



## Vergrijzing van grondwater en de gevolgen voor grondwaterkwaliteit van nu en in de toekomst

Vanaf de jaren 1980 worden de gevolgen van ernstige bodemverontreinigingen en stikstofuitspoeling zichtbaar gemaakt met metingen in grondwater. Met de introductie van de KRW (Kaderrichtlijn Water) werd de monitoring van gewasbeschermingsmiddelen gangbaar en sinds enkele jaren kan ook de invloed van “opkomende stoffen” op de grondwaterkwaliteit worden waargenomen. Deze verontreinigingen bereiken steeds grotere diepten, mengen ter plaatse van grondwateronttrekkingen en bevatten vaak chemische stoffen die al decennialang niet meer worden geproduceerd en/of zijn verboden door de Europese Commissie. Dit wordt ‘**vergrijzing**’ van het grondwater genoemd. In deze trendalert beschrijven we de geschiedenis en huidige trends met betrekking tot beleid omtrent de bescherming van de kwaliteit van grondwater dat is bestemd voor drinkwaterproductie, met een sterke focus op het tegengaan van vergrijzing van het grondwater. Daarnaast bespreken we mogelijke uitdagingen in de toekomst, zoals de invloed van klimaatverandering op grondwater, uitdagingen rondom bronopsporing en organisatie van grondwatermonitoring.

### Consequenties voor u

	Laag	Middel	Hoog	Beknopte uitleg
Impact			■	Gevolgen voor drinkwaterkwaliteit
Zekerheid		■		Onzekerheden over doorlooptijd en samenstelling grondwater



Afbeelding 1: Bord grondwaterwingebied (Drinkwaterplatform, 2022)



## Trendbeschrijving en achtergrond

### Introductie

Vanaf de jaren 1980 werden vooral de gevolgen van ernstige bodemverontreinigingen en stikstofuitspoeling zichtbaar gemaakt met metingen in grondwater. Met de introductie van de KRW (Kaderrichtlijn Water) werd ook de monitoring van gewasbeschermingsmiddelen gangbaar. Sinds enkele jaren wordt ook de invloed van “opkomende stoffen” op de grondwaterkwaliteit waargenomen. Voor deze stoffen zijn de gezondheidkundige of milieukundige effecten nog onbekend of is recent gebleken dat ze een groter gezondheidkundig of milieukundig risico vormen dan eerder gedacht (van Gaalen et al., 2020). Deze verontreinigingen bereiken steeds grotere diepten, mengen ter plaatse van grondwateronttrekkingen en bevatten vaak chemische stoffen die al decennialang niet meer worden geproduceerd en/of zijn verboden door de Europese Commissie. Dit wordt ‘*vergrijzing*’ van het grondwater genoemd. Nanne Hoekstra (Deltares) introduceerde deze term in 2019 in het vakblad Bodem – Tijdschrift over duurzaam bodembeheer (Hoekstra et al., 2019).

Op 19 december 2017 gaf de Adviescommissie Water in haar “Advies Grondwater” aan dat het ombuigen van de achteruitgang van de grondwaterkwaliteit een urgente opgave is voor de drinkwatervoorziening (Adviescommissie Water, 2017). Inmiddels wordt de “vergrijzing van grondwater” steeds vaker genoemd in beleidsdocumenten. PBL stelt in het rapport over de Nationale Analyse Waterkwaliteit dat vergrijzing van grondwater voornamelijk een zorg is voor de

drinkwatervoorziening, aangezien historische verontreinigingen en mengsels, waarvan de toxiciteit onbekend is, steeds vaker worden aangetrokken in grondwaterwinningen bestemd voor drinkwaterproductie (van Gaalen et al., 2020). Ook in de kamerbrief vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat betreffende de Nationale Analyse Waterkwaliteit op 8 juni 2020 wordt verslechtering van de kwaliteit van het grondwater expliciet benoemd. In datzelfde jaar rapporteerde KWR dat de grondwaterkwaliteit in Nederland op grote schaal antropogeen beïnvloed is (van Loon et al., 2020). In dit onderzoek zijn enkele duizenden grondwatermonsters uit meetronde 2018-2019 en 2015-2016 geanalyseerd, gebruikmakend van de vaste bemonsteringsfilters van het KRW-meetnet. In totaal zijn 455 stoffen uit vier meetpakketten geanalyseerd: 49 anorganische parameters, 278 bestrijdingsmiddelen, 103 farmaceutica en 124 overige verontreinigende stoffen. In 2018-2019 werden in 86% van de filters antropogene stoffen (i.e. stoffen die waarmee het grondwater door menselijk toedoen wordt belast) aangetroffen (t.o.v. 71% in 2015-2016, Sjerps et al. 2017), waarbij het voornamelijk om bestrijdingsmiddelen (60% van de filters) en overige verontreinigende stoffen (70% van de filters) ging. In 2015-2016 werden in 75% van de monsters stoffen aangetroffen die nog niet eerder in het watersysteem waren aangetroffen. Van Loon et al. adviseerden in 2020 om huidige meetnetlocaties te voorzien van filters op 3-5 meter diepte (bovenste grondwater), om het actuele gebruik van stoffen en risico’s van opkomende stoffen beter te kunnen monitoren. De aanwezige concentraties van de antropogene stoffen

overschreden regelmatig de signaleringswaarde van 0,1 µg/L (Sjerps et al., 2017; van Loon et al., 2020).

In deze trendalert beschrijven we de geschiedenis en huidige trends met betrekking tot beleid omtrent de bescherming van de kwaliteit van grondwater dat is bestemd voor drinkwaterproductie, met een sterke focus op het tegengaan van vergrijzing van het grondwater:

#### 1. Hoe zijn we hier terechtgekomen?

Hoe heeft het grondwaterbeleid zich in het verleden ontwikkeld en sinds wanneer en hoe speelt vergrijzing van grondwater momenteel een rol in drinkwaterbeleid?

#### 2. Wat gaat er mis?

Wat zijn de te verwachten consequenties van vergrijzing van grondwater voor drinkwaterproductie en – beleid?

#### 3. De toekomst van grondwaterbescherming

Welke huidige trends zijn te ontdekken in grondwaterbescherming en grondwatermonitoring?

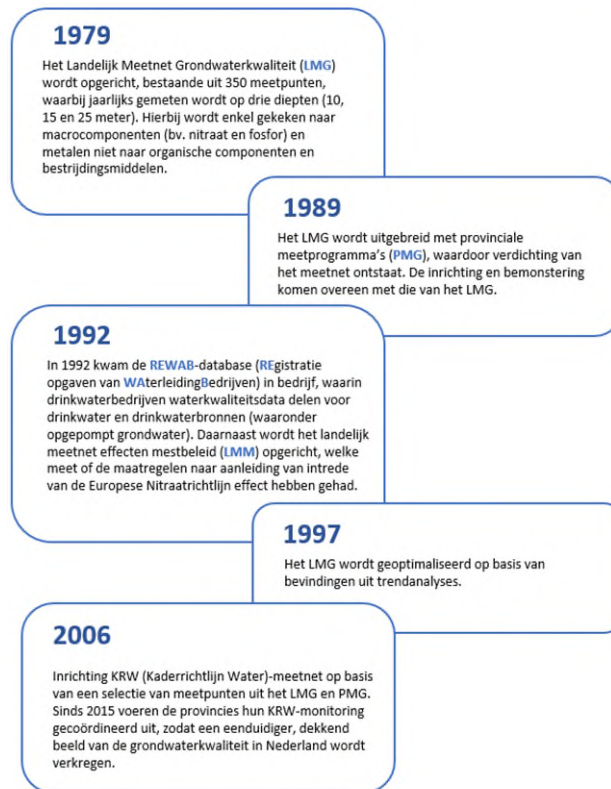


## 1. Hoe zijn we hier terechtgekomen?

De afgelopen decennia zijn er veel ontwikkelingen geweest op het gebied van zowel grondwaterbeleid als op het gebied van grondwatermeetnetten. Een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen op deze gebieden zijn te vinden in Figuur 1 en 2.

De Kaderrichtlijn Water (KRW) en de latere Grondwaterrichtlijn (GWR) stellen heldere doelen met betrekking tot het waarborgen van de (grond)waterkwaliteit, maar laten de lidstaten vrij in de wijze waarop deze doelen behaald worden. Deze doelen hebben betrekking tot i) het beperken of voorkomen van inbreng van verontreinigende stoffen (zoals vastgesteld in Richtlijn 80/68/EEG), ii) de achteruitgang van de kwantitatieve en chemische toestand van grondwaterlichamen te voorkomen, iii) significant stijgende trends in het grondwaterlichaam om te buigen en iv) de doelen voor beschermde gebieden, zoals drinkwaterwinningen en natuurgebieden te halen.

### Tijdlijn ontwikkelingen grondwatermeetnetten



Figuur 1: Tijdlijn met ontwikkelingen in grondwatermeetnetten.

### Tijdlijn ontwikkelingen grondwaterbeleid



Figuur 2: Tijdlijn met ontwikkelingen in grondwaterbeleid.



## Relevantie

### 2. Wat gaat er mis m.b.t. de huidige grondwaterkwaliteit?

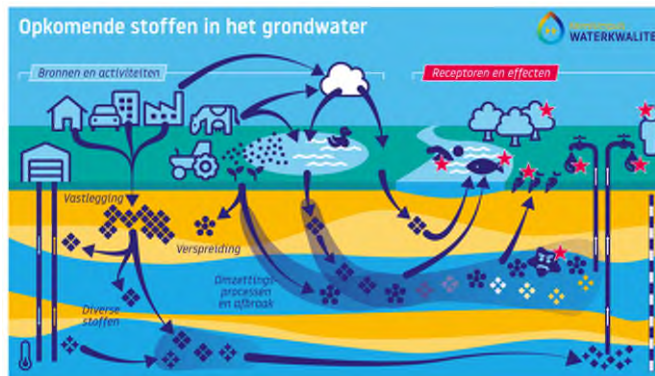
De emissie van verontreinigende stoffen naar oppervlaktewateren en het grondwater is in Nederland na invoering van de Europese Nitraatrichtlijn, de Wet Bodemsanering en de KRW flink verminderd. Een analyse van Van Driezum et al. in 2021 laat echter zien dat de toestand van 135 drinkwaterwinningen uit 2017/2018 ten opzichte van de eerste generatie gebiedsdossiers (2012/2013) niet significant verbeterd is (van Driezum et al., 2021). In een groot deel van de geëvalueerde (grond)drinkwaterwinningen worden (potentiële) probleemstoffen aangetroffen, waarbij een potentiële probleemstof wordt gedefinieerd als een stof die voorkomt in concentraties op 75% van de geldende norm of wordt aangetroffen in de waarnemingsputten (Figuur 3). Door een combinatie van een toename van antropogene activiteiten in de ondergrond en (kunstmatige) infiltratie van vervuild oppervlaktewater raakt grondwater bestemd voor drinkwaterproductie tot steeds grotere diepten verontreinigd en stroomt het vervuilde water verder de diepte in.



Figuur 3: Drinkwaterwinningen met (potentiële) probleemstoffen, waarbij de cirkels grondwaterwinningen representeren. Groen: geen probleemstoffen aangetroffen; blauw: huidige probleemstof aangetroffen in waarnemingsputten boven norm; oranje: potentiële probleemstof aangetroffen in de winning >75% norm; rood: huidige probleemstof aangetroffen in de winning boven norm (Figuur overgenomen na modificatie uit van Driezum et al. (2020)).

In 2019 rapporteerde KWR dat een groot aantal freatische grondwaterwinningen (zonder beschermende kleilaag) al vervuild is door bestrijdingsmiddelen die in het verleden zijn uitgespoeld, en ook in niet-freatische grondwaterwinningen zijn al bestrijdingsmiddelen en afbraakproducten aangetroffen (van Loon et al., 2019). Dit historisch middelengebruik zal zich de komende jaren op grotere schaal gaan manifesteren in het onttrokken grondwater, waardoor het op de middellange tot lange termijn steeds moeilijker wordt om aan de kwaliteitsvereisten voor grondwater dat bestemd is voor drinkwaterproductie te kunnen voldoen. Ook opkomende stoffen worden steeds vaker in grondwaterbronnen voor drinkwater aangetroffen. In 30% van de grondwaterwinningen waarvoor in 2018 de tweede generatie gebiedsdossiers zijn geschreven worden opkomende stoffen aangetroffen (van Driezum et al. 2020). Voorbeelden van deze opkomende stoffen zijn stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, PFAS, (dier-)geneesmiddelen, consumentenproducten en industriële chemicaliën. Enkele van deze stoffen breken slecht af, worden decennialang in het grondwater getransporteerd en kunnen jaren na emissie grootschalige negatieve effecten hebben op de natuur en – bij oppomping t.b.v. drinkwaterproductie - de gezondheid van de mens (van den Meiracker et al., 2022) (Figuur 4).





Figuur 4: Opkomende stoffen komen vanuit diverse bronnen het grondwater in, gaan via verschillende paden in de ondergrond en hebben op diverse receptoren effecten. NB de weergave van bronnen, paden en effecten is niet uitputtend (van den Meiracker et al., 2022).

De verwachting is dat de doelen zoals vastgelegd in de KRW voor 2027 voor grondwater niet zullen worden gehaald. Dit wordt geconcludeerd door meerdere rapporten van onder andere Witteveen+ Bos (in opdracht van Natuurmonumenten), Royal Haskoning DHV (in opdracht van het Ministerie voor Infrastructuur en Waterstaat) en PBL in 2020, 2021 en 2022 (Knoben et al., 2021; van Wieringen et al., 2022). Als belangrijkste oorzaak voor het niet halen van de KRW-kwaliteitsdoelen voor grondwater noemen Van Wieringen et al. (2022) het treffen van te weinig emissiereductiemaatregelen. Dit geldt met name voor de nitraatuitstoot van de landbouw, uitstoot van gewasbeschermingsmiddelen en de uitstoot van vervuilende stoffen door onder andere verkeer en industrie.

### Juridische consequenties

Het mogelijk niet halen van de KRW-doelen in 2027 kan juridische gevolgen hebben. Rechtszaken bij de bestuursrechter om vergunningen of andere besluiten voor ontwikkelingen te vernietigen wanneer zij in strijd zijn met de KRW hebben een grotere kans van slagen wanneer de doelen niet gehaald zijn. Daarnaast kan de Europese Commissie dwangmaatregelen opleggen aan lidstaten die de doelen niet halen en kan er zelfs door burgers of de Europese Commissie een rechtszaak tegen de staat aangespannen worden (van Wieringen et al., 2022). Zo stapte in 2016 de Europese Commissie al naar de rechter om maatregelen tegen Duitsland af te dwingen. Reden hiervoor was de hoge concentraties nitraat in het Duitse grondwater.

Lidstaten binnen de EU zijn zelf verantwoordelijk voor het initiëren van effectieve maatregelen om grondwaterkwaliteit te verbeteren om zo de door de KRW gestelde kwaliteitsdoelen te halen in 2027. Hoe de verantwoordelijkheden echter binnen de lidstaten verdeeld worden, wordt niet voorgeschreven door de KRW. De verantwoordelijkheden voor het behalen van doelen en het nemen van maatregelen in Nederland zijn verdeeld over verschillende overheidslagen en overlappen bovendien, waardoor het lastig is om aan te geven welke verantwoordelijke partij precies nalatig is. Bij het niet halen van de doelen door de lidstaat Nederland wordt per definitie het Rijk aangesproken.

### 3. De toekomst van grondwater(bescherming)

Hoewel grondwater over het algemeen beter beschermd is tegen verontreinigingen dan oppervlaktewater door aanwezige kleilagen, erkennen provincies en drinkwaterbedrijven dat er, vooral op kwetsbare locaties, problemen zijn met de grondwaterkwaliteit. Vooral vergrijzing van het grondwater baart hen zorgen en men verwacht steeds vaker stoffen uit het heden en verleden aan te treffen in het grondwater.

Het feit dat grondwater continu wordt aangevuld door verontreinigende waterstromen maakt dat een beoordeling waarin de chemische waterkwaliteit als ontoereikend wordt beoordeeld als op één van de toetsdiepten voor één van stoffen een normoverschrijding wordt geconstateerd (zoals in de KRW), niet voldoet als *early warning system* en dat deze niet representatief is voor huidige emissies en beleid. Vanwege de druk op het behalen van de doelstellingen van de KRW en de GWR is het van belang om risico's in beeld te brengen vóórdat de verontreinigingen aanwezig zijn in het grondwater. Dit zal echter niet eenvoudig zijn, aangezien hiervoor intensieve monitoring nodig is en de herkomst van de stoffen niet eenvoudig vast te stellen is (Tiebosch et al., 2011).

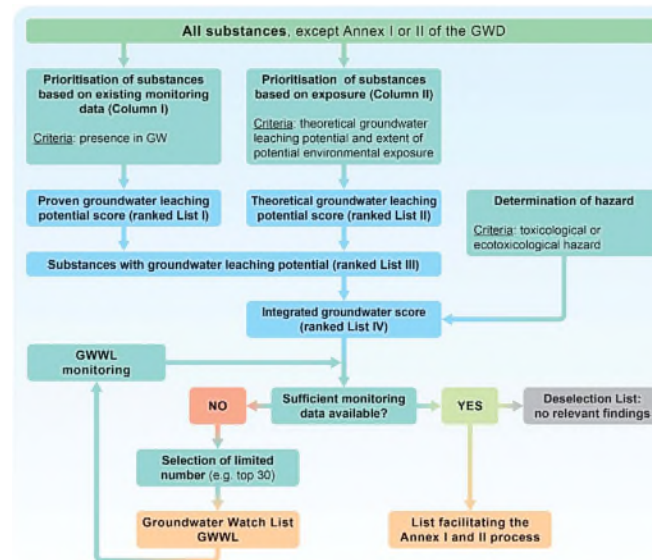


### Watchlists

Het gebruiken van een watchlist kan helpen bij het gericht monitoren van (potentiële) probleemstoffen. Een watchlist (of aandachtstoffenlijst) is een lijst van stoffen die extra nauwlettend worden gevolgd, omdat deze mogelijk toxisch zijn en/of in het water ophopen en niet eenvoudig te zuiveren zijn. Momenteel zijn er meerdere van deze lijsten beschikbaar voor de bescherming van oppervlakte- en grondwater, waarbij op meerdere niveaus (Europees en nationaal niveau) stoffen worden geprioriteerd.

Het is momenteel technisch onmogelijk om alle stoffen die aanwezig zijn in het grondwater te identificeren, omdat deze ook onbekende opkomende stoffen betreffen (van den Meiracker et al., 2022). Deze laatste stofgroep is momenteel enkel te traceren door inzet van screeningsmethoden (non-target screening). Om de effecten van mogelijk schadelijke mengsels van stoffen in het grondwater te monitoren waarvoor niet altijd toxicologische data beschikbaar zijn, kan gebruikgemaakt worden van effectgerichte monitoringstechnieken voor de bepaling van ecologische en humane effecten van (mengsels van) stoffen door middel van bioassays. In tegenstelling tot oppervlaktewater mengt grondwater nauwelijks vanzelf. Alleen bij winputten treedt die menging op. Op basis van waarnemingen in filters is niet goed te zeggen welke stoffen bij elkaar worden gebracht. Modellen bieden hierbij eventueel uitkomst. Van hieruit kunnen

mogelijke probleemstoffen geïdentificeerd worden en kan er een watchlist voor grondwater opgesteld worden, zoals al eerder voor oppervlaktewateren is gedaan. In 2019 beschreven Lapworth et al. hoe het proces van het opstellen van zo'n aandachtstoffenlijst voor grondwater er uit kan zien (Figuur 5) en inmiddels is door het NORMAN-netwerk een werkgroep opgericht om een lijst op te stellen in samenwerking met de Europese Commissie (Lapworth et al., 2019).



Figuur 5: Voorstel voor het samenstellen van een aandachtstoffenlijst voor grondwater (groundwater watch list (GWWL)), met diverse selectiecriteria, gebaseerd op de huidige Europese grondwaterrichtlijn (overgenomen uit Lapworth et al. (2019))

### Monitoring en bronopsporing

PBL stelde in 2020 in de Nationale Analyse Waterkwaliteit dat het behalen van de KRW-doelen in 2027 onrealistisch is, aangezien maatregelen die nu genomen worden waarschijnlijk pas na 2027 effect zullen hebben. Toch wordt in het rapport ook beschreven dat een integrale aanpak over verschillende stofgroepen (waaronder opkomende stoffen, medicijnresten en microplastics) en compartimenten (grondwater, oppervlaktewater en bodem) heen succesvol kan zijn (van Gaalen et al., 2020).

Op basis van monitoringsresultaten zouden normen en toelatingen binnen opeenvolgende beleidscycli aangepast kunnen worden. In de praktijk is dit echter lastig door de lange verblijftijd van grondwater, waardoor het meestal al te laat is als een verontreiniging wordt vastgesteld. Met een early warning meetnet, gebaseerd op onder andere een watchlist, kan in een vroeg stadium informatie worden gewonnen over verontreinigingen die naar diepere grondwaterlagen doorwerken en kunnen er gericht maatregelen getroffen worden (van Gaalen et al., 2020). Gezien de lange verblijftijd van grondwater is het van belang om een preventief beleid te voeren, waarbij een early warning-meetnet in het bovenste grondwater kan helpen om in een vroeg stadium informatie te verzamelen over chemische stoffen die potentieel in dieper grondwater terecht kunnen



komen. De behoefte groeit om steeds ondieper te gaan meten op locaties die als kwetsbaar worden gemarkeerd, zodat meetresultaten specifiek en representatiever worden voor huidige situatie en directe feedback op beleid mogelijk wordt (Béen & Beernink, 2020). In kwetsbare grondwaterwinningen zijn recentelijk door drinkwaterbedrijven zelf early warning-metnetten ingericht. Deze zijn nog slechts in beperkte mate operationeel, worden gedifferentieerd ingevuld en hebben nog maar beperkt resultaten opgeleverd. Een eventuele aanpak is afhankelijk van de meetresultaten en analyse en evaluatie daarvan (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). In deze early warning -metnetten kan een combinatie van non-target screening (om 'nieuwe' stoffen op te kunnen sporen), diverse innovatieve analytisch-chemische technieken (om stoffen te kunnen identificeren) en *in silico* tools en modellen (om het toxicologische risico van deze stoffen te schatten) een grote rol spelen.

Daarnaast is het van belang om potentiële bronnen van verontreinigingen snel op te kunnen sporen. Bronopsporing wordt dan ook expliciet genoemd in het Richtsnoer Risicogestuurd Monitoren van de Inspectie Leefomgeving en Transport. Steeds vaker worden AI (Artificial Intelligence) en Machine Learning-technieken in combinatie met (geologische, hydrologische en toxicologische) modellen gebruikt om aan de hand van grote hoeveelheden concentratie-

, toxicologische en fysisch-chemische data potentiële bronnen op te sporen van stoffen die mogelijk in het grondwater terechtkomen en later voor problemen kunnen zorgen.

### ***Vergrijzing grondwater en klimaatverandering***

Door klimaatverandering neemt de variabiliteit in het klimaat (temperatuur en neerslag) toe. Hoewel de effecten van klimaatverandering op grondwaterkwantiteit uitgebreid beschreven worden in de literatuur, is dit niet het geval voor de effecten van klimaatverandering op grondwaterkwaliteit. Verzilting van grondwater door zeespiegelstijging is een van de duidelijkste effecten van klimaatverandering op de kwaliteit van het grondwater. Niet alleen neemt kwelvorming toe naarmate de zeespiegel verder stijgt ten opzichte van poldergebieden, ook kan grondwater uiteindelijk zouter worden doordat de aanvoer van rivierwater in de zomer verminderd en zeewater dus verder in het land door kan dringen (Hooijboer & de Nijs, 2011).

Daarnaast kunnen klimaatgerelateerde veranderingen in de landbouw (zoals veranderingen in gewassenstellingen of de toename in gebruik van pesticiden om te compenseren voor droogtestress) mogelijk indirect bijdragen aan vergrijzing van grondwater in de toekomst (Hooijboer & de Nijs, 2011). In periodes van droogte kan het gebruik van grondwater helpen om de impact van deze droogte op

de vegetatie en landbouwgewassen af te zwakken. Het onttrekken van grondwater voor beregening van gewassen brengt echter risico's met zich mee op het moment dat historische verontreinigingen uit diep grondwater via irrigatie opnieuw in ondiep grondwater worden ingebracht of uitspoelen naar oppervlaktewater. Daarnaast kunnen deze historische verontreinigingen ook accumuleren in gewassen die bedoeld zijn voor consumptie door de mens (Verweij et al., 2022; van Dooren et al., 2022).

Ten slotte bestaan er ook vermoedens dat klimaatverandering invloed heeft op de grondwaterkwaliteit zelf door veranderingen in hydrologische processen, hoewel het aantal studies hierover zeer beperkt is (Costa et al., 2021).

Al deze punten laten zien dat vergrijzing van grondwater mogelijk tot ver in de toekomst een actueel punt zal blijven, ondanks maatregelen om de grondwaterkwaliteit te verbeteren.



## Conclusies

Duidelijk is dat Nederland in 2027 de grondwaterdoelen, zoals vastgesteld in de Kaderrichtlijn Water niet gaat halen. Dit kan mogelijk verstrekkende gevolgen hebben, met juridische consequenties tot gevolg.

Vervuild rivierwater en regenwater vermengd met afvalwater infiltreert al decennialang in grondwaterbronnen. Daarnaast zorgen ook een toename in boringen voor bodemenergie en irrigatie, bevolkingsgroei, verstedelijking en een toename in gebruik van oppervlaktewater voor irrigatie voor een toename in verontreinigende stoffen in de bodem en het grondwater. Bovendien worden jaarlijks nieuwe stoffen gesynthetiseerd die in het grondwater terecht kunnen komen, waarvoor geen toxicologische data beschikbaar zijn. Deze verontreinigingen zijn op steeds grotere diepten waar te nemen, kunnen zich opstapelen en bevatten vaak chemische stoffen die al decennialang niet meer worden geproduceerd en/of zijn verboden door de Europese Commissie. Uiteindelijk komen veel van deze stoffen in het diepe grondwater terecht en vormen ze mogelijk een bedreiging voor de drinkwaterproductie. In deze trendalert zijn een aantal trends en uitdagingen genoemd:

- Vergrijzing van grondwater wordt steeds vaker benoemd in beleidsdocumenten en binnen onderzoeksprojecten. Deze vergrijzing is

voornamelijk een probleem voor drinkwaterbedrijven die gebruikmaken van grondwaterwinningen.

- Meerdere studies (vanuit KWR of daarbuiten) laten zien dat de grondwaterkwaliteit bij innamepunten ondermaats is en dat er geen significante verbetering op lijkt te treden in de grondwaterkwaliteit ten opzichte van enkele jaren geleden.
- De verwachting is dat de KRW-doelen bestemd voor grondwaterlichamen (buiten de grondwaterlichamen gebruikt voor drinkwaterproductie) waarschijnlijk niet gehaald gaan worden, mede door het one-out-all-out-principe. Dit kan mogelijke juridische consequenties hebben voor de Nederlandse overheid.
- In de toekomst kunnen bestaande aandachtstoffenlijsten helpen in het gericht monitoren van grondwater, aangezien het onmogelijk is om voor alle stoffen in het grondwater een risicobeoordeling uit te voeren.
- AI- en Machine Learning-technieken kunnen worden ingezet voor bronopsporing en toxicologische risicobeoordeling van onbekende stoffen.
- Klimaatverandering heeft mogelijk negatieve gevolgen voor de grondwaterkwaliteit, maar helaas is hier nog vrij weinig onderzoek naar gedaan.

## Meer informatie

- Adviescommissie Water. (2017). Advies grondwater.
- Béen, F., & Beernink, S. (2020). Early Warning Systems for drinking water sources - Assessment of available and innovative monitoring techniques.
- Costa, D., Zhang, H., & Levison, J. (2021). Impacts of climate change on groundwater in the Great Lakes Basin: A review. *Journal of Great Lakes Research*, 47(6), 1613-1625. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.10.011>
- Drinkwaterplatform. (2022). IPO: 'Maatregelen alleen niet meer voldoende voor behalen KRW-doelen'.
- Richtlijn 80/68/EEG van de Raad van 17 december 1979 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging veroorzaakt door de lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen, (1979).
- H2O Actueel. (2019). EU sommeert Duitsland nitraatvervuiling grondwater aan te pakken. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/eu-sommeert-duitsland-nitraatvervuiling-grondwater-aan-te-pakken>
- Hoekstra, N., Marsman, A., Havermans, W., Stuur, R.-J., & Passier, H. (2019). Ons grondwater vergrijst! *Bodem - Tijdschrift over duurzaam bodembeheer*, 29(1).
- Hooijboer, A., & de Nijs, A. (2011). De invloed van klimaatverandering op de grondwaterkwaliteit.





- Knoben, R., Verhagen, F., Schoffelen, N., & Rost, J. (2021). EX Ante Analyse Waterkwaliteit. Nijmegen:
- Lapworth, D. J., Lopez, B., Laabs, V., Kozel, R., Wolter, R., Ward, R., Amelin, E. V., Besien, T., Claessens, J., & Delloye, F. (2019). Developing a groundwater watch list for substances of emerging concern: a European perspective. *Environmental Research Letters*, 14(3), 035004.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). Kamerbrief: Beantwoording feitelijke vragen Nationaal Water Programma 2022-2027.
- Osté, L., Derksen, A., Smit, E., Berbee, R., ter Laak, T., van Duijnhoven, N., & ten Hulscher, D. (2017). Naar een strategie voor opkomende stoffen
- Sjerps, R., Maessen, M., Raterman, B., ter Laak, T., & Stuyfzand, P. (2017). Grondwaterkwaliteit Nederland 2015-2016: chemie grondwatermeetnetten en nulmeting nieuwe stoffen: KWR.
- STOWA. (2021). Anticiperen op de KRW na 2027: wat kan beter. STOWA: ter info.
- Swartjes, F., Hoekstra, N., Verweij, W., Dijkstra, J., van Vliet, M., van Loon, A., & Schipper, P. (2020). Vergrijzing van grondwater.
- Tiebosch, T., Brink, C., & Wuijts, S. (2011). Verkenning early warning bij grondwaterwinningen voor drinkwater.
- van den Meiracker, R., van Vliet, M., van Loon, A., van Driezum, I., & Passier, H. (2022). Opkomende stoffen in grondwater.
- van Dooren, T., Raat, K., Stofberg, S., van der Grift, B., & Marsman, A. (2022). Effecten van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater op de grondwaterkwaliteit.
- van Driezum, I., Beekman, J., van Loon, A., van Leerdam, R., Wuijts, S., Rutgers, M., Boekhold, S., & Zijp, M. (2021). Staat drinkwaterbronnen.
- van Duijvenbooden, W., Gast, L., & Taat, J. (1985). Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit: 1. eindrapport van de inrichtingsfase.
- van Gaalen, F., Osté, L., & van Boekel, E. (2020). Nationale analyse waterkwaliteit: Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit.
- van Loon, A., Brakkee, E., Schoffelen, N., van den Brink, C., Buijs, S., & Wattel, E. (2022). SIGNALERINGSMEETNET BESTRIJDINGSMIDDELEN IN GRONDWATER: Inventarisatie van de bruikbaarheid van bestaande meetnetten.
- van Loon, A., Pronk, T., Raterman, B., & Ros, S. (2020). Grondwaterkwaliteit Nederland 2020. Anorganische parameters, bestrijdingsmiddelen, farmaceutica en overige verontreinigende stoffen in de grondwatermeetnetten van de provincies, KWR Watercycle Institute.
- van Loon, A., Sjerps, R., & Raat, K. J. (2019). Gewasbeschermingsmiddelen en afbraakproducten in Nederlandse drinkwaterbronnen.
- van Wieringen, D. R. G., Nieuwkamer, R. L. J., Handgraaf, S., Loesink, A., Slagter, L., van der Wijngaart, T., & Ruijgrok, E. C. M. (2022). GAAT NEDERLAND DE KRW DOELEN HALEN?
- Verweij, W., Passier, H., Hoekstra, N., van den Meiracker, R., Ouwerkerk, K., van Loon, A., Swartjes, F., Hartmann, J., van Vliet, M. I., & Dijkstra, J. (2022). Vergrijzing van grondwater: handelingsperspectieven voor de voortschrijdende aantasting van grondwaterkwaliteit door menselijke invloeden: eindrapport van het KIWK-project Grondwater (9057739615).

## Keywords

Grondwater Vergrijzing Drinkwaterbronnen

## Colofon

Auteurs: Dr. R.P.J. (Renske) Hoondert, Dr. A. (Arnaut) van Loon, Dr. S. (Stefan) Kools  
 Kwaliteitsborger: Dr. I.H. (Inge) van Driezum  
 Projectmanager: ir. M.L. (Martin) van der Schans