



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# Scenariostudie **klimaatrisico's** voor de **drinkwatervoorziening** in 2050 en 2100

Ontwikkeling van drinkwatervraag en drinkwatertemperatuur  
en risico's voor drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater



## **Scenariostudie klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening in 2050 en 2100**

Ontwikkeling van drinkwatervraag en drinkwatertemperatuur en  
risico's voor drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater

RIVM-rapport 2026-0006

## Colofon

© RIVM 2026

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2026-0006

K.S. As (auteur), RIVM  
N.G.F.M. van der Aa (auteur), RIVM  
R.C. van Leerdam (auteur), RIVM

Contact:

K.S. As  
Centrum Milieu en Veiligheid Duurzaamheid Drinkwater Bodem  
karel.as@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in het kader van de tweede fase van het Nationale Klimaatrisicoanalyse project.

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 85104 | 3508 AC Utrecht  
Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Scenariostudie klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening in 2050 en 2100**

Ontwikkeling van drinkwatervraag en drinkwatertemperatuur en risico's voor drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater

In Nederland wordt drinkwater gemaakt van grondwater en water uit rivieren. Door warmere en drogere zomers is er in de toekomst minder water om drinkwater van te maken. Tegelijkertijd is meer drinkwater nodig omdat de bevolking groeit. Ook wordt drinkwater in de leidingen warmer, waardoor ziekmakende bacteriën sneller kunnen gaan groeien. Het RIVM onderzocht wat de gevolgen van klimaatverandering kunnen betekenen voor de drinkwatervoorziening in 2050 en 2100, en geeft mogelijke oplossingen om ook dan genoeg drinkwater te houden.

Belangrijkste conclusies zijn dat de drinkwatervraag sterk kan toenemen bij hoge bevolkingsgroei. Er moeten dan nieuwe bronnen gevonden worden waardoor ook de druk op het grondwater en oppervlaktewater toeneemt. Drinkwaterproductie kan hierdoor duurder worden en vaker natuurschade veroorzaken. Bovendien kan door klimaatverandering minder water in bronnen zitten. Het is daarom belangrijk te voorkomen dat het klimaat nog verder verandert, en om Nederland waar nodig aan te passen aan de effecten die er nu al zijn.

Er zijn verschillende toekomstscenario's onderzocht. Bij een kleine bevolkingsgroei en weinig klimaatverandering kan nog aan de drinkwatervraag worden voldaan, maar is er weinig reservecapaciteit. In het zwaardere scenario is er niet genoeg capaciteit om aan de vraag te voldoen, laat staan dat er genoeg reservecapaciteit is. Als de levering van drinkwater onzeker wordt, kan dit grote gevolgen hebben voor de ontwikkeling van nieuwbouw en bedrijvigheid. Dat brengt grote maatschappelijke kosten met zich mee.

Het RIVM heeft ook het effect van beleidsmaatregelen onderzocht. Door minder water te gebruiken, is er minder grondwater en rivierwater voor de drinkwaterproductie nodig. Bijvoorbeeld door minder vaak en korter te douchen en de kleine knop van het toilet te gebruiken. Naast dit soort gedragsveranderingen kan met technische apparaten, zoals toiletten die regenwater gebruiken voor het doorspoelen, de vraag naar drinkwater verder worden verkleind. Zulke technische oplossingen zijn wel duurder dan gedragsverandering.

In het grootste deel van Nederland wordt drinkwater van grondwater gemaakt. Bij droogte is meer grondwater nodig, maar dat vraagt om keuzes omdat de grondwaterstand dan daalt. Dat kan schadelijk zijn voor natuur en landbouw. Daar zijn oplossingen voor, zoals meer grondwater in de bodem 'vasthouden'.

In West-Nederland wordt vooral rivierwater gebruikt om drinkwater van te maken. Bij grote droogte wordt de vervuiling in rivieren minder

verdund. Als rivierwater te vies is, mag het tijdelijk niet worden gebruikt voor de drinkwaterwinning. Totdat dat wel weer mag, wordt meer water gebruikt dat in duinen en bekkens ligt opgeslagen. Als het lang droog blijft, kan de natuur in de duinen hierdoor beschadigd raken. Door rivieren in Nederland schoner te houden, hoeft minder vaak gebruik gemaakt te worden van opgeslagen water.

Kernwoorden: klimaatverandering, toekomstscenario's, drinkwatervraag, grondwaterstanden, drinkwatertemperatuur, rivierafvoeren, waterkwaliteit, kosten

## Synopsis

### **Scenario study of climate risks for the drinking water supply in 2050 and 2100**

Development of drinking water demand and drinking water temperature and risks for drinking water from groundwater and surface water

In the Netherlands, drinking water is sourced from river water and groundwater. Due to warmer and drier summers, there will be less water available for the drinking water supply in the future. At the same time, more drinking water will be needed because the population is growing. Moreover, the temperature of the drinking water in the water pipes will increase, which might lead to faster growth of pathogenic bacteria. RIVM has created a forecast for drinking water for the years 2050 and 2100, and devised potential solutions to ensure a sufficient supply.

RIVM concludes that drinking water demand could increase strongly in case of high population growth. In that case, additional drinking water sources are needed, which would increase pressure on both groundwater and surface water. As a result, drinking water production may become more expensive and more often associated with negative impacts on surrounding nature areas. Moreover, due to climate change, the availability of water sources could decrease at the same time. It is therefore important to prevent further climate change and to adapt the Netherlands where necessary to the effects that are already present.

RIVM has elaborated a number of different future scenarios for population growth, climate change and policy measures. In a light scenario with low population growth and little climate change, it appears that demand can still be met, but with little reserve capacity. This means that in unforeseen circumstances, there may be insufficient drinking water available. In the heavier scenario, the capacity is not sufficient to meet demand, let alone provide adequate reserve capacity. If the supply of drinking water becomes uncertain, this can have major consequences for the development of new housing and business activity. This entails significant social costs.

The RIVM has also studied the effect of policy measures. By using less water, less groundwater and river water are needed for drinking water production. For example, by showering less frequently and for shorter periods, and by using the small flush button on the toilet. In addition to these types of behavioural changes, the demand for drinking water can be further reduced with technical devices, such as toilets that use rainwater for flushing. However, such technical solutions are more expensive than behavioural changes.

In most of the Netherlands, drinking water is sourced from groundwater. During dry spells, the demand for groundwater increases – but this requires choices to be made. After all, lower groundwater levels can be

harmful to nature and agriculture. Solutions include 'retaining' more groundwater in the soil.

In the west of the Netherlands, drinking water is mainly sourced from river water. In times of great drought, pollutants in rivers are diluted less. River water that is too greatly polluted may temporarily not be used as a source of drinking water. Until the river water is safe again, there will be an increased demand for water captured in dunes and basins. This is expensive and may harm nature in the dunes. The burden on dunes and basins can be reduced by keeping rivers in the Netherlands cleaner.

Keywords: climate change, future scenarios, demand for drinking water, groundwater levels, drinking water temperature, river discharges, water quality, costs

## Inhoudsopgave

### Samenvatting — 11

#### **1 Inleiding — 19**

- 1.1 Aanleiding en doel — 19
- 1.2 Achtergrond toekomstscenario's — 20
  - 1.2.1 Context van het onderzoek — 20
  - 1.2.2 Opzet scenario onderzoek — 21
  - 1.2.3 Afbakening toekomstscenario's drinkwatervoorziening — 23
  - 1.2.4 Insteek toekomstscenario's — 24
- 1.3 Leeswijzer — 24

#### **2 Methode — 25**

- 2.1 Algemene aanpak — 25
- 2.2 Verkenning en selectie klimaatrisico's — 25
  - 2.2.1 Literatuurstudie en DPSIR-methodiek — 25
  - 2.2.2 Risicoselectie door drinkwaterprofessionals — 26
- 2.3 Uitwerking drinkwaterbehoefte: landelijk en regionaal — 26
  - 2.3.1 Rekenmethodiek berekening benodigde drinkwatercapaciteit — 27
  - 2.3.2 Landelijke netto drinkwaterbehoefte — 28
  - 2.3.3 Schatting regionale huishoudelijke drinkwatervraag — 30
- 2.4 Uitwerking van de kernklimaatrisico's — 30
  - 2.4.1 Grondwater — 30
  - 2.4.2 Oppervlaktewater — 31
  - 2.4.3 Drinkwatertemperatuur — 31
- 2.5 Expertbeoordeling grootte van toekomstige klimaatrisico's — 32
  - 2.5.1 Selectie van de experts — 32
  - 2.5.2 Algemene opzet expertsessies — 32
  - 2.5.3 Verwerking input experts — 33

#### **3 Inventarisatie en selectie klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening — 35**

- 3.1 Verkenning klimaatrisico's — 35
  - 3.1.1 Klimaatrisico's grondwater — 35
  - 3.1.2 Oppervlaktewater — 35
  - 3.1.3 Distributienet en winvelden — 36
- 3.2 Risicoselectie drinkwaterprofessionals — 38
  - 3.2.1 Algemene gegevens respondenten — 38
  - 3.2.2 Prioritering klimaatrisico's en dreigingen — 38
  - 3.2.3 Selectie kernrisico's — 39

#### **4 Beschrijving toekomstscenario's — 43**

- 4.1 Contextscenario's — 43
  - 4.1.1 Beperkt risicoverhogend (BRV-scenario) — 43
  - 4.1.2 Sterk risicoverhogend (SRV-scenario) — 44
- 4.2 Huidig beleid — 45
  - 4.2.1 Drinkwatervraag — 45
  - 4.2.2 Drinkwaterbronnen — 47
  - 4.2.3 Watersysteem: oppervlaktewater en grondwater — 48
- 4.3 Aanvullende adaptatiescenario's — 49
  - 4.3.1 Intensiveren (I-scenario's) — 49

|          |                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 4.3.2    | Transformeren (T-scenario's) — 51                                                |
| 4.4      | Samenvatting scenario's — 53                                                     |
| <b>5</b> | <b>Drinkwatervraag en brongebruik — 55</b>                                       |
| 5.1      | Landelijk beeld drinkwatervraag — 55                                             |
| 5.2      | Geschatte regionale huishoudelijke drinkwaterbehoefte — 57                       |
| 5.3      | Huidige knelpunten drinkwaterproductie — 60                                      |
| 5.4      | Schatting toekomstig brongebruik — 62                                            |
| 5.5      | Conclusies — 64                                                                  |
| <b>6</b> | <b>Drinkwater uit grondwater — 65</b>                                            |
| 6.1      | Belangrijke oorzaken van lage grondwaterstanden — 65                             |
| 6.1.1    | Effect klimaatverandering op grondwateraanvulling — 65                           |
| 6.1.2    | Berekening met grondwater door de landbouw — 66                                  |
| 6.1.3    | Drinkwatervraag van consumenten — 67                                             |
| 6.2      | Functies in grondwaterbeschermingsgebieden — 68                                  |
| 6.2.1    | Natuur — 68                                                                      |
| 6.2.2    | Landbouw — 70                                                                    |
| 6.2.3    | Bodemdalingsgevoelige gebieden — 71                                              |
| 6.3      | Expertbeoordeling scenario's grondwater — 72                                     |
| 6.3.1    | Huidig beleid — 73                                                               |
| 6.3.2    | Effecten aanvullend beleid — 76                                                  |
| 6.4      | Conclusies — 79                                                                  |
| <b>7</b> | <b>Drinkwater uit oppervlaktewater — 81</b>                                      |
| 7.1      | Drinkwater uit oppervlaktewater in Nederland — 81                                |
| 7.2      | Huidige knelpunten en reserves — 83                                              |
| 7.2.1    | Oorzaken van innamestops — 83                                                    |
| 7.2.2    | Historisch voorkomen van innamestops — 84                                        |
| 7.2.3    | Reserves en overbruggingstijd — 87                                               |
| 7.3      | Expertbeoordeling scenario's oppervlaktewater — 88                               |
| 7.3.1    | Toekomstige rivierafvoeren en rivierkwaliteit — 88                               |
| 7.3.2    | Contextscenario's met huidig beleid — 89                                         |
| 7.3.3    | Intensiveren — 93                                                                |
| 7.3.4    | Transformeren — 94                                                               |
| 7.4      | Conclusies — 95                                                                  |
| <b>8</b> | <b>Drinkwatertemperatuur — 97</b>                                                |
| 8.1      | Factoren die de opwarming van het leidingnet beïnvloeden — 97                    |
| 8.1.1    | Bodemtemperatuur — 97                                                            |
| 8.1.2    | Eigenschappen van het distributienet — 97                                        |
| 8.1.3    | Invloed van de drinkwaterbron — 98                                               |
| 8.2      | Drinkwatertemperatuur, blootstelling bevolking en microbiologische risico's — 98 |
| 8.2.1    | Temperaturen in de leveringsgebieden van 2015 tot 2023 — 98                      |
| 8.2.2    | Blootstelling bevolking aan te hoge temperaturen — 100                           |
| 8.2.3    | Verkenning microbiologische effecten — 102                                       |
| 8.3      | Expertbeoordeling drinkwatertemperatuur — 103                                    |
| 8.3.1    | Contextscenario's met huidig beleid — 103                                        |
| 8.3.2    | Effecten aanvullend beleid — 107                                                 |
| 8.4      | Conclusies — 108                                                                 |

|          |                                                                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>9</b> | <b>Uitdagingen en keuzes voor de Nederlandse drinkwatervoorziening — 111</b>                                     |
| 9.1      | Drinkwater uit grondwater — 111                                                                                  |
| 9.1.1    | Toenemende spanning tussen grondwateronttrekking voor drinkwater, landbouw, natuur en de bebouwde omgeving — 111 |
| 9.1.2    | Keuzerichtingen voor grondwater — 113                                                                            |
| 9.2      | Drinkwater uit oppervlaktewater — 114                                                                            |
| 9.2.1    | Vergrote druk op oppervlaktewaterwinningen — 114                                                                 |
| 9.2.2    | Keuzerichtingen voor oppervlaktewater — 115                                                                      |
| 9.3      | Beperkingen van deze studie — 116                                                                                |
| 9.4      | Conclusies — 117                                                                                                 |
|          | <b>Dankwoord — 119</b>                                                                                           |
|          | <b>Literatuur — 121</b>                                                                                          |
|          | <b>Bijlage 1 Enquêtevragen — 133</b>                                                                             |
|          | <b>Bijlage 2 Enquête antwoorden — 137</b>                                                                        |
|          | <b>Bijlage 3 Overzicht leveringsgebieden — 141</b>                                                               |
|          | <b>Bijlage 4 Overzicht beschermingszones — 142</b>                                                               |
|          | <b>Bijlage 5 Deelnemers expertsessie — 143</b>                                                                   |
|          | <b>Bijlage 6 Huidig beleid drinkwatervoorziening — 144</b>                                                       |
|          | <b>Bijlage 7 Maatregelen aanvullend adaptatiescenario intensiveren — 146</b>                                     |
|          | <b>Bijlage 8 Maatregelen aanvullend adaptatiescenario transformeren — 148</b>                                    |
|          | <b>Bijlage 9 Overzicht inwoners en huishoudelijke vraag — 150</b>                                                |
|          | <b>Bijlage 10 Overzicht bevolkingsgroei per leveringsgebied tussen 2021 en 2050/2100 — 151</b>                   |
|          | <b>Bijlage 11 Overzicht ASV-gebieden in Nederland — 152</b>                                                      |
|          | <b>Bijlage 12 Voorbeeld analyse natuur in grondwaterbeschermingsgebied <i>Roodborn</i> — 153</b>                 |
|          | <b>Bijlage 13 Overzicht aanwezigheid natuur in de gwbg'en per leveringsgebied — 154</b>                          |
|          | <b>Bijlage 14 Overzicht aanwezigheid landbouw in de gwbg'en per leveringsgebied — 155</b>                        |
|          | <b>Bijlage 15 Overzicht bodemdaling in de gwbg'en per leveringsgebied — 156</b>                                  |



## Samenvatting

### Aanleiding en doel

Het klimaat in Nederland is de afgelopen eeuw veranderd. In de toekomst is het nog vaker warm en te droog of juist te nat. De beschikbaarheid van water neemt hierdoor in het algemeen af. Dat zal ook gevolgen hebben voor de Nederlandse drinkwatervoorziening. Om Nederland aan te passen aan een veranderend klimaat, ontwikkelt het Rijk samen met andere overheden, kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven de *Nationale adaptatiestrategie* (NAS). Doel van de NAS is dat Nederland in 2050 is aangepast aan het veranderde klimaat.

In 2026 wordt de NAS geactualiseerd. Hiervoor is het belangrijk de omvang van toekomstige risico's en de effectiviteit van huidig en mogelijk aanvullend beleid te kennen. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) leidt daartoe een consortium van kennisinstituten dat de klimaatrisico's in 2050 en 2100 voor een breed scala aan sectoren (o.a. waterveiligheid, landbouw en natuur) in kaart brengt. Hierbij is gebruik gemaakt van scenariostudies. In voorliggend RIVM-onderzoek zijn de risico's voor de Nederlandse drinkwatervoorziening onderzocht. Door middel van literatuuronderzoek, kwantitatieve analyse en expertsessies zijn verschillende risico's bij verschillende toekomstscenario's verkend.

### Toekomstscenario's

De hoofdlijnen van de toekomstscenario's voor 2050 en 2100 zijn geformuleerd door het PBL. Sectorale maatregelen zijn aangedragen door de relevante kennisinstituten. Het RIVM heeft dit gedaan voor de drinkwatervoorziening. De scenario's hebben de zogenaamde *contextscenario's* (zie overzicht in Tabel S1) als basis. Contextscenario's zijn ontwikkelingen die als *gegeven* worden beschouwd, en niet beïnvloedbaar zijn door beleid op gebieden als bevolkingsontwikkeling, economie en klimaat. In het *beperkt risicoverhogende contextscenario* (BRV) zijn klimaatverandering en sociaaleconomische groei beperkt en in het *sterk risicoverhogende scenario* (SRV) zijn deze groot. Hier bovenop zijn beleidsscenario's geformuleerd. Dit betreft een referentiesituatie met huidig beleid (Ref) en twee onderscheidende adaptatiescenario's met aanvullend beleid. Deze adaptatiescenario's heten *Intensiveren (I)* en *Transformeren (T)* (beschrijving in Tabel S1). Risico's voor de drinkwatervoorziening zijn dus voor zes combinaties van scenario's uitgewerkt.

Tabel S1 Overzicht van toekomstscenario's. In totaal zijn er drie beleidsszenario's met twee uiterste varianten (de contextscenario's) om de bandbreedte te bepalen.

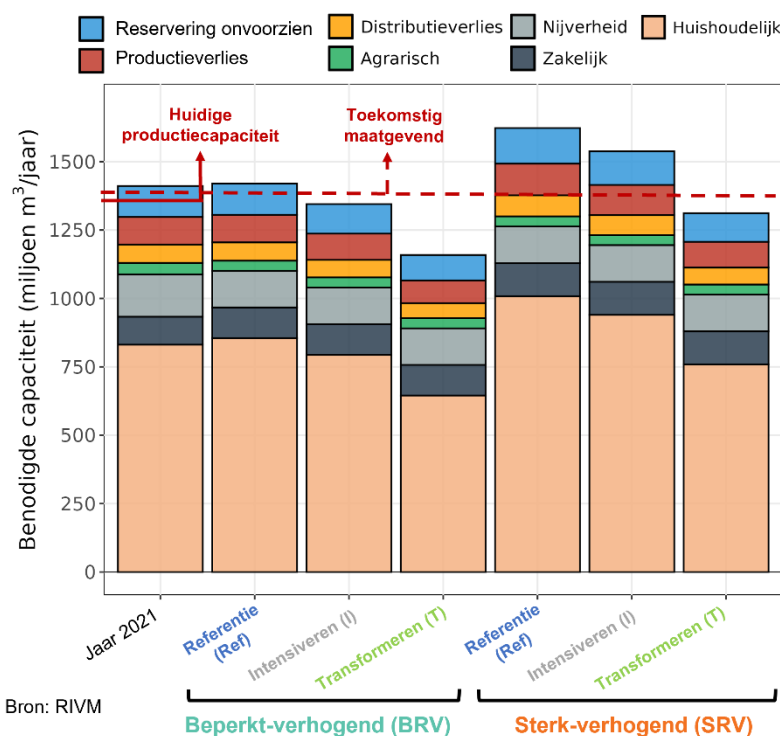
| Contextscenario's    |                                                                            | Referentie                                                                                | Adaptatiescenario's                                                                                |                                                                                                      |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |                                                                            | Huidig beleid (Ref)                                                                       | Intensiveren (I)                                                                                   | Transformeren (T)                                                                                    |
| <b>Beperkt (BRV)</b> | Populatie: 18,6 miljoen<br>Lichte klimaatverandering en economische groei. | Voortzetting huidig beleid. Gefinancierd en geïnstrumentaliseerd nieuw beleid meegenomen. | Inzet op technische, sectorale maatregelen. Activiteiten op zelfde plek. Stapsgewijze aanpassingen | Inzet op integrale oplossingen. Activiteiten samenleving en economie aangepast aan bodemwatersysteem |
| <b>Sterk (SRV)</b>   | Populatie: 20,6 miljoen<br>Sterke klimaatverandering en economische groei. |                                                                                           |                                                                                                    |                                                                                                      |

### Toekomstige drinkwatervraag

De toekomstige drinkwatervraag bepaalt hoeveel nieuwe drinkwaterbronnen er in 2050 nodig zullen zijn. De netto drinkwatervraag is afhankelijk van de verandering in zakelijke (9% van totaal in 2021, zie Figuur S1), nijverheids- (14%), agrarische (4%) en huishoudelijke vraag (73%). De noodzakelijke productiecapaciteit wordt berekend door hierboven ook distributieverlies (6,3% van de totale drinkwatervraag), productieverlies, aflevering van andere kwaliteit water (9,8%) en onvoorziene omstandigheden (10%) te rekenen.

De huishoudelijke vraag is dominant in de drinkwatervraag, en wordt bepaald door de bevolkingsgrootte (17,6 miljoen in 2021) en het hoofdelijk verbruik (128 liter per persoon per dag (l.p.p.p.d.) in 2021). Op basis van bevolkingsprognoses is hier berekend wat bevolkingsgroei voor de landelijke en regionale drinkwatervraag betekent. In het scenario beperkt risicoverhogend met het huidige beleid (BRV-ref) is er een afname van het hoofdelijk verbruik met 2 l.p.p.p.d.; in het scenario sterk risicoverhogend met het huidige beleid (SRV-ref) is er een toename met 6 l.p.p.p.d. In het *Intensiverende adaptatiescenario* (BRV-I en SRV-I) wordt door stimulerende maatregelen 9 l.p.p.p.d. bespaard. In het *Transformerende adaptatiescenario* (BRV-T en SRV-T) wordt met sturende maatregelen 31 l.p.p.p.d bespaard.

*Figuur S1 Benodigde productiecapaciteit in 2050 bij verschillende context- en aanvullende adaptatiescenario's. In alle scenario's neemt de nijverheidsvraag met 13% af. De rode doorgetrokken lijn geeft de huidige maatgevende productiecapaciteit aan, en de rode stippellijn de toekomstige productiecapaciteit met enkel de huidige plannen.*



In scenario BRV-ref neemt de benodigde capaciteit toe van 1.368 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (Mm<sup>3</sup>/jaar) naar 1.384 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2050 (Figuur S1). Als de huidige bronnen behouden blijven (productiecapaciteit van ~1.355 Mm<sup>3</sup>/jaar) is de operationele reserve negatief (-3%). Bij onvoorziene omstandigheden is er dan mogelijk onvoldoende capaciteit. Door lichte besparing en bronuitbreiding neemt de reserve in 2050 toe naar +4% in scenario BRV-I en naar +24% in BRV-T. In scenario SRV-ref is zo'n 300 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig ten opzichte van 2021. De huidige capaciteit volstaat dan niet. Met de beperkte besparing in SRV-I is er nog altijd 200 Mm<sup>3</sup>/jaar additionele productiecapaciteit nodig. Met de sterke besparing in SRV-T is de operationele reserve wel positief bij behoud van de huidige bronnen. Regionaal zijn mogelijk nog wel aanvullende bronnen nodig, specifiek rond de sterkst groeiende steden.

### Drinkwater uit grondwater

In Nederland wordt zo'n 60% van het drinkwater gemaakt uit grondwater, met name in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland. In het scenario BRV-ref vindt bevolkingsgroei vooral in het westen van het land plaats. Aannemende dat het regionaal brongebruik gelijk blijft, zijn er dan geen nieuwe grondwaterbronnen nodig. In scenario SRV-ref neemt de vraag in grondwaterafhankelijke regio's sterk toe (~80 Mm<sup>3</sup>/jaar). In het scenario met sterke klimaatverandering duren droge perioden

bovendien langer en vindt er minder grondwateraanvulling plaats. Dit onderzoek laat zien dat veel winningen door natuur- en landbouwgebieden worden omringd. Het is aannemelijk dat bij een verhoogde drinkwatervraag meer droogteschade aan natuur en landbouw rondom winningen zal plaatsvinden. Bij de vergunningverlening voor nieuwe winningen wordt ook getoetst aan de invloed op natuur en de bebouwde omgeving. Bij negatieve effecten op beschermde, grondwaterafhankelijke natuur kan het zijn dat de winning niet wordt vergund. Toch zijn in het SRV-ref scenario nieuwe bronnen nodig om aan de drinkwatervraag te voldoen. Grondwaterwinning voor drinkwater en wettelijke natuurdoelen kunnen in de toekomst dan vaker botsen.

Door de drinkwatervraag te verminderen, kan de druk op het grondwatersysteem worden verlaagd. Het *Intensiverende scenario* neemt hiervoor enkele weinig ingrijpende maatregelen. In het scenario BRV-I neemt de totale grondwatervraag wel af. In scenario SRV-I zijn daarentegen zo'n 10 à 15 extra grondwaterwinningen nodig (gemiddelde omvang 4,5 Mm<sup>3</sup>/jaar) om aan de toegenomen grondwatervraag (42 Mm<sup>3</sup>/jaar) te voldoen. Het is te verwachten dat, weliswaar in mindere mate, de droogteschade aan natuur en landbouw ten opzichte van nu toeneemt. In het *Transformerende scenario* ligt de grondwatervraag door de ingrijpende besparende maatregelen drastisch lager: ~-145 Mm<sup>3</sup>/jaar in scenario BRV-T en ~-70 Mm<sup>3</sup>/jaar in scenario SRV-T. Bovendien worden landbouw- en natuurgebieden meer ingericht op het vasthouden van water, bijvoorbeeld door het aanleggen van bufferzones rond natuur en natte teelten. Verlagingseffecten rondom winningen nemen hierdoor af. Deze oplossingen hebben wel grotere consequenties voor ruimtegebruik en de landbouwpraktijk.

### **Drinkwater uit oppervlaktewater**

In Nederland wordt zo'n 40% van het drinkwater gemaakt uit oppervlaktewater, hoofdzakelijk in het westen van het land. Door klimaatverandering kunnen rivierafvoeren afnemen, waardoor concentraties van probleemstoffen als medicijnresten, bestrijdingsmiddelen, meststoffen en industriële stoffen toenemen. Ook de indringing van zout (grond)water vanuit de Waddenzee en Noordzee neemt dan toe. Voldoet de waterkwaliteit niet, dan wordt de inname van water voor drinkwaterbereiding tijdelijk gestaakt. Dit onderzoek toont dat de inname met name in scenario SRV-ref vaker zal moeten worden gestaakt, waardoor vaker moet worden teruggevallen op *back-up*-voorzieningen: reserves in bekkens en duinen en grondwaterwinningen. In het SRV-ref scenario neemt de vraag naar oppervlaktewater toe, waardoor nieuwe bronnen nodig worden en de overbruggingstijd van reserves afneemt. Om robuust te leveren bij een combinatie van sterke klimaatverandering en verhoogde drinkwatervraag, zijn investeringen in bekkens, nieuwe bronnen, infrastructuur en mogelijk de zuivering nodig.

De drinkwaterbesparing bij adaptatiescenario *Intensiveren* helpt de noodzakelijke bronuitbreiding in 2050 te reduceren. De vergroting van de bufferschijf in het IJsselmeer helpt om langer zout te kunnen uitspoelen. De sterke drinkwaterbesparing in het adaptatiescenario *Transformeren* betekent, zelfs bij sterke bevolkingsgroei, dat geen

additionele bronnen nodig zijn. Bovendien wordt verzilting nog sterker teruggedrongen door het afsluiten van de Nieuwe Waterweg in dit scenario. Voor beide adaptatiescenario's geldt echter dat de waterkwaliteit niet noodzakelijkerwijs verbetert. Rivieraafvoeren zijn in 2050 en 2100 immers afgenomen, maar bij ongewijzigd stoffenbeleid blijven de emissies van probleemstoffen hetzelfde. Het aantal innamestops blijft daardoor waarschijnlijk toenemen.

### Drinkwatertemperatuur

Volgens de Drinkwaterregeling (2025, 24 oktober) mag de temperatuur van drinkwater uit de kraan niet hoger zijn dan 25°C. Een belangrijke reden daarvoor is dat te warm water de groei van opportunistische pathogenen in het leidingnet kan stimuleren. In het huidige klimaat wordt de norm van 25°C tijdens zeer warme perioden sporadisch overschreden in de steden. In verstedelijkte gebieden warmt de bodem namelijk sterker op door de ruimer aanwezige bestrating. Analyse van het stedelijke hitte-eilandeffect in Nederland toont dat er in totaal zo'n 1,8 miljoen mensen in sterk verstedelijkt gebied wonen, 8 miljoen mensen in matig verstedelijkt gebied en 8,1 miljoen in niet-verstedelijkte gebieden.

In het BRV-ref scenario neemt de gemiddelde zomertemperatuur weinig toe (+0,9°C ten opzichte van nu). Langdurige overschrijdingen blijven dan beperkt tot sterk verstedelijkte gebieden, maar duren wel iets langer. In het SRV-ref scenario is de gemiddelde luchttemperatuur sterk toegenomen in 2050 (+1,3°C) en 2100 (+4,4°C), wat doorwerkt in de bodemtemperatuur. Te hoge drinkwatertemperaturen kunnen dan in 2100 in sterk verstedelijkte gebieden maanden aanhouden. Ook in matig verstedelijkte gebieden komen dan langdurigere overschrijdingen voor. In landelijke gebieden blijft overschrijding een zeldzaam fenomeen.

Hogere (drink)watertemperaturen kunnen de groei van opportunistische pathogenen in het leidingnet stimuleren. Met name *Legionella pneumophila* is een relevante pathogeen. *Legionella spp.* (alle subgroepen en soorten binnen *Legionella*) wordt echter zelden gedetecteerd in afgeleverd drinkwater. Te herleiden ziektegevallen zijn veelal gerelateerd aan bronnen in de leefomgeving, zoals afvalwaterzuiveringsinstallaties en koeltorens. Hoewel dus meer mensen door klimaatverandering aan te warm drinkwater worden blootgesteld, zijn de gevolgen hiervan voor de groei van pathogenen en de uiteindelijke ziektelast zeer onzeker. Vergroening van de stad is een effectieve manier om opwarming tegen te gaan.

### Conclusies

#### Drinkwatervraag

- Bij het scenario voor de laagste bevolkingsgroei neemt de operationele reserve zonder drinkwaterbesparing in 2050 iets af. Door lichte besparende maatregelen is een positieve operationele reserve mogelijk, bij ingrijpende maatregelen is dit sterk positief.
- Bij het scenario voor de hoogste bevolkingsgroei is er in 2050 ongeveer 300 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig. Door uitbreiding van winningscapaciteit of door ingrijpende besparing kan een positieve operationele reserve worden bereikt.

#### *Drinkwater uit grondwater*

- Grotere verlagingseffecten door verhoogde grondwatervraag betekenen meer droogteschade aan landbouw en natuur rondom winningen.
- Verlaging van de grondwatervraag en het klimaatrobuust inrichten van landbouw- en natuurgebieden leiden tot vermindering van droogteschade.
- Beperkte beschikbaarheid en verminderde kwaliteit van oppervlaktewater bij sterke klimaatverandering beperken de mogelijkheden om verlagingseffecten te compenseren door middel van infiltratie.
- Uitbreiding van bronnen kan in de toekomst meer gaan schuren met wettelijke natuurdoelen.

#### *Drinkwater uit oppervlaktewater*

- Klimaatverandering leidt tot lagere rivierafvoeren, waardoor innamestops vaker voorkomen. Ter overbrugging worden bekkens en duinen ingezet, wat leidt tot kosten en natuurschade.
- Drinkwaterbesparing helpt om de benodigde overbruggingscapaciteit te beperken, waardoor minder investeringen in drinkwaterinfrastructuur nodig zijn.
- Adaptieve beleidsscenario's helpen vooral tegen verzilting en bij het robuuster maken van (duin)natuur. Verslechterde waterkwaliteit blijft toenemen bij sterke klimaatverandering.

#### *Drinkwatertemperatuur*

- Bij sterke klimaatverandering kan in 2100 in verstedelijkte gebieden de temperatuurnorm maanden worden overschreden. Miljoenen mensen worden dan aan te warm drinkwater blootgesteld.
- Te warm drinkwater stimuleert de groei van pathogenen, maar vanwege andere factoren die ook hieraan bijdragen is de bijdrage van de drinkwatertemperatuur aan de daadwerkelijk ziektelast moeilijk vast te stellen.
- Maatregelen als het toepassen van poreuze tegels en het aanleggen van groen in de bebouwde omgeving zijn effectief in tegengaan van opwarming. De mate waarin deze maatregelen kunnen worden toegepast vormt mogelijk wel een beperking.

### **Keuzes voor de Nederlandse drinkwatervoorziening**

Uit het onderzoek volgt dat de uitdaging voor de drinkwatervoorziening in 2050 zeer groot kan zijn bij zowel sterke klimaatverandering als sociaaleconomische groei. Er zouden dan zeer veel nieuwe winningen ontwikkeld moeten worden, terwijl de algemene waterbeschikbaarheid in Nederland is verminderd. Extra winningen betekenen extra investeringen voor de drinkwatersector, maar ook extra druk op het grondwater en oppervlaktewater, wat kan leiden tot meer schade aan natuur en landbouw. Bovendien is vergunning niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld bij grote natuurschade. Het is nog onzeker of geschikte bronnen tijdig kunnen worden ontwikkeld. Regionale beperking aan de drinkwatervoorziening kan gevolgen hebben voor onder meer de woningbouwopgave en nieuwe bedrijvigheid. Bij beperkte

klimaatverandering en sociaaleconomische groei is de opgave navenant kleiner.

Beleid kan een belangrijke bijdrage leveren aan klimaatadaptatie, bijvoorbeeld door in te zetten op drinkwaterbesparing. Besparende maatregelen kunnen de landelijke drinkwaterbehoefte zelfs bij sterke bevolkingsgroei reduceren. Dat vraagt wel extra investeringen van de burger en additioneel beleid. Ook bij lage bevolkingsgroei helpt extra drinkwaterbesparing om bijvoorbeeld verlagingseffecten op natuur en landbouw verminderen. Ook het meer klimaatrobuust inrichten van landbouw, natuur en het Nederlandse watersysteem als geheel kunnen bijdragen aan het waarborgen van voldoende water voor de verschillende functies. Deze keuzes hebben wel grotere consequenties voor het ruimtegebruik en de landbouwpraktijk. Het op termijn halen van de waterkwaliteitsdoelen, zoals geformuleerd in de Kaderrichtlijn water, draagt ook bij aan de duurzame veiligstelling van drinkwaterbronnen.

Afhankelijk van het toekomstscenario verschilt de urgentie voor het nemen van maatregelen. Het is onzeker welk scenario zich zal voordoen. Daarom is het aan te bevelen de drinkwatervoorziening nu al zo in te richten dat deze robuust en toekomstbestendig is.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Het klimaat in Nederland verandert: de afgelopen dertig jaar is het warmer geworden, en vaker te nat of juist te droog (KNMI, 2025). De kans op extremen als piekbuien, verzilting van rivieren en verlaagde grondwaterstanden is daardoor toegenomen. De kans op extremen kan in 2050 verder zijn toegenomen, en zonder klimaatmitigatie zullen extremen in 2100 nog frequenter voorkomen (KNMI, 2023). Daarnaast neemt de algemene waterbeschikbaarheid af (Van der Brugge & De Winter, 2024). Dit heeft gevolgen voor de Nederlandse drinkwatervoorziening, die voldoende grond- en oppervlaktewater van goede kwaliteit nodig heeft. Het droge jaar 2018 toonde al dat de Nederlandse drinkwatervoorziening bij langdurige droogte kwetsbaar is. Zo raakte het IJsselmeer verzilt, moest de inname uit de Drentsche Aa wegens een lage rivierafvoer worden gestaakt, en trad er mede door hogere piekvragen schade op aan landbouw en natuur rondom grondwaterwinningen (Van Vossen et al., 2019; Van Leerdam et al., 2023). Het is een extra uitdaging dat de drinkwatervraag zonder extra maatregelen de komende jaren waarschijnlijk stijgt, waardoor er meer bronnen nodig zullen zijn (Van Leerdam et al., 2023).

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) concludeert dat de Nederlandse samenleving en de leefomgeving zelf op dit moment nog niet op alle fronten zijn aangepast aan en ingericht op de huidige en veranderende klimaatomstandigheden (Van Gaalen et al., 2024). Nederland heeft wel de ambitie om in 2050 klimaatbestendig te zijn, ook op het vlak van de drinkwatervoorziening (Rijksoverheid, 2025). Het Rijk ontwikkelt daarom een cyclisch geactualiseerd strategisch beleidsdocument voor klimaatadaptatie: de Nationale Adaptatiestrategie (NAS). Verschillende vormen van adaptatie kennen echter verschillende uitkomsten waar het gaat om het beschermingsniveau en om de verdeling van risico's en kosten over verschillende sectoren (Reudink et al., 2025). De NAS zal in 2026 weer worden geactualiseerd. Voorliggend onderzoek beoogt inzichtelijk te maken wat verschillende adaptatiestrategieën voor de risico's voor de drinkwatervoorziening kunnen betekenen. De uitkomsten kunnen worden gebruikt om op het gebied van de toekomstige drinkwatervoorziening invulling te geven aan de nieuwe NAS. In algemene zin dragen de resultaten bij aan het inrichten van een toekomstbestendige drinkwatervoorziening.

In dit onderzoek worden risico's voor de Nederlandse drinkwatervoorziening in 2050 en 2100 verkend, evenals de effectiviteit van uiteenlopende adaptatiemaatregelen onder verschillende toekomstscenario's (beleid, klimaat en sociaaleconomisch). Toekomstscenario's kunnen helpen de onzekerheid van toekomstige ontwikkelingen in kaart te brengen, beleidsdiscussies te structureren en uitkomsten van adaptief beleid te verkennen (Dammers et al., 2013). In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen risico's voor drinkwater gemaakt uit oppervlaktewater en grondwater, en risico's voor het

distributienet. Ook zijn er schattingen gemaakt van de drinkwatervraag in 2050. In deze studie worden de volgende vragen beantwoord:

1. Wat is de bandbreedte van de drinkwatervraag bij verschillende sociaaleconomische scenario's?
2. Wat zijn de kernrisico's voor drinkwater uit 1) grondwater, 2) oppervlaktewater en 3) voor het distributienet bij verschillende toekomstscenario's voor klimaat en sociaaleconomische toestand?

De kernrisico's werden bepaald door middel van een literatuurstudie, waarna een enquête is uitgezet onder waterprofessionals om de risico's te prioriteren. Voor elk kernrisico zijn vervolgens de volgende vragen beantwoord bij scenario's variërend tussen sterke en beperkte klimaatverandering en sociaaleconomische groei:

3. Hoe groot is het risico bij voortzetting van huidig beleid?
4. In hoeverre kunnen risico's door aanvullend adaptatiebeleid worden gemitigeerd?

Bij de beantwoording van de vragen is gebruik gemaakt van verschillende methoden, waaronder literatuurstudie, kwantitatieve analyses en expertbeoordeling. Expertbeoordeling heeft een belangrijke rol gespeeld bij de beoordeling van de grootte van toekomstige risico's. Voor de meeste kernrisico's is er namelijk sprake van onvoldoende kwantitatieve data. Expertbeoordeling kan dan een manier zijn om de grootte van risico's toch in kaart te brengen (Witmer et al., 2023).

## **1.2 Achtergrond toekomstscenario's**

### **1.2.1 Context van het onderzoek**

Voorliggend onderzoek is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma *Nationale klimaatrisicoanalyse*. Dit programma bestaat uit een consortium van onderzoeksinstituten (naast RIVM onder meer Wageningen University & Research (WUR), Deltares en TNO), geleid door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Voorliggend onderzoek is onderdeel van de tweede fase van het programma, waarbij voor een breed scala aan sectoren (waterveiligheid, -kwantiteit en -kwaliteit, land- en tuinbouw, bebouwde omgeving, mobiliteit, energie, ICT, industrie, gezondheid, cultureel erfgoed, veiligheid en drinkwater) naar de toekomstige klimaatrisico's wordt gekeken. Het is het vervolg op het in 2024 gepubliceerde onderzoek naar de huidige klimaatrisico's (Van Gaalen et al., 2024).

Het PBL heeft zorg gedragen voor de vormgeving van samenhangende toekomstscenario's. De individuele kennisinstituten hebben voor het eigen deelgebied relevante en passende maatregelen aangedragen. Vervolgens zijn dezelfde scenario's door het hele consortium gebruikt. Dit is belangrijk, omdat keuzes in aanpalende sectoren als waterkwantiteit, landbouw en natuur ook invloed hebben op de risico's voor de drinkwatervoorziening. Het PBL heeft een breed rapport over de uitkomsten gepubliceerd (PBL, 2026). Voorliggend rapport fungeert als een op zichzelf staand (achtergrond)rapport over de klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening in 2050 en 2100.

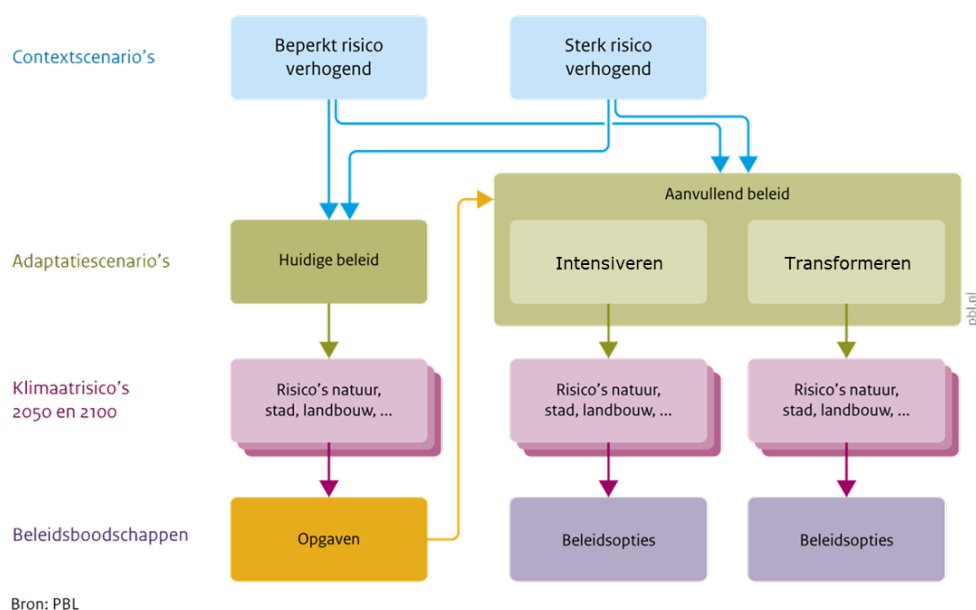
### 1.2.2 Opzet scenario onderzoek

Een scenariostudie bestaat in het algemeen uit vier onderdelen: 1) de 'nulsituatie', 2) contextscenario's, 3) adaptatiescenario's en 4) boodschappen voor het beleid (Dammers et al., 2013). De nulsituatie (onderdeel 1) beschrijft de huidige klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening. Door het opstellen en uitwerken van plausibele en samenhangende scenario's kunnen van daaruit toekomstige risico's in 2050 en 2100 worden verkend. Hierbij zijn de context- (onderdeel 2) en adaptatiescenario's (onderdeel 3) nodig, zie Figuur 1.1 en Tabel 1.1.

Contextscenario's beschrijven ontwikkelingen die als *gegeven* worden beschouwd. Binnen het onderzoek zijn deze daarmee niet beïnvloedbaar, en worden ze ook niet geadresseerd in de adaptatiescenario's. In dit onderzoek zijn hierin sociaaleconomische trends (zoals economie, demografie, etc.) en klimaatontwikkelingen (zoals temperatuur, neerslag, etc.) opgenomen. Er zijn twee contextscenario's ontwikkeld, die gezamenlijk de uiterste bandbreedte inzichtelijk moeten maken. Deze heten *beperkt risicoverhogend* (BRV-scenario) en *sterk risicoverhogend* (SRV-scenario). Bij het BRV-scenario is uitgegaan van het KNMI'23-klimaatscenario  $L_N$  (KNMI, 2023) en het deltascenario Ruim '24 (Van der Brugge & De Winter, 2024). Dit betekent milde klimaatverandering en een beperkte sociaaleconomische groei. Het SRV-scenario is gebaseerd op het KNMI'23-scenario  $H_D$  en het deltascenario Stoom '24. Dit betekent sterke klimaatverandering met een droger wordend klimaat en een sterke sociaaleconomische groei. In hoofdstuk 4 worden deze scenario's in detail beschreven.

*Figuur 1.1 Overzicht context en adaptatiescenario's zoals gehanteerd door alle sectoren in het PBL-project.*

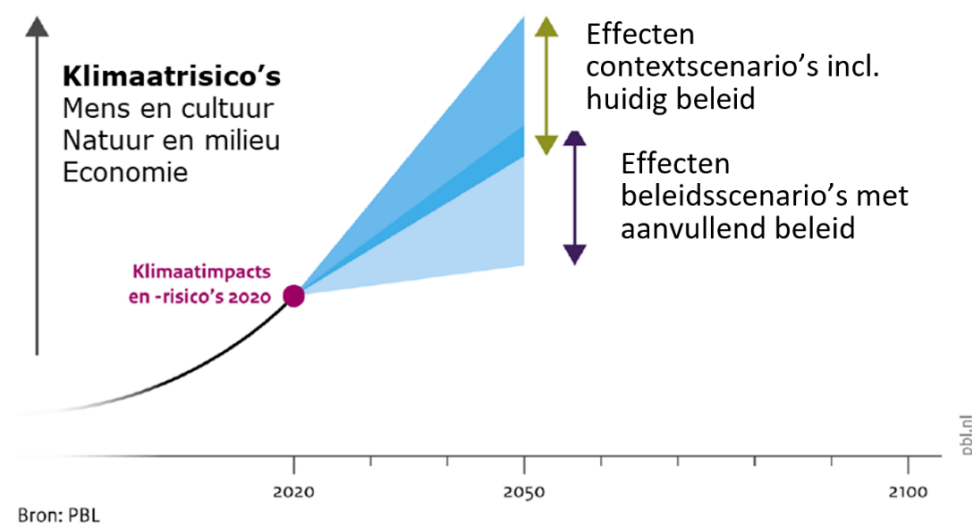
#### Verkenning toekomstige klimaatrisico's



Boven op de contextscenario's wordt vervolgens het effect van huidig beleid gezet, waarmee ze de risico's bij voortzetting van huidig beleid verduidelijken. Huidige beleidsplannen worden meegenomen als ze

vastgesteld, gefinancierd en geïnstrumenteerd zijn. Zo kan de bandbreedte van risico's bij huidige beleid en een uiteenlopende ontwikkeling van klimaat en sociaaleconomische groei (Figuur 1.2) in beeld worden gebracht. Deze resultaten dienen als referentie en heten daarom *BRV-ref* (beperkt contextscenario met huidig beleid, zie Tabel 1.1) en *SRV-ref* (sterk contextscenario met huidig beleid). Ze tonen wat de toestand zal zijn als er geen aanvullend adaptatiebeleid wordt gemaakt, en ze laten zien welke opgaven er overblijven.

Figuur 1.2 Visuele weergave van klimaatrisico's en de bandbreedte van het risico bij verschillende context- en adaptatiescenario's.



Hiernaast zijn er twee verschillende beleidsscenario's ontwikkeld. Dit zijn de adaptatiescenario's. Dammers et al. (2013) geeft aan dat adaptatiescenario's voldoende onderscheidend moeten zijn, om zo verschillende beleidskeuzes te kunnen ondersteunen (onderdeel 4). De twee scenario's zijn als volgt ingestoken: een technische, sectorale insteek, genaamd *Intensiveren*, en adaptatie op basis van voornamelijk integrale, ruimtelijke, *nature-based solutions*, genaamd *Transformeren*. Voor Intensiveren heten de scenario's *BRV-I* en *SRV-I* (beperkt en sterke contextscenario in combinatie met Intensiveren). Voor Transformeren heten de scenario's *BRV-T* en *SRV-T* (beperkt en sterke contextscenario in combinatie met Transformeren).

Beide adaptatiescenario's bevatten zowel technische als ruimtelijke maatregelen. Realistische beleidsscenario's zullen immers gemengde beleidsmaatregelen bevatten. De nadruk tussen beide scenario's verschilt echter sterk. Deze scenario's tonen zo in hoeverre deze beleidsopties het risico ten opzichte van huidig beleid kunnen beperken (Figuur 1.2). Door de beleidsscenario's te combineren met de contextscenario's ontstaan in totaal zes scenariovarianten, die zijn samengevat in Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Overzicht context- en adaptatiescenario's en combinaties hiervan die in dit onderzoek zijn meegenomen. Een gedetailleerde uitwerking wordt gegeven in hoofdstuk 4.

| Scenario                      |                                                    | Omschrijving                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adaptatie                     | Context                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Huidig beleid<br>(par. 4.2)   | Beperkt<br>(par.4.1.1)<br><b>Naam:<br/>BRV-ref</b> | Beperkte klimaatverandering en lagere sociaaleconomische groei. Gebaseerd op KNMI'23-scenario $L_N$ en gedeeltelijk op Deltascenario Ruim '24.                                                                                                                                                    |
|                               | Sterk<br>(par.4.1.2)<br><b>Naam:<br/>SRV-ref</b>   | Sterke klimaatverandering en sterkere sociaaleconomische groei. Gebaseerd op KNMI'23-scenario $H_D$ en gedeeltelijk op Deltascenario Stoom '24.                                                                                                                                                   |
| Intensiveren<br>(par. 4.3.1)  | Beperkt<br>(par.4.1.1)<br><b>Naam:<br/>BRV-I</b>   | Scenario intensiveren betekent een intensievere voortzetting van huidig beleid en is meer reactief van aard. Gericht op het beperken van de <i>gevoeligheid</i> van mensen en objecten voor klimaatverandering. Bijvoorbeeld: hittestress wordt opgelost met airco's.                             |
|                               | Sterk<br>(par.4.1.2)<br><b>Naam:<br/>SRV-I</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Transformeren<br>(par. 4.3.2) | Beperkt<br>(par.4.1.1)<br><b>Naam:<br/>BRV-T</b>   | Scenario transformeren betekent grootschalige en ruimtelijke ingrepen. Draait om het verminderen van de <i>blootstelling</i> van mensen en objecten aan klimaatverandering. Hier speelt locatie een belangrijke rol. Bijvoorbeeld: door vergroening vermindert het stedelijke hitte-eilandeffect. |
|                               | Sterk<br>(par.4.1.2)<br><b>Naam:<br/>SRV-T</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 1.2.3 Afbakening toekomstscenario's drinkwatervoorziening

Het RIVM is door het PBL gevraagd om de betekenis van verschillende toekomstscenario's voor de drinkwatervoorziening in beeld te brengen. Bredere afwegingen met andere sectoren over bijvoorbeeld inrichting van het watersysteem of de leefomgeving komen hierdoor maar beperkt aan bod. Dit geldt ook voor de betekenis van de drinkwatervoorziening voor andere aanpalende sectoren, zoals de economie en de woningbouwopgave.

Bij de toekomstscenario's is zo veel mogelijk uitgegaan van de effecten op het huidige systeem. Immers, veranderingen van het drinkwatersysteem kennen een zekere traagheid. Met name voor het zichtjaar 2050 lijkt het onwaarschijnlijk dat bijvoorbeeld onconventionele bronnen, zoals brak grondwater een dominant aandeel zullen hebben (Van Leerdam et al., 2025). Een belangrijke vraag voor de toekomst is hierbij wel in hoeverre de huidige bronnen bij verschillende niveaus van klimaatverandering duurzaam exploiteerbaar blijven. Beantwoording daarvan vraagt echter om gedetailleerd geohydrologisch onderzoek op winningsniveau, wat binnen de huidige opdracht niet mogelijk was. Daarnaast heeft vervuiling van de drinkwaterbronnen een belangrijke, niet klimaatgerelateerde invloed op de duurzame winbaarheid. Dit aspect is niet expliciet meegenomen in de

scenario's. Verder zijn meer disruptieve ontwikkelingen, zoals het overschrijden van klimaatkantelpunten of oorlogen, niet beschouwd.

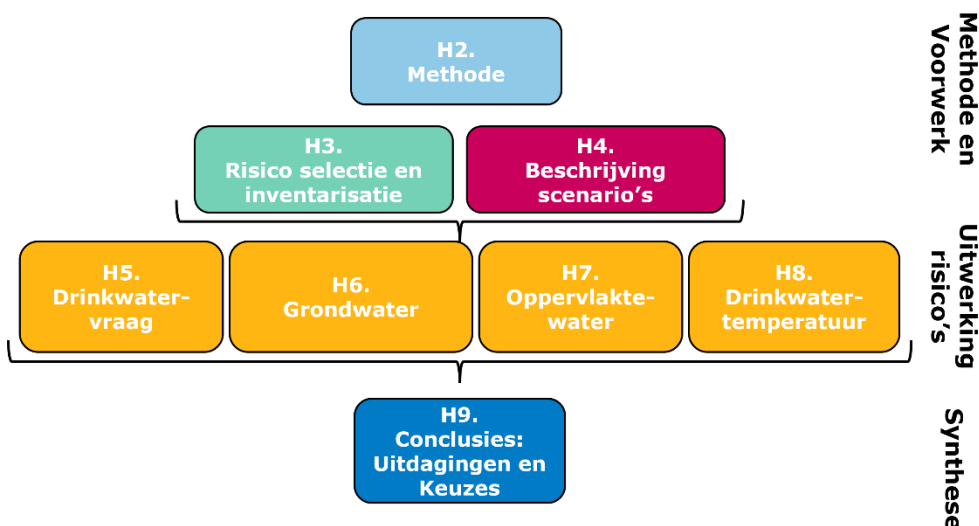
#### 1.2.4 *Insteek toekomstscenario's*

De Drinkwaterwet (2024, 1 januari) beoogt een duurzame veiligstelling van de drinkwatervoorziening en beschrijft de zorgplicht van overheden en het drinkwaterbedrijf voor de bescherming ervan. De toekomstscenario's zijn vanuit dit perspectief vormgegeven. Hierbij is hoofdzakelijk gekeken naar de ontwikkeling van het brongebruik bij verschillende niveaus van bevolkingsgroei en naar de invloed van drinkwaterbesparing. Er is alleen kwalitatief gekeken naar de effecten van klimaatverandering op de beschikbaarheid van de bronnen.

### 1.3 Leeswijzer

Het vervolg van dit rapport bestaat uit acht hoofdstukken (Figuur 1.3). In hoofdstuk 2 worden de gebruikte methoden voor de risicoselectie en de uitwerking van de verschillende risico's beschreven. In hoofdstuk 3 worden de kernrisico's vastgesteld middels een literatuurstudie en een enquête onder waterprofessionals. In hoofdstuk 4 worden de verschillende toekomstscenario's in detail beschreven. In de vervolghoofdstukken worden de belangrijkste risico's voor de drinkwatervoorziening onder verschillende toekomstscenario's uitgewerkt. Hierbij zijn de volgende ontwikkelingen en de effecten daarvan voor de drinkwatervoorziening thematisch beschouwd: hoofdstuk 5 gaat in op de drinkwatervraag, hoofdstuk 6 gaat in op de drinkwatervoorziening uit grondwater, hoofdstuk 7 gaat in op de drinkwatervoorziening uit oppervlaktewater en hoofdstuk 8 gaat in op de drinkwatertemperatuur. In hoofdstuk 9 wordt dieper ingegaan op wat de onderzoeksresultaten voor de toekomstige opgave van de drinkwatervoorziening betekenen, en wordt gekeken welke keuzes er zijn om deze toekomstbestendig in te richten.

*Figuur 1.3 Leeswijzer waarin de structuur van het rapport op basis van de hoofdstukken wordt weergegeven.*



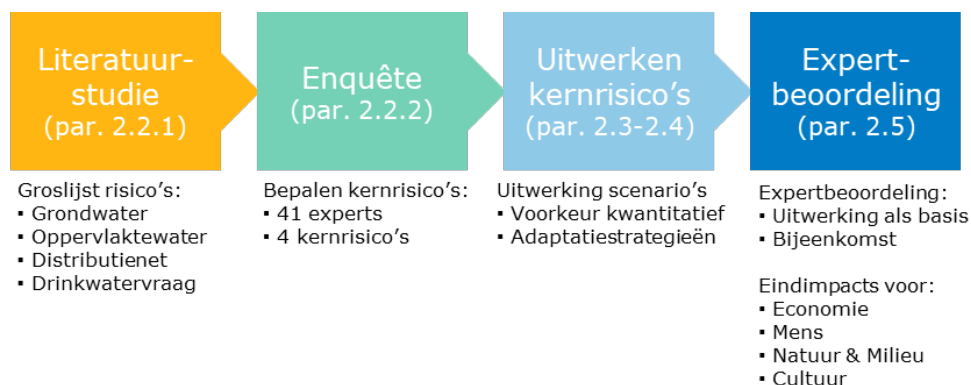
## 2 Methode

### 2.1 Algemene aanpak

Dit onderzoek is opgebouwd uit een aantal onderdelen (Figuur 2.1). De eerste fase van het onderzoek (zie paragraaf 2.2) dient om aan de hand van alle mogelijke klimaatrisico's te bepalen wat de meest relevante risico's zijn. Deze worden de *kernrisico's* genoemd (IPCC, 2014) en worden verder uitgewerkt. De kernrisico's zijn als bijzonder relevant aangemerkt omdat de waarschijnlijkheid dat ze zullen voorkomen groot is. Ook zijn de Nederlandse samenleving en ecosystemen er gevoelig voor.

Eerst zijn middels een literatuurstudie zoveel mogelijk bekende risico's voor de drinkwatervoorziening verkend. Risico's zijn uitgesplitst naar de thema's grondwaterafhankelijk drinkwater, oppervlaktewaterafhankelijk drinkwater, en het distributienet. Vervolgens zijn de risico's aan de hand van een enquête onder waterprofessionals beoordeeld op impact en waarschijnlijkheid. Voor elk thema is zo één kernrisico bepaald. De kernrisico's zijn uitgewerkt voor verschillende toekomstscenario's en adaptatiestrategieën, zie paragraaf 2.3 en 2.3.3. De resultaten zijn gerapporteerd in één hoofdstuk per kernrisico. De resultaten zijn besproken in een expertbijeenkomst (paragraaf 2.5), waarna de waarschijnlijke omvang van de eindimpacts en de waarschijnlijkheid hiervan zijn besproken.

*Figuur 2.1 Overzicht werkwijze van de klimaatrisico-analyse voor de drinkwatervoorziening.*



### 2.2 Verkenning en selectie klimaatrisico's

#### 2.2.1 Literatuurstudie en DPSIR-methodiek

In het project zijn de risico's voor de drinkwatervoorziening eerst verkend middels een literatuurstudie. Hierbij is begonnen vanuit reeds gepubliceerde reviews. Met name Zwolsman et al. (2014) en Stofberg et al. (2023) waren daarbij belangrijk, omdat het zeer brede overzichtsrapporten zijn die aan veel aspecten van de drinkwatervoorziening raken. De literatuurstudie voor grondwater en oppervlaktewater is eerder uitgevoerd en beschreven in Van Leerdam et al. (2025). Aanvullend hierop zijn in dit onderzoek ook toekomstige

risico's voor het distributienet en winvelden verkend. De risico's zijn vervolgens weergegeven in een aangepast DPSIR-schema. DPSIR staat voor *drivers, pressures, states, impacts* en *responses* (Smeets & Wetering, 1999).

Het DPSIR-model helpt om causale verbanden weer te geven tussen klimaatdreigingen (de *pressures*), de directe gevolgen daarvan op het water/bodem/luchtsysteem (*state*) en de daaruit volgende impact op de verschillende functies (*impact*). In deze verkenning is vooral gekeken naar de *pressures, states* en *impacts*, uitgebreid met een specificering van de doorwerking voor de drinkwatervoorziening: dit zijn de *effects*. In de verkenning is uitgegaan van de klimaatdreigingen zoals deze worden genoemd in de NAS (Ministerie van I&W, 2018). Dit zijn: 1) het wordt warmer, 2) het wordt droger, 3) het wordt natter, 4) het wordt extremer en 5) de zeespiegel stijgt. Daarnaast zijn nog twee bijkomende relevante ontwikkelingen geïdentificeerd die niet zijn gerelateerd aan het klimaat: 6) groei van de bevolking en de drinkwatervraag en 7) de introductie van bodemenergiesystemen (zie *Figuur 3.1*).

#### 2.2.2 *Risicoselectie door drinkwaterprofessionals*

Doel van de enquête onder drinkwaterprofessionals is om vanuit de vele DPSIR-impacts te komen tot één kernrisico per thema (distributienet, grondwater en oppervlaktewater). De enquête is gestuurd naar alle deelnemers van een eerdere workshop (op 15 mei 2024), die werd gehouden in het kader van een eerder RIVM-onderzoek naar de toekomstige drinkwatervoorziening (Van Leerdam et al., 2025). Daarbij waren professionals van drinkwaterbedrijven, provincies, Rijkswaterstaat, het ministerie van IenW en kennisinstituten aanwezig.

De drinkwaterprofessionals is gevraagd om de risico's per thema te rangschikken op basis van de verwachte impact in 2050. Vervolgens is per thema verder uitgewerkt welk risico het vaakst als het meest relevant werd aangemerkt. De specifieke vragen zijn gepresenteerd in Bijlage 1 en de antwoorden in Bijlage 2.

### 2.3 **Uitwerking drinkwaterbehoefte: landelijk en regionaal**

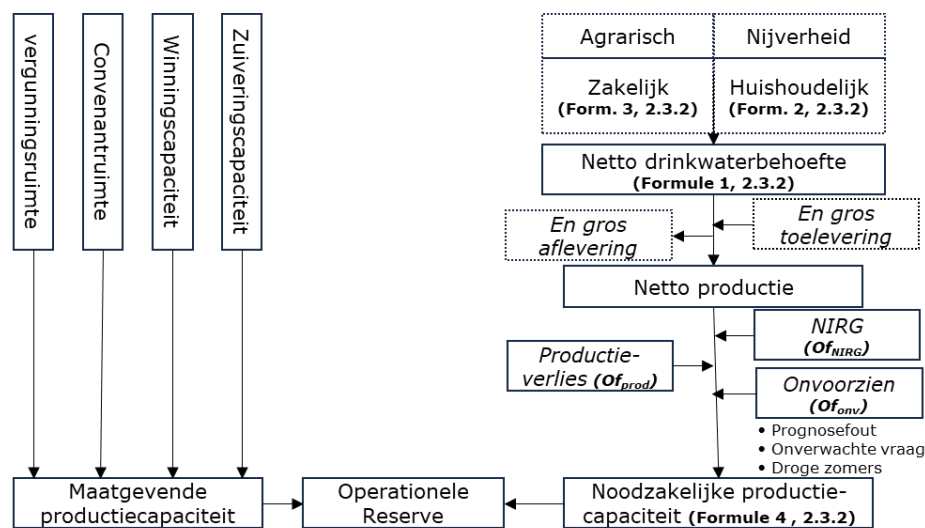
De ontwikkeling van de drinkwatervraag bepaalt hoeveel nieuwe bronnen in de toekomst nodig zijn en wanneer (Van Leerdam et al., 2025). Daarnaast is de ontwikkeling van de vraag ook belangrijk voor de benodigde zuiveringscapaciteit en de dimensionering van het leidingnet. Verschillen in de drinkwatervraag vormen een belangrijk onderscheid tussen de verschillende toekomstscenario's, zowel op landelijk (paragraaf 2.3.1 en 2.3.2) als op regionaal niveau (2.3.3). In deze paragraaf wordt de werkwijze om de toekomstige drinkwaterbehoefte te schatten beschreven.

## 2.3.1

*Rekenmethodiek berekening benodigde drinkwatercapaciteit*

Drinkwaterbedrijven gebruiken een vaststaande rekenmethodiek om prognoses te maken van hoeveel productiecapaciteit er nodig is en in de toekomst nodig zal zijn. Deze methode is beschreven in onder meer Tangena (2014), Beuken en Vreeburg (2015) en Van Leerdam et al. (2023). Een overzicht van de werkwijze wordt gegeven in Figuur 2.2

*Figuur 2.2 Overzichtsfiguur rekenmethodiek voor behoefteprognose van de Nederlandse drinkwatervoorziening. De oorspronkelijke figuur is uit Tangena (2014) en is hier bewerkt met inbegrip van verwijzing naar de formules in paragraaf 2.3.2.*



De *netto drinkwaterbehoefte* is aan de 'vraagkant' de belangrijkste parameter. Deze bepaalt hoeveel drinkwater zal moeten worden geproduceerd. In navolging van Baggelaar et al. (2022) is de netto drinkwaterbehoefte in dit rapport uitgesplitst in de componenten 1) huishoudelijk, 2) zakelijk (dienstverlening), 3) nijverheid (industrie) en 4) agrarisch. Op drinkwaterbedrijfsniveau is ook de *en gros*-levering belangrijk. De *en gros*-levering is de in- en verkoop van water tussen drinkwaterbedrijven onderling of met het buitenland. Voor deze landelijke doorrekening is dit buiten beschouwing gelaten, omdat het minder dan 1% van de landelijke drinkwaterbalans uitmaakt (Vewin, 2023).

Bovenop de netto drinkwaterbehoefte moet extra water worden gewonnen om te compenseren voor verliezen bij productie en voor de productie van andere kwaliteit water (9,8% van de netto drinkwaterbehoefte) en het niet in rekening gebrachte verbruik (NIRG, zoals distributieverliezen en bluswater, 6,3%), zie Vewin (2023). Bovendien wordt door de drinkwaterbedrijven een opslagfactor van 10% gebruikt zodat tijdig op prognosefouten, onverwachte vraagontwikkelingen of droge zomers kan worden ingespeeld. Er wordt aangenomen dat deze percentages in 2050 gelijk zullen zijn. Zo kan de *noodzakelijke productiecapaciteit* vanuit de netto drinkwaterbehoefte worden berekend.

Aan de aanbodkant wordt de productiecapaciteit bepaald door 1) de vergunningsruimte, 2) de winningscapaciteit, 3) de zuiveringscapaciteit en 4) convenanten tussen drinkwaterbedrijven en overheden. Convenanten zijn bestuurlijke overeenkomsten met provincies of waterbeheerders, waarbij een lager winningsplafond dan de daadwerkelijke vergunningsruimte wordt gehanteerd, bijvoorbeeld om verdroging van de omgeving tegen te gaan. Het minimum van deze gezamenlijke factoren bepaalt de *maatgevende productiecapaciteit*. Dit is de hoeveelheid drinkwater die de drinkwaterbedrijven maximaal kunnen produceren. Het verschil tussen de maatgevende productiecapaciteit en de noodzakelijke productiecapaciteit bepaalt de *operationele reserve*. Als deze positief is, volstaat de maatgevende productiecapaciteit. Bij een kleine negatieve waarde is levering vaak nog wel mogelijk, maar is er voor onvoorziene omstandigheden minder overschot dan de gewenste 10%.

### 2.3.2 Landelijke netto drinkwaterbehoefte

Netto drinkwaterbehoefte

Door Baggelaar et al. (2022) wordt drinkwatervraag onderverdeeld in vier sectoren: 1) huishoudelijk verbruik (831 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2021), 2) zakelijk (102 Mm<sup>3</sup>/jaar), 3) nijverheid (155 Mm<sup>3</sup>/jaar) en 4) de agrarische sector (42 Mm<sup>3</sup>/jaar). Het onderscheid tussen zakelijk en nijverheid is als volgt: nijverheid gaat over grootschalig drinkwaterverbruik, bijvoorbeeld in de voedingsmiddelenindustrie, de chemische sector en de papierindustrie, waar zakelijk gaat over waterverbruik door sectoren als de financiële dienstverlening, recreatie en cultuur. De netto drinkwaterbehoefte kan worden berekend als de som van deze vier componenten, zie Formule 1:

$$\text{Netto behoefte} \left( \frac{\text{Mm}^3}{\text{jaar}} \right) = \text{Huishoud.} + \text{Zakelijk} + \text{Nijver.} + \text{Agrar.} \quad (\text{Form. 1})$$

Dit is de formule voor de netto drinkwaterbehoefte met alle termen in Mm<sup>3</sup>/jaar. Huishoudelijk is de huishoudelijke vraag uit Formule 2, zakelijk verbruik komt uit Formule 3. De componenten Agrarisch en Nijverheid zijn in alle scenario's gelijk, waarbij de nijverheidscomponent 134 Mm<sup>3</sup>/jaar bedraagt en de agrarische vraag 42 Mm<sup>3</sup>/jaar.

Huishoudelijke drinkwatervraag

Landelijk gezien is huishoudelijk verbruik de grootste component van de landelijke drinkwaterbehoefte. Huishoudelijk verbruik kan worden berekend als het product van het aantal inwoners, het hoofdelijk verbruik en het aantal dagen per jaar, zie Formule 2:

$$\text{Huishoud.} \left( \frac{\text{Mm}^3}{\text{jaar}} \right) = \frac{\text{Hoofd. verbruik} * \text{Inwoners NL} * 365,25}{10^3} \quad (\text{Form. 2})$$

Het huishoudelijk verbruik in Mm<sup>3</sup>/jaar is het product van het hoofdelijk verbruik in liter per persoon per dag (l.p.p.p.d.), inwoners NL als het aantal inwoners van Nederland in miljoenen en 365,25 als het aantal dagen in een jaar, en 10<sup>3</sup> is een correctiefactor om op de gewenste eenheid uit te komen.

### Zakelijke drinkwatervraag

Baggelaar et al. (2022) heeft laten zien dat de landelijke, zakelijke drinkwatervraag correleert met het aantal inwoners. De empirische relatie, gebaseerd op de periode 2003 tot 2020, is weergegeven in Formule 3:

$$\text{Zakelijk} \left( \frac{\text{Mm}^3}{\text{jaar}} \right) = 93 \ln(\text{Inwoners NL}) - 160 \text{ (Form. 3)}$$

Dit is de empirische formule uit Baggelaar et al. (2022) die de correlatie weergeeft tussen zakelijk verbruik in  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$  en het aantal inwoners van Nederland in miljoenen, gebaseerd op de tijdsperiode van 2003 tot 2020.

### Agrarische en nijverheidsdrinkwatervraag

Bij zakelijk en huishoudelijk drinkwaterverbruik is het aantal inwoners een belangrijke factor. Bij agrarische- en nijverheidsvraag zijn economische groei, de veestapel en de keuze voor aansluiting op het drinkwaternet of eigen winningen belangrijk. In navolging van de uitwerking van de Deltascenario's (Janssen et al., 2024) is er in dit onderzoek voor gekozen om voor nijverheid uit te gaan van 13% besparing in 2050 in alle scenario's. Voor de agrarische vraag is ter benadering simpelweg het verbruik uit 2021 ook voor het zichtjaar 2050 genomen. Met de eerdergenoemde gegevens voor 2021 betekent dit een vraag van  $134 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  vanuit nijverheid en  $42 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  voor agrarisch.

### Noodzakelijke productiecapaciteit

Op basis van de netto drinkwatervraagprognose maken drinkwaterbedrijven berekeningen voor de noodzakelijke productiecapaciteit. De maatgevende productiecapaciteit (Formule 4) moet in principe groter zijn dan de noodzakelijke productcapaciteit om aan de vraag naar drinkwater te kunnen voldoen. Beuken en Vreeburg (2015) laten zien hoe drinkwaterbedrijven de noodzakelijke productiecapaciteit berekenen, namelijk door bovenop de netto drinkwatervraag nog *opslagfactoren* te rekenen voor het productieverlies, NIRG en voor onvoorziene ontwikkelingen.

Op basis van de waterbalans in 2020 komt het landelijke gemiddeld productieverlies ( $42 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ) en aflevering andere kwaliteit water ( $72 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ) in 2021 uit op 9,8% van de netto drinkwaterbehoefte (Vewin, 2023). Daarnaast is er NIRG-verbruik, waaronder bluswater en distributieverliezen ( $74 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ), ofwel 6,3% van de netto behoefte. Er wordt aangenomen dat deze factoren in de toekomst gelijk blijven. Daarnaast is er een opslagfactor gebruikt die nodig is om voldoende capaciteit te waarborgen tijdens werkzaamheden, en om mogelijke verschillen met vraagprognoses te compenseren. In de regel wordt hiervoor door de drinkwaterbedrijven +10% van de netto drinkwaterbehoefte als extra productiecapaciteit aangehouden (Van Leerdam et al., 2023). Onder de genoemde kengetallen kan Formule 4 worden gebruikt om een landelijke schatting te geven van de noodzakelijke productiecapaciteit.

$$Nood.pr.cap.\left(\frac{Mm^3}{jaar}\right) = Netto\ behoeft e * (1 + OF_{NIRG} + OF_{prod} + OF_{onv}) \quad (Form. 4)$$

Dit is de formule voor de noodzakelijke productiecapaciteit in Mm<sup>3</sup>/jaar, met de netto drinkwaterbehoefte uit Formule 1 in Mm<sup>3</sup>/jaar, OF<sub>NIRG</sub> is de opslagfactor voor verlies bij distributie (0,063), OF<sub>prod</sub> is de opslagfactor voor verlies bij productie (0,098) en OF<sub>onv</sub> is de opslagfactor voor onvoorziene ontwikkelingen (0,1).

### 2.3.3

#### *Schatting regionale huishoudelijke drinkwatervraag*

Zelfs als er landelijk een overschot is, kunnen er lokaal knelpunten zijn, bijvoorbeeld door een sterke lokale verhoging van de drinkwatervraag in combinatie met een beperkte aanwezigheid van winbaar zoet oppervlakte- en grondwater (Van der Aa et al., 2015). Voor de regionale uitwerking is gekeken naar de belangrijkste drinkwatervraagcomponent, namelijk de huishoudelijke vraag, zie paragraaf 2.3.1. Regionaal is per leveringsgebied gekeken naar de bevolkingsgroei of -krimp, en per scenario naar het hoofdelijk verbruik. Leveringsgebieden zijn onderverdelingen in de voorzieningsgebieden waar de drinkwaterbedrijven drinkwater leveren. In principe worden de leveringsgebieden door één of meer productiestations van drinkwater voorzien (Figuur B1a, Bijlage 3). In de praktijk is er op veel plaatsen ook sprake van enige overlap tussen leveringsgebieden (Figuur B1b, Bijlage 3).

Per leveringsgebied is eerst onderzocht wat de ontwikkeling in de bevolking zal zijn. Hiervoor is de bevolkingsprognose voor 2050 per gemeente van PBL en CBS (2022) gebruikt. Het jaar 2021 is wederom gebruikt als referentiejaar. Hiervoor is de gemeentekaart van het CBS (met bijbehorende inwoneraantallen (CBS, 2021)) met behulp van GIS-toepassingen over de leveringsgebieden gelegd. Als een gemeente niet geheel binnen één leveringsgebied viel, is deze opgedeeld en is de bevolking proportioneel aan de oppervlakteverhouding verdeeld over de betreffende leveringsgebieden. Vervolgens kan per scenario, met verschillend hoofdelijk verbruik, per leveringsgebied een schatting worden gegeven van de huishoudelijke vraag. Zie Formule 1. Een schatting van de verandering in de huishoudelijke drinkwatervraag kan worden gemaakt door de geschatte huishoudelijke drinkwatervraag per leveringsgebied in het referentiejaar 2021 af te trekken van de schattingen per scenario voor 2050.

## 2.4

### **Uitwerking van de kernklimaatrisico's**

#### 2.4.1

##### *Grondwater*

Om een inschatting te geven van mogelijke schade aan natuur en landbouw en van de kans op (versterkte) bodemdaling is gekeken naar landgebruiksfuncties in de grondwaterbeschermingsgebieden (gwb'g'en) en waterwingebieden. Hiertoe is de kaart met gwb'g'en en waterwingebieden (zie Bijlage 4) over verschillende relevante kaarten gelegd. De kaarten zijn verkregen uit onder meer *de Klimaateffectatlas* en *de Atlas Leefomgeving*. Voor natuur is met behulp van GIS-toepassingen het areaal berekend in de gwb'g'en van 1) grondwaterafhankelijke natuur (kaart: (Witte et al., 2021)) 2) de ecologische hoofdstructuur (kaart: IPO (2022)) en 3) Natura 2000

gebieden (kaart: Ministerie van EZK (2018)). Het areaal van landbouwkundige functies in de gwb'g'en is onderzocht met het *landelijk grondgebruiksbestand* (LGN2022, kaart: WEnR (2022)). Voor mogelijke funderingsschade is gebruik gemaakt van de bodemdalingsvoorspellingskaarten uit Erkens et al. (2021). Per gwb'g is de gemiddelde bodemdaling berekend op basis van de rasterkaarten voor 2050 en 2100, onder sterke en beperkte klimaatverandering.

In de voorliggende analyse zijn boringsvrije zones niet opgenomen, omdat deze zones ook grotere reserveringsgebieden kunnen zijn waar (nog) geen water wordt gewonnen. Vaak wordt deze beschermingszone ook toegepast bij niet kwetsbare, zeer diepe winningen, welke in principe een beperkt verlagend effect op grondwaterstanden aan het maaiveld hebben (Broers & Lijzen, 2014). Daarmee zijn er ook minder effecten op funderingen, grondwaterafhankelijke natuur en de landbouw. In totaal zijn 138 gwb'g'en geanalyseerd. De negen gwb'g'en in het westen van het land (Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland) zijn niet meegenomen, omdat dit duininfiltratiegebieden zijn. In een expertsessie (paragraaf 2.5) is vervolgens ingegaan op wat de verschillende toekomstscenario's voor de grootte van het risico betekenen.

#### 2.4.2 *Oppervlaktewater*

Voor de uitwerking van het klimaatrisico verslechtering oppervlaktewaterkwaliteit is nauw samengewerkt met kennisinstituut Deltares. Deltares heeft binnen het PBL-project de scenario's voor het oppervlaktewatersysteem ontwikkeld, zie Mens en Janssen (2026). Het drinkwatersysteem functioneert binnen het hoofdwatersysteem. In de praktijk is de drinkwatervoorziening een zeer kleine zoetwatervrager. Zo onttrekt het bij een gemiddelde afvoer van Maas en Rijn slechts 0,6%, en onder droge omstandigheden 2% (Janssen et al., 2024).

Middels een literatuurstudie is in dit rapport een overzicht gegeven van de huidige drinkwatervoorziening uit oppervlaktewater. Het ging hierbij om de innamepunten en ingenomen volumes, de effecten van klimaatverandering op rivierafvoeren en de toekomstplannen van de drinkwaterbedrijven. Vervolgens is gekeken naar de oorzaken van innamestops bij de verschillende innamepunten en de staat van de reservevoorzieningen die een continue levering van drinkwater garanderen. In een expertsessie (paragraaf 2.5) is vervolgens per innamepunt ingegaan op wat de verschillende toekomstscenario's voor de grootte van het risico betekenen.

#### 2.4.3 *Drinkwatertemperatuur*

Om de kwaliteit van het ruwe water en drinkwater te monitoren, volgen de drinkwaterbedrijven een wettelijk voorgeschreven meetprogramma, zoals beschreven in de Drinkwaterregeling (Drinkwaterregeling, 2025, 24 oktober). De data uit deze metingen worden opgeslagen in de REWAB-database (Registratie opgaven van drinkwaterbedrijven). In de database zijn per jaar en per leveringsgebied (overzicht leveringsgebieden, Bijlage 3) de gemeten minimum-, maximum- en jaargemiddelde temperatuur aan de tap opgeslagen. De temperatuur wordt gemeten nadat de kraan minstens één minuut is doorgespoeld.

Op deze manier wordt niet de temperatuur in de binneninstallatie gemeten, maar de temperatuur in de aansluitleiding bij het huis.

Om een indruk te krijgen van de huidige situatie zijn minimum-, maximum- en jaargemiddelde temperatuur voor de periode 2015 tot 2023 per leveringsgebied gemiddeld. In verstedelijkte gebieden warmen bodem en leidingen sneller op. Om een beter beeld te krijgen van hoeveel mensen in zulke gebieden wonen, is de kaart met stedelijke hitte-eilanden (UHI-effect, voor *Urban Heat Island* in internationale literatuur) over de CBS-buurtencartaat gelegd (RIVM, 2020; CBS, 2024). Zo ontstaat een overzicht van hoeveel mensen in buurten met verschillende gradaties van het UHI-effect wonen. Dit is verder uitgesplitst naar de drinkwaterbron die voor drinkwaterlevering in de betreffende buurt wordt gebruikt. Voor dezelfde periode is ook gekeken naar de geregistreerde overschrijdingen in temperatuur, en naar de aanwezigheid van *Aeromonas* en *Legionella*. In een expertsessie (paragraaf 2.5) is vervolgens ingegaan op wat de verschillende toekomstscenario's voor de grootte van het risico betekenen.

## 2.5 Expertbeoordeling grootte van toekomstige klimaatrisico's

Om de risico's in de verschillende scenario's door te denken en te komen tot een risicoanalyse is expertbeoordeling toegepast. Hierbij is de door het PBL gehanteerde werkwijze gebruikt, zie Figuur 2.3. De grootte van het risico bestaat uit de impact vermenigvuldigd met de waarschijnlijkheid (Witmer et al., 2023; Van Gaalen et al., 2024). Doel van de expertsessie was om zowel een inschatting te geven van de grootte van het risico, als om onderliggende onzekerheden en bepalende factoren te onderscheiden en te beschrijven.

### 2.5.1 Selectie van de experts

De experts werden geselecteerd bij drinkwaterbedrijven, kennisinstituten en overheidsorganen. De experts vertegenwoordigen verschillende expertises.

Voor het thema grondwater ging het bijvoorbeeld om inhoudelijke experts op het vlak van grondwatermodellen, natuur, en droogte- en funderingsschade, maar ook om een drinkwaterstrategie en twee beleidsmedewerkers van Rijk en provincie. Bij oppervlaktewater, gericht op de innamepunten voor drinkwater, waren deelnemers aanwezig van de drinkwaterbedrijven die met oppervlaktewater werken. Ook waren experts aanwezig op het gebied van het modelleren en beheren van het hoofdwatersysteem. Voor de opwarming van het distributienet werden een microbiologisch expert, een modelleur van drinkwatertemperaturen en een monsternemer van een drinkwaterbedrijf gevraagd. Met hun toestemming zijn de namen van de experts die hieraan hebben meegewerkt vermeld in Bijlage 5.

### 2.5.2 Algemene opzet expertsessies

Het PBL heeft in het kader van dit project een handreiking opgesteld voor de uitvoering van de expertsessie. De invulling is in grote lijnen gebaseerd op het zogenoemde *IDEA-protocol* (Hemming et al., 2018). IDEA is een afkorting voor de Engelse woorden *Investigate* (onderzoek), *Discuss* (bediscussieer), *Estimate* (inschatten) en *Aggregate*

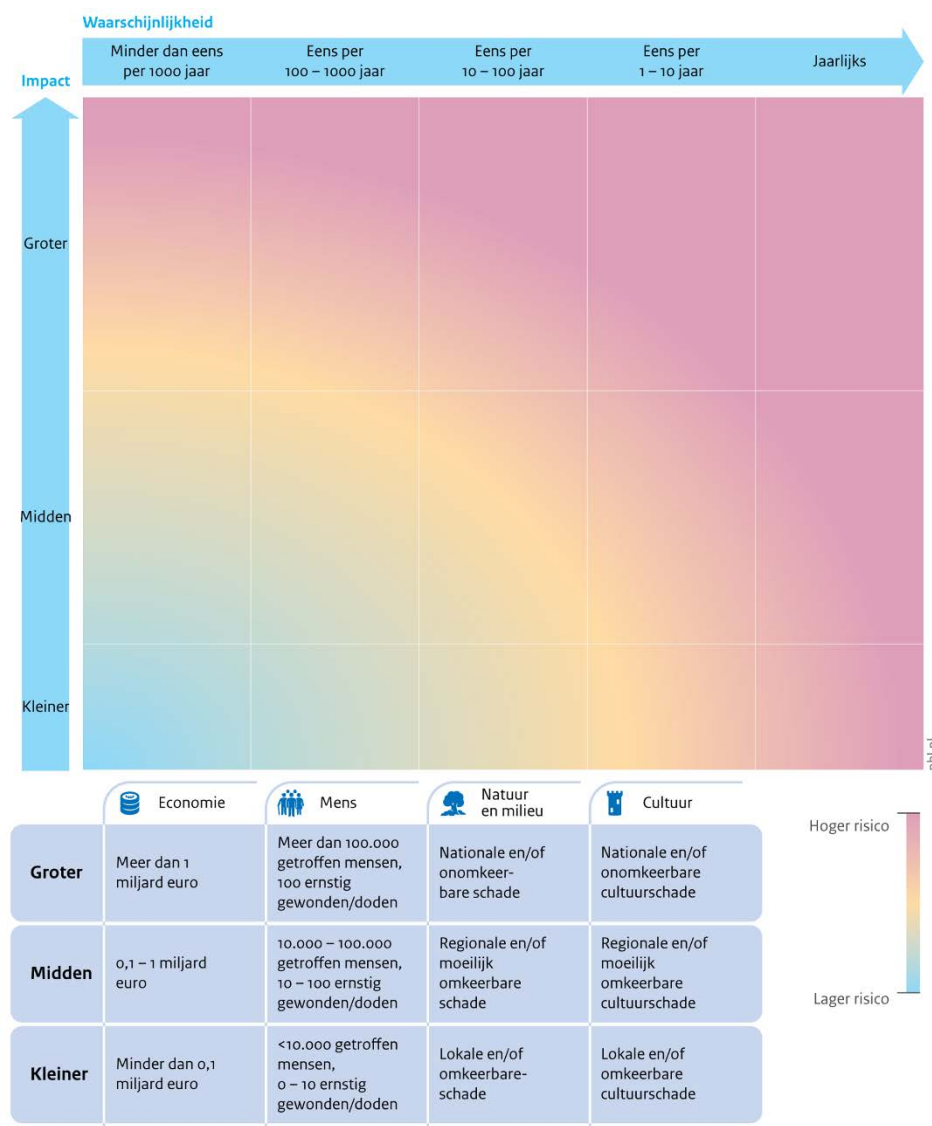
(samenvoegen). Voorafgaand aan de expert-input is eerst informatie verstrekt over het klimaatrisico, de verschillende scenario's en de resultaten van het onderzoek, zoals beschreven in dit rapport. Tijdens de expertsessie is deze informatie eerst gepresenteerd en besproken. Hierna heeft elke expert individueel de risicomatrix voor het betreffende klimaatrisico ingevuld (Figuur 2.3).

De experts is gevraagd een ordegraad aan te geven van de waarschijnlijkheid (als frequentie van voorkomen) en impact. Bij impact worden vier categorieën onderscheiden: 1) natuur en milieu, 2) mens 3) cultuur en 4) economie. Afhankelijk van het risico zijn verschillende categorieën relevant. De inschattingen van de verschillende experts zijn vervolgens verzameld. Dit gaf een eerste indruk van de mate waarin er overeenstemming was in de expertbeoordeling. Vervolgens is in een groepsgesprek ingegaan op de beweegredenen achter de keuzen. De overwegingen die onder de inschattingen lagen zijn genotuleerd. In totaal duurde de expertsessie 2 tot 3 uur.

### 2.5.3 *Verwerking input experts*

In de expertsessies zijn de risicomatrices ingevuld en de opmerkingen van de experts genotuleerd. Op basis hiervan kwam er een eindoordeel. Dat is beschreven in de betreffende paragrafen, inclusief de overwegingen van de experts. De notulen zijn gebruikt om verslag te doen van de overwegingen en onzekerheden bij de genoemde impacts. Ter aanvulling op de antwoorden van de experts is in de literatuur ook gekeken naar wat er al bekend is over genoemde impacts. Op basis van de verzamelde opbrengsten is een coherent beeld geschetst van het risico in de verschillende scenario's. Na de expertsessie is de verwerking in voorliggend rapport weer voorgelegd aan de betreffende experts. Zij konden feitelijke correcties doorgeven, die daarop zijn verwerkt. Daarmee is een door de experts gedragen beeld van de risico's bij de verschillende scenario's ontstaan.

*Figuur 2.3 Risicomatrix zoals gebruikt door het PBL. Een risico bestaat uit een impact voor verschillende onderdelen van het natuurlijk en socio-economisch systeem en een waarschijnlijkheid dat de impact plaatsvindt. Figuur is overgenomen uit Van Gaalen et al. (2024).*



Bron: PBL

### 3 Inventarisatie en selectie klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening

#### 3.1 Verkenning klimaatrisico's

Hier wordt een beknopte beschrijving gegeven van het DPSIR-schema, zoals weergegeven in Figuur 3.1. De klimaatrisico's voor grondwater (3.1.1) en oppervlaktewater (3.1.2) zijn eerder uitgebreider beschreven in hoofdstuk 5 in Van Leerdam et al. (2025). In dit rapport zijn de beschreven klimaatrisico's uitgebreid met risico's voor het distributienet (3.1.3).

##### 3.1.1 *Klimaatrisico's grondwater*

Voor grondwater als bron voor drinkwater zijn de voornaamste dreigingen voor de kwantiteit dat het warmer wordt (D1, zie Figuur 3.1), dat het droger wordt (D2) en dat de bevolking groeit (D6). Kwantitatief leidt dat tot een hogere grondwatervraag door landbouw (S1) en een hogere drinkwatervraag (S2). Bovendien kan de grondwateraanvulling veranderen (S3). Voornaamste impacts hiervan zijn mogelijk lagere grondwaterstanden (I1) en de "opkegeling" (*upconing*) van brak grondwater (I2).

Daarnaast zijn er bedreigingen voor de grondwaterkwaliteit. Die worden veroorzaakt door veranderingen in bodemtemperatuur en bodemvochtigheid (D1 en D2), en door zeespiegelstijging (D5). Ook is er een risico door de aanleg van bodem-energiesystemen (D7). Daarnaast is bij zeespiegelstijging een grotere kweldruk te verwachten, waardoor zoute kwel verder landinwaarts in de bodem kan doordringen. Grondwaterwinningen op of nabij het grensvlak tussen zoet en zout kunnen hierdoor verzilten (I3). Veranderingen in bodemcondities kunnen leiden tot een verandering in biogeochemische processen. De exacte gevolgen van klimaatverandering zijn complex en niet eenduidig, maar duidelijk is dat klimaatverandering de grondwaterkwaliteit kan doen veranderen (I4). Ook de introductie van bodem-energiesystemen brengt een risico op verontreinigingen of verspreiding hiervan met zich mee (S5 en S6). Wederom kan dit de grondwaterkwaliteit negatief beïnvloeden.

##### 3.1.2 *Oppervlaktewater*

De relevante dreigingen die een rol spelen bij oppervlaktewater zijn: het wordt warmer (D1, zie Figuur 3.1), het wordt droger (D2), het weer wordt extremer (D4) en de zeespiegel stijgt (D5).

Voor oppervlaktewater zijn waterkwaliteit en waterkwantiteit niet los van elkaar te zien. Bij langdurige droogte kan de hoeveelheid water door lage rivierafvoeren (S9) ontoereikend zijn voor inname (I6), maar de effecten van een lage rivierafvoer komen vooral tot uiting in een verslechtering van de waterkwaliteit (I7). Bij een lage rivierafvoer is er namelijk een verminderde verdunning van vergunde emissies van verontreinigingen, waardoor toegestane concentraties eerder worden overschreden. Ook kan extreem weer, zoals zware regenbuien, leiden tot de verhoogde afspoeling van bestrijdingsmiddelen. Dit heeft in 2021

in de Drentsche Aa (Latour Advies et al., 2023) en in 2024 in de Maas (Dunea, 2024) al voor innamestops gezorgd.

Bij lage rivierafvoeren kan bij riviermondingen zout zeewater ook verder het land instromen, waardoor innamepunten mogelijk te zout worden voor inname (I5). Bij toekomstige zeespiegelstijging (D5) wordt dit proces versterkt door een grotere zoute druk uit zee. Daarnaast is de temperatuur een belangrijke parameter voor de kwaliteit van oppervlaktewater. Zo mag water boven de 25°C niet worden ingenomen. Ook kan opwarming van oppervlaktewater in combinatie met hoge nutriëntenconcentraties leiden tot een verhoogde groei van algen, die potentieel toxisch zijn (S10). Dat kan zuiveringsprocessen bemoeilijken.

### 3.1.3 *Distributienet en winvelden*

#### Distributienet

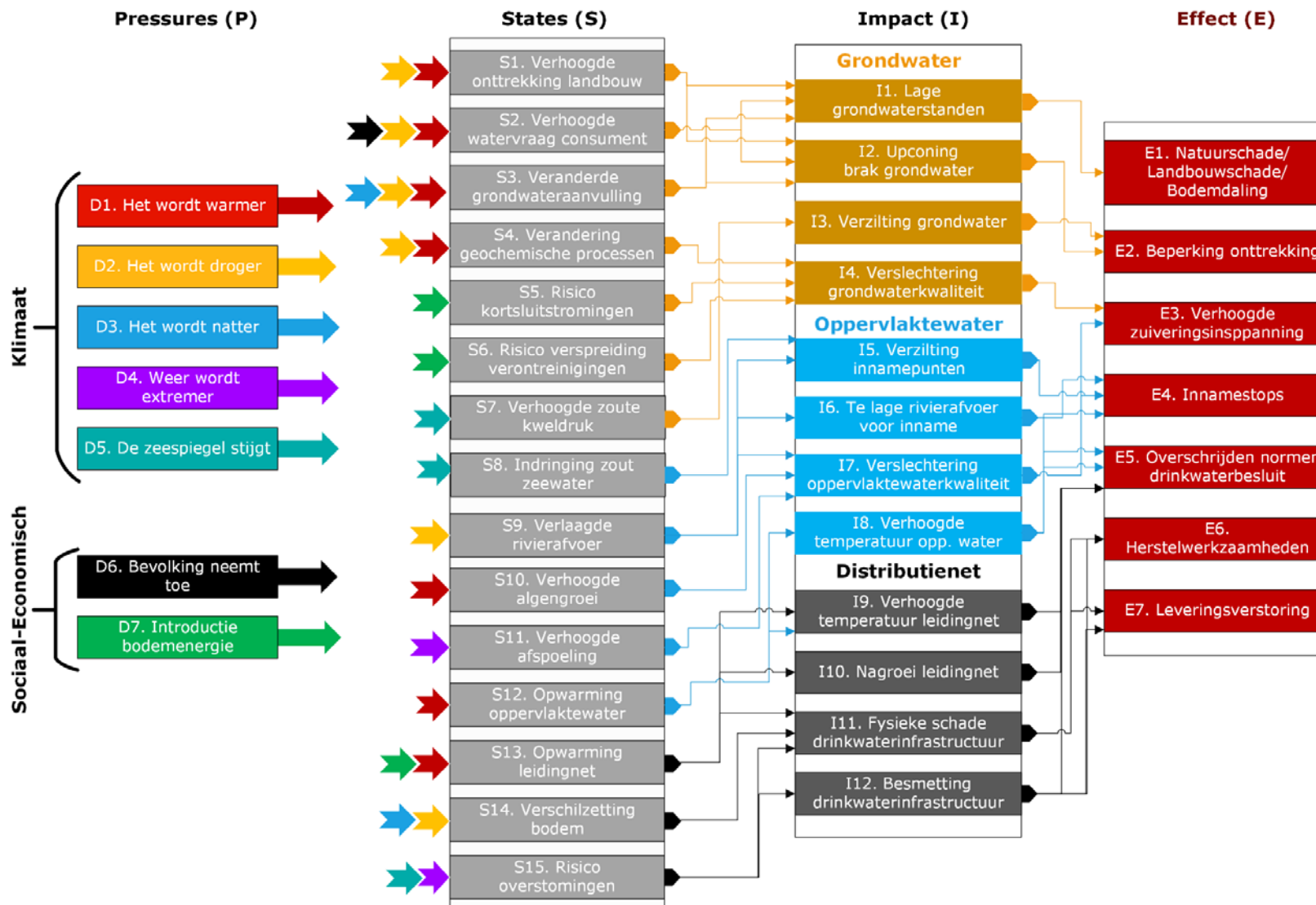
Voor het distributienet zijn opwarming van het leidingnet, nagroei van opportunistische pathogenen en fysieke schade door verdroging en zetting de belangrijkste risico's.

De dreiging dat het warmer wordt (D1, zie Figuur 3.1) en de introductie van bodem-energiesystemen (D6) kunnen leiden tot een verdere opwarming van de bodem (S13) en daarmee tot een verhoogde temperatuur in het leidingnet (I9). De watertemperatuur aan de tap mag volgens de Drinkwaterregeling (2025, 24 oktober) niet boven de 25°C uitkomen. Bij hogere temperaturen is de kans op "nagroei" van opportunistische pathogenen als *Legionella* groter (I10). Een andere dreiging is fysieke schade aan het leidingnet. Die kan op vele manieren ontstaan. Zo kunnen de dreigingen dat het droger (D2) en natter (D3) wordt leiden tot een verstoring van de bodemstructuur, waardoor een leidingbreuk kan ontstaan (I11). In veengebieden kan uitdroging leiden tot plotselinge bodemdaling en zetting, en kleigronden kunnen onder natte omstandigheden juist opzwellen. Ook overstromingen (S15) door extreme regenval (D4) of buiten hun oevers tredende rivieren kunnen leiden tot fysieke schade.

#### Winvelden

De belangrijkste risico's voor winvelden en winputten zijn fysieke schade aan de technische installaties (I11) en besmetting of verontreiniging door infiltratie van 'vreemd' water (I12). Overstromingen en hevige regen kunnen leiden tot een verspreiding van ziekteverwekkers en verontreinigingen. Zo kunnen bij overstroming van mestopslagen en het in werking treden van riooloverstorten ziekteverwekkers direct op oppervlaktewater worden geloosd, die ook winputten kunnen bereiken. Als dit gebeurt, raken winputten en reinwaterkelders besmet (I12). In 2024 zijn er verschillende gevallen geweest van onderdelen van de drinkwaterproductie die normaal droogstaan, maar door hoge grondwaterstanden na langdurige regenval in aanraking kwamen met water van buitenaf (H2O-Actueel, 2024; Vitens, 2024). Dat leidde toen tot enkele dagen durende kookadviezen in Goor en Apeldoorn, gebieden met vele tienduizenden inwoners.

*Figuur 3.1 DPSIR-schema met klimaatrisico's voor de drinkwatervoorziening. Aan de linkerkant staan de (klimaat)dreigingen (P). Deze beïnvloeden (de gekleurde pijlen) de states (S), welke op hun beurt leiden tot een impact (I) op grondwater, oppervlaktewater en het distributienet. Uiteindelijk heeft dit effecten (E) op het functioneren van de drinkwatervoorziening. Deze figuur is grotendeels overgenomen uit Van Leerdam et al. (2025), maar aangevuld met dreigingen voor het distributienet*



### 3.2 Risicoselectie drinkwaterprofessionals

Om vanuit de literatuurstudie (paragraaf 3.1) te komen tot de kernrisico's is door middel van een enquête een prioritering uitgevoerd. Deze kernrisico's zijn aan de hand van de PBL-methode verder uitgewerkt in hoofdstuk 5 tot hoofdstuk 8.

#### 3.2.1 *Algemene gegevens respondenten*

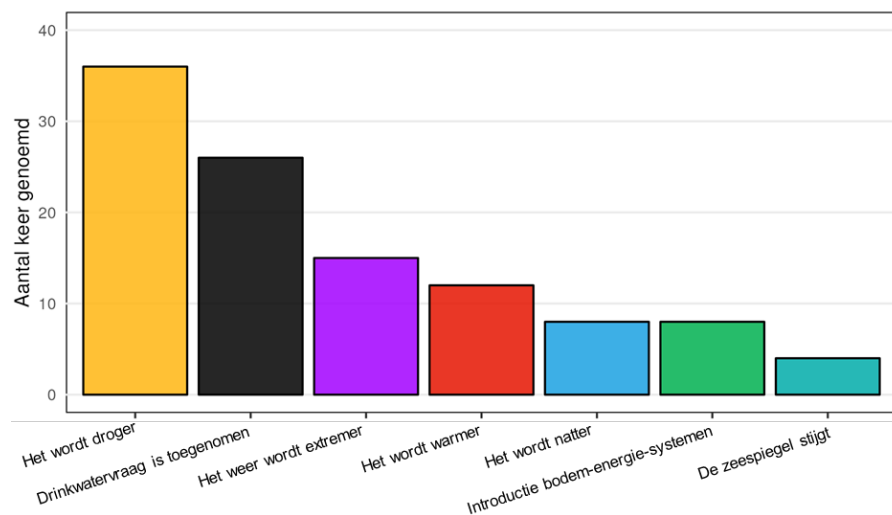
In totaal waren er bij de enquête 41 respondenten, zie Bijlage 2. Ze werkten voornamelijk bij de drinkwaterbedrijven (26 respondenten) en de provincies (12). Daarnaast waren er twee respondenten van een ministerie en één onderzoeker van een kennisinstituut. De meeste deelnemers waren betrokken bij grondwaterwinningen (33 keer genoemd), gevolgd door oppervlaktewaterwinningen (26), oevergrondwaterwinningen (18) en duininfiltratiewinningen (16). Gevraagd naar hun kennis van de KNMI'23 klimaatscenario's en de mogelijke gevolgen voor de drinkwatervoorziening, gaf de meerderheid aan goed (20 respondenten) of uitstekend (2) op de hoogte te zijn.

#### 3.2.2 *Prioritering klimaatrisico's en dreigingen*

In de enquête is gevraagd naar klimaatrisico's en klimaatdreigingen. De respondenten geven aan dat met name het droger worden van het klimaat en het toenemen van de drinkwatervraag redenen tot zorg zijn. (Figuur 3.2). Bodem-energiesystemen en stijging van de zeespiegel worden als minder ernstig ingeschat.

Vervolgens is aan de respondenten gevraagd om de vier klimaatrisico's per thema te ordenen op basis van de verwachte impact in 2050 (Figuur 3.3). Voor zowel oppervlaktewater als grondwater is te zien dat twee risico's het merendeel van de stemmen kregen, en op respectievelijk de eerste en tweede plaats kwamen. Deze risico's worden dus als meest relevant gezien. Bij grondwater ging het om verlaagde grondwaterstanden en een verslechtering van de waterkwaliteit. Als wordt gekeken naar de gecombineerde eerste en twee plaats van de risico's, dan ontlopen de stemmen elkaar nagenoeg niet (31 vs. 34 van de totaal 41 stemmen). Parallel hieraan werden lage rivierafvoeren en een verslechterde rivierkwaliteit gekozen als de twee belangrijkste risico's voor oppervlaktewater. Verslechtering van de waterkwaliteit is duidelijk het vaakst als eerste of tweede genoemd. Voor het distributienet kozen de respondenten duidelijk voor opwarming van het leidingnet als meest relevante risico.

*Figuur 3.2 Antwoorden van respondenten op de vraag wat de belangrijkste klimaatdreigingen zijn (zie Figuur 3.1).*

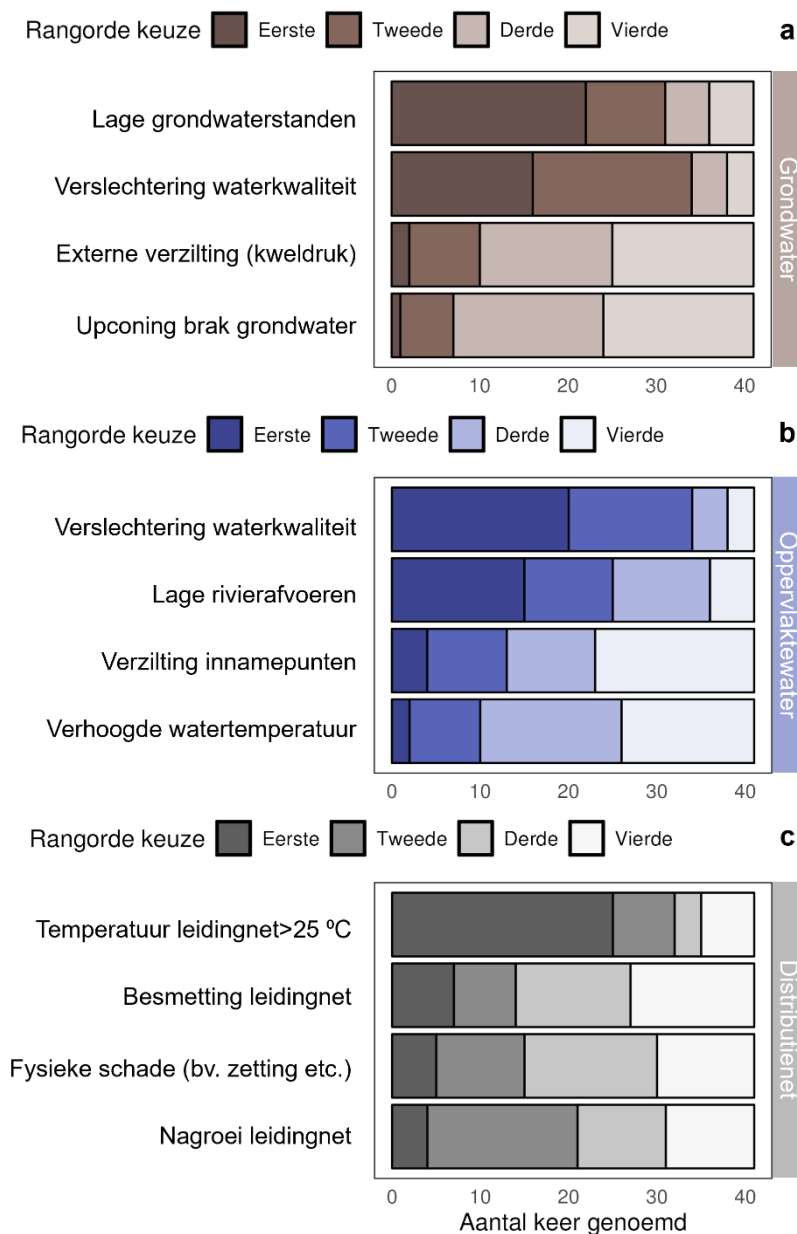


### 3.2.3

#### *Selectie kernrisico's*

Per thema (grondwater, oppervlaktewater en distributienet) is aan de respondenten gevraagd om de impacts uit Figuur 3.1 te rangschikken naar ernst van de impact. De uitkomsten (Figuur 3.3) zijn vergelijkbaar met die uit de eerste fase van het PBL-onderzoek (Van Huijgevoort, 2023a, 2023b; Van Gaalen et al., 2024). Ook hierbij zijn lage grondwaterstanden en lage rivierafvoeren geïdentificeerd als de kernrisico's voor de drinkwatervoorziening.

*Figuur 3.3 Rangorde van klimaatrisico's met de grootste impact in 2050 voor (a) grondwater, (b) oppervlaktewater en (c) het distributienet op basis van de respons van 41 respondenten.*



De enquêteresultaten tonen dat de respondenten ook hier lage grondwaterstanden als het belangrijkste klimaatrisico voor grondwater zien. Voor oppervlaktewater komt een verslechtering van de waterkwaliteit als voornaamste risico naar voren. Dit risico hangt (gedeeltelijk) samen met lage rivierafvoeren; een lage afvoer betekent immers minder verdunning van lozingen, waardoor deze eerder problematisch worden (Davis & Zobrist, 1979).

Daarnaast wordt in dit onderzoek ook gekeken naar risico's voor het drinkwaterdistributienet. Door de respondenten is binnen dit thema

duidelijk gekozen voor opwarming van het leidingnet als voornaamste risico. Dit hangt ook samen met de nagroei van opportunistische pathogenen, die bij hoge temperaturen sneller groeien.

Op basis van de resultaten, gepresenteerd in Figuur 3.3, worden per thema het volgende klimaatrisico's verder uitgewerkt:

- Voor **grondwater** zijn dit verlaagde grondwaterstanden veroorzaakt door een veranderde grondwateraanvulling en verhoogde grondwatervraag vanuit landbouw, drinkwater voor huishoudens etc.
- Voor **oppervlaktewater** is dit een verslechtering van de waterkwaliteit veroorzaakt door lage rivierafvoeren.
- Voor het **distributienet** is dit opwarming van drinkwater in het leidingnet.
- Daarnaast wordt de **drinkwatervraag** voor verschillende toekomstscenario's uitgewerkt. De ontwikkeling van drinkwatervraag is leidend in het aantal te ontwikkelen bronnen om in 2050 en 2100 in de behoefte te voorzien (Van Leerdam et al., 2025), en is door de respondenten als een belangrijke risicofactor aangemerkt (Figuur 3.2).



## 4 Beschrijving toekomstscenario's

Dit hoofdstuk beschrijft de toekomstscenario's die zijn gebruikt om de verschillende risico's te analyseren. Het vormen van samenhangende toekomstscenario's is gecoördineerd door het PBL. De verschillende kennisinstituten in het consortium hebben de maatregelen voor 'hun' sectoren ingevuld. In PBL (2026) is een totaalbeeld van de scenario's gegeven. Hier ligt de nadruk op drinkwateraspecten en, waar relevant, sommige aanpalende sectoren. Een algemeen overzicht van het scenario-onderzoek is gepresenteerd in de inleiding (paragraaf 1.2). Hier volgt een gedetailleerde beschrijving van de contextscenario's (paragraaf 4.1), een analyse van het huidige beleid (paragraaf 4.2) en in paragraaf 4.3 een uitgebreide beschrijving van de aanvullende adaptatiescenario's *Intensiveren* en *Transformeren*.

### 4.1 Contextscenario's

#### 4.1.1 *Beperkt risicoverhogend (BRV-scenario)*

Klimaat en hoofdwatersysteem

In het contextscenario 'beperkt risicoverhogend' (BRV) worden wereldwijd en in Nederland mitigerende maatregelen genomen om CO<sub>2</sub>-uitstoot terug te dringen, in lijn met het klimaatakkoord van Parijs uit 2015. Hierdoor stabiliseert het klimaat in Nederland rond het zichtjaar 2050. Van 2050 tot 2100 vindt er geen significante klimaatverandering meer plaats. Alleen de zeespiegelstijging zet door. In het BRV-scenario blijft de klimaatverandering voor Nederland dan ook beperkt, overeenkomstig het nattere KNMI-23 scenario *L<sub>N</sub>*. In 2050 en 2100 is de jaargemiddelde temperatuur ten opzichte van de referentieperiode 1991-2020 dan met +0,9°C toegenomen, en de gemiddelde zomertemperatuur met +1,2°C. Parallel hieraan neemt het aantal zomerse dagen (maximumtemperatuur >25°C) toe van gemiddeld 28 dagen nu naar 39 dagen in 2050 en 2100.

In het BRV-scenario worden de winters natter en de zomers droger. Jaarrond is een lichte toename van neerslag te zien (+3%), maar het gemiddelde maximale neerslagtekort in de zomer neemt wel toe (+13%). Daarbij overschrijdt in 2050 en 2100 het neerslagtekort eens per tien jaar de 289 mm, vergelijkbaar met de zeer droge zomer van 2018. Verder komen de zevendaagse minimum rivierafvoeren van zowel de Rijn (–9% tot –13%) als de Maas (–6% tot –13%) lager te liggen, zie Buitink et al. (2023). De zevendaagse minimumafvoer is het laagste debiet dat gedurende een aaneengesloten periode van zeven dagen optreedt. Verder is de zeespiegel gestegen met 21 cm in 2050 en 46 cm in 2100, wat verzilting van de rivieren kan doen verergeren, met name bij lage afvoeren.

Sociaaleconomische ontwikkelingen

In het BRV-scenario is groei van bevolking en economie gematigd, zie ook deltasceario Ruim'24 (Van der Brugge & De Winter, 2024). De matige economische groei (gemiddeld 0,5% per jaar) wordt veroorzaakt door een enigszins haperende internationale samenwerking. Hierdoor neemt ook de arbeidsmigratie naar Nederland af. De uitwerking op

gemeenteniveau door PBL en CBS (2022) laat zien dat bevolkingsgroei vooral rond de steden plaatsvindt, maar in landelijk gebied is er juist krimp. Tot 2050 is er een lichte stijging tot 18,6 miljoen inwoners. Omdat er geen bevolkingsprognoses voor 2100 zijn, blijft dat getal voor dit zichtjaar gelijk. Dit betekent in combinatie met een beperkte daling van het hoofdelijk verbruik (van 128 l.p.p.p.d. naar 126 l.p.p.p.d., in navolging van Baggelaar et al. (2022)) een kleine toename van de totale drinkwatervraag. Drinkwaterverbruik door de sectoren nijverheid en agrarisch neemt met 13% af. Zakelijk gebruik, zijnde dienstverlening, neemt wel licht toe.

Voor andere watervragende functies, zoals landbouw en natuur, zal de zoetwaterbehoefte door een toenemende frequentie, duur en intensiteit van droogte toenemen. In de contextscenario's is ervan uitgegaan dat het areaal natuur en landbouw gelijk blijft. De aanpassingen in de landbouw en natuur zijn in de contextscenario's relatief beperkt. Wel gaan de deltasceario's ervan uit dat het beregende areaal in dit scenario met 51% zal toenemen. Bovendien neemt de beregeningsgift voor landbouwgewassen toe bij de hogere neerslagtekorten (Witte et al., 2024). De kengetallen voor de contextscenario's zijn samengevat in Tabel 4.1.

*Tabel 4.1 Kengetallen voor de contextscenario's voor 2050 en 2100. 'Idem' is gebruikt bij aannames in dit onderzoek voor het betreffende zichtjaar, door een gebrek aan gegevens voor 2100.*

| Parameters                          | Nu                           | Beperkt (BRV-ref) |       | Sterk (SRV-ref) |       |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------|-----------------|-------|
|                                     |                              | 2050              | 2100  | 2050            | 2100  |
| <i>Inwoners (*10<sup>6</sup>)</i>   | 17,9                         | 18,6              | Idem  | 20,6            | idem  |
| <i>Hoofd. verbruik (l.p.p.p.d.)</i> | 128                          | 126               | Idem  | 134             | idem  |
| <i>Gem. jaartemp. (°C)</i>          | 10,5                         | +0,9              | +0,9  | +1,6            | +4,4  |
| <i>Gem. zomertemp. (°C)</i>         | 17,3                         | +1,2              | +1,2  | +2,1            | +5,1  |
| <i>Zomerse dagen (aantal)</i>       | 28                           | 39                | 39    | 46              | 98    |
| <i>Zeespiegelstijging (m)</i>       | -                            | +0,21             | +0,46 | +0,23           | +0,78 |
| <i>Beregend areaal (ha)</i>         | 399                          | +51%              | idem  | +95%            | idem  |
| <i>Max. neerslag-tekort (mm)</i>    | <i>Jaarl.</i>                | 160               | 181   | idem            | 216   |
|                                     | $\frac{1}{10}$ <i>Jaarl.</i> | 265               | 289   | idem            | 432   |

#### 4.1.2

##### *Sterk risicoverhogend (SRV-scenario)*

##### Klimaat en hoofdwatersysteem

In het contextscenario *sterk risicoverhogend* (SRV-scenario) worden er in Nederland en wereldwijd wel maatregelen genomen om broeikasgassen te verminderen, maar niet genoeg om klimaatverandering sterk te beperken. De uitstoot van broeikasgassen blijft hoog, wat leidt tot grotere weersextremen dan in het BRV-scenario. Klimaatverandering zet ook na 2050 door. In combinatie met een sterke verandering van het klimaatsysteem neemt de jaargemiddelde temperatuur ten opzichte van de referentieperiode 1991-2020 toe met +1,6°C in 2050 en +4,4°C in 2100, (zie Tabel 4.1).

In de zomer is een sterkere opwarming te zien van +2,1°C in 2050 en maar liefst +5,1°C in 2100. Hierdoor neemt het aantal zomerse dagen sterk toe, van 28 dagen naar gemiddeld 46 dagen in 2050 en zelfs 98 dagen in 2100. De zomers worden door toenemende verdamping en minder neerslag veel droger. Zo neemt het maximale neerslagtekort toe met +35% in 2050 en met +79% in 2100. In het SRV-scenario komen de zevendaagse minimumafvoeren van zowel Maas (–7% tot –17% in 2050 en –18% tot –27% in 2100) als Rijn (–8% tot –18% in 2050 en –20% tot –31% in 2100) lager te liggen, zie Buitink et al. (2023). Door de versterkte zeespiegelstijging van 23 cm in 2050 en 78 cm in 2100, kan verzilting van rivieren bij de lagere afvoeren sterker toenemen dan in het BRV-scenario.

#### Sociaaleconomische ontwikkelingen

In het SRV-scenario groeit zowel de economie als bevolking sterk. De economie groeit met ongeveer +2,1% per jaar. Mede door de bijbehorende arbeidsmigratie neemt de bevolking toe tot 20,6 miljoen mensen in 2050. Wegens het gebrek aan een prognose wordt voor 2100 van hetzelfde aantal uitgegaan. Wederom zal de sterkste groei plaatsvinden rond de (middel)grote steden, maar ook meer provinciale gebieden zien nu een lichte stijging in de bevolking (PBL & CBS, 2022). Om het hoge uiterste van de bandbreedte in de drinkwatervraag te bepalen, wordt in het SRV-scenario voor het hoofdelijk verbruik uitgegaan van de hoge prognose van Baggelaar et al. (2022). Dat wil zeggen dat de hoofdelijke drinkwatervraag groeit van 128 l.p.p.p.d. in 2021 naar 134 l.p.p.p.d. in 2050. Door de sterke bevolkingsgroei en de kleine besparing in de industriële drinkwatervraag neemt de nationale drinkwaterbehoefte dan sterk toe.

De toegenomen droge weersomstandigheden betekenen dat de concurrentie tussen drinkwater en andere watervragende functies (landbouw, koeling, etc.) groter wordt. Vooral in zomer neemt de watervraag sterk toe, terwijl de waterbeschikbaarheid sterk afneemt door zomerse droogte en lagere rivierafvoeren. In de landbouw zal bovendien sterker worden ingezet op irrigatie om de oogsten veilig te stellen. Hierdoor neemt het beregende areaal toe met 95%, bijna een verdubbeling. Bovendien betekent het hogere neerslagtekort dat de beregeningsgift hoger zal zijn. In het SRV-scenario is er sprake van een structurele mismatch tussen zoetwatervraag en -aanbod in de zomer (Mens et al., 2024; Mens & Janssen, 2026).

## 4.2 Huidig beleid

Voor de drinkwatervoorziening zijn de ontwikkeling van de drinkwatervraag, toekomstige bronkeuzes en de waterbeschikbaarheid van belang. In deze paragraaf wordt ingegaan op het huidige beleid van reductie van de drinkwatervraag (paragraaf 4.2.1), de inzet van drinkwaterbronnen (paragraaf 4.2.2) en de inrichting van het watersysteem (paragraaf 4.2.3).

### 4.2.1 Drinkwatervraag

De landelijke drinkwatervraag is van 1990 tot 2018 langzaam afgenomen door het zuiniger worden van toiletten en huishoudelijke apparaten (Baggelaar et al., 2022). Vanaf 2018 lijkt er echter een sterke

toename te zijn door de droge zomers en thuiswerken. In 2022 en 2023 was er echter een sterke daling in huishoudelijk verbruik, die waarschijnlijk samenhangt met de sterke stijging van de gasprijs (Algemene rekenkamer, 2025). Of dit lagere verbruik richting 2050 zal blijven moet nog blijken. Het ministerie van I&W is in 2024 met het *Nationaal plan van aanpak drinkwaterbesparing* (NPvA Drinkwaterbesparing) begonnen om groei van de drinkwatervraag te beperken, zie Bijlage 6 (Ministerie van I&W, 2024).

#### Huishoudelijke vraag

Doelstelling van het programma is om in 2035 een reductie in het hoofdelijk huishoudelijk verbruik te bewerkstelligen van 128 l.p.p.p.d. in 2021 (Bakker et al., 2022) tot 100 l.p.p.p.d., en een reductie van 20% in de zakelijke- en nijverheidsvraag. Huishoudelijk verbruik was in 2021 ongeveer 75% van de landelijke drinkwatervraag, en daarmee in potentie de belangrijkste besparingsmogelijkheid (Baggelaar et al., 2022). Vooralsnog wordt voor huishoudelijk verbruik in het NPvA Drinkwaterbesparing concreet ingezet op het stimuleren van waterbewust gedrag middels effectieve(re) communicatiecampagnes, het uitvoeren van proefprojecten met slimme watermeters, onderzoeken naar de effecten van prijsprikkels, en de inzet van waterbesparende technologie in huis.

De huidige maatregelen zijn daarmee in feite nog vrijblijvend. Koop et al. (2023) waarschuwen er bijvoorbeeld voor dat communicatie vaak een tijdelijk en beperkt effect heeft, en gaan uit van een tijdelijke besparing. Door het inzetten van slimme watermeters - indien volledig geïmplementeerd - wordt een besparing van 0,5 l.p.p.p.d. tot maximaal 2 l.p.p.p.d. op jaarbasis verwacht. Om deze redenen wordt voor ontwikkeling van het hoofdelijk verbruik in het BRV-scenario vooralsnog uitgegaan van een lichte afname van gemiddeld 128 l.p.p.p.d. nu naar 126 l.p.p.p.d. in 2050 en 2100. Dit is in lijn met de prognose van Baggelaar et al. (2022) en de deltasenario's (Janssen et al., 2024). In het SRV-scenario wordt dan uitgegaan van een mogelijke stijging van het verbruik naar 134 l.p.p.p.d., zoals in het hoge scenario van Baggelaar et al. (2022) wordt voorgesteld.

#### Nijverheidsvraag

Voor de nijverheidsvraag wordt in samenwerking met drinkwaterbedrijven gekeken naar onder meer besparingen in watervragende processen, het delen van kennis rondom waterbesparing en het overzetten van industriële klanten op een andere kwaliteit water, zie Bijlage 6. Drinkwaterbedrijven zijn nu al actief in het overzetten van nijverheid op andere waterbronnen, bijvoorbeeld industriewater dat wordt gemaakt uit gezuiverd afvalwater in plaats van uit zoet grondwater (Van Leerdam et al., 2025). De druk op de drinkwaterbronnen neemt zo af. Drinkwaterbedrijven voeren bovendien waterscans uit om bij water-intensieve processen te besparen. In totaal leveren de drinkwaterbedrijven nu rond de 150 Mm<sup>3</sup>/jaar aan de industrie (Baggelaar et al., 2022).

Gebaseerd op deze initiatieven zou de besparing op drinkwater in de industrie de komende decennia wel eens substantieel kunnen zijn. De industrie spreekt zelf de ambitie uit om in 2035 het drinkwaterverbruik

met 20% te hebben verminderd, en vervolgens zelfs verder te werken naar volledige circulariteit (VEMW, 2023). Alhoewel de besparing mogelijk hoger zou kunnen uitpakken, wordt hier uitgegaan van de conservatieve prognose door Baggelaar et al. (2022) en de deltasceario's, wat neerkomt op 13% besparing door de industrie. In navolging van de Deltascenario's geldt deze besparing voor alle toekomstscenario's, ongeacht de economische groei. Let wel: dit gaat om drinkwater geleverd door de drinkwaterbedrijven. Eigen onttrekking zal wel toenemen, afhankelijk van de economische groei in de Deltascenario's (Janssen et al., 2024). De genoemde maatregelen hebben ook een sterk vrijblijvend karakter. Aansturen op vermindering van drinkwatergebruik door middel van wetgeving is tot dusver achterwege gebleven.

#### 4.2.2 Drinkwaterbronnen

Qua drinkwaterbronnen is er op nationaal niveau momenteel een behoefte dekkende productiecapaciteit (Van Leerdam et al., 2023). Regionaal is er wel sprake van een negatieve operationele reserve. In 2030 is er waarschijnlijk 70 tot 100 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig om wel voldoende productiecapaciteit te hebben (Van Leerdam et al., 2023). Daarom is het ministerie van I&W in samenwerking met de provincies en de drinkwaterbedrijven het *Actieprogramma Beschikbaarheid Drinkwaterbronnen* begonnen (IPO et al., 2025). Hieruit komen acties voort om bestaande winvergunningen daadwerkelijk te operationaliseren en nieuwe bronnen te ontwikkelen. Op dit moment is er tot wel 1.540 Mm<sup>3</sup>/jaar aan vergunningsruimte beschikbaar, maar door winningsbeperkingen wegens natuurconvenanten, verzilting en de lagere geïnstalleerde zuiveringscapaciteit wordt de huidige landelijke maatgevende capaciteit geschat op ongeveer 1.355 Mm<sup>3</sup>/jaar (Van Leerdam et al., 2023).

Daarnaast zijn er ook plannen om nieuwe bronnen te ontwikkelen. Voor grondwaterwinningen zijn daartoe in veel provincies Aanvullende Strategische Voorraden (ASV's) aangewezen (Van Leerdam et al., 2025). Dit zijn gebieden waar, afhankelijk van lokaal beleid, in de komende decennia tot 250 Mm<sup>3</sup>/jaar extra grondwater kan worden gewonnen (Nijsten et al., 2022). Door de capaciteitsuitbreidingen, genoemd in de regionale acties uit het *Actieprogramma Beschikbaarheid Drinkwaterbronnen*, op te tellen blijkt dat er in 2030 in potentie 109 Mm<sup>3</sup>/jaar capaciteit bij zou kunnen komen ten opzichte van 2021. Met de additionele latere projecten zou dit kunnen oplopen tot +215 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2040. Veel projecten bevinden zich echter nog in de onderzoeksfase (Ministerie van I&W, 2025). Daarom is enkel uitgegaan van de meest concrete plannen, die al in een vergevorderd stadium zijn. Het gaan dan om 35 Mm<sup>3</sup>/jaar aan extra capaciteit. Daarmee komt de maatgevende productiecapaciteit op basis van de huidige vergunde en geïmplementeerde plannen in elk geval uit op 1.390 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2050. Als alle plannen die nu nog in onderzoek zijn doorgang vinden, zou dit in 2040 maximaal 1.570 Mm<sup>3</sup>/jaar kunnen zijn.

Wat toekomstige drinkwaterbronnen betreft laten Van Leerdam et al. (2025) zien dat er bij de drinkwaterbedrijven veel verschillende initiatieven lopen. Het gaat hierbij om een andere omgang met bronnen, bijvoorbeeld met de zogeheten multibronnenstrategie, waarbij

afhankelijk van kwantiteit en kwaliteit tussen grondwaterwater, oppervlaktewater of andere bronnen kan worden geschakeld. Ook wordt gekeken naar het (kleinschalig) infiltreren van oppervlaktewater bij grondwaterwinningen om negatieve omgevingseffecten van de winning te beperken. Oppervlaktewaterbedrijven breiden reserves en bekkens uit, om bij een verslechterde waterkwaliteit door lage rivierafvoeren de langduriger innamestops te overbruggen. Drinkwaterbedrijven installeren in toenemende mate geavanceerdere zuiveringsinstallaties, zoals omgekeerde osmose en actiefkoolfiltratie, om water tot de juiste kwaliteit op te kunnen zuiveren (De Waal & Hofman-Caris, 2021; Van Leerdam et al., 2025). Niet alleen organische microverontreinigingen kunnen zo worden verwijderd, maar met sommige technieken zou ook te zout water ( $>150 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$ ) kunnen worden ontzilt.

Daarnaast gaan drinkwaterbedrijven potentiële onconventionele bronnen ontwikkelen. Dit zijn alle bronnen die **geen** zoet grond- en oppervlaktewater zijn (Riemer et al., 2021). Er lopen nu verschillende proefprojecten en initiatieven om onconventionele bronnen voor brak grondwater, zeewater en gebruik van effluent van RWZI's (rioolwaterzuiveringsinstallatie) te ontwikkelen of de mogelijkheden ervan te verkennen. De huidige inzet is nog beperkt. Van Leerdam et al. (2025) schatten op basis van de huidige initiatieven dat onconventionele bronnen in 2050 in ten hoogste 5% van drinkwaterbehoefte zullen voorzien. De meeste nieuwe bronnen zullen dus nog steeds conventionele bronnen zijn. Alleen de provincie Noord-Brabant stelt geen uitbreiding van grondwaterwinning te zullen toestaan. Indien uitbreiding van de productiecapaciteit noodzakelijk wordt, zal beleidsmatig ingezet worden op onconventionele bronnen (BBG, 2024; Provincie Noord-Brabant, 2024; IPO et al., 2025).

#### 4.2.3 *Watersysteem: oppervlaktewater en grondwater*

Het Deltaplan Zoetwater (Rijk der Nederlanden, 2021) is gebruikt als basis voor de analyse van het huidige beleid op het vlak van zoetwater. Het overkoepelende doel van het Deltaprogramma Zoetwater is te zorgen dat Nederland in 2050 weerbaar is tegen watertekorten. Daarvoor is een Uitvoeringsprogramma opgezet, waarin verschillende *zoetwaterregio's* worden onderscheidden. Het gaat om Noord-Nederland, West-Nederland, Zuidwestelijke delta, de hoge zandgronden in het oosten en zuiden, en het riviereengebied. Een groot deel van de investeringen is voorzien voor het vasthouden van meer water op de hoge zandgronden. Het vastgestelde en gefinancierde pakket maatregelen loopt tot 2027. Meer strategische keuzes worden in het programma voorbereid en onderzocht. Het is nog niet bekend of deze keuzes daadwerkelijk worden geïmplementeerd. Ze kunnen daarom niet worden meegenomen in de beschrijving van het huidig beleid.

Voor oppervlaktewater zijn er een aantal belangrijke waterbesparende maatregelen. Zo wordt tijdens het schutten van sluizen het indringen van zout water beperkt, onder meer bij Delfzijl, de Maas en het IJsselmeer. Daarnaast wordt ingezet op 'slim watermanagement', waarbij water zo gericht mogelijk naar plekken gestuurd waar de nood het hoogst is wordt. In tijden van zoetwaterschaarste is de verdringingsreeks uit 2004 (Minister van I&W, 2004) een belangrijke leidraad om te bepalen welke functie de hoogste prioriteit heeft. en

daarom het schaarse water ontvangt (Figuur 4.1). De drinkwatervoorziening valt in categorie 2, en staat daarmee relatief hoog in de verdringingsreeks.

Figuur 4.1 Verdringingsreeks voor gebruik van zoetwater bij schaarste. Overgenomen van Kennisportaal klimaatadaptatie (2018).



### 4.3 Aanvullende adaptatiescenario's

#### 4.3.1 Intensiveren (I-scenario's)

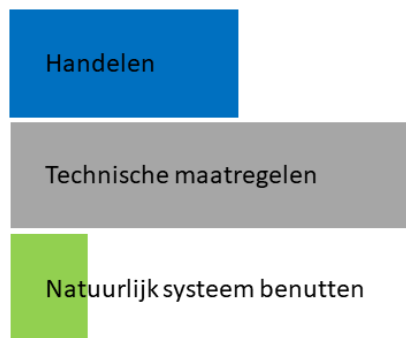
Het adaptatiescenario *Intensiveren* probeert zoveel mogelijk met technische middelen het huidige systeem aan te passen aan klimaatverandering (Figuur 4.2). De overheid neemt hierbij een minder sturende rol in dan bij het scenario *Transformeren*. Relatief veel klimaatadaptatie moet dan ook via autonome, sectorale adaptatie plaatsvinden. Functies blijven zoveel mogelijk behouden op dezelfde plaats, waardoor er een sterke focus ligt op technische maatregelen. Maatregelen zijn ook meer sectoraal ingestoken, om zo specifieke effecten van klimaatverandering te beperken. Hierdoor neemt de gevoeligheid van de drinkwatervoorziening voor klimaatverandering af, maar verbetert de klimaatrobuustheid van het systeem weinig. Veranderingen in dit scenario zijn meer stapsgewijs, en alleen waar het efficiënt is worden ook ruimtelijke maatregelen genomen. Het scenario sluit aan bij het eerder ontwikkelde PBL-scenario 'Mondiaal ondernemend' (Hamers et al., 2023).

#### Drinkwatervraag

In dit scenario gaat de overheid in de basis uit van de eigen verantwoordelijkheid van de burger. Er worden geen verplichtende maatregelen genomen om de drinkwatervraag te verminderen. Er wordt uitgegaan van de maatregelen in maatregelpakket A uit Koop et al. (2023). Hierbij worden er vanuit overheid, provincies en drinkwaterbedrijven communicatiecampagnes opgestart, waarin bijvoorbeeld gebruik van de kleine wc-knop wordt gestimuleerd en er wordt aangezet tot korter douchen. Ook worden slimme watermeters geïntroduceerd, zodat huishouden zelf hun verbruik kunnen bijhouden. In totaal neemt het drinkwaterverbruik hierdoor met 9 l.p.p.p.d. af (Koop et al., 2023). Dit betekent een afname in het hoofdelijk verbruik tot 117 l.p.p.p.d. in scenario BRV-I (BRV-scenario met intensiverende adaptatiemaatregelen) en naar 125 l.p.p.p.d. in scenario SRV-I (BSRV-

scenario met intensiverende adaptatiemaatregelen). Daarmee ligt er een grotere drinkwateropgave dan in het adaptatiescenario *Transformeren*.

*Figuur 4.2 Schematische weergave van de nadruk in adaptatie voor het aanvullende adaptatiescenario intensiveren. Illustratie gemaakt door het PBL.*



#### Drinkwaterbronnen

In dit adaptatiescenario worden de beleidsplannen zoals vastgelegd in het Actieprogramma beschikbaarheid drinkwaterbronnen zoveel mogelijk uitgevoerd, afhankelijk van de toename in de drinkwatervraag. Dit betekent het operationaliseren van de bestaande winvergunning waar dat mogelijk is, en het in gebruik nemen van de ASV-gebieden. In een toegenomen vraag wordt hoofdzakelijk voorzien door het uitbreiden van conventionele bronnen en zeer beperkt door de inzet van onconventionele bronnen, zoals beschreven in Van Leerdam et al. (2025). Door het in gebruik nemen van nieuwe bronnen breidt het geografische gebied waar grondwaterwinning plaatsvindt zich uit. Uitzondering hierop is de provincie Noord-Brabant, waar uitbreiding zal gaan plaatsvinden met onconventionele bronnen (zie paragraaf 4.2.2).

Drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken voor de drinkwaterproductie, breiden hun voorraadbekkens en duinreserves flink uit om langdurige droge perioden te kunnen overbruggen. Ook zetten de oppervlaktewaterbedrijven in op geavanceerdere zuiveringstechnologieën, om bij een verslechterde rivierwaterkwaliteit toch nog drinkwater te kunnen produceren.

#### Gebouwde omgeving, natuur, landbouw en watersysteem

De internationale concurrentiepositie van de landbouw blijft in dit scenario sterk, ook doordat de landbouwcondities in veel andere delen van de wereld relatief slechter worden. Nederland blijft produceren voor de EU en wereldmarkt. De huidige landbouwgebieden blijven op dezelfde plek bestaan. Een belangrijke autonome adaptatie in de landbouw is de grootschalige inzet op (druppel)beregening en het opslaan van water, bijvoorbeeld in bassins en ondergronds. Zo kan een goede oogst ook bij grotere neerslagtekorten worden gegarandeerd. Er wordt slechts beperkt ingezet op het tegengaan van veenoxidatie, en het peil wordt verhoogd naar maximaal 40 cm onder maaiveld. Het watersysteem blijft sterk gericht op afvoer, al worden er wel waterbergingsgebieden aangewezen om de waterveiligheid te garanderen bij hoge rivierafvoeren en veel neerslag. Om verzilting tegen te gaan, worden

waterbesparende oplossingen gezocht bij sluizen. Ook wordt het peil van het IJsselmeer opgehoogd.

Om opwarming van het distributienet tegen te gaan, in dit scenario worden leidingen bij vervanging zo veel mogelijk verlegd naar de schaduwkant van straten. Afhankelijk van het materiaal en lokale omstandigheden kent het leidingnet een vervangingstijd die wel tot 100 jaar kan oplopen. Deze maatregel zal daardoor niet werkelijk voor 2050 kunnen worden afgerond. Daarnaast worden boven leidingtracés in het stedelijk gebied poreuze tegels gelegd, waardoor meer water kan infiltreren. Zo neemt de warmtecapaciteit van de bodem toe en warmt ze minder snel op tijdens warme perioden. Een overzicht van de maatregelen is gegeven in Bijlage 7, en de belangrijkste kengetallen zijn gegeven in Tabel 4.2.

*Tabel 4.2 Kengetallen voor de intensiverende scenario's voor 2050 en 2100. Idem is gebruikt bij aannames in dit onderzoek voor het betreffende zichtjaar, door een gebrek aan gegevens voor zichtjaar 2100.*

| Parameters                   |             | Nu   | Beperkt (BRV-I) |       | Sterk (SRV-I) |       |
|------------------------------|-------------|------|-----------------|-------|---------------|-------|
|                              |             |      | 2050            | 2100  | 2050          | 2100  |
| Inwoners (*10 <sup>6</sup> ) |             | 17,9 | 18,6            | idem  | 20,6          | idem  |
| Hoofd. verbruik (l.p.p.p.d.) |             | 128  | 117             | idem  | 125           | idem  |
| Gem. jaartemp. (°C)          |             | 10,5 | +0,9            | +0,9  | +1,3          | +4,4  |
| Gem. zomertemp. (°C)         |             | 17,3 | +1,2            | +1,2  | +2,1          | +5,1  |
| Zomerse dagen (aantal)       |             | 28   | 39              | 39    | 46            | 98    |
| Zeespiegelstijging (m)       |             | -    | +0,21           | +0,46 | +0,23         | +0,78 |
| Max. neerslag-tekort (mm)    | Jaarl.      | 160  | 181             | 181   | 216           | 286   |
|                              | 10-Jaarlyks | 265  | 289             | 289   | 344           | 432   |

#### 4.3.2 Transformeren (T-scenario's)

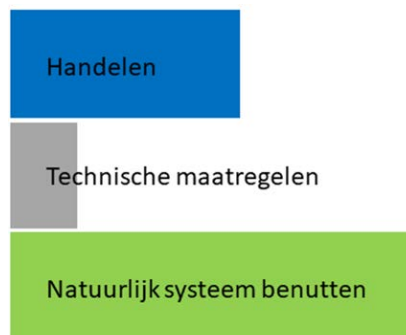
Het aanvullende adaptatiescenario *Transformeren* focust op het klimaatrobuust inrichten van de Nederlandse natuurlijke systemen (Figuur 4.3). Dit vraagt om ruimtelijke oplossingen die transformatief van aard zijn. Structurele, integrale oplossingen hebben de voorkeur boven technologische, sectorale oplossingen. Water-en-bodem-sturend wordt zo veel mogelijk als leidend principe gehanteerd (Ministerie van I&W, 2023). Activiteiten worden zodanig ingericht en verplaatst dat er bij voorbaat minder impact van klimaatverandering is te verwachten. Het scenario sluit aan bij het natuurinclusieve scenario "Groen land" uit de ruimtelijke verkenning van het PBL (Hamers et al., 2023).

##### Drinkwatervraag

In het Transformerende scenario stuurt de overheid met verplichtende maatregelen aan op grootschalige besparing van drinkwater door huishoudens. Hierbij is uitgegaan van maatregelenpakket C uit Koop et al. (2023). Maatregelen bestaan bijvoorbeeld uit verplichte cascadering van douchewater bij huishoudens en het gebruik van regenwater voor buitenkraan en toilet (zie ook Bijlage 8). Ook wordt het marktaanbod vanuit de overheid gestuurd naar waterzuinige douches. Door het maatregelenpakket neemt het hoofdelijk drinkwaterverbruik rigoureus af

met 31 l.p.p.p.d. ten opzichte van het referentiescenario (paragraaf 4.1), oftewel naar 95 l.p.p.p.d. in 2050 en 2100 in scenario BRV-T (beperkte contextscenario met transformerend beleid) en naar 103 l.p.p.p.d. in scenario SRV-T (sterke contextscenario met transformerend beleid). (Ministerie van I&W, 2024)

*Figuur 4.3 Schematische weergave van de nadruk op adaptatie voor het aanvullende adaptatiescenario transformeren. Illustratie gemaakt door het PBL.*



#### Drinkwaterbronnen

In eerste instantie zet dit adaptatiebeleid in op het zo veel mogelijk besparen van drinkwater. Daarnaast wordt geprobeerd de bestaande winningen zo veel mogelijk te behouden door (natuurlijke) infiltratie van regen- en oppervlaktewater rondom de winningen zo veel mogelijk te faciliteren. Mogelijke maatregelen zijn bijvoorbeeld het laten hermeanderen van beken, het verhogen van het grondwaterpeil en het aanleggen van waterbergingsgebieden. Indien de drinkwaterbesparing groot genoeg is, kunnen grondwaterwinningen in de buurt van kwetsbare natuur worden verminderd.

Om mogelijk langdurigere lage afvoeren beter te kunnen overbruggen, breiden oppervlaktewaterbedrijven hun bekkens uit. Nieuwe bekkens worden hierbij zo veel mogelijk natuurinclusief ontworpen (PWN, 2024a). Verder wordt het peil van het IJsselmeer nog verder verhoogd. Drinkwaterbedrijven zetten in op geavanceerdere zuiveringstechnologieën, om zo bij een verslechterde rivierwaterkwaliteit toch nog drinkwater te kunnen produceren. Op plaatsen waar oppervlaktewater aanwezig is, gebruiken de drinkwaterbedrijven dit om het onttrokken grondwater middels kunstmatige infiltratie zo veel mogelijk aan te vullen.

#### Gebouwde omgeving, natuur, landbouw en watersysteem

De maatregelen die worden genomen in de sectoren bebouwde omgeving, waterkwantiteit en landbouw pakken ook goed uit voor de drinkwatervoorziening. Zo wordt ingezet op een blauwgroene dooradering van het stedelijk en landelijk gebied. Daarnaast komt er ook meer ruimte voor overloopgebieden en waterbuffers. Deze dienen om water bij zware buien en hoge waterstanden te bergen, maar dragen ook bij aan infiltratie naar het grondwater.

Dit is ook nodig omdat er in dit scenario geen aanvoer meer is van oppervlaktewater voor de landbouw. Verder zet de landbouw in op het telen van meer droogteresistente en zilt-tolerante gewassen, zoals zilte

aardappel, lamsoor en zeekraal. Dit kan bijvoorbeeld plaatsvinden tussen dubbele dijken en langs de Westerschelde. Bovendien wordt de veehouderij door strengere regels op het vlak van waterkwaliteit en stikstof geëxtensiverd. Hierdoor wordt ook een gedeelte van de agrarische grond omgezet naar natuur. De landbouwsector in Nederland wordt daarnaast natuurinclusief en grondgebonden, en gaat circulair met grondstoffen om. In verdroogde gebieden komt er een beperking van grondwateronttrekkingen voor de landbouw. Verder wordt het peil in de veenweidegebieden opgehoogd naar maximaal 20 cm vanaf maaiveld. Doordat de kwelstroom in de zomers toeneemt, kunnen ook kleinere rivieren als de Drentsche Aa en Overijsselse Vecht langer redelijke afvoeren behouden. Daarmee behouden zij langer hun drinkwaterfunctie.

In de bebouwde omgeving komt er meer aandacht voor het tegengaan van stedelijke hitte-eilanden. Er wordt gebruikgemaakt van ecosysteemdiensten door meer groen-en-blauw in de stad aan te leggen. Hierdoor gaan ook de stedelijke grondwaterstanden omhoog, met als gevolg dat de warmtecapaciteit van de bodem toeneemt en deze minder snel opwarmt. Drinkwaterbedrijven proberen de leidingtracés zo veel mogelijk met groene stroken te combineren. Ook worden leidingen zo veel mogelijk aan de schaduwkant van straten gelegd, al is dit een proces van misschien wel 100 jaar. Een overzicht van de maatregelen is gegeven in Bijlage 8. De belangrijkste kengetallen van de transformerende scenario's zijn samengevat in Tabel 4.3.

*Tabel 4.3 Kengetallen voor de aanvullende adaptatiescenario's, behorend bij de transformerende scenario's voor 2050 en 2100. Idem is gebruikt bij aannames in dit onderzoek voor het betreffende zichtjaar, vanwege een gebrek aan gegevens uit andere scenario-studies.*

| Parameters                   | 2024      | Beperkt (BRV-T) |       | Sterk (SRV-T) |       |
|------------------------------|-----------|-----------------|-------|---------------|-------|
|                              |           | 2050            | 2100  | 2050          | 2100  |
| Inwoners (*10 <sup>6</sup> ) | 17,9      | 18,6            | idem  | 20,6          | idem  |
| Hoofd. verbruik (l.p.p.p.d.) | 128       | 95              | idem  | 103           | idem  |
| Gem. jaartemp. (°C)          | 10,5      | +0,9            | +0,9  | +1,3          | +4,4  |
| Gem. zomertemp. (°C)         | 17,3      | +1,2            | +0,9  | +2,1          | +5,1  |
| Zomerse dagen (aantal)       | 28        | 39              | 39    | 46            | 98    |
| Zeespiegelstijging (m)       | -         | +0,21           | +0,46 | +0,23         | +0,78 |
| Max. neer-slagtekort (mm)    | Jaarl.    | 160             | 181   | 216           | 286   |
|                              | 10-Jaarl. | 265             | 289   | 344           | 432   |

#### 4.4 Samenvatting scenario's

De volgende thema's zijn de belangrijkste ontwikkelingen voor klimaatrisico's op het gebied van de drinkwatervoorziening:

1. De drinkwatervraag
2. Gebruik van drinkwaterbronnen
3. De algemene waterbeschikbaarheid, die mede afhankelijk is van natuur en landbouw.

Dit is samengevat voor de scenario's in Tabel 4.4.

*Tabel 4.4 Overzichtstabel met een beschrijving van de ontwikkeling van de verschillende thema's in de scenario's voor 2050 en 2100.*

| Thema                                 | Scenario |                                                                                          |                                                                                      |                                                                                            |
|---------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       |          | Context+<br>huidig beleid                                                                | Intensiveren                                                                         | Transformeren                                                                              |
| Huishoudelijke<br>drinkwatervraag     | Beperkt  | 126 l.p.p.p.d. en<br>18,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: BRV-ref</b>                          | 117 l.p.p.p.d. en<br>18,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: BRV-I</b>                        | 95 l.p.p.p.d. en<br>18,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: BRV-T</b>                               |
|                                       | Sterk    | 134 l.p.p.p.d. en<br>20,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: SRV-ref</b>                          | 125 l.p.p.p.d. en<br>20,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: SRV-I</b>                        | 103 l.p.p.p.d. en<br>20,6 mil. Inw.<br><br><b>Naam: SRV-T</b>                              |
| Drinkwater-<br>bronnen                |          | +35 Mm <sup>3</sup> /jaar,<br>productiecapaciteit<br>uitsluitend<br>conventioneel.       | Uitbreiding vooral<br>d.m.v.<br>conventionele<br>bronnen, beperkt<br>onconventioneel | Vasthouden aan<br>huidige<br>winningen, inzet<br>op water<br>vasthouden en<br>infiltreren. |
| Algemene<br>water-<br>beschikbaarheid | Beperkt  | Neemt iets af. Zomers worden licht droger en zeer droge<br>zomers komen iets vaker voor. |                                                                                      |                                                                                            |
|                                       | Sterk    | Droge zomers worden de norm en ongekend droge zomers<br>gaan voorkomen.                  |                                                                                      |                                                                                            |

## 5 Drinkwatervraag en brongebruik

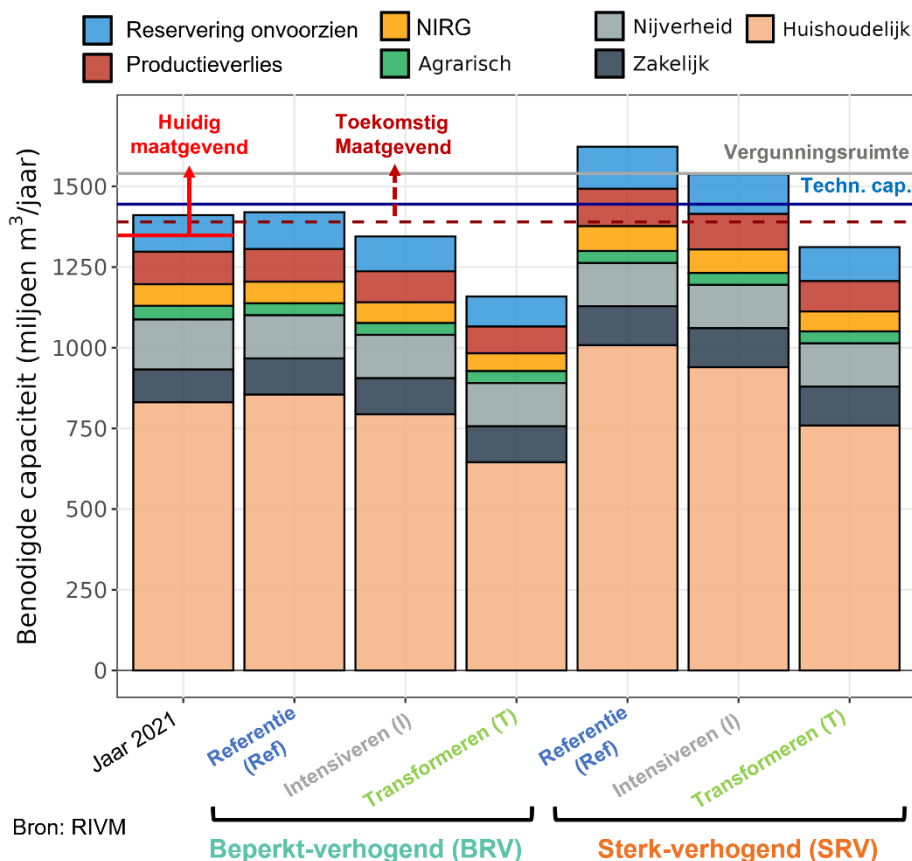
Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de berekening van de drinkwatervraag voor het zichtjaar 2050 bij de verschillende scenario's. De effecten van de besparingsmaatregelen uit de toekomstscenario's (hoofdstuk 4) zijn gekwantificeerd voor de landelijke vraag (paragraaf 5.1), de huishoudelijke vraag per leveringsgebied (5.2) en de verandering in vraag uitgesplitst naar type bron (5.4). Paragraaf 5.3 schetst een beeld van de huidige regionale knelpunten in de drinkwaterlevering.

### 5.1 Landelijk beeld drinkwatervraag

Op basis van de beschreven werkwijze in paragraaf 2.3.1 en de toekomstscenario's in hoofdstuk 4, is een berekening gemaakt van de landelijk drinkwaterbehoefte bij de verschillende scenario's (Figuur 5.1).

De drinkwaterbehoefte is uitgesplitst in zes componenten, waarvan huishoudelijk gebruik de grootste is. Huishoudelijk gebruik bedroeg in 2021 73% van de totale netto-drinkwaterbehoefte van 1.120 Mm<sup>3</sup>/jaar. Zakelijk verbruik (9%), nijverheidsverbruik (14%) en agrarisch verbruik (4%) zijn de andere componenten in de drinkwatervraag. Hier bovenop kwamen nog verliezen in productie en distributie, waardoor de strikt benodigde waterwinning in totaal op 1.284 Mm<sup>3</sup>/jaar uitkwam. De huidige maatgevende capaciteit van de Nederlandse drinkwatersector ligt op zo'n 1.355 Mm<sup>3</sup>/jaar (Van Leerdam et al., 2023). Landelijk gezien was er in 2021 daarmee een capaciteitsoverschot van ~5%. Dit is lager dan de beoogde 10% voor onvoorziene omstandigheden. Alhoewel er landelijk voldoende kon worden geleverd, is er daarmee wel sprake van een negatieve operationele reserve van -5% (zie paragraaf 2.3.1 voor een toelichting).

**Figuur 5.1 Drinkwatervraagcomponenten en de benodigde productiecapaciteit bij de huidige toestand (referentiejaar 2021) en voor de verschillende toekomstscenario's voor 2050/2100.** De doorgetrokken lijnen geven de huidige maatgevende capaciteit (rode lijn), de technische capaciteit (blauwe lijn) en de vergunningsruimte (grijze lijn) aan. Gegevens afkomstig uit Van Leerdam et al. (2023). De rode stippellijn geeft de toekomstige maatgevende capaciteit aan op basis van de huidige plannen voor productie-uitbreiding, zie paragraaf 4.2.2.



In scenario BRV-ref (zie hoofdstuk 4) nemen de zakelijke en huishoudelijke vraag beperkt toe door een groei van de bevolking naar 18,6 miljoen inwoners. Door de kleine daling in de hoofdelijke vraag (van 128 l.p.p.p.d. naar 126) en een daling van 13% in de vraag vanuit de nijverheid neemt de netto drinkwatervraag slechts beperkt toe tot 1.138 Mm<sup>3</sup>/jaar. Omdat de maatgevende capaciteit in elk geval wordt uitgebreid met 35 Mm<sup>3</sup>/jaar tot 1.390 Mm<sup>3</sup>/jaar (zie paragraaf 4.2.2) is de operationele reserve in 2050 en 2100 iets toegenomen ten opzichte van 2021. De operationele reserve is wel nog negatief en bedraagt –3% van de netto drinkwaterbehoefte. De productiecapaciteit blijft daarmee krap ten opzichte van de vraag, maar er is geen sprake van absolute tekorten. Bij alle toekomstscenario's is ervan uitgegaan dat de huidige winningen in 2050 en 2100 nog goed bruikbaar zijn. Daarvoor is het wel nodig dat de huidige winningen goed beschermd blijven, om zo wincapaciteit en kwaliteit van de bronnen te waarborgen. In de huidige toestand is er al een substantieel aantal winningen waarbij de toestand kan worden verbeterd (Van Driezum et al., 2020).

De operationele reserve neemt bij aanvullend besparingsbeleid verder toe. In scenario BRV-I wordt drinkwaterbesparing gestimuleerd met bijvoorbeeld slimme watermeters en communicatiecampagnes, waardoor het hoofdelijk verbruik daalt naar 117 l.p.p.p.d. De landelijke operationele reserve neemt dan toe naar +4% van de netto drinkwaterbehoefte. De productiecapaciteit ten opzichte van de vraag ligt daarmee ruim boven de veiligheidsmarge die drinkwaterbedrijven hanteren. In scenario BRV-T wordt met verplichtende maatregelen een verdere daling naar 95 l.p.p.p.d. bewerkstelligd. De operationele reserve neemt dan, bij behoud van de maatgevende capaciteit, toe naar maar liefst +24% van de netto drinkwaterbehoefte.

In scenario SRV-ref is sprake van een sterke bevolkingsgroei tot 20,6 miljoen inwoners en een verhoogde hoofdelijke vraag van 134 l.p.p.p.d. De netto drinkwaterbehoefte in 2050 en 2100 neemt dan toe met 170 Mm<sup>3</sup>/jaar, naar 1.310 Mm<sup>3</sup>/jaar. De noodzakelijke productiecapaciteit (inclusief distributie- en productieverlies en de onvoorziene opslag) is dan zelfs 1.654 Mm<sup>3</sup>/jaar. Dat is zo'n 300 Mm<sup>3</sup>/jaar meer dan in BRV-ref. Bij de maatgevende capaciteit van 1.390 Mm<sup>3</sup>/jaar betekent dit een tekort van ~260 Mm<sup>3</sup>/jaar, oftewel een negatieve operationele reserve van -18% van de netto drinkwaterbehoefte.

Zonder uitbreiding van bronnen om aan de vraag te voldoen, zullen winningsvergunningen flink gaan worden overschreden. Om een positieve operationele reserve te bereiken, zou de maatgevende capaciteit moeten worden verhoogd naar minstens 1.654 Mm<sup>3</sup>/jaar. Als alle onderzochte initiatieven uit het *actieprogramma beschikbaarheid drinkwaterbronnen* (IPO et al., 2025) kunnen worden gerealiseerd (totaal 1.570 Mm<sup>3</sup>/jaar, zie paragraaf 4.2.2), zou er echter nog steeds een negatieve operationele reserve van -4% bestaan. De uitdaging is bij een sterke bevolkingsgroei dus groot.

Aanvullend besparingsbeleid helpt om tekorten te verminderen. In scenario SRV-I neemt het hoofdelijk verbruik af naar 126 l.p.p.p.d. De negatieve operationele reserve is dan nog steeds -12% van de netto drinkwaterbehoefte. Dit is niet voldoende om in de netto drinkwaterbehoefte en productie- en distributieverliezen te voorzien. Bij scenario SRV-T neemt het hoofdelijk verbruik zeer sterk af, naar 103 l.p.p.p.d. De operationele reserve is dan +4% van de netto drinkwaterbehoefte. Oftewel: landelijk gezien is het dan ondanks de sterke bevolkingsgroei wel mogelijk om aan de drinkwaterbehoefte te voldoen.

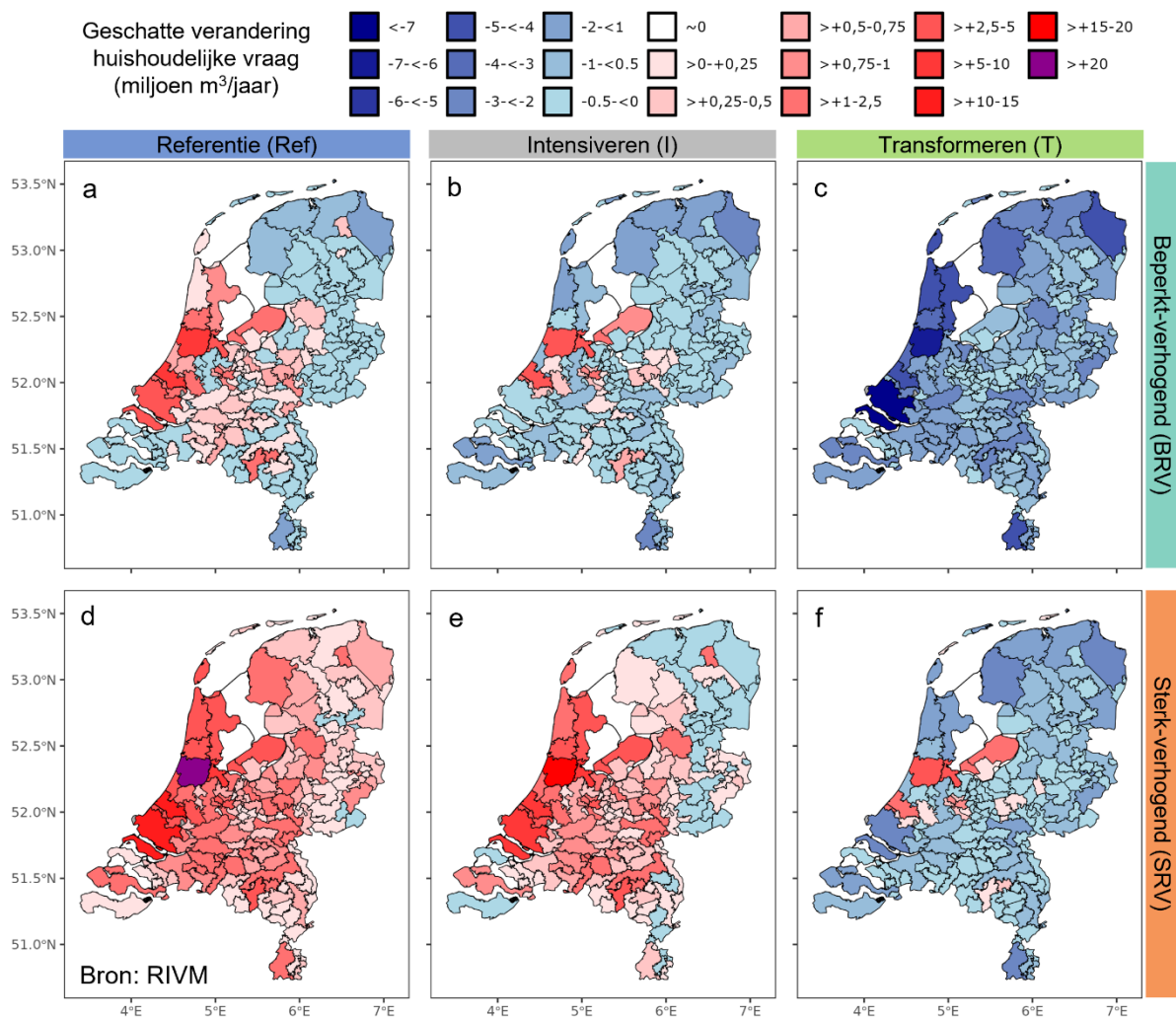
## 5.2 **Geschatte regionale huishoudelijke drinkwaterbehoefte**

Naast de landelijke behoefte is het belangrijk waar regionaal bevolkingsgroei of bevolkingskrimp plaatsvindt. Er bestaan immers lokaal al wel tekorten (Van Leerdam et al., 2023). In de toekomst kunnen die ook op andere plekken ontstaan, bijvoorbeeld door een lokaal sterke verhoging van de vraag, in combinatie met een beperkte aanwezigheid van geschikte drinkwaterbronnen (Van der Aa et al., 2015).

In deze paragraaf wordt een schatting gegeven van het regionale huishoudelijke verbruik bij de verschillende bevolkingsprognoses. Huishoudelijk gebruik is de belangrijkste component in de ontwikkeling van de totale drinkwaterbehoefte (~73% van de netto drinkwaterbehoefte, zie (Figuur 5.1). Daarmee geeft deze schatting een beeld van waar de meeste capaciteit nodig zal worden. Let wel: mogelijk zijn er enkele specifieke leveringsgebieden waar de huishoudelijke vraag slechts een beperkt inzicht geeft in de ontwikkeling van de totale vraag, vanwege een dominante aanwezigheid van nijverheid of agrarische gebruikers.

Voor het in beeld brengen van de ontwikkeling van de regionale behoefte is eerst een schatting van de huidige vraag per leveringsgebied gemaakt, op basis van het aantal inwoners en het huidige landelijk gemiddelde hoofdelijk verbruik van 128 l.p.p.p.d., zie Bijlage 9. Deze schatting is vervolgens vergeleken met de schattingen voor de jaren 2050/2100, op basis van de bevolkingsprognoses en het hoofdelijk verbruik in de verschillende scenario's. Figuur 5.2 toont de geschatte verandering in de huishoudelijke vraag per leveringsgebied.

**Figuur 5.2** Schatting verandering in huishoudelijk drinkwaterverbruik per leveringsgebied voor de verschillende scenario's in 2050/2100 ten opzichte van referentiejaar 2021. **(a-c)** BRV-scenario's en **(d-f)** SRV-scenario's. Schatting is gebaseerd op bevolkingsgroei of -krimp en het hoofdelijk verbruik, zie formule 1 (paragraaf 2.3.2). Het hoofdelijk verbruik is als volgt: **(a)** BRV-ref, 126 l.p.p.p.d.; **(d)** SRV-ref, 134 l.p.p.p.d., voor de aanvullende adaptatiescenario's intensiveren: **(b)** BRV-I, 117 l.p.p.p.d.; **(e)** SRV-I, 125 l.p.p.p.d. en voor transformeren: **(c)** BRV-T, 95 l.p.p.p.d.; **(f)** SRV-T, 103 l.p.p.p.d.



In scenario BRV-ref vindt er bevolkingsgroei plaats in 85 van de 166 leveringsgebieden, zie Bijlage 9. Door de kleine drinkwaterbesparing van 2 l.p.p.p.d. bij huidig beleid is er groei van de huishoudelijke vraag in 75 van de 166 leveringsgebieden (Figuur 5.2a). Groei vindt vooral plaats in het westen van het land, en in grotere provinciesteden en de bijbehorende randgemeenten. In scenario BRV-I neemt het hoofdelijk drinkwaterverbruik met 7% af tot 117 l.p.p.p.d., en in slechts 30 leveringsgebieden is er dan een stijging in de huishoudelijke vraag (Figuur 5.2b). Bij een verdere reductie van het hoofdelijk verbruik in scenario BRV-T, naar 95 l.p.p.p.d., een daling van maar liefst 26%, vertonen alle leveringsgebieden een lagere vraag dan nu (Figuur 5.2c).

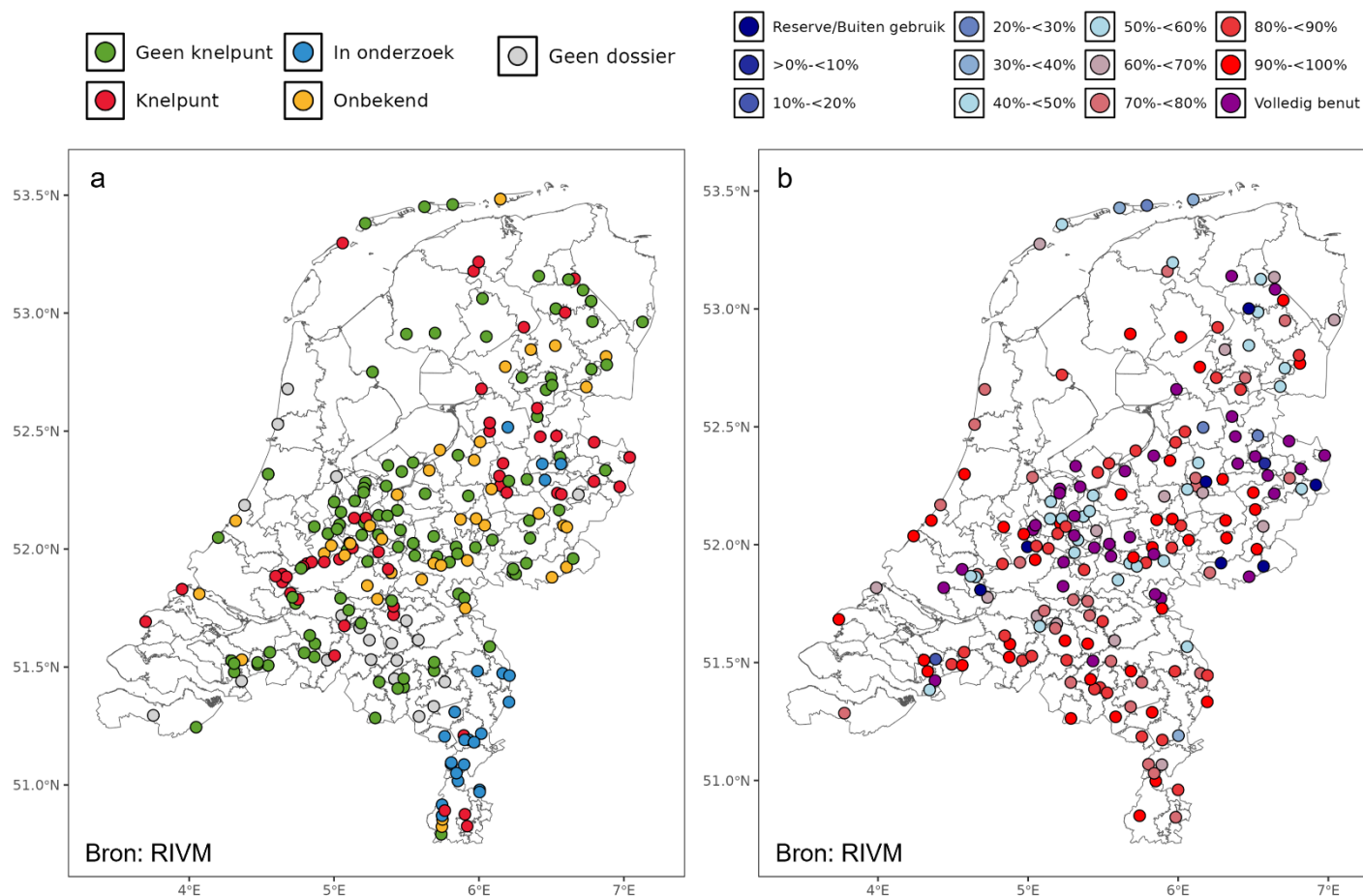
In scenario SRV-ref neemt de bevolkingsgroei sterker toe en daalt in slechts 19 leveringsgebieden de bevolking licht, zie Bijlage 10. Doordat de drinkwatervraag stijgt met 6% naar 134 l.p.p.p.d. neemt de huishoudelijke drinkwatervraag in 161 van de 166 leveringsgebieden toe (Figuur 5.2d). De bevolkingsgroei is zo sterk dat de besparing in scenario SRV-I, tot 125 l.p.p.p.d., in slechts 32 leveringsgebieden ook tot een daling in de huishoudelijke vraag leidt (Figuur 5.2e). De zeer sterke daling in het SRV-T scenario naar 103 l.p.p.p.d. leidt wel tot een daling in 142 van de 166 leveringsgebieden (Figuur 5.2f). Enkel rond de grootste groeisteden - Amsterdam, Den Haag, Utrecht en Eindhoven - is er dan nog een toename in huishoudelijke vraag.

### 5.3 Huidige knelpunten drinkwaterproductie

De regionale schatting van de huishoudelijke drinkwatervraag (Figuur 5.2) laat zien dat het landelijke beeld op regionaal niveau genuanceerder is. Zo zijn er in scenario's met een landelijk gezien sterke daling in de vraag nog steeds leveringsgebieden waar de huishoudelijke vraag kan toenemen. Dit is van belang omdat drinkwater, met name vanuit grondwater, regionaal wordt gewonnen en geleverd.

Uit Van Driezum et al. (2020) is bekend dat er bij 23% van de winningen knelpunten zijn, waardoor de vergunde winningscapaciteit niet volledig kan worden benut (Figuur 5.3a). Het kan dan bijvoorbeeld gaan om de aanwezigheid van natuurgebieden waardoor winning wordt beperkt, om aanwezige verontreinigingen of om het aantrekken van dieper zilt water. Bij 10% van de winningen wordt nog onderzocht of er mogelijk sprake is van een knelpunt, bijvoorbeeld omdat er bij volledige benutting van de vergunning misschien toch invloed is op Natura2000-gebieden. Daarnaast is vanuit de gebiedsdossiers soms niet duidelijk wat de reden is waarom de vergunningsruimte niet volledig wordt benut.

**Figuur 5.3** Overzicht van benutte winningscapaciteit en knelpunten. **(a)** Overzicht knelpunten per winput, overgenomen uit Van Driezum et al. (2020). Geen knelpunt (groen) betekent dat vergunde ruimte ook daadwerkelijk kan worden gewonnen; knelpunt (rood) betekent dat winning beperkt is door bijvoorbeeld verzilting of natuurconvenanten; in onderzoek (blauw) betekent dat nog niet duidelijk is of de winning mogelijk beperkt is, bijvoorbeeld omdat die invloed heeft op een Natura 2000 gebied; onbekend (grijs) betekent dat er minder wordt gewonnen, maar dat nog onduidelijk is of dit door een knelpunt komt; **(b)** de benutte capaciteit van de huidige vergunningsruimte per productiestation, gebaseerd op jaar 2021, gegevens uit Van Leerdam et al. (2023).



Naast de knelpunten laat Van Leerdam et al. (2023) zien dat veel van de beschikbare capaciteit al is benut, zie Figuur 5.3b. Sterker nog, voor een groot aantal gebieden is er een negatieve operationele reserve. Zo zijn er tekorten bij onder meer Waterbedrijf Groningen (–6,2%), Overijssel-Zuid (–2,7%), Utrecht-West (–2,1%) en Dunea (–0,3%). Afhankelijk van het scenario kan de huishoudelijke vraag in veel van deze gebieden ook nog sterk toenemen, zie Figuur 5.2. Uitbreiding van de winningscapaciteit is dan nodig, maar niet overal realiseerbaar. Van der Aa et al. (2015) en Van Leerdam et al. (2025) vatten enkele selectiecriteria samen die een rol spelen bij de mogelijkheid tot uitbreiding van de capaciteit. Dit zijn onder meer 1) aanwezigheid van voldoende grondwater en oppervlaktewater, 2) voldoende waterkwaliteit, 3) de aanwezigheid van conflicterende functies (natuur, bebouwing, etc.), 4) geen invloed op andere winningen en 5) het kunnen afvoeren van reststromen die mogelijk bij benodigde zuiveringstechnologieën worden geproduceerd.

#### 5.4 Schatting toekomstig brongebruik

Door aan te nemen dat het brontype in de leveringsgebieden gelijk blijft, zie Bijlage 3, kan op basis van Figuur 5.2 een beeld worden gegeven van de verandering in benodigde productiecapaciteit per brontype (grondwater, oppervlaktewater en onconventioneel). Voor Noord-Brabant is op basis van huidig beleid (4.2.2) aangenomen dat groei met onconventionele bronnen wordt opgevangen. In werkelijkheid zal het gebruik per leveringsgebied anders zijn, vanwege mogelijke toe- en afname van de andere gebruikskomponenten (distributieverlies, nijverheid, etc., zie paragraaf 2.3.1). Huishoudelijk verbruik is hierin echter dominant. Op deze wijze is per bron een schatting gemaakt van de productiecapaciteit die nodig is om de huishoudelijke groei te faciliteren, zie Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Schatting van verandering in het brongebruik op basis van de verandering in huishoudelijk gebruik per leveringsgebied, zie Figuur 5.2.

| Scenario      |                   | Verandering in brongebruik voor huishoudelijke vraag ( $\Delta\text{Mm}^3/\text{jaar}$ ) |                  |                 |      |
|---------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------|
|               |                   | Grondwater                                                                               | Oppervlaktewater | Onconventioneel | Tot. |
| Huidig        | Beperkt (BRV-ref) | –15                                                                                      | +27              | +3              | +15  |
|               | Sterk (SRV-ref)   | +84                                                                                      | +76              | +26             | +186 |
| Intensiveren  | Beperkt (BRV-I)   | –52                                                                                      | –3               | Geen groei      | –55  |
|               | Sterk (SRV-I)     | +42                                                                                      | +54              | +16             | +112 |
| Transformeren | Beperkt (BRV-T)   | –144                                                                                     | –52              | Geen groei      | –196 |
|               | Sterk (SRV-T)     | –69                                                                                      | –7               | Geen groei      | –76  |

Tabel 5.1 toont dat oppervlaktewaterafhankelijke leveringsgebieden in het westen van het land in de meeste scenario's een relatief sterkere groei en kleinere krimp kennen dan grondwaterafhankelijke gebieden (Figuur 5.2). In scenario BRV-ref is er bijvoorbeeld een lichte afname in de grondwatervraag, doordat de bevolking buiten de Randstad krimpt. Maar er is wel een toename van 27  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$  in oppervlaktewatergebruik. Doordat er ook in de provincie Noord-Brabant een lichte toename van de drinkwatervraag is, en daar bovendien al

krapte bestaat (Van Leerdam et al., 2023), zouden ook hier mogelijk onconventionele bronnen nodig kunnen worden om in de vraag te voorzien. In scenario SRV-ref groeien alle bronnen zeer sterk. Hierdoor is er zowel meer grondwater (+84 Mm<sup>3</sup>/jaar) als oppervlaktewater (+76 Mm<sup>3</sup>/jaar) nodig. De groei is voor beide bronnen van een vergelijkbare grootte. Daarnaast is er een geschatte groei van +26 Mm<sup>3</sup>/jaar in Noord-Brabant, die wordt ingevuld met onconventionele bronnen.

Door drinkwaterbesparing te stimuleren, neemt de vraag naar alle bronnen af ten opzichte van de referentiescenario's. In scenario BRV-I is er ook in de provincie Noord-Brabant geen netto groei van de huishoudelijke drinkwatervraag meer, ondanks de licht groeiende bevolking. In scenario SRV-I is er landelijk wel nog steeds een relatief grote stijging van brongebruik (~ +112 Mm<sup>3</sup>/jaar) om aan de vraag te kunnen voldoen. Toch is de stijging in de vraag bijna gehalveerd door het adaptieve beleid.

De schatting toont dat er in scenario SRV-I ongeveer 40 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit uit grondwater nodig is. Daarbij heeft Van Leerdam et al. (2023) laten zien dat er nu in bepaalde gebieden al krapte is. Daarmee zijn er waarschijnlijk zo'n 10 tot 15 middelgrote grondwaterwinningen nodig om aan de toegenomen vraag te voldoen (een gemiddelde Nederlandse grondwaterwinning is ~4,5 Mm<sup>3</sup>/jaar). Deze winningen zullen naar verwachting in de zogenoemde ASV-gebieden (zie ook paragraaf 4.2.2) moeten worden ontwikkeld (Bijlage 11). Bij transformerend beleid daarentegen is het hoofdelijk verbruik dusdanig teruggedrongen dat er van geen enkel brontype méér nodig zal zijn dan nu het geval is, al blijft de vermindering in de vraag naar oppervlaktewater in scenario SRV-T nog steeds relatief klein.

## 5.5 Conclusies

### *Bevolkingsontwikkeling bepalend in toekomstige drinkwatervraag*

Zakelijke en huishoudelijke vraag vormen zo'n 80% van de totale drinkwatervraag. Bij een gelijkblijvend hoofdelijk verbruik groeit dit verbruik navenant met de bevolking. Daarmee bepaalt de bevolkingsontwikkeling hoofdzakelijk de drinkwatervraag in de contextscenario's.

### *Ingrijpende besparingsmaatregelen nodig om drinkwatervraag gelijk te houden bij sterke bevolkingsgroei*

Bij sterke bevolkingsgroei zijn ingrijpende besparingsmaatregelen nodig (gebruik regenwater voor wc-spoeling etc.) om de drinkwatervraag gelijk te houden. Zonder hoofdelijke besparing kan er zo'n 300 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig worden.

### *Besparen bij beperkte bevolkingsgroei leidt al snel tot voldoende operationele reserve*

Bij beperkte bevolkingsgroei volstaat ook een kleine hoofdelijke besparing om met de huidige maatgevende productiecapaciteit aan de vraag te kunnen voldoen. Van belang is dan wel dat de huidige bronnen door een duurzame, effectieve bescherming goed bruikbaar blijven.

### *Regionale concentratie bevolkingsgroei en drinkwatervraag kan regionale knelpunten versterken*

In alle bevolkingsscenario's zal vooral de stedelijke bevolking verder toenemen. Met name rond de grote steden in het westen van het land maar ook rond Utrecht en Eindhoven kunnen nieuwe bronnen nodig zijn. Regionaal bestaan er verschillen in mogelijkheid en noodzaak om nieuwe kwalitatief goede drinkwaterbronnen te ontwikkelen.

### *Regionale spreiding in ontwikkeling bevolkingsgroei en drinkwatervraag beïnvloedt brongebruik*

In de meeste scenario's is meer oppervlaktewater nodig, omdat bevolkingsgroei voornamelijk in de met oppervlaktewater gevoede Randstad plaatsvindt. Regionaal beleid, zoals in Noord-Brabant, kan leiden tot gebruik van onconventionele bronnen bij een groei in de drinkwatervraag.

## 6 Drinkwater uit grondwater

Uit hoofdstuk 3 volgt dat verlaagde grondwaterstanden het belangrijkste klimaatrisico zijn voor grondwater als drinkwaterbron. In dit hoofdstuk wordt dit op basis van het risico verder uitgewerkt. De relevante drukfactoren (Figuur 3.1) zijn uitgewerkt in paragraaf 6.1. Om een inschatting te geven van de effecten van een veranderde drinkwatervraag (hoofdstuk 5) rondom grondwaterwinningen, is de aanwezigheid van natuur, landbouw en bodemdaling-gevoelig gebied in de gwb-g'ën geïnventariseerd (paragraaf 6.2). Vervolgens is middels een expertbeoordeling ingegaan op de grootte van het risico in de verschillende scenario's (paragraaf 6.3).

### 6.1 Belangrijke oorzaken van lage grondwaterstanden

#### 6.1.1 *Effect klimaatverandering op grondwateraanvulling*

Grondwaterstanden worden bepaald door het netto-effect van neerslag en infiltratie tegenover grondwateronttrekking en verdamping. Lage grondwaterstanden kunnen ontstaan als de verdamping en grondwateronttrekking (langdurig) groter zijn dan neerslag en infiltratie. De belangrijkste NAS-klimaatdreiging voor het kernrisico lage grondwaterstanden is dan ook *het wordt droger*. De NAS-dreiging *het wordt warmer* is ook belangrijk, omdat hierdoor de verdamping hoger wordt. Beide componenten, neerslag en verdamping, worden gevat in het neerslagtekort.

De nieuwe KNMI'23-scenario's tonen dat zomers naar 2050 en 2100 toe relatief droger zullen worden. In het *beperkte contextscenario* (KNMI'23 L<sub>N</sub>) stijgt het gemiddelde maximale neerslagtekort met 13% naar 181 mm en het 10-jaarlijks terugkerende maximumtekort met 9% naar 289 mm in 2050, wat gelijk blijft tot 2100. Met name in het *sterke contextscenario* (KNMI'23 H<sub>D</sub>) neemt de droogte sterk toe. Zo neemt het jaarlijks gemiddelde neerslagtekort toe met 35% naar 216 mm in 2050 en naar 286 mm in 2100. Het 10-jaarlijks terugkerende neerslagtekort neemt met 30% toe naar 345 mm in 2050 en met 63% naar 432 mm in 2100.

Ter vergelijking: in het zeer droge jaar 2018 (het op vier na droogste jaar gemeten in Nederland) was er van halverwege juli tot eind september een maximum potentieel neerslagtekort van rond de 300 mm (Sluijter et al., 2018). Oftewel, in de BRV-scenario's is de droogte hoogstens iets intenser en frequenter dan nu het geval is. In de SRV-scenario's daarentegen worden jaren die nu nog als extreem droog worden beschouwd rond 2100 een structureel fenomeen. Bovendien komt Nederland in toekomstige drogere zomers in nieuwe en ongekend droge situaties terecht. De uitkomsten van de Deltascenario's tonen dat grondwaterstanden in heel Nederland lager zullen komen te liggen (Mens et al., 2020; Van der Brugge & De Winter, 2024). Enkel op de hoge zandgronden, waar grondwaterstanden ver onder maaiveld liggen en weinig verdamping plaats kan vinden, stijgen de grondwaterstanden.

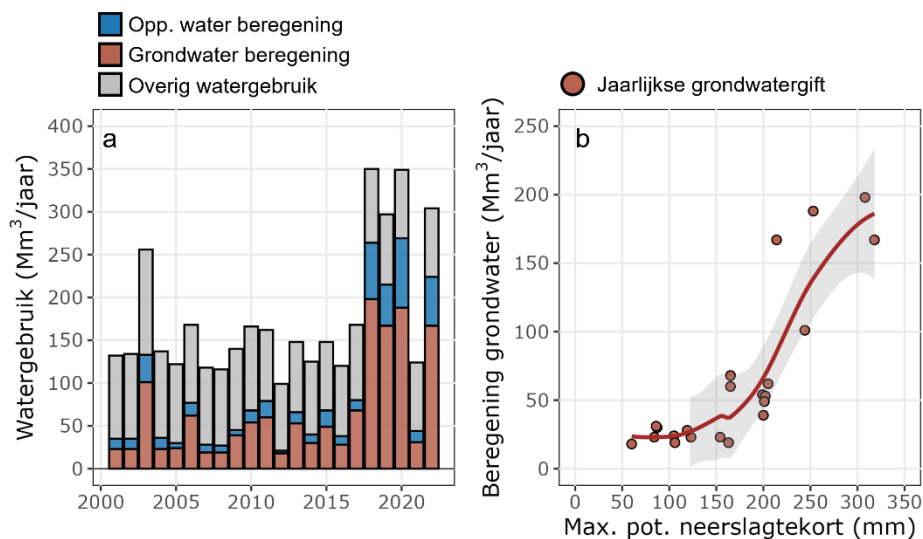
### 6.1.2 *Beregening met grondwater door de landbouw*

Beregening met grondwater door de landbouw, in antwoord op droogte, kan bijdragen aan verdere verlaging van grondwaterstanden. Van Loon (2015) beschrijft verschillende stadia van droogte. Droogte begint met meteorologische droogte. Dit is een periode met weinig neerslag en hoge potentiële verdamping. Vervolgens ontwikkelt zich ook landbouwkundige droogte, waarbij het water in de wortelzone verdwijnt. Bij langer aanhoudende droogte ontstaat er ook hydrologische droogte, waarbij er sprake is van een daling van de grondwaterstand. Door het tekort aan bodemvocht kunnen planten niet meer voldoende water opnemen om te transpireren, wat de groei van planten kan beperken. Water is een essentiële factor voor gewasproductie.

Beregening vindt plaats in vrijwel alle landbouwsectoren. WUR (2024) schrijft dat in jaren zonder weerextremen voornamelijk de kapitaalintensievere gewassen worden beregend. Met name op de hoge zandgronden, waar de bodem een laag vochtvasthoudend vermogen heeft, vindt relatief veel beregening plaats. In zeer droge jaren worden ook andere gewassen als gras, maïs en granen beregend om misoogsten te voorkomen. Bovendien zal de beregeningsgift hoger zijn, doordat er vaker moet worden beregend (Van de Brink et al., 2022).

Dit is terug te zien in het watergebruik van de landbouw, waarbij het extra beregeningswater in droge jaren (2018-2020 en 2022) hoofdzakelijk uit grondwater komt (Figuur 6.1a). Daarmee bestaat er een relatie tussen de beregeningsgift uit grondwater en het maximale potentiële neerslagtekort (Figuur 6.1b). Te zien is dat de beregeningsgift uit grondwater vanaf een neerslagtekort van 100 mm toeneemt. De gevonden relatie is vergelijkbaar met de kwadratische relatie tussen neerslagtekort en beregeningsgift, zoals ook gevonden door Witte et al. (2024). De afvlakkende relatie bij een potentieel neerslagtekort boven de 275 mm suggereert een mogelijk effect van beregeningsverboden vanuit grondwater bij aanhoudende droogte. Waterschappen kunnen deze afkondigen om grondwaterstanden niet te ver te laten dalen. In 2002 gebeurde dat bijvoorbeeld voor grasland (Oppewal, 2022). De hoeveelheid datapunten bij deze extreem hoge neerslagtekorten is wel (nog) klein.

**Figuur 6.1** Overzicht beregening in de landbouw voor de periode 2000-2022. **(a)** Watergebruik in de landbouw met beregening uit grondwater en oppervlaktewater *ia* apart aangegeven, 'overig' is water gebruikt voor drenking en giet- en leidingwater, gegevens uit Van der Meer (2023); **(b)** Relatie tussen het jaarlijkse maximale potentiële neerslagtekort (gegevens uit KNMI (2024)) in millimeters en de jaarlijkse beregeningsgift uit grondwater in  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$ . Relatie is gefit op basis van de locally estimated scatterplot smoothing (LOESS)-methode in het programma R.

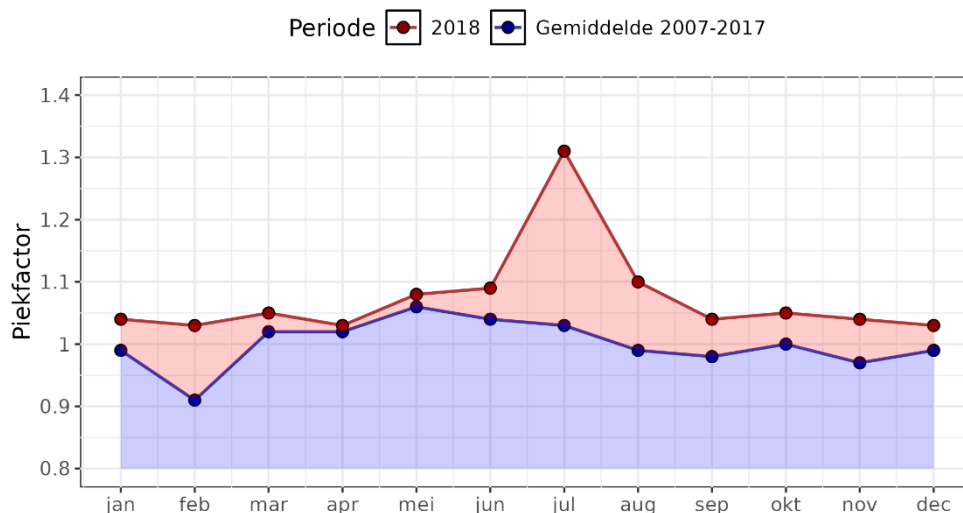


### 6.1.3 Drinkwatervraag van consumenten

De ontwikkeling van de landelijke drinkwatervraag op jaarbasis wordt bepaald door de verandering in de bevolkingsomvang. Deze berekeningen zijn terug te vinden in hoofdstuk 5. Echter, net als bij beregening uit de landbouw, neemt huishoudelijk gebruik gedurende het jaar ook toe op warme en droge dagen. Zo is er een verhoogde comfortvraag voor douchen, tuinen sproeien, et cetera. Baggelaar et al. (2022) schat dat in jaren met droge zomers de drinkwatervraag ~5% hoger kan zijn dan in een gemiddeld jaar.

Op maand- en dagbasis is de toename extremer (zie Figuur 6.2). Zo ontstond in de zomer van 2018 bij Vitens een 30%-hogere maandvraag. Bij enkele grondwaterwinningen zijn daardoor de vergunde maandelijks onttrekkingshoeveelheden overschreden (Van Leerdam et al., 2023). Voor de drinkwatersector is het voor de dimensionering van de infrastructuur belangrijk te weten hoe groot deze dagpiekfactor is (Vonk et al., 2017). Bovendien heeft de verhoogde vraag ook zijn weerslag op de grondwaterstanden, omdat het onttrokken water in een toch al droge periode niet wordt aangevuld.

*Figuur 6.2 Geïndexeerde maandelijkse productie van Vitens van 2007 tot 2018. De maandelijkse productie voor 2018 en van 2007 tot 2018 is genormaliseerd op basis van de gemiddelde maandelijkse productie voor de periode 2007 tot 2017. Gebaseerd op figuur 4 uit Van Leerdam (2019).*



Vonk et al. (2017) heeft op basis van historische waterverbruiks- en weersgegevens een statistisch model ontwikkeld om de dagpiekfactor (definitie: “het eens in de 10 jaar voorkomende dagmaximum verbruik gedeeld door het gemiddelde dagverbruik”) bij een veranderend klimaat te kunnen inschatten voor voorzieningsgebied *het Gooi*. De verhoging liep voor 2050 uiteen van enkele procenten in het lage scenario tot wel +21% bij het warmste scenario voor het Gooi. Over alle scenario's en onderzochte gebieden was in 2050 een gemiddelde toename van 6,5% ten opzichte van de huidige dagpiekfactor te zien en van +9,6% in 2085. De verhoging in de dagpiekfactor zorgt voor een versterkt seizoenseffect. Dit dagpiekeffect komt bovenop de gemiddelde verandering in drinkwatervraag door verandering in de bevolkingsomvang.

## 6.2 Functies in grondwaterbeschermingsgebieden

Deze paragraaf beschrijft de aanwezigheid van natuur (paragraaf 6.2.1), landbouw (6.2.2) en bodemdaling-gevoelig gebied (6.2.3) in de gwbg'en. Dit geeft een beeld van functies die in gwbg'en mogelijk in conflict kunnen raken met de onttrekking van water voor de drinkwatervoorziening.

### 6.2.1 Natuur

Natuur speelt een belangrijke rol in het verkrijgen van voldoende en schoon drinkwater. Zo is het verwijderen van verontreinigingen en pathogenen voor een belangrijk deel een natuurlijk proces, en kunnen bepaalde ecosystemen, zoals bossen, een positieve bijdragen leveren aan de vorming van meer grondwater. Tegelijkertijd heeft de natuur ook zelf water nodig.

Verlagingseffecten door drinkwaterwinning kunnen invloed hebben op omliggende natuur die van ondiep grondwater afhankelijk is. Als een

winning een significant negatief effect heeft op de instandhoudingsdoelen, kan de provincie zelfs overgaan tot het intrekken van de winvergunning (Van Loon et al., 2024). In dit onderzoek is naar drie typen natuur gekeken: 1) ecologische hoofdstructuur (EHS), 2) droogtegevoelige, grondwaterafhankelijke natuur en 3) Natura2000-gebieden. Zo ontstaat een beeld van de mate waarin verhoogde grondwaterwinning door drinkwaterbedrijven natuur kan beïnvloeden. Een voorbeeld van de ruimtelijke analyse is te zien in Bijlage 12. Ook is per leveringsgebied een beeld gegeven van de aanwezigheid van de verschillende typen natuur in de bijbehorende gwb'ën, zie Bijlage 13.

In bijna alle onderzochte gwb'ën (124/138) is EHS-natuur te vinden. De gemiddelde oppervlakte aan EHS-natuur voor de onderzochte gwb'ën bedraagt 43%, zie Tabel 6.1. Tien van de gwb'ën bestaan zelfs voor meer dan 95% uit EHS-natuur. Deze natuur is niet per definitie gevoelig voor fluctuaties van de grondwaterstand. Witte et al. (2021) hebben een kaart ontwikkeld, waarbij de droogtegevoeligheid van de Nederlandse natuur is bepaald op basis van het type begroeiing. (Hoog)veen en vennen worden daarin bijvoorbeeld als zeer droogtegevoelig gezien; moeras en vochtig weidevogelgrasland als gevoelig en duin- en loofbossen als weinig gevoelig. Naaldbossen op de hoge zandgronden zijn geclassificeerd als niet gevoelig. Grondwaterafhankelijke, droogtegevoelige natuur is in de meeste gwb'ën (118/138) ook aanwezig, maar maakt een kleiner deel uit van het areaal (gemiddeld 13%) dan EHS-natuur.

Natura2000-gebieden zijn beschermde natuurgebieden die onder de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn vallen. Deze natuur kent een hoge biodiversiteit en een hoge natuurwaarde. Natura2000-gebieden zijn aanwezig in ongeveer een derde van de onderzochte gwb'ën (56/138), maar vaak beslaan deze dan wel een zeer groot gedeelte van het gebied (gemiddeld 56%). In sommige gevallen is zelfs het volledige gwb' Natura2000-gebied. De ruimtelijke spreiding laat zien dat veel gwb'ën met Natura2000-gebieden zijn te vinden op de Veluwe en in het zuiden van Limburg (0). De Natura2000-gebieden op de Veluwe zijn in de classificatie van Witte et al. (2021) als niet droogtegevoelig geclassificeerd. De Natura2000-gebieden in Zuid-Limburg bevatten wel droogtegevoelige natuur. Op de Waddeneilanden liggen gwb'ën grotendeels in Natura2000-gebieden, en bevatten deze ook droogtegevoelige soorten.

Tabel 6.1 Overzicht van het aandeel van verschillende soorten natuur in de onderzochte gwb'ën. s.d. = standaarddeviatie.

| Type natuur                                | Aantal gwb'ën | Gemiddeld areaal (% $\pm$ s.d.) | Maximum areaal |
|--------------------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------|
| Ecologische hoofdstructuur                 | 127/138       | 43% $\pm$ 31                    | 100%           |
| Droogtegevoelig/<br>Grondwater-afhankelijk | 118/138       | 13% $\pm$ 16                    | 67%            |
| Natura 2000                                | 56/138        | 56% $\pm$ 34                    | 100%           |

### 6.2.2 *Landbouw*

De aanwezigheid van landbouw in gwbg'en is op twee manieren van belang. Ten eerste kan beregening uit grondwater door de landbouw bijdragen aan de verlaging van grondwaterstanden (zie paragraaf 6.1.2). Ten tweede kan verhoogde grondwateronttrekking voor drinkwaterbereiding leiden tot droogteschade voor de landbouw, met name in droge perioden (zie paragraaf 6.1.3). Droogteschade ontstaat wanneer er door verlaging van de freatische grondwaterstand vochttekort voor het gewas optreedt (Van Dam & De Lange, 2023).

Schade die optreedt door grondwateronttrekking voor drinkwaterbereiding wordt door de drinkwaterbedrijven vergoed. Landbouwers kunnen een aanvraag indienen via de door de provincies ingestelde Adviescommissie Schade Grondwater (ACSG) (BIJ12, 2023). De hoogte van de vergoeding wordt vervolgens door middel van onderzoek vastgesteld. ACSG (2025b) schrijft: "Droogteschade als gevolg van het klimaat komt namelijk niet voor vergoeding in aanmerking". Om de precieze omvang van schade te bepalen, wordt een grondig proces doorlopen. Leidend hierbij is de vraag hoeveel van de grondwaterstandverlaging daadwerkelijk te herleiden is tot de drinkwaterbedrijven. Naar schatting wordt per jaar door de gezamenlijke drinkwaterbedrijven zo'n €3 tot €5 miljoen aan compensatie betaald (Van Bakel & Hoogewoud, 2019). In droge jaren, met een vaak hogere drinkwatervraag, lijkt de vergoeding hoger te liggen: zo reserveerde grondwaterbedrijf Vitens in 2022 €6,9 miljoen (maximaal neerslagtekort 318 mm (KNMI, 2024)) voor compensatie, waar dit in het nattere jaar 2021 (maximaal neerslagtekort ~90 mm) €2,7 miljoen was (Vitens, 2023). Voor 2023 en 2024 reserveerde Vitens respectievelijk €4,9 en €5,6 miljoen voor mogelijke vergoedingen (Vitens, 2025). Om inzicht te krijgen in de mogelijke omvang van dit risico, wordt hier verder ingegaan op aanwezigheid van landbouwgebieden in de gwbg'en.

Met behulp van de LGN-kaart (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland) is landbouwkundig gebruik in de gwbg'en onderzocht (WEnR, 2022). Landbouw blijkt een zeer belangrijke gebruiksfunctie in de gwbg'en. In maar liefst 122 van de 138 onderzochte gwbg'en vindt enige mate van landbouw plaats, zie Tabel 6.2. Gemiddeld wordt 43% van het oppervlak van de onderzochte gwbg'en agrarisch gebruikt. Agrarisch gras is de belangrijke component; gemiddeld bestaat 29% van het gwbg-oppervlak hieruit. Akkerbouw (bieten, aardappelen, maïs etc.) beslaat gemiddeld 14% van het oppervlak van de onderzochte gwbg'en met een maximum van 50%. Ruimtelijk gezien is het aandeel akkerbouw in de gwbg'en met name hoog in Drenthe, Limburg en Noord-Brabant (Bijlage 14).

Tabel 6.2 Overzicht agrarisch areaal in gwbg'en. \*Op basis van Van de Brink et al. (2022). s.d. = standaarddeviatie.

| Gewas                       | Aanwezig<br>(aantal<br>gwbg'en) | Gem.<br>aandeel<br>areaal<br>( $\pm$ s.d.) | Maximum<br>aandeel in<br>gwbg (%) | Berege-<br>ningskans<br>* |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Agrarisch gras              | 122/138                         | 29% $\pm$ 23                               | 85%                               | Laag                      |
| Bieten                      | 43/138                          | 3% $\pm$ 3                                 | 19%                               | Gemiddeld                 |
| Aardappelen                 | 63/138                          | 3% $\pm$ 5                                 | 27%                               |                           |
| Maïs                        | 102/138                         | 6% $\pm$ 5                                 | 22%                               | Hoog                      |
| Granen                      | 81/138                          | 2% $\pm$ 3                                 | 21%                               |                           |
| <b>Totaal<br/>akkerbouw</b> | 111/138                         | 14% $\pm$ 12                               | 50%                               |                           |
| <b>Totaal<br/>landbouw</b>  | 122/138                         | 43% $\pm$ 29                               | 90%                               |                           |

Het onderscheid in gewas is belangrijk voor de beregeningsgift. Zo geeft Van de Brink et al. (2022) aan dat agrarisch gras een relatief kleine beregeningskans heeft. Toch wordt het wel beregend. Bovendien laat WUR (2024) zien dat berekening de laatste 15 jaar is toegenomen, ook op graslanden. Akkerbouwgewassen als maïs, tarwe, bieten en aardappelen hebben de hoogste grootste kans om beregend te worden.

### 6.2.3

#### *Bodemdalingsgevoelige gebieden*

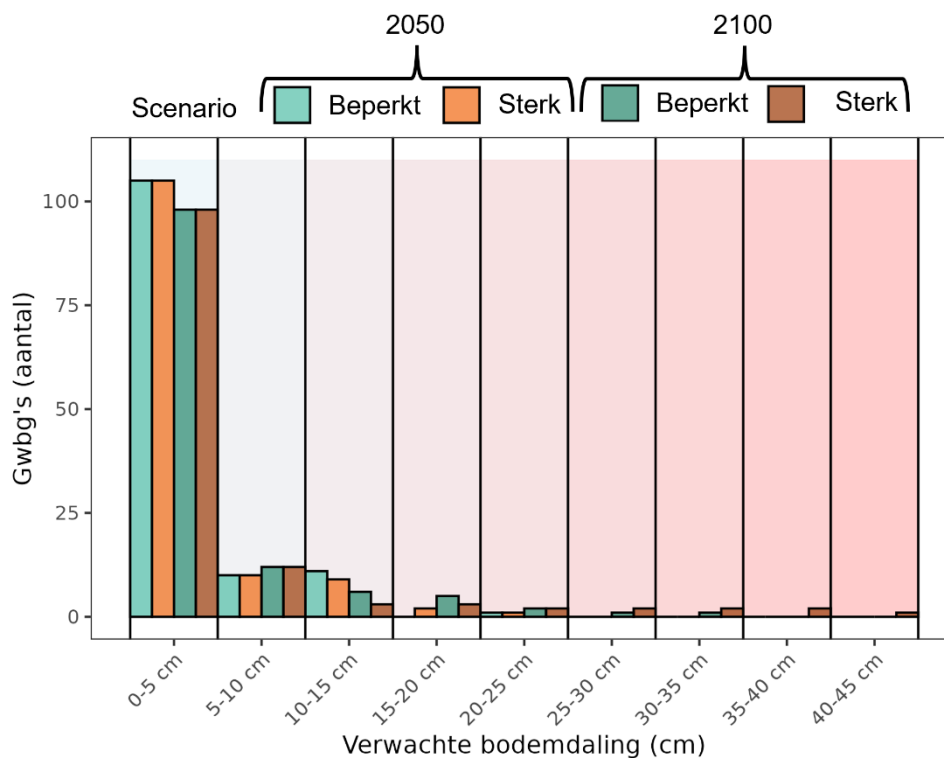
Een mogelijke beperking en risico voor grondwateronttrekking vormt het risico op schade aan gebouwen en funderingen door het verlagen van de grondwaterstand (ACSG, 2025a). Bij de winning *Hammerflie* in Overijssel kon hierdoor in 2023 de winning niet worden uitgebreid (H2O-Actueel, 2023b). Om het risico op bodemdaling te bepalen, is gebruik gemaakt van de bodemdalingsvoorspellingskaarten van Erkens et al. (2021).

Bodemdaling vindt vooral plaats bij veengronden, door oxidatie van het organisch materiaal. Oxidatie wordt versterkt door klimaatverandering omdat de hogere bodemtemperatuur het proces versnelt. Daarnaast speelt het peilbeheer mee: bij lagere grondwaterstanden kan zuurstof in de bodem dringen, wat oxidatie versnelt en tot snellere bodemdaling leidt. In de bodemdalingsvoorspellingskaarten van Erkens et al. (2021) zijn verschillen in peilbeleid en beperkte en sterke klimaatverandering gemodelleerd. In het lage scenario uit Erkens et al. (2021) wordt het peil gefixeerd en is de klimaatverandering mild. In het hoge scenario wordt het peil geïndexeerd (dat wil zeggen dat het verder wordt verlaagd met voortschrijdende bodemdaling) en is de klimaatverandering sterk. Per scenario is gekeken wat de gemiddeld voorspelde bodemdaling in de gwbg'en is. In de modellen van Erkens et al. (2021) zijn grondwateronttrekkingen voor drinkwater en de effecten hiervan niet meegenomen. Door de kaarten uit Erkens et al. (2021) te combineren met de gwbg-kaarten kan wel een beeld worden gevormd voor waar grondwater wordt gewonnen voor drinkwater in bodemdaling-gevoelige gebieden.

De bodemvoorspellingskaarten konden voor 127 van de 138 meegenomen gwbg'en (Figuur 6.3) worden gebruikt. De gwbg'en in

Zuid-Limburg vielen af omdat deze regio niet is doorgerekend in de bodemdalingsmodellen van Erkens et al. (2021). Het histogram uit Figuur 6.3 toont dat het model in de meeste gwbg'en een zeer beperkte bodemdaling verwacht. Bij de in totaal 127 gwbg'en gaat het gemiddeld genomen in alle scenario's slechts om enkele centimeters. Voor de eerdergenoemde winning *Hammerflie* laat de berekening een gemiddelde bodemdaling in 2100 zien van 5,7 cm in het beperkte scenario van Erkens et al. (2021) tot 9,0 cm in het sterke scenario. De kaart van Erkens et al. (2021) geeft ook aanwijzingen dat de winning gevoelig is voor versterkte bodemdaling bij verhoogde grondwateronttrekking. In 2050 wordt in slechts 15 gwbg'en een daling groter dan 5 cm verwacht, en in 2100 zijn dat 20 gwbg'en.

*Figuur 6.3 Overzicht gemiddelde bodemdaling in de gwbg'en bij de verschillende scenario's uit bodemdalingsvoorspellingskaarten van Erkens et al. (2021).*



De meeste gwbg'en liggen dus in gebieden die niet gevoelig zijn voor bodemdaling. In het merendeel van de gwbg'en vormt een hogere drinkwateronttrekking waarschijnlijk een klein risico. Er is echter een aantal winningen waar in de hoogste scenario's tot ~45 cm daling kan plaatsvinden. Met name de oeverinfiltratiewinningen in veengebieden in het westen van het land en enkele grondwaterwinningen in het noorden van Nederland kennen een sterke daling (Bijlage 15). Mogelijk lopen funderingen in deze gwbg'en ook een groter risico op schade bij verhoogde grondwateronttrekking.

### 6.3 Expertbeoordeling scenario's grondwater

Om inzicht te geven in de grootte van het klimaatrisico bij verschillende toekomstscenario's, is een expertbeoordeling uitgevoerd (zie paragraaf

2.5). Er wordt ingegaan op drie aspecten van dit risico, namelijk effecten op natuur (paragraaf 6.2.1), landbouw (paragraaf 6.2.2) en bodemdaling (paragraaf 6.2.3). Landbouw en bodemdaling zijn beoordeeld op economische effecten en natuur op natuureffecten (Figuur 2.3).

### 6.3.1 Huidig beleid

In scenario's BRV-ref en SRV-ref wordt ervan uitgegaan dat er geen nieuwe grondwaterwinningen voor drinkwater bijkomen. Wel verandert de grondwatervraag in de verschillende leveringsgebieden (paragraaf 5.2 en 5.4). Tabel 6.3 toont het aantal leveringsgebieden waar groei dan wel krimp in de drinkwatervraag plaatsvindt, en de verschillende gebruiksfuncties in het gwb.

*Tabel 6.3 Overzicht gemiddelde verandering in grondwatervraag per leveringsgebied (zie Figuur 5.2a, d) en de aanwezigheid van de gebruiksfuncties in de gwb'ën voor de contextscenario's met huidig beleid. \*Getallen tussen haakjes tonen in hoeveel gwb'ën er groei dan wel krimp is van de huishoudelijke vraag.*

| Type                                                                                  |                            | Aanwezig in (aantal gwb'ën) | Gemiddelde verandering grondwatervraag (Mm <sup>3</sup> /jaar) |               |                    |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|-----------------|
|                                                                                       |                            |                             | Huidig beleid                                                  |               |                    |                 |
|                                                                                       |                            |                             | Beperkt (aantal gwb)                                           |               | Sterk (aantal gwb) |                 |
|                                                                                       |                            |                             | Krimp                                                          | Groei         | Krimp              | Groei           |
| Natuur                                                                                | Ecologische hoofdstructuur | 127                         | -0,3<br>(83)*                                                  | +0,4<br>(44)* | -0,02<br>(5)*      | +0,8<br>(122)*  |
|                                                                                       | Droogtegevoelig            | 108                         | -0,3<br>(81)*                                                  | +0,4<br>(27)* | -0,02<br>(5)*      | +0,8<br>(103)*  |
|                                                                                       | Natura 2000                | 56                          | -0,4<br>(36)*                                                  | +0,4<br>(20)* | Geen krimp         | +0,8<br>(alle)* |
| Totaal landbouw                                                                       |                            | 122                         | -0,2<br>(76)*                                                  | +0,4<br>(46)* | -0,01<br>(6)*      | +0,7<br>(116)*  |
| Bodemdaling 2100                                                                      | 0-5 cm                     |                             | -0,2<br>(67)*                                                  | +0,4<br>(42)* | -0,01<br>(5)*      | +0,8<br>(102)*  |
|                                                                                       | >5 cm                      |                             | -0,4<br>(11)*                                                  | +0,2<br>(7)*  | -0,02<br>(1)*      | +0,7<br>(19)*   |
| Geschatte verandering grondwater landelijk (Mm <sup>3</sup> /jaar), zie paragraaf 5.4 |                            |                             | <b>-15</b>                                                     |               | <b>+84</b>         |                 |

In scenario BRV-ref (beperkt risicoverhogend met huidig beleid) levert dit een gemengd beeld van zowel regionale krimp als groei op. In ongeveer twee derde van de gwb'ën zal minder grondwater gewonnen hoeven te worden. Gemiddeld gaat het om -0,2 tot -0,4 Mm<sup>3</sup>/jaar, wat zo'n 5% tot 10% is van het jaarvolume van een gemiddelde Nederlandse grondwaterwinning voor drinkwater (~4,5 Mm<sup>3</sup>/jaar). In deze gwb'ën neemt de druk van grondwaterwinning voor drinkwater af. Voor de gwb'ën waar meer grondwater nodig zal zijn (circa een derde van het totaal aantal winningen) gaat het om een gemiddelde verhoging van +0,4 Mm<sup>3</sup>/jaar per winning. Oftewel: zo'n 10% van de huidige gemiddelde grondwaterwinning is extra nodig voor drinkwaterproductie. Op basis van Figuur 5.3b lijkt het waarschijnlijk dat de

vergunningsruimte voor deze winningen in veel gevallen niet volstaat om aan de verhoogde vraag te voldoen.

In scenario SRV-ref neemt grondwateronttrekking voor drinkwater sterk toe. Zo zijn er slechts enkele leveringsgebieden waar geen toename in de grondwatervraag is te zien (Tabel 6.3). Bovendien is de groei gemiddeld maar liefst  $+0,8 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  per winning, oftewel zo'n 20% meer dan de gemiddelde grondwaterwinning nu. Hierdoor zal voor nog meer winningen de huidige vergunningsruimte niet meer volstaan. De grondwaterstandverlaging zal hiermee hoger uitvallen dan voor BRV-ref, met navenant grotere gevolgen voor de andere gebruiksfuncties in de gwbg'en.

#### 6.3.1.1 Effecten op Natuur

##### *Algemene opmerkingen experts*

De experts geven aan dat het belangrijk is de effecten van menselijke onttrekking te onderscheiden van achtergrondverlagingen. Achtergrondverlagingen bestaan uit het op afvoer gerichte waterbeheer, benutting door gewassen, en weers- en klimaateffecten. Om dit onderscheid te kunnen maken, zijn modelberekeningen nodig, in combinatie met observaties in het veld (Van Loon & Van Lanen, 2013). In het algemeen geven de experts aan dat schade aan de functie natuur zich zal beperken tot het gedeelte van het gwbg waar grondwaterstandverlaging plaatsvindt. Dichterbij de exacte onttrekkingslocatie zijn de effecten groter. Let wel: bij verhoogde winning van grondwater uit watervoerende pakketten onder kleilagen, kunnen ook effecten op grotere afstand optreden, omdat kwel naar beekdalen afneemt door een verlaging van de stijghoogte (De Louw et al., 2022). De experts geven aan dat een verlaging van enkele centimeters in de gwbg'en waarschijnlijk weinig impact zal hebben. Maar bij enkele decimeters verlaging zal grondwaterafhankelijke natuur wel schade kunnen ondervinden. Voorbeelden van natuurschade kunnen zijn: het droogvallen van beken, de onomkeerbare oxidatie van veen en verzuring van kwelafhankelijke vegetatie. De experts geven hierbij ook aan dat natuurschade zich afhankelijk van het grondwatersysteem anders zal uiten. Tabel 6.3 toont dat droogtegevoelige natuur in de meeste gwbg'en aanwezig is, en dus in bijna alle gwbg'en relevant is.

##### *Effecten scenario's*

In het BRV-ref scenario neemt de grondwatervraag in een groot gedeelte van de gwbg'en af. Daarmee neemt in dit scenario ook de impact van grondwaterwinning voor drinkwater op de natuur overwegend af. In ongeveer een derde van de gwbg'en neemt de grondwatervraag echter wel toe. Waarschijnlijk zal hier dus meer natuurschade plaatsvinden ten opzichte van de huidige situatie. Het beeld is dus gemengd. Gevraagd naar de impact, geven de experts in merendeel aan dat er waarschijnlijk regionale en mogelijk moeilijk omkeerbare schade plaats zal vinden. Dit komt overeen met impactklasse *Midden* (Figuur 2.3). De inschatting is dat deze schade niet jaarlijks zal plaatsvinden, maar wel minstens één keer per tien jaar. De experts geven aan dat het wel lastig te zeggen is waar de drempel tussen omkeerbare en onomkeerbare natuurschade zit. Ook wordt er gewezen op negatieve terugkoppelingseffecten. Als bijvoorbeeld veen gedeeltelijk verdwijnt, kan dit effect hebben op het vermogen van de

bodem om grondwater vast te houden, en daarmee op de grondwaterstanden. Andere vegetatie en (macro)fauna kunnen hierdoor ook worden geraakt.

In het SRV-ref scenario neemt de onttrekking in vrijwel alle gwb'g'en sterk toe. Bovendien neemt in dit scenario ook de droogte zeer sterk toe. Dit vertaalt zich in een verhoging van de herhalingstijd naar jaarlijks, en een verhoging van de impactklasse naar *Hoger*, wat neerkomt op onherstelbare schade aan de natuur. De experts plaatsen hierbij wederom de kanttekening dat niet duidelijk is wat de bijdrage van onttrekking zal zijn in verhouding tot de zeer sterke klimaatverandering in dit scenario. Die verhouding is afhankelijk van de specifieke situatie.

#### 6.3.1.2 Effecten op Landbouw

In het BRV-ref scenario (Tabel 6.3) is er in de meeste gwb'g'en een afname van de grondwatervraag. Het klimaat in dit scenario wordt iets droger, waardoor droogteschade aan de landbouw zou kunnen toenemen. De ACSG adviseert echter geen schadecompensatie te geven bij effecten door klimaatverandering. Enkel schade veroorzaakt door grondwaterwinning door drinkwaterbedrijven wordt vergoed. Net als bij de natuur (paragraaf 6.3.1.1) geven de experts aan dat het om het aandeel van grondwaterwinning in de verlagingseffecten gaat. Daardoor is het waarschijnlijk dat de vergoeding in dit scenario vergelijkbaar is met het huidige niveau (€5 tot €15 miljoen/jaar, zie paragraaf 6.2.2) en mogelijk zelfs iets lager uitvalt dan nu. De economische impact is daarmee ruim kleiner dan €100 miljoen, wat in de economische impactklasse *Kleiner* valt (Figuur 2.3).

In het SRV-ref scenario is per grondwaterwinning gemiddeld zo'n +0,8 Mm<sup>3</sup>/jaar extra grondwater nodig, een stijging van ongeveer 20%. Daardoor zal de uitgekeerde vergoeding voor droogteschade waarschijnlijk hoger en frequenter zijn dan nu het geval is. Daarnaast wordt het klimaat in 2050 en 2100 aanzienlijk droger. De experts geven echter aan dat door het drogere klimaat mogelijk een nieuwe situatie kan ontstaan waarin de grondwaterstand überhaupt al lager zal liggen. Bij die al lagere grondwaterstand heeft verdere verlaging door grondwaterwinning dan mogelijk minder effect op grondwaterafhankelijke vegetatie. De ACSG geeft ook aan dat het door klimaatverandering lastiger is geworden om een verband te leggen tussen schade en grondwateronttrekking (H2O-Actueel, 2023a). De te betalen compensatie door drinkwaterbedrijven blijft waarschijnlijk ruim onder de 100 miljoen euro, en de impactklasse blijft daarmee *Kleiner*. Ondanks de onzekerheid is het immers niet aannemelijk dat de vergoeding een factor 10 hoger zal komen te liggen dan nu, en daarmee in een hogere klasse zou uitkomen.

#### 6.3.1.3 Funderingsschade

Funderingsschade aan gebouwen en huizen kan ontstaan door een verlaging van de grondwaterstand. De schade ontstaat doordat bij grondwaterstandverlaging klei kan inklinken en veen kan oxideren, waarbij de integriteit van de fundering in het geding komt (ACSG, 2025a). De funderingsproblematiek in Nederland is een grote kwestie. Zo is de staat van veel funderingen van huizen die zijn gebouwd vóór

1970 vaak slecht. Er is berekend dat de totale schade tot 2050 mogelijk zo'n €20 tot €30 miljard kan bedragen (Kok et al., 2021). Ook voor funderingsschade die optreedt door grondwateronttrekking kan er onafhankelijk onderzoek plaatsvinden door de ACSG. De experts geven aan dat vergoedingen voor dergelijke schade vanuit drinkwaterbedrijven weinig voorkomen. Voornaamste reden daarvoor is dat funderingsschade ook veel andere oorzaken kent, en niet enkel te herleiden is tot grondwateronttrekking. Voorbeelden zijn: het type fundering, achterstallig onderhoud, ontwerpfouten en trillingen van verkeer of het slaan van damwanden (ACSG, 2025a).

De experts geven aan dat ACSG bij funderingsschade zelden het advies tot compensatie door de drinkwaterbedrijven uitbrengt. Tekenend voor de beperkt verifieerbare bijdrage van grondwaterwinning ten opzichte van andere oorzaken is een claim uit 2017. Toen werden in het Gelderse dorpje Hemmen in een tiental huizen scheuren geconstateerd (Waterforum, 2017). De ACSG concludeerde dat de schade in twee woningen mede door de waterwinning was veroorzaakt. Maar omdat ACSG niet kon vaststellen dat de schade alléén door de waterwinning was veroorzaakt, werd voor die twee woningen slechts een deel van de totale schade uitgekeerd: €4.400 van de €10.000 per woning.

Daarnaast volgt uit paragraaf 6.2.3 dat significante bodemdaling slechts in 15 à 20 gwb'ën een significante rol speelt. Hoofdrede hiervoor is dat de meeste veengebieden in het westen van Nederland liggen, waar drinkwater vooral uit oppervlaktewater wordt geproduceerd. Experts geven aan dat de vergoedingen voor funderingsschade vanuit drinkwaterbedrijven marginaal zijn geweest. Naar verwachting zal er daarom zowel in scenario BRV-ref als in SRV-ref geen grote toename van vergoedingen plaatsvinden. Het economische risico wordt dan ook als *Kleiner* ingeschat (Figuur 2.3).

### 6.3.2 *Effecten aanvullend beleid*

#### 6.3.2.1 Intensiveren

In het adaptatiescenario Intensiveren wordt een aantal mitigerende maatregelen genomen, met name op technisch gebied, waaronder besparing van drinkwater, het ontwikkelen van nieuwe bronnen, innovaties in de landbouw om zuiniger met water om te gaan, infiltratie van oppervlaktewater rondom grondwaterwinningen voor drinkwater om verlagingseffecten tegen te gaan, en ondergrondse waterberging (zie paragraaf 4.4.1). Tabel 6.4 toont het aantal leveringsgebieden waar groei dan wel krimp in de drinkwatervraag plaatsvindt, en de aanwezigheid van verschillende gebruiksfuncties en gebieden met bodemdaling in het gwb.

Tabel 6.4 Overzicht van verandering in grondwatervraag per leveringsgebied (zie Figuur 5.2b,e) en de aanwezigheid van de gebruiksfuncties in de gwb'g'en voor adaptatiescenario Intensiveren. \*Getallen tussen haakjes geven aan in hoeveel gwb'g'en er groei dan wel krimp is in de huishoudelijke vraag.

| Gebruiksfuncties en gebieden met bodemdaling                                          |                            | Aanwezig in gwb'g'en (aantal) | Gemiddelde verandering grondwatervraag (Mm <sup>3</sup> /jaar) |               |                      |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------|
|                                                                                       |                            |                               | Intensiveren                                                   |               |                      |               |
|                                                                                       |                            |                               | Beperkt (aantal gwb'g)                                         |               | Sterk (aantal gwb'g) |               |
|                                                                                       |                            |                               | Krimp                                                          | Groei         | Krimp                | Groei         |
| Natuur                                                                                | Ecologische hoofdstructuur | 127                           | -0,5<br>(108)*                                                 | +0,3<br>(19)* | -0,1<br>(32)*        | +0,5<br>(95)* |
|                                                                                       | Droogtegevoelig            | 108                           | -0,5<br>(95)*                                                  | +0,3<br>(13)* | -0,1<br>(29)*        | +0,5<br>(89)* |
|                                                                                       | Natura 2000                | 56                            | -0,6<br>(49)*                                                  | +0,3<br>(7)*  | -0,03<br>(7)*        | +0,5<br>(49)* |
| Landbouw (melkvee en akkerbouw)                                                       |                            | 122                           | -0,4<br>(106)*                                                 | +0,3<br>(16)* | -0,1<br>(32)*        | +0,5<br>(90)* |
| Bodemdaling 2100                                                                      |                            | 0-5 cm                        | -0,3<br>(91)*                                                  | +0,3<br>(16)* | -0,1<br>(26)*        | +0,4<br>(81)* |
|                                                                                       |                            | >5 cm                         | -0,6<br>(18)*                                                  | +0,2<br>(2)*  | -0,2<br>(3)*         | +0,4<br>(17)* |
| Geschatte verandering grondwater landelijk (Mm <sup>3</sup> /jaar), zie paragraaf 5.4 |                            |                               | -52                                                            |               | +42                  |               |

In scenario BRV-I neemt de impact van grondwaterwinning voor drinkwater in de meeste gwb'g'en door besparende maatregelen af ten opzichte van huidig beleid (Tabel 6.4). Met behulp van kunstmatige infiltratie wordt bovendien gecompenseerd op de plekken waar verlagingseffecten tot natuur- en landbouwschade leiden. Dit gebeurt ook nu al bij enkele operationele winningen (Van Engelenburg et al., 2020; Van Dooren et al., 2021). De experts geven wel aan dat deze maatregel niet mogelijk is in gebieden waar onvoldoende oppervlaktewater aanwezig is. Omdat de klimaatverandering in dit scenario relatief beperkt is, wordt verwacht dat er in veel regio's nog voldoende oppervlaktewater beschikbaar zal zijn. Wel geven de experts aan dat aangevoerd water mogelijk een andere kwaliteit heeft, die mogelijk niet passend is voor de natuur in het gebied. Bovendien is infiltratie gekoppeld aan regels en mag die niet leiden tot een verslechtering van de grondwaterkwaliteit (Zuurbier et al., 2015). De experts geven aan dat de natuurschade vergelijkbaar is met het huidige beleid: regionale schade die minstens eens per 10 jaar kan plaatsvinden. Voor landbouw blijft de schade *Kleiner* en jaarlijks terugkerend. Funderingsschade blijft ingeschat als verwaarloosbaar.

In scenario SRV-I neemt de vraag naar grondwater nog steeds toe, maar wel minder dan in SRV-ref. Er worden zo'n 10 à 15 nieuwe grondwaterwinningen van gemiddelde omvang (~4,5 Mm<sup>3</sup>/jaar) ontwikkeld in de ASV-gebieden (0) om aan de toegenomen grondwatervraag te voldoen (42 Mm<sup>3</sup>/jaar, zie Tabel 6.4). In de nieuwe gwb'g'en is de drinkwaterfunctie meestal ook gecombineerd met wonen, natuur of landbouw. Op meer plaatsen is er dus een risico op

droogteschade, maar wel minder intens dan wanneer geen nieuwe winningen worden gerealiseerd. De experts geven aan dat grondwaterstanden door de sterke klimaatverandering gemiddeld lager zullen liggen. Ook zal er meer water nodig zijn om deze effecten te compenseren met technische infiltratiemethoden.

De experts denken dat met name in droge jaren het beschikbare oppervlaktewater niet toereikend zal zijn om verlagingseffecten door middel van infiltratie te kunnen compenseren. Ook geven de experts aan dat druppelirrigatie in de landbouw niet per definitie tot minder watergebruik leidt. Immers, irrigatie zal in dit scenario waarschijnlijk veel breder worden toegepast. De schade zou vergelijkbaar kunnen zijn met SRV-ref. Dat betekent overwegend grote natuurschade, eenzelfde beperkte jaarlijkse compensatie voor droogteschade (<€100 miljoen) voor de landbouw en vrijwel geen funderingsschade.

#### 6.3.2.2 Transformeren

In adaptatiescenario Transformeren worden ingrijpende en veelal ruimtelijke maatregelen genomen, waaronder het sterk verminderen van de drinkwatervraag, de introductie van extensieve landbouw met droogteresistente gewassen, de aanleg van bufferzones rondom natuurgebieden om water vast te houden, en 'vernatting' van gebieden waar dit weinig schade oplevert. Tabel 6.5 toont het aantal leveringsgebieden waar groei dan wel krimp in de drinkwatervraag plaatsvindt en de verschillende gebruiksfuncties in het gwbg.

Tabel 6.5 Overzicht verandering in grondwatervraag per leveringsgebied (zie Figuur 5.2c,f) en de aanwezigheid van de gebruiksfuncties in de gwbg'en voor adaptatiescenario Transformeren. \*Getallen tussen haakjes geven aan in hoeveel gwbg'en er groei dan wel krimp is in de huishoudelijke vraag.

| Type                                                                                  |                            | Aanwezig in (aantal gwbg'en) | Gemiddelde verandering grondwatervraag (Mm <sup>3</sup> /jaar) |            |                     |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------|
|                                                                                       |                            |                              | Transformeren                                                  |            |                     |               |
|                                                                                       |                            |                              | Beperkt (aantal gwbg)                                          |            | Sterk (aantal gwbg) |               |
|                                                                                       |                            |                              | Krimp                                                          | Groei      | Krimp               | Groei         |
| Natuur                                                                                | Ecologische hoofdstructuur | 127                          | -1,2<br>(127)*                                                 | Geen groei | -0,6<br>(126)*      | +0,3<br>(11)* |
|                                                                                       | Droogte-gevoelig           | 108                          | -1,2<br>(108)*                                                 | Geen groei | -0,6<br>(98)*       | +0,3<br>(10)* |
|                                                                                       | Natura 2000                | 56                           | -1,4<br>(56)*                                                  | Geen groei | -0,7<br>(50)*       | +0,2<br>(6)*  |
| Totaal landbouw                                                                       |                            | 122                          | -1,0<br>(122)*                                                 | Geen groei | -0,5<br>(111)*      | +0,3<br>(11)* |
| Bodemdaling 2100                                                                      |                            | 0-5 cm                       | -0,9<br>(107)*                                                 | Geen groei | -0,4<br>(96)*       | +0,3<br>(9)*  |
|                                                                                       |                            | >5 cm                        | -1,4<br>(20)*                                                  | Geen groei | -0,8<br>(18)*       | +0,2<br>(2)*  |
| Geschatte verandering grondwater landelijk (Mm <sup>3</sup> /jaar), zie paragraaf 5.4 |                            |                              | -144                                                           |            | -69                 |               |

In scenario BRV-T is er sprake van een afgenomen grondwatervraag in alle gwb'g'en. Het gaat om een gemiddelde afname van 20% tot 25% van de gemiddelde grondwaterwinning. De druk op het grondwater door onttrekking voor drinkwaterproductie wordt hierdoor sterk minder. Bovendien is de landbouw in dit scenario minder droogtegevoelig, en zijn gebieden rondom droogtegevoelige natuur zo ingericht dat ze meer water vasthouden. Experts schatten in dat er bij de beperkte klimaatverandering in dit scenario vooral lokale en omkeerbare natuurschade zal optreden in de gwb'g'en. Dit komt overeen met impactklasse *Kleiner* (Figuur 2.3). Deze schade zal bovendien niet elk jaar voorkomen. De experts verwachten dat de verminderde grondwaterwinning voor drinkwater minder droogteschade zal veroorzaken voor de landbouw. De impactklasse blijft *Kleiner*. Vergoeding voor funderingsschade blijft verwaarloosbaar.

In scenario SRV-T neemt door sterke drinkwaterbesparing de grondwatervraag slechts in een aantal gwb'g'en toe. In het merendeel van de gwb'g'en neemt de vraag met zo'n 10% tot 15% af. De klimaatverandering is wel sterker in dit scenario. De experts schatten dat de natuur hierdoor meer te maken zal krijgen met lage grondwaterstanden, en mogelijk al minder weerbaar is tegen verdere verlagingseffecten door grondwateronttrekking. De inschatting van de experts is dat natuurschade hiermee moeilijk omkeerbaar en van regionale aard zal zijn, overeenkomend met impactklasse *Midden* (Figuur 2.3). De landbouw is robuuster tegen droogte ingericht, en doordat grondwaterwinning is afgenomen neemt de droogteschade af. Deze blijft daardoor in de impactcategorie *Kleiner* (< €100 miljoen). Wederom is funderingsschade die tot grondwateronttrekking kan worden herleid verwaarloosbaar.

## 6.4 Conclusies

### *Landbouw en natuur zijn de belangrijkste functies in de gwb'g'en*

In vrijwel alle onderzochte gwb'g'en zijn natuur en landbouw aanwezig. Een groot deel van de natuur is grondwaterafhankelijk en in een derde is ook Natura2000-gebied aanwezig. Landbouwkundig gebruik bestaat met name uit agrarisch gras. Akkerbouw is relatief veel aanwezig in Drenthe, delen van Noord-Brabant en Limburg.

### *Verhoogde grondwateronttrekking verhoogt impact op natuur, landbouw en bodemdaling; vooral natuurschade kan groot zijn*

Verhoogde onttrekking voor drinkwater kan leiden tot schade aan omliggende natuur, landbouw en de bebouwde omgeving. Compensatie voor droogteschade blijft in de orde van enkele miljoenen. Met name gevolgen voor natuur worden als relevant ingeschat.

### *Intensief beleid vooral effectief bij beperkte klimaatverandering*

Het adaptatiescenario Intensiveren is met name gestoeld op extra infiltratie van oppervlaktewater en technische innovaties. Zolang er voldoende (oppervlakte)water is voor infiltratie, zoals bij beperkte klimaatverandering, vermindert deze aanpak de effecten. Bij sterke klimaatverandering is de waterbeschikbaarheid waarschijnlijk periodiek ontoereikend, mede doordat meer zal moeten worden geïnfiltreerd.

*Transformerend beleid verhoogt weerbaarheid natuur en landbouw*

Transformerend beleid vermindert de watervraag en maakt de functies in de gwbg'en weerbaarder. Ook natuur en landbouw zijn dan robuuster bij droogte. De toestand van natuur en landbouw zou kunnen verbeteren bij beperkte klimaatverandering. Bij sterke klimaatverandering kunnen deze maatregelen daarentegen ontoereikend blijken.

## 7 Drinkwater uit oppervlaktewater

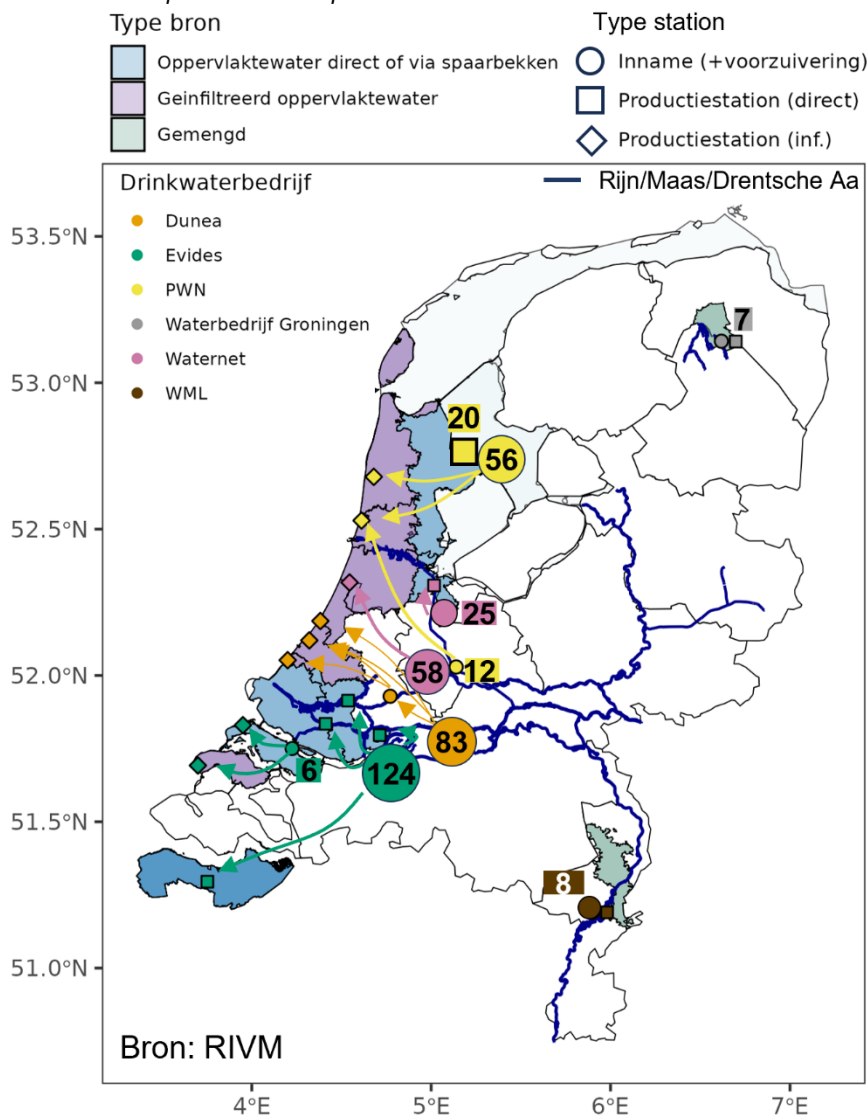
Voor oppervlaktewater is *verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit* gekozen als kernrisico, zie hoofdstuk 3. Dit kan leiden tot innamestops van rivierwater en heeft consequenties voor de bedrijfsvoering. In de huidige situatie (paragraaf 7.1) is dit al geregeld het geval (paragraaf 7.2). De adaptatiescenario's beschrijven verschillende mogelijke maatregelen. Paragraaf 7.3 presenteert de opbrengst van de expertbeoordeling over de grootte van het risico voor de innamepunten bij de verschillende toekomstscenario's.

### 7.1 Drinkwater uit oppervlaktewater in Nederland

Oppervlaktewater is in het westen van Nederland de belangrijkste drinkwaterbron (0). Oppervlaktewater kan direct voor de productie van drinkwater worden ingezet. Het kan ook worden voorgezuiverd en na een verblijf in bekkens of een bodempassage in duinen of ondergrond weer worden opgepompt om verder te worden gezuiverd. Figuur 7.1 toont een overzicht van de innamepunten, productiestations en watertransportsystemen die worden gebruikt om drinkwater uit oppervlaktewater te maken.

De oppervlaktewaterbronnen voor drinkwater in Nederland zijn de Rijn, de Maas, het IJsselmeer en de Drentsche Aa. Het IJsselmeer wordt gebruikt door PWN, dat bij Andijk zo'n 20 Mm<sup>3</sup>/jaar direct verwerkt tot drinkwater, zo'n 40 Mm<sup>3</sup>/jaar voorzuivert en infiltreert in de duinen en zo'n op pompstation Heemskerk 16 Mm<sup>3</sup>/jaar verwerkt tot hyperfiltraat (Van Leerdam et al., 2023). De Rijn is een belangrijke bron voor meerdere drinkwaterbedrijven. Zowel PWN (12 Mm<sup>3</sup>/jaar) als Waternet (58 Mm<sup>3</sup>/jaar) winnen bij Nieuwegein water uit de Lek voor duininfiltratie. Daarnaast wint Waternet ook natuurlijk duinwater (12 Mm<sup>3</sup>/jaar) en water (25 Mm<sup>3</sup>/jaar) uit de Waterleidingplas, onderdeel van de Loosdrechtse Plassen. Deze wordt hoofdzakelijk gevuld met kwelwater uit de Bethunepolder, maar in droge perioden (bij een lage kwelflux) kan Waternet ook water uit het Amsterdam-Rijnkanaal winnen om de Waterleidingplas te vullen (Provincie Utrecht, 2019). Daarnaast heeft Dunea een noodinnamepunt bij Bergambacht, dat in de toekomst waarschijnlijk een belangrijkere rol in de reguliere productie zal gaan krijgen (Dunea, 2020).

**Figuur 7.1** Overzicht oppervlaktewatersysteem voor drinkwaterproductie. De verschillende kleuren geven de verschillende drinkwaterbedrijven aan, en de vorm van de symbolen het type station. De typen stations bestaan uit innamepunten en voorzuiveringen (ronde symbolen), productiestations waar direct drinkwater wordt gemaakt (vierkante symbolen) en productiestations waar na duininfiltratie drinkwater wordt geproduceerd (ruiten). Getallen in of naast de ronde symbolen zijn de ingenomen volumes in  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$  voor referentiejaar 2021, afkomstig uit Van Leerdam et al. (2023). Gekleurde pijlen laten globaal het watertransport tussen innamepunten en de productie- en infiltratielocaties zien.



Evides heeft zijn belangrijkste innamepunt bij de Biesbosch ( $124 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ), waar Waal en Maas samenkomen. Dit water komt in een serie van spaarbekkens terecht, en wordt vervolgens naar vier verschillende productielocaties rond Rotterdam, de Drechtsteden en bij Braakman in Zeeuws-Vlaanderen gebracht. Daarnaast heeft Evides nog een innamepunt bij het Haringvliet ( $6 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ), waarvan het water bij Haamstede en Ouddorp in de duinen wordt geïnfiltreerd. Dunea heeft zijn belangrijkste innamepunt in de afgedamde Maas bij Brakel. Samen met het noodinnamepunt en voorzuiveringsstation in Bergambacht aan

de Lek (<10% van de totale productie van Dunea, persoonlijke correspondentie Dunea) wordt zo'n 83 Mm<sup>3</sup>/jaar ingenomen en in de duinen geïnfiltreerd. Ook WML wint jaarlijks zo'n 8 Mm<sup>3</sup>/jaar uit de Maas bij Heel (Lateraalkanaal). Dat water wordt na een verblijf in een bekken en een bodempassage samen met natuurlijk grondwater teruggewonnen en gezuiverd tot drinkwater. Waterbedrijf Groningen, tot slot, wint ook water uit de Drentsche Aa, een kleinere en op zichzelf staande beekdalrivier (7 Mm<sup>3</sup>/jaar). Ingenomen water wordt vanuit een procesbekken opgezuiverd.

## 7.2 Huidige knelpunten en reserves

### 7.2.1 Oorzaken van innamestops

Om oppervlaktewater in te mogen nemen, gelden wettelijke eisen voor de waterkwaliteit. Deze zijn beschreven in de Drinkwaterregeling (2025, 24 oktober). Bij infiltratie van oppervlaktewater, bijvoorbeeld in de duinen, moet de kwaliteit ook voldoen aan de normen die in het voormalige Infiltratiebesluit bodembescherming (1993-2023) zijn vastgelegd. Dit besluit is opgegaan in de Omgevingswet (2026, 1 januari). Deze eisen zijn soms anders dan die in de Drinkwaterregeling (Zuurbier et al., 2015; Van Leerdam et al., 2023).

Als het water niet voldoet aan de normen in de Drinkwaterregeling, moet inname worden gestaakt, of moet er een ontheffing worden aangevraagd bij het ministerie van I&W (RIWA-Rijn, 2021). Bovendien moeten er voor nieuwe, opkomende stoffen drinkwaterrichtwaarden worden afgeleid (RIVM). Dit is nodig wanneer de stof de signaleringsparameter van 1 µg/L in het innamewater overschrijdt, of als de waarde van 0,1 µg/L gedurende 3 jaar wordt overschreden. Dit betreft een voorzorgswaarde; er moet dan worden beoordeeld of er mogelijk sprake is van gezondheidsrisico's door de consumptie van drinkwater. Innamestops kunnen ook preventief en vrijwillig zijn. Hierbij voldoet het water weliswaar nog aan de wettelijke richtlijnen, maar wordt inname gestopt omdat wordt gestreefd naar een zo hoog mogelijke kwaliteit.

In de meeste gevallen is de waterkwaliteit de oorzaak van innamestops. Hierbij onderscheidt CLO (2024a) natuurlijke en onnatuurlijke oorzaken (Tabel 7.1). Onnatuurlijke oorzaken zijn dan bijvoorbeeld lozingen van onbekende verontreinigingen en verontreiniging door calamiteiten in de scheepvaart. Onder natuurlijke oorzaken worden onder meer troebelheid door hoge rivierafvoeren en de aanwezigheid van algen geschaard. Het onderscheid tussen natuurlijke en onnatuurlijke oorzaken zoals in CLO (2024a) gehanteerd, is niet geheel eenduidig. Antropogene verontreiniging met nutriënten stimuleert immers ook algenbloei.

Tabel 7.1 Overzicht aantal innamestops per innamepunt en oorzaken, gebaseerd op data uit CLO (2024a) voor Rijn en Maas. Data voor Drentsche Aa komen uit Van der Meulen et al. (2019) en Latour Advies et al. (2023). \*Beschouwde perioden zijn niet gelijk voor de verschillende innamepunten. Zie ook Figuur 7.2.

| Innamepunt   |                   | Inname-stops*<br>(totaal)                              | Oorzaken                      |                   |                          |
|--------------|-------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|
|              |                   |                                                        | Onnatuurlijk<br>(%)           | Natuurlijk<br>(%) | Waterkwan-<br>titeit (%) |
| Rijn         | Andijk            | 34                                                     | 100                           | 0                 | 0                        |
|              | Haringvliet       | 37                                                     | 51                            | 49                | 0                        |
|              | Nieuwegein        | 20                                                     | 95                            | 5                 | 0                        |
|              | Water-leidingplas | Geen melding innamestops, zie Provincie Utrecht (2018) |                               |                   |                          |
| Maas         | Brakel            | 27                                                     | 89                            | 11                | 0                        |
|              | Berg-ambacht      | Nu vooral nog noodinnamepunt, geen cijfers             |                               |                   |                          |
|              | Biesbosch         | 191                                                    | 62                            | 31                | 7                        |
|              | Heel              | 749                                                    | 88                            | 10                | 2                        |
| Drentsche Aa |                   | 172                                                    | Niet opgenomen in CLO-dataset |                   |                          |

Innamestops vanwege kwantiteitsproblemen komen weinig voor (Tabel 7.1). De rivierafvoer vertoont echter meestal een negatieve correlatie met concentraties van verontreinigingen (Van der Weijden & Middelburg, 1989). Een lagere afvoer leidt namelijk tot minder verdunning van puntlozingen, en daarmee tot hogere concentraties van probleemstoffen. Bij een typische lage zomerafvoer is het aandeel RWZI-effluent in de afvoer van de Maas bij Luik bijvoorbeeld 13% en in de Rijn bij Lobith 4% (Kramer & Ouwerkerk, 2023). Voor de kleinere Overijsselse Vecht kan het aandeel effluent zelfs oplopen tot 70% à 80% (Wuijts et al., 2013). Onder deze condities zullen ook illegale lozingen en calamiteiten sneller tot problemen leiden. Voor individuele stoffen is de relatie tussen afvoer en concentratie echter niet eenduidig, vanwege stof-specifieke afbraaksnelheid en gedrag van de stof in het systeem (Kramer & Ouwerkerk, 2023).

In sommige gevallen kan ook waterkwantiteit de directe oorzaak zijn van innamestops. De CLO-data uit Tabel 7.1 toont dat dit in sommige jaren speelde bij de innamepunten Biesbosch en Heel. Met name in kleinere rivieren, met bijbehorende kleine rivierafvoeren, kunnen kritisch lage afvoeren optreden. Zo is in de droge zomer van 2018 de inname in de Drentsche Aa last van het waterschap omwille van de natuur stopgezet (Van Leerdam et al., 2023).

### 7.2.2 Historisch voorkomen van innamestops

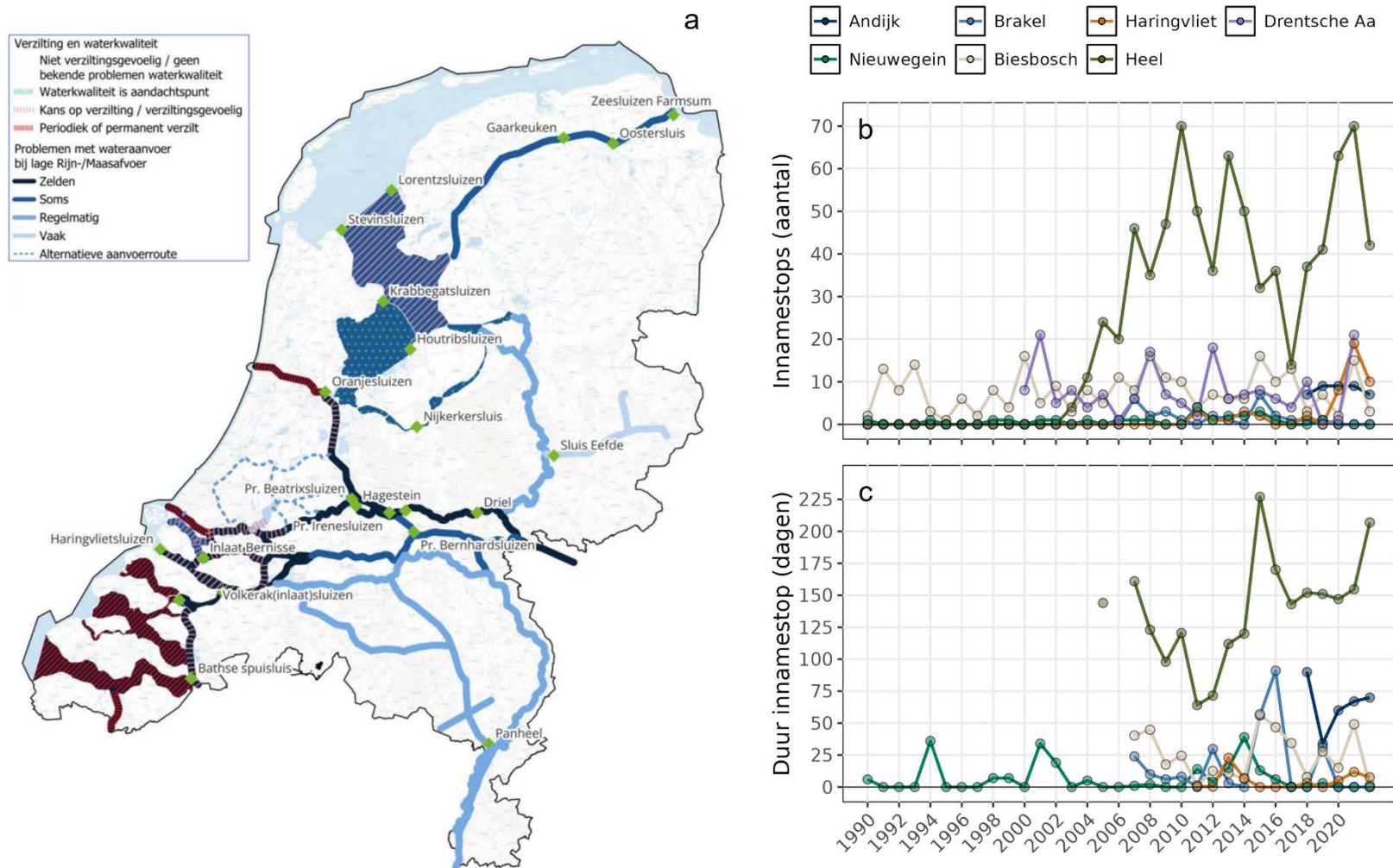
De verschillende oppervlaktewaterlichamen kampen dus om verschillende redenen met innamestops. Figuur 7.2a toont een landelijk overzicht van knelpunten in het hoofdwatersysteem. Met name voor Andijk vormt verzilting een specifiek probleem. In het droge jaar 2018 kwam het bij dat innamepunt bijvoorbeeld tot een langdurige overschrijding van de bedrijfstechnische norm van 150 mg/L voor chloride (Van Vossen-van den Berg et al., 2019). In totaal is de inname in Andijk in 2018 90 dagen gestopt (CLO, 2024b). Er zijn dat jaar

voorbereidingen getroffen om eventueel zoetwater naar Andijk te brengen (Medemblik actueel, 2018).

Er waren in de afgelopen jaren meer innamestops bij de Maas dan bij de Rijn, en de innamestops duren ook vaak langer. Het innamepunt Heel in Limburg kent de meeste innamestops (Figuur 7.2b-c). Hier kan de afvoer van de Maas periodiek zeer laag zijn. Bij het innamepunt Biesbosch zijn minder innamestops; hier komen Maas en Waal samen, waardoor de afvoeren minder fluctueren en concentraties van verontreinigingen minder vaak kritische waarden overschrijden. Ook voor innamepunt Brakel komen innamestops relatief weinig voor.

In de Drentsche Aa zijn het voornamelijk bestrijdingsmiddelen die voor innamestops zorgen (Latour Advies et al., 2023). In recente jaren vinden overschrijdingen van de waarden voor bestrijdingsmiddelen in de Drentsche Aa vooral plaats bij zware regenbuien na perioden van droogte.

Figuur 7.2 Overzicht knelpunten Nederlands oppervlaktewatersysteem. **(a)** Landelijk beeld op hoofdlijnen van de kwaliteit en de kwantiteit van het Nederlandse hoofdwatersysteem, kaart van HydroLogic (2024) en overgenomen uit (Van Leerdam et al., 2025). Groene blokjes: sturingspunten (stuwen en/of sluizen); **(b-c)** Historische gegevens van **(b)** jaarlijkse innamestops en **(c)** totale duur hiervan voor de verschillende drinkwaterinnamepunten, gegevens uit CLO (2024a) voor Rijn en Maas en uit Van der Meulen et al. (2019) en Latour Advies et al. (2023) voor de Drentsche Aa. Niet voor alle innamepunten waren er voor de gehele periode van 1990-2022 data beschikbaar of zijn deze bijgehouden.



## 7.2.3

*Reserves en overbruggingstijd*

Paragraaf 7.2.1 en 7.2.2 laten zien dat er geregeld innamestops voorkomen. Om continuïteit van levering te garanderen, moeten er bij gebruik van oppervlaktewater daarom back-up voorzieningen aanwezig zijn (De Moel et al., 2005). Die worden buffers genoemd; de meest voorkomende typen buffers zijn: 1) wateropslag in de duinen, 2) wateropslag in bekkens en 3) overschakelen naar een grondwaterbron. In het algemeen kunnen de Nederlandse buffers een periode van 1 tot 3 maanden overbruggen. In Tabel 7.2 zijn de buffervoorzieningen en overbruggingstijden per innamepunt samengevat.

*Tabel 7.2 Overzicht innamepunten en buffervoorzieningen Nederland. Informatie uit Clevers et al. (2019), Van Leerdam et al. (2023) en Boorsma en Wessels (2023). Noodwinning Overveen en Hoge berg uit (Provincie Noord-Holland, 2015a, 2015b). \*Overbruggingstijd wordt bepaald door in de duinen opgeslagen volume dat zonder hydrologische problemen uit de 'reële bufferschijf' kan worden gewonnen. Voor grondwaterwinningen is er een vergunde capaciteit vermeld.*

| Innamepunt   |                           | Buffervoorziening                                                                   | Overbruggingstijd*                                      |                              |
|--------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|
| Rijn         | Andijk                    | Innamebekken bij Andijk                                                             | 4 tot 10 dagen                                          |                              |
|              |                           | Voorraad duinen, gedeeld met Nieuwegein                                             | 60 tot 120 dagen                                        |                              |
|              |                           | Levering van Waternet                                                               | 10 Mm <sup>3</sup> /jaar mogelijk                       |                              |
|              |                           | Nood-winningen                                                                      | Overveen                                                | 3 Mm <sup>3</sup> /jaar      |
|              |                           |                                                                                     | Hoge berg                                               | 25.000 m <sup>3</sup> /maand |
|              | Haringvliet               | Voorraad duinen Ouddorp en Haamstede.                                               | 2 weken tot 1 maand                                     |                              |
|              |                           | Diepe bronnen Haamstede                                                             | 3 tot 3,5 maand                                         |                              |
|              | Nieuwegein                | Voorraad Kennemerduin                                                               | 120 dagen (57 Mm <sup>3</sup> )                         |                              |
|              |                           | Voorraad Waterleidingduin (Waternet)                                                | 120 dagen                                               |                              |
|              |                           | Extra inname Andijk (PWN)                                                           | 5.000 m <sup>3</sup> /uur                               |                              |
|              |                           | Grondwaterinname bij Nieuwegein                                                     | 3 Mm <sup>3</sup> /jaar                                 |                              |
|              | Water-leidingplas         | Reële bufferschijf Waterleidingplas                                                 | 3 dagen                                                 |                              |
|              |                           | Inname uit Amsterdam-Rijnkanaal                                                     | Max. 5 m <sup>3</sup> /s                                |                              |
|              | Bergambacht (Noodin-name) | Voorraad in de duinen. Innamepunten kunnen het (gedeeltelijk) van elkaar overnemen. | 4 tot 6 weken                                           |                              |
| Brakel       |                           |                                                                                     |                                                         |                              |
| Maas         | Biesbosch                 | Drie spaarbekkens van totaal ~80 Mm <sup>3</sup>                                    | 2 tot 3 maanden                                         |                              |
|              | Heel                      | Voorraad spaarbekken                                                                | 2 tot 3 weken                                           |                              |
|              |                           | Diepe grondwaterwinning (6,7 Mm <sup>3</sup> /jaar vergund)                         | 4 maanden                                               |                              |
| Drentsche Aa |                           | Reële bufferschijf procesbekken                                                     | 3 dagen                                                 |                              |
|              |                           | Overschakelen op Grondwaterwinning bij De Punt                                      | 4 Mm <sup>3</sup> /jaar vergund, ook normaal in gebruik |                              |

Tabel 7.2 toont dat bij alle innamepunten buffers aanwezig zijn. Aan het gebruik van buffervoorzieningen zitten vaak wel nadelen. In de duinen kan het stoppen met infiltreren gevolgen hebben voor de natuur. Wuijts et al. (2013) schrijven dat een onderbreking van één dag al gevolgen kan hebben voor broedvogels, met name in zomer en voorjaar. Hoe langer de onderbreking, hoe groter de natuurschade. Van Leerdam et al. (2023) schrijft dat na twee weken geulen zullen droogvallen en kanalen naar het technisch minimumpeil zullen zakken. Wanneer verdere verdroging optreedt, kunnen duinsystemen bovendien verzilten door infiltratie van zeewater. Op welke termijn verzilting optreedt is niet geheel duidelijk, maar Wuijts et al. (2013) en Clevers et al. (2019) noemen een termijn van één tot enkele maanden.

Bij gecontinueerde onttrekking gedurende innamestops zal het waterpeil in spaar- en procesbekkens dalen. Dit kan gevolgen hebben voor de voorzuivering in spaarbekkens, die voornamelijk via biologische verwijdering plaatsvindt. Mosselen helpen bijvoorbeeld bij verwijdering van nutriënten, zwevende stof en andere probleemstoffen. Wanneer mosselbanken droog komen te liggen, kan een gedeelte afsterven. Hierbij kan zuurstofloosheid optreden waardoor nutriënten uit het sediment weer vrij kunnen komen, met mogelijk langdurige gevolgen voor de waterkwaliteit in het bekken (Lucassen et al., 2018). Een verhoogde belasting met toxische stoffen, ziekteverwekkers en organisch materiaal kan ook negatieve gevolgen voor mosselen hebben. Soms kan ook worden gecompenseerd door bij droogte over te stappen op een andere bron. Bij de *Waterleidingplas* zou dan bijvoorbeeld kunnen worden overgestapt van kwelwater op water uit het Amsterdam-Rijnkanaal. De kwaliteit van dit water is mogelijk wel slechter.

### 7.3 Expertbeoordeling scenario's oppervlaktewater

De overbruggingstijden en de oorzaken en gevolgen van innamestops verschillen sterk per innamepunt (zie paragraaf 7.1 en 7.2). Daarnaast bevinden de innamepunten zich in verschillende delen van het oppervlaktewatersysteem, waardoor zowel maatregelen als effecten van de adaptatiescenario's sterk verschillen. Tabel 7.3 toont een overzicht van de risico's per innamepunt en van relevante maatregelen.

#### 7.3.1 Toekomstige rivierafvoeren en rivierkwaliteit

De belangrijkste maatregelen voor het hoofdwatersysteem komen uit het Deltaprogramma Zoetwater (Rijk der Nederlanden, 2021). Dat bestaat voornamelijk uit maatregelen voor optimalisatie van het huidige hoofdwatersysteem, zoals het verhogen van wateraanvoer naar west-Nederland en het beperken van zoutindringing bij sluizen. In de huidige droge zomers is er slechts een klein tekort in de doorspoelvraag (Mens et al., 2024). Voor 2050 en 2100 hebben Buitink et al. (2023) bij beperkte klimaatverandering berekend dat de minimumafvoeren van de Rijn (–9% tot –13%) en de Maas (–6% tot –13%) lager zullen liggen. Bij sterke klimaatverandering loopt dit verder op voor zowel de Maas (–7% tot –17% in 2050 en –18% tot –27% in 2100) als de Rijn (–8% tot –18% in 2050 en –20% tot –31% in 2100). Ondanks de maatregelen uit het Deltaprogramma kunnen zoetwatertekorten door klimaatverandering gaan toenemen (Mens et al., 2025). Ook voor de beekdalrivier de Drentsche Aa zal de fluctuatie in afvoer toenemen.

Voor de waterkwaliteit betekenen lagere zomerafvoeren minder verdunning van probleemstoffen. Hogere (water)temperaturen in combinatie met eutrofiering betekenen bovendien een grotere kans op algengroei en de mogelijke productie van toxines. De aanwezigheid van algen en toxines kunnen problemen geven in zuiveringsprocessen. De experts geven ook aan dat het stoffenbeleid een grote onzekerheid vormt. Het gaat dan om toelatingsbeleid van stoffen en om lozingsvergunningen, maar ook om verdergaande zuiveringen bij RWZI's. Deze factoren zijn niet opgenomen in de scenario's, maar zijn wel belangrijk voor het aantal overschrijdingen.

### 7.3.2 *Contextscenario's met huidig beleid*

#### 7.3.2.1 Innamepunten Heel en Drentsche Aa

De innamepunten Heel en Drentsche Aa zijn beide combinatiewinningen, waar bij langdurige innamestops van oppervlaktewater op grondwater wordt overgeschakeld (Tabel 7.3). Voor de Drentsche Aa betekent dit grondwaterwinning bij De Punt, wat in de buurt ligt van een Natura2000 gebied. Bij Heel is er sprake van diepe grondwaterwinning uit de Roerdalslenk, wat effecten kan hebben op onder meer kwelflux naar beken. In de Roerdalslenk is er sprake van een dalende trend in de stijghoogte (Provincie Limburg, 2018). In scenario BRV-ref nemen rivieraafvoeren slechts beperkt af. Gunstig is dat de drinkwatervraag in dit scenario in Limburg en Groningen licht afneemt (Figuur 5.2). Risico's op innamestops nemen slechts beperkt toe ten opzichte van de huidige situatie. Bij Heel was er van 2013 tot 2022 gemiddeld 158 dagen per jaar geen inname (Figuur 7.2).

Tabel 7.3 Overzichtstabel gevolgen innamestops en relevante maatregelen (zie hoofdstuk 4) in de verschillende scenario's. \*getallen afkomstig uit paragraaf 5.4.

| Innamepunt                                |                          | Gevolgen innamestops                                                                                              | Huidig                                                                                |                                                                                                                                            | Relevante maatregelen watersysteem                                                                         |                                                                                                             |
|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                          |                                                                                                                   | Beperkt                                                                               | Sterk                                                                                                                                      | Intensiveren                                                                                               | Transformeren                                                                                               |
| Rijn                                      | Andijk                   | Vaker gebruik maken van reserves in duinen en bekkens. Indien beschikbaar, mogelijke inkoop van PWN bij Waternet. | Beperkte lagere afvoeren en langere doorspoelmogelijkheid tegen verzilting IJsselmeer | Sterk lagere minimumafvoeren en slechtere waterkwaliteit, verzilting en sterk verhoogde drinkwatervraag en zoetwatervraag andere functies. | Verdubbeling bufferschijf IJsselmeer, beperking zoutindringing via sluizen                                 | Vergroten IJsselmeerbuffer, Stremming scheepvaart bij verziltingskans, beperking zoutindringing via sluizen |
|                                           | Haringvliet              | Vaker gebruik maken van duinreserves.                                                                             | Lagere afvoeren en verslechtering waterkwaliteit                                      |                                                                                                                                            | Beperking zoutindringing bij sluizen, extra aanvoer naar West-Nederland. Licht verondiepen Nieuwe Waterweg | Nieuwe Waterweg dicht, Haringvliet permanent zout                                                           |
|                                           | Nieuwegein               |                                                                                                                   |                                                                                       |                                                                                                                                            |                                                                                                            | Nieuwe Waterweg, binnensluizen, verminderde zoetwatervraag landbouw.                                        |
|                                           | Bergambacht (Noodinname) |                                                                                                                   |                                                                                       |                                                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                             |
| Maas                                      | Brakel                   | Verlaging niveau spaarbekken                                                                                      |                                                                                       |                                                                                                                                            | Infiltratie oppervlaktewater bij grondwaterwinningen                                                       | Robuuster grondwatersysteem                                                                                 |
|                                           | Biesbosch                |                                                                                                                   |                                                                                       |                                                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                             |
|                                           | Heel                     | Vaker inzet (diepe) grondwaterwinning                                                                             |                                                                                       |                                                                                                                                            |                                                                                                            | Verhoogde kwelflux in droge perioden, robuuster grondwatersysteem                                           |
| Drentsche Aa                              |                          | Vaker inzet (diepe) grondwaterwinning                                                                             |                                                                                       |                                                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                             |
| Extra vraag oppervlaktewater (Mm³/jaar) * |                          | Beperkt                                                                                                           | + 27                                                                                  |                                                                                                                                            | -3                                                                                                         | -52                                                                                                         |
|                                           |                          | Sterk                                                                                                             | + 76                                                                                  |                                                                                                                                            | + 54                                                                                                       | -7                                                                                                          |

In de Drentsche Aa veroorzaken met name bestrijdingsmiddelen en de waterkwantiteit innamestops (Latour Advies et al., 2023). De experts geven aan dat het risico op innamestops in het BRV-ref scenario ongeveer gelijk blijft aan de huidige situatie. De natuurschade wordt ingeschat op categorie *Midden*, en komt alleen voor in drogere zomers. Het wisselen tussen winningen vraag wel om personele inspanning. Bij de Punt is er ook tijd nodig om de volstroom-zuivering weer op te starten na af- en aanschakelen van inname.

In het SRV-ref scenario zullen zeer lage rivierafvoeren vaker voorkomen. Bovendien neemt de watervraag in zowel Limburg als Groningen toe (Figuur 5.2). Bij zowel Heel als de Drentsche Aa kunnen natuurwaarden en drinkwatervraag vaker met elkaar in conflict komen. In 2018 heeft het waterschap bijvoorbeeld een innamebeperking opgelegd bij de Drentsche Aa, zodat water beschikbaar blijft voor de natuur (Van Leerdam et al., 2023). Ook de Grensmaas kent een ecologische ondergrens van 10 m<sup>3</sup>/s. De verdringingsreeks (Figuur 4.1) geeft aan dat natuurgebieden eerst van water zullen moeten worden voorzien. De experts geven dan ook aan dat de grondwaterwinningen die als back-up dienen vaker ingezet zullen worden, naar *jaarlijks*. De mogelijke natuurschade bij deze innamepunten wordt ingeschat op *Midden of Hoger* (Figuur 2.3).

#### 7.3.2.2 Innamepunten Andijk, Bergambacht, Biesbosch, Brakel, Haringvliet en Nieuwegein

De winningen in West-Nederland gebruiken ofwel duininfiltratie, ofwel spaarbekkens om kortstondige innamestops te overbruggen. Een innamestop kan ook worden voorkomen door uit een andere rivier of oppervlaktewater in te nemen. Een innamestop kan betekenen dat er langer van reserves in duinen gebruik moet worden gemaakt, waardoor schade aan duinnatuur mogelijk is. Zo kunnen er effecten zijn op broedvogels (Wuijts et al., 2013); ook kan bladverlies optreden bij bomen en kan sommige vegetatie afsterven (Van Vossen et al., 2019). Bij spaarbekkens kan het verlagen van de waterspiegel ecologische effecten hebben, en zo ook de waterkwaliteit beïnvloeden.

In het BRV-ref scenario neemt de oppervlaktewatervraag in West-Nederland toe (+27 Mm<sup>3</sup>/jaar) en liggen rivierafvoeren beperkt lager dan nu. Hierdoor zullen innamestops bij de westelijke innamepunten vaker optreden. De experts geven echter aan dat de verhoging van het aantal innamestops relatief beperkt is ten opzichte van de huidige situatie. Dunea heeft bijvoorbeeld twee innamepunten in Brakel (Afgedamde Maas) en Bergambacht (Lek), waardoor alleen bij een dubbele calamiteit de inname volledig stopt.

Ook PWN en Waternet maken gebruik van duininfiltratie voor de bereiding van drinkwater. Voor duininfiltratie door PWN en Waternet kan zowel vanuit Andijk als vanuit Nieuwegein water worden ingenomen. Nieuwegein kent bovendien weinig innamestops (gemiddeld 8 dagen per jaar van 2013 tot 2022, zie Figuur 7.2). De experts geven aan dat slechts zeer zelden (minder dan één keer per 10 jaar) ingeteerd moet worden op de duinreserves. Dit leidt wel tot verkleining van de zoetwaterbel, en het kost enkele jaren van normale operatie om dit gevolg weer volledig te herstellen. Ook door Evides wordt water uit de

Haringvliet geïnfilterd in de duinen. Hier treden eveneens zelden innamestops op; gemiddeld 6 dagen per jaar tussen 2013 en 2022.

Bij Andijk en in de Biesbosch wordt oppervlaktewater ook direct tot drinkwater opgewerkt. Bij Andijk spelen met name problemen met zoutintrusie vanaf de Waddenzee bij lage afvoeren van de IJssel. In 2018 was het IJsselmeer bij Andijk lange tijd te zout. Omdat dit zout niet kan worden verwijderd, trad er een jaargemiddelde overschrijding op van de bedrijfstechnische norm van 150 mg Cl<sup>-</sup>/L in het afgeleverde drinkwater, maar de waarde bleef onder de WHO-norm van 250 mg Cl<sup>-</sup>/L (Van Vossen-van den Berg et al., 2019). De experts geven aan dat het zo'n één keer in de 20 jaar kan voorkomen dat beperkte verzilting optreedt, met zoutconcentraties van 200 à 300 Cl<sup>-</sup>/L in het BRV-ref scenario. Bij innamepunt Biesbosch komt het weinig tot innamebeperkingen, en vaak zijn deze preventief Evides beschikt immers over een bekken met een lange overbruggingstijd en een innamestation dat een hoge capaciteit heeft. Hierdoor is de winning ook robuust bij de relatief kortdurende innamestops, zelfs wanneer deze elkaar snel opvolgen. Bij het beperkte scenario neemt de frequentie en duur van innamestops beperkt toe. De experts geven aan dat de risico's in het BRV-ref redelijk vergelijkbaar zijn met de huidige situatie.

In het SRV-ref scenario daarentegen zullen de minimumafvoeren van de grote rivieren sterk lager komen te liggen. Bovendien stijgt de drinkwatervraag in dit scenario flink, met name in het westen van het land (Figuur 5.2). Ook de landbouw vraagt meer water voor beregening en door verdere indringing van zeewater neemt de doorspoelbehoefte toe. Mens et al. (2024) toont dat bij 2°C opwarming en een zeespiegelstijging van 40 cm er in droge perioden flinke zoetwatertekorten kunnen gaan optreden. Dit is vergelijkbaar met het H<sub>D</sub>-scenario in 2050 (30 cm zeespiegelstijging en +1,6°C). In 2100 (+4,4°C en 82 cm stijging) zal dit tekort door nog lagere rivierafvoeren verder oplopen. De experts geven aan dat bij Bergambacht en Andijk vaker verzilting zal gaan optreden. Dunea kan dan water innemen bij Brakel, waar verzilting waarschijnlijk geen probleem zal zijn. Door PWN wordt in perioden dat Andijk te zilt is mogelijk meer ingekocht bij Waternet. Hiermee kan de weggefallen winning niet geheel worden gecompenseerd. Hoewel niet meegenomen in huidig beleid (paragraaf 4.2), zal ook de beoogde 'klimaatbuffer' bij Andijk gaan helpen om langere perioden met een te zout IJsselmeer te overbruggen (Van Egdom, 2023).

Bij alle innamepunten neemt het risico op een slechtere waterkwaliteit in de zomers toe. Dit kan komen door algengroei bij hoge temperaturen in combinatie met eutrofiëring die de (voor)zuivering bemoeilijkt en door langdurige hoge concentraties van probleemstoffen. Volgens de experts kan dit mogelijk leiden tot de inzet van meer geavanceerde zuiveringstechnieken om met name persistente, mobiele en toxische stoffen zoals PFAS te verwijderen. De experts geven aan dat die nieuwe zuiveringen zeer hoge kosten met zich kunnen meebrengen. Bovendien vraagt dit om meer materialen van elders, is de milieu-impact hoger en worden mogelijk meer reststromen geproduceerd.

De experts geven aan dat het risico ook sterk afhangt van het stoffenbeleid in Nederland en buitenland en de zuiveringsinspanning bij de RWZI's. Het risico is dan ook niet alleen van klimaatverandering afhankelijk, maar hangt ook samen met bijvoorbeeld het behalen van de KRW-doelen. Voor verzilting zouden door de drinkwaterbedrijven ook ontziltingstechnieken kunnen worden overwogen. Deze oplossingsrichting kan autonoom door drinkwaterbedrijven worden uitgevoerd. De experts geven aan dat het inzetten van geavanceerde zuivering in de economische impact categorie *Hoger* zou vallen (Figuur 2.3). In het BRV-ref scenario zal er ook frequenter worden ingeteerd op duinreserves, maar blijft dat een relatief zeldzame gebeurtenis. Zelfs bij het SRV-ref scenario denken de experts dat dit minder dan één keer per 10 jaar nodig zal zijn. Er zal vaker schade aan duinnatuur plaatsvinden en er moet worden voorkomen dat de zoetwaterbel te klein wordt. Anders kan (moeilijk omkeerbare) verzilting van de duinen optreden.

### 7.3.3 *Intensiveren*

In het BRV-I scenario is er een kleine afname in de behoefte aan oppervlaktewater voor drinkwater. In Limburg (Heel) en Groningen (Drentsche Aa) neemt de drinkwatervraag sterker af dan het landelijke gemiddelde (Figuur 5.2). De overbruggingstijd van de bekkens neemt hierdoor evenredig toe met de relatieve besparing. Mogelijk hoeft er bij deze winningen daardoor minder vaak een beroep op de back-up grondwaterwinningen te worden gedaan. Bovendien wordt gebruikgemaakt van infiltratie van oppervlaktewater om verlagingseffecten rond de grondwaterwinning te compenseren. De experts geven dan ook aan dat minder dan één keer per 10 jaar schade aan de natuur zal optreden.

In scenario SRV-I blijft de drinkwatervraag in Limburg en Groningen ongeveer gelijk, maar neemt de zoetwateropgave wel sterk toe. Het is niet aannemelijk dat de maatregelen de rivierafvoeren aan het begin van de Nederlandse Maas of beekdalen zullen verhogen. Wel worden verlagingseffecten van de grondwaterwinningen zoveel mogelijk verminderd door infiltratie van oppervlaktewater. De experts geven echter aan dat het in zeer droge zomers niet aannemelijk is dat er voldoende oppervlaktewater zal zijn om deze effecten te compenseren. In het SRV-I scenario is het risico dan ook vergelijkbaar met SRV-ref.

Voor de westelijke oppervlaktewaterwinningen hebben de maatregelen in het hoofdsysteem meer effect. Zo betekent de vergroting van de bufferschijf in het IJsselmeer dat er bij Andijk meer water beschikbaar is om zout weg te spoelen. Bovendien kunnen de efficiëntiemaatregelen bij de sluizen helpen zoutindringing te voorkomen. Het zoutprobleem zal hierdoor minder vaak voorkomen dan bij *huidig beleid*. In scenario SRV-I kan het alsnog voorkomen dat er zoute condities optreden. Maar dit gebeurt dan wel later in het jaar en voor kortere perioden. Voor de overige innamepunten aan de Lek, de afgedamde Maas en het Haringvliet wordt een vergelijkbare risico verwacht als in scenario's met huidig beleid (paragraaf 7.3.2.2). Er zijn immers geen grote ingrepen die het westelijke (drink)watersysteem fundamenteel beïnvloeden. Met name in het SRV-I scenario betekent dit langdurigere innamestops door verslechterde waterkwaliteit. Bekkens en duinen zullen vaker dan nu

moeten worden ingezet als buffervoorziening, met mogelijke natuurschade tot gevolg.

#### 7.3.4 *Transformeren*

In Limburg en Groningen neemt de drinkwatervraag in zowel het BRV-T als SRV-T scenario sterk af. Dit ontlast de innamepunten Heel en Drentsche Aa. De waterkwaliteit in de Maas bij Heel verbetert niet noodzakelijkerwijs door de ingrepen bij de Nieuwe Waterweg. Maar de overbruggingstijd van het bekken neemt door de sterk verminderde drinkwatervraag wel substantieel toe. Met name in BRV-T hoeft minder vaak een beroep te worden gedaan op de diepe grondwaterwinning. Bovendien betekent het verbeteren van de sponswerking van natuur en landbouw dat de grondwaterwinning minder omgevingseffecten zal veroorzaken. In de Drentsche Aa, een op zichzelf staand beekdal, is het verbeteren van de sponswerking en waterberging in het gebied gunstig voor de kwelflux naar de rivier. Gedurende droge perioden kan daardoor langer een redelijke rivierafvoer worden vastgehouden (Querner et al., 2022). Overschakelen naar grondwater zal wel nodig blijven, met name in het SRV-T scenario waarin droogte lang kan aanhouden. Voor zowel Heel als de Drentsche Aa geldt dat de natuurschade afneemt ten opzichte van *huidig beleid* (paragraaf 7.3.2.1).

Voor de innamepunten Bergambacht en Haringvliet heeft het *transformerende scenario* grote gevolgen. Zo wordt innamepunt Haringvliet in zowel scenario BRV-T als SRV-T permanent zout. Zout water kan niet worden geïnfilterd in de duinen van Ouddorp en Haamstede waar innamepunt Haringvliet aan levert. Er zijn meerdere oplossingen mogelijk: 1) het aanvoeren van water uit een ander innamepunt, 2) het innamepunt verplaatsen of 3) ontzilting toepassen. De experts geven aan dat elk plan grote kosten met zich meebrengt. De inschatting is in de categorie *Groter*. Voor de andere innamepunten (met name Bergambacht) kan dit scenario zoutindringing beter beheersbaar maken. Ook bij de sluizen blijft echter een surplus debiet nodig, maar dat kan wel significant lager zijn. Het zal daardoor minder vaak tot zoutindringing komen. Dit maakt dat het rivier-duinsysteem van Dunea (ook inname bij Brakel) minder aan verzilting wordt blootgesteld. Verzilting is een klein probleem bij de andere innamepunten (Brakel, Biesbosch en Nieuwegein), en de experts geven aan dat de risico's slechts weinig verminderen ten opzichte van de andere scenario's. Sluizen *an sich* verbeteren de (bio)chemische waterkwaliteit immers niet. Wel geven de experts aan dat er ook voordelen voor andere sectoren zijn die belang hebben bij zoetwatervoorziening, zoals de landbouw.

Voor innamepunt Andijk wordt voorgesteld om naast het vergroten van de bufferschijf in het IJsselmeer de scheepvaart te stremmen wanneer er een risico op zoutindringing is. Dit zou het benodigde surplus debiet sterk kunnen verminderen, waardoor Andijk nog langer dan in het *intensiverende scenario* zoet kan blijven. Wel zijn er dan economische consequenties voor de scheepvaart. Bovendien maakt de vermindering in surplus debiet bij de Nieuwe Waterweg het mogelijk om bij droogte meer water naar de IJssel te sturen. Daarmee zou het *transformerende scenario* ook gunstig kunnen uitpakken voor innamepunt Andijk. Het risico op verzilte condities neemt in zowel het scenario BRV-T als SRV-T

sterk af. In het SRV-T scenario blijft het evenwel goed mogelijk dat door de substantieel lagere rivierafvoeren periodiek verzilting optreedt.

#### 7.4 Conclusies

##### *Oppervlaktewaterbedrijven voorbereid op schommelingen in de waterkwaliteit*

Klimaatverandering kan leiden tot een toename van innamestops door indikking van probleemstoffen en verzilting. Innamestops kunnen worden overbrugd door gebruik te maken van reserves in bekkens, duinen of door over te schakelen op grondwaterwinningen.

##### *Langdurige innamestops leiden tot natuurschade en additionele kosten*

Bij langdurige innamestops worden grondwaterwinningen of duinreserves aangesproken, wat kan leiden tot schade aan de omliggende natuur. Omschakelen brengt operationele kosten met zich mee. Bij sterke klimaatverandering zou deze schade kunnen toenemen.

##### *Sterke klimaatverandering in combinatie met negatieve ontwikkeling probleemstoffen is voor 2050 en 2100 een groot risico*

Klimaatverandering vermindert rivierafvoeren, wat leidt tot indikking van probleemstoffen. Dit verergert reeds bestaande kwaliteitsproblemen. Ontwikkeling van stoffenbeleid (waaronder toelating van stoffen, eisen aan lozingsvergunningen en zuivering bij RWZI's) kan zonder de invloed van klimaatverandering tot verandering in zuiveringsinspanning leiden.

##### *Besparende en compenserende maatregelen bij het intensiverende scenario helpen natuurschade te beperken en overbrugginstijd te verhogen*

Door verlaging van de drinkwatervraag neemt de relatieve overbruggingstijd die duinen en bekkens bieden beperkt toe. Ook het infiltreren van oppervlaktewater bij (nood)grondwaterwinningen helpt schadelijke effecten te voorkomen. Bij zeer droge zomers is er mogelijk te weinig oppervlaktewater om infiltratie toe te passen.

##### *Transformerend scenario heeft voor enkele innamepunten verstrekende gevolgen, voor de andere innamepunten is het effect beperkt*

In het *transformerende* scenario wordt zoutindringing verminderd, wat gunstig is voor de innamepunten Bergambacht en Andijk. De algehele waterkwaliteit van de rivieren verbetert met de transformerende maatregelen echter weinig. Het Haringvliet wordt zout, waardoor de operatie van dit innamepunt verandert. Rondom back-up grondwaterwinningen neemt natuurschade af door een robuuster grondwatersysteem.



## 8 Drinkwatertemperatuur

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op factoren die een rol spelen bij opwarming van drinkwater (paragraaf 8.1) en de huidige blootstelling van de bevolking aan te warm water (paragraaf 8.2). Vervolgens wordt middels de resultaten van een expertsessie ingegaan op het aantal inwoners dat bij de verschillende scenario's wordt blootgesteld aan te warm drinkwater en de aanwezigheid van pathogenen (paragraaf 8.3).

### 8.1 Factoren die de opwarming van het leidingnet beïnvloeden

De belangrijkste factoren die de drinkwatertemperatuur in het leidingnet bepalen zijn:

- 1) Temperatuur van de bodem waarin de leiding ligt (Blokker & Pieterse-Quirijns, 2013).
- 2) Opwarming van oppervlaktewater als dit de drinkwaterbron is (Zwolsman et al., 2014).
- 3) De eigenschappen van het leidingnet, zoals diameter en materiaal van de leidingen en de verblijftijd van het drinkwater in leidingen (Blokker & Pieterse-Quirijns, 2013).

#### 8.1.1 *Bodemtemperatuur*

De bodemtemperatuur is de belangrijkste factor bij opwarming van het leidingnet (Blokker & Pieterse-Quirijns, 2013). Zandgronden warmen relatief snel op in vergelijking met bodemtypes als klei en veen, die door hun grotere watervasthoudend vermogen een grotere warmtecapaciteit kennen (Pieterse-Quirijns et al., 2011). Daarnaast hebben Van der Molen et al. (2008) en Agudelo-Vera en Fujita (2017) laten zien dat bodemopwarming onder verschillende bodembedekkingen sterk uiteen kan lopen. In warme perioden kan de temperatuur in de bovenste meter onder verhard oppervlak - afhankelijk van de exacte diepte - wel 3°C tot 6°C hoger liggen dan onder gras, en wel 5°C tot 8°C hoger dan onder een plantsoen met struiken en bomen (Van der Molen et al., 2008). Verstedelijkte gebieden zijn daarmee gevoeliger voor opwarming van drinkwater dan landelijke gebieden (Agudelo-Vera et al., 2015; Agudelo-Vera, 2018). Daarnaast kunnen lokale hotspots zoals warmtenetten of andere warmtebronnen in de buurt van drinkwaterleidingen voor extra opwarming zorgen (Agudelo-Vera, 2018).

#### 8.1.2 *Eigenschappen van het distributienet*

Naast bodemtemperatuur bepalen de eigenschappen van het distributienet en de verblijftijd van het water daarin hoe snel het drinkwater in leidingen de bodemtemperatuur kan aannemen. De verhouding tussen opwarmtijd, de tijd die het duurt voordat water in de buis de bodemtemperatuur aanneemt, en de verblijftijd is hierbij bepalend. Langzaam stromend water in buizen met een kleine diameter die ondiep liggen, zal sneller opwarmen dan grotere volumes snelstromend water door brede buizen die dieper liggen. In de praktijk betekent dit dat grote transportleidingen niet erg gevoelig zijn voor opwarming. Met name de distributieleidingen in de wijken, die een relatief lange verblijftijd kennen en onder versteend oppervlak liggen, kunnen warm worden (PWN, 2024b).

### 8.1.3 *Invloed van de drinkwaterbron*

In de literatuur is er enige discussie over de rol van de opwarming van de drinkwaterbron in de drinkwatertemperatuur aan de tap. Waar grondwater jaarrond een min of meer constante temperatuur heeft, kent de temperatuur van oppervlaktewater een sterke seizoensfluctuatie. Op basis van een modelmatige vergelijking tussen een grondwatergevoed gebied en een oppervlaktewatergevoed gebied toont Agudelo-Vera (2018) dat de temperatuur aan de tap zeer vergelijkbaar is. Zwolsman et al. (2014) toont echter dat drinkwater in door oppervlaktewater gevoede leveringsgebieden in de praktijk vaak warmer is. Mogelijk worden hogere temperaturen gemeten in oppervlaktewatergevoede gebieden door de aanwezigheid van 'stedelijke hot-spots', langere verblijftijden in het distributienet en verschillen in meetprogramma's.

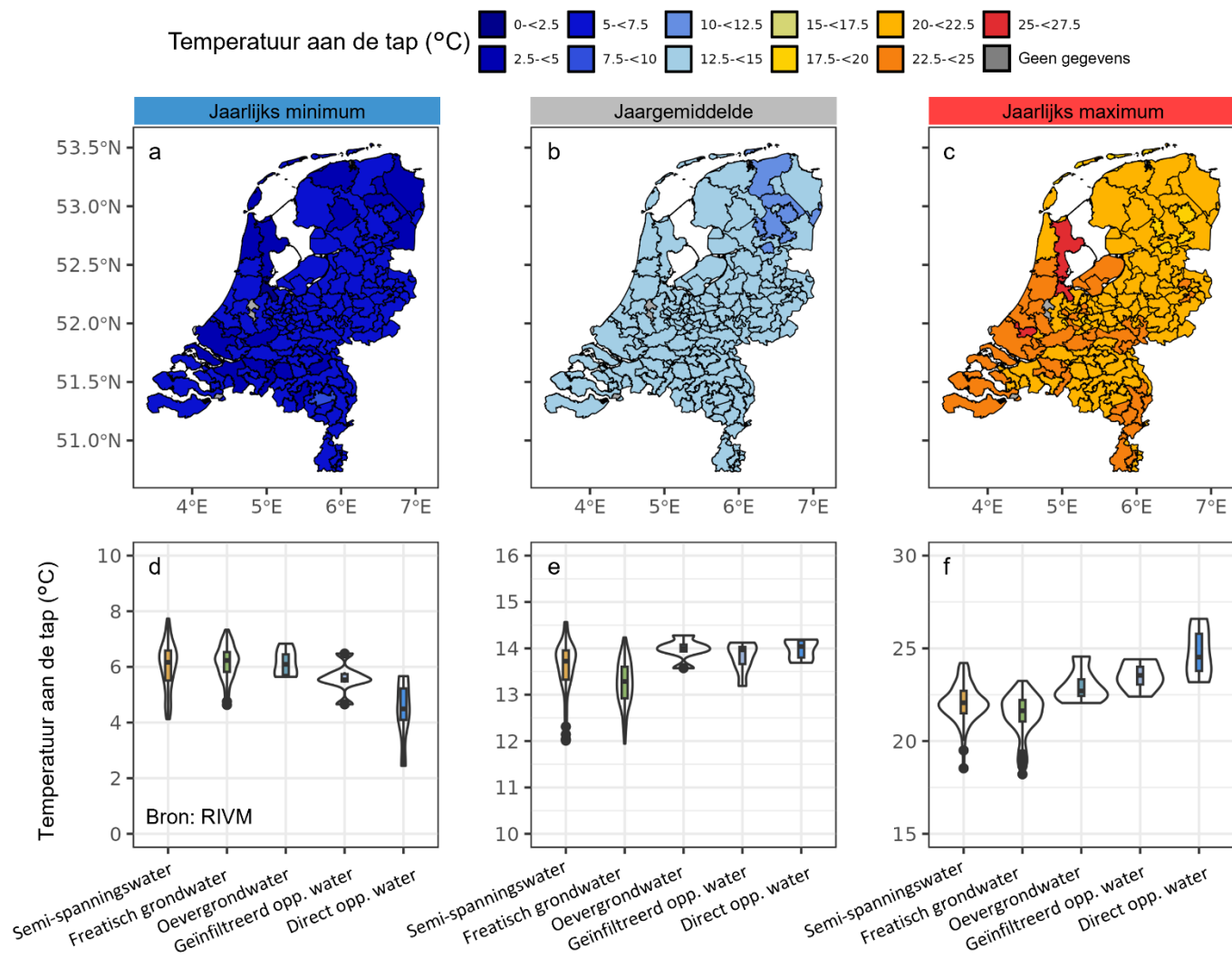
## 8.2 **Drinkwatertemperatuur, blootstelling bevolking en microbiologische risico's**

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de drinkwatertemperaturen in de verschillende leveringsgebieden van Nederland (paragraaf 8.2.1), de bevolking die in verstedelijkte gebieden woont (paragraaf 8.2.2) en van de bekende risicofactoren voor de groei van opportunistische pathogenen (paragraaf 8.2.3).

### 8.2.1 *Temperaturen in de leveringsgebieden van 2015 tot 2023*

In de REWAB-database worden per leveringsgebied de jaarlijkse maximale, minimale en gemiddelde taptemperaturen gerapporteerd. Op basis hiervan zijn de gemiddelden voor de periode 2015 tot 2023 berekend (Figuur 8.1a-c).

*Figuur 8.1* Overzicht jaarlijkse minimale, gemiddelde en maximale temperaturen aan de tap over de periode van 2015 tot 2023. **(a-c)** Gemiddelde per leveringsgebied met **(a)** minimumtemperatuur; **(b)** gemiddelde temperatuur en **(c)** maximumtemperatuur. **(d-f)** Jaarlijkse temperaturen in leveringsgebieden, uitgesplitst naar type drinkwaterbron, zie Bijlage 3, met **(d)** minimumtemperatuur; **(e)** gemiddelde temperatuur en **(f)** maximumtemperatuur. Let op de verschillende y-assen voor d-f.



De minimumdrinkwatertemperatuur over alle leveringsgebieden (Figuur 8.1a) lag voor deze periode gemiddeld op 6°C (standaarddeviatie van  $\pm 0,8^\circ\text{C}$ ). De gemiddelde taptemperatuur lag op 13,5°C (Figuur 8.1b), met een zeer kleine spreiding (standaarddeviatie van  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). De jaarlijkse maximumtemperatuur (Figuur 8.1c) was gemiddeld 22°C, met een grotere spreiding (standaarddeviatie van  $\pm 1,3^\circ\text{C}$ ). Er zijn 3 leveringsgebieden waar de jaarlijkse maximumtemperatuur van 2015 tot 2023 gemiddeld boven de 25°C uitkwam (Figuur 8.1c). Deze leveringsgebieden liggen allen in het westen van het land en worden allen gevoed door oppervlaktewater uit bekkens, dan wel geïnfiltreerd oppervlaktewater. Meer sporadisch, zoals in het extreem warme jaar 2018, kunnen ook andere leveringsgebieden met overschrijdingen te maken krijgen. In 2018 waren er bijvoorbeeld temperatuuroverschrijdingen in 25 leveringsgebieden, waaronder ook grondwatergevoede gebieden.

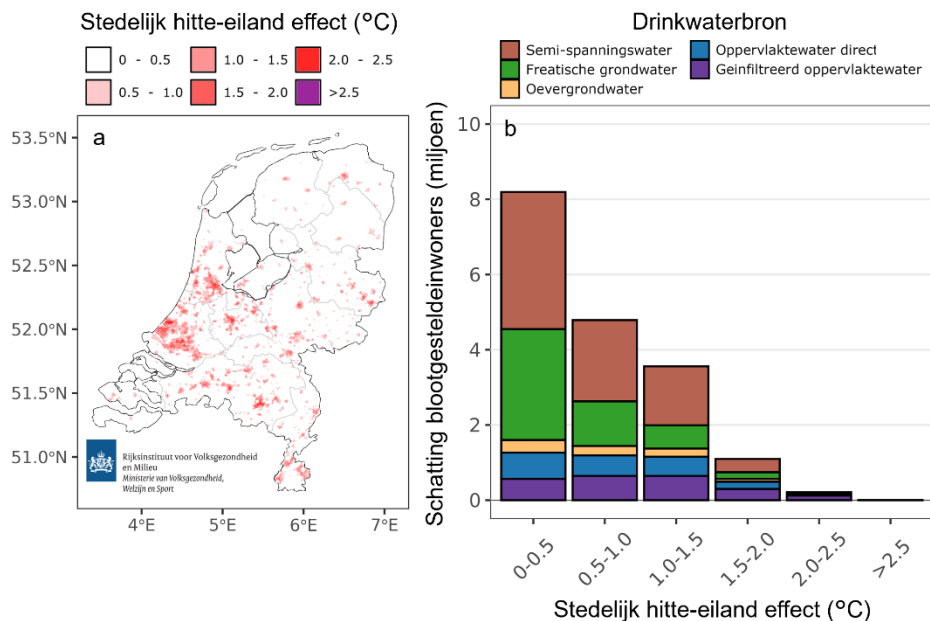
Gemiddelde drinkwatertemperaturen kunnen tussen leveringsgebieden sterk uiteenlopen, waarbij het brontype een rol kan spelen (Figuur 8.1d-f). Het verschil tussen de minimum- en maximumtaptemperaturen loopt het sterkst uiteen voor de 6 leveringsgebieden waar drinkwater direct uit oppervlaktewater wordt gemaakt. Over de beschouwde periode was de jaarlijkse minimumtaptemperatuur voor dit type drinkwater gemiddeld 4,4°C en de jaarlijkse maximumtemperatuur 24,8°C. Ook bij geïnfiltreerd oppervlaktewater (6 leveringsgebieden) is een relatief grote jaarlijkse spreiding in de drinkwatertemperatuur te zien (minimum van 5,6°C en maximum van 23,4°C). Hierna volgt oevergrondwater (7 leveringsgebieden, met minimum 6,1°C en maximum 23,0°C). Grondwater toont de kleinste spreiding: voor de 75 (semi-)spanningswatergevoede leveringsgebieden is dit 6,0°C tot 22,0°C en voor de 69 door freatisch grondwater gevoede leveringsgebieden is dit 6,1°C tot 21,4°C.

### 8.2.2 *Blootstelling bevolking aan te hoge temperaturen*

De data uit de REWAB-database (paragraaf 0) geeft een goede indruk van de maximumtemperaturen per leveringsgebied. Binnen leveringsgebieden kan de drinkwatertemperatuur echter sterk verschillen, bijvoorbeeld tussen dunbevolkte dorpen en dichtbebouwde stadswijken (PWN, 2024b). De REWAB-database bevat geen informatie met deze fijne, ruimtelijke resolutie. Bovendien is er geen informatie over de duur van (te) hoge temperaturen. Daarmee is de monitoring niet toereikend om de grote ruimtelijke en temporele variatie van hoge drinkwatertemperaturen in beeld te brengen (Agudelo-Vera et al., 2020). Duidelijk is wel dat te hoge temperaturen zich met name in (sterk) versteende gebieden voordoen (Agudelo-Vera et al., 2015).

Om een beter beeld te krijgen van hoeveel mensen in versteende gebieden wonen, is de kaart met stedelijke hitte-eilanden (UHI-kaart, waarbij UHI in internationale literatuur voor *Urban-Heat-Island* staat) over de CBS-buurtenkaart gelegd (Figuur 8.2a). Zo ontstaat een overzicht van hoeveel mensen in buurten met verschillende gradaties van het UHI-effect wonen. Dit is verder uitgesplitst naar de drinkwaterbronnen die in de betreffende buurten voor drinkwaterlevering worden gebruikt (Figuur 8.2b).

**Figuur 8.2** Overzicht UHI-effect in Nederland. Met (a) geografische spreiding UHI-effect in Nederland (gegevens van RIVM (2020)), gemiddeld op buurtniveau (BRK en CBS (2024)); (b) aantal bewoners van stedelijke hitte-eilanden en de gebruikte drinkwaterbron, zie Bijlage 3.



Figuur 8.2a toont de geografische spreiding van het UHI-effect in Nederland. Het UHI-effect is het gemiddelde temperatuurverschil tussen stad en platteland voor het zomerseizoen van juni tot en met augustus (Remme et al., 2017). Vrijwel alle stedelijke kernen, Randstedelijk of provinciaal, hebben een UHI-effect. De Randstad valt wel op als het gebied waar de meeste stedelijke hitte-eilanden te vinden zijn. Daarnaast is het opvallend dat zelfs een kleine stad als Rijssen (~30.000 inwoners in 2024) al vier buurten kent met een UHI-effect van 1,5°C tot 2,0°C. De twee warmste buurten van Nederland zijn te vinden in Den Haag, waar het gemiddelde effect oploopt tot wel +2,5°C.

Door het aantal bewoners per 0,5°C-tranche te sommeren, is te zien dat ongeveer de helft van de Nederlandse bevolking (8,1 miljoen mensen) een klein UHI-effect van minder dan 0,5°C ervaart (Figuur 8.2b). Het merendeel hiervan (85%) zijn bewoners van grondwaterafhankelijke leveringsgebieden. In matig verstedelijkte gebieden, met grof geschat een UHI-effect van 0,5°C tot 1,5°C, wonen in totaal 8,0 miljoen mensen. Hiervan woont 73% in grondwaterafhankelijke leveringsgebieden. In sterk verstedelijkte gebieden, met een UHI-effect van >1,5°C, wonen gezamenlijk 1,8 miljoen mensen. Ook hiervan woont het merendeel (65%) in grondwaterafhankelijke leveringsgebieden.

Het UHI-effect is dus sterk aanwezig in zowel de leveringsgebieden die door oppervlaktewater als door grondwater worden voorzien. Toch toont Figuur 8.1c dat structurele overschrijding van de 25°C-norm enkel voorkomt in drie oppervlaktewatergevoede leveringsgebieden. Deze resultaten suggereren dat mensen die in sterk verstedelijkte gebieden en in oppervlaktewater-gevoede gebieden wonen het grootste risico

lopen. Dit zijn 650.000 mensen van de 1,8 miljoen mensen die in sterk verstedelijkt gebied wonen (Figuur 8.2b).

In warmere zomers warmt de bodem verder op, waardoor de temperatuurnorm ook in matig verstedelijkte gebieden kan worden overschreden. Afhankelijk van de netwerkconfiguratie kan te warm drinkwater zich bovendien mogelijk verder verspreiden dan enkel plaatsen waar het UHI-effect sterk aanwezig is. Een belangrijke beperking van de analyse in paragraaf 8.2 is ook dat de duur van te hoge temperaturen niet bekend is, terwijl dit zeer belangrijk is voor de mogelijke microbiologische risico's. In het huidige klimaat lijkt het op basis van modelberekeningen hoogstens zo'n twee weken voor te komen, en dan enkel in sterk verstedelijkte gebieden (Agudelo-Vera et al., 2015).

### 8.2.3 Verkenning microbiologische effecten

De temperatuurnorm van 25°C heeft volgens Agudelo-Vera (2018) deels te maken met de klantbeleving, en deels met de stimulerende werking van warmte op de groei van *opportunistic pathogenen* in het leidingnet. Opportunistische pathogenen zijn normaliter niet gevaarlijk maar bij mensen die al verzwakt zijn kunnen ze toch leiden tot infecties. Met name de groei van deze opportunistische pathogenen in het drinkwater is relevant, aangezien die gevolgen kan hebben voor de volksgezondheid. De wettelijke norm voor infectiezieken door drinkwater ligt volgens de Drinkwaterregeling (2025, 24 oktober) op 1 infectie per 10.000 mensen per jaar. Hier is gefocust op de bekende ziekteverwekkende bacterie *Legionella pneumophila* (*L. pneumophila*). Bij inademing kan deze bacterie onder meer longontsteking veroorzaken (Reukers et al., 2024). Er zijn daarnaast meer opportunistische pathogenen bekend die in het drinkwater kunnen voorkomen, bijvoorbeeld *Pseudomonas aeruginosa* en *Aspergillus fumigatus* (Sylvestre et al., 2026).

#### Factoren in de groei van opportunistische pathogenen

Pathogenen in het drinkwater kunnen zich onder de juiste omstandigheden vermeerderen. Zo stimuleert een hoge temperatuur de groei. Deze temperatuur moet wel voor een langere tijd aanhouden voordat een substantiële hoeveelheid pathogenen in het water aanwezig zal zijn (Van der Kooij & Van der Wielen, 2013). Zo toont Van der Wielen (2020) dat een temperatuur van boven de 25°C de groei van een viertal opportunistische pathogenen in drinkwater kan stimuleren. Het onderzoek suggereert dat de groeisnelheid van de bekende ziekteverwekkende bacterie *L. pneumophila*, meestal de verantwoordelijke voor *Legionellose* (RIVM, 2024b), pas vanaf 28°C substantieel toeneemt. Daarnaast zijn ook leidingmateriaal, de aanwezigheid van opneembare koolstof in het geproduceerde water en de samenstelling van biofilms in het net van belang voor het risico (Zhao et al., 2025).

#### Legionella en legionellose in de Nederlandse situatie

De drinkwaterbedrijven hebben op basis van de Drinkwaterregeling (2025, 24 oktober) de taak om de drinkwaterkwaliteit te monitoren. Deze data zijn opgeslagen in de REWAB-database. Voor *Legionella* wordt *Legionella spp.* (met inbegrip van alle soorten) gerapporteerd. Er wordt

dus geen onderscheid gemaakt tussen *L. pneumophila* en andere soorten, die slechts een klein gedeelte van de gecultiveerde ziektegevallen vormt (Van der Wielen et al., 2021). De REWAB-gegevens tonen dat de norm voor *Legionella* in het afgeleverde drinkwater zelden wordt overschreden. Zo is de norm in 2023 18 keer overschreden bij een meting aan huis, maar in slechts 4 gevallen was dit in het afgeleverde water van een pompstation (ILT, 2024). De andere 14 gevallen waren te wijten aan groei in binneninstallaties (cv-ketels, douchekoppen etc.). Deze vormen een belangrijke habitat voor *Legionella*, waar drinkwaterbedrijven geen controle over hebben (Van der Lugt et al., 2017; Van der Lugt et al., 2019).

Geen van de huidige *Legionellose*-gevallen kon direct aan afgeleverd drinkwater worden gekoppeld (Reukers et al., 2024). Daarnaast spelen ook vernevelende installaties in huis, sauna's en andere bronnen in de leefomgeving een belangrijke rol bij *Legionella*-besmetting. Reukers et al. (2024) geven aan dat het tussen 2013 en 2022 hoofdzakelijk verneveling bij natte koeltorens (gekoppeld aan airconditionings bij ziekenhuizen en andere grote instellingen) en afvalwaterzuiveringsinstallaties is geweest waardoor herleidbare *Legionella*-besmettingen hebben plaatsgevonden. Met name kwetsbare groepen (rokers, mensen met onderliggende luchtwegaandoeningen en ouderen) lopen een risico om een ernstige vorm van legionellapneumonie op te lopen.

Door de hierboven omschreven complexiteit is niet exact vast te stellen wat de rol van afgeleverd drinkwater en de opwarming ervan betekenen voor de daadwerkelijke ziektelast. Belangrijkste oorzaken hiervoor zijn dat 1) er beperkt inzicht is in de duur en verspreiding van temperatuuroverschrijdingen, 2) de bron van de daadwerkelijke besmetting met *Legionella* vaak onbekend blijft en 3) de groei van pathogenen vaak pas in de binneninstallaties plaatsvindt.

### 8.3 Expertbeoordeling drinkwatertemperatuur

Om inzicht te geven in het klimaatrisico *Opwarming drinkwater* bij de verschillende scenario's is een expertbeoordeling uitgevoerd. In combinatie met de bekende literatuur wordt hier ingegaan op twee aspecten van dit risico, namelijk de mogelijke blootstelling aan te warm drinkwater (paragraaf 8.2) en de impact op de volksgezondheid (paragraaf 8.2.3).

#### 8.3.1 Contextscenario's met huidig beleid

##### 8.3.1.1 Opwarming leidingnet

In de contextscenario's is uitgegaan van eenzelfde stedelijke inrichting als nu. Bovenop de huidige toestand (Figuur 8.1) is er in het scenario BRV-ref in 2050 en 2100 een toename in de gemiddelde luchttemperatuur van +0,4°C ten opzichte van de periode 2015 tot 2023 (Figuur 8.1). Ook stijgt het aantal zomerse dagen (maximumtemperatuur >25°C) naar 39 dagen, van 28 dagen voor de periode 1991 tot 2020. Er is daarmee een grotere kans op langere warme perioden. In het SRV-ref scenario is er een temperatuurstijging van +1,4°C in 2050 en +4,3°C in 2100. Bovendien neemt het aantal zomerse dagen in dit scenario sterk toe. Zo zijn er in 2050 gemiddeld 48

zomerse dagen per jaar, en is dit in 2100 opgelopen tot 98 zomerse dagen.

Agudelo-Vera et al. (2015) en meer recent Esfandiar et al. (2026) hebben het effect van de KNMI-klimaatscenario's op de opwarming van het distributienet doorgerekend met een gekoppeld bodem-en-leidingwatertemperatuurmodel. Ze gebruiken hierbij drie verschillende stedelijkheidsklassen: niet-verstedelijkt (*Peri-urban* in de studie), matig verstedelijkt (*Urban*) en sterk verstedelijkt (*Hotspots*). Deze zullen een verschillende mate van opwarming ervaren.

Deze modelstudies rekenen voor dat bij het BRV-ref scenario in niet-verstedelijkte gebieden in zowel 2050 als 2100 geen drinkwatertemperaturen boven de 25°C voorkomen. In het SRV-ref scenario wordt de 25°C in 2100 wel overschreden, maar relatief kortstondig (ordegrootte 1 à 2 weken per jaar, zie Tabel 8.1). Voor matig en sterk verstedelijkte gebieden ligt dit anders. Volgens de berekeningen van Esfandiar et al. (2026) kan bij grote klimaatverandering in 2050 de 25°C in sterk verstedelijkte gebieden zo'n 3 maanden worden overschreden. In 2100 kan dit al bijna 4 tot 6 maanden zijn. Bovendien liggen de maximumtemperaturen ook hoger dan nu; er kunnen ook temperaturen van boven de 30°C voorkomen. Bij meer beperkte klimaatverandering zijn de effecten navenant minder, met in zowel 2050 als 2100 zo'n 3 weken per jaar boven de 25°C in matig verstedelijkte gebieden, en zo'n 3 à 4 maanden per jaar in de sterkst verstedelijkte gebieden.

Tabel 8.1 Overzicht blootstelling bevolking voor de verschillende contextscenario's.  
\*Duur is gebaseerd op de uitkomsten van de studie door Esfandiar et al. (2026).

| Temperatuuroverschrijdingen |                   |                                                                                                                                                                    |                            |                            |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Scenario                    |                   | T>25°C (beschrijving duur per jaar)*                                                                                                                               |                            |                            |
|                             |                   | Stedelijkheidsklasse                                                                                                                                               |                            |                            |
|                             |                   | Niet-stedelijk                                                                                                                                                     | Matig stedelijk            | Sterk stedelijk            |
| Beperkt                     | 2050              | Niet boven de 25°C                                                                                                                                                 | Kortstondig (~2 à 3 weken) | Langdurig (~3 maanden)     |
|                             | 2100              |                                                                                                                                                                    |                            |                            |
| Sterk                       | 2050              |                                                                                                                                                                    | Kortstondig (~1 maand)     | Langdurig (~4 maanden)     |
|                             | 2100              | Kortstondig (1 à 2 weken)                                                                                                                                          | Langdurig (~3 maanden)     | Langdurig (~4 à 6 maanden) |
| Inwoners                    |                   |                                                                                                                                                                    |                            |                            |
| Inwoners (miljoen)          | 2024              | 8,1                                                                                                                                                                | 8,0                        | 1,8                        |
|                             | Beperkt 2050/2100 | Lichte toename bevolking van +~1 miljoen ten opzichte van 2021; Verschuiving van landelijke gemeenten naar (regionale) stedelijke centra.                          |                            |                            |
|                             | Sterk 2050/2100   | Sterke toename bevolking, +~3 miljoen ten opzichte van 2021. Absolute groei hoofdzakelijk in (regionale) stedelijke centra en lichte groei in plattelandsgemeenten |                            |                            |

### 8.3.1.2 Blootstelling bevolking aan te warm drinkwater

Uit paragraaf 8.3.1.1 volgt dat het met name de stedelijke bevolking is die in toekomstig klimaat aan te warm drinkwater zal gaan worden blootgesteld. Het is aannemelijk dat de gebruikte stedelijkheidsklassen uit Esfandiar et al. (2026) corresponderen met verschillen in het UHI-effect (paragraaf 8.2.2). Het UHI-effect correleert immers met de stedelijkheid. Gebruikmakend van Figuur 8.2b kan dan een inschatting worden gemaakt van hoeveel inwoners in Nederland in een bepaalde stedelijke klasse wonen, en dus in een bepaalde risicoklasse vallen (Tabel 8.1). Daarnaast moet worden aangenomen dat veel van de bevolkingsgroei in het SRV-ref scenario (+~3 miljoen mensen in 2050/2100 ten opzichte van 2021) in verstedelijkt gebied zal plaatsvinden (0). Ook in het BRV-ref scenario (~+1 miljoen mensen in 2050/2100 ten opzichte van 2021) is een verschuiving van de populatie uit randgemeenten naar stedelijke centra te zien. In alle gevallen is de verwachting dat er in 2050/2100 in Nederland meer stadsbewoners zullen zijn (PBL & CBS, 2022).

Voor niet-verstedelijkte gebieden kan aangenomen worden dat het UHI-effect beperkt is ( $\text{UHI-effect} < 0,5^{\circ}\text{C}$ ). De (nu) 8,1 miljoen inwoners van niet-stedelijk gebied lopen in 2050 geen groot risico om drinkwater geleverd te krijgen dat te warm is (Tabel 8.1). Op basis van Esfandiar et al. (2026) is er alleen in 2100 in het SRV-ref scenario sprake van temperatuuroverschrijding, en dan waarschijnlijk relatief kortstondig (Tabel 8.1). In de matig verstedelijkte gebieden ( $\text{UHI-effect}$  van  $0,5^{\circ}\text{C}$  tot  $1,5^{\circ}\text{C}$ ) wonen nu ongeveer 8 miljoen Nederlanders. In 2050 is in deze gebieden in zowel het scenario BRV-ref als in SRV-ref tot maximaal een maand sprake van overschrijding van de  $25^{\circ}\text{C}$ -norm. Door bevolkingsgroei in het sterke scenario en verschuiving van de bevolking naar de stad zal het aantal aan te warm water blootgestelde inwoners hoger liggen dan de huidige 8 miljoen. In het BRV-ref scenario zal naar 2100 toe geen significante toename zijn in overschrijdingsduur. Er vindt in het KNMI'23- $L_n$ -scenario immers tussen 2050 en 2100 geen verdere stijging van de luchttemperatuur plaats. In het SRV-ref scenario daarentegen is in 2100 sprake van een langere duur van de temperatuuroverschrijding, en een significante stijging van de temperatuur.

In alle sterk verstedelijkte gebieden zal in alle scenario's zowel in 2050 als 2100 en bij zowel sterke als beperkte klimaatverandering gedurende meerdere maanden sprake zijn van temperatuuroverschrijdingen in het afgeleverde drinkwater. Omdat er bovendien meer mensen in verstedelijkte gebieden wonen, zal ook het aantal blootgestelde mensen meer zijn dan de huidige 1,8 miljoen. Zowel in het BRV-ref als het SRV-ref scenario zal de drinkwatertemperatuur langdurig boven de  $25^{\circ}\text{C}$ -norm kunnen uitkomen. Wel zullen in het SRV-ref scenario nóg hogere temperaturen voorkomen en zullen de overschrijdingen langer aanhouden.

### 8.3.1.3 Expert sessie: impact op de mens en de volksgezondheid

Tijdens de expert sessie is uitgegaan van de analyse uit paragraaf 8.3.1.2. Vervolgens is het gesprek over de impact op de mens en volksgezondheid gevoerd aan de hand van de risicomatrix, ontwikkeld door het PBL (Figuur 2.3). Hierbij is gekeken naar het aantal mensen

dat wordt getroffen, het aantal ernstig gewonden/doden en de frequentie waarmee het risico plaatsvindt. Bij de beoordeling van het risico is door de experts expliciet onderscheid gemaakt tussen het aantal mensen dat mogelijk te warm drinkwater krijgt en het aantal verwachte ziektegevallen.

Het in paragraaf 8.3.1.2 beschreven beeld van blootstelling aan te warm drinkwater werd door de experts bevestigd. Alle drie de experts gaven aan dat bij sterke klimaatverandering in 2050 en 2100 enkele miljoenen Nederlanders in de steden jaarlijks met te warm water zullen worden geconfronteerd. Dit komt overeen met de PBL-impactklasse *Groter*. Twee van de drie experts gaven aan dat bij beperkte klimaatverandering in 2050 hooguit 10.000 tot 100.000 mensen zouden worden getroffen, wat overeenkomt met de PBL-impactklasse *Midden*. Het algehele beeld is dat elk jaar zeer veel mensen periodiek aan te warm drinkwater zullen worden blootgesteld.

Opwarming van drinkwater kan de groei van opportunistische pathogenen stimuleren. De experts noemen hierbij de huidige richtlijn voor microbiële veiligheid (ILT, 2019), voortkomend uit het Drinkwaterbesluit (2024, 1 januari). Deze stelt dat het risico op een infectie door consumptie van drinkwater hooguit 1 op de 10.000 mensen per jaar mag zijn. Alhoewel er bij hogere temperaturen verscheidene pathogenen in drinkwater kunnen voorkomen, gaven de experts aan dat met name *Legionella* relevant is voor de ziektelast, vooral omdat *Legionellose* een ernstiger ziektebeeld kent.

Voor de daadwerkelijke ziektelast gaven de experts aan dat er in het afgeleverde drinkwater zelden *Legionella* boven de norm wordt aangetroffen. Wordt *Legionella* aangetroffen in monsters aan de tap, dan wordt er volgens de experts gecontroleerd of het gaat om groei in de binneninstallatie of in het afgeleverde drinkwater. De experts geven dan ook aan dat opwarming van de binnenruimte significant meer zou kunnen bijdragen aan de nagroei van pathogenen dan het afgeleverde drinkwater. Het warmer aanleveren van het water vergroot dit risico wel. Het koel houden van huizen (plaatsen zonwering, airco's etc.) door burgers die in huis hittestress ervaren, is een mogelijke autonome adaptatie die het risico zou kunnen doen verminderen. Daarnaast geven de experts aan dat er ook andere preventieve maatregelen mogelijk zijn (RIVM, 2024c).

Jaarlijks wordt er bij 300 tot 600 mensen daadwerkelijk legionellapneumonie vastgesteld (Reukers et al., 2024). Deze gevallen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de soort *L. pneumophila*. Het is niet bekend hoeveel van deze gevallen kunnen worden verklaard door de aanwezigheid van *Legionella* in het afgeleverde drinkwater. De experts geven aan dat het hoogstwaarschijnlijk om een zeer klein percentage van de getroffen en zal gaan. Oftewel: de meeste ziektegevallen hebben andere oorzaken dan opwarming van het leidingnet. Het gaat dan om groei in binneninstallaties met stilstaand water, en verneveling door koeltorens en rioolwaterzuiveringsinstallaties in de leefomgeving (zie ook paragraaf 8.2.3). De experts geven aan dat het aantal ziektegevallen door drinkwater in de warme toekomstscenario's = afhankelijk van de opwarming – navenant zal

toenemen, ook door nagroei van andere pathogenen. De bijdrage aan de totale *Legionellose*-ziektelast is waarschijnlijk beperkt.

Eén van de experts geeft aan dat voor substantiële groei van *L. pneumophila* langdurig aanhoudende temperaturen van ver boven de 25°C nodig zijn (zie ook Van der Wielen (2020)). Met name bij sterke klimaatverandering in 2100 zouden de risico's op groei van *L. pneumophila* in het distributienet dan kunnen toenemen. Vergrijzing van de bevolking kan een belangrijke additionele risicofactor zijn. Legionellapneumonie wordt veelal vastgesteld bij ouderen of mensen uit andere kwetsbare groepen. De bevolkingsopbouw is niet meegenomen in de analyse, en daarom niet door de experts geëvalueerd.

Uit de expertsessie komt het beeld naar voren dat veel mensen aan te warm afgeleverd drinkwater zullen worden blootgesteld. De ziekte­last door groei van opportunistische pathogenen in afgeleverd drinkwater is echter onduidelijk. Naar verwachting is de directe bijdrage van afgeleverd leidingwater aan de ziekte­last gering. Voor de impactcategorie Mens zou deze in *Klein* en hooguit *Midden* vallen (Figuur 2.3). Wel neemt het risico toe naarmate klimaatverandering versterkt doorzet.

### 8.3.2 *Effecten aanvullend beleid*

In de aanvullende adaptatiescenario's zijn verschillende maatregelen opgenomen om opwarming van het leidingnet tegen te gaan. In het adaptatiescenario Intensiveren ging dit om het leggen van poreuze tegels boven leidingen en het verleggen van leidingen naar de schaduwkant van straten. In het scenario Transformeren gaat het om groenblauwe dooradering van de stedelijke omgeving. Hierdoor ontstaat schaduw en komt er vocht in de bodem. Dat heeft een verkoelende werking. De effecten van deze maatregelen zijn eerder doorgerekend in verschillende studies met een bodemtemperatuurmodel, en samengevat door Agudelo-Vera et al. (2020) en Agudelo-Vera en van Summeren (2020). Bij de beoordeling zijn de experts ervan uitgegaan dat de maatregelen voor het hele leidingnet zijn toegepast.

#### 8.3.2.1 Intensiveren

In het adaptatiescenario Intensiveren wordt uitgegaan van schaduw boven leidingtracés en meer vocht in de bodem. Gecombineerd kunnen deze maatregelen de bodemtemperatuur op 1 meter diepte met zo'n 3°C terugdringen (Agudelo-Vera & van Summeren, 2020). Twee van de drie experts verwachten dat deze maatregelen in zowel het BRV-I als het SRV-I scenario opwarming van het drinkwater en blootstelling aanzienlijk kunnen doen verminderen. Het risico wordt door deze experts voor 2050 op *Kleiner* ingeschat. De experts geven aan dat deze maatregelen voor SRV-I in 2100 niet meer zullen volstaan om opwarming helemaal te mitigeren. Een deel van de redenering hierbij is dat met name de verdamping van bodemvocht voor de afkoeling zorgt. Bij de verwachte grotere neerslagtekorten in 2100 en langere warme perioden is het aannemelijk dat de bodem uitdroogt, waarna opwarming van de bodem toch relatief snel kan gaan. Een derde expert heeft geredeneerd aan de hand van het aantal gevallen van *Legionellose*, en geeft aan dat het onwaarschijnlijk is dat deze substantieel zullen dalen door de voorgenomen maatregelen.

De experts gingen ervan uit dat de maatregelen overal worden uitgevoerd. Ze gaven aan dat het in de praktijk uitdagend kan blijken om deze maatregelen bij alle leidingen uit te voeren. Vooral het verleggen van leidingen naar de schaduwkant kan lang duren, omdat de vervangingstijd van leidingen vaak meer dan 100 jaar is. Poreuze tegels kunnen dan weer voor intensief gebruikte wegen niet worden toegepast. Mogelijk beperkt dit de toepasbaarheid van de maatregelen uit het adaptatiescenario Intensiveren.

#### 8.3.2.2 Transformeren

In het adaptatiescenario Transformeren wordt groen aangebracht in de stedelijke omgeving en worden verharde oppervlakten zo veel mogelijk onverhard gemaakt. Daardoor ontstaat schaduw en wordt vocht vastgehouden, waardoor de bodem tijdens warme perioden minder opwarmt. Deze maatregelen zijn ruimtelijk ingrijpender dan die in het adaptatiescenario Intensiveren, maar ook effectiever; ze kunnen de temperatuur met zo'n 6°C verlagen ten opzichte van de scenario's BRV-ref en SRV-ref (Agudelo-Vera & van Summeren, 2020). Wederom zijn de experts ervan uitgegaan dat deze maatregelen overal zouden kunnen worden geïmplementeerd. Indien fijnmazig toegepast, worden de maatregelen door de experts ingeschat als toereikend om overschrijding van de temperatuurnorm voor BRV-T scenario's in 2050 en 2100 en voor het SRV-T scenario's in 2050 te voorkomen. De experts schatten het risico voor de scenario's in op *Kleiner*. Voor het jaar 2100 in het SRV-T scenario zullen de meer ingrijpende maatregelen ook tot minder opwarming leiden dan in het SRV-I scenario. Een gedeelte van de bevolking zal nog wel jaarlijks terugkerend aan te warm afgeleverd drinkwater worden blootgesteld. Qua effecten op de ziektelast wordt wederom aangegeven dat het effect van te warm afgeleverd drinkwater waarschijnlijk klein zou zijn in vergelijking met andere ziektebronnen.

De experts geven ook bij de transformerende maatregelen aan dat het onduidelijk is of deze daadwerkelijk overal kunnen worden toegepast. Zo kunnen de wortels van bepaalde soorten begroeiing in conflict komen met de aanwezige leidingen. Bovendien kunnen de maatregelen de uitvoering van werkzaamheden en onderhoud aan het net bemoeilijken. Om deze redenen is het onduidelijk hoe deze maatregelen er in de praktijk uit zullen zien. Wel zijn er ook positieve bijeffecten van de maatregelen, bijvoorbeeld voor de ervaren stedelijke hittestress.

### 8.4 Conclusies

#### *In huidig klimaat beperkte overschrijdingen van normen voor microbiële parameters en temperatuur*

In het huidige klimaat komt kortdurende overschrijding van de 25°C-norm nu al jaarlijks voor, met name in verstedelijkte leveringsgebieden waar oppervlaktewater de drinkwaterbron is. Microbiële parameters worden sporadisch overschreden. Zeer zelden wordt er ook *Legionella* spp. gedetecteerd in afgeleverd drinkwater.

#### *Bijdrage afgeleverd drinkwater aan Legionella-ziektelast beperkt*

In de huidige situatie wordt jaarlijks bij 300 tot 600 mensen *Legionellose* klinisch vastgesteld. Bij de herleidbare gevallen is het afgeleverde drinkwater zelden de oorzaak.

*Temperatuuroverschrijdingen zullen wijder verspreid en langduriger gaan voorkomen*

Navenant met de intensiteit van klimaatverandering zullen temperatuuroverschrijdingen in 2050 en 2100 vaker gaan voorkomen. Met name inwoners van sterk verstedelijkte gebieden (1,8 miljoen) en matig verstedelijkte gebieden (8,0 miljoen) worden aan te warm afgeleverd drinkwater blootgesteld.

*Effect van klimaatverandering op ziektelast vanuit drinkwater onduidelijk*

Klimaatverandering kan groeicondities voor *L. pneumophila* en andere opportunistische pathogenen bevorderen. Het is onduidelijk in hoeverre dit de ziektelast uiteindelijk verhoogt. Zo is er beperkt inzicht in de duur en verspreiding van temperatuuroverschrijdingen en de bron van de *Legionella*-besmetting, en vindt de groei voornamelijk plaats in binneninstallaties.

*Maatregelen om opwarming tegen te gaan effectief, maar implementatiegraad mogelijk beperkend*

Maatregelen om opwarming te mitigeren bestaan vooral uit fysieke ingrepen in de stedelijke omgeving, zoals vergroening. Hieruit komen ook koppelkansen voor een groene en gezonde leefomgeving voort. Deze maatregelen zijn echter mogelijk niet universeel in de bestaande stedelijke omgeving in te passen.



## 9 Uitdagingen en keuzes voor de Nederlandse drinkwatervoorziening

De drinkwatervoorziening behoort tot de vitale sectoren van de Nederlandse samenleving. Uit de Drinkwaterwet (2024, 1 januari) volgt logischerwijs dat *“de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening een dwingende reden van groot openbaar belang”* is. Deze studie maakt voor enkele risico's inzichtelijk wat verschillende ontwikkelingen in beleid, klimaat en de samenleving kunnen betekenen voor de verschillende onderdelen van de drinkwatervoorziening (zie Tabel 9.1). In dit hoofdstuk worden enkele uitdagingen en keuzes besproken die hieruit volgen.

### 9.1 Drinkwater uit grondwater

#### 9.1.1 *Toenemende spanning tussen grondwateronttrekking voor drinkwater, landbouw, natuur en de bebouwde omgeving*

Uit voorliggend onderzoek volgt dat er bij sterke bevolkingsgroei in 2050 circa 300 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig is. Bij gelijkblijvend, regionaal brongebruik is er dan zo'n 80 Mm<sup>3</sup>/jaar extra grondwater nodig om in de netto huishoudelijke behoefte te voorzien. De huidige - nog grotendeels te realiseren - plannen van provincies en drinkwaterbedrijven kunnen maximaal voorzien in 215 Mm<sup>3</sup>/jaar aan extra productiecapaciteit in 2040 (IPO et al., 2025). Grondwaterwinningen maken een substantieel deel van deze plannen uit. Vergunningsprocedures voor nieuwe winningen kunnen echter lang duren, en de uitkomst ervan is onzeker.

Tabel 9.1 Overzichtstabel resultaten expertsessies voor de onderzochte klimaatrisico's in voorliggend rapport.

| Thema                                          | Risico's                                      | Referentie: Huidig beleid                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                       | Effect beleidsscenario's t.o.v. referentie                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                |                                               | Beperkt risicoverhogend (BRV-ref)                                                                                                                                                                                                                                       | Sterk risicoverhogend (SRV-ref)                                                                                                                                                                                                                                       | Intensiveren (BRV-I en SRV-I)                                                                                                                                                                                                                                                        | Transformeren (BRV-T en SRV-T)                                                                                                                                                                                                  |
| Drinkwater uit grondwater (Hoofdstuk 6)        | Droogte-schade landbouw                       | Lagere grondwatervraag (voor drinkwater).<br>Droogteschadevergoeding landbouw gelijke ordegrrootte (nu: €5-€15 miljoen per jaar).<br>Omkeerbare natuurschade komt in drogere jaren voor.<br>Vergoeding funderingsschade verwaarloosbaar.                                | Sterk verhoogde grondwatervraag (voor drinkwater). Mogelijk lichte stijging vergoeding landbouw. Grootschaligere en vaker voorkomende natuurschade. Vergoeding funderingsschade blijft verwaarloosbaar.                                                               | Kleine drinkwater-besparing en infiltratie bij natuur en landbouw. Beperkte vermindering van natuur- en landbouwschade. Mogelijk beperkt infiltratiewater aanwezig bij sterke klimaatverandering.                                                                                    | Grote drinkwater-besparing. Landbouw en natuur klimaatrobuust ingericht. Schade aan natuur en landbouw verminderd ten opzichte van referentie.                                                                                  |
|                                                | Natuurschade                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                | Funderings-schade                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Drinkwater uit oppervlakte-water (Hoofdstuk 7) | Natuurschade                                  | Beperkt lagere rivierafvoeren en licht verhoogde vraag naar oppervlaktewater. Beperkt vaker gebruik moeten maken van back-upvoorzieningen. Veel is ook afhankelijk van stoffenbeleid.                                                                                   | Sterk lagere afvoeren en veel grotere vraag naar oppervlaktewater. Vaak meer inzet van back-upvoorzieningen nodig. Meer drinkwaterbronnen nodig. Meer verzilting bij gevoelige innamepunten.                                                                          | Kleine drinkwater-besparing. Iets minder noodzaak back-upvoorzieningen. Infiltratie mogelijk beperkt effectief bij sterke klimaatverandering. Waterkwaliteit niet noodzakelijkerwijs verbeterd.                                                                                      | Grote drinkwaterbesparing. Minder vaak beroep doen op back-upvoorzieningen. Innamepunt Haringvliet verzilt. Waterkwaliteit niet noodzakelijkerwijs verbeterd.                                                                   |
|                                                | Verhoogde zuiverings-inspanning               |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Drinkwater-temperatuur (Hoofdstuk 8)           | Overschrijden drinkwater-temperatuur          | Beperkte extra opwarming leidingnet. De 1,8 miljoen inwoners van verstedelijkte gebieden krijgen waarschijnlijk jaarlijks periodiek te warm drinkwater. Extra ziektelast waarschijnlijk klein, maar rol afgeleverd drinkwater in huidige ziektegevallen niet duidelijk. | Sterke extra opwarming drinkwater in sterk en matig verstedelijkte gebieden (nu ~10 miljoen inwoners). Langduriger te warm drinkwater. Extra ziektelast waarschijnlijk hoger dan in BRV-ref, maar rol afgeleverd drinkwater in huidige ziektegevallen niet duidelijk. | Aanleg poreuze tegels en leidingen in de schaduw. Beperkte vermindering opwarming. In sterk verstedelijkte gebieden en bij sterke klimaatverandering blijven jaarlijkse overschrijdingen temperatuurnorm. Effect op ziektelast onbekend. Maatregelen hebben lange implementatietijd. | Vergroening stedelijke leefomgeving leidt tot sterke vermindering opwarming, minimale overschrijdingen temperatuurnorm drinkwater. Mogelijk is implementatiegraad maatregelen in stad beperkend. Effect op ziektelast onbekend. |
|                                                | Verhoogde nagroei in leidingnet en ziektelast |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |

Mogelijke effecten van verlaagde grondwaterstanden op omliggende natuur en de bebouwde omgeving moeten voor vergunning namelijk grondig worden onderzocht. Zo betekent de voormalige Wet natuurbescherming (nu opgegaan in de Omgevingswet (2026, 1 januari)) dat nieuwe winningen geen significant effect mogen hebben op instandhouding van de onder deze wet beschermde natuur (Van Loon et al., 2024). Sterker, als de instandhouding van natuur daarom vraagt, kunnen provincies zelfs besluiten om *huidige* grondwateronttrekkingen stop te zetten (Van Loon et al., 2024). Bij een aantal winningen is het onttrekkingsvolume middels convenanten nu al verlaagd ten opzichte van de vergunde volumes (zie paragraaf 5.3). Verder kan mogelijke schade aan de bebouwde omgeving betekenen dat nieuwe plannen uiteindelijk geen doorgang kunnen vinden, zo laat een recent voorbeeld bij de winning *Hammerflier* zien (H2O-Actueel, 2023b). Uitbreiding van grondwaterwinningen kan in de toekomst vaker gaan schuren met de aanwezigheid van natuur en bebouwde omgeving.

Alhoewel niet gedetailleerd onderzocht in voorliggend onderzoek, beïnvloedt klimaatverandering ook het grondwatersysteem en de grondwaterbronnen. Zomerse droge perioden zullen langer gaan duren, wat nadelig is voor natuur, landbouw en grondwateraanvulling. Om wateroverlast te beperken, is het huidige watersysteem bovendien sterk ingericht op het afvoeren van water (Minister van I&W, 2022). De bestaande grondwaterwinningen zouden door bovenstaande factoren moeilijker bruikbaar kunnen worden. Verder liggen enkele winningen nabij het grensvlak tussen zoet en zout water. Het verschuiven van dat grensvlak door zeespiegelstijging kan leiden tot verzilting van grondwater. Ook kan bij hogere onttrekking brak, dieper grondwater worden aangetrokken. Dat kan de winningscapaciteit beperken (Zwolsman et al., 2014).

#### 9.1.2 *Keuzerichtingen voor grondwater*

In het *Intensiverende* beleidsscenario is sprake van een inzet op meer technologische maatregelen. Het is meer reactief van aard, met vooral sectorale, technische maatregelen. Op het vlak van drinkwaterbesparing zijn de maatregelen te karakteriseren als vrijblijvend. Bij beperkte bevolkingsgroei zijn deze *Intensiverende* maatregelen mogelijk al voldoende om geen extra bronnen te hoeven ontwikkelen. Bij sterke bevolkingsgroei blijven er zo'n 10 à 15 extra grondwaterwinningen nodig. In dat scenario blijft de spanning tussen het gebruik van grondwater voor drinkwater en andere functies toenemen. Bovendien worden natuur, landbouw en watersysteem beperkt anders ingericht, aangezien opslag van water, efficiënter watergebruik en kunstmatige infiltratie met oppervlaktewater de belangrijkste klimaatadaptieve maatregelen zijn. De experts die voor dit onderzoek zijn geraadpleegd, schatten in dat de zoetwatervraag in zijn totaliteit weinig afneemt of zelfs toeneemt. Ook neemt vanwege de zeespiegelstijging de doorspoelbehoefte bij sterke klimaatverandering toe (Mens et al., 2024). Mogelijk is er dan in droge jaren geen 'vrij' oppervlaktewater beschikbaar voor bijvoorbeeld kunstmatige infiltratie. In scenario SRV-I volstaat deze adaptatiestrategie mogelijk niet.

In het *Transformerende* beleidsscenario, waarin de nadruk ligt op ingrijpendere maatregelen die vaak integraal van aard zijn, wordt met

sturende maatregelen vanuit de overheid onder meer ingezet op een sterke afname van het drinkwatergebruik. Deze oplossingsrichting vraagt daarmee een grotere persoonlijke en financiële inzet van de burger. De praktische haalbaarheid en het draagvlak voor deze ingrijpende maatregelen vragen nog nader onderzoek. Deze maatregelen zorgen er wel voor dat zelfs in het scenario van sterke bevolkingsgroei geen additionele grondwaterbronnen nodig zijn. In veel gebieden met weinig groei zou de grondwater vraag voor drinkwater zelfs sterk afnemen. Omdat natuur en landbouw bovendien worden aangepast aan de gevolgen van klimaatverandering (meer acceptatie van zilte condities, meer waterberging, aanleggen buffergebied rondom natuur en uitbreiden van natuur) kan klimaatschade aan landbouw en natuur in zijn geheel sterk afnemen, meer specifiek ook rond grondwaterwinningen voor drinkwater. De oplossingen hebben naar verwachting wel grotere consequenties op het gebied van ruimtegebruik en voor de landbouwpraktijk.

## **9.2 Drinkwater uit oppervlaktewater**

### **9.2.1 *Vergrote druk op oppervlaktewaterwinningen***

De Nederlandse drinkwaterbedrijven onttrekken jaarlijks uit het hoofdwatersysteem zo'n 0,6% van de gemiddelde afvoeren van de Maas en de Rijn. In tijden van droogte kan dat oplopen tot 2,1%. Op veel fronten (zware metalen, stikstof en fosfor) is de waterkwaliteit afgelopen decennia verbeterd (CBS et al., 2023). Concentraties van sommige bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen en industriële stoffen nemen echter nog toe (CBS et al., 2023). Meerdere studies hebben doorgerekend dat bij afnemende rivierafvoeren vaker innamestops kunnen voorkomen door 'indikking' van de aanwezige verontreinigingen en verzilting (Wuijts et al., 2013; Sjerps et al., 2017; Mens et al., 2020). Uit voorliggend onderzoek blijkt dat waarschijnlijk vaker moet worden teruggevallen op back-upvoorzieningen, zoals (nood)grondwaterwinningen en het interen op reserves in duinen en bekkens. Als direct gevolg daarvan zijn er verhoogde operationele kosten, en mogelijk treedt ook vaker natuurschade op in duinen en rond de (nood)grondwaterwinningen. Bij een verhoogde drinkwater vraag kunnen de reserves in duinen en bekkens ook eerder uitgeput raken, waardoor de overbruggingstijd tijdens innamestops korter wordt.

Naast deze directe gevolgen wijst dit onderzoek er ook op dat waterkwaliteitsknelpunten en een toegenomen drinkwaterbehoefte leiden tot grote investeringen in de operationele drinkwaterinfrastructuur. Zo heeft Evides in 2021 een innamestation met een hogere capaciteit in gebruik genomen om beter te kunnen inspelen op de dynamiek van kwantiteit en kwaliteit in de rivier (Evides, 2021). Verder leende Evides in 2025 €200 miljoen om te investeren in een toekomstbestendige drinkwatervoorziening (H2O, 2025). PWN is voornemens nieuwe, natuurvriendelijke bekkens aan te leggen om water voor te zuiveren en om verzilte perioden en periodiek slechte waterkwaliteit van het IJsselmeer langer te kunnen overbruggen (Van Egdom, 2023). Waternet en Dunea gaan intensiever gebruik maken van de duinen (Dunea, 2023; Waternet, 2025). Dunea gaat daarnaast mogelijk meer water onttrekken aan het regionale oppervlaktewater *De Vliet* (Dunea, 2025). Bovendien kan het nodig zijn de

zuiveringsinspanning te verhogen vanwege de aanwezigheid van persistente, mobiele en toxische verontreinigingen (De Waal & Hofman-Caris, 2021; Hartmann et al., 2025; Van Leerdam et al., 2025).

De uitdagingen worden met name groter bij de combinatie van een sterke klimaatverandering en bevolkingsgroei. Bij sterke bevolkingsgroei is er in 2050~80 Mm<sup>3</sup>/jaar extra oppervlaktewater nodig om te voorzien in de netto groei van de huishoudelijke vraag. Met name in regio's waar nu al krapte is (zie Van Leerdam et al. (2023)), zou bronuitbreiding nodig worden. Bovendien leidt de combinatie van lozing van probleemstoffen en lagere rivierafvoeren tot langere innamestops. Om robuust te kunnen blijven leveren, moeten reserves en bronnen mogelijk verder worden uitgebreid. Ook kan de zuiveringsinspanning verder gaan toenemen. De experts die voor dit onderzoek zijn geconsulteerd, geven aan dat uitbreiding van reserves en winningen en een verhoogde zuiveringsinspanning met significant hogere kosten gepaard zullen gaan.

#### 9.2.2 *Keuzerichtingen voor oppervlaktewater*

De inname van oppervlaktewater voor drinkwater maakt een relatief klein deel uit van de totale waterbalans van het hoofdwatersysteem. De onderzochte keuzes voor het hoofdwatersysteem zijn vooral gebaseerd op de waterveiligheid en verzilting. In zowel de beleidsscenario's *Intensiveren* als *Transformeren* verbetert de situatie qua verzilting, door bijvoorbeeld de bufferschijf van het IJsselmeer te verdubbelen. In het beleidsscenario *Transformeren* wordt de verzilting verder tegengegaan door de Nieuwe Waterweg af te sluiten. Het Haringvliet wordt dan wel permanent zout, waardoor een innamepunt van Evides (~9 Mm<sup>3</sup>/jaar vergund) verzilt raakt. Voor drinkwater in de bijbehorende leveringsgebieden zou in dat geval een oplossing moeten worden gevonden.

Op het vlak van de chemische waterkwaliteit verbetert er in beide scenario's echter weinig. De aanpassingen aan het watersysteem verminderen de emissies op oppervlaktewater niet, maar rivierafvoeren - en dus de waterkwaliteit - zullen met klimaatverandering wel navenant afnemen. Ook draagt het reduceren van de huishoudelijke drinkwatervraag, een centraal onderscheid in de twee beleidsscenario's, niet direct bij aan verbetering van de waterkwaliteit. Anderzijds geven de experts aan dat door drinkwaterbesparing wel meer tijd ontstaat om nieuwe bronnen te ontwikkelen, en dat innamestops er beter door te overbruggen zijn.

Emissies vanuit de industrie worden op dit moment getoetst en vergund aan de hand van de immissietoets. Hierbij wordt uitgegaan van een rivierafvoer die in een gemiddeld jaar, beschouwd over de laatste 10 jaar, minimaal 90% van de tijd wordt bereikt (Minister van I&W, 2019). In drogere jaren kan het dus nu al voorkomen dat langere perioden van lagere afvoeren optreden, met langere innamestops tot gevolg. Ook voor de drinkwatervoorziening is het dus van belang om de waterkwaliteit te verbeteren. Op dit moment voldoet Nederland nog niet aan de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW (2000, 23 oktober)) in het algemeen, noch aan die voor Drinkwaterbronnen (artikel 7.3 van de KRW), zie Witteveen en Bos et al. (2024). De experts

geven aan dat er mogelijk winst is te behalen in het stoffenbeleid. Dat wil zeggen: de (internationale) toelating van stoffen, de eisen aan lozingsvergunningen en de zuivering bij RWZI's.

### 9.3 Beperkingen van deze studie

Voorliggende studie had als doel toekomstige risico's voor de drinkwatervoorziening te verkennen en een kwantitatieve inschatting te geven. Er zijn hierbij keuzes gemaakt in methodiek en scenario-opzet (zie paragraaf 1.2.3 en 1.2.4). Deze afbakening bepaalt over welke onderwerpen conclusies kunnen worden getrokken, maar kent ook beperkingen. Zo zijn er enkele belangrijke ontwikkelingen niet meegenomen. Deze kunnen mogelijk onderwerp zijn van vervolgstudies. Dit betreft onder meer:

- De toekomstbestendigheid van de huidige bronnen onder verschillende scenario's van klimaatverandering.
- Besparing in de nijverheids- en agrarische drinkwatervraag en de effecten op de regionale en landelijke drinkwatervoorziening.
- De bijdrage van een inzet op onconventionele bronnen zoals brak grondwater, en de betekenis daarvan voor de regionale en landelijke drinkwatervoorziening.
- Wijzigingen in stoffenbeleid en -gebruik die van invloed kunnen zijn op de kwaliteit van drinkwaterbronnen. Dit betreft bijvoorbeeld de toelating van nieuwe stoffen, het zuiveringsniveau bij RWZI's en het systeem van lozingsvergunningen.
- Effect van het overschrijden van specifieke klimaatkantelpunten op de drinkwatervoorziening.

Methodisch is ervoor gekozen om de risico-inschattingen op basis van expertbeoordeling te doen. Expertbeoordeling wordt veel gebruikt in gevallen waarin weinig data beschikbaar is, maar de methode kent ook beperkingen (Rae & Alexander, 2017). Voor dit onderzoek zijn de belangrijkste:

- Wegens de benodigde inspanning kon slechts een beperkte groep experts worden geraadpleegd. In veel gevallen was op specifieke aspecten van een risico (natuurschade, landbouw, gezondheid etc.) slechts één domeinexpert aanwezig (bij grondwater en drinkwatertemperatuur), en was er slechts één expert per innamepunt bij risico's voor oppervlaktewater. De (wetenschappelijke) onzekerheid kon daarmee in deze studie slechts beperkt in kaart worden gebracht.
- In de expertsessie bleek dat definities uit de methode van het PBL (Figuur 2.3) soms niet eenduidig zijn. Een voorbeeld is het begrip 'onomkeerbare natuurschade'. Hierdoor is het niet zeker of experts dezelfde definitie bij de risico-inschatting hanteren, met grotere onzekerheid tot gevolg.
- Door de sectorale insteek van het onderzoek (paragraaf 1.2.3), bleven belangrijke, de sector overstijgende risico's in de expertsessies buiten beschouwing. Denk bijvoorbeeld aan de mogelijke gevolgen voor de economische ontwikkeling van Nederland of de woningbouwopgave.

## 9.4 Conclusies

Voor de duurzame veiligstelling van de drinkwatervoorziening blijven voldoende bronnen van een goede kwaliteit nodig. Voorliggend onderzoek heeft de mogelijke drinkwatervraag in 2050 gekwantificeerd, en risico's voor drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater en de drinkwatertemperatuur bij verschillende scenario's onderzocht.

De drinkwaterbehoefte is in dit onderzoek als leidend principe genomen. Deze is immers bepalend voor hoeveel nieuwe bronnen nodig zullen zijn. Voorliggend onderzoek maakt inzichtelijk hoe bevolkingsgroei de ontwikkeling van de drinkwaterbehoefte stuurt. In 2050 kan bij sterke bevolkingsgroei circa 300 Mm<sup>3</sup>/jaar extra productiecapaciteit nodig zijn. Uitbreiding van de productiecapaciteit vraagt om investeringen in de drinkwaterinfrastructuur, en het bijtijds doorlopen van vergunningsprocedures. Ook neemt de druk op de verdeling van het beschikbare zoetwater toe. In sommige gevallen zal het drinkwaterbelang dan kunnen schuren met natuurdoelen en andere omgevingsfuncties. Vergunningsprocessen voor nieuwe winningen zijn complex, onzeker en tijdrovend. Worden geschikte bronnen echter niet tijdig ontwikkeld, dan kunnen in regio's beperkingen in de drinkwatervoorziening ontstaan. Dit zou gevolgen kunnen hebben voor onder meer de woningbouwopgave en nieuwe bedrijvigheid.

Dit onderzoek toont dat inzetten op drinkwaterbesparing een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verminderen van de opgave. Besparing zou met name bij sterke bevolkingsgroei of een verminderde waterbeschikbaarheid een belangrijke bijdrage kunnen leveren. Maar ook bij lagere bevolkingsgroei helpt drinkwaterbesparing om de druk op het watersysteem te verminderen. Rondom grondwaterwinningen zou dit bijvoorbeeld de effecten van een lagere grondwaterstand op natuur en landbouw verminderen. Ook het meer klimaatrobust inrichten van de landbouw, de natuur en het Nederlandse watersysteem als geheel kan bijdragen aan het waarborgen van voldoende water voor de verschillende functies.

Afhankelijk van het toekomstscenario verschilt de urgentie om maatregelen te implementeren. Het is echter onzeker welk scenario het meest waarschijnlijk is. Daarom is het nu al nodig de drinkwatervoorziening zó in te richten dat deze robuust, veerkrachtig en toekomstbestendig is. Daarmee is de Nederlandse drinkwatervoorziening zo goed mogelijk voorbereid op toekomstige (klimaat)ontwikkelingen.



## Dankwoord

De auteurs bedanken de experts die aanwezig zijn geweest bij de expertsessies voor het inbrengen van hun kennis. Frank van Gaalen (PBL) en Carine van der Boog (PBL) worden bedankt voor het helpen organiseren van de expertsessies en de goede samenwerking. Verder worden Susanne Wuijts (RIVM) en Niels Schoffelen (RIVM) bedankt voor het leveren van constructieve kritiek en aanwijzingen die dit rapport hebben verbeterd. Daarnaast bedanken de auteurs Mathijs Ambaum (RIVM) voor het helpen verfijnen van de enquêtevragen en Tjebbe Janson (RIVM) voor het aanleveren van de REWAB-gegevens en de hulp bij het maken van de menggebieden-kaart.



## Literatuur

- ACSG. (2025a). Gebouwschade door grondwateronttrekking? In Adviescommissie Schade Grondwater (Ed.): BIJ12.
- ACSG. (2025b). *Wat doet de ACSG?* Adviescommissie Schade Grondwater. Pagina bezocht op 25-09-2025 URL: <https://www.bij12.nl/onderwerp/adviescommissie-schade-grondwater/wat-doet-de-acsg/>
- Agudelo-Vera, C., Blokker, M., van der Wielen, P., & Raterman, B. (2015). *Drinking water temperature in future urban areas*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Agudelo-Vera, C., & Fujita, Y. (2017). *Hotspots in het leidingnet*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Agudelo-Vera, C. M. (2018). *Aanpak om de hotspots in het leidingnet terug te dringen*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Agudelo-Vera, C. M., Blokker, E. J. M., & Quintiliani, C. Q. (2020). *Maatregelen tegen ongewenste opwarming van het drinkwater in het leidingnet*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Agudelo-Vera, C. M., & van Summeren, J. (2020). *Effectiviteit maatregelen klimaatadaptatie*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Algemene rekenkamer. (2025). *Drinkwater onder druk: Drinkwaterbesparing: tijd voor resultaten*. Den Haag, Algemene rekenkamer.
- Baggelaar, P., Kuin, P., & Geudens, P. (2022). *Prognoses drinkwatergebruik in Nederland t/m 2040*. Vereniging Waterbedrijven in Nederland (VEWIN), Icastat, RoyalHaskoningDHV.
- Bakker, J., Van der Mooren, F., & Boonstra, H. J. (2022). *Watergebruik Thuis 2021: Schattingen van het watergebruik per dag door personen en huishoudens*. Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).
- BBG. (2024). *Droogteagenda Noord-Brabant: Naar een robuust watersysteem in 2040 met het Grondwaterconvenant als vertrekpunt*. Breed Bestuurlijk Grondwateroverleg (BBG) Noord-Brabant.
- Beuken, R., & Vreeburg, J. (2015). *Behoefteprognose en behoeftedekking Nederlandse drinkwatervoorziening: Methodiek*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- BIJ12. (2023). *Adviescommissie schade grondwater*. Pagina bezocht op 10-04-2025 URL: <https://www.bij12.nl/onderwerp/adviescommissie-schade-grondwater/>
- Blokker, E. J. M., & Pieterse-Quirijns, E. J. (2013). Modeling temperature in the drinking water distribution system. *Journal AWWA*, 105(1), E19–E28. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2013.105.0011>
- Boorsma, M., & Wessels, P. (2023). *Technologie en Ontwikkelingen Bronnen en Zuivering Drinkwater: Vlaanderen en Nederland*. Waterlab Noord (WLN).
- BRK, & CBS. (2024). *Wijk- en buurtkaart 2024 versie 1* (Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)).

- Broers, H. P., & Lijzen, J. (2014). *Afwegingen bij het gebruik van grondwater en de ondergrond: Een verkenning op basis van ecosysteemdiensten*. Deltares, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Buitink, J., Tsiokanos, A., Geertsema, T., ten Velden, C., Bouaziz, L., & Weiland, F. (2023). *Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse*. Deltares.
- CBS. (2021). *Voorlopige bevolkingsaantallen per gemeente, 1-1-2021* (Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/10/voorlopige-bevolkingsaantallen-per-gemeente-1-1-2021>
- CBS. (2024). *Wijk- en buurtkaart 2024* (Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/wijk-en-buurtkaart-2024>
- CBS, PBL, RIVM, & WUR. (2023). *Belasting van het oppervlaktewater, 1990-2021* Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen. Pagina bezocht op 20 oktober 2023 URL: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl008324>
- Clevers, S., Dorland, E., Van Vossen, J., Verschoor, A., & Emke, E. (2019). *Buffercapaciteit drinkwatervoorziening Nederland*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- CLO. (2024a). *Innamestops waterwinbedrijven, 1969/2007-2022 (indicator 0269, versie 15, 29 april 2024)* (Compendium voor de Leefomgeving (CLO).
- CLO. (2024b). *Productie van drinkwater, 1950-2022* (Compendium voor de Leefomgeving (CLO). <https://www.clo.nl/indicatoren/nl004516-productie-van-drinkwater-1950-2022>
- Dammers, E., ;, Van 't Klooster, S., de Wit, B., Hilderink, H., Petersen, A., & Tuinstra, W. (2013). *Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Davis, J. S., & Zobrist, J. (1979). The Interrelationships among Chemical Parameters in Rivers — Analysing the Effect of Natural and Anthropogenic Sources. In J. S.H (Ed.), *Ninth International Conference on Water Pollution Research* (pp. 65–78). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-022939-3.50011-8>
- De Louw, P. G. B., Witte, J. P., Van den Eertwegh, G. A. P. H., Bartholomeus, R. P., Pouwels, J., & Hunnink, J. (2022). Beter bestand tegen droogte: oplossingsrichtingen voor een hydrologisch goed functionerend grondwatersysteem in de zandgebieden van Nederland. *Stromingen*, 28(1).
- De Moel, P. J., van Dijk, J. C., Verberk, J. Q. J. C., & Technische Universiteit, D. (2005). *Drinkwater: principes en praktijk*. <https://books.google.nl/books?id=1zdUAAAACAAJ>
- De Waal, L., & Hofman-Caris, R. (2021). *Additionele zuiveringsinspanning voor verwijdering van opkomende stoffen*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Drinkwaterbesluit, 2024, 1 januari. Den Haag, Rijksoverheid URL: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/>
- Drinkwaterregeling, 2025, 24 oktober. Den Haag, Rijksoverheid URL: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030152/>

- Drinkwaterwet, 2024, 1 januari. Den Haag, Rijksoverheid URL: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/>
- Dunea. (2020). *De nieuwe multi-bronnenstrategie van Dunea*. Pagina bezocht op 24-07-2024 URL: <https://www.dunea.nl/algemeen/nieuws/2020/de-nieuwe-multi-bronnenstrategie-van-dunea>
- Dunea. (2023). *Drinkwatervoorziening van de toekomst 2030-2040: Notitie Reikwijdte en Detailniveau*.
- Dunea. (2024). *Te veel bestrijdingsmiddelen in de Maas*. Pagina bezocht op 11-11-2024 URL: <https://www.dunea.nl/algemeen/nieuws/2024/te-veel-bestrijdingsmiddelen-in-de-maas>
- Dunea. (2025). *Dunea kiest voor nieuw drinkwatersysteem met Vliet als bron*. Pagina bezocht op 19-11-2025 URL: <https://www.dunea.nl/algemeen/nieuws/2025/dunea-kiest-voor-nieuw-drinkwatersysteem-met-vliet-als-bron>
- Erkens, G., Kooi, H., & Melman, R. (2021). *Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten*. Deltares, TNO, Wageningen Environmental Research (WEnR).
- Esfandiar, N., Gutierrez, B., & Blokker, E. J. M. (2026). *Drinking water temperature under climate change scenario's (in prep.)*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Evides. (2021, 07–07–2021). *Evides opent grootste ruw water innamepompstation van Nederland*. Evides. Pagina bezocht op 20-03-2024 URL: <https://www.evides.nl/over-evides/nieuws-en-media/nieuws/2021/evides-opent-grootste-ruw-water-innamepompstation-van-nederland>
- H2O-Actueel. (2023a). *Adviescommissie: steeds lastiger om verband te leggen tussen schade en grondwateronttrekking*. Koninklijk Nederlands Waternetwerk. Pagina bezocht op 29-09-2025 URL: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/adviescommissie-steeds-lastiger-om-verband-te-leggen-tussen-schade-en-grondwateronttrekking>
- H2O-Actueel. (2023b). *Onderzoek: flinke kans op schade in huidig scenario voor extra waterwinning Hammerflie*. Pagina bezocht op 27-11-2024 URL: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/onderzoek-flinke-kans-op-schade-in-huidig-scenario-voor-extra-waterwinning-hammerflie>
- H2O-Actueel. (2024). *Vitens: erg hoog grondwater droeg bij aan Gelderse drinkwaterincidenten*. Pagina bezocht op 28-11-2024 URL: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/erg-hoog-grondwater-droeg-bij-aan-gelderse-drinkwaterincidenten>
- H2O. (2025). *Evides leent 200 miljoen euro van Europese Investeringsbank voor toekomstbestendige drinkwatervoorziening*. Koninklijk Nederlands Waternetwerk (KNW). Pagina bezocht op 19-11-2025 URL: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/evides-leent-200-miljoen-van-europese-investeringsbank-voor-toekomstbestendige-drinkwatervoorziening>

- Hamers, D., Kuiper, R., van Dam, F., Dammers, E., Evenhuis, E., van Gaalen, F., de Hollander, G., van Hoorn, A., van Minnen, J., Nabielek, K., Pols, L., Rijken, B., Rood, T., Snellen, D., Dirkx, J., & Wolters, H. (2023). *Ruimtelijke verkenning 2023: vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Wageningen University & Research (WenR), Deltares.
- Hartmann, J., Affourtit, F., Zijlstra, R. H., Janson, T. J. E., & Hofman-Caris, C. H. M. (2025). *Risicobeoordeling van opkomende stoffen in oppervlaktewater voor drinkwater (2017-2020) Probleemstoffen op basis van KRW-protocol* Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Hemming, V., Burgman, M. A., Hanea, A. M., McBride, M. F., & Wintle, B. C. (2018). A practical guide to structured expert elicitation using the IDEA protocol. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 169–180. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12857>
- HydroLogic. (2024). *Achtergrondmemo infographic potentiële locaties voor toekomstige drinkwateronttrekking uit het Nederlandse hoofdwatersysteem*. Rijkswaterstaat.
- ILT. (2019). *Richtsnoer Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater (AMVD)*. Den Haag: Rijksoverheid
- ILT. (2024). *Drinkwaterkwaliteit 2023*. Den Haag, Inspectie Leefomgeving en Transport.
- IPCC. (2014). *IPCC Assessment Report 5- Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),.
- IPO. (2022). *Natuurnetwerk Nederland (EHS) ([Shapefile]. Atlas Leefomgeving*. <https://www.atlasleefomgeving.nl/natuurnetwerk-nederland-ehs>
- IPO, Vewin, & Minister van I&W. (2025). *Actieprogramma Beschikbaarheid Drinkwaterbronnen 2023-2030: Voorstel door het Interprovinciaal Overleg, Vewin en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat*. Den Haag, Interprovinciaal overleg (IPO), Vereniging drinkwaterbedrijven in Nederland (Vewin), Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Janssen, G., America - van den Heuvel, I., Meeusen, R., van Strien, C., Prinsen, G., Mes, E., Marth, I., Weiler, O., & Bijlsma, A. (2024). *Vertaling van de Deltascenario's 2024 naar invoer voor het Nationaal Water Model*. Deltares.
- Kennisportaal klimaatadaptatie. (2018). *De verdringingsreeks toegelicht*. Pagina bezocht op 22-10-2025 URL: <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2018/verdringingsreeks/>
- KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland*. De Bilt, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).
- KNMI. (2024). *Historisch verloop neerslagtekort*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Pagina bezocht op 25-09-2025 URL:
- KNMI. (2025). *De staat van ons klimaat*. De Bilt, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).

- Kok, S., Van der Putten, S., & Kraus, J. (2021). *Naar een kennisagenda funderingsproblematiek: Duiding van de omvang en aard van de problematiek en kennisvragen daarbij*. Deltares, TNO, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Koop, S. H. A., Brouwer, S., & Zeidan, M. (2023). *100 liter per persoon per dag: Welke waterbesparings-maatregelen zijn nodig?* Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Kramer, N., & Ouwerkerk, K. (2023). *Relatie afvoer Maas en Rijn en waterkwaliteitsproblemen met oog op drinkwaterbereiding*. Deltares.
- KRW, 2000, 23 oktober. Brussel, Europese Parlement URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
- Latour Advies, Provincie Drenthe, Waterbedrijf Groningen, & Waterschap Hunze en Aa's. (2023). *Ons water uit de Drentsche Aa: Eindrapport UPDA 2022*.
- Lucassen, E., Smolders, A., Wagenvoort, A., Castelijns, H., & Ketelaars, H. (2018). Quaggamosselen verlagen de ecologische stabiliteit in de Biesboschbekkens H2O-Online.
- Medemblik actueel. (2018). [www.medemblikactueel.nl](http://www.medemblikactueel.nl). Pagina bezocht op 11-07-2025 URL: <https://www.medemblikactueel.nl/2018/09/14/rijkswaterstaat-neemt-extra-maatregelen-om-ons-drinkwaterkwaliteit-veilig-te-stellen/>
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2020). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Delft, Deltares.
- Mens, M., & Janssen, G. (2026). *Verkenning van de effecten van twee adaptatiescenario's op zoetwaterbeschikbaarheid in Nederland: Deelrapport waterkwantiteit voor PBL Herijking Klimaatrisico's*. Delft, Deltares.
- Mens, M., Pouwels, J., Weiler, O., Delsman, J., & Huismans, Y. (2024). *De zoetwaterbalans van laag Nederland in een warmer klimaat*. Deltares.
- Mens, M. J. P., Mes, E. M., Pouwels, J. R., Nogueira, G. E. H., & Reusen, J. M. (2025). *Kwalitatieve duiding van het effect van de Deltascenario's 2024 op de zoetwateropgave*. Deltares.
- Minister van I&W. (2004). *Kamerbrief 38 bij: Evaluatienota Waterbeheer Aanhoudende droogte 2003*. Den Haag: Rijksoverheid
- Minister van I&W. (2019). *Handboek Immissietoets*. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Minister van I&W. (2022). *Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening*. Den Haag: Rijksoverheid Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/11/25/kabinet-maakt-water-en-bodem-sturend-bij-ruimtelijke-keuzes>
- Ministerie van EZK. (2018). *Natura 2000-gebieden* (Atlas Leefomgeving). <https://www.atlasleefomgeving.nl/natura-2000-gebieden>
- Ministerie van I&W. (2018). *Uitvoeringsprogramma's 2018-2019: Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)*. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Ministerie van I&W. (2023). *Water en Bodem Sturend: Landelijke Strategie en Interbestuurlijke Uitvoeringsagenda 2023-2024*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG), Interprovinciaal Overleg (IPO), Unie van Waterschappen (UvW).

- Ministerie van I&W. (2024). *Nationaal Plan van Aanpak Drinkwaterbesparing*. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Ministerie van I&W. (2025). *Kamerbrief bij Actieprogramma beschikbaarheid drinkwaterbronnen 2023 - 2030*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat,
- Nijsten, G., Mulder, N., Davids, T., Vermooten, S., van der Brugge, R., & van Leerdam, R. (2022). *Nationale Grondwater Reserves (NGR): Onderbouwing van noodzaak voor aanwijzing en mogelijke omvang*. Deltares, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Omgevingswet, 2026, 1 januari. Den Haag, Rijksoverheid URL: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/>
- Oppewal, J. (2022). *Beregeningsverbod met grondwater voor grasland in Zuid-Brabant*. Boerderij.nl. Pagina bezocht op 05-12-2025 URL: <https://www.boerderij.nl/beregeningsverbod-met-grondwater-voor-grasland-in-zuid-brabant>
- PBL. (2026). *Hoe wordt Nederland klimaatbestendig? Keuzes voor aanpassen aan klimaatverandering*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL, & CBS. (2022). *Regionale bevolkings en huishoudens prognose 2022-2050: Steden en randgemeenten groeien verder*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Centraal Bureau voor Statistiek (CBS).
- Pieterse-Quirijns, I., de Groot, R., de Rijck, Y., & Ruijg, K. (2011). *Diepteligging van leidingen*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Provincie Limburg. (2018). *Gebiedsdossiers Limburg: Boringsvrije zone Roerdalslenk, actualisatie 2018*
- Provincie Noord-Brabant. (2024). *Schoon drinkwater*. Pagina bezocht op 24-04-2025 URL: <https://www.brabant.nl/onderwerpen/water-bodem/schoon-water/schoon-drinkwater/>
- Provincie Noord-Holland. (2015a). *Gebiedsdossier drinkwaterwinning Noord-Holland: Noodwinning de Hoge Berg*.
- Provincie Noord-Holland. (2015b). *Gebiedsdossier drinkwaterwinning Noord-Holland: Noodwinning Overveen*
- Provincie Utrecht. (2018). *Gebiedsdossier Waterwinning Nieuwersluis*. Utrecht, Provincie Utrecht.
- Provincie Utrecht. (2019). *Gebiedsdossier waterwinning Bethunepolder*. Utrecht.
- PWN. (2024a, 11-06-2024). *De natuur als bondgenoot om drinkwater te maken*. Pagina bezocht op 11-06-2024 URL: <https://www.pwn.nl/over-pwn/nieuws/drinkwater/natuur-als-bondgenoot>
- PWN. (2024b). *Kaart uit klimaatatlas Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier: Opwarming drinkwater PWN* (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier). <https://hhnk.klimaatmonitor.net/>
- Querner, E., den Besten, J., van Veen, R., & Jager, H. (2022). A scenario analysis of climate change and adaptation measures to inform Dutch policy in The Netherlands. *JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT*, 54(VII-IX), 177–183. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.141570>

- Rae, A., & Alexander, R. (2017). Forecasts or fortune-telling: When are expert judgements of safety risk valid? *Safety Science*, 99, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.02.018>
- Remme, R., de Nijs, T., & Paulin, M. (2017). *Natural Capital Model: Technical documentation of the quantification, mapping and monetary valuation of urban ecosystem services*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Reudink, M., Bastiaanssen, J., Brink, H., Hanemaaijer, A., Ibrahim, S. I., Lennartz, C., Mangnus, A., Oates, L., Rutledge, D., Tiktak, A., Van der Veen, R., Vonk, M., Sanders, M., & Zwartkruis, J. (2025). *Balans van de Leefomgeving 2025: Urgente opgaven, krachtige keuzes*. Den Haag Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Reukers, D. F. M., Bartels, A. A., Mulder, A. C., Berry, D. S. F., Euser, S., Laarman, C., van den Berg, H., van Gageldonk-Lafeber, A. B., & Brandsema, P. S. (2024). *Surveillance van legionellose in Nederland: Overzicht van clusters, bronnen en omgevingsfactoren tussen 2013-202*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Riemer, L., Rook, J. H., van der Aa, N. G. F. M., & van Leerdam, R. C. (2021). *Onconventionele bronnen voor de Nederlandse drinkwatervoorziening: Aandachtspunten voor afwegingen*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Rijk der Nederlanden. (2021). *Deltaplan Zoetwater 2022-2027*.
- Rijksoverheid. (2023). *Nationaal Deltaprogramma 2024: Nu voor Later*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelatie, Rijksoverheid. (2025). *Nationaal Deltaprogramma 2025: Naar een nieuwe balans in de leefomgeving: Ruimte voor leven met water*. Den Haag.
- Rijkswaterstaat. (2018). *Peilbesluit IJsselmeergebied*. Rijkswaterstaat (RWS)
- Rijkswaterstaat. (2024). *Selectieve Onttrekking bij Zeesluis IJmuiden*. Pagina bezocht op 19-03-2024 URL: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/selectieve-onttrekking-bij-zeesluis-ijmuiden>
- RIVM. (2020). *Kaart: Stedelijk hitte-eiland effect (UHI) in Nederland* (Atlas Natuurlijk Kapitaal). <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/stedelijk-hitte-eiland-effect-uhi-in-nederland>
- RIVM. (2024a). *Grondwaterbeschermingsgebieden rondom bronnen voor drinkwater* ([Shapefile]. Atlas Leefomgeving. <https://www.atlasleefomgeving.nl/grondwaterbeschermingskaart-rondom-bronnen-voor-drinkwater>
- RIVM. (2024b). *Legionella*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Pagina bezocht op 28-11-2024 URL: <https://www.rivm.nl/legionella>
- RIVM. (2024c). *Legionellapreventie*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Pagina bezocht op 23-04-2025 URL: <https://www.rivm.nl/legionella/legionella-preventie>

- RIVM. (2026). *Kwaliteitseisen drinkwater*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Pagina bezocht op 22-01-2026  
URL:  
<https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen/consumenten/kwaliteitseisen-drinkwater>
- RIWA-Rijn. (2021). *Jaarrapport 2021 De Rijn*. Vereniging van Rivierwaterbedrijven.
- Roelofsen, H., van den Wittenboer, S., Dekker, J., Horst, M., Josemans, M., & Spek, T. (2024). *Kennisagenda Groenblauwe dooradering: Een onderzoeks- en actieprogramma, ten behoeve van 10% GBDA in het landelijk gebied*. Wageningen, Wageningen University en Research (WenR), Rijksuniversiteit Groningen (RUG).
- Sjerps, R. M. A., ter Laak, T. L., & Zwolsman, G. J. J. G. (2017). Projected impact of climate change and chemical emissions on the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: A drinking water perspective. *Science of the Total Environment*, 601-602, 1682–1694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.250>
- Sluiter, R., Plieger, M., van Oldenborgh, G., Beersma, J., & de Vries, H. (2018). *De droogte van 2018: Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort*. De Bilt, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).
- Smeets, E., & Wetering, R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview*. European Environment Agency.
- Stofberg, S. F., van Engelenburg, J., & Broers, E. (2023). *Klimaat effecten op drinkwaterwinning*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Sylvestre, É., Oosterholt, F. I. H. M., Hammes, F., & van der Wielen, P. W. J. J. (2026). Monitoring Legionella in Drinking Water: Should We Focus on *L. pneumophila* or All Species to Effectively Protect Public Health? *Environmental Science & Technology*, 60(1), 64–75. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c05335>
- Tangena, B. H. (2014). *Behoeftedekking Nederlandse drinkwatervoorziening 2015-2040: rapport t.b.v. Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Van Aalderen, N., van Berkel, F., van der Roest, E., Meekel, N., & van den Berg, R. (2023). *Generational and Radical Rethinking of the Water sector*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Van Bakel, J., & Hoogewoud, J. (2019). *De effecten van permanente grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven voor de landbouw in Nederland: Een verkennende studie uitgevoerd met het LHM en de HELP-methode, in opdracht van Droogteschade Nederland BV*.
- Van Dam, J., & De Lange, W. (2023). Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade. *Stromingen*, 29(3).
- Van de Brink, M., Brombacher, J., & Degen, J. (2022). *Ontwikkeling van een landelijke beregeningskaart: biedt satellietinformatie hulp? Werkrapport van een eerste verkenning*. Amersfoort, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).
- Van der Aa, N. G. F. M., Tangena, B. H., Wuijts, S., & de Nijs, A. C. M. (2015). *Scenario's drinkwatervraag 2040 en beschikbaarheid bronnen: Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

- Van der Brugge, R., & De Winter, R. (2024). *Deltascenario's 2024: zicht op water in Nederland*. Deltares.
- Van der Kooij, D., & Van der Wielen, P. W. J. J. (2013). *Microbial Growth in Drinking-Water Supplies: Problems, Causes, Control and Research Needs*. IWA Publishing.
- Van der Lugt, W., Euser, S. M., Bruin, J. P., Den Boer, J. W., Walker, J. T., & Crespi, S. (2017). Growth of *Legionella anisa* in a model drinking water system to evaluate different shower outlets and the impact of cast iron rust. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(8), 1295–1308.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.005>
- Van der Lugt, W., Euser, S. M., Bruin, J. P., den Boer, J. W., & Yzerman, E. P. F. (2019). Wide-scale study of 206 buildings in the Netherlands from 2011 to 2015 to determine the effect of drinking water management plans on the presence of *Legionella* spp. *Water Research*, 161, 581–589.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.043>
- Van der Meer, R. W. (2023). *Watergebruik in de land- en tuinbouw, 2022*. Wageningen, Wageningen University & Research (WUR).
- Van der Meulen, D., van Dongen, M., Vlaar, T. C., & Dries, A. (2019). *Gebiedsdossier oppervlaktewaterwinning Drentsche Aa*. Veendam, Waterschap Hunze en Aa's, Provincie Drenthe, Waterbedrijf Groningen.
- Van der Molen, M., Kooij, H., Smulders, E. F. P. A., & Heijman, S. G. J. (2008). *Warmteindringing in de bodem*. Nieuwegein, KWR Waterycle Research Institute; Vrije Universiteit Amsterdam.
- Van der Weijden, C. H., & Middelburg, J. J. (1989). Hydrogeochemistry of the River Rhine: Long term and seasonal variability, elemental budgets, base levels and pollution. *Water Research*, 23(10), 1247–1266. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(89\)90187-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(89)90187-5)
- Van der Wielen, P. (2020). *Invloed van temperatuur op groei van opportunistische ziekteverwekkers in drinkwater*. Nieuwegein, KWR Waterycle Research Institute.
- Van der Wielen, P. W. J. J., Wierenga, W., Westerholt, F., Oostdijk, A., & Van der Werf, A. (2021). *Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie: Een toekomstgerichte evaluatie van de regelgeving over legionellapreventie in leidingwaterinstallaties op basis van een wetenschappelijke en juridische analyse*. KWR Waterycle Research Institute.
- Van Dooren, T., Raat, K., & Stofberg, S. (2021). *Kennisimpuls Waterkwaliteit: Effecten van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater op de grondwaterkwaliteit*. Amersfoort, Stichting Onderzoek Waterbeheer.
- Van Driezum, I. H., Beekman, J., van Loon, A., van Leerdam, R. C., Wuijts, S., Rutgers, M., Boekhold, S., & Zijp, M. C. (2020). *Staat drinkwaterbronnen* (RIVM Rapport 2020-0179, Issue. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Van Egdom, M. (2023, 11–02–2023). *Een 'klimaatbuffer' als nieuwe wapen tegen dorstige zomers*. Noordhollands Dagblad,. Pagina bezocht op 20-03-2024 URL:  
<https://www.nhnieuws.nl/nieuws/314200/een-klimaatbuffer-als-nieuwe-wapen-tegen-dorstige-zomers>

- Van Engelenburg, J., de Jonge, M., Rijpkema, S., van Slobbe, E., & Bense, V. (2020). Hydrogeological evaluation of managed aquifer recharge in a glacial moraine complex using long-term groundwater data analysis. *Hydrogeology Journal*, 28(5), 1787–1807. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02145-7>
- Van Gaalen, F., Franken, R., Kirkels, F., Ibrahim, S., Van Minnen, J., Bouwman, A., & Vonk, M. (2024). *Klimaatrisico's in Nederland: De huidige stand van zaken*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Van Huijgevoort, M. (2023a). *Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening door lage rivierafvoeren*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Van Huijgevoort, M. (2023b). *Risico's voor de drinkwatervoorziening door veranderende grondwaterbeschikbaarheid en watervraag*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Van Leerdam, R., As, K. S., & Van der Aa, N. G. F. M. (2025). *De drinkwatervoorziening van de toekomst: Ontwikkeling bronnen, zuiveringstechnologie en klimaatrisico's 2030 tot 2050*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Van Leerdam, R. C. (2019). *Ervaringen met drinkwaterrestricties in het buitenland en verkenning van de mogelijkheden voor Nederland*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Van Leerdam, R. C., Rook, J. H., Riemer, L., & van der Aa, N. G. F. M. (2023). *Waterbeschikbaarheid voor de bereiding van drinkwater tot 2030 - knelpunten en oplossingsrichtingen*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Van Loon, A., Clevers, S., & Dorland, E. (2024). *Omgaan met knelpunten in de beoordeling van verlagingseffecten op natuur* ( BTO-2024.005, Issue. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Van Loon, A. F. (2015). Hydrological drought explained. *WIREs Water*, 2(4), 359–392. <https://doi.org/10.1002/wat2.1085>
- Van Loon, A. F., & Van Lanen, H. A. J. (2013). Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. *Water Resources Research*, 49(3), 1483–1502. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20147>
- Van Vossen-van den Berg, J., Cirkel, D. G., Nijhuis, N. J., Mesman, G. A. M., & Huiting, H. (2019). *Achtergrond chloridenormering en analyse effecten van overschrijding van de norm*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Van Vossen, J., Pronk, G. J., & Verschoor, A. M. (2019). *Verkenning effecten droogte op de drinkwaterlevering*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- VEMW. (2023). *Klimaatrobuust waterbeheer en duurzaam watergebruik voor een toekomstbestendig watersysteem: Routekaart industriële watertransitie*. Vereniging voor Energie, Milieu en Water (VEMW).
- Vewin. (2023). *Drinkwaterstatistieken 2022: Van bron tot kraan*. Den Haag, Vereniging Drinkwaterbedrijven in Nederland (Vewin).
- Vitens. (2023). *Jaarverslag 2022: Elke druppel duurzaam*.
- Vitens. (2024). *Onderzoek naar oorzaken eerdere kookadviezen afgerond*. Pagina bezocht op 04-12-2025 URL:
- Vitens. (2025). *Jaarverslag 2024: Elke druppel duurzaam*.

- Vonk, E., Cirkel, D. G., & Leunk, I. (2017). *De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Waterforum. (2017). *Vitens vergoedt schade aan huizen door waterwinning*. AcquiMedia BV. Pagina bezocht op 29-09-2025 URL: <https://www.waterforum.net/vitens-vergoedt-schade-aan-huizen-waterwinning/>
- Waternet. (2025, 06–05–2025). *Meer drinkwater uit de Amsterdamse Waterleidingduinen*. Pagina bezocht op 11-07-2025 URL: <https://www.waternet.nl/nieuws/2025/mei/meer-drinkwater-uit-de-amsterdamse-waterleidingduinen/>
- WEnR. (2022). *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland* (Version 2022). <https://doi.org/10.4121/688363cc-8c79-439f-bb0e-fe5d0deb3161.v1>
- Witmer, M., Franken, R., van Gaalen, F., van Minnen, J., Beije, E., & Kirkels, F. (2023). *Nationale Klimatrisico-analyse 2022 – 2026: Uitwerking analysemethodiek*. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Witte, J., Nijp, J., Torfs, P., & van den Eertweg, G. (2024). Meteorologische droogte afgemeten aan beregeningsgiften *Stromingen*, 1(30).
- Witte, J. P. M., Nijp, J. J., & Koekoek, A. (2021). *Droogtegevoeligheid natuur in Nederland* ([Shapefile]. Klimaateffectatlas. <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/droogtegevoeligheid-natuur>
- Witteveen en Bos, FLO Legal, & AT Osborne. (2024). *Koepelrapport tussenevaluatie KRW*. <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-7c016640aa2cfd17d6b4259834d61d2acaa90f52/pdf>
- Wuijts, S., van der Grinten, E., Meijers, E., Bak-Eijsberg, C. I., & Zwolsman, G. J. J. G. (2013). *Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater : Van knelpunten naar maatregelen*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- WUR. (2019). *A nature-based future for the Netherlands in 2120*. Wageningen, Wageningen University & Research (WUR).
- WUR. (2024). *Toename van beregening en beregeningsintensiteit*. Wageningen University and Research (WUR). Pagina bezocht op 02-04-2025 URL: <https://agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2523&sectorID=2233&themaID=2757&indicatorID=2771>
- Zhao, Z., Sun, W., Ke, Y., Zhang, Y., & Wang, X. (2025). Microbial dynamics at different stages of drinking water treatment systems [10.1039/D4EW00972J]. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 11(6), 1401–1427. <https://doi.org/10.1039/D4EW00972J>
- Zuurbier, K., van der Schans, M., Paalman, M., de Putter, P., te Winkel, T., Velstra, J., & Oude Essink, G. (2015). *Technisch-juridische handreiking risicobeoordeling 'ondergrondse waterberging'*. Amersfoort, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Zwolsman, G., Cirkel, G., Hofs, B., Kardinaal, E., Learbuch, K., Runhaar, H., van der Schans, M., Smeets, P., van Thienen, P., van der Wielen, P., Witte, F., & Wols, B. (2014). *Risicoanalyse klimaatverandering voor de drinkwatersector*. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.



## Bijlage 1 Enquêtevragen

*U krijgt deze enquête toegestuurd omdat u aanwezig was bij de workshop Drinkwatervoorziening van de Toekomst van 15 mei 2024, georganiseerd door het RIVM. Het RIVM is door het PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) gevraagd om klimaatrisico's voor drinkwater verder uit te werken voor 2050 en 2100. Hierbij wordt gekeken naar twee klimaatscenario's en twee beleidsscenario's. Dit is de tweede fase van het project, nadat in mei 2024 al de publicatie over de huidige klimaatrisico's is uitgekomen (<https://www.pbl.nl/publicaties/klimaatrisicos-in-nederland>). Vanuit uw expertise op het vlak van drinkwater willen we u vragen te helpen bij het prioriteren van de relevante klimaatrisico's voor de zichtjaren 2050 en 2100. De enquête bestaat uit 20 inhoudelijke vragen en invullen duurt 10 à 15 minuten. **Resultaten worden geanonimiseerd.** De inbreng van uw expertise en kennis wordt hoog gewaardeerd. Hopend op uw medewerking bedanken we u alvast.*

### *I. Informatie respondent*

Vraag 1. Vanuit welke instantie bent u betrokken bij de drinkwatervoorziening

- ☐ Drinkwaterbedrijf
- ☐ Provincie
- ☐ Rijkswaterstaat
- ☐ Ministerie
- ☐ Waterschap
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 2. Wat is uw expertise en/of functie?

- ☐ *Invoer*

Vraag 3. Bij welke type waterwinning(en) bent u in uw functie betrokken?

- ☐ Grondwaterwinningen
- ☐ Oevergrondwaterwinningen
- ☐ (Duin)infiltratiewinningen
- ☐ Oppervlaktewaterwinningen
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Alle bovenstaande
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 4. Wat zijn de 3 belangrijkste (klimaat)dreigingen en ontwikkelingen?

- ☐ Het is warmer geworden
- ☐ Het is droger geworden
- ☐ Het is natter geworden
- ☐ Het weer is extremer geworden
- ☐ De zeespiegel is gestegen
- ☐ De drinkwatervraag is toegenomen
- ☐ Introductie van bodemenergiesystemen
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*
- ☐

## *II. Algemene risico-inschatting 2050: Grondwater*

*De volgende vragen zijn bedoeld om vanuit uw expertise en kennis een risico-inschatting te krijgen voor klimaatimpacts op grondwater, oppervlaktewater en distributienet voor het zichtjaar 2050. Dit gaat dus **niet** over uw eigen provincie/voorzieningsgebied.*

Vraag 5. Welk klimaatrisico voor grondwaterwinning heeft de grootste impact in 2050? (zet in volgorde van meeste impact (boven) naar minst (onder)).

- ☐ Lage grondwaterstanden
- ☐ Upconing brak grondwater
- ☐ Verzilting grondwater
- ☐ Verslechterde grondwaterkwaliteit

Vraag 6. Zijn er uws inziens nog andere klimaatimpacts relevant voor de grondwaterwinning die in bovenstaande vraag niet genoemd zijn?

- ☐ Nee
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 7. Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op grondwaterwinningen in 2050?

- ☐ **Zeer licht:** *Schade is bijna verwaarloosbaar en vereist minimale inspanning of kosten om te herstellen.*
- ☐ **Licht:** *Schade is beperkt en eenvoudig te herstellen zonder grote kosten of inspanning.*
- ☐ **Matig:** *Schade is merkbaar, vereist aanzienlijke inspanning of kosten om te herstellen, maar is nog beheersbaar.*
- ☐ **Ernstig:** *Schade is aanzienlijk, herstel is moeilijk en kostbaar, met mogelijk langdurige gevolgen.*
- ☐ **Zeer ernstig:** *Schade is extreem, herstel is zeer moeilijk of onmogelijk, met blijvende en verstekkende gevolgen.*
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 8. Hoe zeker is het dat deze impact op grondwaterwinning zal plaats vinden?

- ☐ **Zeer hoog** (veel informatie, veel bewijs, consensus bereikt)
- ☐ **Hoog** (veel informatie, weinig spreiding in consensus)
- ☐ **Gemiddeld** (Voldoende informatie, beperkte spreiding)
- ☐ **Laag** (Beperkt informatie, enige spreiding in bewijs)
- ☐ **Zeer laag** (Nauwelijks informatie, grote onzekerheden)
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

### III. Algemene risico-inschatting 2050: oppervlaktewater

Vraag 9. Welk klimaatrisico voor oppervlaktewaterwinning heeft de grootste impact in 2050? (zet in volgorde van meeste impact (boven) naar minst (onder)).

- ☐ Verzilting innamepunten
- ☐ Te lage rivierafvoer voor inname
- ☐ Verslechterde oppervlaktewaterkwaliteit
- ☐ Te hoge temperatuur oppervlaktewater

Vraag 10. Zijn er uws inziens nog andere klimaatimpacts relevant voor de oppervlaktewaterwinning die in bovenstaande vraag niet genoemd zijn?

- ☐ Nee
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 11. Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op oppervlaktewaterwinningen in 2050?

- ☐ **Zeer licht:** *Schade is bijna verwaarloosbaar en vereist minimale inspanning of kosten om te herstellen.*
- ☐ **Licht:** *Schade is beperkt en eenvoudig te herstellen zonder grote kosten of inspanning.*
- ☐ **Matig:** *Schade is merkbaar, vereist aanzienlijke inspanning of kosten om te herstellen, maar is nog beheersbaar.*
- ☐ **Ernstig:** *Schade is aanzienlijk, herstel is moeilijk en kostbaar, met mogelijk langdurige gevolgen.*
- ☐ **Zeer ernstig:** *Schade is extreem, herstel is zeer moeilijk of onmogelijk, met blijvende en verstrekkende gevolgen.*
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 12. Hoe zeker is het dat deze impact op oppervlaktewaterwinning plaats zal vinden?

- ☐ **Zeer hoog** (veel informatie, veel bewijs, consensus bereikt)
- ☐ **Hoog** (veel informatie, weinig spreiding in consensus)
- ☐ **Gemiddeld** (Voldoende informatie, beperkte spreiding)
- ☐ **Laag** (Beperkt informatie, enige spreiding in bewijs)
- ☐ **Zeer laag** (Nauwelijks informatie, grote onzekerheden)
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

#### IV. Algemene risico-inschatting 2050: distributienet

Vraag 13. Welk klimaatrisico voor het distributienet heeft de grootste impact in 2050? (zet in volgorde van meeste impact (boven) naar minst (onder)).

- ☐ Te hoge temperatuur leidingnet
- ☐ Nagroei opportunistische pathogenen in leidingen
- ☐ Fysieke schade infrastructuur (bv. door overstromingen of zetting)
- ☐ Besmetting infrastructuur (bv. door overstromingen)

Vraag 14. Zijn er uws inziens nog andere klimaatimpacts relevant voor het distributienet in bovenstaande vraag niet genoemd zijn?

- ☐ Nee
- ☐ Anders: *invoer*

Vraag 15. Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op distributienet in 2050?

- ☐ **Zeer licht:** *Schade is bijna verwaarloosbaar en vereist minimale inspanning of kosten om te herstellen.*
- ☐ **Licht:** *Schade is beperkt en eenvoudig te herstellen zonder grote kosten of inspanning.*
- ☐ **Matig:** *Schade is merkbaar, vereist aanzienlijke inspanning of kosten om te herstellen, maar is nog beheersbaar.*
- ☐ **Ernstig:** *Schade is aanzienlijk, herstel is moeilijk en kostbaar, met mogelijk langdurige gevolgen.*
- ☐ **Zeer ernstig:** *Schade is extreem, herstel is zeer moeilijk of onmogelijk, met blijvende en verstrekkende gevolgen.*
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

#### I. Slot

*Hierbij nog een aantal laatste vragen ter afsluiting. Hartelijk dank voor het invullen*

Vraag 16. In hoeverre bent u bekend met de KNMI-klimaatscenario's voor 2050 en 2100 en mogelijke gevolgen voor de(drink)watersector?

- ☐ Uitstekend
- ☐ Goed
- ☐ Neutraal
- ☐ Enigszins
- ☐ Helemaal niet
- ☐ Weet ik niet
- ☐ Anders: *invoer*

## Bijlage 2 Enquête antwoorden

## 1. Informatie respondent

| <b>Vraag 1. Van welke instantie bent u?</b> |                                   |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Instantie</b>                            | <b>Aantal antwoorden (van 41)</b> |
| Drinkwaterbedrijf                           | 26                                |
| Provincie                                   | 12                                |
| Ministerie                                  | 2                                 |
| Kennisinstituut                             | 1                                 |

| <b>Vraag 3. Bij welke type waterwinningen bent u in uw functie betrokken? Meerdere antwoorden mogelijk.</b> |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Winningstype</b>                                                                                         | <b>Aantal antwoorden</b> |
| Grondwaterwinningen                                                                                         | 28                       |
| Oppervlaktewaterwinningen                                                                                   | 21                       |
| Oevergrondwaterwinningen                                                                                    | 13                       |
| (Duin)infiltratiewinningen                                                                                  | 11                       |
| Alle bovenstaande                                                                                           | 5                        |

| <b>Vraag 4. Wat zijn de 3 belangrijkste (klimaat)dreiging en ontwikkelingen die nu in uw voorzieningsgebied spelen?</b> |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Dreiging</b>                                                                                                         | <b>Antwoorden</b> |
| Het is droger geworden                                                                                                  | 36                |
| De drinkwatervraag is toegenomen                                                                                        | 27                |
| Het weer is extremer geworden                                                                                           | 15                |
| Het is warmer geworden                                                                                                  | 12                |
| Het is natter geworden                                                                                                  | 8                 |
| Introductie van bodemenergiesystemen                                                                                    | 8                 |
| De zeespiegel is gestegen                                                                                               | 4                 |
| Weet ik niet                                                                                                            | 1                 |

## 2. Algemene risico-inschatting 2050: Grondwater

| <b>Vraag 5. Welk klimaatrisico voor grondwaterwinning heeft de grootste impact in 2050?</b> |               |               |              |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>Risico</b>                                                                               | <b>Eerste</b> | <b>Tweede</b> | <b>Derde</b> | <b>Vierde</b> |
| Lage grondwaterstanden                                                                      | 22            | 9             | 5            | 5             |
| Verslechtering grondwaterkwaliteit                                                          | 16            | 18            | 4            | 3             |
| Externe verzilting grondwater                                                               | 2             | 8             | 15           | 16            |
| Upconing brak grondwater                                                                    | 1             | 6             | 17           | 17            |

**Overige klimaatrisico's (vraag 6):** Beperkte beschikbaarheid van grondwater vanuit oogpunt andere maatschappelijke belangen, Beschikbaarheid grondwater kleiner (voorkomen uitputting), Boringen voor Geothermie/WKO, Dilemma natuur–drinkwaterwinning, Grottere impact van winning op omgeving bij langere droge perioden en daardoor meer beleefde schade voor anderen, Overstromen winputten in

zeer natte jaren, Specifieke vervuiling door PFAS, Toename vraag door droge en warme perioden waarvoor mogelijk geen bronnen beschikbaar zijn, Besmettingen door overstroming winmiddelen, Door hogere watervraag nieuwe GW-bronnen nodig, Doorboringen door WKO en minder grondwateraanvulling. Door verlaagde rivierafvoer en extra zuiveringsinspanning is reststroom lozing lastig/onmogelijk, Indirect effect op natuur, Maatschappelijk draagvlak, Natuurschade neemt toe, Te weinig grondwater voor landbouw/natuur/drinkwater, Te weinig ruimte om "hoosbuien" te bufferen/te laten infiltreren, Verzilting vraagt om extra zuiveringsinspanning met reststroom die moeilijk/niet loosbaar is.

**Vraag 7.** *Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op grondwaterwinningen in 2050?*

*(Kies het antwoord dat het meest van toepassing is, toelichting mogelijk bij Anders)*

| Ernst        | Antwoorden |
|--------------|------------|
| Zeer licht   | 0          |
| Licht        | 1          |
| Matig        | 16         |
| Ernstig      | 19         |
| Zeer ernstig | 3          |

**Vraag 8.** *Hoe zeker is het dat deze impact op grondwaterwinning plaats zal vinden?*

*(Kies het antwoord dat het meest van toepassing is)*

| Waarschijnlijkheid | Antwoorden |
|--------------------|------------|
| Zeer hoog          | 3          |
| Hoog               | 22         |
| Gemiddeld          | 13         |
| Laag               | 1          |
| Zeer laag          | 0          |
| Weet ik niet       | 2          |

### 3. Algemene risico-inschatting 2050: oppervlaktewater

**Vraag 9.** *Welk klimaatrisico voor grondwaterwinning heeft de grootste impact in 2050?*

| Risico                                   | Eerste | Tweede | Derde | Vierde |
|------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|
| Verslechtering oppervlaktewaterkwaliteit | 20     | 14     | 4     | 3      |
| Te lage rivierafvoer voor inname         | 15     | 10     | 11    | 5      |
| Verzilting innamepunten                  | 4      | 9      | 10    | 18     |
| Verhoogde temperatuur oppervlaktewater   | 2      | 8      | 16    | 15     |

**Overige klimaatrisico's (vraag 10):** Dilemma Natuur – drinkwaterwinning, Gebrek aan Seizoensberging door druk op de ruimte, Hogere waterpeilen/overstromingen, Kunnen de benodigde chemicaliën voor de zuiveringsprocessen ook op een klimaatneutrale wijze geproduceerd worden of zijn we heel afhankelijk van fossiele processen die op hun einde lopen?, Overstromingsrisico van inname- en

productielocaties, PMT stoffen: aanscherping normen, Specifieke vervuiling door PFAS, Verdringsreeks vergt een aanvullende toets op klimaatimpacts, in hoeverre mag in de toekomst door drinkwaterbedrijven oppervlaktewater ingenomen worden voor niet drinkwatertoepassingen, Verhoogde concentraties verontreinigingen door lagere afvoeren, Hele grote piekbuien met lokale overstromingen en daarmee afstromende grote verontreinigingen, Onbalans tussen wateraanvoer en waterverbruik, Opp. waterkwaliteit iets met mosselen, Afname biodiversiteit resultaat is een slechte waterkwaliteit, Tekort aan water in regionaal systeem, Toenemende watervraag

**Vraag 11.** *Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op oppervlaktewaterwinningen in 2050?*

*(Kies het antwoord dat het meest van toepassing is, toelichting mogelijk bij Anders)*

| Ernst        | Antwoorden |
|--------------|------------|
| Zeer licht   | 0          |
| Licht        | 1          |
| Matig        | 11         |
| Ernstig      | 23         |
| Zeer ernstig | 6          |
| Weet ik niet | 4          |

**Vraag 12.** *Hoe zeker is het dat deze impact op oppervlaktewaterwinning plaats zal vinden?*

*(Kies het antwoord dat het meest van toepassing is)*

| Waarschijnlijkheid | Antwoorden |
|--------------------|------------|
| Zeer hoog          | 2          |
| Hoog               | 29         |
| Gemiddeld          | 7          |
| Laag               | 1          |
| Zeer laag          | 0          |
| Weet ik niet       | 4          |

#### 4. Algemene risico-inschatting 2050: distributienet

**Vraag 13.** *Welk klimaatrisico voor het distributienet heeft de grootste impact in 2050?*

| Risico                                  | Eerste | Tweede | Derde | Vierde |
|-----------------------------------------|--------|--------|-------|--------|
| Verhoogde temperatuur leidingnet        | 25     | 7      | 3     | 6      |
| Besmetting drinkwaterinfrastructuur     | 7      | 7      | 13    | 14     |
| Fysieke schade drinkwaterinfrastructuur | 5      | 10     | 15    | 11     |
| Nagroeï leidingnet                      | 4      | 17     | 10    | 10     |

**Overige klimaatrisico's (vraag 14):** Deze risico's zijn van ondergeschikt belang, Fysieke schade door bodemdaling (zie ik echt anders dan calamiteiten als gevolg van klimaatverandering), Gaan we als provincie niet over, Geen idee, Naast opwarming door klimaatverandering zal i.v.m. energietransitie meer warmtebronnen in de ondergrond komen (warmtenet elektriciteitsnet), Naast beïnvloeding

van de waterkwaliteit wordt de drukte in de ondergrond door de energietransitie een probleem om nieuwe infrastructuur te kunnen aanleggen of oude infrastructuur makkelijk te vervangen, Zetting door lagere grondwaterstanden (ook soort fysieke schade), Andere dimensionering nodig bij hogere piekvraag, Energietransitie (alles op de schop), Leidingbreuk door verzakkingen (klei en veengrond), Schade leidingnet door droogte (bodemdaling) en daarna weer vernatting (zwel).

**Vraag 15.** *Wat is de meest aannemelijke impact van klimaat op het distributienet in 2050?  
(Kies het antwoord dat het meest van toepassing is, toelichting mogelijk bij Anders)*

| Ernst        | Antwoorden |
|--------------|------------|
| Zeer licht   | 1          |
| Licht        | 5          |
| Matig        | 15         |
| Ernstig      | 10         |
| Zeer ernstig | 1          |
| Weet ik niet | 8          |

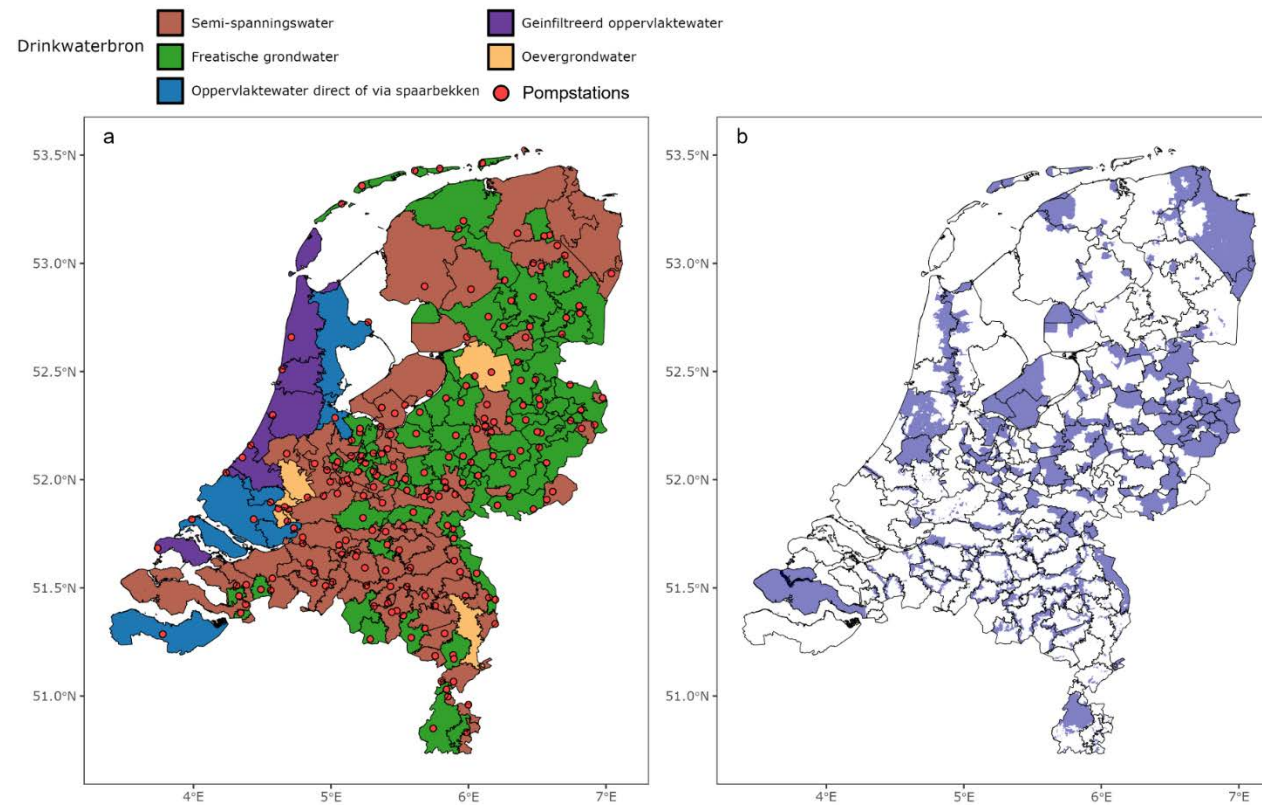
## 5. Slot

**Vraag 16.** *In hoeverre bent u bekend met de KNMI-klimaatscenario's voor 2050 en 2100 en mogelijke gevolgen voor de(drink)watersector?*

| Mate          | Antwoorden |
|---------------|------------|
| Uitstekend    | 2          |
| Goed          | 20         |
| Neutraal      | 7          |
| Enigszins     | 10         |
| Helemaal niet | 1          |

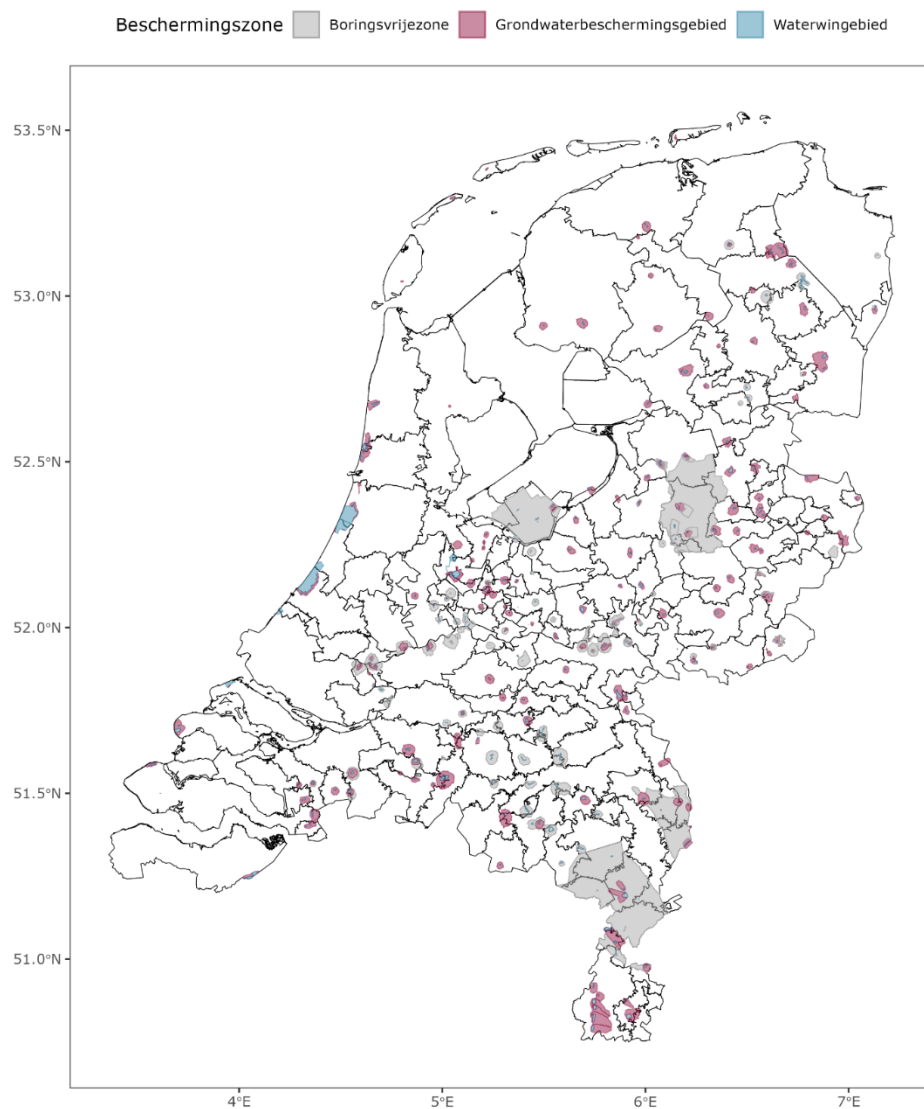
## Bijlage 3 Overzicht leveringsgebieden

*Figuur B1 Overzicht leveringsgebieden drinkwatervoorziening Nederland. (a) Leveringsgebied met het type drinkwaterbron en pompstations en (b) mengzones waar meerdere pompstations aan één gebied leveren.*



## Bijlage 4 Overzicht beschermingszones

*Figuur B2 Overzichtsfiguur met beschermingszones rondom drinkwaterwinningen. De kaart is gecreëerd door het RIVM, in samenwerking met de provinciale overheden (RIVM, 2024a).*



## Bijlage 5 Deelnemers expertsessie

| <b>Deelnemers expertsessie Grondwater</b> |                                            |                                          |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Deelnemer</b>                          | <b>Organisatie</b>                         | <b>Expertise</b>                         |
| Idse Hoving                               | Wageningen Universiteit                    | Landbouw (droogteschade, ACSG-commissie) |
| Marjon Hellegers                          | Planbureau voor de Leefomgeving            | Natuur                                   |
| Gijs Janssen                              | Deltares                                   | Grondwater (Kwantitatieve modellen)      |
| Wilbert van Zeventer                      | Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat | Grondwater (Landelijk beleid)            |
| Hanneke Vreugdenhil                       | Vitens                                     | Drinkwatersector (strategie)             |
| Yashvant Premchand                        | TNO                                        | Gebouwde omgeving (funderingsschade)     |
| Teun Spek                                 | Provincie Gelderland                       | Grondwater (Provinciaal beleid)          |

| <b>Deelnemers expertsessie Oppervlaktewater</b> |                                        |                               |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Deelnemer</b>                                | <b>Organisatie</b>                     | <b>Expertise</b>              |
| Carmen Hogendoorn                               | Rijkswaterstaat                        | Hoofdwatersysteem (beleid)    |
| Gerda Brilleman-Brondijk                        | Waterbedrijf Groningen                 | Oppervlakte drinkwaterbronnen |
| Gertjan Zwolsman                                | Dunea                                  |                               |
| Koen Zuurbier                                   | Provinciaal Waterbedrijf Noord-Holland |                               |
| Wim van Pol                                     | Watermaatschappij Limburg              |                               |
| Fieke Mulders                                   | Evides                                 |                               |
| Marjolein Mens                                  | Deltares                               | Hoofdwatersysteem (modellen)  |

| <b>Deelnemers expertsessie Opwarming drinkwater</b> |                                               |                                           |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Deelnemer</b>                                    | <b>Instituut</b>                              | <b>Expertise</b>                          |
| Mirjam Blokker                                      | KWR Watercycle Research Institute             | Modeleur bodem- en drinkwatertemperatuur  |
| Rob van Ewijk                                       | Waternet                                      | Technoloog distributienet                 |
| Jesse Limaheluw                                     | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu | Omgevingsmicrobiologie en infectieziekten |

## Bijlage 6 Huidig beleid drinkwatervoorziening

Tabel B1 Overzicht van drinkwaterrelevante maatregelen in het huidige beleid.

| Thema              | Relevante kernrisico                                    | Maatregelen                                                                                                                                                |           | Bron (indien aanwezig)                                 |
|--------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|
|                    |                                                         |                                                                                                                                                            | Doelgroep |                                                        |
| Drinkwater-vraag   | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Opstellen van gezamenlijke boodschap en Landelijke communicatiecampagne drinkwaterbesparing                                                                | Consument | Ministerie van I&W (2024)                              |
|                    |                                                         | Onderzoek naar barrières en motivatoren voor drinkwaterbesparing                                                                                           |           |                                                        |
|                    |                                                         | Uitvoering regionale campagnes                                                                                                                             |           |                                                        |
|                    |                                                         | Pilots met betrekking tot plaatsen slimme meters                                                                                                           |           |                                                        |
|                    |                                                         | Onderzoeken mogelijkheid voor invoeren drinkwaterrestricties voor crisissituaties                                                                          |           |                                                        |
|                    |                                                         | Onderzoek naar de effecten en effectiviteit van belasten ten behoeve van verminderen gebruik                                                               | Industrie | Ministerie van I&W (2024) en Van Leerdam et al. (2025) |
|                    |                                                         | Waterscans mogelijkheden besparing proceswaterverbruik                                                                                                     |           |                                                        |
|                    |                                                         | Overzetten zakelijke gebruikers op andere bronnen                                                                                                          |           |                                                        |
|                    |                                                         | Onderzoek naar de effecten en effectiviteit van beprijzen/belasten ten behoeve van verminderen ver/gebruik van (drink)leiding-, grond- en oppervlaktewater |           |                                                        |
|                    |                                                         | Kennisdeling waterbesparende maatregelen                                                                                                                   |           |                                                        |
|                    |                                                         | Onderzoek naar de effecten en effectiviteit van belasten ten behoeve van verminderen gebruik                                                               |           |                                                        |
| Drinkwater-bronnen | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Bestaande winvergunningen operationeel maken en versnellen procedures voor uitbreiding winvergunningen.                                                    |           | IPO et al. (2025)                                      |
|                    |                                                         | Multibronnenstrategie                                                                                                                                      |           | Van Leerdam et al. (2023) en Van Leerdam et al. (2025) |
|                    |                                                         | Uitbreiden van winningscapaciteit,                                                                                                                         |           |                                                        |

| Thema                       | Relevante kernrisico                                    | Maatregelen                                                                                                                |           | Bron (indien aanwezig)                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------|
|                             |                                                         |                                                                                                                            | Doelgroep |                                                          |
|                             |                                                         | Beperkte inzet alternatieve bronnen om groei op te vangen                                                                  |           |                                                          |
|                             | Lage grondwaterstanden                                  | Nieuwe winningen in ASV-gebieden                                                                                           |           | (De Waal & Hofman-Caris, 2021; Van Leerdam et al., 2025) |
|                             |                                                         | Kunstmatige infiltratie                                                                                                    |           |                                                          |
|                             | Verslechtering waterkwaliteit                           | Vergroten reserves en bekkens, verhogen inname capaciteit                                                                  |           |                                                          |
|                             |                                                         | Autonome adaptatie naar meer inzet geavanceerdere zuiveringstechnologieën zoals omgekeerde osmose en actief koolfiltratie. |           |                                                          |
| Water-kwantiteit (Deltares) | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Ontwikkelen nieuwe bronnen                                                                                                 |           | IPO et al. (2025)                                        |
|                             |                                                         | Opzetten peil IJsselmeer                                                                                                   |           | Rijkswaterstaat (2018)                                   |
|                             |                                                         | Efficiëntiemaatregelen hoofdwatersysteem                                                                                   |           | Rijksoverheid (2023)                                     |
|                             |                                                         | Verminderen indringing zoutwater (zoutdam, anders schutten bij sluizen etc.)                                               |           | Rijkswaterstaat (2024)                                   |

## Bijlage 7 Maatregelen aanvullend adaptatiescenario intensiveren

*Tabel B1 Overzicht van drinkwater-relevante maatregelen in het aanvullende adaptatiescenario intensiveren. De maatregelen zijn hoofdzakelijk technisch van aard.*

| <b>Thema</b>       | <b>Relevante kernrisico</b>                             | <b>Maatregelen</b>                                                                                                         | <b>Bron (indien aanwezig)</b>                                                       |
|--------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Drinkwater-vraag   | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Landelijke communicatiecampagne drinkwaterbesparing                                                                        | Pakket A uit Koop et al. (2023)                                                     |
|                    |                                                         | Uitbreiding landelijke campagne piekbelasting tijdens droogte/hitte.                                                       |                                                                                     |
|                    |                                                         | Introductie van slimme meters                                                                                              |                                                                                     |
|                    |                                                         | Beïnvloeding aankoopgedrag bij douches en toilet                                                                           |                                                                                     |
|                    |                                                         | Tijdelijk verbod op tuinsproeien                                                                                           |                                                                                     |
|                    |                                                         | Afname doucheduur en stabilisatie presentiegraad 'comfort-douches'                                                         | Gunstige autonome ontwikkeling watervragende apparaten, zie Baggelaar et al. (2022) |
|                    |                                                         | Verdere waterbesparing afwasmachine en wasmachine                                                                          |                                                                                     |
|                    |                                                         | Spoelonderbrekers en waterzuinigere toiletten                                                                              |                                                                                     |
| Drinkwater-bronnen | Lage grondwaterstanden                                  | In gebruik nemen van de aanvullende strategische grondwaterreserves                                                        | Van Leerdam et al. (2025)                                                           |
|                    |                                                         | Toepassen kunstmatige infiltratie waar oppervlaktewater aanwezig is                                                        |                                                                                     |
|                    | Verslechtering waterkwaliteit                           | Vergroten reserves in duinen en bekkens                                                                                    |                                                                                     |
|                    |                                                         | Verhogen peil van het IJsselmeer                                                                                           | Rijkswaterstaat (2018); Mens et al. (2020)                                          |
|                    | Lage grondwaterstanden en Verslechtering waterkwaliteit | Autonome adaptatie naar meer inzet geavanceerdere zuiveringstechnologieën zoals omgekeerde osmose en actief koolfiltratie. | (De Waal & Hofman-Caris, 2021; Van Leerdam et al., 2025)                            |

| Thema                       | Relevante kernrisico          | Maatregelen                                                                                                                  | Bron (indien aanwezig)                                          |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Water-kwantiteit (Deltares) | Lage grondwaterstanden        | Water vasthouden, bv. door aanleggen waterberging en buffers                                                                 | Rijksoverheid (2023)                                            |
|                             | Verslechtering waterkwaliteit | Vermindering verzilting en doorspoelbehoefte hoofdwatersysteem                                                               |                                                                 |
|                             |                               | Efficiëntiemaatregelen bij sluizen om verzilting tegen te gaan                                                               |                                                                 |
|                             |                               | Verhogen aanvoercapaciteit verdringingsreeks                                                                                 |                                                                 |
|                             |                               | Grondwaterpeil sterk verhogen in veenweidegebieden (max. -40 cm)                                                             | Deltascenario Stoom '24 uit Van der Brugge en De Winter (2024)  |
| Landbouw (WenR)             | Lage grondwaterstanden        | Verregaande beregening van gewassen in droge perioden i.c.m. druppelirrigatie en regenopslag in bassins dan wel ondergronds. |                                                                 |
|                             |                               |                                                                                                                              |                                                                 |
| Bebouwde omgeving (TNO)     | Opwarming distributienet      | Gebruik van poreuze tegels, waardoor grondwaterstanden toenemen en daarmee de warmtecapaciteit van de bodem.                 | Maatregelen uit Agudelo-Vera (2018); Agudelo-Vera et al. (2020) |
|                             |                               | Drinkwaterbedrijven proberen leidingtracés aan de schaduwkant van straten en onder groenstroken te leggen.                   |                                                                 |

## Bijlage 8 Maatregelen aanvullend adaptatiescenario transformeren

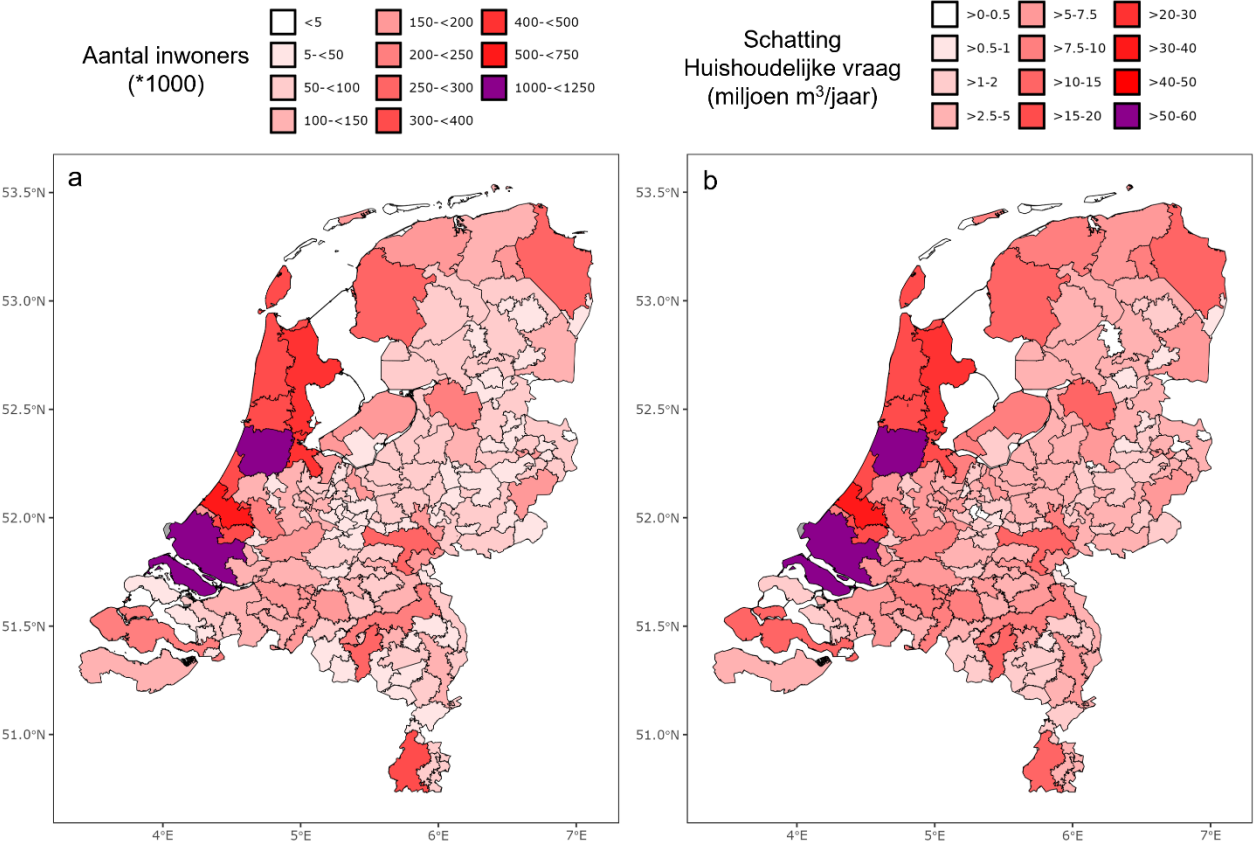
*Tabel B1 Overzicht van drinkwaterrelevante maatregelen in het aanvullende adaptatiescenario transformeren. De maatregelen zijn hoofdzakelijk ruimtelijk en transformatief van aard.*

| Thema                       | Relevante kernrisico                                    | Maatregelen                                                                                                                | Bron (indien aanwezig)                                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Drinkwater-vraag            | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Verplichte cascadering drinkwater nieuwbouw                                                                                | Pakket C, sturende overheid met hoge risicobereidheid uit Koop et al. (2023) |
|                             |                                                         | Verplichting regenwater voor buitenkraan en toilet nieuwbouw                                                               |                                                                              |
|                             |                                                         | Maximale drinkwaterbehoefte in bouwbesluit nieuwbouw                                                                       |                                                                              |
|                             |                                                         | Verplichting regenwater voor buitenkraan en toilet in deel bestaande woningen                                              |                                                                              |
|                             |                                                         | Regelmatige lekreparaties                                                                                                  |                                                                              |
|                             |                                                         | Sturing marktaanbod waterzuinige douches                                                                                   |                                                                              |
| Drinkwater-bronnen          | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Aanpassing van soort en locatie drinkwaterwinning                                                                          | Van Aalderen et al. (2023)                                                   |
|                             |                                                         | Inzet op onconventionele bronnen                                                                                           | Van Leerdam et al. (2025)                                                    |
|                             |                                                         | Multibronnen strategie                                                                                                     |                                                                              |
|                             | Verslechtering waterkwaliteit                           | Vergroten reserves in duinen en bekkens                                                                                    | Rijkswaterstaat (2018); Mens et al. (2020)                                   |
|                             |                                                         | Verhogen peil van het IJsselmeer                                                                                           |                                                                              |
|                             |                                                         | Autonome adaptatie naar meer inzet geavanceerdere zuiveringstechnologieën zoals omgekeerde osmose en actief koolfiltratie. |                                                                              |
| Water-kwantiteit (Deltares) | Lage grondwaterstanden en verslechtering waterkwaliteit | Zoveel mogelijk de principes van beleidskader water-en-bodem-sturend volgen.                                               | Ministerie van I&W (2023)                                                    |
|                             |                                                         | Grondwaterpeil sterk verhogen in veenweidegebieden (max. -20 cm)                                                           | Deltascenario Ruim '24 uit Van der Brugge en De Winter (2024)                |
|                             |                                                         | Water vasthouden, bv. door aanleggen waterberging en buffers                                                               |                                                                              |
|                             |                                                         | Efficiëntiemaatregelen bij sluizen om verzilting tegen te gaan                                                             | Rijksoverheid (2023)                                                         |

| Thema                   | Relevante kernrisico     | Maatregelen                                                                                            | Bron (indien aanwezig)                   |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Landbouw (WenR)         | Lage grondwaterstanden   | Inzet op het verbouwen van meer droogteresistente en zilte gewassen                                    | WUR (2019)                               |
|                         |                          | Beperkte uitbreiding van het beregend areaal                                                           | Deltascenario Ruim '24                   |
|                         |                          | Beperking van grondwateronttrekkingen voor de landbouw in verdroogde gebieden.                         | Scenario Groenland, Hamers et al. (2023) |
| Bebouwde omgeving (TNO) | Opwarming distributienet | Groenblauwe dooradering van landelijk en stedelijk gebied.                                             | Roelofsen et al. (2024)                  |
|                         |                          | Meer groen op buurniveau realiseren, met speciale aandacht voor locaties waar leidingnettracés liggen. | Agudelo-Vera et al. (2020)               |
|                         |                          | Van verhard naar onverharde bodembedekking.                                                            |                                          |

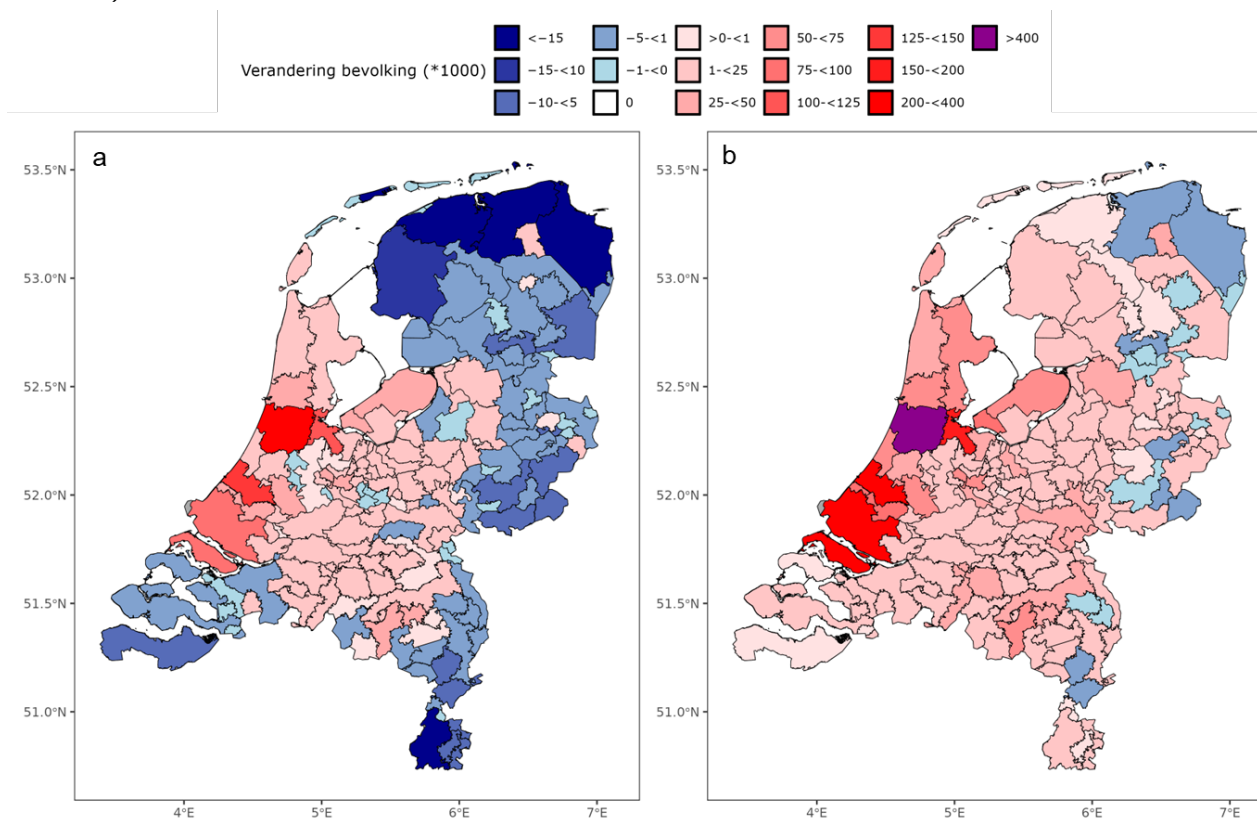
Bijlage 9 Overzicht inwoners en huishoudelijke vraag

*Figuur B3 Overzichtsfiguur schatting huishoudelijk vraag. (a) Inwoners per leveringsgebied in 2021, (b) Schatting bijbehorende huidige huishoudelijke vraag door vermenigvuldiging inwonertal met 128 l.p.p.d., zie formule 1.*



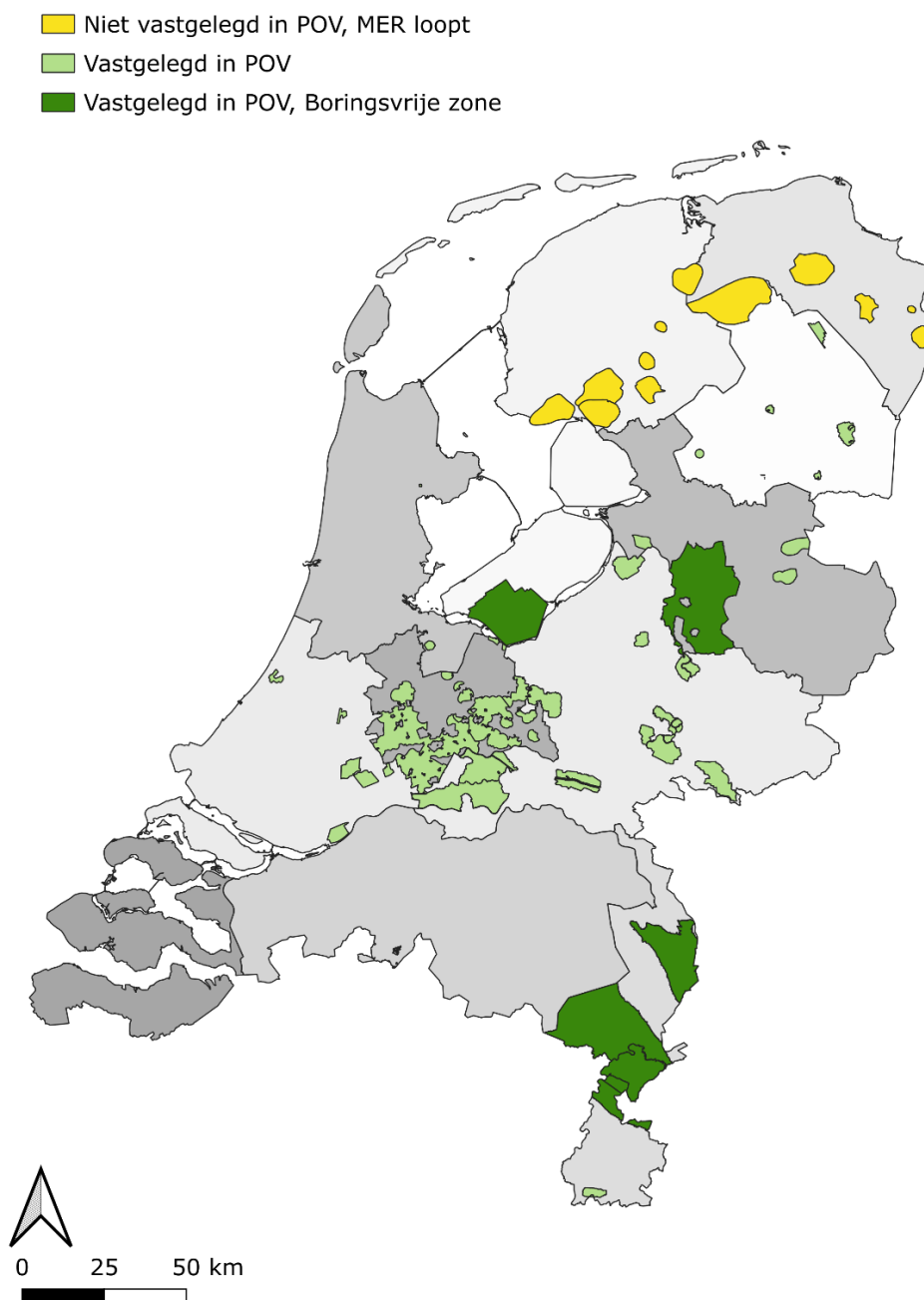
## Bijlage 10 Overzicht bevolkingsgroei per leveringsgebied tussen 2021 en 2050/2100

*Figuur B4 Prognose verandering bevolking ten opzichte van 2021, geschaald naar leveringsgebied op basis van de gemeentelijke prognoses van PBL en CBS (2022), met (a) ondergrens (landelijk 18,6 miljoen inwoners) en (b) bovengrens (landelijk 20,6 miljoen inwoners).*



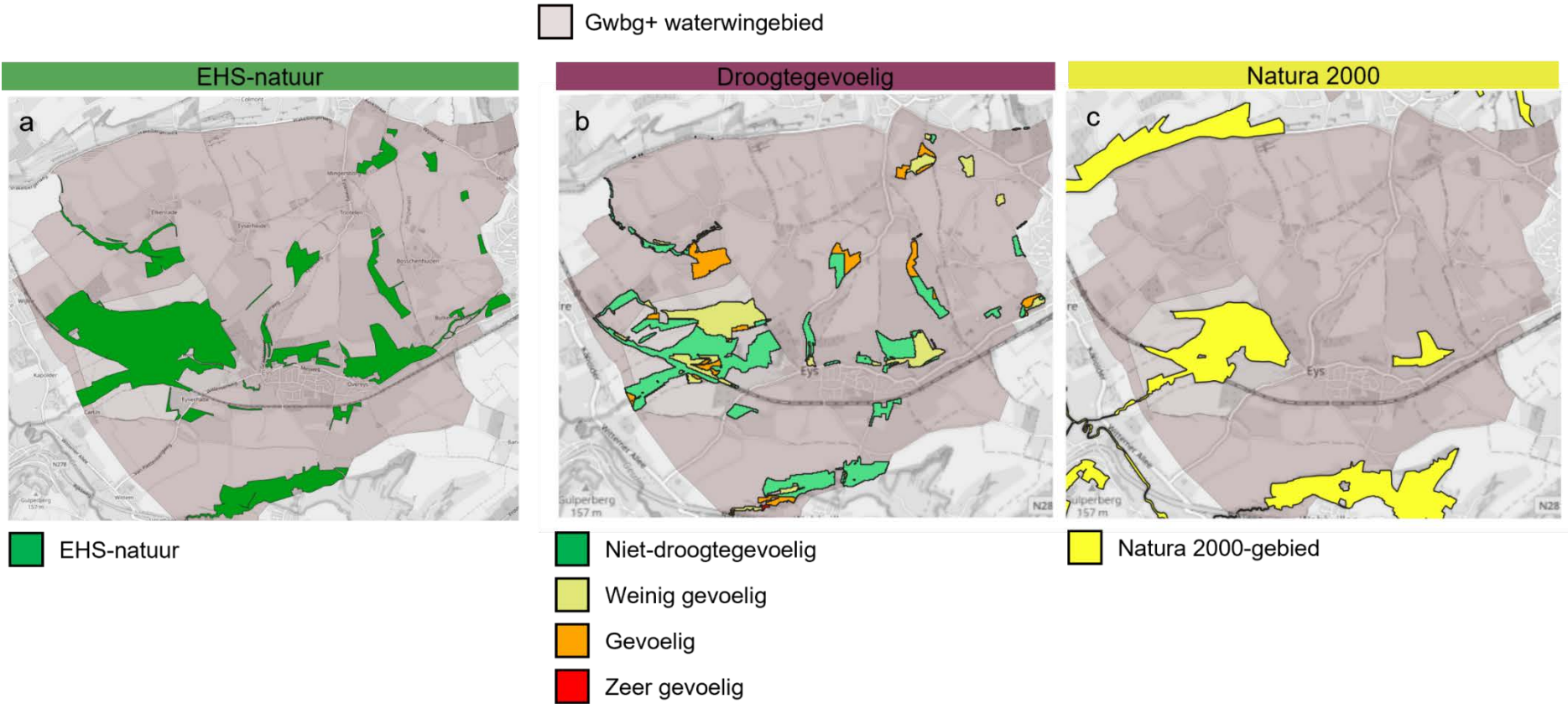
## Bijlage 11 Overzicht ASV-gebieden in Nederland

*Figuur B5 Overzicht ASV-gebieden in Nederland en bescherming, stand van zaken 2024 (data: Ministerie van I&W). POV = provinciale omgevingsverordening. Overgenomen uit Van Leerdam et al. (2025)*



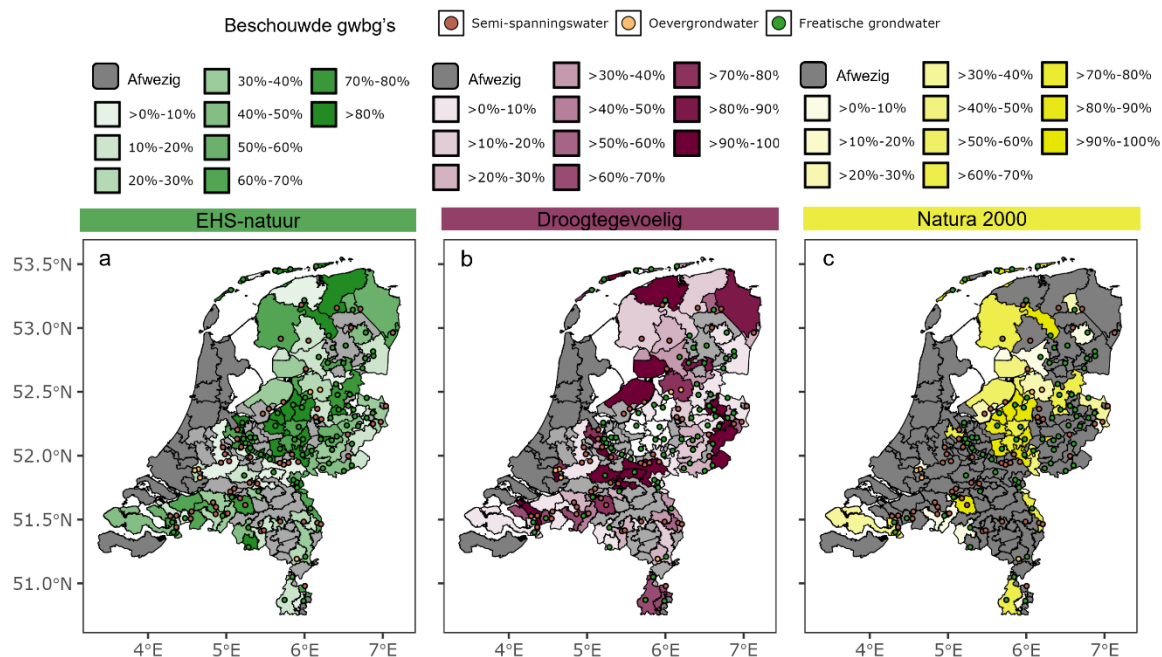
Bijlage 12 Voorbeeld analyse natuur in grondwaterbeschermingsgebied Roodborn

Figuur B6 Voorbeeld van ruimtelijke analyse natuur voor grondwaterbeschermingsgebied Roodborn in Limburg (roodbruine doorzichtige laag). Beschouwde natuur was (a) EHS-natuur, (b) grondwaterafhankelijke en droogtegevoelige natuur en (c) Natura2000 gebied.



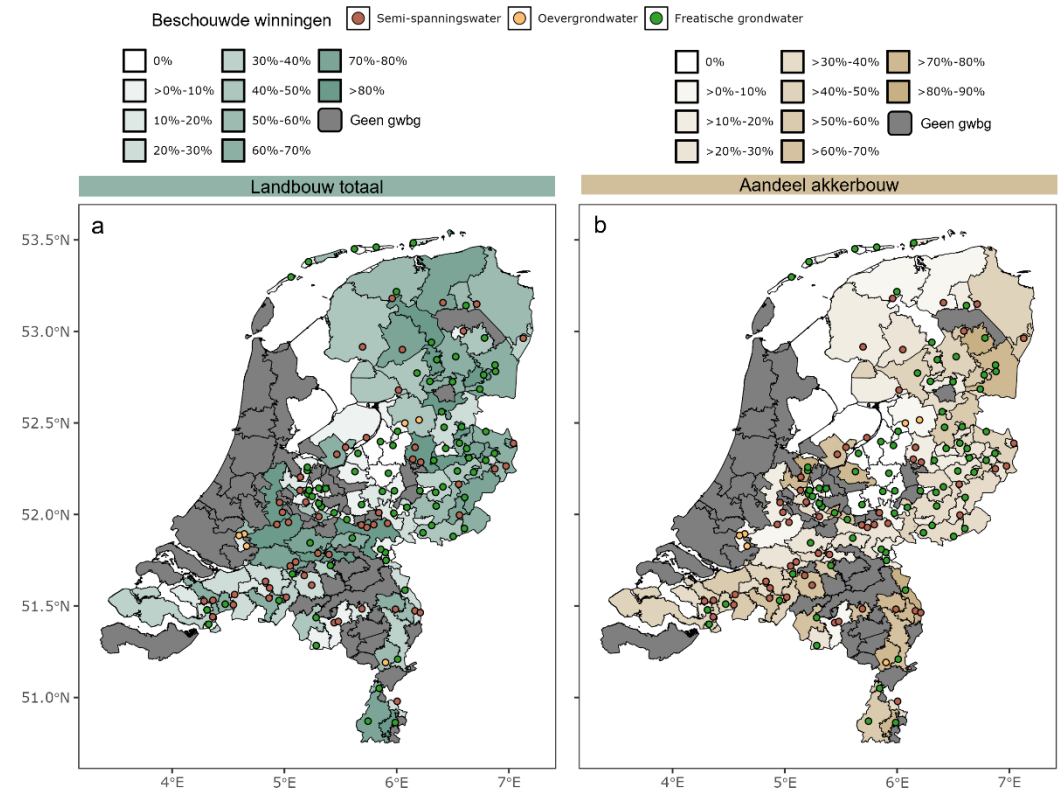
## Bijlage 13 Overzicht aanwezigheid natuur in de gwbg'en per leveringsgebied

*Figuur B7 Aanwezigheid van natuur in grondwaterbeschermingsgebieden (gwbg'en) per leveringsgebied. De punten geven de beschouwde winningen met hun gwbg aan. Gwbg'en bij duininfiltratiewinningen zijn niet meegenomen. Indien er meerdere gwbg'en aanwezig zijn in een leveringsgebied is een gemiddelde berekend. (a) Aandeel ecologische hoofdstructuur in de gwbg'en inclusief agrarisch gewas; (b) aandeel grondwaterafhankelijke, droogtegevoelige natuur als percentage van het landbouwareaal in de gwbg'en; (c) aandeel Natura2000 gebied in gwbg'en. Grijze leveringsgebieden hebben geen gwbg, liggen rondom oppervlaktewaterinfiltratiegebieden, of bevatten geen natuur van dit type.*



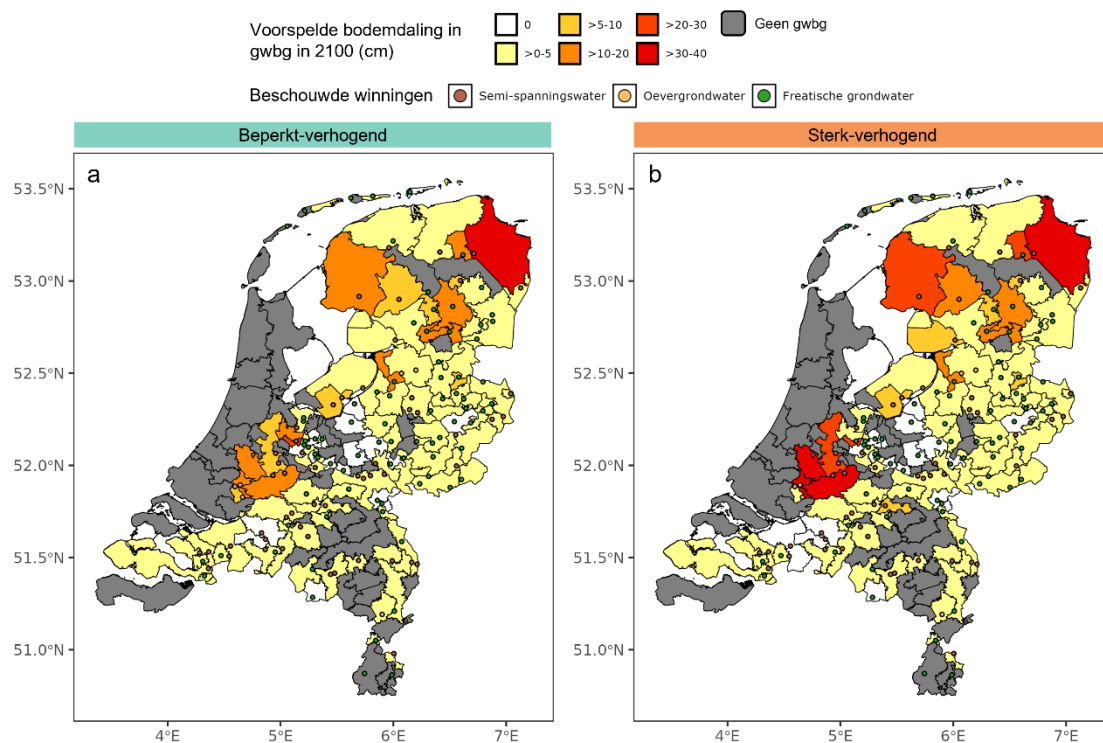
Bijlage 14 Overzicht aanwezigheid landbouw in de gwbg'en per leveringsgebied

*Figuur B8 Aanwezigheid van landbouw in de onderzochte grondwaterbeschermingsgebieden (gwbg'en) per leveringsgebied. Indien er meerdere gebieden aanwezig zijn is een gemiddelde berekend. (a) Aandeel landbouw in de gwbg'en inclusief agrarisch gewas; (b) aandeel andere gewassen dan agrarisch gras als percentage van het landbouwareaal in de gwbg'en. Grijs leveringsgebieden hebben ofwel geen gwbg, ofwel liggen rondom duininfiltratiegebieden.*



## Bijlage 15 Overzicht bodemdaling in de gwbg'en per leveringsgebied

*Figuur B9 Voorspelde gemiddelde bodemdaling in de gwbg'en voor zichtjaar 2100, per leveringsgebied. Indien er meerdere gwbg'en aanwezig zijn in een leveringsgebied is een gemiddelde berekend. (a) Scenario beperkt risico-verhogend; (b) scenario sterk risico-verhogend. Grijze gebieden zijn leveringsgebieden waar geen gwbg aanwezig is, waar sprake is van een gwbg rondom een oppervlaktewater-infiltratiegebied, of die niet binnen de bodemdalingsvoorspellingskaart vallen (bv. Zuid-Limburg).*





Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

maart 2026

De zorg voor morgen  
begint vandaag