

Effecten watermaatregelen in beeld

KWR 2022.074

Datum

8 juli 2022

Opdrachtgever

Adviescommissie Droogte Noord-Brabant

Meer informatie

dr Sija Stofberg

T 030-6069569

Auteurs

Dr. Sija F. Stofberg, Esther A. Brakkee
MSc.

Opdrachtnummer

404178

E sija.stofberg@kwrwater.nl

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Projectmanager

Klaasjan Raat

Pagina

1/36

Samenvatting

Zoals in veel gebieden op de Nederlandse Hoge Zandgronden staat in Noord-Brabant het grondwatersysteem onder druk. Grondwaterstanden en kwelstromen zijn lager dan gewenst voor natuurlijke ecosystemen. Het huidige grondwaterbeheer en -gebruik staat daarom ter discussie. De Adviescommissie Droogte werkt voor de Provincie Noord-Brabant aan een rapport waarin mogelijke doelen en maatregelen worden gepresenteerd. Ter ondersteuning van dit rapport heeft de Adviescommissie Droogte aan KWR gevraagd om beschikbare kennis uit de literatuur op een rij te zetten en waterstromen in beeld te brengen.

In dit document zijn, op een vrij grove wijze, gegevens uit verschillende studies gecombineerd om tot een overzicht te komen van: 1. De belangrijkste waterstromen in het Noord-Brabantse watersysteem en de mogelijke veranderingen daarin in de toekomst. 2. Mogelijke maatregelen in het watersysteem die kunnen bijdragen aan een verbetering van het grondwatersysteem door meer water vast te houden, minder te onttrekken en/of meer aan te vullen en 3. Een set aan mogelijke maatregelen die past bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte (bestaande uit doelen en typen maatregelen), welke is samengevat in onderstaande tabel.

Tabel: Samenvatting van de mogelijke set maatregelen gebaseerd op het perspectief van de Adviescommissie Droogte.

	Maatregelen m.b.t. grondwater	Ordegrootte van effecten	Toelichting
Meer vasthouden	Water vasthouden door hogere peilen oppervlakte- en grondwater, meer natuurlijke inrichting watersysteem.	***	Meer en langer vasthouden van grondwater, hogere grondwaterstanden. Vereist grote ruimtelijke ingrepen, met grote gevolgen voor landgebruik (verplaatsing of extensivering landbouw) en inrichting watersysteem, waaronder sterke vermindering van ontwateringsmaatregelen
Minder onttrekken	Landbouw	**	Minder onttrekking als gevolg van ingrijpende ruimtelijke maatregelen, landbouwkundige ingrepen (bodembeheer, gewas, irrigatietechniek), hogere grondwaterstanden en inzet alternatieve bronnen (oppervlaktewater en hergebruik restwater).
	Drinkwater – besparingen en hergebruik bij klant	**	Minder onttrekking als gevolg van besparingen bij huishoudens en bedrijven/industrie. Besparingen op dit niveau betekenen zeer ingrijpende maatregelen voor alle nieuwe en groot deel van de bestaande huishoudens en bedrijven, in de categorie besparende technologie en regenwater- en grijswaterhergebruik.
	Drinkwater – alternatieve bronnen	**	Inzet van alternatieve bronnen voor de productie van drinkwater. Alternatieve bronnen kunnen bijvoorbeeld rivierwater of zeewater zijn. Vereist grote investeringen.
	Industrie	*	Minder onttrekking vooral door besparingen en hergebruik (zowel binnen industrie als bijvoorbeeld hergebruik van effluent).
Meer aanvullen	Meer grondwateraanvulling door veranderd landgebruik en inrichting watersysteem	***	Aanpassingen in het landgebruik (extensivering landbouw, meer natuurlijke oppervlaktewateren met bijv. inundaties) in samenhang met hogere peilen/verminderde ontwatering (anders heeft het mogelijk geen zin).
	Grondwateraanvulling ter compensatie van winningen	**	Extra grondwateraanvulling (bijvoorbeeld uit gezuiverd oppervlaktewater of restwater) om effecten van grondwaterwinningen tegen te gaan.
	Afkoppelen/hemelwaterinfiltratie	*	Extra grondwateraanvulling door hemelwater te laten infiltreren. Werkt niet wanneer er ook sprake is van ontwateringsmaatregelen. Kan grote investeringen vereisen m.b.t. rioolstelsel en inrichting bebouwd gebied.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Referentiesituatie en toekomstige situatie	4
3 Inventarisatie mogelijke maatregelen	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Effecten van maatregelen op waterstromen in het watersysteem en de waterketen	8
3.3 Effecten van maatregelen op het grondwater	11
4 Maatregelen die aansluiten op het perspectief van de Droogtecommissie	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Interpretatie van de maatregelen schatting van waterstromen	17
4.3 Overzicht van maatregelen voor het perspectief van de Adviescommissie Droogte	18
4.4 Samenvatting en visualisatie	23
5 Tot slot	24
6 Referenties	25
I Scenario's modelstudies en gerapporteerde effecten	27
II Effecten van landgebruiks- en vegetatieveranderingen	31
III Overzicht van waterstromen in referentiesituatie, toekomst en met maatregelen	33

1 Inleiding

Zoals in veel gebieden op de Nederlandse Hoge Zandgronden staat in Noord-Brabant het grondwatersysteem onder druk. Grondwaterstanden en kwelstromen zijn lager dan gewenst voor natuurlijke ecosystemen. Het huidige grondwaterbeheer en -gebruik staat daarom ter discussie. De Adviescommissie Droogte werkt voor de Provincie Noord-Brabant aan een rapport waarin mogelijke doelen en maatregelen worden gepresenteerd. Ter ondersteuning van dit rapport heeft de Adviescommissie Droogte aan KWR gevraagd om reeds beschikbare kennis uit de literatuur op een rij te zetten en op basis hiervan waterstromen in beeld te brengen. Er is dus geen nieuw onderzoek gedaan.

In deze beknopte achtergrondnotitie wordt achtereenvolgens ingegaan op de huidige toestand van het watersysteem van Noord-Brabant en mogelijke ontwikkelingen naar de toekomst. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen en de mogelijke effecten daarvan op het watersysteem, waarbij ook kanttekeningen worden gemaakt met betrekking tot de impact van dergelijke maatregelen. Tot slot wordt een set aan mogelijke maatregelen verder uitgewerkt en gevisualiseerd.

Bij het uitwerken van de set aan maatregelen zijn de auteurs uitgegaan van de randvoorwaarden van de Adviescommissie Droogte, in de vorm van scenario-omschrijvingen waarin het gewenste type maatregelen en de gewenste resultaten reeds waren geformuleerd. De set aan maatregelen reflecteert dus niet de mening van de auteurs, maar volgt de lijn die is ingezet door de Adviescommissie Droogte.

2 Referentiesituatie en toekomstige situatie

In deze sectie is de globale omvang van de belangrijkste waterstromen in de Provincie Noord-Brabant in een overzicht geplaatst (Tabel 2-1). Dit overzicht is samengesteld met behulp van verschillende bronnen, waaronder modelstudies van het grondwatersysteem en een overzichtsstudie van de verschillende antropogene waterstromen.

Bij de interpretatie van deze getallen moeten enkele aandachtspunten in acht worden genomen:

- Als begrenzing van het gebied is het land-deel van Noord-Brabant gekozen. De Maas is dus niet meegenomen in het overzicht en wordt in deze context als ‘buiten’ het systeem gezien.
- Voor alle getallen geldt dat er sprake is van onzekerheid. In de tabel is aangegeven of we verwachten dat deze onzekerheid relatief groot of klein is. Voor vrijwel alle waterstromen geldt dat deze niet volledig gemeten (kunnen) worden en dat de getallen gebaseerd zijn op modelstudies en schattingen. Wanneer er wel gemeten wordt, is er sprake van meetonzekerheden. De getallen zijn daarom deels afgerond.
- Getallen zijn gebaseerd op studies van de afgelopen jaren, vaak aangaande een ‘gemiddeld jaar’ of een aantal recente jaren. Over het jaar, maar ook tussen jaren, kunnen sterke verschillen optreden. Deze verschillen zijn soms veel belangrijker dan de gemiddelde situatie, vooral als het gaat om vraagstukken rondom droogte en grondwaterstanden.

Het wordt verwacht dat de waterstromen in de komende decennia veranderen, onder andere als gevolg van klimaatverandering en sociaal-economische ontwikkelingen. Eventuele maatregelen die in de toekomst worden ingezet, hebben betrekking op het toekomstige watersysteem. Op basis van beschikbare literatuur, waaronder de Deltascenario's, is zeer grofweg een richting gegeven aan de verandering van de belangrijkste waterstromen in het watersysteem. Een overzicht hiervan is opgenomen in Tabel 2-2.

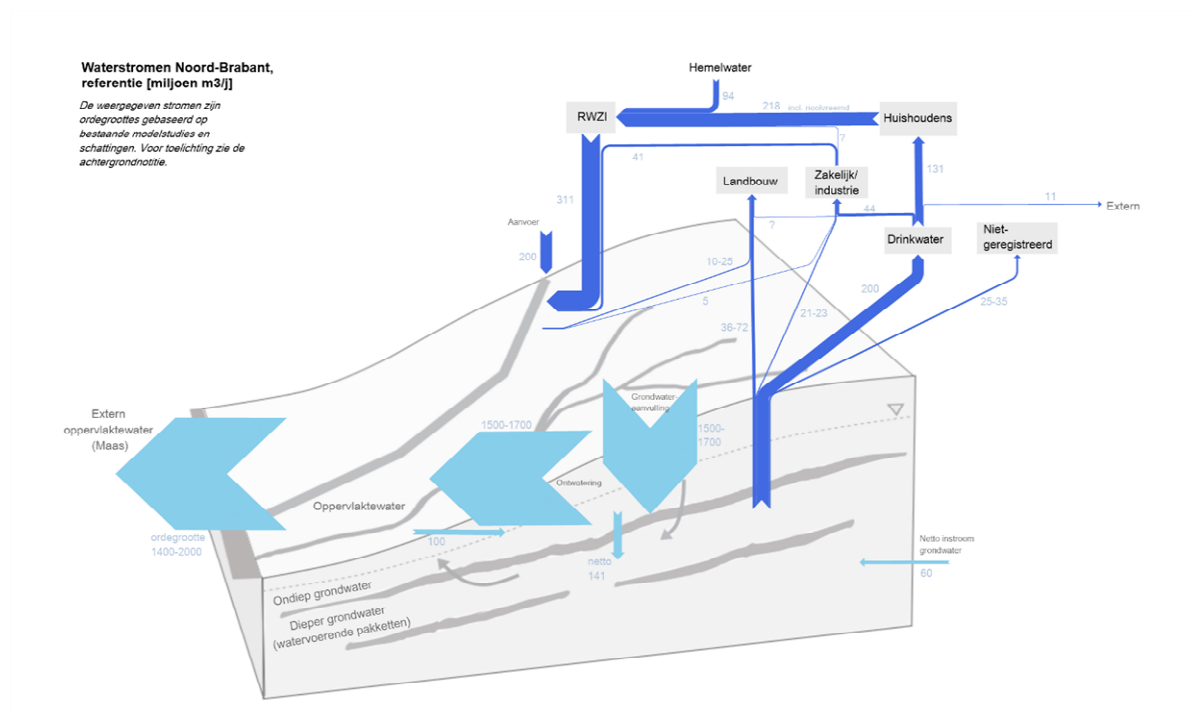
De huidige en de toekomstige waterstromen zijn gevisualiseerd in Figuur 2-1 en Figuur 2-2.

Tabel 2-1. Overzicht van de belangrijkste waterstromen in het watersysteem van Noord-Brabant, op basis van literatuur en schattingen.

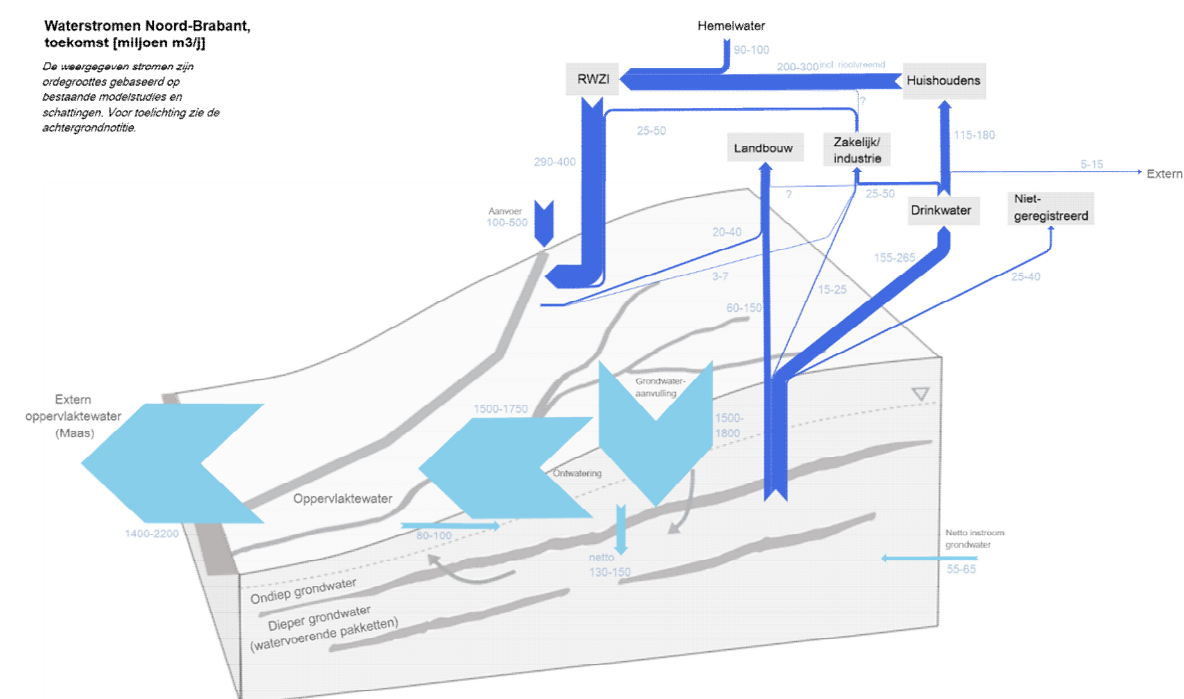
Waterstroom	Referentiesituatie	Bron referentiesituatie	Variatie over het jaar
Neerslag	3700-4000	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Langjarig relatief gelijkmatig
Grondwateraanvulling (naar freatisch)	1500-1700	(Verhagen et al., 2017; Witte et al., 2015, Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Potentieel neerslagtekort in de zomer van 455-570, overschot in winter van 1265-1975 op basis van KNMI data van referentieverdamping.
Drainage (vanuit freatisch naar oppervlaktewater)	1600	(Deltares, 2018; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017)	Rond 80% in winterhalfjaar, in droge zomers zeer laag (20 miljoen m ³ in jun-aug)
Infiltratie uit oppervlaktewater naar freatisch grondwater	100	(Verhagen et al., 2017)	
Netto grondwaterstroming van freatisch grondwater naar wvp1	141	(Verhagen et al., 2017)	Geen gegevens, vermoedelijk in de winter iets meer
Netto laterale grondwaterstroming (netto inkomend)	60	(Verhagen et al., 2017)	Geen gegevens
Oppervlaktewater afvoer	Ordegrootte 1400 - 2000	<i>Schatting</i>	Vooraf in de winter, afname in de zomer
Oppervlaktewater aanvoer	~200	(Deltares, 2018)	Vrijwel geheel in zomer
Grondwateronttrekking voor drinkwater	200	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Verhagen et al., 2017)	In zomerhalfjaar iets meer dan de helft (107)
Grondwateronttrekking voor industrie	21-23	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Verhagen et al., 2017)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant
Grondwateronttrekking voor landbouw	36-72	(Verhagen et al., 2017)	Tijdens groeiseizoen (april-september) met name tijdens droge perioden
Niet geregistreerde grondwateronttrekkingen	25-35	(Stuurman et al., 2010)	Geen gegevens
Oppervlaktewateronttrekking voor industrie (zonder koelwater)	5	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant
Oppervlaktewateronttrekking voor landbouw	10-25	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Van den Eertwegh et al., 2021)	Tijdens groeiseizoen (april-september) met name tijdens droge perioden
Levering drinkwater huishoudens	131	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens zomerhalfjaar (69 tov 63)
Levering drinkwater zakelijk en industrieel	44	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens zomerhalfjaar (23 tov 21)
Levering drinkwater buiten Noord-Brabant	11	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Geen gegevens
RWZI effluent naar oppervlaktewater	311	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens winterperiode
DWA naar RWZI	218	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Relatief constant
RWA naar RWZI	94	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	2/3 tijdens winterhalfjaar
Industrieel effluent naar oppervlaktewater	41	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant

Tabel 2-2. Grove schatting van de mogelijke verandering van de belangrijkste waterstromen in de toekomst.

Waterstroom	Toekomst		
	Verwachte verandering in de toekomst	Geschatte autonoom min (miljoen m³/j)	Geschat autonoom max (miljoen m³/j)
Neerslag	Toename in winter en afname in zomer	3700	4000
Grondwateraanvulling (naar freatisch)	Neerslag min actuele verdamping. Toename rond 5%; afhankelijk van klimaatontwikkeling en oppervlaktewatersysteem.	1500	1800
Drainage (vanuit freatisch naar oppervlaktewater)	Lichte toename, alleen in winter	1500	1750
Infiltratie uit oppervlaktewater naar freatisch grondwater	Onbekend, mogelijke daling bij drogere perioden met weinig afvoer.	80	100
Netto grondwaterstroming van freatisch grondwater naar wvp1	Onzeker. Mogelijk lichte toename door toenemende neerslag in de winter, afname in de zomer bij droogte.	130	150
Netto laterale grondwaterstroming (netto inkomend)	Onbekend.	55	65
Oppervlaktewater afvoer	Waarschijnlijk sterkere variatie over het jaar.	1400	2200
Oppervlaktewater aanvoer	Toename aanvoervraag tijdens droge perioden verwacht, onbekend of dit ook gerealiseerd kan worden.	100	500
Grondwateronttrekking voor drinkwater	Op basis van verwachte verandering drinkwatervraag voor huishoudens, industrie en levering buiten Brabant, rekening houdend met schatting van productie en lekverliezen.	155	265
Grondwateronttrekking voor industrie	Deltascenario's: verandering industriewatervraag - 40% tot +15% (Deltascenario's).	12	27
Grondwateronttrekking voor landbouw	Voor 2018 geschat op 100-130 miljoen m³ of meer, met klimaatverandering naar verwachting sterkere stijging. In Deltascenario's stijgt het beregend landbouwareaal.	60	150
Niet geregistreerde grondwateronttrekkingen	Onbekend, mogelijk iets meer voor tuinen e.d.	25	40
Oppervlaktewateronttrekking voor industrie (zonder koelwater)	Deltascenario's: verandering industriewatervraag - 40% tot +15%	3	7
Oppervlaktewateronttrekking voor landbouw	Voor 2018 geschat op 31 miljoen m³ (vermoedelijke onderschatting). In Deltascenario's stijgt het beregend landbouwareaal. Met klimaatverandering vaker droge zomers waarbij berekening gewenst is.	20	40
Levering drinkwater huishoudens	Deltascenario's: verandering drinkwater – 10% tot +35%.	115	180
Levering drinkwater zakelijk en industrieel	Deltascenario's: verandering industriewatervraag - 40% tot +15%.	25	50
Levering drinkwater buiten Noord-Brabant	Onbekend.	5	15
RWZI effluent naar oppervlaktewater	Verandering hangt af van verandering drinkwatergebruik en verandering neerslag.	285	395
DWA naar RWZI	Stijgt ongeveer mee met drinkwatervraag.	195	295
RWA naar RWZI	In zomer minder en in winter meer, netto vermoedelijk weinig verandering.	90	100
Industrieel effluent naar oppervlaktewater	Kan wijzigen afhankelijk van groei industrie. Hier verondersteld dat dit parallel kan lopen met verandering watervraag industrie.	25	50



Figuur 2-1. Visualisatie van de geschatte omvang van de waterstromen in Noord-Brabant. Voor diverse waterstromen (vooral de grotere stromen) geldt dat de omvang relatief onzeker is, omdat deze niet (goed) gemeten kunnen worden. Variatie binnen jaren en tussen jaren is van groot belang. Dit kan belangrijker zijn dan de gemiddelde situatie. Dit geldt bijvoorbeeld voor grondwateraanvulling en afvoer, maar ook voor onttrekkingen voor de landbouw.



Figuur 2-2. Visualisatie van de geschatte omvang van de waterstromen in Noord-Brabant in de toekomst. Ten opzichte van de huidige situatie worden vooral de onzekerheden groter.

3 Inventarisatie mogelijke maatregelen

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een inventarisatie van allerlei mogelijke maatregelen die mogelijk (direct of indirect) invloed kunnen hebben op het (grond)watersysteem. Op basis van literatuur is (voor zover mogelijk) gepoogd om de mogelijke effecten van de maatregelen voor Noord-Brabant te kwantificeren. Hoewel in Noord-Brabant de problematiek vooral samenhangt met grondwater (standen en stijghoogten) kiest de Adviescommissie Droogte er voor om de effecten van maatregelen in verandering van waterstromen (m^3/j) te willen kwantificeren. In dit hoofdstuk zijn de maatregelen daarom ingedeeld in twee typen: algemene maatregelen met betrekking tot waterstromen en maatregelen met betrekking tot grondwaterstanden. Van dit laatste type wordt vervolgens een zeer grove vertaling gemaakt naar het mogelijke effect op waterstromen in m^3/j .

De Adviescommissie Droogte Noord-Brabant deelt mogelijke maatregelen in in drie typen:

- Meer vasthouden: zorgen dat grondwater minder snel afgevoerd wordt
- Minder onttrekken: door aanpassingen in de manier waarop met water wordt omgegaan hoeft er minder grondwater te worden onttrokken
- Meer aanvullen: actief aanvullen van het grondwater

De maatregeltypen zijn deels inwisselbaar, maar verschillen in hun effect op het watersysteem, en kunnen elkaar ook sterk beïnvloeden. Van den Eertwegh et al. (2021) laten bijvoorbeeld zien dat extra infiltratie pas zinvol is als ook ontwateringssystemen worden aangepast. De studie Watervraag Natuur (Stuurman et al., 2020) concludeert dat voor het herstel van diepe stijghoogten meestal reductie van onttrekkingen nodig is, terwijl voor herstel van freatische stijghoogten meestal aanpassingen in drainage het meest effectief zijn, waarbij de effectiviteit van de twee varieert over de provincie. In de interpretatie van de maatregelen is het dan ook goed om de volgende kanttekeningen te hanteren:

- Veel van de geïnventariseerde maatregelen betreffen studies uit andere gebieden en/of modelstudies. Voor alle maatregelen geldt dat er sprake is van onzekerheid omtrent wat het effect zou kunnen zijn. Het is raadzaam om de getallen te zien als een ordegrootte van mogelijke effecten.
- De effecten van maatregelen kunnen lokaal (sterk) verschillen, bijvoorbeeld door de kenmerken van de ondergrond, het landschap en de aanwezige menselijke activiteiten.
- De wenselijkheid van effecten kan lokaal (sterk) verschillen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van natuur.
- Er is bij het samenstellen van dit overzicht niet gekeken naar hoe realistisch het zou zijn om bepaalde maatregelen te implementeren. Wel is getracht aan te geven wat er ongeveer voor nodig zou zijn.
- Bij het kwantificeren van de effecten is uitgegaan van volledige implementatie van de maatregelen. Voor de meeste maatregelen zal dit in de praktijk niet realistisch zijn.
- De lijst met mogelijke maatregelen is niet uitputtend. Er zijn waarschijnlijk meer maatregelen denkbaar.

3.2 Effecten van maatregelen op waterstromen in het watersysteem en de waterketen

In Tabel 3-1 zijn diverse soorten maatregelen opgenomen waarbij het mogelijke effect is geschat voor Noord-Brabant in het geval dat een dergelijke maatregel volledig zou worden doorgevoerd.

Tabel 3-1. Mogelijke maatregelen en de ordegrrootte van het mogelijke effect op de waterstromen in het watersysteem.

Type maatregel	Variant maatregel	Effect op waterstromen in watersysteem	Opmerkingen, kanttekeningen, onzekerheden	Referentie
Besparen en hergebruik	Besparing drinkwater huishoudens door gedragsverandering	Tijdelijk effect max in de ordegrrootte van 2-30%, effect duurt vaak relatief kort (enkele weken tot maanden). Sommige interventies kunnen sterker en langduriger effect hebben, van 50% en (deels) effect houden over een periode van enkele jaren.	In het onderzoek van Brouwer et al. werden effecten van gedragsverandering op het gebied van douchen onderzocht. Hoewel een tijdelijk verschil in de ordegrrootte van 7% werd geconstateerd, was op middellange termijn geen verschil meer zichtbaar. In het artikel van Koop et al. zijn verschillende getallen uit studies verzameld.	(Brouwer et al., 2022; Koop et al., 2019)
Besparen en hergebruik	Besparing drinkwater door inzet regenwater	Voor laagbouw: 13-17% van drinkwatervraag. Theoretisch maximum van regenwater van verharde oppervlakken geschat op 160-260 miljoen m ³ /jaar.	Voor laagbouw zou van eigen dak ongeveer 13-17% van de drinkwatervraag voldaan kunnen worden uit regenwater van eigen dak. Uitgaande een effectieve opvang van 50% van de neerslag kan naar schatting 160 miljoen m ³ /jaar worden gebruikt voor het oppervlak van woonterrein (incl. straten) in Noord-Brabant (CBS, 2022) en 260 miljoen m ³ /jaar voor al het bebouwde oppervlak. In België schijnt regenwateropvang te kunnen leiden tot een vermindering van de drinkwatervraag met maximaal 50% (relatief meer dakoppervlak per persoon dan in NL).	(CBS, 2022; Stofberg et al., 2019)
Besparen en hergebruik	Besparing drinkwater huishoudens door technieken en inzet regenwater en hergebruik	Besparing in de ordegrrootte van 32-58% door verschillende waterbesparende technieken. In combinatie met inzet van regenwater en/of grijswaterhergebruik kan dit oplopen tot 76-98% besparing.	Op basis van een simulatie voor SUPERLOCAL, waarbij een woonwijk zoveel mogelijk zelfvoorzienend is gemaakt, waarbij sprake lijkt te zijn van zowel laag- als hoogbouw.	(Bouziotas et al., 2019)
Besparen en hergebruik	Alternatieve bronnen (anders dan grondwater) voor drinkwater	Eerste stap: voorkomen van groei van grondwateronttrekkingen als gevolg van groei van de drinkwatervraag (door demografische veranderingen en/of meer verbruik). Verdergaande stappen kunnen bestaan uit vervanging van grondwaterwinningen. Impact op andere waterstromen afhankelijk van de bron, zoals extern (bijvoorbeeld rivierwater, zeewater) of intern: brak grondwater, RWZI effluent, restwater uit de industrie, neerslag etc.	Brabant Water verkent de mogelijkheid om alternatieve bronnen naast grondwater in te zetten voor de drinkwaterproductie. Dit lijkt er op gericht om de groei van de drinkwatervraag op te vangen. In theorie is het mogelijk om meer gangbare alternatieve bronnen in te zetten, hoewel kosten en betrouwbaarheid etc. verder onderzoek vergen.	(Stofberg et al., 2019)
Besparen en hergebruik	RWZI-effluent naar landbouw	Voor een droog jaar is ingeschat dat met ongeveer 20% van het jaarlijkse effluent aan 50% van de grondwatervraag van de landbouw kan worden voldaan. Dit vindt in het groeiseizoen (apr-aug) plaats, met ongeveer 40% van het effluent in april tot ongeveer 70% in juli. Inzet van effluent heeft gevolgen voor oppervlaktewaterafvoeren (beken), die in de zomer vaak al laag zijn.	Deze inschatting is gemaakt voor het gebied van Aa en Maas, op basis van vraag en aanbod en een maximale transportafstand van 10 km. Aanname is dat er tot voldoende kwaliteit wordt gezuiverd. Er kunnen lokale verschillen zijn tussen de verhouding effluent en landbouwwraag. Ook kan de kwetsbaarheid van eventuele beeksystemen sterk verschillen.	(Krajenbrink et al., 2021)
Besparen en hergebruik	RWZI restwater naar industrie	In een droog jaar kan de industriële grondwatervraag met ongeveer 75% worden verminderd en de drinkwatervraag tot vrijwel 0 gereduceerd worden, door de inzet	Deze inschatting is gemaakt voor het gebied van Aa en Maas, op basis van veronderstelde vraag en aanbod en een maximale transportafstand van 10 km. Aanname is dat er tot voldoende kwaliteit wordt gezuiverd.	(Krajenbrink et al., 2021)

		van ongeveer 13% van het beschikbare effluent. Deze stroom is relatief constant over het jaar, maar de relatieve effecten op het oppervlaktewater kunnen in de zomer groter zijn (door reeds lage afvoeren).	Voor extrapolatie is het belangrijk te beseffen dat de aanwezigheid van industrie t.o.v. RWZIs sterk kan verschillen.	
Besparen en hergebruik	Besparingen in / door industrie	Besparingen vaak mogelijk, onzeker hoeveel. Theoretische bovengrens is dat er geen water meer geloosd wordt bij (zeer) veel inzet van technische maatregelen.	Hierover lijkt weinig bekend, mede omdat er grote variatie bestaat in industrieën. Er lijkt besparing mogelijk bij diverse bedrijven, maar zijn de kosten vaak een drempel (niet de beschikbare techniek). Een theoretische bovengrens van de besparingen is dat er geen water meer geloosd wordt.	Pers. comm. met Kees Roest (KWR) en (H2O, 2022; Waterforum, 2022)
Besparen en hergebruik	Besparingen in de landbouw door irrigatietechnieken	Besparing geschat in de ordegrootte van 0-40% van de beregeningsgift op percelen waar dit plaatsvindt, geldt alleen waar eerder traditionele beregening plaatsvond, afhankelijk van verschillende factoren.	Bij traditionele beregening gaat vermoedelijk een relatief groot deel van het water (40-50%) verloren. Door inzet van andere irrigatietechnieken (bijvoorbeeld druppelirrigatie) kan eventueel water bespaard worden (anekdotische getallen in de orde van 20-40%), maar er lijkt in de praktijk niet in alle gevallen sprake te zijn van besparing. Verwacht wordt dat er naast een eventuele besparing sowieso ook sprake is van een sterke groei door klimaatverandering en inzet van beregening op meer locaties (grotere vraag per locatie en meer locaties met beregening). Daarnaast kan de gewaskeuze ook naar meer kapitaalintensieve gewassen gaan, waardoor er ook meer beregening nodig is.	(de Louw et al., 2020)
Besparen en hergebruik	Besparingen in de landbouw door landbouwkundige maatregelen	Voor regionale vermindering van beregening in toekomstscenario kan geschatte onttrekkingen in 2003 worden aangehouden. Voor lokale ingrepen is theoretisch maximale effect wanneer percelen niet meer beregend worden.	Landbouwkundige maatregelen, zoals droogtebestendige gewassen of agroforestry. Eventuele besparingen hangen af van gewaskeuze en acceptabel geachte opbrengstverminderingen. Een theoretisch maximum van besparingen is dat er voor deze percelen geen beregening plaatsvindt, maar het is onbekend bij welke gewassen dit kan en wat dit betekent voor de opbrengst. Ter vergelijking is gekeken naar het watergebruik van de landbouw (landelijk) in de droge jaren 2003, 2018 en de meer gemiddelde jaren daartussen. In 2003 was het watergebruik ongeveer verdubbeld t.o.v. gemiddeld, in de jaren 2018-2020 was dit ongeveer verdriedubbeld. Op basis van onderzoek van Witte et al. (2019) waarin de huidige landbouw is vergeleken met de jaren 1950 kan hier aan toegevoegd worden dat verschillen in wijzen van landbouw bedrijven kunnen leiden tot verschillen in opbrengst van het gewas, en (daarmee) ook tot een verschil in grondwateraanvulling. Deze verschillen worden geschat in de ordegrootte van 100-200 mm (bij hetzelfde gewas), waarbij de grondwateraanvulling op die percelen kan stijgen met maximaal 40-60%. In de situatie in de jaren 1950 werd praktisch niet beregend en waren de gewasopbrengsten aanmerkelijk lager (25-80% van de huidige opbrengst). Verandering van gewas kan uiteraard tot grotere verschillen leiden, maar hierbij moet worden opgemerkt dat de geschiktheid van percelen	(CBS Statline, 2019) (Witte et al., 2019)

			voor bepaalde gewassen sterk kan verschillen. Ook moet opgemerkt worden dat er mogelijk sprake is van vergrote risico's (verlies van oogst).	
Aanvullen	Infiltreren van neerslag op verharde oppervlakken	Ongeveer een kwart van het RWZI effluent bestaat uit regenwaterafvoer (RWA). Dit zou apart afgevoerd kunnen worden en in het grondwater worden geïnfilteerd. Dit zou betekenen dat er meer grondwateraanvulling plaatsvindt, en minder afvoer vanuit de RWZI naar het oppervlaktewater. Indirect kan het extra grondwater wel tot afvoer komen, afhankelijk van de lokale ontwateringssituatie. De RWA-afvoer voor Brabant (geschat 94 mln m ³ /j) komt overeen met de 100 mm infiltratie in stedelijk gebied in van den Eertwegh et al. 2021. (98 mln m ³)	Deze inschatting is gebaseerd op gegevens van enkele RWZI's voor het gebied van Aa en Maas. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele verwijdering van de 'first flush' (eerste deel van het afstromend water dat verontreinigd kan zijn). Grove aanname is dat deze first flush maximaal de helft is. Deze maatregel kan op verschillende manieren vorm krijgen, bijvoorbeeld door ontsteningen van oppervlakken en gescheiden rioolstelsels in combinatie met infiltratievoorzieningen of infiltratie na zuivering bij de RWZI. In het laatste geval is het theoretisch maximum de hoeveelheid beschikbaar effluent. Afhankelijk van de lokale ontwateringssituatie kan het geïnfilteerde water ten goede komen aan het (diepere) grondwater of snel tot afvoer komen.	(Krajenbrink et al., 2021)
Aanvullen	Aanpassing wateraanvoer in de landbouw gericht op stijging grondwaterstand of aanvulling grondwater, zoals subirrigatie in de landbouw, bevoeiingsweides	Bij subirrigatie kan oppervlaktewater of restwater ondergronds worden aangevoerd in landbouwpercelen, in plaats van beregening. Dit leidt tot watervoorziening aan het gewas en (tijdelijk) extra grondwateraanvulling (afhankelijk van ontwateringsmaatregelen). De watervraag van subirrigatie ligt in de ordegrrootte van 300-600 mm per groeiseizoen. Afhankelijk van de hydrologische situatie kan een relatief groot deel ten goede komen aan het grondwater (ordegrrootte 20% / 100 mm) en/of tot lokaal tot afvoer komen. Stijgingen grondwaterstand lente/zomer tot meerdere dm, blijft lokaal. Theoretisch maximum bepaald op basis van totaal oppervlak landbouw (niet zijnde glastuinbouw) is zo'n 900 miljoen m ³ /jaar, maar wordt sterk gelimiteerd door beperkte beschikbaarheid aanvoerwater.	Subirrigatie is niet overal toepasbaar. Om op regionale schaal substantiële grondwateraanvulling en grondwaterstandsverhoging te bereiken moet het grootschaliger worden toegepast, wat nog weinig is verkend. Bij grootschaliger toepassing uit oppervlaktewater wordt de watervraag al snel beperkend. In eerdere onderzoeken bleek subirrigatie in slechts een beperkt deel van de percelen in een gebied met wateraanvoer gebied mogelijk.	(CBS, 2022; de Wit et al., 2022; Stofberg et al., 2021)

3.3 Effecten van maatregelen op het grondwater

Er zijn enkele studies waarin maatregelen met betrekking tot het grondwater in Noord-Brabant worden behandeld:

- Draagkracht Grondwater Noord-Brabant (Verhagen et al., 2017), ook wel 'Draagkrachtstudie'. In deze studie zijn modelberekeningen verricht met het Brabant Model, waarin stationair en niet-stationair is gerekend aan de periode 2000-2009 op het niveau van vijf geohydrologische deelgebieden. In deze studie zijn scenario's doorgerekend waarin meer en minder wordt onttrokken, dieper wordt onttrokken en klimaatverandering plaatsvindt. De resultaten zijn vergeleken op grondwaterstanden, stijghoogten, beekafvoeren en de waterbalans.

- Een verkenning naar de watervraag van de Noord-Brabantse natuur (Stuurman et al., 2020). In deze studie zijn berekeningen verricht met het Brabant Model, waarin gekeken is naar de periode 2009-2016. Men heeft maatregelen rond de aanpassing van drainage onderzocht, alsmede vermindering van onttrekkingen in en rondom natte natuurgebieden. De effecten zijn vergeleken op grondwaterstanden, stijghoogten, kwel-infiltratiestromen en afvoeren in natte natuurgebieden (dus niet gebiedsbreed).
- Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost- Nederland (Van den Eertwegh et al., 2021), ook wel 'Droogtestudie'. In deze studie zijn simulaties verricht met het LHM waarbij gekeken is naar de periode 2013-2019. In de studie zijn scenario's doorgerekend waarin minder wordt onttrokken, drainage is aangepast en meer grondwater wordt aangevuld, zowel gebiedsbreed als in bufferzones rond natte natuur. De resultaten zijn vergeleken op effecten op de hoogste en laagste grondwaterstanden in het jaar (LG3 en HG3), zomerafvoer en kwelstromen.

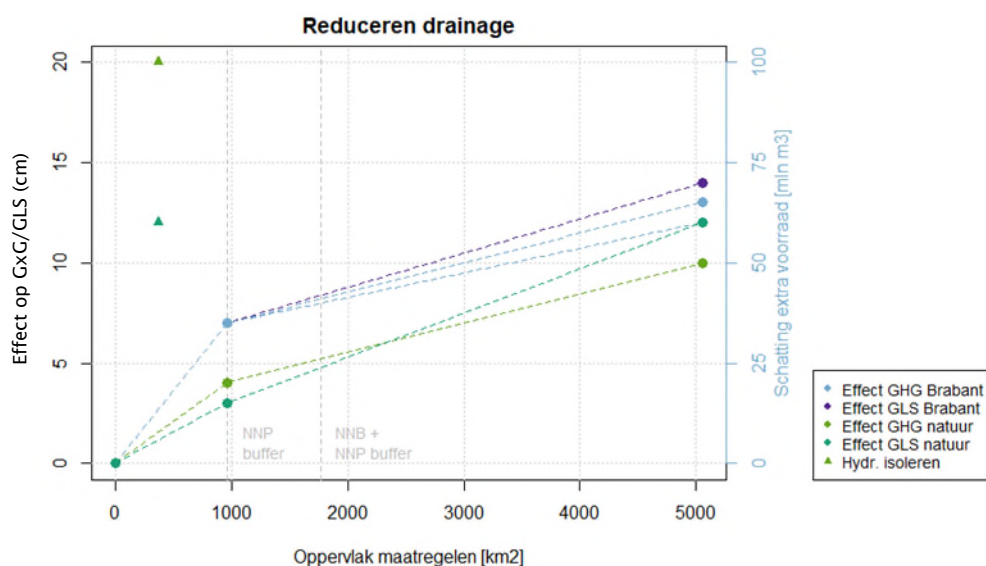
In Bijlagen I en II zijn de scenario's uit bovengenoemde studies en de bijbehorende effecten op het grondwatersysteem op een rij gezet. In Figuur 3-1 tot en met Figuur 3-4 zijn de effecten van verschillende maatregelen uit de drie bovenstaande studies samengevat. Voor de uitwerking voor bepaalde gebieden (zoals bufferzones rondom natuur) is gebruik gemaakt van de gegevens uit Tabel 3-2. In Tabel 3-3 worden mogelijke maatregelen met betrekking tot de grondwaterstanden en de mogelijke effecten daarvan samengevat.

Tabel 3-2. Oppervlak en onttrekkingen nabij natuurgebieden in Noord-Brabant

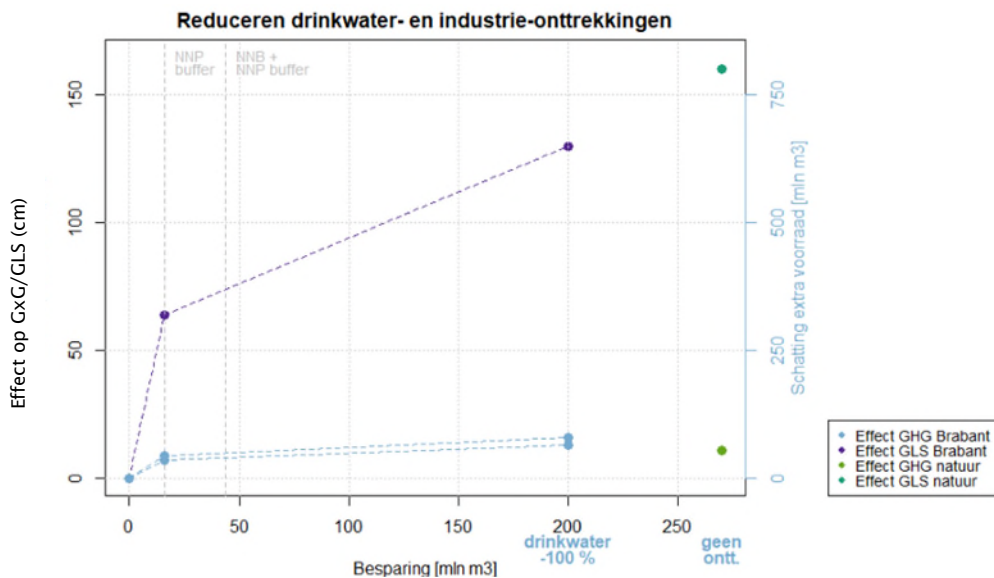
Gebied	Oppervlak [km ²]	Drinkwaterwinning* [mln m ³ /j]	Drinkwaterwinning [%]	Berekening uit grondwater [%] **
Noord-Brabant	5058	198	100%	100%
Natte Natuurparels	369	1.8	1%	1%
Natte Natuurparels buffer 500 m	964	15	8%	12%
Natuurnetwerk Brabant	1311	25	13%	4%
Natuurnetwerk Brabant buffer 500 m	4082	191	97%	81%
Natte Natuurparels buffer 500 m en Natuurnetwerk Brabant	1769	44	22%	15%

*Gemiddelde 2015-2016

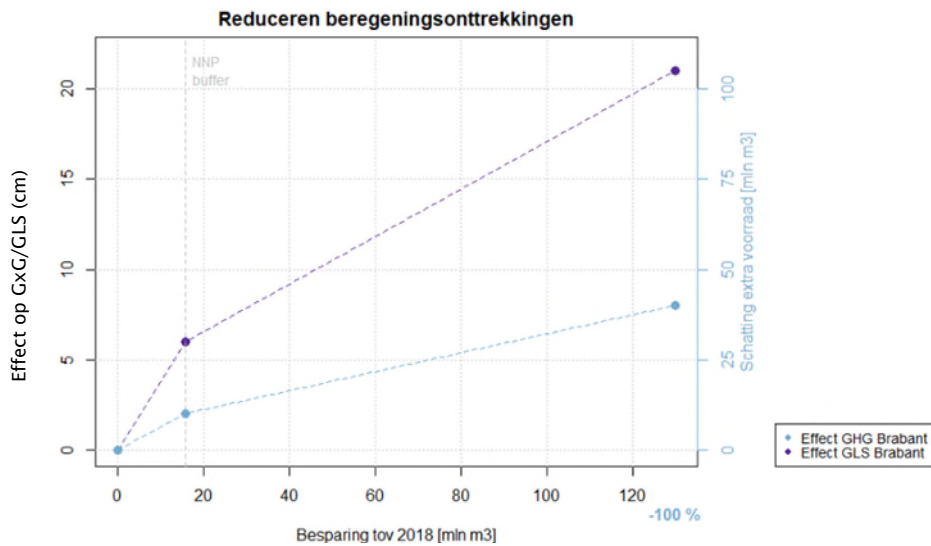
**Op basis van gemodelleerde onttrekkingen (LHM) in juli 2018



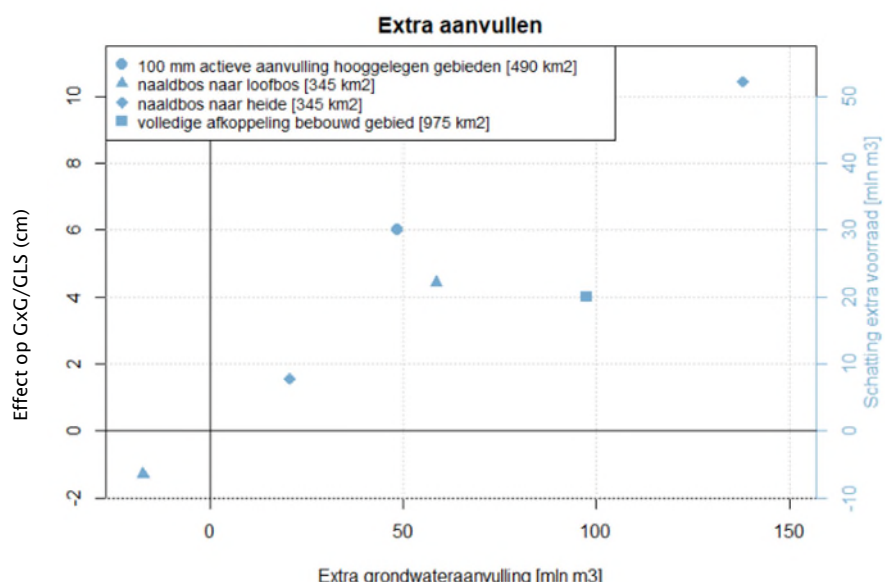
Figuur 3-1. Effecten van drainagereductie op grondwaterstanden (GHG GLG) en stijghoogten (GLS) op basis van de drie grondwaterstudies (Stuurman et al., 2020; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017) en de grove omrekening naar extra voorraad (geldt alleen voor freatische berging en dus grondwaterstanden).



Figuur 3-2. Effecten van reductie van drinkwater- en industrie-onttrekkingen op grondwaterstanden (GHG GLG) en stijghoogten (GLS) op basis van de drie grondwaterstudies (Stuurman et al., 2020; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017) en de grove omrekening naar extra voorraad (geldt alleen voor freatische berging en dus grondwaterstanden; let hierop bij interpretatie van de rechter y-as).



Figuur 3-3. Effecten van reductie van beregeningen op grondwaterstanden (GHG) en stijghoogten (GLS) op basis van de drie grondwaterstudies (Stuurman et al., 2020; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017) en de grove omrekening naar extra voorraad (geldt alleen voor freatische berging).



Figuur 3-4. Effecten van extra grondwateraanvullingen op grondwaterstanden en stijghoogten op basis van de drie grondwaterstudies (Stuurman et al., 2020; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017) en de grove omrekening naar extra voorraad (geldt alleen voor freatische berging).

Tabel 3-3. In deze tabel worden maatregelen uit modelstudies samengevat, waarbij (voor zover mogelijk) aanpassingen aan waterstromen (in miljoenen m³/jaar) zijn gekoppeld aan aanpassingen in grondwaterstanden, berging en afvoerstromen. Voor de inschatting van berging als gevolg van wijzigingen in freatische grondwaterstanden is uitgegaan van de zeer ruwe aanname dat er sprake is van een freatische bergingscoëfficiënt van 0.1 over het gehele oppervlak van de provincie Noord-Brabant. Afkortingen: DOS = Droogtestudie (Van den Eertwegh et al., 2021), WN = Watervraag Natuur (Stuurman et al., 2020) en DKS = Draagkrachtstudie (Verhagen et al., 2017).

Type maatregel	Variant maatregel	Effect freatische grondwaterstanden	Effect diepe stijghoogte (onder WaK) en kwel	Effect afvoer	Bron en periode
Meer vasthouden	Peilverhoging/verhoging drainagebasis 30 cm / verwijderen detailontwatering Brabant-breed (jaarrond)	Grondwaterstanden en GLG binnen en buiten natuur omhoog orde grootte 10 cm <i>Voorraad +50 mln m³</i>	Diepe stijghoogten binnen en buiten natuur omhoog 10-15 cm Kwel lokale (gemiddeld kleine) toe- of afnames	Zomerafvoer Brabant-breed afname zo'n 50%, bij dempen detailontwatering verschuiving afvoer winter naar zomer (orde grootte 5%)	DOS 2018 WN 2009-2016
	Peilverhoging 20-30cm in bufferzones rond natte natuur en in natuur zelf (500m)	Grondwaterstanden en GLG omhoog orde grootte 4-7 cm <i>Voorraad +20-35 mln m³</i>	Diepe stijghoogten binnen en buiten natuur omhoog 3-7 cm Lichte toename ondiepe kwel; bij sterke vermindering ontwatering natte natuur sterke afname diepe kwel in natuur (-30%)*	Zomerafvoer Brabant-breed afname zo'n 30%, in natuurgebieden lichte afname zomerafvoer en afname winterafvoer orde 10%	DOS 2018 WN 2009-2016
	Verwijderen/isoleren alle ontwatering natte natuurgebieden	GLG natuur +20 cm	GLS natuur + 12cm Diepe kwel natuur -80%*	Zomerafvoer natuur -40% Winterafvoer natuur -22%	WN 2009-2016
Minder onttrekken	Reductie grondwateronttrekkingen Brabant-breed	Brabant-breed orde grootte 1 cm per 20 mln m ³	Brabant-breed orde grootte 10 cm per 20 mln m ³ , grote regionale verschillen Toename (diepe) kwel orde grootte 1-3% per 10 mln m ³	Jaarrond orde grootte 1% per 20 mln m ³ , variatie over het jaar	DKS 2000-2009 WN 2009-2016 DOS 2018
	Verwijderen alle grondwateronttrekkingen bufferzones natte natuur	Stijging zomer-grondwaterstanden Brabant-breed orde grootte 10 cm, in natuurgebied meer	Stijging stijghoogtes orde grootte 70 cm, toename zomerkwel orde 15%	Toename zomerafvoer Brabant-breed orde +10%	DOS 2018
	Reductie grondwateronttrekkingen Brabant-breed plus peilverhoging bufferzones natte natuur	In natuurgebieden orde 2 cm per 20 mln m ³ reductie	In natuurgebieden orde 10-20 cm per 20 mln m ³	Lichte stijging zomerafvoer, lichte daling winterafvoer	WN 2009-2016
Meer aanvullen	Actieve infiltratie oppervlakte- of restwater 100 mm/j in hoge gebieden	LG3 +8 cm <i>Voorraad +40 mln m³</i>	LG3 +8 cm; Ondiepe zomerkwel +3%	Zomerafvoer +3%	DOS 2018
	Afkoppelen/meer groen in stedelijk gebied	LG3 +4 cm bij 100 mln m ³ aanvulling GWA + 10-100 mln m ³ <i>Voorraad +3-20 mln m³</i>	LG3 + 4 cm; Ondiepe zomerkwel +4%	Zomerafvoer +6%	DOS 2018 Tabel II.II
	Omvorming (dicht en open) naaldbos naar loofbos	GWA -20 - +60 mln m ³ <i>Voorraad -10 - +30 mln m³</i>			DOS 2018 Tabel II.II
	Omvorming naaldbos naar heide	LG3 +6cm GWA +20 – 140 mln m ³ <i>Voorraad + 10 – 70 mln m³</i>	LG3 +6 cm; ondiepe zomerkwel +4%	Zomerafvoer +5%	DOS 2018 Tabel II.II

*Het zeer sterk water vasthouden specifiek in natuurgebieden kan er juist toe leiden dat diepe kwel wordt "weggedrukt", waardoor het gebied wel natter wordt maar alleen met gebiedseigen water.

De opties in Tabel 3-1 en Tabel 3-3 gaan uit van maatregelen die (grotendeels) zijn onderzocht. Naast deze maatregelen zijn meer ingrijpende opties denkbaar, waarbij sprake is van ingrijpendere ruimtelijke aanpassingen en/of een meer integrale aanpak. Deze opties liggen vaak verder in de tijd en het is vaak onbekend in hoeverre ze gerealiseerd kunnen worden (met de huidige techniek doorgaans nog niet), maar ze kunnen in potentie grote effecten hebben op het watersysteem. Voor een werkelijke verduurzaming van het watersysteem zijn dergelijke opties vermoedelijk van groot belang. Daarnaast kan de context sterk veranderen, waardoor in de scenario's gehanteerde randvoorwaarden zouden wijzigen. Als voorbeeld kan gedacht worden aan zaken zoals een circulaire drinkwatervoorziening, wijzigingen in het landbouw- en voedselsysteem (alternatieve landbouwwormen, stadslandbouw), langetermijngevolgen van sterke klimaatverandering en maatregelen die hierbij horen (verandering kustlijn, migratie, aangepaste bebouwing) en demografische of sociaaleconomische ontwikkelingen die de watervraag sterk beïnvloeden.

4 Maatregelen die aansluiten op het perspectief van de Droogtecommissie

4.1 Inleiding

De Adviescommissie Droogte heeft het perspectief ‘Waterrijk Brabant’ ontwikkeld, welke gepubliceerd wordt in de rapportage van de Adviescommissie Droogte in september 2022. In dit perspectief zijn doelstellingen en typen maatregelen beschreven die volgens de commissie gewenst zijn. In dit hoofdstuk wordt de connectie gelegd tussen de maatregelen die verzameld zijn in Hoofdstuk 3 en de doelstellingen en voorgestelde typen maatregelen zoals geformuleerd door de Adviescommissie Droogte. Deze maatregelen zijn gericht op het verbeteren van de toestand van het grondwatersysteem door maatregelen uit de categorieën ‘Meer vasthouden’, ‘Minder onttrekken’ en ‘Meer aanvullen’.

Voor het samenstellen van de set maatregelen zijn er op basis van de maatregelenlijst uit Hoofdstuk 3 maatregelen geselecteerd die passen bij het perspectief van de Commissie. Vervolgens zijn op basis van ‘expert judgement’ inschattingen gemaakt van de mate waarin deze maatregelen eventueel geïmplementeerd kunnen worden en wat hiervoor nodig zou zijn. Vervolgens zijn schattingen gemaakt van hoe deze maatregelen de waterstromen in het watersysteem zouden kunnen beïnvloeden en zijn de resultaten gevisualiseerd.

4.2 Interpretatie van de maatregelen schatting van waterstromen

Bij de interpretatie van de maatregelen set is het van belang de volgende kanttekeningen mee te nemen:

- De getallen moeten worden gezien als zeer grove schattingen op basis van bestaande literatuur, ‘educated guesses’. Er gelden brede onzekerheidsmarges.
- Voor de gestelde doelen zouden ook andere maatregelen kansrijk kunnen zijn.
- Er is geen rekening gehouden met verschillen tussen deelgebieden, terwijl er in de praktijk grote verschillen zullen zijn.
- Hoewel de Commissie zich in de vraag richtte op een tijdshorizon van 2040, lijkt deze voor veel maatregelen optimistisch.
- Bij de bepaling of een maatregel mogelijk realistisch is, is vooral uitgegaan van technische mogelijkheden, niet of iets beleidsmatig ook goed uitvoerbaar is. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een maatregel niet goed op provinciaal niveau kan worden uitgevoerd.
- De Commissie heeft in het bijzonder aandacht voor het herstellen van de ‘grondwaterbalans’ (overbenutting tegengaan). Maatregelen die zich richten op deze balans hebben slechts tijdelijk effect op de afvoer, na herstel van de grondwaterstanden zal de jaarlijkse afvoer ongeveer hetzelfde zijn als voorheen (maar mogelijk met een andere verdeling over het jaar).

- Zolang ontwateringsmaatregelen niet worden aangepast zullen maatregelen t.b.v. extra aanvulling mogelijk niet het gewenste effect hebben, omdat aangevuld water weer snel tot afvoer kan komen (vooral bij aanvulling vanaf oppervlak).
- Let op: voor veel maatregelen geldt dat effect ook 0 kan zijn, bijvoorbeeld op onjuiste locatie, timing, of in combinatie met (de verkeerde, of juist een gebrek aan) andere maatregelen.
- Sommige maatregelen lijken het risico te lopen elkaar (bij grote inzet) tegen te werken: denk bijvoorbeeld aan enerzijds verminderen van effluent door kringloopsluiting en besparing en afkoppelen, en anderzijds inzet van effluent in landbouw en industrie. Bij eventuele verdere uitwerking moet dit meegenomen worden.
- Categorieën 'meer vasthouden' en 'meer aanvullen' overlappen elkaar. Hier hebben wij het onderscheid gemaakt dat bij 'meer aanvullen' dit wat meer actief gebeurt. Maar een duidelijke scheiding is niet altijd te maken.
- Grote veranderingen in het watersysteem lijken mogelijk, maar vereisen ook zeer ingrijpende veranderingen in onze leefwereld. Echt laaghangend fruit lijkt er niet te zijn.
- Het is goed om oog te blijven houden voor maatregelen en toekomstbeelden die we nog niet goed genoeg voorzien, maar waar keuzes van nu wel invloed op kunnen hebben. Verandering voedselketen, echte kringloopsluiting, etc. De keuzes van nu kunnen de mogelijkheden van de toekomst beïnvloeden.

4.3 Overzicht van maatregelen voor het perspectief van de Adviescommissie Droogte

In Tabel 4-1 is een overzicht opgenomen van de mogelijke maatregelen die passen bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte. Een uitgebreid overzicht waarin alle waterstromen en maatregelen in één tabel zijn gevat is opgenomen in Bijlage III.

Tabel 4-1. Set van mogelijke maatregelen en effecten op de waterstromen die lijken te passen bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte

Waterstroom	Maatregelen	Geschat met maatregelen min (miljoen m ³ /j)	Geschat met maatregelen max (miljoen m ³ /j)	Opmerkingen
Neerslag		3700	4000	
Grondwateraanvulling (naar freatisch)	Aanpassingen landgebruik	1500	1900	Veranderingen van landgebruik, zoals extensivering van landbouw rondom natuurgebieden of nabij beken en omvorming dicht naaldbos. Hiervoor zijn ingrijpende ruimtelijke maatregelen noodzakelijk, minder oppervlak en/of verplaatsen van intensieve landbouw en meer infiltratie in steden. Extensievere landbouw kan extra grondwateraanvulling mogelijk maken. De bandbreedte is erg onzeker. Stel dat er bij 10% van het landoppervlak 100 mm aanvulling bij kan (of 200 bij 5% van het oppervlak) dan levert dit zo'n 50 miljoen m ³ op. Extensievere landbouw levert minder oogst op, dus mogelijk méér ruimtegebruik in of buiten Brabant voor landbouw. Groot deel van

				intensieve landbouw en bebouwde omgeving moet hiervoor veranderen.
Drainage (vanuit freatisch naar oppervlaktewater)	Brabant-breed water vasthouden (o.a. veel hogere winter- en lentepeilen, reductie ontwatering), rond natuurgebieden sterke vernatting, bufferzones lage gebieden	1550	1750	Maatregelen in de landbouw en verhoging grondwaterstanden kunnen deze stroom iets doen dalen (doordat er meer naar gewasverdamping gaat, extra grondwateraanvulling wordt waarschijnlijk gecompenseerd doordat het elders tot afvoer komt). Hogere peilen betekent dat er grote ruimtelijke aanpassingen nodig zijn, ook in het landgebruik.
Infiltratie uit oppervlaktewater naar freatisch grondwater	Waterbergingsgebieden, brede beekdalen laten overstroming toe.	80	120	Door hogere peilen en periodieke inundatie kan deze stroom groter worden, in combinatie met vermindering ontwateringsmaatregelen.
Netto grondwaterstroming van freatisch grondwater naar wvp1	Verhoogde peilen rondom natuur, stimuleren infiltratie hoge gebieden, landbouwmaatregelen	130	150	Landbouwmaatregelen kunnen beperkt grondwateraanvulling doen toenemen. Peilverhoging rond natuur leidt lokaal tot 10% meer diepe infiltratie. Afhankelijk van hoe dit ruimtelijk uitpakt kan wegzijging hoger worden, maar als kwelstromen ook hoger worden, kan het netto effect 0 zijn.
Netto laterale grondwaterstroming (netto inkomend)	-	50	65	Iets grotere onzekerheid omdat deze stroom door de veranderde stijghoogten kan veranderen. Hangt ook samen met stijghoogten buiten Brabant. Door de hogere stijghoogten kan laterale aanvoer verminderen of afvoer groter worden.
Oppervlaktewater afvoer	-	1300	2200	Maatregelen m.b.t. grondwater kunnen tijdelijk tot minder afvoer leiden, maar uiteindelijk zal afvoer weer gemiddeld bijna hetzelfde worden (maar andere verdeling in het jaar, meer basisafvoer). Afvoer kan wel iets dalen door vermindering effluent en meer wegzijging (maar dat laatste kan mogelijk gecompenseerd worden door meer kwel). Zou onderzocht moeten worden of daling zomerafvoer door inzet effluent gecompenseerd kan worden door meer zomerafvoer door hogere grondwaterstanden.
Oppervlaktewater aanvoer	-	100	500	Brede range i.v.m. grote onzekerheid. Hangt af van beschikbaarheid en kwaliteit van Maaswater. Afhankelijk van hoe peilverhogingen worden gerealiseerd en hoeveel extra gebruik er wordt gemaakt van het oppervlaktewater en het aanbod kan deze stroom veranderen. Indien voldoende wordt gebufferd in het gebied kan het minder worden, maar bij droogte wellicht juist meer.

Grondwateronttrekking voor drinkwater	Minder onttrekkingen op gevoelige locaties, gebruik van alternatieve bronnen.	105	210	Verminderde grondwaterwinning voor drinkwater door combi van maatregelen bij huishoudens en bedrijven (besparing, hergebruik) en drinkwaterbedrijf (alternatieve bronnen). Zie voor meer details betreffende onderdelen.
Grondwateronttrekking voor industrie	Stoppen van winningen in kwetsbare gebieden, in combinatie met hergebruik (lokaal of effluent) en besparingen.	10	20	Door inzet effluent kan vraag verminderen. Grondwaterwinningen in kwetsbare gebieden worden gestopt. Dit kan de drinkwatervraag of oppervlaktewater vraag wel doen stijgen.
Grondwateronttrekking voor landbouw	Stoppen onttrekkingen in kwetsbare gebieden. Inzetten op besparing door landbouwkundige maatregelen en andere bronnen (oppervlaktewater, effluent).	40	110	Extensivering van de landbouw rondom kwetsbare gebieden, met stoppen van onttrekkingen daar. Vermindering grondwateronttrekkingen door enerzijds landbouwkundige maatregelen (bodem, irrigatietechnieken, gewassen) en anderzijds alternatieve bronnen (oppervlaktewater en effluent). Extensievere landbouw betekent ook dat meer oppervlakte nodig kan zijn (in Brabant of elders). Werkelijke verandering gaat mogelijk niet zonder veranderingen in ons eetpatroon en/of economische gevolgen.
Niet geregistreerde grondwateronttrekkingen	Maatregelen m.b.t. eigen onttrekkingen consumenten	20	40	Te weinig gegevens bekend, lijkt moeilijk in kaart te brengen en evt. te handhaven.
Oppervlaktewateronttrekking voor industrie (zonder koelwater)	-	2	10	Mogelijke daling i.v.m. besparingen en hergebruik, maar tevens mogelijke stijging door minder grondwater/drinkwatergebruik. Daarom iets wijdere onzekerheidsmarge.
Oppervlaktewateronttrekking voor landbouw	Inzet oppervlaktewater (subirrigatie, bevoeiing) op locaties waar voldoende aanvoer mogelijk is: meer oppervlaktewater nodig	20	40	Landbouwkundige maatregelen en stijging grondwaterstanden kunnen leiden tot iets verminderde vraag, maar vermindering grondwaterwinningen kan de vraag op sommige plekken (waar beschikbaar) doen stijgen.
Levering drinkwater huishoudens	Groei drinkwatervraag wordt gedekt door besparende maatregelen.	120	140	Als de stijging van de drinkwatervraag met besparingen moet worden voorkomen, moet bij forse groei gedacht worden aan zeer grootschalige maatregelen, waarbij bijvoorbeeld alle nieuwe huizen met technische besparingen en regenwater/grijswaterhergebruik ongeveer 75% per huishouden moeten besparen, en ongeveer een derde van de bestaande woningen met technische ingrepen zo'n 30% moet besparen.
Levering drinkwater zakelijk en industrieel	Besparingen, inzet restwater	20	45	Enerzijds kan de vraag iets dalen door besparingen en inzet restwater, maar anderzijds kan de vraag lokaal toenemen door stoppen grondwaterwinningen.
Levering drinkwater buiten Noord-Brabant	-	5	15	Levering naar buiten Noord Brabant kan stijgen of dalen.

RWZI effluent naar oppervlaktewater	-	165	340	Inzet effluent voor landbouw, industrie en drinkwater, en ook hergebruik in de keten, dus minder naar oppervlaktewater. Is verminderd als gevolg van besparingen drinkwater en alternatieve inzet effluent. Iets verminderd door afkoppelen en inzet voor drinkwater.
DWA naar RWZI	Hergebruik grijswater in deel van de woningen	195	275	Daling als gevolg van inzet grijswater bij nieuwe woningen.
RWA naar RWZI	Hergebruik regenwater in deel woningen	45	85	Daling als gevolg van inzet regenwater bij nieuwe woningen en afkoppelen.
Industrieel effluent naar oppervlaktewater	Door besparingen en intern hergebruik daalt effluent van industrie	20	45	Daling van effluent door besparingen en hergebruik. Maatregelen hieromtrent kunnen zowel bij de bron plaatsvinden (minder onttrekken/afnemen), bij het proces (bedrijf onder de loep) of de lozing (lozingseisen aanscherpen).
RWA naar grondwater	Hemelwaterinfiltratie (aanname voordat het bij rwzi is)	5	25	Aanname dat dit voor ongeveer max 25% van het RWA plaatsvindt. Afhankelijk van de techniek (aan oppervlak of op diepte) en lokale ontwateringsmaatregelen kan dit leiden tot werkelijke grondwateraanvulling of snellere afvoer naar het oppervlaktewater. Groot deel van het opgevangen regenwater wordt geïnfiltreerd. Dit gaat verder dan dakgoten en tuintjes, en vereist dat riolering in veel steden op de schop gaat. Kan ook na zuivering, bijv. met vloei velden of andere vormen van MAR. Diffuus is mogelijk effectiever.
RWZI effluent naar landbouw	Hergebruik effluent in de landbouw	5	25	Vereist in veel gevallen nieuwe infrastructuur. Mogelijke concurrentie met andere toepassingen. Potenties kunnen overschat worden, als minder effluent beschikbaar komt door kringloopsluiting in de keten of hergebruik/besparing bij huishoudens.
RWZI/AWZI effluent naar industrie	Hergebruik effluent in de industrie	5	30	Maximum 2-10% van effluent. Vereist in veel gevallen nieuwe infrastructuur. Mogelijke concurrentie met andere toepassingen.
Aanvoer van extern water voor drinkwaterproductie	Alternatieve bronnen van buiten systeemgrenzen (rivier, zee)	5	50	In principe kan er zeer veel water van buiten het systeem gehaald worden, maar dit vereist zeer grote investeringen m.b.t. infrastructuur, zuivering, bronbescherming en mogelijk ook ongewenste reststromen.
RWZI naar grondwater	Inzet effluent ten behoeve van aanvulling (dieper) grondwater, ter compensatie van onttrekkingen.	10	20	Verwacht wordt dat directe kringloopsluiting (drinkwaterproductie uit effluent, technisch mogelijk, onderzoek loopt) binnen deze termijn niet gewenst wordt. Nagezuiverd effluent kan wel ingezet worden om het (diepere) grondwater extra aan te vullen, bijv.

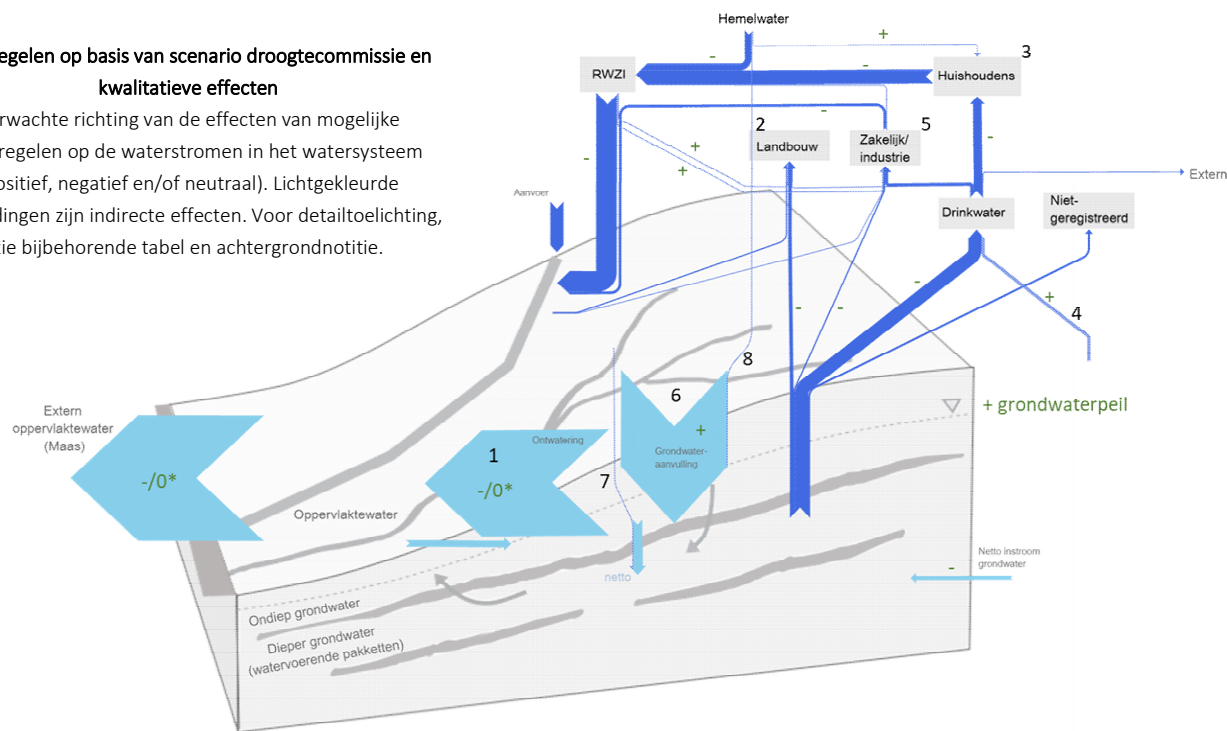
				om de effecten van drinkwaterwinning tegen te gaan. Je gaat dan niet minder grondwater winnen, maar effecten zijn wel minder groot. Houd rekening met concurrentie om gebruik effluent m.b.t. andere maatregelen.
--	--	--	--	---

4.4 Samenvatting en visualisatie

De set maatregelen uit 4.3 en de mogelijke effecten op het watersysteem zijn weergegeven in Figuur 4-1.

Maatregelen op basis van scenario droogtecommissie en kwalitatieve effecten

Verwachte richting van de effecten van mogelijke maatregelen op de waterstromen in het watersysteem (positief, negatief en/of neutraal). Lichtgekleurde aanduidingen zijn indirecte effecten. Voor detailtoelichting, zie bijbehorende tabel en achtergrondnotitie.



Voor veel waterstromen geldt dat variatie over de tijd (binnen het jaar en tussen jaren) vaak belangrijker is dan het gemiddelde! Ook geldt dat 'meer vasthouden' een cruciale stap is, zonder dat hebben veel andere maatregelen weinig zin.

Meer vasthouden

1. Ingerepen in watersysteem: hogere peilen grond- en oppervlaktewater. Zeer ingrijpende ruimtelijke maatregelen.

Minder onttrekken

2. Landbouwmaatregelen: ruimtelijke maatregelen, landbouwkundige ingrepen, hogere grondwaterstanden en gebruik alternatieve bronnen.
3. Drinkwater – maatregelen bij klant: door aanpassing van veel woningen en strenge eisen nieuwe woningen, o.a. grijs- of regenwaterhergebruik.
4. Drinkwater – alternatieve bronnen: inzet van bronnen van buiten Noord-Brabant.
5. Industriemaatregelen: besparingen en inzet alternatieve bronnen, zoals hergebruik effluent.

Meer aanvullen

6. Veranderd landgebruik en inrichting watersysteem: meer grondwateraanvulling door extensivering en meer natuurlijker watersysteem.
7. Grondwateraanvulling ter compensatie van winningen, bijvoorbeeld uit gezuiverd oppervlaktewater of effluent.
8. Hemelwaterinfiltratie, door grootschalige aanpassing bebouwd gebied.

* In geval van een nieuw evenwicht zullen de netto gemiddelde drainage en afvoer tijdelijk minder zijn, maar op lange termijn mogelijk niet veel wijzigen. De verdeling over het jaar zal wel anders zijn.

Figuur 4-1. Mogelijke verandering van de waterstromen als gevolg van de set van maatregelen die passen bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte.

5 Tot slot

In dit document zijn, op een vrij grove wijze, gegevens uit verschillende studies gecombineerd om tot een mogelijke set maatregelen te komen die past bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte Noord-Brabant. Deze set is samengevat in Tabel 5-1. Deze achtergrondnotitie beschrijft mogelijke richtingen, maar de uitwerking en de effecten hiervan zullen sterk van de lokale situatie afhangen en ook van de autonome ontwikkelingen die gaan plaatsvinden. Nader gebiedsgericht onderzoek is daarom nodig. Inachtneming van de kanttekeningen die in de hoofdstukken zijn geformuleerd wordt daarom sterk aangeraden. Om eventuele afwenteling te voorkomen, wordt tevens aangeraden om de vraagstukken rondom waterkwantiteit niet volledig los te zien van andere vraagstukken, waaronder vraagstukken rondom waterkwaliteit en ruimtelijke inrichting.

Tabel 5-1. Samenvatting van de mogelijke set maatregelen die passen bij het perspectief van de Adviescommissie Droogte.

Samenvattende tabel			
Voor vrijwel alle maatregelen geldt dat gewenste effecten groter worden in toekomstscenario (klimaatverandering, mogelijk grotere watervraag sectoren).			
	Maatregelen mbt grondwater	Ordegrootte van effecten	Toelichting
Meer vasthouden	Water vasthouden door hogere peilen oppervlakte- en grondwater, meer natuurlijke inrichting watersysteem.	***	Meer en langer vasthouden van grondwater, hogere grondwaterstanden. Vereist grote ruimtelijke ingrepen, met grote gevolgen voor landgebruik (verplaatsing of extensivering landbouw) en inrichting watersysteem, waaronder sterke vermindering van ontwateringsmaatregelen
	Landbouw	**	Minder onttrekking als gevolg van ingrijpende ruimtelijke maatregelen, landbouwkundige ingrepen (bodembeheer, gewas, irrigatietechniek), hogere grondwaterstanden en inzet alternatieve bronnen (oppervlaktewater en hergebruik restwater).
Minder onttrekken	Drinkwater - besparingen en hergebruik bij klant	**	Minder onttrekking als gevolg van besparingen bij huishoudens en bedrijven/industrie. Besparingen op dit niveau betekenen zeer ingrijpende maatregelen voor alle nieuwe en groot deel van de bestaande huishoudens en bedrijven, in de categorie besparende technologie en regenwater- en grijswaterhergebruik.
	Drinkwater - alternatieve bronnen	**	Inzet van alternatieve bronnen voor de productie van drinkwater. Alternatieve bronnen kunnen bijvoorbeeld rivierwater of zeewater zijn. Vereist grote investeringen.
	Industrie	*	Minder onttrekking vooral door besparingen en hergebruik (zowel binnen industrie als bijvoorbeeld hergebruik van effluent).
Meer aanvullen	Meer grondwateraanvulling door veranderd landgebruik en inrichting watersysteem	***	Aanpassingen in het landgebruik (extensivering landbouw, meer natuurlijke oppervlaktewateren met bijv inundaties) in samenhang met hogere peilen/verminderde ontwatering (anders heeft het mogelijk geen zin).
	Grondwateraanvulling ter compensatie van winningen	**	Extra grondwateraanvulling (bijvoorbeeld uit gezuiverd oppervlaktewater of restwater) om effecten van grondwaterwinningen tegen te gaan.
	Afkoppelen/hemelwaterinfiltratie	*	Extra grondwateraanvulling door hemelwater te laten infiltreren. Werkt niet wanneer er ook sprake is van ontwateringsmaatregelen. Kan grote investeringen vereisen mbt rioolstelsel en inrichting bebouwd gebied.

6 Referenties

Bouziotas, D., van Duuren, D., van Alphen, H.-J., Frijns, J., Nikolopoulos, D., Makropoulos, C., 2019. Towards circular water neighborhoods: Simulation-based decision support for integrated decentralized urban water systems. *Water*, 11(6): 1227.

Brouwer, S., Salmon, S., Van Duuren, D., 2022. Kraanwaterbesparing in de praktijk. H2O, [http://api.kwrwater.nl/uploads/2022/03/Brouwer-Salmon-van-Duuren-Kraanwaterbesparing-in-de-praktijk-H2O-Online-\(2022\)30-maart.pdf](http://api.kwrwater.nl/uploads/2022/03/Brouwer-Salmon-van-Duuren-Kraanwaterbesparing-in-de-praktijk-H2O-Online-(2022)30-maart.pdf).

CBS, 2022. Bodemgebruik; uitgebreide gebruiksvorm per gemeente. CBS. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table>

CBS Statline, 2019. Watergebruik bedrijven en particuliere huishoudens; nationale rekeningen. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82883NED/table?ts=1555497401962>

de Louw, P., Kaandorp, V., Massop, H., Veldhuizen, A., 2020. Deltafact Berekening, STOWA Deltafacts. STOWA. <https://edepot.wur.nl/535694>

de Wit, J.A., Ritsema, C.J., van Dam, J.C., van den Eertwegh, G.A.P.H., Bartholomeus, R.P., 2022. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge. *Agricultural Water Management*, 269: 107677. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107677>

H2O, 2022. Nog veel bedrijven moeten aan de slag met efficiënt watergebruik. H2O. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-techniek/nog-veel-bedrijven-moeten-aan-de-slag-met-efficient-watergebruik>

Koop, S., Van Dorssen, A., Brouwer, S., 2019. Enhancing domestic water conservation behaviour: A review of empirical studies on influencing tactics. *Journal of environmental management*, 247: 867-876.

Krajenbrink, H., Stofberg, S., Bartholomeus, R., Disselhoff, D., 2021. RWZI als waterfabriek voor een robuuste watervoorziening, STOWA, Amersfoort. <https://www.stowa.nl/publicaties/rwzi-als-waterfabriek-voor-een-robuuste-watervoorziening>

Stofberg, S.F., Bartholomeus, R.P., Van den Eertwegh, G.A.P.H., Raat, K.J., 2021. Hergebruik van gezuiverd restwater in de landbouw. Subirrigatie met RWZI effluent Haaksbergen 2015-2019, KWR, Nieuwegein.

Stofberg, S.F., Bertelkamp, C., van Huijgevoort, M.H.J., Bauerlein, P.S., 2019. VO Alternatieve bronnen voor drinkwater Achtergronddocument inventarisatie alternatieve bronnen. BTO 2019.017, KWR, Nieuwegein. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/59515504>

Stuurman, R., Verhagen, F., van Wachtendonk, A., Runhaar, H., 2020. Een verkenning naar de watervraag van de Noord-Brabantse natuur, Deltares.

Van den Eertwegh, G. et al., 2021. Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland, Projectteam Droogte Zandgronden Nederland. https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte_zandgronden_fase_3.pdf

Verhagen, F., Hunink, J., van Steijn, T., Luijben, A., 2017. Draagkracht grondwater Noord-Brabant, RH/DHV, Amersfoort.

Waterforum, 2022. Goedkoop drinkwater fnuikend voor businesscase waterbesparingsprojecten SABIC, Waterforum. ACQUIMEDIA. <https://www.waterforum.net/goedkope-drinkwaterprijs-fnuikend-voor-businesscase-waterbesparingsprojecten-sabic/>

Witte, J.-P.M., Zaadnoordijk, W.J., Buyse, J.J., 2019. Forensic Hydrology Reveals Why Groundwater Tables in The Province of Noord Brabant (The Netherlands) Dropped More Than Expected. Water, 11(3): 478. <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/478>

I Scenario's modelstudies en gerapporteerde effecten

I.1 Watervraag Brabantse Natuur

Scenario's uit de studie Watervraag Brabantse Natuur (Stuurman et al., 2020).

Tabel 6.1: Hydrologische maatregelenpakketten in de zes scenario's doorgerekend met het Brabantmodel.

Scenario	Beschrijving	Type gebied
1	Alle secundaire en tertiaire watergangen in natte natuurgebieden dempen.	Natuur
2	Scenario 1 inclusief het verhogen van het drainageniveau in attentiezones rondom natte natuurgebieden met 20 cm. Dit zijn landbouwgebieden die binnen een afstand van ongeveer 500 meter van de natte natuurgebieden liggen.	Natuur en landbouw
3	Scenario 2 inclusief een reductie van 30 % van alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater.	Natuur, landbouw, drinkwater en industrie
4	Alle drinkwaterwinningen, industriële onttrekkingen en beregning van grondwater uit.	Landbouw, drinkwater en industrie
5	Alle secundaire en tertiaire watergangen in Brabant dempen.	Natuur, landbouw, stedelijk gebied
6	Scenario 1 inclusief het hydrologisch isoleren van de primaire watergangen (beken) in natuurgebieden. Dit betekent dat de watergang geen drainerende functie heeft en dat grondwater pas wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand aan maaiveld ligt.	Natuur

I.II Droogtestudie

Scenario's uit de Droogtestudie (Van den Eertwegh et al., 2021)

Tabel 25. Beschrijving van de verschillende richtinggevende maatregelen die met het LHM zijn doorgerekend.

Symbool	Beschrijving		Opmerking
M1	Reductie van drinkwaterwinningen – 50%	Minder eruit	
M1x	Reductie van drinkwaterwinningen – 100%	Minder eruit	
M2	Reductie van beregenen uit grondwater - 50%	Minder eruit	
M2x	Reductie van beregenen uit grondwater - 100%	Minder eruit	
M3	Peilverhoging + 30 cm primair en secundair ontwatering (veelal leggerwaterlopen)	Vasthouden	Deze scenario's worden verder niet besproken omdat door het schaalniveau van het model de bijdrage van de afzonderlijke ontwateringstypen niet goed te maken is.
M4	Verhoging + 30 cm ontwateringsbasis tertiair systeem (veelal het haarvatensysteem)	Vasthouden	
M5	Combinatie van M3 + M4	Vasthouden	Dit scenario is optimistischer dan M5min wat betreft de beschikbaarheid van water in de zomer voor handhaving peil.
M5min	Combinatie van M3 + M4, minimale variant	Vasthouden	In vergelijking met M5 is minder water beschikbaar voor handhaving peil in de zomer en de effectiviteit daarmee iets minder groot.
M6	Ondergrondse zoetwaterberging, infiltratie van 100 mm gedurende het winter halfjaar voor gebieden met een GHG dieper dan 2,5 m-mv.	Meer erin	
M7	Omvorming van naaldbos naar heide.	Meer erin	
M8	Afkoppeling regenwater bebouwd gebied, bevorderen infiltratie, 100 mm/jaar.	Meer erin	
M9	Samengesteld scenario, combinatie van M1, M2, M5, M6, M7, M8.	Combinatie	
B1	Geen beregening uit grondwater (M2x) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Minder eruit	• Overal is een bufferzone van 500 m rondom natte natuur toegepast. • De effectiviteit van een bufferzone verschilt per gebied afhankelijk van de geohydrologie. De effectieve grootte kan dus groter of kleiner zijn dan de toegepaste 500 m. • De grootte van bufferzones zou het best op basis van de spreidingslengte per type gebied kunnen worden afgeleid.
B2	Verhoging van peil en ontwateringsbasis met 30 cm van gehele ontwateringsstelsel (primair, secundair, tertiair) (M5) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Vasthouden	
B3	Geen grondwateronttrekkingen voor drinkwater (M1x) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Minder eruit	

I.III Draagkrachtstudie

Scenario's uit de Draagkrachtstudie (Verhagen et al., 2017):

1. De huidige situatie.
2. De totale vergunde ruimte voor de onttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening.
3. 30% meer grondwateronttrekking door drinkwaterbedrijven en industrie verspreid over de provincie.
4. Een verplaatsing van alle winningen voor drinkwater en industrie naar diepere lagen in de Centrale Slenk.
5. Het warmere KNMI WH klimaat scenario.
6. Een combinatie van scenario 3 (30% meer onttrekking) en scenario 5 (WH klimaat).
7. Het gematigde KNMI GL klimaat scenario.
8. Het GL klimaat scenario in combinatie met een afname van onttrekking voor drinkwater en industrie van 20%.

9. 20 % minder onttrekken op basis van de huidige winningslocaties.

10. Geen grondwateronttrekking.

I.IV Gerapporteerde effecten uit de verschillende studies

Resultaten gemiddeld/opgeteld over heel Brabant. DOS = droogtestudie (Van den Eertwegh et al., 2021), WN = Watervraag Natuur (Stuurman et al., 2020), DKS = draagkrachtstudie (Verhagen et al., 2017)

Type maatregel Meer vasthouden				
Variant maatregel	Effect freatische grondwaterstanden	Effect diepe stijghoogte en kwel	Effect afvoer	Bron en periode
Peilverhoging +30 cm brabant-breed	LG3 +13 cm	LG3 onder Waalre-klei (4) +14 cm in 2018 Ondiepe zomerkwel in kwelgebieden + 2% Kwelareaal + 3%	Zomerafvoer -51%	DOS 2018
Peilverhoging + 30 cm bufferzone natte natuur	LG3 +7 cm	LG3 onder Waalre-klei (4) +7 cm in 2018 Ondiepe zomerkwel in kwelgebieden +0.3% Zomerkwelareaal +2%	Zomerafvoer – 27%	DOS 2018
Peilverhoging +20 bufferzone natte natuur +verwijderen ontwatering natte natuur	GLG natuur +4 cm	GLS natuur onder Waalre-klei (9) + 3 cm Diepe kwel natuur -27%	Zomerafvoer natuur -3% Winterafvoer natuur -10%	WN 2009-2016
Dempen detailontwatering Brabant-breed	GLG natuur + 10 cm	GLS natuur + 12 cm Diepe kwel natuur -2%	Zomerafvoer natuur +6% Winterafvoer natuur -5%	WN 2009-2016
Hydrologisch isoleren beken rond natuurgebieden +verwijderen ontwatering natte natuur	GLG natuur +20 cm	GLS natuur + 12cm Diepe kwel natuur -80%	Zomerafvoer natuur -40% Winterafvoer natuur -22%	WN 2009-2016
Type maatregel Minder onttrekken				
Variant maatregel	Effect freatische grondwaterstanden	Effect diepe stijghoogte en kwel	Effect afvoer	Bron en periode
Grondwateronttrekkingen -20 % (excl. landbouw) (- 44 Mm3)	Gem. GWS +1-3 cm	Gem. STH + 23-29 cm	Jaarafvoer +2% / 36 Mm3 Beekafvoer +2%	DKS 2000-2009
Grondwateronttrekking -30% Brabant-breed + peilverhoging bufferzones	GLG natuur + 8 cm	GLS natuur onder Waalre-klei (9) +51 cm Diepe kwel natuur -1%	Zomerafvoer natuur +2% Winterafvoer natuur -6%	WN 2009-2016
Grondwateronttrekkingen -50% (opgetelde scen.)	LG3 +13 cm	LG3 2018 +80 cm Ondiepe zomerkwel in kwelgebieden +19%, kwelareaal + 8%	Zomerafvoer + 14%	DOS 2018
Grondwateronttrekkingen - 100% bufferzones natte natuur (opgetelde scen.)	LG3 +11 cm (in natuurgebieden meer)	LG3 2018 +70 cm Ondiepe zomerkwel in kwelgebieden +15% Kwelareaal +6%	Zomerafvoer +11%	DOS 2018
Type maatregel Meer aanvullen				
Variant maatregel	Effect freatische grondwaterstanden	Effect diepe stijghoogte en kwel	Effect afvoer	Bron en periode
Actieve infiltratie 100 mm hoge gebieden	LG3 +8 cm	LG3 +8 cm Ondiepe zomerkwel in kwelgebieden +3% Zomerkwelareaal +1%	Zomerafvoer +3%	DOS 2018

Extra infiltratie 100 mm stedelijk gebied ('afkoppelen') (~100 Mm3/j)	LG3 +4 cm	LG3 + 4 cm zomerkwel in kwelgebieden +4% zomerkwelareaal +1%	Zomerafvoer +6%	DOS 2018
Omvorming naaldbos naar heide	LG3 +6cm GWA + 20-140 Mm3; extra voorraad schatting +40 Mm3 (50% vastgehouden)	LG3 +6 cm zomerkwel in kwelgebieden +4% zomerkwelareaal +2%	Zomerafvoer +5%	DOS 2018 Tabel bijlage 2
Omvorming naaldbos naar loofbos	GWA -17 tot +60 Mm3; extra voorraad schatting -10 tot +30 Mm3 (50% vastgehouden)			Tabel bijlage 2
Ontharden stedelijk gebied: 10% meer gras	Grondwateraanvulling +10-40 Mm3; extra voorraad schatting 3-10 Mm3 (25% vastgehouden)			Tabel bijlage 2
Combinatie van maatregelen				
Peilverhoging + reductie onttrekkingen -50% + actieve infiltratie + bosomvorming	LG3 +36cm	LG3 +104 cm zomerkwel in kwelgebieden +31% zomerkwelareaal +15%	Zomerafvoer -28%	DOS 2018

II Effecten van landgebruiks- en vegetatieveranderingen

Tabel II.I gerapporteerde grondwateraanvulling en verdamping voor verschillende landgebruikstypen in Nederland (modellering en metingen)

Landgebruik	Oppervlakte in Noord-Brabant [km ²]	Grondwateraanvulling [mm/j]	Werkelijke verdamping [mm/j]	Bronnen
Naaldbos	345	104-270	602 - 730	[1,3,4]
Loofbos	409	220-276	555-625	[1,3,4]
Heide	76	334-514	358 - 499	[1,3-5]
Natuurgrasland (droog)		409-534	300 - 425	[1,5]
Stuifzand		569 - 678	156 - 295	[1,3-5]
Bebouwd gebied	975	150 - 300		[2]

Bronnen:

- [1] Dolman, H., Moors, E., Elbers, J., Snijders, W., en Hamaker, P.: Het Waterverbruik Van Bossen in Nederland, Wageningen, 36-36, 2000.
- [2] Stuurman, R., Baggelaar, P., Berendrecht, W., Buma, J., de Louw, P., en Oude Essink, G.: Toekomst van de Nederlandse grondwatervoorraad in relatie tot klimaatverandering, Utrecht, 85-85, 2008.
- [3] Verhagen, F., Spek, T., Witte, F., Voortman, B., Moors, E., Querner, E., van den Eertwegh, G., en van Bakel, J.: Expertdialoog de Veluwe: Begrijpen we het watersysteem?, Stromingen, 5-20, 2014.
- [4] Voortman, B., van Huijgevoort, M., en Witte, J. P.: Verdamping Van Natuurterreinen Berekend Met AZURE. De Parametrisatie Van Heide op Basis Van Lysimetermetingen en een Vergelijking Met Literatuurcijfers, KWR, Nieuwegein, KWR 2019.015, 2019.
- [5] Voortman, B. R., Bartholomeus, R. P., van der Zee, S. E. A. T. M., Bierkens, M. F. P., en Witte, J. P. M.: Quantifying energy and water fluxes in dry dune ecosystems of the Netherlands, Hydrology and Earth System Sciences, 19, 3787-3805, 10.5194/hess-19-3787-2015, 2015.

Tabel II.II Geschatte verandering in grondwateraanvulling en grondwatervoorraad bij verschillende omvormingen van landgebruik.

Omvorming	Geschat effect grondwateraanvulling [mm/j]	Geschat effect grondwateraanvulling [Mm3/j]	Geschatte fractie vastgehouden o.b.v. Droogtestudie
Al het naaldbos naar loofbos	-50 - +170	-20 - +60	50%
Al het naaldbos naar heide	+60 - 400	+20 - 140	50%
10% van stedelijk gebied infiltratiegebied (naar grasland)	+100 – 400	+10-40	25%

III Overzicht van waterstromen in referentiesituatie, toekomst en met maatregelen

	Referentie-situatie				Toekomst			Maatregelen			
Waterstroom	min	max	Bron referentiesituatie	Variatie over het jaar	Verwachte verandering in de toekomst	Geschatte autonoom min (miljoen m3/j)	Geschat autonoom max (miljoen m3/j)	Maatregelen	Geschat met maatregelen min (miljoen m3/j)	Geschat met maatregelen max (miljoen m3/j)	Opmerkingen
Neerslag	3700	4000	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Langjarig relatief gelijkmatig	Toename in winter en afname in zomer	3700	4000		3700	4000	
Grondwateraanvulling (naar freatisch)	1500	1700	(Verhagen et al., 2017; Witte et al., 2015) Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Potentieel neerslagtekort in de zomer van 455-570, overschot in winter van 1265-1975 op basis van KNMI data van potentiële verdamping.	Neerslag min actuele verdamping. Toename rond 5%; afhankelijk van klimaatonwikkeling en oppervlaktewatersysteem.	1500	1800	Aanpassingen landgebruik	1500	1900	Veranderingen van landgebruik, zoals extensivering van landbouw rondom natuurgebieden of nabij beken en omvorming dicht naaldbos. Hiervoor zijn ingrijpende ruimtelijke maatregelen noodzakelijk, minder oppervlak en/of verplaatsen van intensieve landbouw en meer infiltratie in steden. Extensievere landbouw kan extra grondwateraanvulling mogelijk maken. Stel dat er bij 10% van het landoppervlak 100 mm aanvulling bij kan (of 200 bij 5% van het oppervlak) dan levert dit zo'n 50 miljoen m3 op. Extensievere landbouw levert minder oogst op, dus méér ruimtegebruik in of buiten Brabant voor landbouw. Groot deel van intensieve landbouw en bebouwde omgeving moet hiervoor veranderen.
Drainage (vanuit freatisch naar oppervlaktewater)	1500	1700	(Deltares, 2018; Van den Eertwegh et al., 2021; Verhagen et al., 2017)	Rond 80% in winterhalfjaar, in droge zomers zeer laag (20 in jun-aug)	Lichte toename, alleen in winter	1500	1750	Brabant-breed water vasthouden (o.a. veel hogere winter- en lentepeilen, reductie ontwatering), rond natuurgebieden sterke vernatting, bufferzones lage gebieden	1550	1750	Maatregelen in de landbouw en verhoging grondwaterstanden kunnen deze stroom iets doen dalen (doordat er meer naar gewasverdamping gaat, extra grondwateraanvulling wordt waarschijnlijk gecompenseerd doordat het elders tot afvoer komt). Hogere peilen betekent dat er grote ruimtelijke aanpassingen nodig zijn, ook in het landgebruik.
Infiltratie uit oppervlaktewater naar freatisch grondwater	100	100	(Verhagen et al., 2017)		Onbekend, mogelijke daling bij drogere perioden met weinig afvoer.	80	100	Waterbergingsgebieden, brede beekdalen laten overstroming toe.	80	120	Door hogere peilen en periodieke inundatie kan deze stroom groter worden, in combinatie met vermindering ontwateringsmaatregelen.
Netto grondwaterstroming van freatisch grondwater naar wvp1	141	141	(Verhagen et al., 2017)	Geen gegevens, vermoedelijk in de winter iets meer	Onzeker. Mogelijk lichte toename door toenemende neerslag in de winter, afname in de zomer bij droogte.	130	150	Verhoogde peilen rondom natuur, stimuleren infiltratie hoge gebieden, landbouwmaatregelen	130	150	Landbouwmaatregelen kunnen beperkt grondwateraanvulling doen toenemen. Peilverhoging rond natuur leidt lokaal tot 10% meer diepe infiltratie. Afhankelijk van hoe dit ruimtelijk uitpakt kan wegzijging hoger worden, maar als kwelstromen ook hoger worden, kan het netto effect 0 zijn.
Netto laterale grondwaterstroming (netto inkomend)	60	60	(Verhagen et al., 2017)	Geen gegevens	Onbekend.	55	65		50	65	Iets grotere onzekerheid omdat deze stroom door de veranderde stijghoogten kan veranderen. Hangt ook samen met stijghoogten buiten Brabant. Door de hogere stijghoogten kan laterale aanvoer verminderen of afvoer groter worden.
Oppervlaktewater afvoer	1400	2000	Schatting	Vooral in de winter, afname in de zomer	Waarschijnlijk sterkere variatie over het jaar,	1400	2200		1300	2200	Maatregelen mbt grondwater kunnen tijdelijk tot minder afvoer leiden, maar uiteindelijk zal afvoer weer gemiddeld bijna hetzelfde worden (maar andere verdeling in het jaar, meer basisafvoer). Afvoer kan wel iets dalen door vermindering effluent en meer wegzijging (maar dat laatste kan mogelijk gecompenseerd worden door meer kwel). Zou onderzocht moeten worden of daling zomerafvoer door inzet effluent gecompenseerd kan worden door meer zomerafvoer door hogere grondwaterstanden.
Oppervlaktewater aanvoer	200	200	(Deltares, 2018)	Vrijwel geheel in zomer	Toename aanvoervraag tijdens droge perioden verwacht, onbekend of dit ook gerealiseerd kan worden.	100	500		100	500	Brede range ivm grote onzekerheid. Hangt af van beschikbaarheid en kwaliteit van Maaswater. Afhankelijk van hoe peilverhogingen worden gerealiseerd en hoeveel extra gebruik er wordt gemaakt van het oppervlaktewater en het aanbod kan deze stroom veranderen. Indien voldoende wordt gebufferd in het gebied kan het minder worden, maar bij droogte wellicht juist meer.
Grondwateronttrekking voor drinkwater	200	200	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Verhagen et al., 2017)	In zomerhalfjaar iets meer dan de helft (107)	Op basis van verwachte verandering drinkwatervraag voor huishoudens, industrie en levering buiten Brabant, rekening houdend met schatting van productie en lekverliezen.	155	265	Minder onttrekkingen op gevoelige locaties, gebruik van alternatieve bronnen.	105	210	Verminderde grondwaterwinning voor drinkwater door combi van maatregelen bij huishoudens en bedrijven (besparing, hergebruik) en drinkwaterbedrijf (alternatieve bronnen). Zie voor meer details betreffende onderdelen.
Grondwateronttrekking voor industrie	21	23	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Verhagen et al., 2017)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant	Deltascenario's: verandering industriewatervraag -40% tot +15% (Deltascenario's)	12	27	Stoppen van winningen in kwetsbare gebieden, in combinatie met hergebruik (lokaal of effluent) en besparingen.	10	20	Door inzet effluent kan vraag verminderen. Grondwaterwinningen in kwetsbare gebieden worden gestopt. Dit kan de drinkwatervraag of oppervlaktewatervraag wel doen stijgen.
Grondwateronttrekking voor landbouw	36	72	(Verhagen et al., 2017)	Tijdens groeiseizoen (april-september) met name tijdens droge perioden	Voor 2018 geschat op 100-130 miljoen m3 of meer, met klimaatverandering naar verwachting sterkere stijging. In Deltascenario's stijgt het beregend landbouwareaal.	60	150	Stoppen onttrekkingen in kwetsbare gebieden. Inzetten op besparing door landbouwkundige maatregelen en andere bronnen (oppervlaktewater, effluent).	40	110	Extensivering van de landbouw rondom kwetsbare gebieden, met stoppen van onttrekkingen daar. Vermindering grondwateronttrekkingen door enerzijds landbouwkundige maatregelen (bodem, irrigatietechnieken, gewassen) en anderzijds alternatieve bronnen (oppervlaktewater en effluent). Extensievere landbouw betekent ook dat meer oppervlakte nodig kan zijn (In Brabant of elders). Werkelijke verandering gaat mogelijk niet zonder veranderingen in ons eetpatroon en/of economische gevolgen.
Niet geregistreerde grondwateronttrekkingen	25	35	(Stuurman et al., 2010)	Geen gegevens	Onbekend, mogelijk iets meer voor tuinen e.d.	25	40	Maatregelen mbt eigen onttrekkingen consumenten	20	40	Te weinig gegevens bekend, lijkt moeilijk in kaart te brengen en evt te handhaven.
Oppervlaktewateronttrekking voor industrie (zonder koelwater)	5	5	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant	Deltascenario's: verandering industriewatervraag -40% tot +15%	3	7		2	10	Mogelijke daling ivm besparingen en hergebruik, maar tevens mogelijke stijging door minder grondwater/drinkwatergebruik. Daarom iets bredere onzekerheidsmarge.
Oppervlaktewateronttrekking voor landbouw	10	25	(Krajenbrink & Stofberg, 2021; Van den Eertwegh et al., 2021)	Tijdens groeiseizoen (april-september) met name tijdens droge perioden	Voor 2018 geschat op 31 (vermoedelijke onderschatting). In Deltascenario's stijgt het beregend landbouwareaal. Met klimaatverandering vaker droge zomers waarbij beregening gewenst is.	20	40	Inzet oppervlaktewater (subirrigatie, bevloeiing) op locaties waar voldoende aanvoer mogelijk is: meer oppervlaktewater nodig	20	40	Landbouwkundige maatregelen en stijging grondwaterstanden kunnen leiden tot iets verminderde vraag, maar vermindering grondwaterwinningen kan de vraag op sommige plekken (waar beschikbaar) doen stijgen.
Levering drinkwater huishoudens	131	131	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens zomerhalfjaar (69 tov 63)	Deltascenario's: verandering drinkwater – 10% tot +35%	115	180	Groei drinkwatervraag wordt gedekt door besparende maatregelen.	120	140	Als de stijging van de drinkwatervraag met besparingen moet worden voorkomen, moet bij forse groei gedacht worden aan zeer grootschalige maatregelen, waarbij alle nieuwe huizen met technische besparingen en regenwater/grijswaterhergebruik 75% per huishouden moeten besparen, en een derde van de bestaande woningen met technische ingrepen tot 30% moet besparen.
Levering drinkwater zakelijk en industrieel	44	44	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens zomerhalfjaar (23 tov 21)	Deltascenario's: verandering industriewatervraag -40% tot +15%	25	50	Besparingen, inzet restwater	20	45	Enerzijds kan de vraag iets dalen door besparingen en inzet restwater, maar anderzijds kan de vraag lokaal toenemen door stoppen grondwaterwinningen.
Levering drinkwater buiten Noord-Brabant	11	11	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Geen gegevens	Onbekend.	5	15		5	15	Levering naar buiten Noord Brabant kan stijgen of dalen.
RWZI effluent naar oppervlaktewater	311	311	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Iets meer tijdens winterperiode	Verandering hangt af van verandering drinkwatergebruik en verandering neerslag.	285	395		165	340	Inzet effluent voor landbouw, industrie en drinkwater, en ook hergebruik in de keten, dus minder naar oppervlaktewater.Is verminderd als gevolg van besparingen drinkwater en alternatieve inzet effluentIets verminderd door afkoppelen en inzet voor drinkwater.
DWA naar RWZI	218	218	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Relatief constant	Stijgt ongeveer mee met drinkwatervraag	195	295	Hergebruik grijswater in deel van de woningen	195	275	Daling als gevolg van inzet grijswater bij nieuwe woningen
RWA naar RWZI	94	94	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	2/3 tijdens winterhalfjaar	In zomer minder en in winter meer, netto vermoedelijk weinig verandering	90	100	Hergebruik regenwater in deel woningen	45	85	Daling als gevolg van inzet regenwater bij nieuwe woningen en afkoppelen
Industrieel effluent naar oppervlaktewater	41	41	(Krajenbrink & Stofberg, 2021)	Afhankelijk van type industrie, vaak relatief constant	Kan wijzigen afhankelijk van groei industrie. Hier verondersteld dat dit parallel kan lopen met verandering watervraag industrie.	25	50	Door besparingen en intern hergebruik daalt effluent van industrie	20	45	Daling van effluent door besparingen en hergebruik. Maatregelen hieromtrent kunnen zowel bij de bron plaatsvinden (minder onttrekken/afnemen), bij het proces (bedrijf onder de loep) of de lozing (lozingseisen aanscherpen).
RWA naar grondwater			Aanname			0	0	Hemelwaterinfiltratie (aanname voordat het bij rwzi is)	5	25	Aanname dat dit voor ongeveer max 25% van het RWA plaatsvindt. Afhankelijk van de techniek (aan oppervlak of op diepte) en lokale ontwateringsmaatregelen kan dit leiden tot werkelijke grondwateraanvulling of snellere afvoer naar het oppervlaktewater. Groot deel van het opgevangen regenwater wordt geïnfiltreerd. Dit gaat verder dan dakgoten en tuintjes, en vereist dat riolering in veel steden op de schop gaat. Kan ook na zuivering, bijv met vloeiervelden of andere vormen van MAR. Diffuus is mogelijk effectiever.
RWZI effluent naar landbouw			Aanname			0	0	Hergebruik effluent in de landbouw	5	25	Vereist in veel gevallen nieuwe infrastructuur. Mogelijke concurrentie met andere toepassingen. Potenties kunnen overschat worden, als minder effluent beschikbaar komt door kringloopsluiting in de keten of hergebruik/besparing bij huishoudens.
RWZI/AWZI effluent naar industrie			Aanname			0	0	Hergebruik effluent in de industrie	5	30	Maximum 2-10% van effluent. Vereist in veel gevallen nieuwe infrastructuur. Mogelijke concurrentie met andere toepassingen.
Aanvoer van extern water voor drinkwaterproductie			Aanname			0	0	Alternatieve bronnen van buiten systeemgrenzen (rivier, zee)	5	50	In principe kan er zeer veel water van buiten het systeem gehaald worden, maar dit vereist zeer grote investeringen mbt infrastructuur, zuivering, bronbescherming en mogelijk ook ongewenste reststromen.
RWZI naar grondwater			Aanname					Inzet effluent ten behoeve van aanvulling (dieper) grondwater, ter compensatie van onttrekkingen.	10	20	Verwacht wordt dat directe kringloopsluiting (drinkwaterproductie uit effluent, technisch mogelijk, onderzoek loopt) binnen deze termijn niet gewenst wordt. Nagezuiverd effluent kan wel ingezet worden om het (diepere grondwater extra aan te vullen, bijv om de effecten van drinkwaterwinning tegen te gaan. Je gaat dan niet minder grondwater winnen, maar effecten zijn wel minder groot. Houd rekening met concurrentie om gebruik effluent mbt andere maatregelen.

Balans							Interpretatie van grondwaterbalansgetallen: De getallen geven de onzekerheidsmarge aan. In de praktijk zal de balans gemiddeld niet hoger dan 0 worden zodra er sprake is van een nieuwe evenwichtssituatie (de bergingsruimte is eindig). Er is sprake van een brede onzekerheidsmarge. Met maatregelen kan de balans beter uitvallen dan zonder maatregelen (ten opzichte van de autonome ontwikkelingen), maar mogelijk niet '0', hiervoor moeten de maatregelen echt aan de grote kant zijn.
Grondwater excl freatisch	-81	-129		-37	-297	60	-190
Grondwater incl freatisch	78	-370		213	-597	405	-485

Jaar van publicatie
2022

Meer informatie

dr Sija Stofberg

T 030-6069569

E sija.stofberg@kwrwater.nl

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

KWR 2022.074 | 11 juli 2022 ©KWR

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

Keywords

Watersysteem, maatregelen