

# Vergrijzing van grondwater

In deze Deltafact wordt ingegaan op 'vergrijzing' van grondwater, de voortschrijdende beïnvloeding van de chemische kwaliteit van grondwater. De betekenis van vergrijzing wordt beschreven en er wordt ingegaan op de oorzaken. Hierbij worden onder andere de typen bronnen beschreven die bijdragen aan vergrijzing. Tenslotte worden handelingsperspectieven gegeven om vergrijzing te mitigeren.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. NADERE BESCHOUWING: HOE ONTSTAAT VERGRIJZING?
4. BRONNEN VAN VERONTREINIGING
5. MATE VAN VERGRIJZING VAN GRONDWATER IN NEDERLAND
6. DE ERNST VAN VERGRIJZING VAN GRONDWATER
7. HANDELINGSPERSPECTIEVEN
8. KENNISLEEMTEN
9. DISCLAIMER
10. BRONNEN & LINKS
11. COLOFON

## 1. INLEIDING

Door menselijke activiteiten komen steeds meer verontreinigende stoffen in het grondwater, en omdat dit lang aanhoudt, komen stoffen ook steeds dieper in het grondwater ([Van Loon et al., 2020](https://library.kwrwater.nl/publication/61459076/)). <https://library.kwrwater.nl/publication/61459076/>De voortschrijdende, sluimerende, beïnvloeding van de chemische kwaliteit van grondwater tot steeds grotere diepte wordt 'vergrijzing' genoemd. Vergrijzing die leidt tot risico's of gebruiksbepalingen kan een probleem zijn, omdat grondwater gebruikt wordt als grondstof voor drinkwater, frisdrank en bier, voor beregening van voedingsgewassen en het drenken van vee en omdat bepaalde ecosystemen (terrestrische en aquatische) afhankelijk zijn van voldoende schoon grondwater. Tot de mogelijke problemen behoren risico's op mengseltoxiciteit (voor mensen en ecosystemen), intensievere en hogere kosten voor drinkwaterzuivering, versnelde

afschrijving van putten en installaties en uitblijvend herstel van aquatische en terrestrische natuur.

In deze Deltafact wordt uiteengezet wat vergrijzing is, hoe het ontstaat, hoever de vergrijzing is voortgeschreden en wat de mogelijke consequenties zijn. Daarnaast komen handelingsperspectieven aan bod om vergrijzing te voorkomen of tegen te gaan.

Een deel van de stoffen die voor vergrijzing zorgen komt ook van nature in grondwater voor. De concentraties van deze stoffen kunnen echter verhoogd zijn, ten gevolge van menselijke inbreng in de bodem of het grondwater of door waterhuishoudkundige ingrepen. Een ander deel betreft milieuvreemde stoffen, zoals resten van bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen en diverse andere organische microverontreinigingen of hun afbraakproducten. Meetgegevens van drinkwaterbedrijven en provincies geven aan dat in waarnemingsfilters in minimaal 60% van de freatische grondwaterwinningen milieuvreemde stoffen worden aangetroffen ([Van Loon et al., 2019](#)).

Een gedeelte van de stoffen die in het grondwater komen, verblijft langdurig in het grondwatersysteem, en er blijven stoffen bijkomen ([Hoekstra et al., 2019](#)). Deze stoffen kunnen generaties lang tot op grote afstanden van de bron problemen veroorzaken. Ook de recent uitgebrachte Nationale Analyse Waterkwaliteit gebruikt de term 'vergrijzing' ([Van Gaalen et al., 2020](#)) en signaleert daarbij knelpunten in de geschiktheid van grondwater voor grondwaterafhankelijk oppervlaktewater, grondwaterafhankelijke natuur en voor drinkwaterwinningen. De druk op het Nederlandse grondwater is in de afgelopen decennia toegenomen: veel ontwatering, meer onttrekkingen, meer en dieper gebruik van de bodem voor andere functies. Daarnaast is ook de belasting met stoffen hoog. Grondwater is een traag reagerend medium, waardoor het lang duurt voordat een stof op grotere diepte is aangekomen en het ook lang duurt voordat een maatregel effect heeft. Het is goed voor de bescherming van de grondwaterkwaliteit dat er natuurlijke barrières zijn die ervoor zorgen dat stoffen die aan maaiveld vrijkomen, niet ongehinderd het diepe grondwater bereiken.

### **Barrières**

Er zijn drie barrières die ervoor zorgen dat het transport naar het diepe grondwater wordt vertraagd en/of stoffen worden afgebroken:

1. Slecht doorlatende lagen beperken de verspreiding van stoffen verticaal. Door activiteiten in de ondergrond staat deze barrière onder druk.
2. Bodemorganismen breken veel schadelijke stoffen geheel of gedeeltelijk af. Soms ontstaan hierbij restproducten die schadelijker zijn dan de moederstof. Deze barrière staat onder druk door stoffen die in en op de bodem worden gebracht zoals nitraat, bestrijdingsmiddelen en diergeneesmiddelen. Daardoor kan de activiteit van de biologische gemeenschap afnemen en daarmee ook de omzetting van schadelijke stoffen.
3. Onder invloed van reactieve bestanddelen in de ondergrond worden veel verontreinigingen afgebroken. Hierbij kunnen omzettingen ontstaan of stoffen in oplossing gaan, die vaak minder schadelijk zijn, maar ook kunnen leiden tot extra maatschappelijke kosten als gevolg van putverstopping of de noodzaak voor ontkalking. De voorraad van deze mineralen wordt geleidelijk verbruikt, waardoor op specifieke locaties de geochemische bescherming op de lange termijn af kan nemen ([Van der Grift en Van der Stuyfzand, 2019](#)).

In Nederland komt in veel gebieden tot grote diepte zoet en schoon grondwater voor. Met het milieubeleid is bewerkstelligd dat sommige bijdragen aan vergrijzing, zoals input van meststoffen, specifieke bestrijdingsmiddelen en bodemverontreinigingen, zijn afgenomen. Maar er zijn ook toenemende risico's, zoals:

- toename boringen voor bodemenergie en irrigatie;
- toename bevolking en bijhorende toename verstedelijking en infrastructuur;
- toename gebruik oppervlaktewater om grondwater in droge periodes aan te vullen en overtollig oppervlaktewater te bergen;
- doorlopende toename van de introductie (op de markt komen) van nieuwe synthetische stoffen;
- toenemende droogte en natte perioden als gevolg van klimaatverandering.

Daarnaast neemt door de toename van de bevolking de vraag naar grondwater voor drinkwaterbereiding toe, terwijl de druk op het grondwatersysteem toeneemt en verplaatsen van winningen nauwelijks meer mogelijk is (Buitenkamp et al., 2019). Om hierop voorbereid te zijn wijzen provincies aanvullende strategische voorraden (ASV) aan.

Daarom is en blijft het belangrijk om met milieubeleid, ruimtelijke bescherming en bescherming van de natuurlijke barrières (scheidende lagen, biologische afbraak) de schone grondwatervoorraden te behouden en te kunnen benutten.

## 2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Deze Deltafact is één van een vijftal opgesteld als onderdeel van het project 'Grondwaterkwaliteit: Vergrijzing van grondwater door menselijke invloeden met nadruk op langetermijneffecten', een project binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit.

De andere vier Deltafacts zijn:

- Deltafact 'Effecten van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater op de grondwaterkwaliteit'
- Deltafact 'Mogelijke lange-termijn effecten van grootschalige geothermie op grondwaterkwaliteit'
- Deltafact 'Mogelijke lange-termijn effecten van opkomende stoffen op grondwaterkwaliteit'
- Deltafact 'Effecten open en gesloten bodemenergiesystemen op grondwaterkwaliteit'

Andere gerelateerde onderwerpen:

- Kennisimpuls Waterkwaliteit, [KIWK-thema gewasbeschermingsmiddelen](#).
- Kennisimpuls Waterkwaliteit, [KIWK-thema toxiciteit](#).
- Risicotoolbox grondwater ([Swartjes et al., 2021](#)).
- Zuiveringsopgave-index, zoals die voor oppervlaktewater (Stroomberg et al., 2019).
- *Engineering with nature* ([Van Leeuwen et al., 2017](#)).

## 3. NADERE BESCHOUWING: HOE ONTSTAAT VERGRIJZING??

Vergrijzing van grondwater wordt in deze Deltafact gedefinieerd als de voortschrijdende, sluimerende, beïnvloeding van de chemische kwaliteit van grondwater, ondanks

- preventief beleid (vooral voor bestrijdingsmiddelen en meststoffen),
- sanering en/of beheersing (van historische verontreinigingen) en
- afvoer, vastlegging, afbraak en verdunning (alle stoffen)

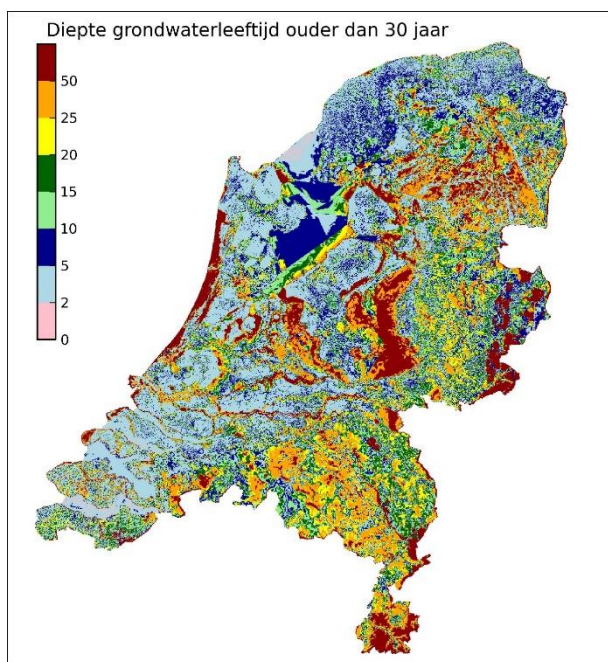
Het betreft enerzijds inputs van synthetische stoffen, anderzijds natuurlijke stoffen die door menselijk activiteiten in hogere concentraties voorkomen, direct als inputs, of indirect door reacties in de ondergrond. De stoffen waar het om gaat zijn bijvoorbeeld:

- Meststoffen en bestrijdingsmiddelen; deze worden doelbewust toegepast op het land en komen voor een deel ook in het grondwater terecht.
- Diverse stoffen die ten gevolge van industriële activiteiten in het grondwater terechtkomen of in het verleden terechtgekomen zijn.
- Geneesmiddelen die in het grondwater terecht kunnen komen door lekkende riolen, via dierlijke mest of via infiltrerend oppervlaktewater.
- Stoffen uit consumentenproducten, zoals PFAS, weekmakers, schoonmaakmiddelen en cosmetica.
- Stoffen die vrijkomen bij ondergrondse activiteiten (b.v. geothermie en bodemenergiesystemen).
- Algemene stoffen, bijvoorbeeld door toepassing van strooizout.
- Metalen, kalk en andere bodembestanddelen die o.a. onder invloed van zuren, nitraat, ontwatering of vernatting in oplossing gaan.
- Ook ontwatering kan leiden tot vrijkomen van stoffen in het grondwater.

Al met al gaat het om een grote diversiteit aan (natuurlijke en synthetische) stoffen, toepassingen en bronnen.

### **Gedrag van stoffen in het grondwater**

Stoffen verplaatsen zich horizontaal en verticaal met het grondwater, worden verdund, breken af of worden omgezet bijvoorbeeld onder invloed van veranderende redox-omstandigheden en gaan interactie aan met de vaste fase: sorptie of reactie



Figuur 1. Gesimuleerde maximale diepte (m min maaiveld) dat water bereikt na 30 jaar.

met één of meer bodemmineralen en organische stof. Door reacties met mineralen kunnen stoffen die voorheen vastgelegd waren, worden gemobiliseerd. Door interactie van nitraat met pyriet komen bijvoorbeeld sulfaat, nikkel en arseen vrij. Op de langere termijn leiden al deze processen ertoe dat grote volumina grondwater met één of (veel) meer stoffen verontreinigd raken. Zogeheten conservatieve stoffen infiltreren met dezelfde snelheid als het water, andere worden vertraagd en/of afgebroken. De maximale snelheid waarmee stoffen zich

naar de diepte verplaatsen, kan worden afgelezen uit Figuur 1 waarin de gesimuleerde diepte (m min maaiveld) wordt weergegeven dat water bereikt na 30 jaar. In de donkerrode gebieden bijvoorbeeld zit het geïnfiltreerde water van 1990 (30 jaar geleden) dus inmiddels meer dan 50 meter diep. Dit is bijvoorbeeld het geval onder de grote stuwwallen en de rivierstroomgordels. Al dat water is meer of minder antropogeen beïnvloed. In polder- en kwelgebieden gaat dit aanzienlijk minder diep omdat infiltrerend regenwater daar wordt afgevangen door het drainagestelsel. Door de korte stroombanen wordt dit deel van het grondwatersysteem relatief snel verversd.

In de beekdalen op de hoge zandgronden is het patroon fijnmaziger: onder de hogere ruggen dringt het grondwater tot grotere diepte door dan in de beekdalen.

#### 4. BRONNEN VAN VERONTREINIGING

Er zijn een aantal bronnen die leiden tot vergrijzing. De belangrijkste worden hieronder beschreven.

##### **Diffuse bronnen**

Door agrarische activiteiten en atmosferische depositie komen nitraat, andere meststoffen, metalen, zuren, bestrijdingsmiddelen en (veterinaire) geneesmiddelen in de bodem terecht. De toepassing van meststoffen en bestrijdingsmiddelen is gereguleerd, maar uitspoeling van een deel van de stoffen naar het grondwater wordt geaccepteerd. Sommige stoffen, zoals stikstofoxiden uit verkeer en ammoniak uit de veehouderij, kunnen via atmosferische depositie over grote afstanden verspreid worden. Ook industrieën en huishoudens kunnen door depositie van luchtverontreinigingen het grondwater met allerlei stoffen belasten.

Bestrijdingsmiddelen worden ook in stedelijk gebied gebruikt, voor beheer van sportvelden, golfbanen, etc., ook door particulieren. Uit lekkende riolen kan een veelheid aan stoffen in het grondwater terecht komen: nutriënten, geneesmiddelen, schoonmaakmiddelen, cosmetica, etc. Bij wegen en spoorwegen kunnen o.a. PAK's, olieproducten, metalen, onkruidbestrijdingsmiddelen en strooizout in het grondwater terechtkomen.

##### **Puntbronnen: historische verontreinigingen**

Bodem- en grondwaterverontreinigingen zijn veelal ontstaan ten gevolge van lekkages, morsingen, andere calamiteiten en illegale lozingen. Deze komen voornamelijk voor in bebouwd gebied. Ook het onzorgvuldig gebruik van industriële

reststoffen heeft in het verleden geleid tot grondwaterpluimen, ook in het landelijk gebied, zoals de verharding van wegen met zinkassen in de Kempen. Grote historische puntbronnen zijn aangepakt maar kunnen nooit helemaal worden opgeruimd; er blijft altijd een restant van de verontreiniging achter. Kleinere puntbronnen hoeven niet te worden opgeruimd en dragen dus ook bij aan vergrijzing. Daarnaast is er een categorie verontreinigingen waar de concentraties onder de interventiewaarde blijven maar wel verhoogd zijn. Ook dat draagt bij tot vergrijzing. Last but not least is er een categorie verontreinigingen die niet het predicaat 'spoed' hebben maar wel 'ernstig'; hier worden interventiewaarden overschreden in een groot volume grondwater, maar de aanpak krijgt geen prioriteit (geen sanering binnen vier jaar).

Nieuwe bodemverontreinigingen moeten sinds 1988 worden opgeruimd, maar dit gebeurt niet altijd.

### **Lijnbronnen**

Oppervlaktewater kan infiltreren onder invloed van waterhuishoudkundige ingrepen, zoals het onttrekken van grondwater of het opstuwen van waterpeilen. Infiltratie wordt steeds meer ingezet als middel om de hoeveelheid grondwater in wateraanvoergebieden op peil te houden. Voor de productie van drinkwater wordt op sommige plaatsen actief water geïnfiltrerd. Dit water wordt doorgaans vóórgezuiverd, om aan de eisen van het infiltratiebesluit te voldoen (en natuurwaarden te verhogen).

Door lozingen, afspoeling en drainage kan oppervlaktewater een veelheid aan stoffen bevatten, die vaak afkomstig zijn uit rioolwater, industriële processen, landbouw of verkeer. Al deze stoffen komen met het infiltrerend oppervlaktewater in het grondwater terecht.

### **Hydrologische ingrepen**

Hydrologische ingrepen, zoals ontwatering, onttrekkingen en vernatting<sup>1</sup>, kunnen als neveneffect hebben dat stoffen vrijkomen en in het grondwater terechtkomen. Ontwatering en onttrekkingen, bijvoorbeeld, hebben geleid tot een daling van de grondwaterstand. Hierdoor wordt organisch materiaal omgezet, met name in veengronden, waarbij de zuurgraad wordt verhoogd en aan organische stof

---

<sup>1</sup> Zie ook de Deltafact over kunstmatige infiltratie.

gebonden stoffen vrijkomen. Wisselende redoxcondities door zowel verdroging of vernatting kunnen leiden tot verhoogde concentraties van arseen en nikkel.

### **Doorboringen**

Door niet goed afdichten van kleilagen bij doorboringen, of door lekkage van putten kunnen verontreinigingen zich verder naar de diepte verspreiden.

Beregeningsputten, bodemenergiesystemen en geothermie zijn voorbeelden van activiteiten waar risico's op vergrijzing bestaan. Voor een deel zijn dit ingrepen die nog relatief recent hebben plaatsgevonden en waarvan de effecten nog niet zichtbaar zijn. Meer informatie over faalkansen, omvang van lekkages en effectiviteit van maatregelen zijn nodig om risico's goed te kunnen inschatten. Meer informatie is te vinden in de Deltafacts over geothermie en bodemenergiesystemen.

## **5. MATE VAN VERGRIJZING VAN GRONDWATER IN NEDERLAND**

Zoals boven al aangegeven, is er een grote diversiteit aan stoffen, bronnen en activiteiten die vergrijzing veroorzaken. Dat maakt het moeilijk om vergrijzing zichtbaar te maken of te kwantificeren. De mate van vergrijzing kan op verschillende manieren worden uitgedrukt, bijvoorbeeld als de totale hoeveelheid verontreinigende stoffen in kg, het volume verontreinigd grondwater, of in termen van risico's. Voor meer informatie zie het achtergronddocument (Negash en Swartjes, in bewerking).

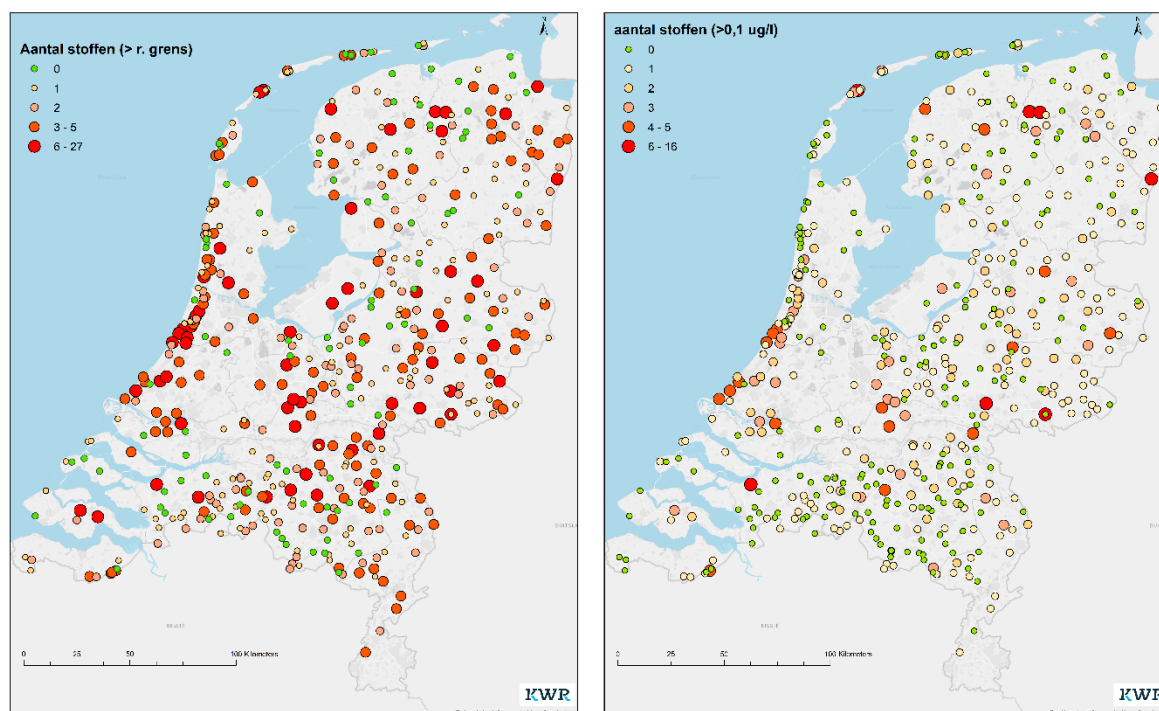
Door de continue infiltratie van (licht of sterk) verontreinigd grondwater wordt een steeds groter volume grondwater in enige mate verontreinigd en daarmee op termijn minder goed bruikbaar als bron voor drink- en beregeningswater en minder geschikt voor grondwaterafhankelijke ecosystemen.

Bestrijdingsmiddelen en metabolieten van bestrijdingsmiddelen worden vaak in grondwater aangetroffen; in ruwwater, diep grondwater en zeker in ondiep grondwater ([Van Loon et al., 2019](#)). Het betreft vooral herbiciden of metabolieten daarvan. Overschrijdingen van normen uit de grondwaterrichtlijn ([EU, 2006](#)) vinden ook plaats, met name voor bentazon en MCPP (werkzame stoffen) en dimethylsulfamide (DMS) en 2,6-dichloorbenzamide (BAM) (metabolieten). In enkele tientallen grondwaterwinningen komen in ruwwater bestrijdingsmiddelen voor tot boven de normen ([Swartjes et al., 2016](#)).



Voor metalen / metalloïden en organische historische verontreinigingen wordt ongeveer in een kwart van de grondwaterafhankelijke drinkwaterwinningen de drinkwaterkwaliteitsnorm overschreden. Arseen, cadmium en nikkel overschrijden in 5% tot 7% van de grondwatermonsters in grondwaterlichamen de drempelwaarde. Cadmium en nikkel zijn hierbij meestal van natuurlijke oorsprong. Veel voorkomende organische stoffen in ruwwater zijn fenantreen, toluen en gechloreerde koolwaterstoffen.

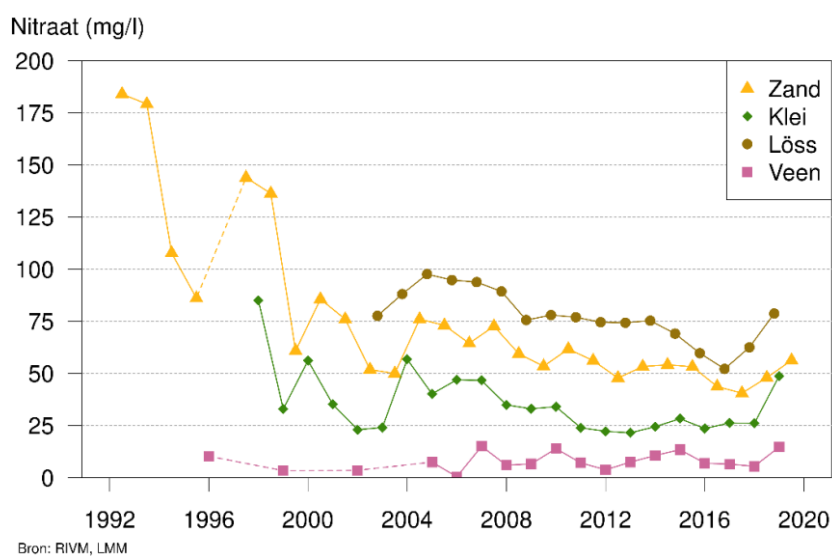
Daarnaast zien we een sterke groei in het *aantal stoffen* dat in grondwater wordt aangetroffen. Dit heeft er met name mee te maken dat er op steeds meer stoffen wordt geanalyseerd in de meetnetten. Bovendien zijn er steeds betere chemisch-analytische technieken en is er een toenemend aantal stoffen dat in de industrie wordt geproduceerd. In Figuur 2 staan de resultaten van een recent gepubliceerd onderzoek met (links) de aantallen aangetroffen antropogene stoffen en (rechts) de aantallen boven 0,1 µg/l ([Van Loon et al., 2019](#)).



Figuur 2 . Aantal aangetroffen stoffen door de mens gemaakt (bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen, en overige stoffen) in ondiep grondwater (<10 m diepte)<sup>1</sup> boven de rapportagegrens (links) en boven de signaleringswaarde van 0,1 µg/l ([Van Loon et al., 2019](#))

Ook nitraat draagt bij aan vergrijzing. Nitraat werkt door op de kwaliteit van diverse grondwaterwinningen ([Van Driezum et al., 2020](#)), en kan daar tot gezondheidsrisico's leiden. Daarnaast leidt het tot hogere kosten voor ontharding

van drinkwater. Bovendien belemmert nitraat in grondwater de realisatie van natuurdoelen in grondwaterafhankelijke ecosystemen en na drainage ook die van ecosystemen in het oppervlaktewater. Nitraat laat goed zien hoe lang een verontreiniging in het grondwater problemen kan blijven veroorzaken. Nitraat wordt zeer frequent in het bovenste (d.w.z. de bovenste meter) Nederlandse grondwater in landbouwgebieden aangetroffen, in een aantal grondwaterbeschermingsgebieden vaak in concentraties boven de norm. Figuur 3 komt uit de recente Nitraatrichtlijn-rapportage (Fraters et al., 2020). Daaruit blijkt dat de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater decennialang zijn gedaald als gevolg van het mestbeleid, maar dat deze daling nu stagneert en dat de nitraatconcentraties zelfs weer licht stijgen. Nitraatconcentraties onder landbouwgronden zijn nog altijd frequent te hoog, vooral onder de drogere löss- en zandgronden. Verdere maatregelen zijn ingezet. Het nitraatprobleem is dus nog niet overal opgelost.



Figuur 3. Nitraatconcentratie in uitspoelend water op landbouwbedrijven.

Al met al is het begrip 'vergrijzing' op dit moment onvoldoende uitgekristalliseerd om eenduidig de mate van vergrijzing uit te kunnen drukken.

## 6. DE ERNST VAN VERGRIJZING VAN GRONDWATER

Om trends in de ernst van vergrijzing van grondwater te kunnen aangeven of een vergelijking tussen de ernst van vergrijzing van grondwater tussen twee situaties te kunnen maken, is een indicator voor vergrijzing van grondwater nodig. In het Kennisimpuls Waterkwaliteitproject dat zich heeft gericht op vergrijzing van

grondwater, werd een aanzet gegeven tot een dergelijke indicator, die de ernst van vergrijzing aangeeft voor het beschermdoel 'de mens', gericht op blootstelling ten gevolge van drinkwaterconsumptie. Deze indicator is één van de elementen om in later stadium op vergelijkbare wijze tot een set van indicatoren te komen die gericht zijn op andere beschermdoelen.

De indicator voor vergrijzing van grondwater is gebaseerd op de screeningsmethodiek voor Persistente (P), Mobiele (M) en Toxische (T) stoffen in oppervlaktewater. Om de risico's voor drinkwaterconsumptie te kunnen kwantificeren met de indicator worden er scores tussen 0 en 1 toegekend aan de onderdelen Persistentie (P) en Toxiciteit (T)<sup>2</sup>. Vervolgens worden deze scores 'slim' gecombineerd, voor alle gemeten stoffen tezamen. Omdat het aantreffen van een stof in grondwater al een aanwijzing voor mobiliteit is, is het onderdeel Mobiel (M) in eerste instantie geen onderdeel van de indicator.

De persistentiescore (P) kan worden berekend met behulp van een QSAR, op basis waarvan de DT50 van stoffen in grondwater kan worden geschat op basis van vergelijkbare eigenschappen van bekende stoffen. De Toxiciteitscore (T) wordt berekend op basis van risicogrenswaarden of het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau voor blootstelling ( $MTR_{\text{humaaan}}$ ). Als deze beide ontbreken (voor onbekende stoffen), kan de Toxiciteitscore (T) worden geschat.

Ter nuancering van de risico's voor drinkwaterconsumptie wordt aanbevolen een Verspreidingscore toe te voegen (waarvan de Persistentiescore (P) onderdeel is) en de gemeten concentraties met de Toxiciteitscore (T) te combineren. Daarnaast moet een vergelijkbare procedure worden ontwikkeld voor andere beschermdoelen (bijvoorbeeld ecologie in grondwater en/of grondwaterafhankelijke ecosystemen). Tenslotte is het wenselijk de indicator ter verificatie toe te passen op een tijdreeks van grondwatermonsters om een 'expert judgement' te vergelijken met de uitkomst van deze aanpak.

De voorgestelde indicator maakt veranderingen in tijd inzichtelijk voor alle monitoringsfilters waar in het verloop van de tijd vanaf enkele decennia geleden meerdere keren monsters zijn genomen. Er kan dan immers gekeken worden naar

---

<sup>2</sup>Julia Hartmann (RIVM), Frank Swartjes (RIVM), Emiel Rorije (RIVM), Nanne Hoekstra (Deltares), Arnaut van Loon (KWR), Joris Dijkstra (TNO), Peter Schipper (WUR) en Cors van den Brink (Royal HaskoningDHV) (2022). Op weg naar een breed toepasbare indicator voor vergrijzing van grondwater. Verwerkt in eindrapport.

het verloop van de indicator in de tijd. Bovendien kunnen ook vergelijkingen tussen de indicator op verschillende locaties en dieptes worden gemaakt. Tenslotte telt de indicator de score van meerdere stoffen op. Daarmee lijkt dit een geschikt instrument te zijn om heel verschillende stoffen en cocktails van stoffen te kunnen beoordelen op de mate en ernst van vergrijzing.

## 7. HANDELINGSPERSPECTIEVEN

Een belangrijke vraag is welke mogelijkheden er bestaan om vergrijzing en de consequenties van vergrijzing te verminderen, de zogenaamde handelingsperspectieven. Globaal zijn handelingsperspectieven in de volgende categorieën in te delen, volgens de bron-pad-receptor-benadering:

- aanpak van de bron, veelal door preventieve maatregelen;
- ingrepen 'in het pad';
- ingrepen bij de receptor.

### **Preventieve maatregelen**

De meest effectieve maatregelen worden getroffen door vóórkoming van intrede van verontreinigingen in de bodem en daarmee in het grondwater. Een belangrijk onderdeel hiervan is kennis over de stoffen die in de verschillende bronnen voorkomen, mede op basis van metingen in het ondiepe grondwater. Bij onvoldoende kennis, kan teruggegrepen worden op het voorzorgsprincipe. Een hoog preventierendement is te halen voor bestrijdingsmiddelen (toelating, toegediende hoeveelheden, wijze en periode van toediening, relatie met ondergrond en teelten). Een ander concreet aanknopingspunt is het onderhoud van riolen en de zuivering van drainagewater en effluent vanuit rioolwaterzuiverings- en industriële afvalwaterinstallaties en kassen. Naast een watertoets zouden nieuwe initiatieven getoetst kunnen worden op basis van een emissietoets zoals ook voor oppervlaktewater, maar dan afgestemd op grondwater.

Verder zijn er de volgende opties:

- Verbeterde praktijk en handhaving van doorboringen en ondergrondse activiteiten, zoals WKO en geothermie.
- Actueel houden van vergunningen voor lozingen en opslag en gebruik van stoffen.

- Actievere invulling van het ruimtelijk beleid door nabij kwetsbare functies gewenste ontwikkelingen te stimuleren of zelfs te initiëren, of ongewenste ontwikkelingen te reguleren of te verbieden.
- Ketenaanpak met sturing op basis van de stoffen of stofgroepen die het meest bijdragen aan vergrijzing.
- Harmoniseren van beoordelingscriteria verschillende beleidsvelden, inclusief de stap maken van normopvulling naar nul-emissie.

In het kader van preventie is een speciale rol weggelegd voor regulering/wetgeving, voorlichting/informatie en handhaving. In een op basis van scores door experts opgestelde Top-20 van maatregelen om de inbreng van bestrijdingsmiddelen in het bodem-watersysteem te verminderen, waren er naast technische maatregelen 9 maatregelen gerelateerd aan regulering/wetgeving en twee aan informatie/ voorlichting ([Swartjes et al., 2016](#)). Hieronder kan ook worden geschaard het door ruimtelijk differentiëren schoonhouden van bepaalde grondwatervoorraden.

Belangrijk is vroegtijdige signalering van verontreinigingen bij de bron, zodat deze kan worden weggenomen of dat anders (bij puntbronnen) door het bijtijds treffen van maatregelen op het pad vergrijzing zo veel mogelijk wordt voorkomen.

### **Ingrepen in het 'pad'**

Tijdens passage van stoffen in het grondwater wordt voor vermindering van vergrijzing van grondwater automatisch gebruik gemaakt van de intrinsieke fysische, chemische en biologische bescherming van de ondergrond door de drie barrières:

- blokkade van stoffen door slecht waterdoorlaatbare lagen;
- (tijdelijke) vastlegging (adsorptie en/of precipitatie) van stoffen en
- chemische omzetting en biologische afbraak van stoffen.

Daarnaast kunnen extensieve ingrepen worden ingezet in situaties waarbij stoffen niet voldoende worden tegengehouden, vastgelegd of afgebroken. Enkele concrete opties zijn als volgt:

- Voorkomen of verminderen van aantasting van fysieke beschermingslagen (aanleg WKO-installaties) en geochemische buffers in de ondergrond.
- Beschermen van de fysieke barrières en stimulering van de geochemische buffers in de ondergrond.

- Stimuleren van biologische processen in de boven- en ondergrond.
- Groen saneren of beheersen door bijvoorbeeld gebruik te maken van windpompen (voor de onttrekking) en helofytenfilters (voor de zuivering) of bomen (voor beide) die lage beheerkosten kennen. Kleinschalige positieve ervaringen hiermee kunnen worden opgeschaald tot zuiverende stedelijke groenvoorzieningen en natuurgebieden. Het water kan na zuivering weer worden geïnfiltreerd.
- Combinaties van bovenstaande met vasthouden van water in verband met langere droge perioden in natuurgebieden en veenweiden.

### **Ingrepen bij de receptor**

Ingrepen bij de receptor is eigenlijk het tegengaan van de gevolgen van vergrijzing. Bij ingrepen bij de receptor kan met name gedacht worden aan zuivering van vergrijsd grondwater bij gebruik van het water voor drinkwaterbereiding, irrigatie of veedrenking. Zuivering ten behoeve van consumptie is echter niet voor alle stoffen mogelijk, leidt tot extra milieubelasting en druist in tegen de geest van de Kader Richtlijn Water. Bij irrigatie of veedrenking kan een dergelijke zuivering mogelijk ook op een natuurlijke wijze (zoals hierboven genoemd onder 'Groen saneren of beheersen') plaatsvinden.

### **8. KENNISLEEMTEN**

Door het ontbreken van een maatlat is het op dit moment niet mogelijk om vergrijzing van het grondwater eenduidig zichtbaar en meetbaar te maken. Dit vereist het aggregeren van een groot aantal relevante parameters in een (set) indicator(en). Daarnaast is een methode nodig om puntgegevens op te kunnen schalen naar gebiedsniveau, zodat informatie over grondwaterkwaliteit op de juiste schaal kan worden benut in de ruimtelijke planning.

De mate van vergrijzing van grondwater in Nederland, en zeker de toekomstige vergrijzing van grondwater, zijn slechts globaal bekend. Enerzijds zijn er aanwijzingen dat vergrijzing van grondwater toeneemt. Er worden bijvoorbeeld steeds meer stoffen in grondwater aangetroffen (zie ook de Deltafact over opkomende stoffen). Anderzijds nemen sommige bronnen af, zeker voor historische verontreinigingen. De bijdrage van niet-gereguleerde en opkomende stoffen aan vergrijzing is nog het meest onzeker. Het moet in meer detail vastgesteld worden welke stoffen in welke mate tot vergrijzing leiden.

De met vergrijzing gepaard gaande risico's ten gevolge van het voorkomen van meerdere stoffen (b.v. mengseltoxiciteit) voor specifieke beschermingsdoelen op de langere termijn zijn onbekend. Dit geldt ook voor de toekomstige aantasting van gebruiksfuncties van grondwater op de lange termijn.

De impact van verschillende ingrepen voor wat betreft het functioneren en aangetast worden van de fysische, chemische en biologische barrières in de ondergrond is grotendeels onbekend. De processen die hiervoor van belang zijn, zullen moeten worden begrepen, gemodelleerd en gemonitord om de barrières voldoende in stand te houden.

## 9. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.

## 10. Bronnen & links

Buitenkamp, M., C. van den Brink, A. de Vries en S. Zernitz (2019). Herijking uitgangspunten en doelen grondwaterbeschermingsbeleid. RHDHV-rapport BG5715

Driezum, I. van, Beekman, J., Van Loon, A.H., Van Leerdam, R.C., Wuijts, S., Rutgers, M., Boekhold, S., en Zijp M.C. (2020). Staat drinkwaterbronnen. RIVM, Bilthoven, RIVM-2020-0179, DOI 10.21945

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0179.pdf>

EU (2006). EU-richtlijn 2006/118/EG betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand, bijlage 1: "Werkzame stoffen in bestrijdingsmiddelen, met inbegrip van de relevante omzettings-, afbraak- en reactieproducten daarvan: 0,1 µg/l, 0,5 µg/l (totaal)"

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0118&from=NL>

Fraters, B., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, A.C.C. Plette, N. van Duijnhoven, M. Gosseling, C.H.G. Daatselaar, J.L. Roskam, H.A.L. Begeman (2020). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992-2019): De Nitraatrapportage 2020 met de resultaten van de monitoring van de effecten van de EU Nitraatrichtlijn actieprogramma's. RIVM-rapport 2020-0121, RIVM, Bilthoven.  
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0121.pdf>

Galen, F. van, L. Osté & E. van Boekel (2020). Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit. PBL-publicatienummer: 4002, The Hague, PBL Planbureau voor de Leefomgeving.  
[https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-nationale-analyse-waterkwaliteit-4002\\_0.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-nationale-analyse-waterkwaliteit-4002_0.pdf)

Grift, B. van der Stuyfzand, P.J. (2019). Uitloging geochemisch buffervermogen ondergrond. BTO 2019.036  
<https://library.kwrwater.nl/publication/59953526/>

Hoekstra, Nanne, Annemieke Marsman, Willem Havermans, Robert-Jan Stuu en Hilde Passier (2019). Stilletjes verliest het Nederlandse grondwater zijn schoonheid. Ons grondwater vergrijsst! Bodem 1, februari 2019: 6-8  
[https://www.deltares.nl/app/uploads/2019/02/Scan\\_20190215111925.pdf](https://www.deltares.nl/app/uploads/2019/02/Scan_20190215111925.pdf)

Leeuwen J. van, J. Drenth E., C. Bus, B. v d Zaan, N. Hoekstra, J. de Weert, J. Gerritse (2017), Wind-Powered Constructed Wetland for PCE Dechlorination; Bioremediation and Sustainable Environmental Technologies, 2017 Battelle Memorial Institute, Columbus, OH  
[https://www.battelle.org/docs/default-source/conference-proceedings/biosymposium/innovations-in-bioremediation-technologies/d9\\_40\\_ppr.pdf?sfvrsn=74eeb388\\_2](https://www.battelle.org/docs/default-source/conference-proceedings/biosymposium/innovations-in-bioremediation-technologies/d9_40_ppr.pdf?sfvrsn=74eeb388_2)

Loon, A.H. van, 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 2020.067.  
<https://library.kwrwater.nl/publication/61459076/>



Loon, A. van, Sjerps, R., Raat, K.J. (2019). Gewasbeschermingsmiddelen en afbraakproducten in Nederlandse drinkwaterbronnen. BTO2019.016

<https://library.kwrwater.nl/publication/58669590/>

Negash, A., F. Swartjes (in bewerking). Status van vergrijzing in Nederland. Technisch KIWK-achtergrondrapport. RIVM.

Stroomberg, G.J., R.E.M. Neefjes, A. Bannink, J.A. de Jonge, C.C. Zwamborn (2019). Jaarrapport 2018. De Rijn. RIWA-Rijn, september 2019

Swartjes, F.A., P. van Breemen, P.F. Otte, M. Rutgers, T. Schouten, M. Wit, A.E. Boekhold, A. Wintersen, E. Brand (2021). Memo over Risicotoolbox grondwater (RTBgrondwater).

<https://www.risicotoolboxbodem.nl/documenten/voorgangsmemo-risicotoolbox-grondwater> (gezien 5 feb 2021)

Swartjes, F.A., A.M.A. Van der Linden, N.G.F.M. Van der Aa (2016). Beoordeling van maatregelen ter vermindering belasting grondwater bij drinkwaterwinningen met gewasbeschermingsmiddelen en biociden. RIVM-rapport 2016-0083, RIVM, Bilthoven.

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0083.pdf>

## 11. Colofon

Deze Deltafact is geschreven in het kader van het project Grondwater van de Kennisimpuls Waterkwaliteit. In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis

onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Deze Deltafact is opgesteld door een consortium van instituten: RIVM, Deltares, TNO, KWR en WEnR.

Auteurs (in willekeurige volgorde):

FA Swartjes (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; RIVM)

N Hoekstra en W Verweij (Deltares)

JJ Dijkstra en ME van Vliet (TNO)

AH van Loon (KWR Water)

P Schipper (Wageningen Environmental Research; WEnR)

Versie 2, mei 2022