)**

De resultaten per zichtjaar zijn vertaald in een netto contante waarde van het droogterisico in 2020. Voor Parijs 2100 is aangenomen dat het risico net als in Druk en Rust € 0 is in 2100.

**Tabel 20: netto contante waarde droogterisico (incl. Brielse Meer) in mln. euro.**

Scenario	Ref 2017	Druk	Rust	Stoom	Warm	Parijs
NCW	€ 20	€ 20	€ 20	€ 45	€ 41	€ 20
NCW t.o.v. referentie	€ -	€ -	€ -	€ 25	€ 21	€ -

#### 4.4.3 Duiding en conclusies

Voor de industrie treedt een droogterisico op in de Deltascenario's Stoom en Warm. Het droogterisico ligt dan op ruim € 1,5 mln. per jaar in 2050 en ruim € 2 mln. per jaar in 2100. De netto contante waarde hiervan ten opzichte van de referentie bedraagt € 20-25 miljoen.

In deze cijfers is het droogterisico in West-Nederland nog niet meegenomen. Dit droogterisico zal naar verwachting groter zijn dan het nu berekende droogterisico door de omvang van de ontbrekende proceswatervraag en de gevoeligheid van dit gebied voor de effecten van klimaatverandering. Een schatting op basis van de verwachte extra benodigde reservecapaciteit (5 mln. tot 15 mln. m<sup>3</sup> in scenario Warm volgens KWR<sup>47</sup>) zou uitkomen op maximum € 4 mln. in totaal voor Nederland.

In de Deltascenario's Rust en Druk en Parijs is het droogterisico met uitzondering van het Brielse Meer ten opzichte van het huidige klimaat verwaarloosbaar. Dit geldt waarschijnlijk ook voor de gebieden waarvoor nu geen informatie beschikbaar is.

Voor het Brielse Meer mag er niet vanuit worden gegaan dat het droogterisico nu nihil is. Ook in het huidige klimaat treedt schade op. De gemaakte inschatting voor Brielse Meer bedraagt € 0,9 mln. en neemt toe in Warm en Stoom met respectievelijk € 0,3 mln. en € 0,6 mln. Mogelijk zijn er nu al maatregelen die vanuit maatschappelijk welvaartsperspectief voordelig zijn om te implementeren.

De NCW in 2020 is inclusief Brielse Meer € 45 mln. voor Stoom en € 41 mln. voor Warm. Voor de overige scenario's is de NCW in 2020 € 20 mln. als gevolg van het risico bij het Brielse Meer.

Om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het resterende droogterisico voor de industrie in West-Nederland/het Benedenrivierengebied is verder onderzoek nodig. De rapportage over de effectmodules geeft meer informatie over de onzekerheden in de analyse en de betrouwbaarheid.<sup>48</sup>

De resultaten voor de overige regio's zijn waarschijnlijk een onderschatting van de daadwerkelijke effecten, doordat schade aan installaties en/of additionele operationele kosten door bijmenging van drinkwater (m.u.v. Brielse Meer) of inzet van corrosie inhibitors niet is geschat. Opgemerkt moet worden dat ook toename van het (regionale) industrieel gebruik voor koeling van datacenters (nog) niet is meegenomen in de prognose van de vraagontwikkeling. In de Deltascenario's is met een algemeen percentage gerekend. Aan de regio's is gevraagd aan te geven of er bovenop de prognose in de Deltascenario's rekening gehouden moet worden met een andere vraagontwikkeling. Eventueel kan dit in een vervolg als maatregel worden meegenomen.

De hoogte van het risico is ten opzichte van de netto omzet en productiekosten van de industrie beperkt. De industrie die van oppervlaktewater afhankelijk is, heeft een netto omzet van € 228 miljard euro per jaar. Het jaarlijkse droogterisico van een paar miljoen valt daarbij in het niet en lijkt geen bedreiging voor de levensvatbaarheid van de industrie.

---

<sup>47</sup> Bron Ecorys (2017), Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie

<sup>48</sup> Deltares (2019), Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte



## 4.5 NATUUR

Binnen de natuur is onderscheid gemaakt tussen grondwaterafhankelijke natuur (merendeel van terrestrische natuur) en natuur in en langs de grote rivieren (groot deel van aquatische natuur). Voor de overige natuur, zoals veenplassen, het IJsselmeer, en duingebieden was analyse nog niet mogelijk.

De watervraag voor de grondwaterafhankelijke natuur hangt sterk af van de ontwikkeling van het natuur- en waterbeleid, zoals de ruimte voor natuurgebieden en keuze voor peilbeheer, en de klimaatverandering (neerslagvolume en temperatuur). Het is soms moeilijk om aan de hoge kwaliteitseis van natuurgebieden te voldoen: water uit het hoofdwatersysteem heeft vaak een te hoog sulfaatgehalte of is in ander opzicht van onvoldoende kwaliteit. Dit zorgt ervoor dat waterbeheerders in tijden van droogte moeten kiezen tussen verdrogen en vervuilen.

De natuur in en langs de grote wateren, stelt andere eisen. Er is geen sprake van een vaste benodigde watervraag. Belangrijk zijn waterdiepte en grondwaterstanden, chloridegehalte, stroomsnelheid en de aanwezigheid van getijde. Deze factoren variëren sterk in tijd en plaats. Soorten of ecosystemen vestigen zich hierdoor, verplaatsen zich of verdwijnen. Grotere fluctuaties in het waterpeil tussen de seizoenen stellen andere eisen aan de aanwezige natuur.

Ten opzichte van de huidige situatie neemt het areaal natuur in alle Deltascenario's toe. Deze toename is niet meegenomen in de analyse. Veranderingen in natuurwaarde zijn daarom het gevolg van de verandering in de ecotootypes en de kwaliteit ervan.

### 4.5.1 Aandachtspunten analyse

Klimaatverandering heeft geen eenduidige invloed op natuurgebieden. Toenemende droogte en toenemende neerslag kunnen beide zowel kansen als bedreigingen vormen afhankelijk van de beschouwde soort of het ecotootype. De beoordeling van of het ene type natuur beter is dan het andere is niet eensluidend. Het verdwijnen van soorten wordt doorgaans wel als negatief gezien. Doordat de effecten voor de verschillende typen natuur vooralsnog niet optelbaar zijn, is het lastig om de effecten op de natuur onder een noemer te brengen. De resultaten voor de grondwaterafhankelijke natuur en de riviernatuur worden daarom apart benoemd en een toename en afname van natuurwaarde worden niet gesaldeerd.

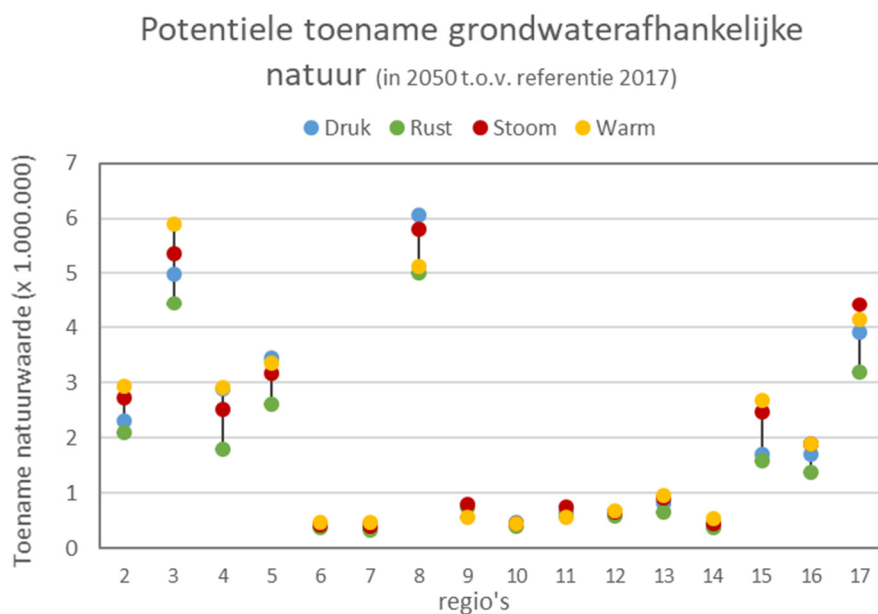
Een ander aandachtspunt is dat beide modules nieuw zijn en nog niet alle effecten en natuuronderdelen te modelleren zijn. De resultaten van de analyses moeten daarom met de nodige voorbehouden gebruikt worden.

### 4.5.2 Resultaten grondwaterafhankelijke natuur

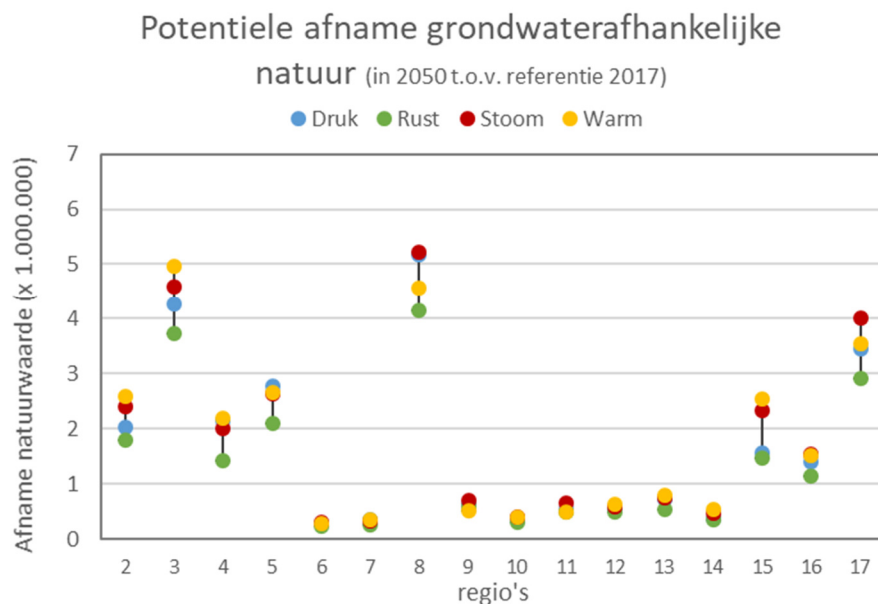
Voor de 'terrestrische' natuur zijn er verschuivingen in natuurwaarde<sup>49</sup> in 2050 ten opzichte van de referentie. De totale natuurwaardetoename is groter dan de afname (zie Figuur 41 en Figuur 42).

---

<sup>49</sup> Natuurwaarde is bepaald volgens procentueel geschaalde Gelderland methode. Zie verder KWR 2019.



**Figuur 41: absolute potentiële natuurtoename per regio en Deltascenario**



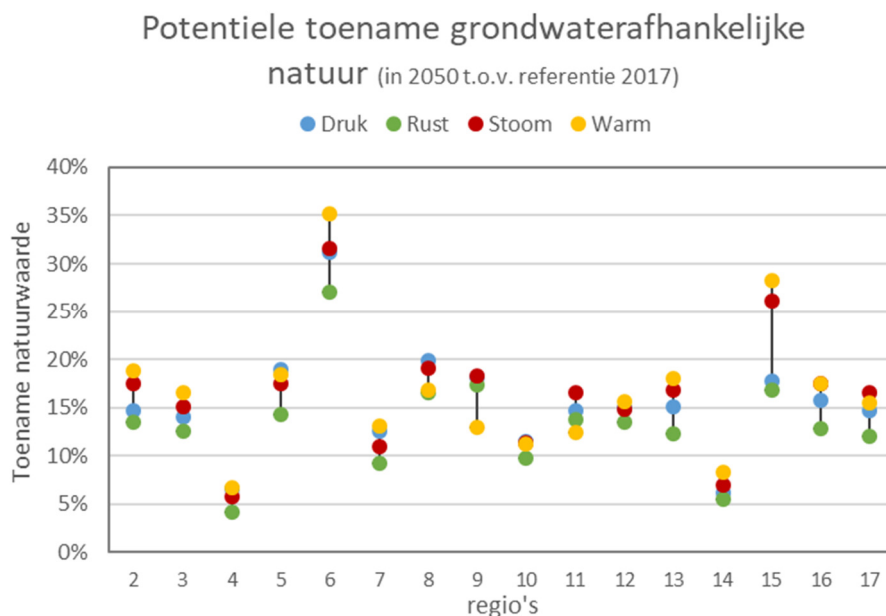
**Figuur 42: absolute potentiële natuurafname per regio en Deltascenario**

De effecten zijn absoluut groot op de Hoge Zandgronden (regio 2, 3, 4, 5) en voor het IJsselmeergebied (8, 15, 16, 17) m.u.v. Noord-Holland (9).

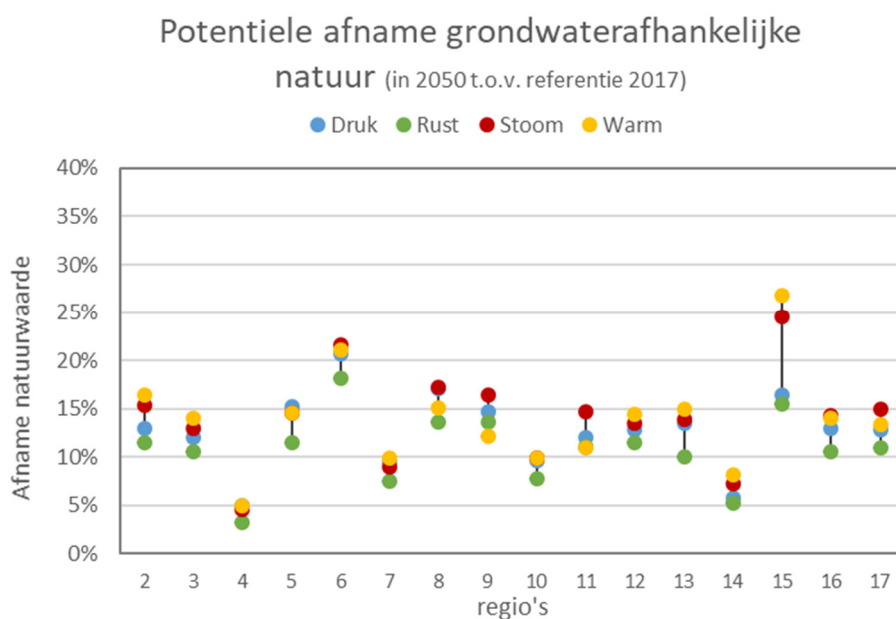
In totaal is de toename in natuurwaarde groter dan de afname. Het gaat echter om andere ecotopen waardoor ze niet gesaldeerd mogen worden. Toename is er voor bossen en struwelen op vochtige, voedselarme, zure bodems (H41),<sup>50</sup> pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (K22) en pioniersvegetaties, graslanden en ruigten op voedselrijke

<sup>50</sup> Zie voor codes bijlage met omschrijving gebruikte ecotootypen.

bodem (K27). De afname betreft de drogere ecotopen, bijv. bossen en struwelen op droge, voedselarme, zure bodems (H61) en pioniersvegetaties op droge, voedselarme en zure bodems (K61).



**Figuur 43: relatieve potentiële toename natuurwaarde per regio en Deltascenario**



**Figuur 44: relatieve potentiële afname natuurwaarde per regio en Deltascenario**

Relatief liggen de toenames en afnamen van natuurwaarden meestal tussen de 10%-20%, zie Figuur 43 en Figuur 44.

Een grote relatieve toename in natuurwaarde wordt verwacht in het rivierengebied noord (regio 6) en de IJsselmeerpolders (regio 15) in Stoom en Warm door toename van pioniersvegetaties, grasland en ruigten op natte matig voedselrijke bodems (K27) en in het IJsselmeergebied door de

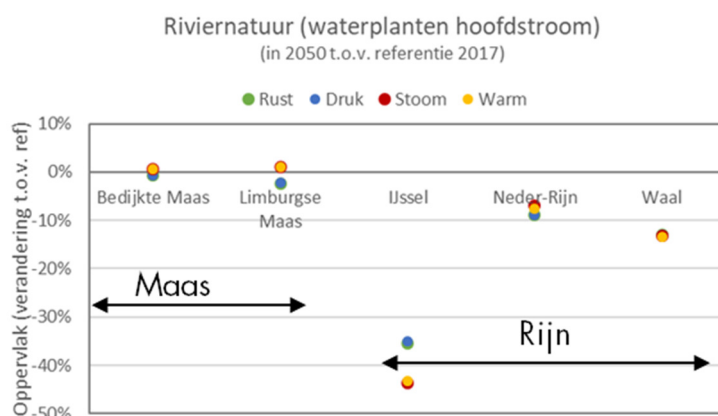
toename van bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (H27). In deze twee gebieden zijn er tegelijkertijd grote relatieve afnamen. Het gaat dan om bossen en struwelen (H47 en H48), pioniersvegetaties en graslanden (K47 en K48) op vochtige matig en zeer voedselrijke bodems. In Zuid-Limburg (regio 14) en op de Centrale hoge zandgebieden (regio 4) zijn relatief weinig veranderingen.

#### 4.5.3 Resultaten riviernatuur

Voor de natuur in de grote rivieren en uiterwaarden zijn de resultaten per Deltascenario bepaald voor:

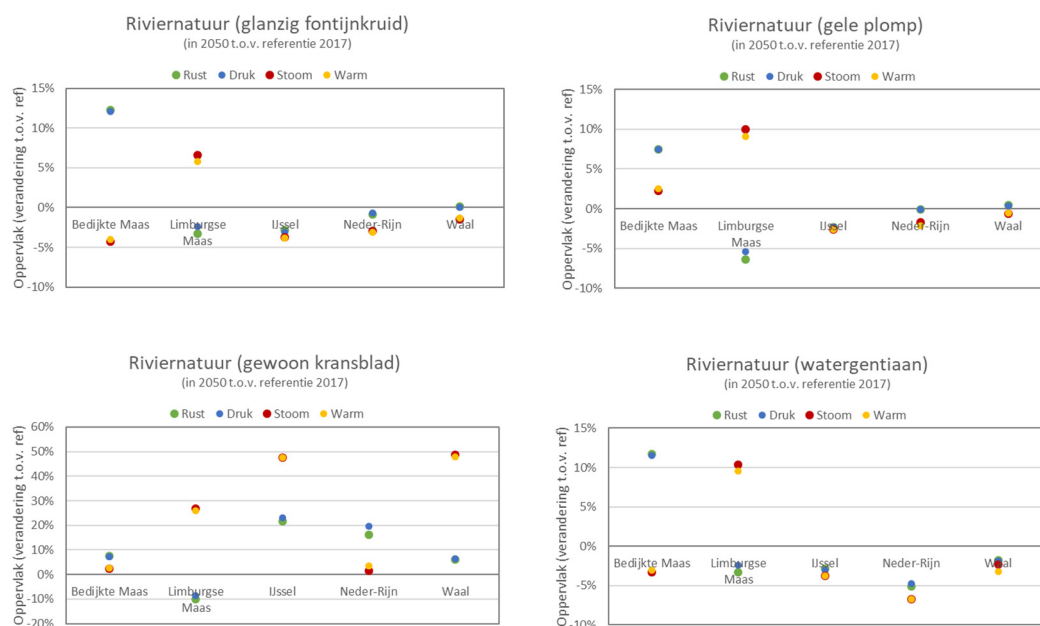
- Waterplanten in de hoofdstroom;
- Waterplanten in de uiterwaarden;
- De plantenbedekking in het zachthoutoobos in de uiterwaarden;
- De plassen die geschikt zijn voor populatie van 2 amfibieën: de kamsalamander en de rugstreeppad.

De situatie voor waterplanten in de Rijnhoofdstroom verslechtert maar voor de Maastakken verandert er weinig (zie Figuur 45). Het potentieel areaal van ondergedoken waterplanten in de hoofdstroom neemt in de Rijn af als gevolg van lagere rivierpeilen, met name in de vrij afstromende IJssel. Voor de bedijkte Maas zijn er nauwelijks veranderingen in rivierpeil en dus het areaal waterplanten. Voor de Limburgse Maas is het resultaat onverwacht doordat het peil wel afneemt.



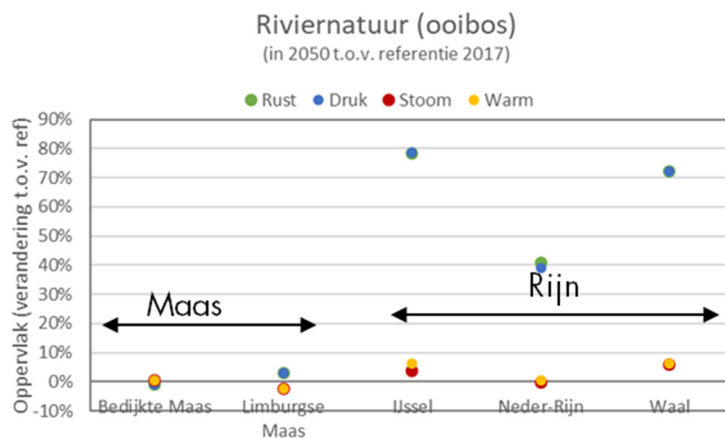
**Figuur 45: potentiële ontwikkeling waterplanten riviertakken per Deltascenario**

De potentiële bedekking met waterplanten van uiterwaarden varieert afhankelijk van de plantensoort en het scenario (zie Figuur 46). Soorten die baat hebben bij een stabiel waterpeil (gele plomp, watergentiaan, glanzig fonteinkruid) gaan er soms licht op achteruit (met name op de Rijntakken). Langs de Maas is het beeld hiervoor gevarieerd. Soorten die gedijen in tijdelijk droogvallende wateren (gewoon kransblad) gaan er potentieel op vooruit, en het meest in de Deltascenario's Warm en Stoom.



**Figuur 46: potentiële ontwikkeling waterplanten uiterwaarden per Deltascenario**

De gewenste bedekking van het zachthoutooibosareaal in de uiterwaarden bestaand uit munt en gele lis, neemt fors toe (40%-80%) langs de Rijntakken in de gematigde klimaatscenario's. Dit wordt verklaard door hogere voorjaarsgrondwaterstanden. Voor de Maas en de overige scenario's zijn de veranderingen beperkt.



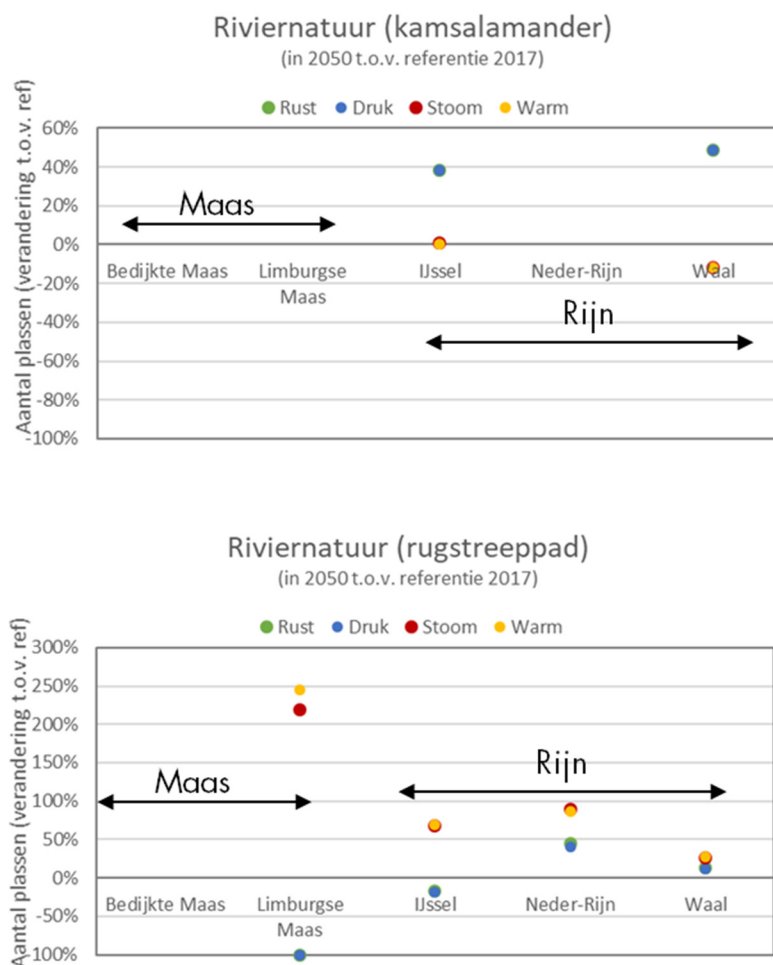
**Figuur 47: potentiële ontwikkeling bedekking (munt & gele lis) zachthoutooibos per Deltascenario**

De ontwikkeling van de amfibieënpopulatie per Deltascenario hangt af van de soortvoorkeur

Voor de ontwikkeling van natte natuur is het aantal plassen met amfibieën vergeleken bij verschillende Deltascenario's. Plassen met kamsalamanders komen voor langs IJssel en Waal, plassen met de rugstreeppad in vier van de vijf riviertakken, maar niet langs bedijkte Maas.

De kamsalamander komt voor in diepere wateren zonder droogval en profiteert daarom in Druk en Rust. De rugstreeppad gedijt in ondiepere wateren die geheel droogvallen in de zomer. Als gevolg daarvan profiteert de rugstreeppad vooral in de warmere Deltascenario's. Gemiddeld gaan

de omstandigheden erop vooruit richting 2050. Na 2050 (niet weergegeven) nemen de condities af voor de rugstreeppad.



**Figuur 48: potentiële ontwikkeling populatie kamsalamander en rugstreeppad per Deltascenario**

#### 4.5.4 Duiding en conclusies

Het algemene beeld voor de grondwaterafhankelijke natuur verbetert in alle Deltascenario's ten opzichte van de referentie als gevolg van klimaatverandering en (autonoom) beleid. De resultaten voor de natuur in de rivieren en uiterwaarden variëren. Doordat de resultaten niet gesaldeerd en gemonetariseerd kunnen worden, kan geen totaal droogterisico per scenario worden vastgesteld.

Dit is eerste keer dat natuur in deze mate van detail wordt meegenomen in de economische analyse. Hierdoor zijn de effecten nog niet volledig of onder een noemer gebracht. Verdere ontwikkeling en validatie is gewenst.

#### Grondwaterafhankelijke natuur

Voor de grondwaterafhankelijke natuur zijn er grote potentiële verschuivingen in natuurwaarde van nu naar 2050, de toename is groter dan de afname: gemiddeld 14% ten opzichte van 12%. Toename van de nattere gebieden ten koste van drogere valt deels te verklaren uit het feit dat in de Deltascenario's meer aandacht en ruimte komt voor natte natuur, zoals gebieden die van

internationaal belang zijn (nieuwe generatie 'Natura 2050'-gebieden, klimaatbossen en uiterwaarden) in Druk of het peilbeheer wordt losgelaten en veengebieden vernatten (Warm). Daarnaast stijgt ook de jaarlijkse neerslagsom. Natuur is vooral gevoelig voor een droog voorjaar. In de scenario's zit een natter voorjaar en een drogere zomer. Vandaar dat er positieve effecten zijn voor de natuur. De afname in natuurwaarde treedt vooral op voor de minder robuuste natuur.

De verschillen tussen de Deltascenario's zijn relatief klein in vergelijking met de ontwikkeling tussen nu en 2050. Tussen de regio's zijn er grote verschillen die vooral verklaard kunnen worden uit het oppervlak natuur.

#### **Natuur in rivieren en uiterwaarden**

De beplanting in en langs de Rijntakken lijkt gevoeliger voor klimaatverandering dan de Maas. De situatie voor waterplanten in de Rijntakken verslechtert in alle Deltascenario's door lagere rivierafvoeren en de gewenste bedekking van het zachthoutoibosareaal in uiterwaarden langs Rijn neemt fors toe in de gematigde klimaatscenario's door de hogere voorjaarsgrondwaterstanden. Voor het stroomgebied van de Maas zijn er dan nauwelijks veranderingen. De resultaten voor de Limburgse Maas zijn echter niet goed verklaarbaar en wijken vaak af van de resultaten van andere riviertakken. Ze moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd.

De ontwikkeling van amfibieën en waterplanten in de uiterwaarden geeft een minder uitgesproken beeld. Het verloop van de amfibieënpopulatie per Deltascenario hangt af van de soortvoorkeur:

- Diepere wateren zonder droogval nemen toe in Rust en Druk. Dit is positief voor de populatie kamsalamanders;
- Ondiepere wateren met droogval nemen toe in Warm en Stoom. Dit is gunstig voor de rugstreeppadden.

De potentiële bedekking met waterplanten in de uiterwaarden varieert afhankelijk van de plantensoort, de riviertak en het scenario. Hiervoor is het lastig algemene conclusies te trekken.

## **4.6 OVERIGE FUNCTIES**

De economische effecten zijn vooralsnog alleen bepaald voor de gebruiksfuncties die de grootste effecten van droogte ondervinden: landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur. De effecten op andere gebruiksfuncties zoals recreatie en energie zijn naar verwachting verwaarloosbaar. Stedelijke functies, schade aan infrastructuur en hittestress zijn niet meegenomen omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

### **Energie**

De (fossiele) energiesector is voor koelwater voornamelijk afhankelijk van oppervlaktewater. De geschiktheid van oppervlaktewater als koelwater hangt vooral samen met de temperatuur ervan, en daarmee met de mogelijkheid om het water te lozen na gebruik. Het gebruik van oppervlaktewater voor koeling is gebonden aan regelgeving om de aquatische ecologie te beschermen. Bij onvoldoende lozingsmogelijkheid moet de productie worden verminderd. Als gevolg hiervan kan mogelijk tijdelijk niet worden voldaan aan de volledige vraag naar elektriciteit.

Vanwege de verschuiving van energiecentrales naar de kust, efficiëntieverbeteringen en de transitie naar hernieuwbare energie vermindert de afhankelijkheid van de energiesector voor

zoetwaterbeschikbaarheid. Aangenomen is dat het droogterisico en de noodzaak voor aanvullende maatregelen bij verdere klimaatverandering daarom beperkt of niet aanwezig zijn.

### **Recreatie**

Binnen de recreatieve watersector is er een duidelijk verschil tussen locatiegebonden waterrecreatie zoals oeverrecreatie, en kleine watersport en toervaart. Locatiegebonden recreatie is sterk afhankelijk van de waterkwaliteit, die de recreatieve mogelijkheden en de beleving beïnvloedt. Vooral een toename van de voedselrijkdom (eutrofiëring) die algengroei veroorzaakt, is een bedreiging.

Recreatietoervaart is vooral afhankelijk van waterdieptes, stroomsnelheden en golfslag en dus waterkwaliteit. Dit geldt in het bijzonder voor het op landelijke schaal gedefinieerde Basistoervaartnet. De waterkwaliteit heeft invloed op de beleving.

Omdat de impact van klimaatverandering zowel positief als negatief is en de absolute effecten als beperkt worden verondersteld mede vanwege het feit dat vaak sprake is van verdringing is er geen analyse gedaan van de economische effecten voor recreatie.

### **Stedelijke functies**

De watervraag in het stedelijk gebied omvat doorspoeling en peilbeheer. Doorspoeling is vooral belangrijk om verzilting te bestrijden en zo de kwaliteit van het stedelijk oppervlaktewater te borgen.

Peilbeheer heeft als doel het oppervlaktewaterpeil op het gewenste niveau te houden en zo veel mogelijk (grond)wateroverlast en grondwateronderlast te voorkomen. Een constant grondwaterpeil voorkomt verzakkingen en kostbare schade aan funderingen. Als het grondwater te laag staat (grondwateronderlast), kunnen de houten palen gaan rotten en kan een pand verzakken. Grondwateronderlast kan ook (ongelijkmatige) zetting veroorzaken met beschadiging van boven- en ondergrondse infrastructuur als gevolg.

De effecten voor stedelijke functies zijn niet bepaald omdat ze onderdeel uitmaken van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

### **Veiligheid en infrastructuur**

Bij de natte, droge en ondergrondse infrastructuur speelt de gevoeligheid voor zettingen en zakkingen een rol. Deze kunnen kostbare herstelwerkzaamheden met zich mee brengen. Handhaving van het grondwaterpeil is belangrijk voor de stabiliteit van waterkeringen en objecten. Veenkaden en veendijken zijn in potentie gevoelig voor droge periodes. Het effect van droogte is echter lastig te modelleren en afhankelijk van diverse factoren zoals de aanwezigheid van een hydraulische blokkade en het boezempeil. De effecten hiervan zijn niet bepaald door het ontbreken van betrouwbare modellering en omdat een deel onder stedelijke functies en dus onder het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie valt.



## HOOFDSTUK 5 RESULTATEN PER REGIO

In dit hoofdstuk zijn de resultaten per regio samengevat. Achtereenvolgens komen de volgende gebieden aan bod: het IJsselmeergebied, West-Nederland, het Rivierengebied, de Hoge Zandgronden en tot slot de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer.

### 5.1 HET IJSSELMEERGEBIED

Het IJsselmeergebied omvat verschillende deelgebieden, die allen voor de oppervlaktelevering afhankelijk zijn van het IJsselmeer en Markermeer (zie Figuur 49).

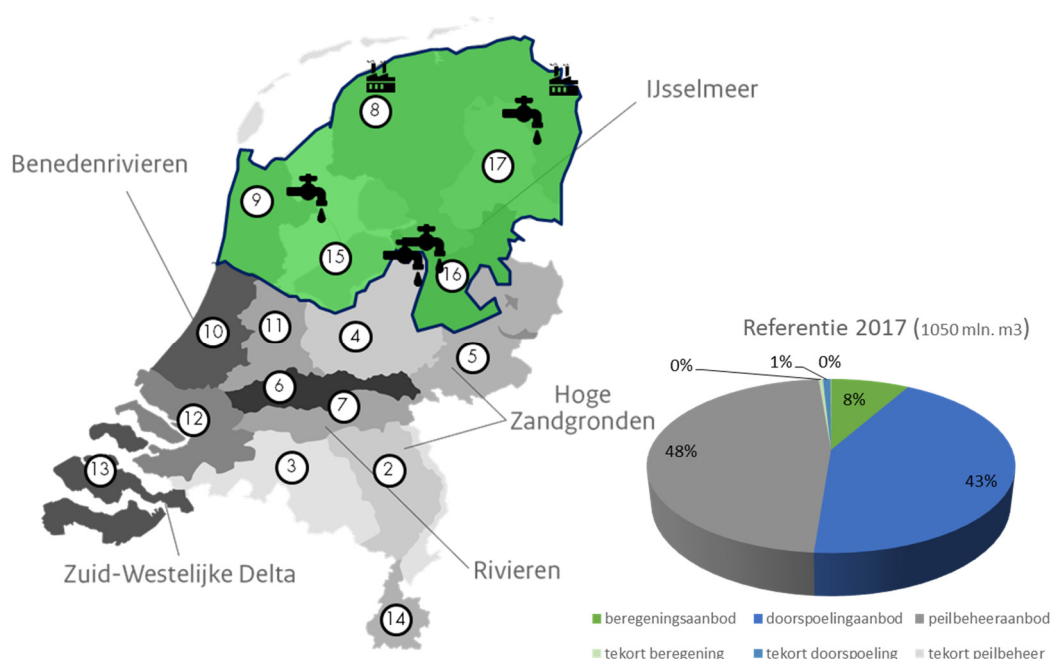
*Regio 8 - Fries-Groningskustgebied:* De grootste watervrager in dit gebied is peilbeheer, daarna doorspoeling met minder dan de helft van de watervraag voor peilbeheer.

*Regio 9 - Noord-Holland:* Peilbeheer is de grootste watervrager, daarna volgen beregening en doorspoeling.

*Regio 15 - Flevopolders:* De belangrijkste watervrager is doorspoeling, gevolgd door beregening. Omdat er veel kwelwater is, is de watervraag voor peilbeheer relatief gering.

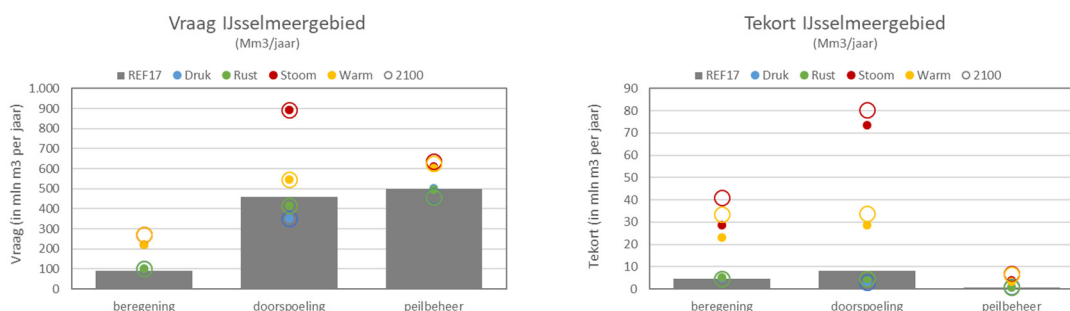
*Regio 16 - IJssel-Vechtgebied:* Dit gebied is voor oppervlaktewaterlevering vooral afhankelijk van de IJssel en de Vecht. Verreweg de belangrijkste watervraag is het peilbeheer.

*Regio 17 - Het Drents plateau:* De belangrijkste watervrager in dit gebied is peilbeheer.



**Figuur 49: IJsselmeergebied in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over aanbod en tekort**

De grootste watervrager nu is peilbeheer (zie Figuur 50). In Oost-Groningen (o.a. Eemshaven) en Noord-Friesland is veel oppervlaktewater gebruikende industrie. De regio heeft aangegeven dat de watervraag zal toenemen door uitbreiding van de industrie rond de Eemshaven. Bij Andijk haalt PWN water uit het IJsselmeer voor drinkwaterproductie, bij de IJssel Vitens en in Groningen WBG. Een klein deel van het Nederlands vrachtovervoer over water maakt gebruik van de IJssel. De grondwaterafhankelijke natuur in het IJsselmeergebied beslaat bijna 1300 vierkante km. Voor de natuur in de grote rivieren is gekeken naar de IJssel.



**Figuur 50: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschild per regio)**

In de modelberekeningen is er bij de referentie een knelpunt in de oppervlaktewaterlevering voor doorspoeling en beregening.

In het scenario Druk en Rust nemen vraag en tekorten af ten opzichte van referentie. In de scenario's Warm en Stoom krijgen beregening en doorspoeling te maken met significante tekorten. Dit heeft gevolgen voor het risico voor de landbouw in dit gebied. Het jaarlijks extra risico voor de landbouw ten opzichte van de referentie bedraagt in 2050 zo'n 240 mln. euro in Stoom en Warm als gevolg van (oppervlakte)water tekorten. In 2100 komt daar nog 135 mln. euro bij. In Druk en Rust neemt het risico na 2050 af.

Voor de industrie treedt volgens berekeningen geen knelpunt op, ook niet in het Warm- of Stoomscenario.

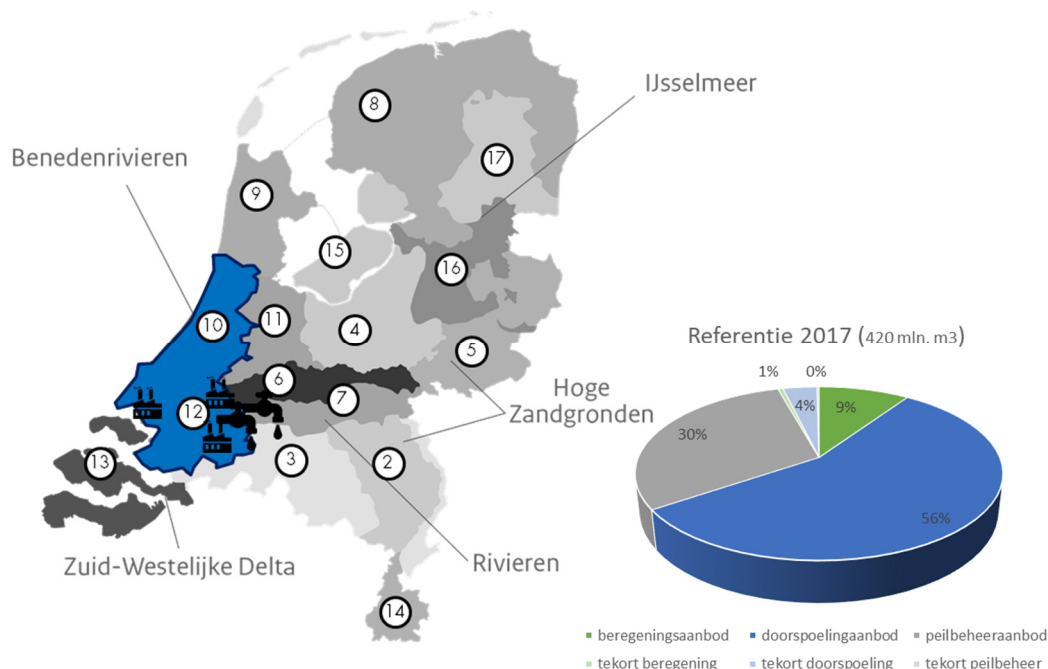
Alleen voor de het drinkwaterpunt Engelse Werk is het risico bepaald. Dit bedraagt ongeveer 2 miljoen euro in Warm en Stoom. Voor de scheepvaart is het droogterisico niet toe te delen naar scheepvaart op de IJssel. De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit. In het IJsselmeergebied treden de grootste verschuivingen qua natuurwaarde op.

## 5.2 WEST-NEDERLAND / BENEDENRIVIERENGEBIED

Het Benedenrivierengebied bestaat uit regio 10 en 12 (zie Figuur 51). Deze regio's hebben te maken met het risico op externe verzilting en zijn afhankelijk van de Rijntakken en de Maas voor hun aanvoer.

*Regio 10 - West-Nederland West extern verzilt:* Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder de Neder-Rijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). De belangrijkste watervrager is het peilbeheer, maar ook doorspoeling vraagt vele miljoenen kubieke meters.

*Regio 12 - Zuid-West-Nederland met aanvoer:* Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken en de Maas. Doorspoeling is de belangrijkste watervrager in dit gebied, gevolgd door peilbeheer en beregening.

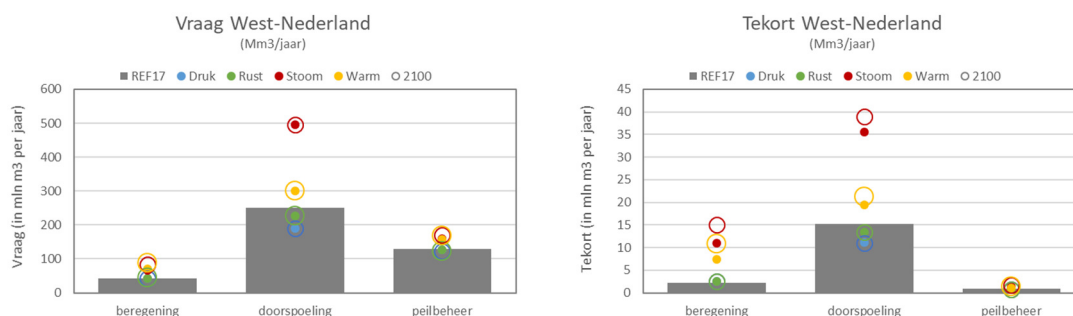


**Figuur 51: West-Nederland in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over aanbod en tekort**

De grootste watervrager is nu en in de toekomst doorspoeling (zie Figuur 52). In het Benedenrivierengebied gebruiken verschillende industriegebieden grote hoeveelheden oppervlaktewater voor industriële processen. De fysieke processen die bepalen of het oppervlaktewater geschikt is bij klimaatverandering zijn echter nog onvoldoende nauwkeurig te bepalen, waardoor kwantificering alleen voor het Brielse Meer is gedaan, en niet voor de overige industriegebieden.

Bij Brakel neemt Dunea water in en bij de Biesbosch Evides voor de drinkwaterproductie.

Een groot deel van het Nederlands vrachtvervoer over water gebruikt de waterwegen in dit gebied. De grondwaterafhankelijke natuur in West-Nederland beslaat zo'n 135 vierkante km.



**Figuur 52: oppervlaktewatervraag en tekorten West-Nederland per scenario (let op: schaal verschilt per regio)**

In de modelberekeningen is er bij de referentie een knelpunt in de oppervlaktewaterlevering voor doorspoeling en beregening als gevolg van verzilting bij de inlaten. In het scenario Druk en Rust nemen vraag en tekorten alleen voor doorspoeling iets af ten opzichte van de referentie. In de scenario's Warm en Stoom neemt de vraag toe en krijgen beregening en doorspoeling te maken met significante tekorten. Dit heeft gevolgen voor het risico voor de landbouw in dit gebied. Het jaarlijks risico bedraagt in 2050 zo'n 30-45 mln. euro in Warm en Stoom. In 2100 komt daar 30 mln. euro bij.

Voor de industrie zijn geen resultaten beschikbaar behalve voor het gebied rond het Brielse Meer. Daar is er nu al een mogelijk knelpunt door achterwaartse verzilting van het Haringvliet, ter grootte van 0,9 miljoen euro per jaar. Op termijn wordt dit knelpunt iets groter bij de scenario's Warm en Stoom (+0,3 - 0,6 mln. euro).

Het maximum droogterisico voor de drinkwatersector is in 2050 begroot op ongeveer 2,5 ton euro per jaar en in 2100 op 4,5 ton per jaar. Het risico van laagwater voor passerende scheepvaart is groot maar wordt vooral veroorzaakt door laagwater in het rivierengebied in plaats van West-Nederland. De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit.

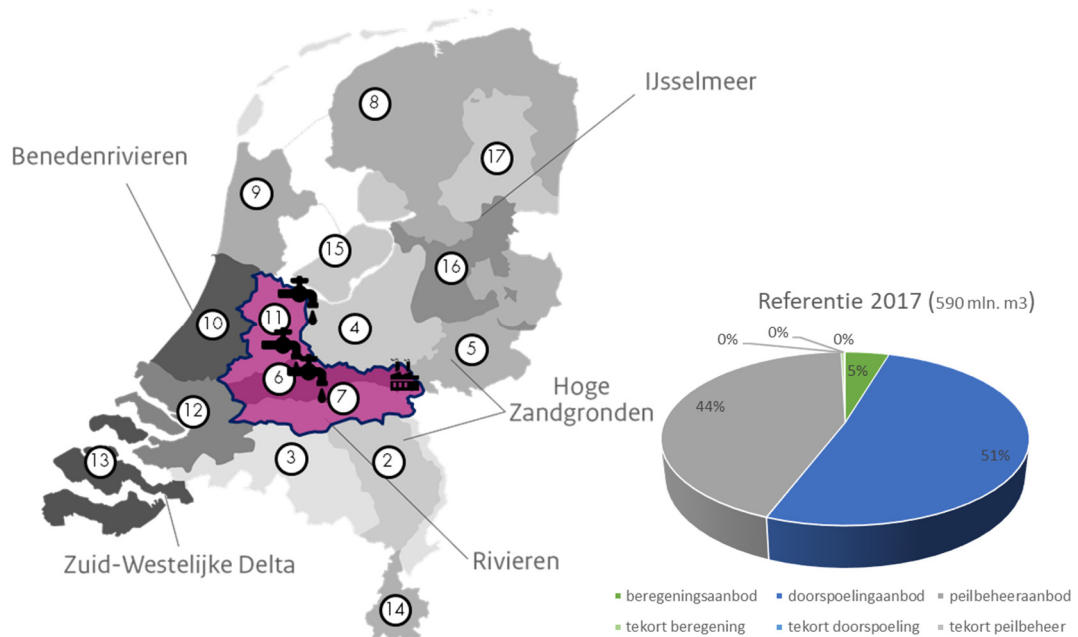
### 5.3 HET RIVIERENGEBIED

Het Rivierengebied bevat regio 6, 7 en 11 (zie Figuur 53). Het gebied is voor de watervoorziening vooral afhankelijk van de situatie in de Waal, Maas, Neder-Rijn, het Pannerdensch Kanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal.

*Regio 6 - Rivierengebied Noord:* Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder het Pannerdensch kanaal en de Neder-Rijn. Peilbeheer en beregening zijn de belangrijkste watervragers, peilbeheer is daarvan de grootste.

*Regio 7 - Rivierengebied Zuid:* Dit gebied ligt ingeklemd tussen Waal en Maas, maar is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Maas. Peilbeheer en doorspoelen zijn de belangrijkste watervragers.

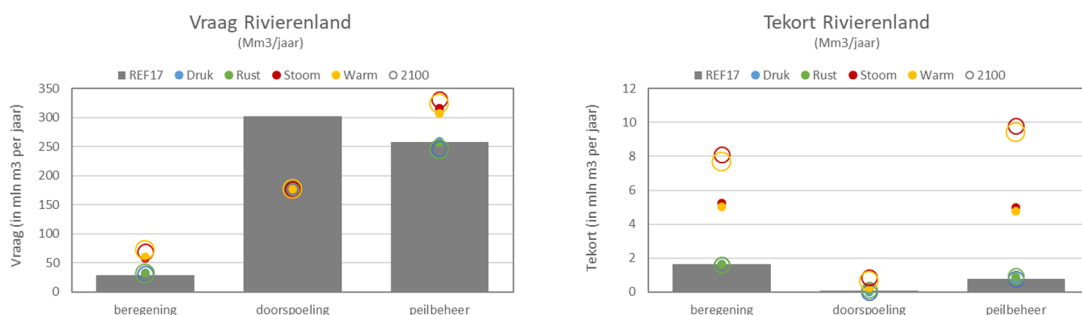
*Regio 11 - Midden-West-Nederland niet extern verzilt:* Dit gebied is voor de oppervlaktewatervraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder de Neder-Rijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). Verreweg de belangrijkste watervrager is het peilbeheer.



**Figuur 53: het Rivierengebied in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over aanbod en tekort**

De grootste watervragers zijn doorspoeling en peilbeheer (zie Figuur 54). Bij Arnhem/Nijmegen is veel oppervlaktewater gebruikende industrie. Langs de Lek gebruiken verschillende drinkwaterbedrijven oppervlaktewater voor drinkwaterproductie: Waternet, PWN, Oasen.

Het merendeel van het Nederlands vrachtovervoer over water passeert deze regio. De grondwaterafhankelijke natuur in het Rivierengebied beslaat zo'n 185 vierkante km. Voor de riviernatuur is gekeken naar twee uitsneden van de Rijntakken: de Waal en de Neder-Rijn die in dit gebied liggen en naar de bedijkse Maas.



**Figuur 54: oppervlaktewatervraag en tekorten rivierengebied per scenario (let op: schaal verschilt per regio)**

De grootste risico's in dit gebied ontstaan voor de landbouw en scheepvaart, maar het scheepvaartrisiko wordt landelijk beschouwd.

In de huidige situatie en in 2050 Druk en Rust zijn er beperkte tekorten voor beregening en peilbeheer. In de scenario's Warm en Stoom worden deze knelpunten 5x zo groot, maar zijn klein ten opzichte van de totale watervraag. Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt 45-55 mln. euro in Stoom en Warm in 2050. In 2100 komt daar 20-25 mln. euro bij. In Druk en Rust is

juist sprake van verbetering ten opzichte van de referentie in 2050 en verdere verbetering naar 2100.

De doorspoelingsvraag wordt alleen bepaald door de vraag naar koelwater voor energiebedrijven. Die neemt in de toekomst naar verwachting af. De doorspoelingsvraag is daarom gelijk in de verschillende scenario's in 2050 en 2100 en kent nauwelijks tekorten.

Voor de industrie is het risico in Stoom en Warm 2050 begroot op 5,5 ton euro. Dit loopt op in 2100 naar 1 miljoen euro. Het droogterisico voor de drinkwatersector is begroot op zo'n 6-7 mln. euro per jaar. Het risico voor passerende scheepvaart van laagwater is in dit gebied relatief het grootst binnen Nederland. Voor Nederland gaat het om een totaal risico van 50 - 65 mln. euro per jaar in 2050 en 75-90 mln. in 2100 t.o.v. referentie.

De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in alle Deltascenario's meer op vooruit dan achteruit. Hoewel toenames en afnamen niet mogen worden gesaldeerd zou de relatieve nettotoename in dit gebied het grootst zijn. In de Rijntakken verwacht men vooruitgang in ooibosbeplanting in de gematigde scenario's. Waterplanten in de hoofdstroom hebben juist te maken met een potentiële afname. Voor de bedijkse Maas zijn veranderingen beperkt.

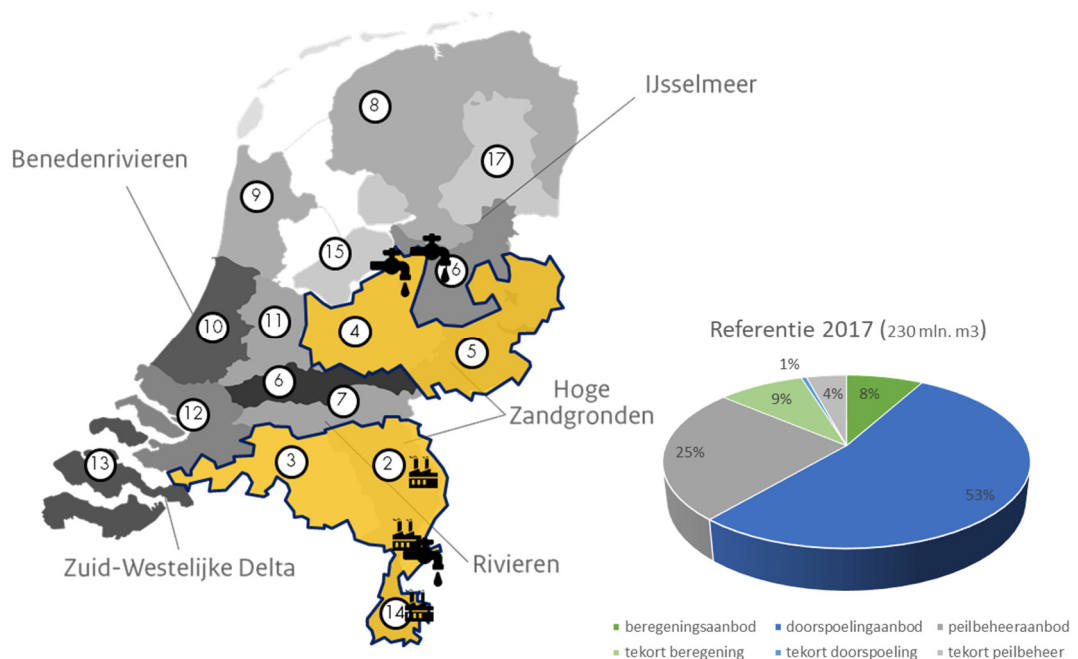
#### 5.4 DE HOGE ZANDGRONDEN

Voor de Hoge Zandgronden is slechts ten dele aanvoer van water mogelijk vanuit de Maas (Hoge Zandgronden Zuid) of vanuit de IJssel (Hoge Zandgronden Oost). De invloed van het hoofdwatersysteem is daarom beperkt (zie Figuur 55). Een groot deel van het gebied is volledig van neerslag en grondwater afhankelijk.

*Regio 2 - Midden-Limburg en Noord-Brabantse kanalen gebied* en *Regio 3 - Zuid-Nederland-Midden*. Het gebied is voor het oppervlaktewater volledig afhankelijk van neerslag en aanvoer vanuit de Maas. Peilbeheer is verreweg de grootste watervraag van het oppervlaktewater en landbouwwaterberekening (in Regio 3).

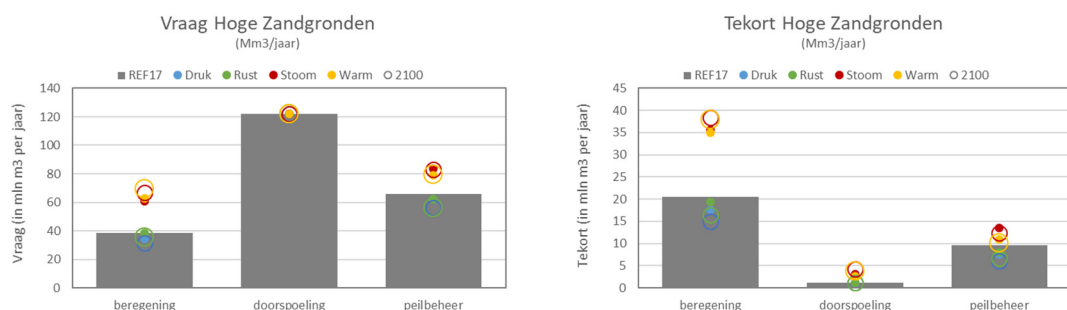
*Regio 4 - Centrale Hoge Zandgronden* en *Regio 5 - het Oostelijk Zandgebied*: Het peil beheerste deel van dit gebied is zeer klein, het gebied bestaat vooral uit hoge gronden. Het peilbeheerste deel is voor de oppervlaktewatervraag afhankelijk van de IJssel en het IJsselmeer. De belangrijkste watervragers zijn doorspoeling (Regio 4 stedelijk) en peilbeheer (Regio 4 & 5).

*Regio 14 - Zuid-Limburg*. Het gebied is voor het oppervlaktewater vrijwel volledig afhankelijk van neerslag met uitzondering van een minimale watervraag voor berekening



**Figuur 55: de Hoge Zandgronden in regio's en de oppervlaktewatervraag verdeeld over aanbod en tekort**

In Limburg is veel oppervlaktewater gebruikende industrie en bij Heel haalt WML water uit het Lateraalkanaal voor drinkwaterproductie. Een kleiner deel van het Nederlands vrachtovervoer over water maakt gebruik van de Maas. De grondwaterafhankelijke natuur op de Hoge Zandgronden beslaat zo'n 2450 vierkante km. Ook valt een deel van de beschouwde natte natuur in de Maas in dit gebied (Limburgse Maas).



**Figuur 56: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschilt per regio)**

Het risico in dit gebied is het grootst voor de landbouw. Op de Hoge Zandgronden met aanvoer van oppervlaktewater treden gemiddeld nu al grote tekorten op voor beregening en peilbeheer (zie Figuur 56). Deze watervraag en de tekorten blijven min of meer gelijk in de scenario's Rust en Druk tot 2050. Daarna nemen ze iets af. In de scenario's Stoom en Warm nemen met name de beregeningsvraag en beregeningstekorten toe. Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt zo'n 125-130 mln. euro in Stoom en Warm t.o.v. referentie als gevolg van (oppervlakte)watertekorten. In 2100 neemt het risico met 80-85 mln. euro toe.

Voor de industrie is het risico in Stoom en Warm begroot op ongeveer 6,5 ton euro per jaar. Het droogterisico voor de drinkwatersector is begroot op minder dan 1 ton euro per jaar. Het risico

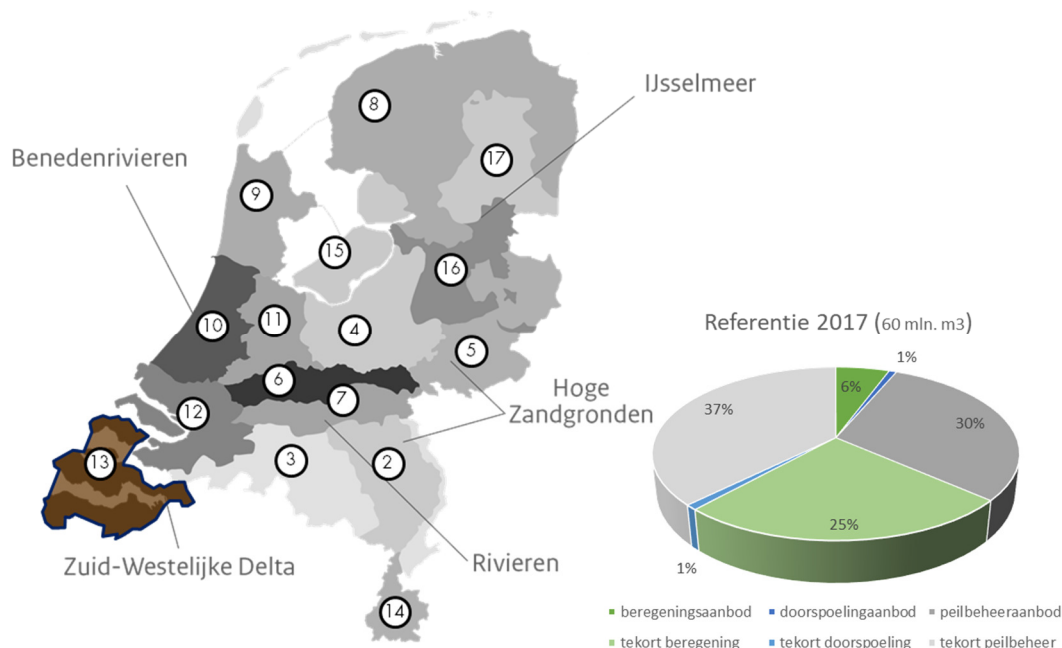


voor de scheepvaart door laagwater in de Maas is beperkt door het kleine aandeel van vervoer over de Maas en het feit dat de Maas gestuwd is.

De grondwaterafhankelijke natuur profiteert in alle Deltascenario's meer dan dat er verliezen zijn. Voor de natuur in de Limburgse Maas lijken er geen algemene conclusies te trekken, anders dat er relatief weinig impact door de Deltascenario's is.

### 5.5 DE ZUIDWESTELIJKE DELTA ZONDER AANVOER

De Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer is een apart gebied omdat het niet van oppervlaktewater kan worden voorzien, maar wel oppervlaktewatertekorten heeft (zie Figuur 57).



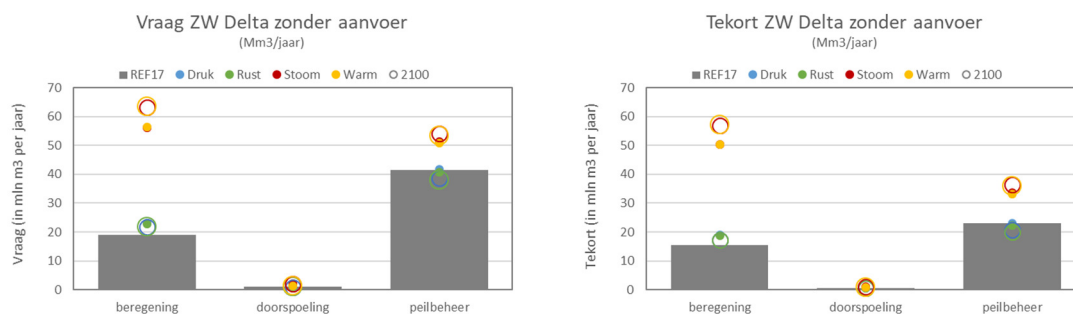
**Figuur 57: de oppervlaktewatervraag Zuidwestelijke Delta verdeeld over aanbod en tekort**

Het peilbeheer is de grootste watervraagpost (zie Figuur 58). Het gaat hierbij om de hoeveelheid water die nodig zou zijn om het oppervlaktewaterpeil in de aanwezige waterlopen op peil te houden. Omdat er geen wateraanvoer is, kan het oppervlaktewater alleen op peil gehouden worden met water dat intern wordt geleverd. Dit is bijvoorbeeld het neerslagoverschot of kwelwater, mits dit in de verschillende jaren voldoende aanwezig is.

In de watervraag wordt voorzien door in droge periodes een beroep te doen op de zoetwaterlenzen en de pijpleiding voor de fruitteelt in Zuid-Beveland. Regionale maatregelen zijn nodig om de tekorten te verminderen.

In deze regio is geen drinkwaterbedrijf of industrie die zoet oppervlaktewater inlaat. Scheepvaart over het Schelde-Rijnkanaal heeft weinig last van laagwatercondities. De grondwaterafhankelijke natuur in West-Nederland beslaat zo'n 100 vierkante km.





**Figuur 58: oppervlaktewatervraag en tekorten per scenario (let op: schaal verschilt per regio)**

In dit gebied treft droogte de landbouwsector. Hoewel de verwachting was dat natuur te maken zou krijgen met een groot droogterisico, volgt uit de analyse meer toename dan afname in natuurwaarde.

In het deel van de Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer vanuit het hoofdwatersysteem leidt een tekort aan zoet water op dit moment en ook in 2050 Druk en Rust tot knelpunten. Landbouw en natuur in deze regio ondervinden hierdoor schade. Wanneer er door klimaatverandering in Stoom en Warm een groter neerslagtekort in de zomer ontstaat en mede daardoor de interne verzilting toeneemt, wordt de opgave vergroot.

Het jaarlijks risico voor de landbouw bedraagt in 2050 zo'n 40 mln. euro in Stoom en Warm ten opzichte van referentie als gevolg van (oppervlakte)watertekorten. Naar 2100 neemt risico met 35 mln. toe. Er is geen industrie en drinkwatersector die afhankelijk is van oppervlaktewater. Het risico voor de scheepvaart is beperkt door het ontbreken van laagwaterknelpunten in dit gebied.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten en conclusies uit fase 2 samengevat en aangevuld met aanbevelingen voor verder onderzoek. De conclusies over de omvang van de opgave en de hydrologische effectiviteit van de maatregelen leunen sterk op de analyse van Deltares en de bijbehorende rapportage en worden derhalve uit deze rapportage overgenomen.

## 6.1 CONCLUSIES KNELPUNTEN

In de geactualiseerde knelpuntenanalyses<sup>51</sup> is in beeld gebracht hoe watervraag en –tekort zich in de toekomst kunnen ontwikkelen onder invloed van klimaatveranderingen en sociaaleconomische ontwikkelingen. De conclusies uit deze studies zijn hieronder samengevat.

### Kans op droogte

De kans op droogte neemt toe bij sterke klimaatverandering en blijft ongeveer gelijk bij matige klimaatverandering, zowel tot 2050 als tot 2100. Bij sterke klimaatverandering treedt het maximaal cumulatief neerslagtekort dat in het huidige klimaat eens in de 10 jaar optreedt in 2050 bijna jaarlijks op. De duur van lage Rijnafvoeren (bij Lobith; T=10 jaar) neemt met sterke klimaatverandering toe van grofweg 1 maand naar bijna 3 maanden.

Bij sterke klimaatverandering worden zoetwaterknelpunten verder versterkt, maar de toename is minder groot dan tussen het huidige klimaat en zichtjaar 2050.

### Grondwaterstanden

Als gevolg van veranderingen in het klimaat in combinatie met andere ontwikkelingen, zoals grotere wateronttrekkingen en bodemdaling, kan de grondwaterstand veranderen. Het effect verschilt per gebied. Op locaties waar in scenario Druk-Parijs bomen worden aangeplant, neemt de verdamping toe. Dit zorgt lokaal voor een daling van de grondwaterstanden bij zowel matige als sterke klimaatverandering.

**Tabel 21: effect op grondwaterstanden**

Voorbeeld gebieden	Effect grondwaterstand
Infiltratiegebieden met diepe grondwaterstanden, zoals de Veluwe	De grondwaterstanden gaan in deze gebieden veelal omhoog.
Poldergebieden in West-Nederland en langs beekdalen (onder andere in het Drents Plateau)	De grondwaterstand volgt de bodemdaling.
Zuidelijke Hoge Zandgronden	Grote daling van grondwaterstanden (het meest extreem in Stoom)

<sup>51</sup> Deltares. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater, fase II en Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater: Effecten van Parijs-maatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100, 2019.

### **Stijghoogte**

Grotere drinkwater- en industrieonttrekkingen zorgen ervoor dat de stijghoogte in de diepe watervoerende pakketten in Noord-Brabant lager wordt. Voor Stoom gaat het om 1 tot 2 meter, in het scenario Druk om een beperkte afname.

### **Oppervlaktewatertekort**

Watertekorten zijn het grootst in de regio Hoge Zandgronden gevolgd door het IJsselmeergebied. De tekorten nemen het sterkst toe in scenario Stoom en nemen licht af in scenario Druk. Tekorten in het IJsselmeergebied en het Benedenrivierengebied nemen in Stoom sterker toe dan in Warm, door het grote aandeel en de grote toename van de doorspoelvraag om de watergangen in de kustgebieden zoet te houden.

De Parijs-maatregelen zorgen voor een toename van de watervraag voor peilbeheer met circa 12%-36% in veenweidegebieden. Deze extra watervraag kan in de meeste omstandigheden geleverd worden.

Bij sterke klimaatverandering wordt de direct beschikbare bufferschijf van 20 cm in het IJsselmeer gemiddeld eens in de 20 jaar (2050) en 15 jaar (2100) volledig ingezet. In het huidige klimaat en bij matige klimaatverandering is beschikbare buffer meestal toereikend.

De Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) wordt in de toekomst (2050) gemiddeld eens in de 10 jaar (Druk/Rust) tot eens in de 2 à 3 jaar (Warm/Stoom) ingezet. De capaciteit is daarbij grofweg eens in de 10 jaar (Stoom 2050) à 15 jaar (Warm 2050) niet toereikend voor de toenemende watervraag in deze scenario's. Naar 2100 treedt dit vaker op.

Door een grotere regionale watervraag en geringere aanvoer door de Maas vanuit België neemt het debiet van de Grensmaas af. Voor de scenario's Warm en Stoom wordt bijna jaarlijks een onderschrijding van 10 m<sup>3</sup>/s verwacht.

### **Zout in de wortelzone**

In de Zuidwestelijke Delta is de landbouw grotendeels afhankelijk van een zoete regenwaterlens of zoet grondwater in de kreekruigen. In het huidige klimaat treden hierdoor al regelmatig beregeningstekorten op. In de scenario's met sterke klimaatverandering (Warm, Stoom) verergeren de huidige knelpunten. In de gematigde scenario's (Druk, Rust) is de verandering beperkt maar neemt de indringing van zout grondwater in de wortelzone door zeespiegelstijging toe.

### **Waterkwaliteit**

Bij de onderzochte drinkwaterinnamepunten worden er vaker overschrijdingen berekend in de scenario's Warm en Stoom.

Drinkwaterinnamepunten die gebruik maken van oeverinfiltratie langs de Lek kunnen in de scenario's Warm en Stoom vaker dan nu te maken krijgen met jaargemiddelde chlorideconcentraties hoger dan 150 mg/l en 200 mg/l. Dit kan leiden tot knelpunten bij de oeverinfiltraties. In de Deltascenario's Rust en Druk treden er geen knelpunten door een te hoge chlorideconcentratie op.

## 6.2 CONCLUSIES ECONOMISCHE ANALYSE

Achtereenvolgens zullen in deze paragraaf het totale droogterisico opgedeeld naar sector en naar regio worden gegeven. Aan het einde van deze paragraaf wordt ingegaan op de contante waarde van het risico over een 100-jarige economische reeks en de spreiding van het droogterisico.

### Risico referentie

In de referentie is het droogterisico voor Nederland ongeveer 715 miljoen euro per jaar. Dit bestaat uit een risico van 60 miljoen euro voor scheepvaart en 655 miljoen euro voor landbouw. Het risico voor de overige sectoren (drinkwater, industrie) is kleiner dan 1 miljoen euro. Het risico voor natuur is niet gemonetariseerd maar kwalitatief omschreven.

### Risico gematigde scenario's

De gematigde Deltascenario's leveren per saldo geen tot een kleine verandering in economisch effect ten opzichte van de referentie (zie Figuur 59, Tabel 22 en Tabel 23). De resultaten voor natuur zijn alleen in de tabellen opgenomen omdat ze niet opgeteld kunnen worden bij de gemonetariseerde resultaten voor de andere functies in Figuur 59. Positieve getallen geven een toename van het risico weer, negatieve getallen een afname van het risico. Een toename van de natuurwaarde is daarom met een minteken aangeduid.

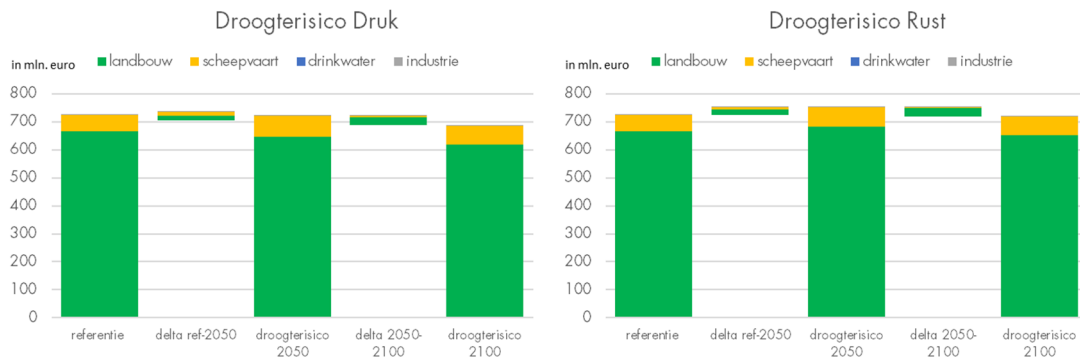
Voor de landbouw kan in Druk 2050 een klein positief economisch effect of een reductie van het risico ontstaan. Het gaat om een voordeel voor de Hoge Zandgronden en daardoor voor heel Nederland. Naar 2100 zet deze verbetering door, mede omdat de condities voor het IJsselmeergebied verbeteren. De variant Parijs (niet afgebeeld) heeft een nog iets lager risico. In Rust 2050 is de verbetering voor de Hoge Zandgronden onvoldoende om het risico voor heel Nederland te laten afnemen. Dit is wel het geval voor 2100. Dan is het IJsselmeergebied medeverantwoordelijk voor de landelijke afname van het droogterisico ten opzichte van de referentie.

De scheepvaart loopt een extra risico tussen 10 – 14 miljoen euro per jaar, vooral door de toename van het vervoer, niet per se door vaker optreden van lage(re) waterstanden. In Druk gaat het om zo'n 14 miljoen euro. In de variant Parijs neemt het risico voor de scheepvaart af. Doordat in de Deltascenario's het vervoer over water niet verder toeneemt na 2050<sup>52</sup> en de laagste rivierafvoeren wel wat minder optreden, neemt het droogterisico weer iets af.

Voor de drinkwatersector en industrie blijft het risico gelijk aan de referentie. De grondwaterafhankelijke natuur gaat er in gematigde scenario's op vooruit. Voor de riviernatuur is er een duidelijke verbetering voor de ooibosbeplanting.

---

<sup>52</sup> Door ontbreken sociaaleconomische scenario's na 2050 is omvang binnenvaart in 2100 gelijk aan 2050 verondersteld.



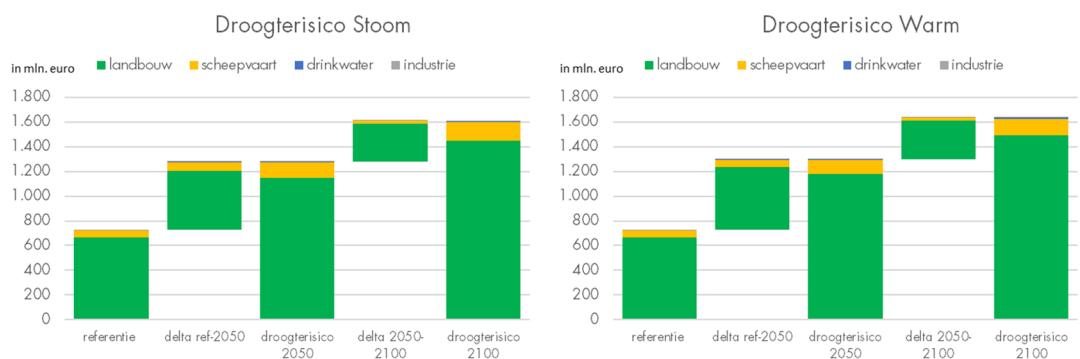
**Figuur 59: droogterisico Druk en Rust excl. natuur (let op schaal wijkt af van Figuur 60)**

#### Risico scenario's met meer extreme klimaatverandering

De extremere klimaatscenario's hebben een negatief economisch effect op alle sectoren. Het droogterisico neemt met ongeveer 80% toe in 2050 en met 125% in 2100 ten opzichte van de referentie.

Voor de landbouw neemt het risico toe met 475-500 miljoen euro in 2050. Alle regio's voelen de gevolgen van meer droogte en zoutstress. Met name op de Hoge Zandgronden en in het IJsselmeergebied gaat het om een extra risico van meer dan 100 miljoen euro en 200 miljoen euro per jaar. Naar 2100 neemt het risico verder toe. Voor Nederland gaat het om een toename van meer dan 300 miljoen euro extra (ten opzichte van 2050). Een groot deel van het risico bestaat uit de extra kosten voor beregening. Deze bedragen gemiddeld 375-400 miljoen euro per jaar extra ten opzichte van referentie in 2050 en gemiddeld 515-550 miljoen euro per jaar extra in 2100.

Ten opzichte van referentie kan het risico voor de scheepvaart oplopen met 52-66 miljoen euro per jaar in 2050, vooral door de toename van laagwatergebeurtenissen die de groei van de scheepvaart hindert. Naar 2100 neemt het risico verder toe.



**Figuur 60: droogterisico Warm en Stoom excl. natuur (let op schaal wijkt af van Figuur 59)**

**Tabel 22: risico's 2050 per sector, scenario en regio t.o.v. referentie (gemiddelden per jaar in mln. euro)**

Stoom	IJsselmeer- gebied	Benedenri- vierengebied	Rivieren- gebied	Hoge Zandgronden	Zuidwestelijke Delta	Nederland
Landbouw	238	31	46	125	40	480
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	66
Drinkwater	2	0	6	0	0	9
Industrie	0	1	1	1	0	2
Natuur (%) <sup>53</sup>	17% /-19% +IJssel	12% /-13%	13% /-17% +Waal/N-Rijn	10% /-12% +Maas	14% /-17%	13% /-15%
Totaal	240 + natuur	32 + natuur	52 + natuur	126 + natuur	40+ natuur	557+ natuur
Rust						
Landbouw	9	4	6	-5	3	17
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	10
Drinkwater	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	0	0	0	0	0
Natuur <sup>53</sup>	13% /-15% +IJssel	10% /-12%	11% /-14% +Waal/N-Rijn	8% /-9% +Maas	10% /-12%	10% /-12%
Totaal	9 + natuur	4 + natuur	6 + natuur	-5 + natuur	3 + natuur	27 + natuur
Warm						
Landbouw	245	43	53	129	42	512
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	52
Drinkwater	2	0	6	0	0	8
Industrie	0	0	1	1	0	2
Natuur <sup>53</sup>	16% /-18% +IJssel	12% /-14%	12% /-16% +Waal/N-Rijn	11% /-13% +Maas	15% /-18%	13% /-15%
Totaal	247 + natuur	43 + natuur	60 + natuur	130 + natuur	42 + natuur	574 + natuur
Druk						
Landbouw	7	0	3	-31	3	-18
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	14
Drinkwater	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	0	0	0	0	0
Natuur <sup>53</sup>	15% /-17% +IJssel	11% /-13%	12% /-16% +Waal/N-Rijn	10% /-12% +Maas	14% /-15%	12% /-14%
Totaal	7 + natuur	0 + natuur	4 + natuur	-31 + natuur	3 + natuur	-3 + natuur

<sup>53</sup> De verschillen voor de grondwaterafhankelijke natuur zijn hier weergegeven t.o.v. de referentie. Voor de riviernatuur wordt verwezen naar de hoofdstukken over natuur. Een toename van de natuurwaarde is met een minteken aangeduid.

Parijs	IJsselmeer- gebied	Beneden- rivierengebied	Rivieren- gebied	Hoge Zandgronden	Zuidwestelijke Delta	Nederland
Landbouw	-19	2	1	-37	6	0
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	-7
Drinkwater	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	1	0	0	0	0
Natuur	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Totaal	-19	3	1	-37	6	-7

Een deel van het risico van de drinkwatersector en industrie is nog niet te modelleren. Hierdoor is het economisch effect niet volledig bepaald. De omvang van het droogterisico is klein in vergelijking tot de landbouw en scheepvaart.

Voor de drinkwatersector is er een beperkte toename van het risico met ongeveer 9 miljoen euro en voor de industrie met ruim 2 miljoen euro in 2050. De grote industriegebieden in West-Nederland met uitzondering van het Brielse Meer zijn echter nog niet meegenomen in de analyse, wat waarschijnlijk een onderschatting oplevert. Na 2050 is geen sprake van significante verdere toename van het risico.

De grondwaterafhankelijke natuur profiteert net als in gematigde scenario's bij de meer extreme klimaatverandering. Voor de riviernatuur (niet weergegeven in tabel) is er geen uitgesproken beeld. Afhankelijk van de soort flora of fauna en de riviertak die bekeken is, is er sprake van verbetering, achteruitgang of status quo.

**Tabel 23: risico's 2100 per sector (excl. natuur), scenario en regio t.o.v. referentie (gem. per jaar in mln. euro)**

Stoom	IJsselmeer- gebied	Beneden- rivieren- gebied	Rivieren- gebied	Hoge Zand- gronden	Zuidweste- lijke Delta	Nederland
Landbouw	373	60	68	208	75	784
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	91
Drinkwater	2	0	6	0	0	9
Industrie	0	1	1	1	0	2
Totaal	375	61	76	209	75	886
Rust						
Landbouw	-9	6	4	-18	5	-12
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	6
Drinkwater	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	0	0	0	0	0
Totaal	-9	6	4	-18	5	-6

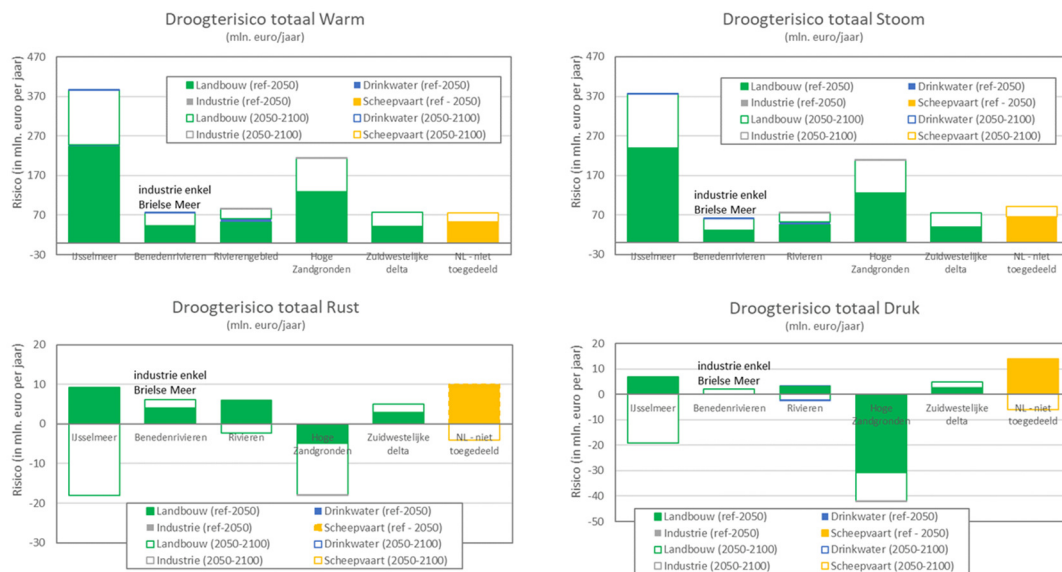
Warm	IJsselmeer- gebied	Beneden- rivieren- gebied	Rivieren- gebied	Hoge Zand- gronden	Zuidweste- lijke Delta	Nederland
Landbouw	383	75	78	213	77	826
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	75
Drinkwater	2	0	7	0	0	9
Industrie	0	0	1	1	0	2
Totaal	385	76	85	214	77	913
Druk	IJsselmeer- gebied	Beneden- rivieren- gebied	Rivieren- gebied	Hoge Zand- gronden	Zuidweste- lijke Delta	Nederland
Landbouw	-12	2	1	-42	5	-46
Scheepvaart	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	zie NL	8
Drinkwater	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	0	0	0	0	0
Totaal	-12	2	1	-42	5	-38

### Risicoverdeling per regio

De landbouw en scheepvaart droogterisico's zijn niet gelijk verdeeld over de regio's:

- De Hoge Zandgronden hebben bij een gematigd scenario te maken met een verbetering ten opzichte van de referentie. In de referentie is sprake van grote (landbouw)risico's, die in extremere klimaatscenario's verder toenemen.
- De Hoge Zandgronden Zuid hebben dan (samen met Noord-Holland) de hoogste droogterisico's per ha landbouwgrond.
- De regio IJsselmeer heeft een hoog landbouwdroogterisico in de referentie en extremere scenario's. In de gematigde scenario's neemt het risico naar 2050 toe, maar daarna weer af.
- Laagwatercondities in het Rivierengebied zijn verantwoordelijk voor een groot risico voor scheepvaart in Warm en Stoom. Na 2050 neemt dit risico verder toe. In de gematigde scenario's neemt risico eerst toe en daarna weer af.
- De landbouwdroogterisico's in Zuidwestelijke Delta, Benedenriviergebied en Rivierengebied liggen op ongeveer 30-50 miljoen per jaar per regio in Stoom en Warm hoger dan referentie in 2050 en minder dan 10 miljoen in Rust en Druk. Na 2050 neemt het risico verder toe, behalve in de gematigde scenario's in het IJsselmeergebied, het Rivierengebied en de Hoge Zandgronden. Relatief hoge landbouwriscio's per ha zijn te vinden in het Rivierengebied Zuid en de Zuidwestelijke Delta met en zonder aanvoer.





**Figuur 61: droogterisico per regio 2050 en 2100 (let op andere schaal gematigde Deltascenario's en warmere Deltascenario's)**

Regio's die relatief weinig toename en afname aan grondwaterafhankelijke natuur kunnen verwachten, zijn Zuid-Limburg en de Centrale Hoge Zandgebieden. Voor de zoetwaterregio's gaat het om het Benedenrivierengebied en de Hoge Zandgronden. Grotere veranderingen zijn er in alle Deltascenario's voor het Rivierengebied Noord (regio 6) en de IJsselmeerpolders (regio 15). Op het niveau van de zoetwaterregio's zijn de meeste verschuivingen te vinden in het IJsselmeergebied en het Rivierengebied.

De condities voor waterplanten in de Rijntakken in het Rivierengebied en het IJsselmeergebied verslechteren in alle Deltascenario's door lagere rivierafvoeren. De gewenste bedekking van het zachthoutoibosareaal in de uiterwaarden langs de Rijn en IJssel neemt fors toe in de gematigde klimaatscenario's door de hogere voorjaarsgrondwaterstanden. Voor het stroomgebied van de Maas (Hoge Zandgronden en Rivierengebied) zijn er nauwelijks veranderingen.

Het effect van maatregelen op overige sectoren is naar verwachting beperkt. Hierdoor zijn de effecten niet in fase 2 bepaald.

#### Contante waarde

Zoals aangegeven in paragraaf 2.4.2 is het voor de economische analyse nodig de contante waarde van de effecten over 100 jaar looptijd te bepalen. Dit is gedaan door de resultaten voor de verschillende zichtjaren te interpoleren en vervolgens de contante waarde met een discontovoet van 4,5% te bepalen. De resultaten staan in Tabel 24.

**Tabel 24: contante waarde risico**

Contante waarde Risico (in mln. €)	Referentie	Rust	Druk	Warm	Stoom	Druk-Parijs
Landbouw	€ 14.597	€ 14.298	€ 14.758	€ 21.600	€ 22.044	€ 13.963
t.o.v. ref	€ -	€ -299	€ 161	€ 7.003	€ 7.448	€ -634
Scheepvaart	€ 1.317	€ 1.489	€ 1.440	€ 2.243	€ 2.054	€ 1.225
t.o.v. ref	€ -	€ 172	€ 123	€ 926	€ 737	€ -92
Drinkwater	€ -	€ 2	€ -	€ 117	€ 113	€ 1
t.o.v. ref	€ -	€ 2	€ -	€ 117	€ 113	€ 1
Industrie	€ 20	€ 20	€ 20	€ 45	€ 41	€ 20
t.o.v. ref	€ -	€ 0	€ 0	€ 25	€ 21	€ 0
Totaal	€ 15.934	€ 15.809	€ 16.219	€ 24.005	€ 24.253	€ 15.208
t.o.v. ref	€ -	€ -124	€ 285	€ 8.072	€ 8.319	€ -726

**Spreading risico**

Tabel 25 laat de maximum spreading van het risico over de jaren zien, zoals die volgt uit de modelresultaten. De aangegeven bandbreedte van het totale risico (landbouw + scheepvaart) is lager dan de aangegeven bandbreedte omdat de jaren waarin minimum en maximum optreden voor scheepvaart en landbouw niet gelijk liggen. Voor het landbouwriskico in 2050 wordt het minimumrisico bepaald door de klimaatcondities van 1965 in de 100-jarige klimaatreeks en het maximum door de klimaatcondities van 1976. Voor scheepvaart treedt het minimumrisico op in het klimaatreeksjaar 1916 en het maximum in het klimaatreeksjaar 1921. De maximum spreading, die berekend is door de beide minima en maxima op te tellen, is daardoor een overschatting van de spreading.

Door de gekozen methodiek in de effectmodules voor drinkwater en industrie is er geen spreading voor het risico voor deze sectoren. De maximum periode die door een buffer moet worden overbrugd, wordt immers bepaald door de overbruggingsduur te bepalen op basis van meest extreme jaar in 100-jarige klimaatreeks in plaats van het gemiddelde. Voor natuur is alleen de toename en afname van de natuurwaarde voor grondwaterafhankelijke natuur ten opzichte van de referentie opgenomen. Uit de resultaten is geen bandbreedte af te leiden. Er is bij natuur niet gewerkt met een meerjarige reeks bij het bepalen van de natuurwaarde maar de resultaten in natuurwaarde zijn bepaald voor het gemiddelde hydrologische effect van de 100-jarige reeks. Daarom is er geen bandbreedte berekend.

**Tabel 25: spreiding resultaten risico in 2050**

Risico (in mln. €)	Referentie	Rust 2050	Druk 2050	Warm 2050	Stoom 2050	Druk-Parijs 2050
Landbouw (bandbreedte)	665 (73-3105)	682 (77-3132)	647 (72-2976)	1177 (178-3972)	1145 (170-3864)	617 (78-2816)
Scheepvaart (bandbreedte)	60 (0 tot 264)	70 (12 tot 306)	74 (8 tot 343)	112 (-2 tot 444)	126 (-5 tot 497)	53 (-1 tot 220)
Drinkwater (bandbreedte)	- (0-0)	- (0-0)	0 (0-0)	8 (8-8)	9 (9-9)	0 (0-0)
Industrie (bandbreedte)	1 (1-1)	1 (1-1)	1 (1-1)	2 (2-2)	3 (3-3)	1 (1-1)
Toename grondwateraf h. natuur	- (n.b.)	11,7% (n.b.)	14,1% (n.b.)	15,0% (n.b.)	14,8% (n.b.)	Niet beschik- baar (n.b.)
Afname grondwateraf h. natuur	- (n.b.)	-9,8% (n.b.)	-11,8% (n.b.)	-12,7% (n.b.)	-12,9% (n.b.)	Niet beschik- baar (n.b.)
Totaal (Bandbreedte)	726 (4-3370)	753 (89-3439)	723 (81-3319)	1.300 (185-4425)	1.283 (177-4373)	671 (79-3038)

### 6.3 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Naar aanleiding van fase 2a en fase 2b is een aantal aanbevelingen gedaan. Binnen de doorlooptijd van deze fase was het niet mogelijk de aanbevelingen op te pakken.<sup>54</sup> Voor het vergroten van de bruikbaarheid van vervolgstudies zijn aanbeveling 1, 4, 5, 7 en 8 het meest relevant. Voor aanbeveling 1 geldt dat ook afgewacht kan worden of de waterwijzer landbouw als opvolger van AGRICOM dit probleem oplost of dat hiervoor eenzelfde aanbeveling geldt.

1. Voor de verschillende Deltascenario's kunnen de resultaten in potentiële opbrengst voor de landbouwgewassen niet volledig worden verklaard zonder dieper in de uitgangspunten in AGRICOM te duiken. Zo zien we dat bepaalde gewassen positief reageren op temperatuur, maar andere juist niet. Aanbevolen wordt hiervoor een korte onderzoeksoopdracht uit te zetten bij modelspecialisten gericht op inzicht/validatie over hoe bepalende parameters het gedrag in gewasopbrengst bepalen in de scenario's.
2. Het gebruik van de term potentiële opbrengst bij de berekening van het landbouwrisk roept veel op. Bovendien is het mogelijk dat bij het oplossen van alle watertekorten niet de hele opbrengstderving (potentiële – actuele opbrengst) voorkomen zal worden. In een situatie zonder droogte of verzilting is er immers altijd nog het risico op ziekten of vernattingsschade als gevolg waarvan de actuele en potentiële opbrengst verminderen. Aanbevolen wordt vervolgonderzoek te initiëren om te bepalen hoe groot de actuele en

<sup>54</sup> Zie ook definitieve versie effectmodule rapportage Deltares voor aanbevelingen.

potentiele opbrengst zouden kunnen zijn als rekening gehouden wordt met deze factoren. Ziekten en vernattingsschade worden nu constant verondersteld.

3. Er is een aantal beperkingen aan de huidige analyse voor de landbouw. Enerzijds met betrekking tot de scope. Teelt onder glas valt buiten de scope van de analyse, terwijl een niet onbelangrijk deel van de glastuinbouw gebruik maakt van oppervlaktewater als aanvulling op regenwater. Deze bron komt door klimaatverandering onder druk te zijn (alternatieven, waaronder grondwater, zijn in verband met negatieve milieu- en omgevingseffecten niet per se wenselijk). Anderzijds met betrekking tot de doorvertaling van het risico in bedrijfseconomisch relevante termen (bedrijfsrendement, inkomen). Doorontwikkeling op deze punten tot mogelijk een effectmodule voor de glastuinbouw zou de bruikbaarheid van de uitkomsten vergroten.
4. Het risico voor de industrie in West-Nederland als gevolg van verzilting kan niet goed bepaald worden. Hiervoor moeten de fysieke processen nauwkeuriger worden gemodelleerd. Dit was niet mogelijk in fase 2a en 2b. Alleen voor het Brielse Meer is een aanvullende studie gedaan door Deltares. Aanbevolen wordt te onderzoeken of verdere modellering binnen een van de volgende fases wel mogelijk is, aangezien het gaat om een grote proceswatervraag in een gebied dat gevoelig is voor klimaatverandering.
5. Er zijn vragen of BIVAS het gedrag van schippers voldoende goed modelleert. Het lijkt alsof er voorkeur wordt gegeven aan omvaren terwijl varen met een iets lagere beladingsgraad meer voor de hand ligt. Aanbevolen wordt dit te onderzoeken en eventueel BIVAS-resultaten aan te passen. Tegelijkertijd zou ook een correctie kunnen worden gedaan om tijdelijke opslagkosten toe te voegen wanneer vracht via een andere modaliteit vervoerd wordt. Daarnaast laat de ruimtelijke interpretatie van de resultaten te wensen over wat het duiden (en uitleggen) van de effecten van maatregelen in de volgende fase bemoeilijkt.
6. Voor drinkwater leiden de berekeningen voor de concentratie carbamazepine ook in de referentie al tot een hoog aantal overschrijdingsdagen. Een verklaring hiervoor is dat de concentratie carbamazepine nu gebruikt wordt als signaalwaarde. Dit betekent niet dat feitelijk sprake is van een innamestop. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de concentraties op termijn in de praktijk daadwerkelijk problemen kunnen geven, omdat bij een groeiende bevolking en toenemend medicijngebruik de concentraties verder zullen stijgen.
7. Dit is eerste keer dat natuur in deze mate van detail wordt meegenomen in de economische analyse. Hierdoor zijn de effecten nog niet volledig in beeld gebracht en evenmin zijn de toename en afname van de grondwaterafhankelijke natuur en in de grote rivieren onder een (vergelijkbare) noemer (als gehanteerd voor de andere sectoren) gebracht. Verdere ontwikkeling en validatie van de methodes is dan ook gewenst.
8. In zijn algemeenheid bleek tijdens fase 2 dat er meer behoefte is aan 'proefberekeningen' voor de verschillende risicoberekeningen. De wens om deze proefberekeningen toe te voegen aan de rapportage is door het onderzoeksteam en de begeleidingsgroep benoemd. Daarvoor is meer inzicht in AGRICOM/prijsstool, BIVAS en op sommige punten ook in de hydrologische modellen nodig.

9. Een deel van het droogterisico wordt niet in deze economische analyse meegenomen, maar valt onder het programma Ruimtelijk Adaptatie. Aanbevolen wordt de effecten over en weer op te nemen in de definitieve rapportages zodat duidelijk is hoe groot de zoetwaterisico's zijn ten opzichte van de risico's die onder de scope van het programma Ruimtelijke Adaptatie vallen.

## AFKORTINGEN

---

AGRICOM	AGRIcultural COst Model
BIVAS	Binnenvaart analyse systeem
DPZW	Deelprogramma Zoetwater
EAA	Equal Annual Annuity
HWS	Hoofdwatersysteem
KRW	Kaderrichtlijn Water
KWA	Klimaatbestendige Wateraanvoer
N2000	Natura 2000
NCW	Netto contante waarde
NWM	Nationaal Water Model
WWN	Waterwijzer Natuur

## LITERATUURLIJST

---

### *Algemeen*

- CPB/PBL (2013), *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, 2013
- CPB/PBL, *Achtergronddocument Klimaat en Energie*, 2016
- Deltares (2018), *Actualisering 2017, Deltascenario's voor 21<sup>e</sup> eeuw*, mei 2018
- Deltares (2018), *Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model*, 2018
- Deltares (2019), *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater, Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte, vs. 0.1* augustus 2019.
- Deltares (2019), *Uitgangspunten variant Parijs en zichtjaar 2100*, 2019

### *Hydrologie*

- Deltares (2019), *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, voorlopige rapportage, vs. 0.1*, mei 2019
- Deltares (2019), *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater: Effecten van Parijs-maatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100, vs. 1.0*, juli 2019

### *Landbouw*

- Alterra (2014), *AGRICOM 2.01, Theorie en gebruikshandleiding*, september 2014.
- LEI (2015), *Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw, Baten van maatregelen om effecten te verminderen*, februari 2015.
- Wageningen Economic Research (2017), *Prijstool Landbouw*, november 2017
- Wageningen Economic Research en Deltares (2019), *Economische effecten van droogte voor landbouw in Nederland, samenvatting*, april 2019
- STOWA (2018), *Regioscan Zoetwatermaatregelen, Verkennen van het perspectief van kleinschalige zoetwatermaatregelen voor de regionale zoetwateropgave. Rapport 13*.

### *Scheepvaart*

- Deltares (2018), *Effectmodule Droogte-Scheepvaart - Resultaten 2017 (11200588-013-ZWS-0001)*, 6 februari 2018.
- Deltares (2019), *Oplevernotitie BP2018 van Deltaprogramma Zoet Water Effectmodule Scheepvaart (11203734-012-ZWS-0001\_v1.0)*, 15 februari 2019.
- Ecorys (2018), *Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart, Eindrapportage*, april 2018.

### *Drinkwater- en industrie*

- Deltares (2019), *Voorspellen optreden nalevering bij Bernisse*, mei 2019.
- Ecorys (2017/2018), *Casebeschrijvingen drinkwater*, 2017/2018.

- Ecorys (2017), *Effecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie*, december 2017.
- Ecorys (2018), *Welvaarteffecten waterbeschikbaarheid op de sectoren drinkwater, energie en industrie – Eindrapport*, december 2018.
- KWR (2017), *Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie*, december 2017.

#### *Natuur*

- CE Delft (2018), *Werkwijzer natuur, maatschappelijke kosten-batenanalyses*, oktober 2018
- Deltares (2019), *Natuureffectmodule voor de grote rivieren*, mei 2019
- KWR (2019), *Effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland*, juni 2019



## OMSCHRIJVING VAN GEBRUIKTE ECOTOOPGROEPEN

---

Beschrijving is overgenomen uit KWR (2019).

- H27 bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (elzenbroekbos, nat hellingbos)
- H41 bossen en struwelen op vochtige, voedselarme, zure bodems (vochtige eiken-berkenbossen en beuken-zomereikenbossen met Pijpenstraatje)
- H47 bossen en struwelen, op vochtige, matig voedselrijke bodems (oudere stinzenbossen en andere parkachtige bossen op rivierklei, leem en lemige bodems).
- H48 bossen en struwelen, op vochtige zeer voedselrijke bodems (jonge aangeplante bossen op kleigrond).
- H61 bossen en struwelen op droge, voedselarme, zure bodems (droge eiken-berkenbossen en beuken-zomereikenbossen).
- K22 pioniersvegetaties en graslanden op natte, voedselarme, zwak zure bodems (veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden, kalkarme duinvalleien).
- K27 pioniersvegetaties, grasland en ruigten op natte, matig voedselrijke bodems (hooilanden in het laagveen en in de middenloop van beekdalen).
- K47 pioniersvegetaties en graslanden op vochtige, matig en zeer voedselrijke bodems (dijkhellingen, glanshaverhooilanden).
- K48 pioniersvegetaties en graslanden op vochtige zeer voedselrijke bodems (akkers, bermen en fabrieksterreinen).
- K61 pioniersvegetaties en graslanden op droge, voedselarme zure bodems (droge heiden).