

Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening door lage rivierafvoeren

KWR 2023.123

Datum

28 november 2023

Opdrachtgever

PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Meer informatie

Marjolein van Huijgevoort

Auteur

Marjolein van Huijgevoort

Opdrachtnummer

404284

T +31 30 606 9646

E marjolein.van.huijgevoort@kwrwater.nl

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Projectmanager

Arnaut van Loon

Pagina

1/24

Factsheet klimaatrisico

Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening door lage rivierafvoeren.

Inleiding

Klimaatverandering veroorzaakt verschillende risico's voor de drinkwatervoorziening, zoals droogte en overstromingen. In deze factsheet richten we ons alleen op de risico's die gerelateerd zijn aan lage rivierafvoeren, met een nadruk op de winningen uit de grote rivieren voor infiltratie in de duinen en winningen uit het IJsselmeer. In Nederland wordt drinkwater gemaakt van oppervlaktewater en grondwater. Het oppervlaktewater wordt gewonnen via oppervlaktewaterwinningen, oevergrondwaterwinningen en infiltratiewinningen uit de Rijn (inclusief zijtakken), het Haringvliet, het IJsselmeer, de Maas en de Drentsche Aa. In totaal wordt ongeveer 40% van al het drinkwater in Nederland gemaakt van oppervlaktewater, met name uit de grote rivieren. In Nederland en België is de Maas voor 7 miljoen mensen de bron van het drinkwater (Bannink et al. 2019) en de Rijn voor ongeveer 5 miljoen (<https://www.onswater.nl/actueel/nieuws/2020/02/13/waterkwaliteit-rijn>). Daarnaast wordt water ingenomen vanuit de Drentsche Aa.

Door klimaatverandering zal droogte in Nederland vaker voorkomen en extremer zijn (Philip et al. 2020, KNMI 2021, KNMI 2023). Dit leidt met name in de zomer tot lage rivierafvoeren (o.a. Stahl et al. 2022). Dit is ook al zichtbaar in de huidige situatie. De afgelopen jaren zijn er verschillende periodes geweest met lage rivierafvoeren (met name in 2018, 2019, 2020, 2022). De waterkwaliteit verslechtert door minder verdunning van lozingen en een toename van de watertemperatuur (Zwolsman en van Bokhoven 2007, van Vliet en Zwolsman 2008, Wolff en Van Vliet 2021). Daarnaast neemt de verzilting in de rivieren bij lage afvoeren toe (Stroomberg et al. 2019, Wolff en Van Vliet 2021). Verzilting neemt toe door minder verdunning en door het optrekken van zeewater in de Rijn-Maas monding door lage rivierafvoeren en hoge waterstanden bij Hoek van Holland (van den Brink et al. 2019). Lage rivierafvoeren hebben effect op de drinkwatervoorziening (Stroomberg et al. 2019), en de combinatie van lage afvoeren met een slechte waterkwaliteit kan aanleiding zijn voor een tijdelijke staking van de inname (Zwolsman 2008).

Bij extreem lage afvoeren in de Rijn en de Maas en een gelijktijdig hoge watervraag ontstaat bovendien een watertekort om alle functies die afhankelijk zijn van het hoofdsysteem van water te voorzien. In dat geval hanteren waterbeheerders de verdringingsreeks (Figuur 1) als uitgangspunt om het beschikbare water te verdelen. Bij verder afnemende afvoer worden steeds minder functies van water voorzien. Drinkwater staat samen met de energievoorziening in de tweede categorie, na veiligheid en het voorkomen van onomkeerbare schade aan natuur. Tot nog toe heeft een watertekort nog niet geleid tot een besluit tot beperken van de inname van oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding.



Figuur 1. De verdringingsreeks voor de verdeling van het beschikbare zoetwater

(<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/verdringingsreeks/>)

De gevoeligheid en blootstelling van de winningen voor lage afvoeren wordt met name bepaald door de ligging van de winningen/innamepunten. Een innamepunt dicht bij de zee is over het algemeen gevoeliger voor verzilting dan innamepunten verder landinwaarts. De ligging ten opzichte van lozingen heeft een groot effect op de gevoeligheid wat betreft waterkwaliteit.

Lage afvoeren hebben al tot problemen geleid in recente jaren. De droogte in 2018 veroorzaakte lage afvoeren en deze gebeurtenis heeft duidelijk gemaakt wat enkele gevolgen zijn voor de drinkwatervoorziening. De gevolgen voor de drinkwatersector van de lage afvoeren in de Rijn zijn beschreven in het jaarrapport 2018 De Rijn van RIWA-Rijn (Stroomberg et al. 2019). Door de afvoeren op de IJssel (gevoed door de Rijn) én het onvoldoende beheersen van de verzilting bij de Afsluitdijk trad verzilting op in het IJsselmeer, waardoor er geen water ingenomen kon worden bij Andijk (Bonte et al. 2023). Er lagen al schepen klaar om zoet water aan te voeren en bij PWN in Andijk waren voorzieningen aangelegd om het water vanuit de schepen richting de fabrieken te pompen, maar hier is uiteindelijk geen gebruik van gemaakt. Hoewel wettelijke bedrijfstechnische normen werden overschreden, was er geen gezondheidsrisico. Wel zijn er tientallen innamestops geweest om zo zoet mogelijk water in te nemen. Sinds 2018 zijn die innamestops vanwege verzilting van het IJsselmeer vaker voorgekomen. Om verzilting van het Amsterdam-Rijnkanaal door zoutindringing vanuit het Noordzeekanaal te voorkomen werd een bellenscherm ingezet. Vanuit de Maas kon Dunea te weinig water innemen vanwege biologische activiteit en blauwalg, en werd extra water ingenomen uit de Lek. De concentraties van diverse verontreinigende stoffen in de Rijn nam toe door de lage afvoeren, zo was er anderhalve maand lang sprake van een verhoogd gehalte aan 1,4-dioxaan. Uiteindelijk bereikte deze verhoogde concentraties niet de innamepunten bij Nieuwegein. Innamestops in Nieuwegein konden daardoor voorkomen worden. De twee ankers voor de drinkwatervoorziening van Noord-Holland werden door deze twee verschillende effecten van droogte (verzilting, indikking antropogene stoffen) dus gelijktijdig bedreigd.

De afvoer van de Maas was in 2018 zo laag dat er gedurende 121 dagen sprake was van een watertekort (een afvoer onder de 60 m³/s bij Monsin (Luik)) (Bannink et al. 2019). De waterkwaliteit van de Maas was echter relatief goed tijdens deze periode. Er vond wel een aantal innamestops

plaats, maar er was geen toename in het aantal en de duur van innamestops ten opzichte van andere jaren. Voor innamepunten langs de Maas was het effect van de lage afvoeren dus beperkt, behalve voor het innamepunt van Dunea.

Door de lage afvoeren in de Drentsche Aa kon tijdens de droge zomer van 2018 minder water ingenomen worden dan normaal (Van Leerdam et al. 2023).

Klimatrisicoanalyse

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

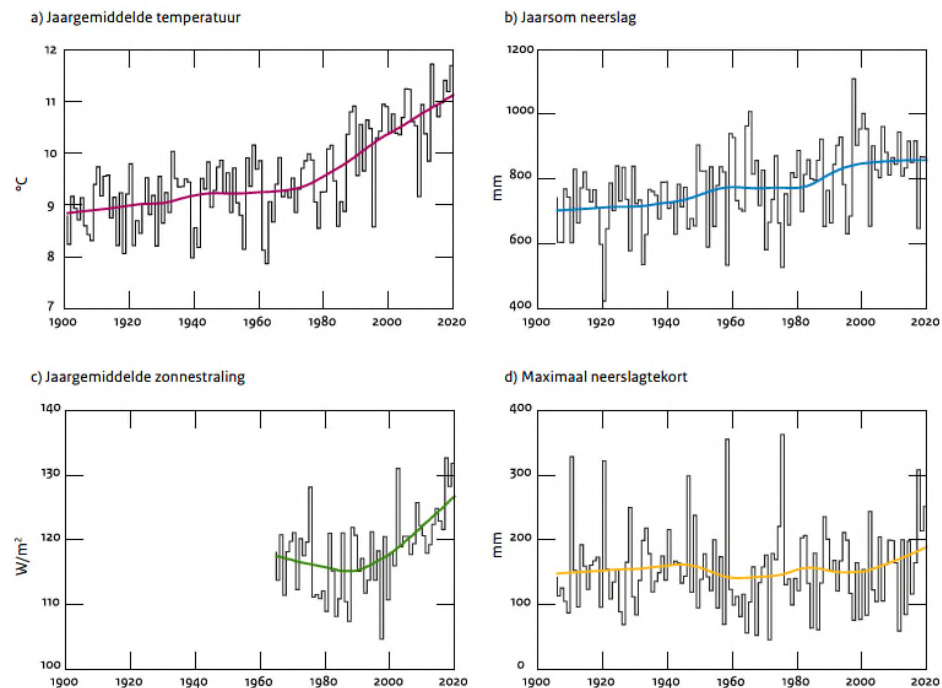
Gegevens van o.a. het KNMI kunnen als basis worden gebruikt

Voor het risico op lage afvoeren zijn twee huidige klimaatdreigingen relevant: 'het wordt droger' en 'het wordt warmer'.

Door klimaatverandering zullen de hoeveelheid neerslag en de temperatuur in Nederland veranderen. Er zijn op dit moment al verschillen met de periode 1961-1990. Gemiddeld over Nederland is de jaarlijkse neerslag in de periode 1991-2020 met 8% toegenomen ten opzichte van de periode 1961-1990 (Figuur 2, KNMI 2021). Deze toename is het grootst in de winter en de zomer; ook in de herfst is een toename zichtbaar. Hierbij werden de natte dagen natter, terwijl het aantal natte dagen niet of nauwelijks veranderde. De lente is het enige seizoen waarin de gemiddelde hoeveelheid neerslag is afgenomen. Het aantal droge dagen in de lente is sterk toegenomen (KNMI 2021).

Daarnaast is het warmer geworden in Nederland. Vanaf begin vorige eeuw is de jaargemiddelde temperatuur gestaag gestegen (KNMI 2021):

- Sinds begin vorige eeuw is de jaargemiddelde temperatuur met 2.3°C toegenomen (Figuur 2). De toename van de temperatuur vanaf de jaren 1960 is in Nederland ruim twee keer zo hoog als de toename van de wereldgemiddelde temperatuur in dezelfde periode. Vooral de laatste vijf jaar laten bovengemiddelde temperaturen zien.
- Het aantal zomerse dagen per jaar – volgens de definitie de dagen waarop een temperatuur van 25°C of hoger bereikt wordt – nam toe van 19 naar 28 voor de periode 1991-2020 ten opzichte van 1961-1990; het gemiddelde aantal tropische dagen per jaar – waarop het 30°C of warmer wordt – is ruim verdubbeld: van 2.4 naar 5.0 dagen. De hoogste maximum-temperatuur per jaar nam toe met 2.4°C, ruim twee keer zoveel als de toename van de jaargemiddelde temperatuur.
- Binnen Nederland zijn ook grote verschillen te zien. Zo is Groningen nu net zo warm als Maastricht 30 jaar geleden en is Maastricht net iets meer opgewarmd dan Groningen (1.5°C tegen 1.2°C in de periode 1991-2020) (Siegmond 2022).



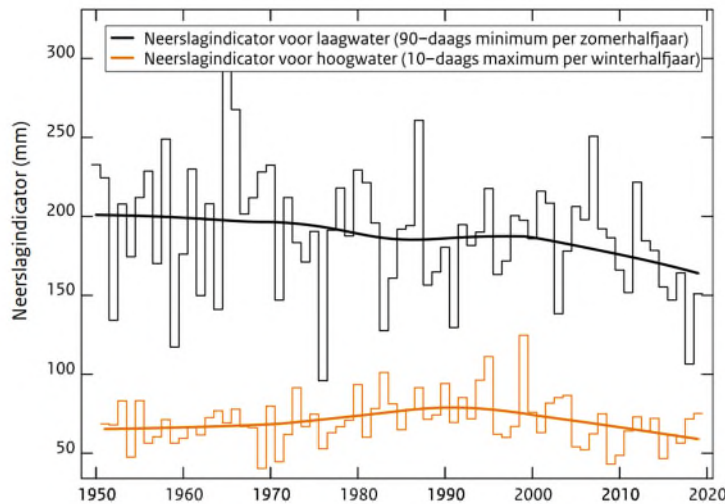
Figuur 2 a) Jaargemiddelde temperatuur sinds 1901, b) Jaarsom neerslag sinds 1906, c) Jaargemiddelde zonnestraling sinds 1965, en d) Maximaal neerslagtekort in het groeiseizoen sinds 1906 (KNMI, 2021).

Door de toename in temperatuur is ook de referentieverdamping toegenomen. Deze toename is in alle seizoenen te zien, maar is het grootst in de lente (KNMI 2021). De combinatie van minder neerslag en een hogere referentieverdamping leidt tot een toename van het maximale potentiële neerslagtekort (verschil tussen neerslag en referentieverdamping in de periode april-oktober).

De toename in referentieverdamping en afname in neerslag leidde tot meer meteorologische droogte in de lente en zomer. In het binnenland wordt toename van droogte tenminste deels aan klimaatverandering toegeschreven (Philip et al. 2020). Met name in de maanden maart t/m juni is de droogte toegenomen in de periode 1965-2020 (Daniels et al. 2021).

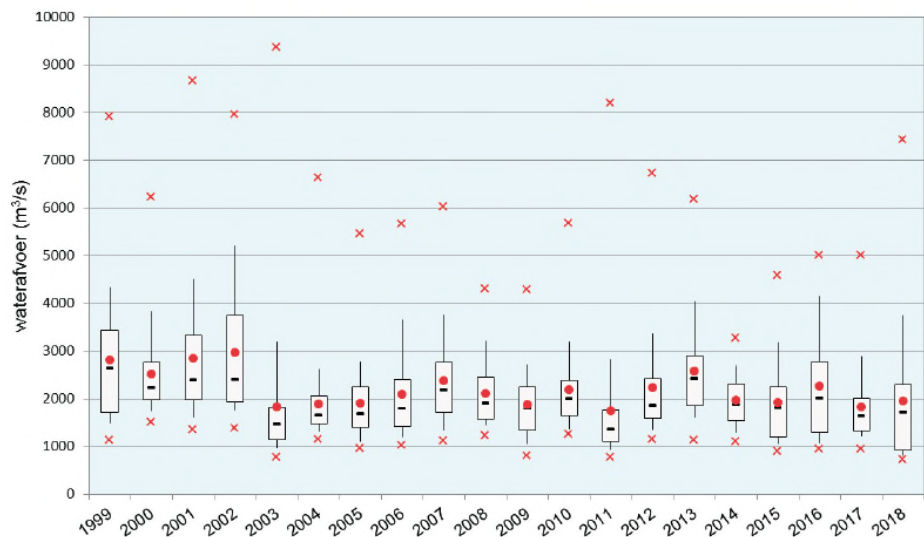
2018 kwam destijds met een neerslagtekort van 309 mm op de vijfde plek van droogste jaren terecht (zie tabel 1). De herhalingsjijd voor de droogte van 2018 wordt geschat op 1 keer per 30 jaar (Sluijter et al. 2018). Niet alleen de zomer van 2018 was droog, maar ook in 2019, 2020 en 2022 was sprake van droogte veroorzaakt door tekort aan neerslag en hoge temperaturen.

	Tabel 1. Het maximale potentiële neerslagtekort in een aantal droge jaren, gemiddeld over het land. Herhalingstijd afgerond op vijf jaren. Analyse vanaf 1906. (Sluijter et al. 2018) <table><tr><th>Rangorde</th><th>Jaar</th><th>Neerslag-tekort [mm]</th><th>Herhalingstijd [jaar]</th></tr><tr><td>1</td><td>1976</td><td>361</td><td>90</td></tr><tr><td>2</td><td>1959</td><td>352</td><td>70</td></tr><tr><td>..3</td><td>1911</td><td>328</td><td>45</td></tr><tr><td>4</td><td>1921</td><td>321</td><td>40</td></tr><tr><td>5</td><td>2018</td><td>309</td><td>30</td></tr><tr><td>..6</td><td>1947</td><td>296</td><td>25</td></tr><tr><td>...</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>2003</td><td>234</td><td>10</td></tr></table> Hierboven hebben we de veranderingen in het klimaat in Nederland beschreven. Die veranderingen zijn met name relevant voor de kleinere riviersystemen in Nederland. Voor de afvoeren van de Rijn en Maas zijn de veranderingen in klimaat binnen het hele stroomgebied meer van belang. De luchttemperatuur is in heel Europe toegenomen en dit heeft met name voor de Rijn gevolgen voor de samenstelling van de afvoer (regen, sneeuwsmelt en ijssmelt). De verwachting is dat dit vooral in de toekomst grote veranderingen veroorzaakt in het afvoerregime van de Rijn (Stahl et al. 2022).	Rangorde	Jaar	Neerslag-tekort [mm]	Herhalingstijd [jaar]	1	1976	361	90	2	1959	352	70	..3	1911	328	45	4	1921	321	40	5	2018	309	30	..6	1947	296	25	...				10	2003	234	10
Rangorde	Jaar	Neerslag-tekort [mm]	Herhalingstijd [jaar]																																		
1	1976	361	90																																		
2	1959	352	70																																		
..3	1911	328	45																																		
4	1921	321	40																																		
5	2018	309	30																																		
..6	1947	296	25																																		
...																																					
10	2003	234	10																																		
Secundaire effecten	De veranderingen in temperatuur, neerslag- en verdampingspatronen hebben effect op rivierafvoeren en oppervlaktewateren. Voor de drinkwatervoorziening uit oppervlaktewater zijn met name de grote rivieren in Nederland van belang. Hier worden de effecten van klimaatverandering op de lage afvoeren van deze rivieren beschreven. In Figuur3 zijn de trends van de zogenaamde hoog- en laagwaterindicatoren in het Rijn-Maas stroomgebied weergegeven (KNMI 2021). Deze indicatoren geven in eerste instantie inzicht in de kans op een situatie met hoog- of laagwater. De laagwater-indicator laat sinds 1950 een afname zien. In lijn hiermee is de kans op laagwater (in de zomer) in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas geleidelijk toegenomen. De trend in de hoogwater-indicator (oranje lijn) is minder eenduidig.																																				



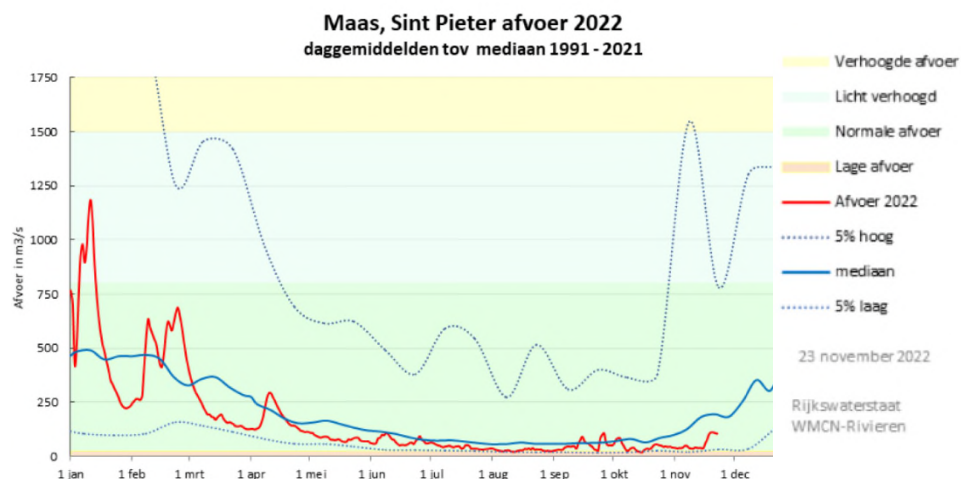
Figuur 3 Neerslagindicatoren voor laag- en hoogwater in het Rijn-Maas-stroomgebied per jaar vanaf 1950. De vloeiende lijnen representeren de langjarige trend (KNMI, 2021).

De droogte van 2018 had ook een grote invloed op de rivierafvoeren. Voor de Rijn begon 2018 met een natte periode en hoge waterafvoer, tijdens de lange droge periode nam de afvoer steeds verder af tot een minimum van 732 m³/s (Figuur 4, Stroomberg et al. 2019). Sinds het begin van de metingen is het slechts een paar keer voorgekomen dat de afvoer van de Rijn zo laag was als in 2018 (Sprokkereef 2019). Vanaf 1901 zijn er slechts 4 drogere zomers geweest en slechts 2 jaar waarin de afvoer bij Lobith lager was dan in de herfst van 2018. In 2022 was er opnieuw sprake van een droogte en waren de afvoeren van de Rijn zeer laag. De minimale afvoer van de Rijn in 2022 was 679 m³/s op 18 augustus en de afvoer lag gedurende 42 dagen onder de 900 m³/s (Van Zaanen et al. 2022).



Figuur 4 Waterafvoer van de Rijn bij Lobith over 1999-2018 (Stroomberg et al. 2019)

Ook in de Maas was in 2018 sprake van een zeer lage afvoer. Volgens het Maasverdrag is officieel sprake van een watertekort bij een afvoer onder de 60 m³/s bij Monsin (Luik) (Bannink et al. 2019). Bij zo'n lage afvoer is er te weinig water beschikbaar voor de voeding van het Albertkanaal, de Zuid-Willemsvaart, het Julianakanaal en de Grensmaas (Bannink et al. 2019). In 2018 kwam deze lage afvoer gedurende 121 dagen voor (Bannink et al. 2019). Ook verder stroomafwaarts werden lage afvoeren gemeten, de 90^{ste} percentiel waarde (29.3 m³/s) gemeten bij Sint Pieter kwam op de negende plek sinds 1976 (Bannink et al. 2019). Bij Megen werd zelfs de laagste 90 percentiel waarde (27.1 m³/s) gemeten sinds 1976 (Bannink et al. 2019). In 2022 was de afvoer in de Maas opnieuw laag, de afvoer daalde in augustus tot onder de 25 m³/s (Figuur 5). Tijdens de periode juli en augustus 2022 was de daggemiddelde afvoer met waarden rond de 35 m³/s veel lager dan de mediaan van 65 m³/s voor deze periode (Van Zaanen et al. 2022).



Figuur 5. Afvoeren van de Maas in 2022 ten opzichte van afvoerstatistieken (Van Zaanen et al. 2022).

De klimaatveranderingen hebben ook effect op de waterkwaliteit (Zwolsman en van Bokhoven 2007, van Vliet en Zwolsman 2008). In het **droge jaar 2018** zijn de gevolgen van hoge temperaturen en lage afvoeren **in de grote rivieren** reeds duidelijk waargenomen (Wolff en Van Vliet 2021):

- **Toename van de watertemperatuur**, gemiddeld 2 graden in 2018 in zowel de Rijn als de Maas (Wolff en Van Vliet 2021). De watertemperatuur zat in 2017 voor de Rijn tussen 80% van de streefwaarde en de streefwaarde (Stroomberg et al. 2019). In 2018 werd de streefwaarde bij Lobith eenmaal en bij Haringvliet tweemaal overschreden met maxima van respectievelijk 25.5 en 25.1°C (Stroomberg et al. 2019). In de Maas werd de streefwaarde overschreden bij Eijsden (25.4°C) en bij Keizersveer (26.5°C) (Wolff en Van Vliet 2021). Verder stroomafwaarts werden geen overschrijdingen gevonden (Wolff en Van Vliet 2021). Deze waarden zijn gebaseerd op wekelijkse metingen, Zwolsman en Van Vliet (2007) hebben de

	watertemperatuur gebaseerd op uursmetingen meegenomen tijdens de hittegolf van 2006. Tijdens die hittegolf liepen de watertemperaturen in de Rijn en de Maas op tot 28°C. • Toename van concentraties van stoffen bij lage afvoeren, waaronder de resten van geneesmiddelen, als gevolg van minder verdunning van puntbronnen en diffuse bronnen tijdens droge perioden (Wolff en Van Vliet 2021). Door het regenwaterkarakter van de Maas, zijn de effecten voor deze rivier groter dan voor de Rijn. • Toename van zoutconcentraties bij lage afvoeren door minder verdunning (Pronk 2021), maar tegelijkertijd ook door een toename van zoutindringing vanuit de zee (van den Brink et al. 2019, Friocourt et al. 2020, Wolff en Van Vliet 2021). Bij lage afvoeren zijn de mondingen van zogenaamde 'dode takken' (riviertakken met slechts beperkte bovenstroomse aanvoer), zoals de Lek en de Hollandse IJssel, maar ook de zijtakken nabij de open verbindingen naar zee (zoals het Spui, dat het Brielsemeer van water voorziet) gevoelig voor verzilting. Ook 'gesloten' zee-armen (Noordzeekanaal, IJsselmeer) met sluizen kennen een grote mate van verzilting door binnendringend zoutwater (bij schutten en door lekkage). Afhankelijk van de omstandigheden (stroming, sluizen, spui-regime en opstuwing door wind) kunnen de effecten enkele dagen tot enkele maanden aanhouden. Naast de grote rivieren kunnen ook de andere oppervlaktewateren veranderingen ondervinden door klimaatverandering. Voor de overige oppervlaktewateren geldt het volgende: • Kleinere, vrij afwaterende oppervlaktewateren (zoals op de hoge zandgronden) worden lokaal gevoed, via oppervlakkige afstroming, het grondwater en eventuele lozing van effluent. De eerder beschreven veranderingen in neerslagpatronen en verdamping leiden in deze gebieden tot lagere grondwaterstanden, waardoor de basisafvoer afneemt. Mens et al. (2020) geven aan dat naar verwachting de watertekorten voor het oppervlaktewater het grootst zullen zijn op de hoge zandgronden. Er zijn ook beken waarop RWZI's hun effluent lozen. Hierdoor kan een minimale afvoer gehandhaafd blijven, maar wordt de waterkwaliteit wel bepaald door de effluentkwaliteit aangezien er niet of nauwelijks verdunning plaatsvindt. • Het IJsselmeer is afhankelijk van de aanvoer van water via de IJssel, en wordt gebruikt om in droge perioden verschillende gebieden van zoet water te voorzien. Het IJsselmeer wordt tevens gebruikt als bron voor drinkwater. De beschikbare voorraad hangt af van het zoetwaterpeil dat gehanteerd kan worden. Sinds 2019 wordt voor het IJsselmeer een
--	--

	flexibel peil gehanteerd, dat ruimte biedt om het peil hoger op te zetten bij dreigende droogte (Rijkswaterstaat 2023). Het IJsselmeer is ook gevoelig voor verzilting door binnendringend zoutwater bij de sluizen (bij schutten en door lekkage) (Boelens et al. 2023). In recente droge jaren zorgde de verzilting van het IJsselmeer door verzilte windgedreven 'zoutwaterbellen' voor problemen bij het innamepunt van PWN bij Andijk (Bonte et al. 2023). Voor alle oppervlaktewateren geldt tevens dat de temperatuur van het water toeneemt bij hogere luchttemperaturen, wat het risico op blauwalg en pathogenen vergroot.
Blootstelling Definitie: ("De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging" (PBL methoderapport). <i>"Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist"</i> (Cardona, 2012)) <i>"Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed"</i> (Cardona, 2012)) Voorbeeld:	In Nederland wordt drinkwater gemaakt van oppervlaktewater en grondwater (Figuur 6). Het oppervlaktewater wordt gewonnen via oppervlaktewaterwinningen, oevergrondwaterwinningen en infiltratiewinningen. Er zijn in totaal in Nederland 221 winningen, hiervan zijn er 9 oppervlaktewaterwinningen, 14 oevergrondwaterwinningen en 11 infiltratiewinningen. Het oppervlaktewater wordt gewonnen uit de Rijn (inclusief zijtakken), het Haringvliet, het IJsselmeer, de Maas en de Drentsche Aa. In totaal wordt ongeveer 40% van al het drinkwater in Nederland gemaakt van oppervlaktewater. Door verdroging is er een trend richting toenemend gebruik van oppervlaktewater in plaats van grondwater voor drinkwaterproductie. De directe oppervlaktewaterwinningen en infiltratiewinningen worden rechtstreeks blootgesteld aan klimaatverandering door de veranderingen in rivierafvoeren. De lage afvoeren en daaraan gerelateerde risico's (met name slechte kwaliteit) hebben ook invloed op oevergrondwaterwinningen, maar door de daar in de regel langere bodempassage is het effect van de veranderingen in kwaliteit vertraagd zichtbaar en kleiner. Kwaliteit is echter wel een belangrijk aandachtspunt, omdat er geen innamestop mogelijk is bij een slechte rivierwaterkwaliteit en vervuiling dus altijd in de bron terecht komt (Stofberg et al. 2023). Een aantal winningen in Midden en Oost Nederland staat onder invloed van oppervlaktewater. Bij een deel van deze winningen wordt actief water aangevoerd vanuit regionaal oppervlaktewater (bijvoorbeeld Haarlo, Olde Eibergen) om de effecten van de onttrekkingen op het grondwater te compenseren. Bij de wateraanvoer gaat het hierbij om water afkomstig uit door effluentlozingen belast oppervlaktewater. Bij afname van rivier- of beekafvoeren zal hier het aandeel effluent toenemen en daarmee de kwaliteit van dit water afnemen. Ook neemt bij aanvoertekorten de invloed van de winning op de omgeving toe.

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Overzichtskaart distributiegebieden drinkwaterbedrijven, bronnen, innamepunten en hoeveelheden gewonnen water (2018)



Er zijn in totaal 221 winningen², waarvan 187 grondwaterwinningen, 9 oppervlaktewaterwinningen, 14 oevergrondwaterwinningen en 11 infiltratiewinningen (incl. natuurlijk duinwater).

¹ Exclusief winning door Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK).

² Exclusief noodwinningen.

Figuur 6. Overzicht van drinkwaterwinningen in Nederland

(<https://www.drinkwaterplatform.nl/themas/watertransitie/winningen/>)

Gevoeligheid

Definitie:

("De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed")

("Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and

Een slechte waterkwaliteit kan leiden tot een innamestop bij de winningen. In de huidige situatie worden de innamestops met name veroorzaakt door calamiteiten. Calamiteiten kunnen leiden tot langdurige innamestops van meerdere maanden. Tabel 2 geeft een overzicht van alle innamestops gerelateerd aan de waterkwaliteit in de Rijn en de Maas in de periode 2011-2018 (Geudens en Kramer 2023).

In de meeste gevallen zijn de innamestops in de huidige situatie niet gerelateerd aan lage afvoeren, behalve bij het innamepunt Andijk. Door de verzilting van het IJsselmeer in 2018 en 2022 vonden daar veel innamestops plaats (Figuur 7, Neeffes et al. 2023).

Bij kleinere oppervlaktewatersystemen zoals de Drentsche Aa is de afvoer beperkend voor de drinkwaterproductie, met name tijdens droge zomers zoals in 2018 (Van Leerdam et al. 2023).

assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

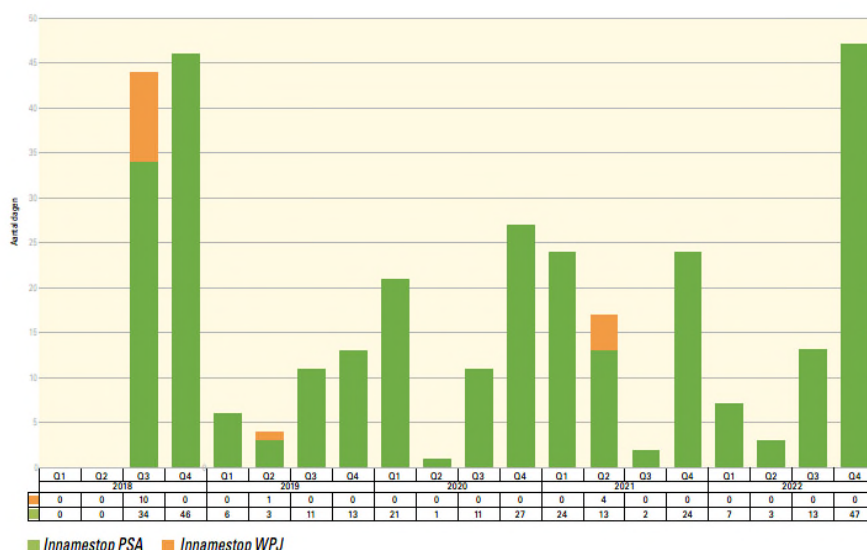
Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Tabel 2. Innamestops en beperkingen bij de innamepunten voor drinkwater (dagen) (Geudens en Kramer 2023)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rijn	13	4	15	39	24	6	0	90	37	60
Maas	65	114	126	209	478	308	59	46	65	174

(RIVA-Rijn, 2021 en RIVA-Maas, 2021)



Figuur 7 Innamestops bij Pompstation Andijk (PSA) en WRK Waterwinstation Prinses Juliana (WPJ) in Andijk per kwartaal in 2018-2022. (Neefjes et al. 2023)

Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Voorbeeld:

Huizen hebben muren, ramen en deuren die versterkt kunnen worden zodat ze sterk genoeg en waterdicht zijn en ze geen beschadigingen oplopen.

Droogte heeft invloed op alle drinkwaterbedrijven en daarom houden alle bedrijven hier rekening mee in leveringsplannen en bijbehorende verstoringsrisicoanalyses (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019). Drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken hebben verschillende soorten buffers om innamestops te overbruggen (Clevers et al. 2019). De buffers variëren per bedrijf en bestaan uit (een combinatie van) spaarbekkens, geïnfiltreerd (duin)water, grondwater, onderlinge levering tussen waterbedrijven en het inzetten van een 2e bron (mits de waterkwaliteit van desbetreffende bron voldoende is) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019).

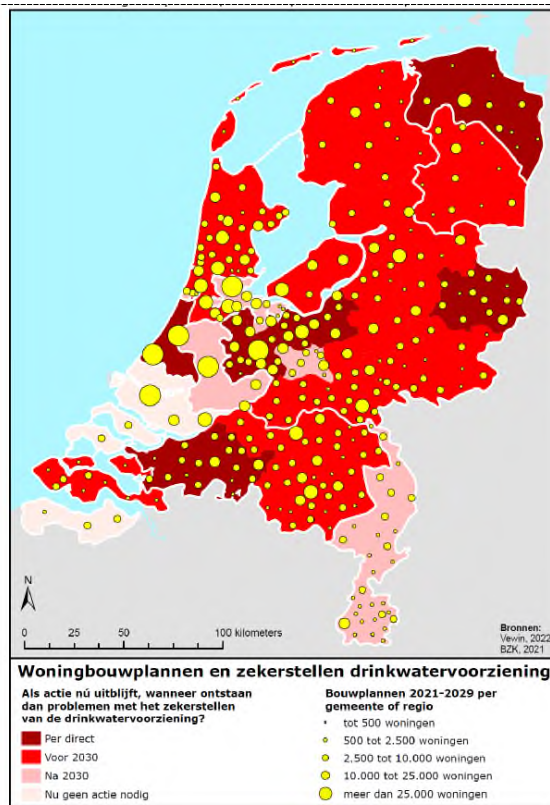
De capaciteit van de buffers en de mate waarin de buffers ingezet kunnen worden verschilt per bedrijf. De meeste buffers zijn alleen bedoeld voor als alle andere maatregelen falen en niet om regelmatig ingezet te worden. Indien buffers bestaan uit grondwaterwinningen in natuurgebieden, zoals bijvoorbeeld de calamiteitenvoorraad in de duinen van PWM, dan leidt het inzetten van deze buffers tot natuurschade (Clevers et al. 2019). Het herstel van sommige buffers kan ook lange tijd duren, bijvoorbeeld voor de zoetwaterbuffer in de duinen.

Klimaatverandering en demografische ontwikkelingen leiden tot een toename in de drinkwatervraag. Voor 2030 wordt al een toename in de vraag van 100 miljoen m³ drinkwater verwacht (Van Leerdam et al. 2023). Door de toenemende watervraag kunnen drinkwaterbedrijven niet altijd meer de minimale operationele reserve van 10% aanhouden. In 2020 hadden bijvoorbeeld Waterbedrijf Groningen en Dunea geen operationele reserve meer (Tabel 3). Meerdere waterbedrijven hebben in 2023 aangegeven de grens van 10% niet meer te halen (<https://www.waterforum.net/38882-drinkwaterbedrijven-houden-te-weinig-reserves-aan/>).

Tabel 3. Vergunningsruimte, convenantruimte, maatgevende productiecapaciteit, noodzakelijke productiecapaciteit, operationele reserve, en de onttrokken hoeveelheid grond- en/of oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding (alles in miljoen m³ per jaar) per drinkwaterbedrijf dat gebruik maakt van oppervlaktewater in 2020. (Van Leerdam et al. 2023)

Drinkwater bedrijf	Vergunnings-ruimte	Convenant-ruimte	Maatgevende (productie) capaciteit	Noodzakelijke productie-capaciteit	Operationele reserve (capaciteit)	Onttrokken hoeveelheid 2020
Waterbedrijf Groningen (WBGr)	74.5	48.5	47	53.2	-6.2 (-11.7%)	48.1
Waterleiding Maatschappij Limburg (WML)	105.2	105.2 (n.v.t)	86.5	83.6	2.9 (3.5%)	78.5
PWN	100	100	102.9	99.2	3.7 (3.7%)	94
Dunea	112	92	85.8	86.1	-0.3 (0.35%)	83.5
Oasen	62.7	60.8	51.85	48	3.85 (8.0%)	46.66
Evides	217	211		183.2		183.2
Waternet	112	112 (n.v.t)	101	93	8 (8.6%)	101

Door de toenemende watervraag ontstaan problemen met het zekerstellen van de drinkwatervoorziening. Zo zijn er meerdere woningbouwplannen die in gebieden vallen waar op korte termijn problemen verwacht worden met het zekerstellen van de drinkwatervoorziening indien er geen extra maatregelen genomen worden (Figuur 8).



Figuur 8 Woningbouwplannen (2021-2029) in relatie tot knelpunten zekerstellen drinkwatervoorziening (Vewin 2022b).

Om aan de groeiende watervraag te voldoen, zijn drinkwaterbedrijven al op zoek naar andere bronnen van water en naar mogelijkheden om de productie robuuster in te richten. Het RIVM (Van Leerdam et al. 2023) heeft de verschillende oplossingsrichtingen per bedrijf op een rij gezet (Tabel 4).

Tabel 4. Belangrijkste oplossingsrichtingen per drinkwaterbedrijf m.b.t. waterbeschikbaarheid voor de periode 2020-2030 (Van Leerdam et al. 2023)

Oplossingsrichting	Drinkwaterbedrijf									
	Vitens	Waternet	WBGr	Dunea	Evides	Brabant Water	WML	WMD	Oasen	PWN
Waterbesparing stimuleren										
Nieuwe winningen zoeken/ realiseren										
Bestaande winvergunning operationeel maken										
Bestaande winvergunning/ convenant uitbreiden of opheffen restrictie Wet Natuurbescherming										
Diepinfiltratie										
Alternatieve bronnen										
Overzetten industriële klanten/laagwaardige gebruikers										
Verplaatsen vergunningen tussen gebieden										
Optimalisatie waterverdeling winning en/of productie										
Extra grondwater i.p.v. oppervlaktewater										
Innamecapaciteit opp.w. vergroten					?					
Grotere voorraad duinen en bekkens										
Optimalisatie zuivering (beperken verliezen)										
(Tijdelijk) verhogen inkoop										

? Inmiddels gerealiseerd.

	Voor oppervlaktewaterwinningen is met name de verslechterde waterkwaliteit bij lage afvoeren een risico. Drinkwaterbedrijven kunnen steeds geavanceerdere zuiveringsmethoden of additionele zuiveringstappen gaan gebruiken, zoals omgekeerde osmose en geavanceerde oxidatie (Van Leerdam et al. 2023). Het doel van de Kaderrichtlijn Water is echter dat de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater niet achteruit mag gaan en verbeterd moet worden. Het is dus zeer van belang om in te zetten op bronbescherming. Ander nadelen van het overstappen naar geavanceerdere zuiveringsmethoden is de toename van de productieverliezen door een grotere reststroom en de behandeling van het concentraat. Er moet tot 25% meer water onttrokken en voorgezuiverd worden om het productieverlies te compenseren, waarvoor extra winningscapaciteit nodig is en mogelijk ook een grotere vergunningsruimte (Van Leerdam et al. 2023). Verschillende drinkwaterbedrijven (Dunea, WMD, PWN en Oasen) gaan de komende jaren investeren in geavanceerdere zuiveringsmethoden (Van Leerdam et al. 2023). Tijdens de droogte van 2018 kwamen innamestops voor maar zijn ook verschillende adaptatiemaatregelen uitgevoerd. Zo zijn er bellenschermen geplaatst om verzilting te voorkomen. Daarnaast is de waterverdeling bij de stuw bij Hagestein aangepast, zodat er meer water naar de Lek ging (Stroomberg et al. 2019). Ook hebben drinkwaterbedrijven water ingekocht bij andere bedrijven. Dunea kon in 2018 niet voldoende water innemen uit de Maas en heeft daarom water uit de Lek bijgemengd.
Impact	Lage afvoeren hebben invloed op de waterbeschikbaarheid en de waterkwaliteit. Bij een slechte waterkwaliteit kunnen drinkwaterbedrijven minder water innemen. In de huidige situatie worden de meeste innamestops veroorzaakt door calamiteiten die geen relatie hebben met lage afvoeren, met uitzondering van de innamestops bij Andijk. De kans op calamiteiten die kunnen leiden tot innamebeperkingen neemt echter wel toe door de lage afvoeren, omdat minder verdunning plaats vindt. In de afgelopen jaren is het optreden van een calamiteit (bijvoorbeeld een lozing) toevallig niet samengevallen met lage afvoeren. De recente droogtes gaven al een voorbeeld van een periode met lage afvoeren en gevolgen voor de drinkwaterbedrijven. Door de lage rivierafvoeren en hogere luchttemperaturen nam de waterkwaliteit (hoger chloridegehalte, verontreinigingen, hogere watertemperatuur en daardoor algengroei) van het in te nemen oppervlaktewater af. De hogere watertemperaturen leiden tot een verminderde inname, omdat er minder koeling van de pompen mogelijk is. De toename in algengroei zorgde er in 2018 voor dat minder water ingenomen kon worden uit de Maas. Verzilting van het IJsselmeer leidde in meerdere jaren tot innamestops bij Andijk. Uiteindelijk moest toch zout water ingelaten worden, omdat de innamestops niet lang genoeg aangehouden konden worden door te kleine bekkens. Daardoor heeft PWM in 2017, 2018 en 2019 de jaarnorm voor chloride overschreden; de maandnorm werd niet

	overschreden. Daarmee werd een bedrijfstechnische norm overschreden, de volksgezondheid was niet in het geding (pers. com. Koen Zuurbier). Daarnaast heeft de droogte van 2018 geleid tot mobilisatie van crisisteam, maar door inzet van maatregelen en reservecapaciteit heeft de droogte niet tot leveringstops geleid. De resulterende kosten voor reparaties, inzet personele capaciteit en uitstel van activiteiten (bij bijvoorbeeld aannemers) waren enkele miljoenen euro's. Ook waren er kosten voor het gereedhouden van noodmaatregelen voor drinkwaterinname bij Andijk. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019)
Cascade-effecten ("Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen") Zie methoderapport paragraaf 4.3.6	Indien niet meer genoeg water beschikbaar is, heeft dit gevolgen voor de woningbouwontwikkeling en de mogelijkheden voor het aansluiten van zakelijke klanten. Daarnaast kan het inzetten van noodwinningen tot schade aan de natuur leiden.
Eindimpact: mens en cultuur Opties: - <i>Laag</i>: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade - <i>Middel</i>: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade - <i>Hoog</i>: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade * cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van	Er zijn in de afgelopen jaren geen situaties geweest waarbij geen drinkwater meer geleverd kon worden aan huishoudens als gevolg van slechte waterkwaliteit door lage afvoeren. Wel is er water geleverd dat niet voldeed aan alle bedrijfstechnische normen (specifiek: chloride bij PWN). De verzilting van het drinkwater heeft effect op de installaties (van drinkwaterbedrijven en mensen thuis): voordat er gezondheidsimpact is, neemt de corrosie door zouter drinkwater al sterk toe en de levensduur van materialen af. Alle drinkwaterbedrijven die gebruik maken van oppervlaktewater als bron beschikken over buffercapaciteit en/of kunnen overschakelen op andere bronnen zoals andere rivieren of grondwater in het geval van calamiteiten. Het inzetten van deze buffers kan grote negatieve effecten op de natuur hebben en kan niet onbeperkt gebeuren, zeker als de buffers bestaan uit grondwaterwinnigen. Indien door de lage afvoeren zeer langdurige innamestops gaan optreden zal dit allereerst resulteren in natuurschade door de extra onttrekking van natuurlijk duinwater en grondwater. In het ergste geval kan de beperkte beschikbaarheid van bronnen op termijn leiden tot een tekort aan drinkwater (Van Leerdam e.a. 2023). Het aantal mensen dat hierdoor getroffen wordt, is afhankelijk van bij welke winning dit dan optreedt en dit is niet op voorhand in te schatten. In potentie gaat het echter om miljoenen mensen die afhankelijk zijn van het drinkwater uit oppervlaktewater.

lokale/regionale/nationale waarde N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)	
Eindimpact: natuur en milieu Opties: - <i>Laag:</i> lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel:</i> regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog:</i> nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu	Op het moment dat de wateraanvoer stopgezet wordt voor de infiltratiewinningen in de duinen, moeten de drinkwaterbedrijven wel blijven onttrekken door de leveringsplicht. De waterstand in de infiltratieplassen zal dan dalen door het gebrek aan wateraanvoer. (Middel)diepe grondwinningen worden op grote schaal aangezet om drinkwater te blijven produceren. Ook de natte duinvalleien vallen dan droog, terwijl deze normaal gesproken in ieder geval deels gevuld blijven met water, waardoor waterafhankelijke soorten kunnen overleven. Dit zal leiden tot aanzienlijke regionale schade aan de natuur, ook in natura 2000 gebieden. Er is nog niet goed bekend wanneer de schade aan de natuur onomkeerbaar is, hiervoor is verder onderzoek nodig.
Eindrisico: economie Opties: - <i>Laag:</i> < € 100 miljoen - <i>Middel:</i> € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog:</i> > € 1 miljard	De lage afvoeren leiden tot aanpassingen in de bedrijfsvoering van de drinkwaterbedrijven. In 2018 was het bijvoorbeeld nodig om crisisteam te mobiliseren en maatregelen en reservecapaciteit in te zetten. De resulterende kosten voor reparaties, inzet personele capaciteit en uitstel van activiteiten (bijvoorbeeld aannemers) waren enkele miljoenen euro's (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019). Ook waren er kosten voor het gereedhouden van noodmaatregelen voor drinkwaterinname bij Andijk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019) Op het moment van extreme situaties met lagere afvoeren in combinatie met een slechte waterkwaliteit, waardoor langere innamestops ontstaan, kan er een drinkwatergebrek ontstaan. Hierdoor kan ook industrie beïnvloed worden, omdat richting huishoudens een leveringsplicht geldt.
Waarschijnlijkheid Frequentie: - <i>Minder vaak dan eens per 1000 jaar</i> - <i>Eens per 1000 jaar tot eens per 100 jaar</i> - <i>Eens per 100 jaar tot</i>	Voor de huidige situatie geeft de droogte van 2018 een indicatie van het klimaatrisico. Voor de droogte van 2018 heeft het KNMI een herhalingsijd van 1 keer per 30 jaar ingeschat (Tabel 1). Dit geeft echter weinig informatie over de gevolgen in de toekomst. Een droogte als van 2018 zal in de toekomst veel vaker gaan voorkomen. Daarnaast is voor de lage rivierafvoeren, vooral voor de Rijn, de verandering in de verschillende afvoercomponenten (ijssmelt,

eens per 10 jaar - Eens per 10 jaar tot eens per jaar - Eens per jaar of vaker	sneeuwsmelt en regen) meer van belang (Van Huijgevoort 2021). In deze factsheet beperken we ons echter tot de huidige situatie. Van Brenk (2021) heeft een inschatting gemaakt van de herhalingstijden van de afvoeren van de Rijn in 2018. De minimum 1-daagse afvoer van 732 m³/s komt eens per 17.6 jaar voor. Een 30-daagse afvoer van 789 m³/s, het jaarminimum van 2018, komt gemiddeld eens per 21.8 jaar voor. De 180-daagse afvoer van 1017 m³/s van 2018 komt eens in de 29.5 jaar voor (van Brenk 2021). Voor de Maas zijn geen herhalingstijden voor de droogte in 2018 bekend.
Wildcards & kantelpunten Wildcard ("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact") Kantelpunt ("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")	De impact van lage afvoeren kan vergroot worden door het optreden van calamiteiten tijdens een periode van lage afvoeren. De verdunning van de vervuilde stoffen vermindert door de lage afvoeren, waardoor een lozing in de rivier meer impact heeft op de waterkwaliteit. Als er een calamiteit (bijvoorbeeld illegale lozing of een industriële brand) optreedt tijdens lage afvoeren, zal dit eerder tot innamestops leiden. Lokale extreme buien tijdens extreme droogte en hoge temperaturen kunnen leiden tot riooloverstorten en hebben meer invloed tijdens periode met lage afvoeren. Wanneer innamestops bij meerdere winningen en bronnen samenvallen, bijvoorbeeld door een verslechterde waterkwaliteit van zowel de Maas als de Rijn gelijktijdig, vergroot dit de impact op de drinkwaterbeschikbaarheid omdat backup mogelijkheden weg kunnen vallen. Wanneer lage afvoeren samenvallen met extreem hoge temperaturen neemt de impact ook toe. Door een geringere doorspoeling vanwege lage afvoeren, bijvoorbeeld in het IJsselmeer, en lagere waterstanden, warmt het water sneller op. Hogere watertemperaturen hebben direct gevolg voor de mogelijkheden tot koeling, maar leiden ook tot een slechtere waterkwaliteit, bijvoorbeeld door algengroei.

Context

Bestuurlijke situatie Zie methoderapport paragraaf 4.2.3	Er zijn verschillende wettelijke kaders die relevant zijn voor de drinkwatersector.
---	--

	In de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit staan de richtlijnen voor de kwaliteit van het drinkwater. Ook wordt hierin de wettelijke leveringsplicht van drinkwaterbedrijven benoemd. Daarnaast is in de Drinkwaterwet ook de zorgplicht drinkwater opgenomen (RIVM 2017). Zorgplicht in de Drinkwaterwet (https://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/2023-05-05) <i>Artikel 2</i> 1. Bestuursorganen dragen zorg voor de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwater -voorziening. 2. Bij de uitoefening van bevoegdheden en toepassing van wettelijke voorschriften door bestuursorganen geldt de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening als een dwingende reden van groot openbaar belang. <i>Artikel 3</i> De zorg, overeenkomstig deze wet en de daarop berustende bepalingen, voor een voldoende en duurzame uitvoering van de openbare drinkwatervoorziening binnen een distributiegebied berust bij de eigenaar van het drinkwaterbedrijf die bevoegd en, overeenkomstig artikel 8 van de Drinkwaterwet, verplicht is tot levering van drinkwater in dat gebied. Er is niet precies vastgelegd wat van alle partijen verwacht wordt bij de zorgplicht, maar de zorgplicht wordt bijvoorbeeld meegenomen via omgevingsvisies, omgevingsplannen, in provinciale verordeningen en in vergunningverlening en –handhaving (RIVM 2017). In 2024 gaat de Omgevingswet in, hierin is ook de Waterwet opgenomen. VEWIN heeft een handboek over de omgevingswet opgesteld voor drinkwaterbedrijven: “Handboek Omgevingswet voor een duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening”. Binnen deze wet is het mogelijk om drinkwaterbelangen al vroeg onder de aandacht te brengen bij belangrijke projecten (Vewin 2022a). De verdringingsreeks uit de Waterwet is ook opgenomen in de Omgevingswet. De verdringingsreeks geeft prioriteiten voor waterverdeling tijdens watertekort (https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/verdringingsreeks/). De drinkwatervoorziening valt in categorie 2. Een ander belangrijke richtlijn is de Kaderrichtlijn Water (KRW) (https://www.drinkwaterplatform.nl/themas/wet-en-regelgeving/kaderrichtlijn-water-krw/). Deze richtlijn moet de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater waarborgen en bevat kwaliteitseisen. De uitvoering van de KRW is zeer belangrijk voor de drinkwaterbedrijven, omdat de vereiste zuivering van het water afhankelijk is van de waterkwaliteit van de bron.
--	---

Samenhang met andere transities en beleid Zie methoderapport paragraaf 4.2.4	Er spelen in Nederland verschillende transities die ook invloed hebben op de waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit. De doelstelling voor het behalen van de KRW-doelen ligt bijvoorbeeld op 2027. Deze doelstellingen zijn belangrijk voor de drinkwaterbedrijven, omdat de benodigde zuivering mede afhankelijk is van het behalen van de doelen. Daarnaast speelt de watertransitie en de overgang naar een beleid meer gericht op 'Bodem en water sturend'. De afgelopen droge jaren hebben duidelijk gemaakt dat ook in Nederland watertekorten kunnen optreden met gevolgen voor alle sectoren. Er wordt veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de effecten van droogte te verminderen, bijvoorbeeld een focus op water langer vasthouden in plaats van snel afvoeren. Al deze maatregelen hebben ook effect op de rivierafvoeren en dus direct op het hier behandelde klimaatrisico.
Internationale aspecten Zie methoderapport paragraaf 4.2.2	De stroomgebieden van de grote rivieren in Nederland omvatten meerdere landen. De rivierafvoeren zijn sterk afhankelijk van wat er bovenstrooms gebeurt. Internationale aspecten zijn dus zeer belangrijk voor dit klimaatrisico. Een verandering in het waterverbruik bovenstrooms heeft direct gevolgen voor de waterbeschikbaarheid en bovenstroomse lozingen bepalen de waterkwaliteit. Ook het waterbeheer in het hele stroomgebied is zeer belangrijk; het wel of niet vasthouden van water heeft effect op het afvoerpatroon van rivieren. Samenwerking met alle betrokken landen in het stroomgebied is dus cruciaal voor het bestrijden van extreme afvoeren en het verzekeren van een goede waterkwaliteit. De Nederlandse overheid en waterbeheerders werken onder andere samen met de bovenstroomse waterbeheerders in de Internationale Commissie ter bescherming van de Rijn (ICBR) en de Internationale Maas Commissie (IMC) (Van Leerdam et al. 2023). In het Maasafvoeroverdrag staan afspraken over de verdeling van het water tussen Vlaanderen en Nederland. De Kaderrichtlijn Water en de Zero Pollution Ambition van de Europese Commissie stellen eisen aan de oppervlaktewaterkwaliteit (Van Leerdam et al. 2023).
Maladaptatie en/of 'lock-ins' <i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i> <i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i>	Overstappen naar geavanceerdere zuiveringsmethoden zoals membraanfiltratie om om te gaan met verslechterde waterkwaliteit kan leiden tot een grotere watervraag om extra productie verliezen te compenseren. Dit heeft een negatief effect op de waterbeschikbaarheid. Daarnaast ontstaat er bijvoorbeeld bij membraanfiltratie een reststroom waarvan nog niet altijd duidelijk is hoe deze behandeld moet worden. Persistente organische microverontreinigingen dikken namelijk in, de volledige behandeling daarvan is technisch nog niet mogelijk, waardoor lozen de enige optie is. Lozing van de reststromen kan leiden tot een lokale verslechtering van de waterkwaliteit. Daarnaast kan de duurzaamheid (circulariteit, CO₂-impact) afnemen, waardoor andere opgaven juist worden vergroot.

	Overstap naar andere bronnen, bijvoorbeeld grondwater, kan leiden tot problemen met de waterbeschikbaarheid voor andere functies. De druk op het grondwater neemt al toe door de toenemende watervraag, waardoor een grondwaterwinning meestal niet mogelijk/gewenst is. Alle investeringen die gedaan worden door drinkwaterbedrijven zijn voor de lange termijn en dus in bepaalde mate een lock-in. Het overstappen naar een andere bron, bijvoorbeeld, leidt tot grote investeringen en dit zal niet makkelijk ongedaan gemaakt kunnen worden zonder grote kosten.
Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid Zie methoderapport paragraaf 4.4.1	De verwachte toename van de drinkwatervraag tot 2030 en de al zichtbare knelpunten om te voldoen aan deze watervraag (Van Leerdam et al. 2023) bieden mogelijkheden voor adaptatiebeleid. Om te voldoen aan de toenemende vraag zijn de drinkwaterbedrijven onder andere al op zoek naar andere bronnen. Brondiversificatie zorgt ervoor dat de drinkwatervoorziening minder kwetsbaar wordt voor het hier beschreven klimaatrisico. Een andere meekoppelkans zijn maatregelen voor natuurherstel. Een verbetering van de ecologie maakt het watersysteem minder kwetsbaar. Zo werkt PWN bijvoorbeeld aan een natuurlijke klimaatbuffer in het IJsselmeer (https://www.pwn.nl/klimaatbuffer-ijsselmeer).
Rechtvaardigheid	Voor de natuur in de duinen is er sprake van een grotere gevoeligheid. Vanwege de leveringsplicht zullen drinkwaterbedrijven water op blijven pompen als de aanvoer stopt. Dit leidt tot schade aan de natuur in de duinen. De maatregelen die nodig zijn voor het zekerstellen van de drinkwatervoorziening, zoals aanvullende zuivering of alternatieve bronnen, leiden tot hogere kosten. De drinkwaterprijs zal hierdoor omhoog gaan. Dit is onrechtvaardig omdat burgers extra kosten voor drinkwater moeten maken als gevolg van een vervuiling door een andere partij; het KRW-beginsel "de vervuiler betaald" is niet in de praktijk gebracht.

Kwaliteitsborging	
Transparantie, aggregatie en afbakening	Er is eerst een literatuuronderzoek gedaan. Op basis van het literatuuronderzoek is deze factsheet zover mogelijk ingevuld. Daarna heeft een consultatie plaatsgevonden met experts binnen KWR. Het concept factsheet is na de consultatie gedeeld met experts van drinkwaterbedrijven. Het factsheet is aangepast naar aanleiding van de schriftelijke en mondelinge terugkoppeling van deze experts. Daarna is voor het definitief maken van de factsheet de reguliere kwaliteitsborgingsprocedure binnen KWR doorlopen.
Kennishiaten	Er zijn verschillende kennishiaten van belang voor dit risico, onder andere: - Kennis over lage afvoeren in de toekomst, mede in verband met mogelijke maatregelen in waterbeheer bovenstrooms - Onbekende stoffen - Onomkeerbare versus omkeerbare schade natuur - Snelheid zeespiegelstijging - Omvang watertekorten in Nederland (zie bijv. de mogelijke watervraag voor nathouden veenweidegebieden) - Keuzes voor waterveiligheid die doorwerken op het Nederlandse watersysteem (nieuwe grote waterkeringen bijv.) - Normering van stoffen: trend naar steeds strenger (bijvoorbeeld PFAS) - Bruikbaarheid van reserves in het duin bij verzilting door zeespiegelstijging, versterking m.b.t. waterveiligheid, PFAS-houdende sea-spray - Hoe gedragen/verplaatsen verontreinigingen in de rivier zich bij verschillende afvoeren?
Expertbeoordeling	Feedback van experts op een conceptversie van deze factsheet is verwerkt. De geraadpleegde experts zijn: - Arnaut van Loon (KWR) - Klaasjan Raat (KWR) - Gijsbert Cirkel (KWR) - Sija Stofberg (KWR) - Koen Zuurbier (PWN) - Gertjan Zwolsman (Dunea) - Jeroen Daniëls (Evides) De kwaliteitsborging is gedaan door Ruud Bartholomeus (KWR).

Referentielijst

- Bannink, A., M. van der Ploeg, B. van Schothorst en E. Schauff (2019). Jaarrapport 2018 De Maas. RIWA-Maas, Vereniging van Rivierwaterbedrijven.
- Boelens, R., M. Spijker, S. van der Heijden en M. van Reen (2023). Systeemanalyses zoetwater regio IJsselmeer - Markermeer. Kennisprogramma Zeespiegelstijging spoor II, Arcadis/Hydrologic.
- Bonte, M., V. Post, K. Zuurbier en E. de Vos (2023). "Het IJsselmeer: een voorspelbare bron voor drinkwaterproductie?" Stromingen **29**(2).
- Clevers, S., E. Dorland, J. van Vossen, A. Verschoor en E. Emke (2019). Buffercapaciteit drinkwatervoorziening Nederland. Nieuwegein, KWR. **BTO 2019.024**
- Daniels, E., J. Beersma en G. Van der Schrier (2021). "Wordt het droger in Nederland?" Water matters (juni): **8 - 11**.
- Friocourt, F., K. Kuijper, N. Leung, M. Tiessen en M. Mens. (2020). "Zoutindringing." 2023, from <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/zoutindringing>.
- Geudens, P. J. J. G. en O. A. A. Kramer (2023). Drinkwaterstatistieken 2022. Den Haag, Vewin.
- KNMI (2021). KNMI Klimaatsignaal'21: hoe het klimaat in Nederland snel verandert. De Bilt, KNMI: 72.
- KNMI (2023). KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland. De Bilt, KNMI. **KNMI-Publicatie 23-03**.
- Mens, M., J. Hunink, J. Delsman, J. Pouwels en F. Schasfoort (2020). Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2019). Nederland beter weerbaar tegen droogte Eindrapportage Beleidstafel Droogte.
- Neefjes, R. E. M., J. A. de Jonge, I. Y. van Mourik en G. J. Stroomberg (2023). Jaarrapport 2022 De Rijn, RIWA-Rijn, Vereniging van Rivierwaterbedrijven.
- Philip, S. Y., S. F. Kew, K. van der Wiel, N. Wanders en G. Jan van Oldenborgh (2020). "Regional differentiation in climate change induced drought trends in the Netherlands." Environmental Research Letters **15**(9): 094081.
- Pronk, T. (2021). Actualisatie regressiemodel voor chlorideconcentraties bij Lobith en Eijsden. Nieuwegein, KWR.
- Rijkswaterstaat. (2023). "IJsselmeer: zoetwatervoorraad op peil." 2023, from <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/ijsselmeer-zoetwatervoorraad-op-peil/doelen-en-resultaten>.
- RIVM (2017). Zorgplicht Drinkwater Wat betekent dit voor u? Bilthoven.
- Siegmund, P. (2022). "Nederlandse zomertemperaturen: het noorden is het nieuwe zuiden." KNMI klimaatbericht from <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/nederlandse-zomertemperaturen-het-noorden-is-het-nieuwe-zuiden>.
- Sluijter, R., M. Plieger, G. J. Van Oldenborgh, J. Beersma en H. De Vries (2018). De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort. De Bilt, KNMI.
- Sprokkereef, E. (2019). CHR Annual Report 2018. Utrecht, International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin
- Stahl, K., M. Weiler, M. van Tiel, I. Kohn, A. Haensler, D. Freudiger, J. Seibert, K. Gerlinger en G. Moretti (2022). Impact of climate change on the rain, snow and glacier melt components of streamflow of the river Rhine and its tributaries. Lelystad, International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin.
- Stofberg, S. F., J. van Engelenburg en E. Broers (2023). Klimaat effecten op drinkwaterwinningen. Nieuwegein, KWR. **BTO 2023.065**

- Stroomberg, G. J., R. E. M. Neefjes, A. Bannink, J. A. de Jonge en C. C. Zwamborn (2019). Jaarrapport 2018 De Rijn. V. v. R. RIWA-Rijn.
- van Brenk, S. H. (2021). Return period of low water periods in the river Rhine, University of Twente.
- van den Brink, M., Y. Huismans, M. Blaas en G. Zwolsman (2019). "Climate Change Induced Salinization of Drinking Water Inlets along a Tidal Branch of the Rhine River: Impact Assessment and an Adaptive Strategy for Water Resources Management." Climate **7**(4): 49.
- Van Huijgevoort, M. H. J. (2021). BTO Trendalert: Rijn als regenrivier, KWR.
- Van Leerdam, R. C., J. H. Rook, L. Riemer en N. G. F. M. Van der Aa (2023). Waterbeschikbaarheid voor de bereiding van drinkwater tot 2030 – knelpunten en oplossingsrichtingen. Bilthoven, RIVM.
- van Vliet, M. T. H. en J. J. G. Zwolsman (2008). "Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river." Journal of Hydrology **353**(1): 1-17.
- Van Zaanen, I., R. Ottink en M. Sibma (2022). Droogteseizoen 2022, INFRAM. **22i380**.
- Vewin (2022a). Handboek Omgevingswet voor een duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening. Sterk Consulting BV en FLO Legal BV. Leiden.
- Vewin (2022b). Zekerstellen van de drinkwatervoorziening op korte en lange termijn. Een hand-out. Den Haag Vewin.
- Wolff, E. en M. T. H. Van Vliet (2021). "Impact of the 2018 drought on pharmaceutical concentrations and general water quality of the Rhine and Meuse rivers." Science of The Total Environment **778**: 146182.
- Zwolsman, G. en M. Van Vliet (2007). "Effect van een hittegolf op de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas." H2O **40**(22): 41.
- Zwolsman, J. J. G. (2008). Klimaatbestendigheid van de Nederlandse drinkwatervoorziening gebaseerd op oppervlaktewater. Nieuwegein, KWR. **2008.070**
- Zwolsman, J. J. G. en A. J. van Bokhoven (2007). "Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change?" Water Science and Technology **56**(4): 45-55.

Jaar van publicatie
2023

Meer informatie

Marjolein van Huijgevoort
T +31 30 606 9646
E marjolein.van.huijgevoort@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 2023.123 | 15 december 2023 ©KWR

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

Keywords

drinkwatervoorziening, oppervlaktewater,
klimaatverandering