

Bestemd voor: Bas van de Riet (B-Ware)
Betreft: Expert-oordeel Effecten van natuurbegraven op de kwaliteit van
grondwaterbronnen en -reserves
Kopie / afschrift: Piet-Jan Westendorp
Van: dr. Arnaut van Loon (KWR) en dr. Stefan Kools (KWR)
Kwaliteitsborging Prof. Dr. Pieter Stuyfzand (KWR)
Datum: 26 september 2017

Samenvatting

De Provincie Gelderland overweegt aanpassingen van de huidige regelgeving voor natuurbegraven, o.a. vanwege mogelijke risico's op verontreiniging van strategische grondwaterreserves met medicijnresten. Medicijnresten kunnen met de begraven lichamen worden aangevoerd naar de intrekgebieden van deze grondwaterreserves en vervolgens uitspoelen naar het grondwater en in bestaande of toekomstige drinkwaterbronnen terecht komen. Het huidige beleid van de provincie is dat natuurbegraven binnen grondwaterbeschermingsgebieden niet is toegestaan.

De risico's van natuurbegraven op de grondwaterkwaliteit ten aanzien van geneesmiddelen zijn beperkt tot de medicijnen die

- veel worden gebruikt in Nederland door chronisch zieken of zieken in de terminale fase;
- langzaam worden uitgescheiden door het menselijk lichaam (ophopen);
- mobiel zijn in een bodem-watervmilieu;
- nauwelijks of niet gevoelig zijn voor afbraak in een bodem-watervmilieu

De 10 meest gebruikte medicijnen in Nederland en 5 medicijnen die zijn geselecteerd op basis van verwacht gebruik in de terminale fase blijken niet aan deze vier voorwaarden te voldoen. Op basis van indicatieve, (extreem) worst-case berekeningen voor de geselecteerde medicijnen blijkt dat natuurgraven nauwelijks gevolgen heeft voor de belasting met medicijnen van bestaande grondwaterwinningen en Algemene Strategische Grondwatervoorraden. Voor het minst gunstige middel waarvoor indicatieve berekeningen zijn uitgevoerd, het slaap/kalmeringsmiddel Diazepam, zouden graven van meerdere tientallen gebruikers (in ieder geval meer dan 60) van dit middel op de rand van het grondwaterbeschermingsgebied moeten liggen om op de lange termijn de signaleringswaarde voor deze stof in een representatieve grondwaterwinning te overschrijden. Wij vermoeden dat natuurgraven nauwelijks het grondwater belasten met geneesmiddelen, omdat middelen die langzaam worden uitgescheiden (die organen indringen, en dus vet-oplosbaar zijn), zich ook nauwelijks verspreiden in een bodem-watervmilieu. Dit vermoeden wordt bevestigd door een eenmalige meetronde van 10 medicijnen (gidsparameters) in het grondwater van 3 reguliere begraafplaatsen. Tijdens deze meetronde is uitsluitend paracetamol op één meetlocatie (begraafplaats) met een zeer lage concentratie (0,02 µg/l) waargenomen, net boven de detectielimiet. Op de overige 15 meetpunten waren de concentraties van alle geanalyseerde medicijnen lager dan de detectielimiet van maximaal 0,03 (µg/l). Merk op dat bij deze meetronde een beperkt aantal relevante medicijnen is geanalyseerd, en geen metabolieten (afbraakproducten). Daarnaast is niet met zekerheid bekend of het bemonsterde grondwater daadwerkelijk belast is met stoffen die afkomstig zijn uit natuurbegraven.

Uit deze (beperkte) studie blijkt dat natuurbegraven geen risico vormt voor de Nationale Strategische Reserve onder de Veluwe, doordat deze reserve op grote diepte ligt. Natuurbegraven kan alleen een potentieel risico vormen voor bestaande of toekomstige grondwaterwinningen (Algemene Strategische Watervoorraden) indien binnen de intrekgebieden zeer grote aantallen (duizenden) graven worden gerealiseerd. Dit bevestigt de

conclusie van Molenaar e.a. (2009) dat “over het algemeen natuurbegraven geen (significante) effecten op de kwaliteit van het grondwater te verwachten zijn, zelfs niet bij 1500 graven per hectare”. Door de beperkte hoeveelheid informatie die is opgehaald over medicijngebruik in de terminale fase, de afbraak van medicijnen in een stervend of gestorven lichaam en het (toenemende) gebruik van slow-release medicijnen kunnen risico’s echter niet geheel uitgesloten worden. Geadviseerd wordt om voor deze kennisiaten een verdiepingsslag te maken, voordat een besluit wordt genomen over wijziging van het provinciale beleid voor natuurbegraven. Deze verdiepingsslag bestaat uit het ophalen van informatie over de stoffen die in stoffelijke overschotten kunnen achterblijven bij het Nationaal Forensisch Instituut, een screening van literatuur van medicijnresten in slachtvlees als model voor humane medicijnen en een literatuurstudie naar recente ontwikkelingen op het gebied van slow-release medicijnen. Daarnaast kunnen aanvullende medicijnenanalyses op het drainagewater uit de onderzochte begraafplaatsen een beter beeld geven van de werkelijke effecten van natuurbegraven op de grondwaterkwaliteit, omdat drainagewater met zekerheid beïnvloed wordt door stoffen die vanuit graven uitspoelen.

1. Vragen van de Provincie Gelderland

In deze memo worden de volgende vragen van de Provincie Gelderland met betrekking tot effecten van (natuur)begraven beantwoord:

- *Wat is het effect van een graf op de grondwaterkwaliteit ten aanzien van nutriënten en toxische stoffen? Denk aan medicijnresten, amalgaam, e.d.* Deze memo beperkt zich tot een algemene beschouwing van de belasting van het grondwater met medicijnresten uit natuurgraven.
- *Wat zijn de verschillen van bovengenoemde effecten bij drie verschillende scenario’s (50,100,200 graven/ha)?* In deze memo geven wij een generiek oordeel over de belasting van het grondwater met medicijnen voor de genoemde graf dichtheden. Aanvullende locatie-specifieke toetsing is noodzakelijk om in specifieke gevallen de effecten van medicijnen op de grondwaterkwaliteit te beoordelen.
- In het huidige beleid zijn grondwaterbeschermingsgebieden uitgesloten voor natuurbegraven. *Is dat voldoende om de strategische watervoorraad op de hele Veluwe veilig te stellen?* (wat zijn de risico’s van natuurbegraven op de functie van de Veluwe als strategische grondwatervoorraad?). In deze memo geven wij een generiek oordeel over de mogelijke effecten van uitspoelende medicijnen uit een natuurbegraafplaats op de kwaliteit van een karakteristieke grondwaterwinning voor de Provincie Gelderland, uitgaande van een worst-case benadering. Ook dit oordeel vereist locatie-specifieke toetsing nodig om de effecten in specifieke gevallen te beoordelen.

2. Aanpak

Molenaar e.a. (2009) geven op basis van een literatuurstudie een redelijk recent overzicht van de mogelijke effecten van natuurbegraven op de grondwaterkwaliteit. Wij hebben deze literatuurstudie aangevuld met een aantal relevante en recente wetenschappelijke publicaties. Daarnaast hebben wij de meest gebruikte en relevante medicijnen geïnventariseerd en de effecten daarvan ingeschat op de kwaliteit van een karakteristieke grondwaterwinning met een zeer eenvoudige modelbenadering en uitgaande van een worst-casebenadering. Hierbij zijn wij uit gegaan van een bron-pad-effect benadering:

1. De bron (Vraag 1) bestaat uit de lichamen die worden begraven en waaruit medicijnresten vrij kunnen komen en in het grondwater terecht komen;
2. Het pad (Vraag 2) staat voor de wijze waarop medicijnen uit een lichaam vrijkomen en zich in het bodemwatermilieu kunnen verspreiden;
3. Het effect (Vraag 3) is de mate waarin de vrijgekomen medicijnen in een grondwaterbron voorkomen ten opzichte van de signaleringswaarde van 0.1 µg/l.

Ad 1. De bron is gekarakteriseerd op basis van rapportages van apothekers, waarbij wij een overzicht hebben gemaakt van de meest gebruikte medicijnen in Nederland en de medicijnen die toegediend kunnen worden aan het einde van een leven. Op basis van standaard dagelijkse dosering (Defined Daily Dosis) en indicaties van de snelheid waarmee medicijnen worden uitgescheiden (T50) is een schatting gemaakt van de hoeveelheid medicijnen (de vracht) die potentieel uit een gemiddeld lichaam (graf) vrijkomt.

Ad 2. Het pad is gekarakteriseerd op basis van literatuur en een eenmalige analyse van het grondwater onder drie reguliere begraafplaatsen op 10 gangbare medicijnen die wij als gidsparameters hebben beschouwd. Hiermee zijn de mogelijke routes voor de verspreiding van geneesmiddelen vanuit een lichaam naar het bodem-watermilieu geïnventariseerd en is een indruk gekregen van de mobiliteit van geneesmiddelen in het bodem-watermilieu.

Ad 3. Het effect van natuurbegraven op de kwaliteit van de strategische grondwatervoorraad onder de Veluwe is geschat op basis van een worst-case benadering. Hiertoe is met een eenvoudige modelbenadering voor het beschrijven van chemische transportprocessen in de ondergrond berekend in hoeverre medicijnen afbreken en verdunnen tijdens transport naar een karakteristieke grondwaterwinning. Hierbij is uitgegaan van een continue, oneindig durende bron van medicijnen die het grondwater belasten vanuit een graf op de grens van het grondwaterbeschermingsgebied (25 jaarszone). De berekeningen zijn alleen uitgevoerd voor een beperkt aantal relevante medicijnen, waarvan de chemische eigenschappen voldoende bekend zijn en die zijn geselecteerd op basis van de mobiliteit en de snelheid van afbraak in de ondergrond (potentieel risico). Vervolgens is op basis van de geschatte vracht uit een graf (ad 1) en de signaleringswaarde voor medicijnen in ruwwater¹⁾ (0.1 µg/l) teruggerekend hoeveel medicijngebruikers op de grens van het grondwaterbeschermingsgebied begraven kunnen worden om geen probleem voor de grondwatervoorraad te vormen. Overeenkomend met een worst-case benadering is uitgegaan van de minst gunstige omstandigheden in de ondergrond voor afbraak en retentie.

3. Effectbeoordeling van natuurbegraven op grondwaterkwaliteit

3.1 Algemeen

In de wetenschappelijke literatuur is nauwelijks iets te vinden over lichaamsvreemde stoffen die uit grafvelden en begraafplaatsen het grondwater kunnen bereiken. Ook is weinig te vinden over geneesmiddelen die post-mortem aangetoond zijn, slechts enkele studies uit het buitenland en dan veelal waarin het overlijden gekoppeld is aan overdoses of verkeerd gebruik (Caplan et al. 1983). Uit andere studies wordt ook duidelijk dat stoffen in een lichaam na overlijden nog kunnen veranderen; de concentraties kunnen afnemen of zelfs toenemen door omzettingen (Kennedy 2010). Kortom, er zijn relatief weinig betrouwbare gegevens met betrekking tot dit onderwerp beschikbaar, waardoor voor de beantwoording van de vragen verschillende aannames moeten worden gedaan.

3.2 Bron

3.2.1 Inventarisatie medicijnen

Bijlage 1 geeft een overzicht van de geneesmiddelen met de meeste gebruikers in Nederland. Veel van deze middelen worden toegepast bij chronische ziektes en worden daarom waarschijnlijk tot aan het einde van een leven gebruikt. Pijnstillers zoals ibuprofen en paracetamol worden ook veel gebruikt, maar deze worden niet alleen bij apothekers gekocht, zodat de informatie over de omvang van gebruik niet beschikbaar is. Van de top-10 middelen is de dagelijkse dosis tussen de 20 microgram (colecalfiferol, tegen botontkalking) tot 1-3 gram (acetylsalicylzuur, amoxicilline). De halfwaardetijd van deze medicijnen in gezonde lichamen is echter beperkt tot enkele uren. Met andere woorden: deze medicijnen verlaten het lichaam (zeer) snel na toediening. Na

ongeveer 1-2 dagen is meer dan 95% ¹⁾ Het opgepompte grondwater dat de grondstof vormt voor drinkwaterproductie grondwater met de meest gebruikte medicijnen als gevolg van natuurbegraven zeer beperkt zijn.

Bijlage 2 geeft een overzicht van medicijnen die kunnen worden gebruikt tijdens/tot aan de terminale fase, maar niet tot de meest gebruikte middelen in Nederland behoren, of ook buiten apotheken worden verkocht. Dit zijn de morfine-achtige pijnstillers, slaapmiddelen (bijvoorbeeld temazepam en oxazepam) en kunnen ook in een lichaam (post mortem) verwacht worden. Een aantal van deze middelen (samengevat in Tabel 1) verblijven langer in een gezond lichaam dan de meest gebruikte medicijnen in Nederland: de verblijftijd in een lichaam bedraagt meerdere dagen tot weken. Voor deze medicijnen is op basis van de DDD (Defined Daily Dosis) en de afbraaksnelheid in een gezond lichaam de totale medicijninhoud van een medicijngebruiker berekend. Hierbij is uitgegaan van langdurige inname overeenkomend met een worst-case benadering.

Tabel 1 geeft voor een aantal medicijnen de mate van ophoping in een menselijk lichaam bij langdurig gebruik van het medicijn, i.e. de maximale hoeveelheid medicijnen die in een lichaam aanwezig kan zijn. Volgens deze tabel kan carbamazepine ophopen tot 4 milligram in een gemiddeld lichaam en fluoxetine tot 168 milligram. Indien er geen afbraak tijdens transport naar een grondwaterwinning plaats zou vinden, dan wordt de signaleringswaarde voor carbamazepine in een karakteristieke grondwaterwinning pas overschreden zodra ruim 300 lichamen van gebruikers van dit medicijn in het intrekgebied van de winning worden begraven. Voor Temazepam zijn dat er minimaal ruim 100, voor Oxazepam en Diazepam enkele tientallen en voor fluoxetine 8 graven. Helaas is de omvang van het gebruik van deze middelen tijdens de terminale fase in Nederland niet bekend, zodat de vrachten uit een begraafplaats met een x-aantal graven niet kunnen worden geschat.

Tabel 1: Een aantal voorbeelden van geneesmiddelen die een risico kunnen vormen voor strategische grondwatervoorraden onder natuurgraven. De geneesmiddelen kunnen in de terminale fase worden gebruikt, worden na inname (relatief) langzaam uitgescheiden en zijn zowel redelijk mobiel als weinig gevoelig voor afbraak in de ondergrond. DDD = Defined Daily Dosis.

Medicijn	Werking	DDD (mg/l)	Verblijftijd in lichaam (dag)	Vracht (mg/graf)	> signaleringswaarde ¹⁾ Aantal graven
Oxazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel	50	3	41	32
Temazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel	20	2	11	116
Diazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel (langwerkend)	10	10	28	48
fluoxetine	antidepressivum	20	30	168	8
Carbamazepine	Anti-epilepticum	1	15	4	319

¹⁾ Zonder afbraak en retentie.

3.2.2 Cytostatica

Cytostatica vragen bijzondere aandacht, omdat deze medicijnen bedoeld zijn om kankercellen te doden of groei te remmen. Deze middelen zijn echter ook voor gezonde cellen gevaarlijk en behandelingen worden dan ook met uiterste zorgvuldigheid uitgevoerd. De vraag of deze middelen ook achterblijven in een lichaam en daardoor in het milieu komen, is daarom relevant. Echter, cytostatica worden over het algemeen niet in de terminale fase toegediend, omdat deze behandeling dan niet meer zinvol is. Bovendien worden ze snel uitgescheiden. Het is onwaarschijnlijk dat er grote hoeveelheden Cytostatica in het lichaam aanwezig zullen zijn. In het lichaam van een overledene zullen dus over het algemeen ten hoogste geringe hoeveelheden van dergelijke medicijnen aanwezig zijn, waarvan de meesten worden afgebroken tijdens het verteringsproces van de lichaamseigen bestanddelen (Molenaar e.a., 2009). Bovendien zijn cytostatica over het algemeen zeer

reactieve stoffen die hoogstwaarschijnlijk zeer snel afbreken in een ontbindend lichaam en in het bodem-water milieu (Molenaar e.a., 2009).

3.2.3 Slowrelease-medicijnen

Tot slot bestaat de trend om bepaalde medicijnen toe te dienen in speciale vorm als 'slowrelease' tabletten of pleisters. Bekende middelen zijn pleisters tegen zeeziekte of pleisters met nicotine om te stoppen met roken, en Neupropleisters ter vermindering van klachten bij Parkinson. Het is niet te verwachten dat deze pleisters achterblijven na overlijden. Slow-release tabletten kunnen wel voorafgaand aan overlijden ingenomen zijn en sommige pleisters kunnen aangebracht zijn voor bestrijding van pijn bij kankerpatiënten in de laatste levensfase.

3.3 Pad

Medicijnen kunnen uit een begraven lichaam vrijkomen en met het neerslagoverschot naar het grondwater toe stromen. In de literatuur hebben wij geen indicaties gevonden voor de snelheid waarmee medicijnen uit een begraven lichaam vrijkomen. Wel is bekend dat een deel van de natuurgraven is uitgevoerd in een kist, die pas na één of meerdere jaren verteerd is (Molenaar e.a. 2009), zodat stoffen sterk vertraagd uit zullen spoelen naar het grondwater. Bij begraven in een lijkwade kunnen medicijnresten sneller in het grondwater terecht komen, maar indicaties daarvan zijn in de literatuur niet gevonden.

Om een indruk te krijgen van de mate waarin graven het grondwater belasten met medicijnen en medicijnresten is een eenmalige meetronde bij drie reguliere begraafplaatsen uitgevoerd. Deze begraafplaatsen zijn gelegen op de flanken van de Veluwe te Wenum, Harderwijk en Scherpenzeel. Hierbij zijn 16 grondwatermonsters net onder de grondwaterspiegel verzameld en geanalyseerd op 10 veel gebruikte medicijnen in Nederland. Deze medicijnen worden toegepast als anti-epilepticum, antidepressivum, pijnstiller, ontstekingsremmer, antibiotica of beta-blokker bij cardiologische toepassing en zijn gebruikt als gidsparameters voor andere medicijnen. Twee van deze medicijnen (carbamazepine en fluoxetine) zijn geïdentificeerd als relevant voor de risicobeoordeling van natuurbegraven, omdat ze toegepast worden tijdens de terminale fase, langzaam uitgescheiden worden en zowel redelijk mobiel als weinig gevoelig voor afbraak zijn in de ondergrond (Tabel 1).

De resultaten van de medicijnenanalyses zijn in Bijlage 3 opgenomen. In 15 van de grondwatermonsters waren de concentraties van de geanalyseerde medicijnen lager dan de detectielimiet van maximaal 0,03 µg/l. Dit betekent dat de aanwezigheid van deze medicijnen *niet* kon worden aangetoond, doordat de concentraties te laag waren, of de stof geheel afwezig was. In één grondwatermonster is alleen paracetamol in een concentratie van 0,02 µg/l waargenomen. Deze lage concentratie (een factor 5 lager dan de signaleringswaarde) tezamen met het zeer beperkte ruimtelijk voorkomen van dit medicijn (op 15 van de 16 meetlocaties, duidend op een groot verdunningseffect) geeft aanwijzingen dat het grondwater nauwelijks belast wordt met medicijnresten als gevolg van natuurbegraven. Merk op dat deze resultaten niet geheel representatief zijn voor de daadwerkelijke belasting van het grondwater met medicijnen, doordat (1) een beperkt aantal en niet alle relevante medicijnen en afbraakproducten (metabolieten) zijn geanalyseerd, en (2) het grondwater uit peilbuizen (bemonsteringsfilters) niet noodzakelijkerwijs een graf is gepasseerd. Om een betrouwbaardere indicatie van de belasting van het grondwater met medicijnen te verkrijgen adviseren wij om (1) het analysepakket minimaal uit te breiden met de relevante medicijnen zoals vermeld in Tabel 1, (2) niet het grondwater in, maar het drainagewater uit begraafplaatsen te bemonsteren (indien mogelijk), en (3) op basis van de kwaliteitskenmerken van de monsters (tracing) eenduidig vaststellen of sprake is van beïnvloeding van de monsters door natuurbegraven (de herkomst van het monster typeren).

3.4 Effect

3.4.1 Kwetsbaarheid van strategische voorraden onder de Veluwe

Voor de Provincie Gelderland zijn twee typen strategische voorraden relevant, namelijk (1) de Nationale Grondwater Reserves en (2) de aanvullende strategische watervoorraden.

Ad 1) Het diepere, zoete grondwater onder de Veluwe met uitlopers onder Flevoland en de Rijnvlakte zijn geïdentificeerd als mogelijke Nationale Grondwater Reserve. Eén van de criteria voor het selecteren en begrenzen van deze NGR is de hoge ouderdom van het water (eeuwen tot millennia oud), dat tevens zodanig beschermd is dat het ook op de lange termijn een veilige bron voor drinkwater vertegenwoordigt (Broers e.a. 2015). Binnen deze NGR kunnen nieuwe (diepe) grondwaterwinningen in de toekomst worden vergund. De locatie van deze grondwaterwinningen is nog niet bekend. Als gevolg van de lange reistijden en de aanwezigheid van afschermdende kleilagen is de Nationale Grondwater Reserve onder de Veluwe niet kwetsbaar voor invloeden aan het maaiveld, zoals natuurbegraven.

Ad 2) In de Provincie Gelderland zijn de aanvullende strategische voorraden (ook wel Niet Operationele Reserve genoemd) verbonden met bestaande winningen van Vitens (Van der Aa e.a., 2015). De meeste winningen op de Veluwe zijn door het ontbreken van beschermende kleilagen zeer kwetsbaar voor activiteiten aan maaiveld, zoals natuurbegraven. Het bestaande beleid van de Provincie Gelderland sluit natuurbegraven binnen de grondwaterbeschermingsgebieden van bestaande winningen uit. Dit betekent dat medicijnresten die vanuit een natuurgraf het grondwater belasten minimaal 25 jaar door de ondergrond moeten reizen voordat ze in een grondwaterbron terecht komen.

3.4.2 Effecten van 5 relevante medicijnen

In Tabel 2 staan de resultaten weergegeven van indicatieve effectberekeningen voor 5 relevante medicijnen op een kenmerkende grondwaterwinning voor de Veluwe, uitgaande van een worst-case scenario. Deze tabel geeft aan dat de belasting van het grondwater met oxazepam en fluoxetine vanuit natuurgraven op de grens van het grondwaterbeschermingsgebied geen meetbare invloed op de kwaliteit van de grondwatervoorraad kan hebben. Deze stoffen breken in de ondergrond namelijk binnen 8 maanden of 5 jaar vrijwel volledig af. Merk op dat de aanwezigheid van fluoxetine ook niet kon worden aangetoond in de eenmalige meetronde langs drie begraafplaatsen omdat de concentraties in alle 16 monsters lager was dan de detectielimiet.

De middelen temazepam, diazepam en carbamazepine breken niet of nauwelijks af in de ondergrond. Hierdoor kunnen deze stoffen in een grondwaterwinning terecht komen, indien lichamen waarin deze stoffen voorkomen op de grens van het grondwaterbeschermingsgebied zijn begraven. De netto belasting vanuit een graf op de rand van een grondwaterbeschermingsgebied is echter zeer laag, zodat de signaleringswaarde voor de medicijnen pas overschreden wordt vanaf ruim 4000 lichamen van carbamazepinegebruikers, 175 temazepam gebruikers en zo'n 60 diazepam gebruikers. Omdat de graven in werkelijkheid verspreid zullen liggen over het intrekgebied van de winning, en dus op grotere reistijdafstand zullen liggen, zullen de werkelijke kritische aantallen veel hoger liggen. Zo ligt volgens het gebruikte chemische transport model het kritische aantal graven voor diazepam op ruim 100 (in plaats van 60) indien uitgegaan wordt van de 100-jaarszone (in plaats van het

grondwaterbeschermingsgebied). Merk op dat de aanwezigheid van carbamazepine ook niet kon worden aangetoond in de eenmalige meetronde langs drie begraafplaatsen omdat de concentraties in alle 16 monsters lager was dan de detectielimiet.

Tabel 2: Effectberekening voor 5 medicijnen die mogelijk problematisch zijn voor de strategische ruwwatervoorraden voor een karakteristieke winning.

Medicijn	Werking	log KOW	DT50 ¹⁾ (dagen)	Doorbraak (% van bron)	> signaleringswaarde ²⁾ Aantal graven
Oxazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel	2,24	54	0	oneindig
Temazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel	2,16	36500	66	175
Diazepam	Slaapmiddel, kalmeringsmiddel (langwerkend)	2,02	36500	82	59
fluoxetine	antidepressivum	4,65	365	0	oneindig
Carbamazepine	Anti-epilepticum	2,45	36500	100	4184

¹⁾ In de ondergrond. ²⁾ met afbraak en retentie.

3.4.3 Informatie uit literatuur

Uit een onderzoek van het RIVM naar de samenstelling van oppervlakte-, drain- en grondwater nabij vijf begraafplaatsen werden geen afwijkingen ten opzichte van de beïnvloede referentie waargenomen. Hierbij werden echter geen medicijnen geanalyseerd, maar wel andere stoffen die hun oorsprong uit de graven kunnen hebben, zoals de afbraakproducten putrescine en cadaverine. Uit toxiciteitsonderzoek met watervlooiën en guppen bleek dat de watermonsters niet acuut toxisch waren. Hieruit wordt geconcludeerd dat “rondom begraafplaatsen de gehalten aan zware metalen, elementen, anionen en specifieke afbraakproducten niet verschillen van die van “normaal” grond- en oppervlaktewater. De gehalten liggen ruim onder de daarvoor geldende interventiewaarden en ook milieu-hygiënische streefwaarden worden meestal niet overschreden”. Van niet of langzaam afgebroken medicijnen zullen de gehalten in bodem of grondwater, na vrijkomen in het lichaam, zo gering zijn (lager dan de signaleringswaarde van 0.1 µg/l), dat daar geen effect op milieu of ecosysteem van is te verwachten (Molenaar e.a., 2016).

4. Beantwoording van onderzoeksvragen

4.1 Wat is het effect van een graf op de grondwaterkwaliteit ten aanzien van geneesmiddelen?

Stoffelijke overschotten kunnen geneesmiddelen bevatten die na begraven in het grondwater terecht komen.

Algemeen genomen betreft dit geneesmiddelen die

- veel worden gebruikt in Nederland door chronisch zieken of zieken in de terminale fase;
- langzaam worden uitgescheiden door het menselijk lichaam (ophopen);
- Mobiel zijn in een bodem-watervmilieu;
- Nauwelijks of niet gevoelig zijn voor afbraak in een bodem-watervmilieu.

Op basis van de hier uitgevoerde inventarisatie is het aantal medicijnen dat aan deze voorwaarden voldoet zeer beperkt, zo niet afwezig. Geen van de medicijnen uit de top-10 van Nederland wordt langzaam uitgescheiden door een gezond lichaam en is daarom waarschijnlijk nauwelijks aanwezig in stoffelijke overschotten. Een aantal medicijnen die mogelijk toegepast worden in de terminale fase of tot het einde van een leven hopen meer op in een lichaam en kunnen daarom mogelijk via een graf het grondwater belasten. Het antidepressivum fluoxetine is een voorbeeld van een stof die ophoopt in het menselijk lichaam. Deze stof is echter zeer slecht oplosbaar in

water, zodat deze stof niet vanuit een graf vrij zal komen. Een aantal slaap/kalmeringsmiddelen hoopt enigszins in een lichaam op, en is matig mobiel in een bodem-watermilieu. De medicijneninhoud van een lichaam is echter zo laag dat de signaleringswaarde pas overschreden wordt indien deze stoffen uit meerdere tientallen graven het grondwater belasten. Op basis van deze resultaten vermoeden wij dat natuurgraven nauwelijks het grondwater belasten met geneesmiddelen, omdat middelen die langzaam worden uitgescheiden (die organen indringen, en dus vet-oplosbaar zijn), ook zeer matig tot niet mobiel zijn in de ondergrond. Dit vermoeden wordt bevestigd door de eenmalige meetronde van 10 breed toegepaste medicijnen in het grondwater van drie reguliere begraafplaatsen. Tijdens deze meetronde werd alleen paracetamol op één bemonsteringslocatie in een zeer lage concentratie (0,02 µg/l) aangetroffen. De aanwezigheid van de andere gidsparementen kon op geen van de 16 bemonsteringslocaties worden aangetoond. Deze aanwijzingen voor een zeer beperkte belasting van het grondwater met medicijnen als gevolg van natuurbegraven is in lijn met de literatuurstudie die is uitgevoerd door Molenaar e.a. (2009), waarin gesteld wordt dat over het algemeen natuurbegraven geen (significante) effecten op de kwaliteit van het grondwater zal hebben. Mogelijke uitzondering vormen de slow-release medicijnen, maar daarvan zijn nauwelijks statistieken over gebruik beschikbaar. Ook over de belasting van grondwater met andere organische microverontreinigingen die niet tot de medicijnen behoren, zoals hormonale stoffen, drugs en nicotine, is nog onvoldoende bekend om risico's voor drinkwaterreserves uit te kunnen sluiten.

4.2 Wat zijn de verschillen van bovengenoemde effecten bij drie verschillende scenario's? (50,100,200 graven per hectare)?

De belasting van drinkwaterbronnen met medicijnen die uitlogen uit natuurgraven wordt niet zozeer bepaald door de dichtheid van de graven, maar veel meer door de totale aantallen binnen een intrekgebied van een winning en de spreiding van deze graven over de opeenvolgende reistijdzones. Het totale aantal graven bepaalt namelijk de aanvoer van medicijnen naar het intrekgebied van de grondwaterwinning (de bron). De reistijd van het graf naar de grondwaterwinning bepaalt de mate waarin medicijnen die vanuit een graf het grondwater belasten tijdens transport worden afgebroken. Uiteraard heeft de graf dichtheid hier wel invloed op: naarmate de graf dichtheid lager is, zal een natuurbegraafplaats minder graven tellen en ligt een hoge belasting aan de rand van het grondwaterbeschermingsgebied minder voor de hand. Over het algemeen heeft een lagere graf dichtheid dus een minder ongunstig effect op de grondwaterkwaliteit dan een hogere graf dichtheid, maar dit kan per situatie verschillend zijn.

4.3 Volstaat het uitsluiten van grondwaterbeschermingsgebieden voor natuurbegraven om de strategische watervoorraad op de hele Veluwe veilig te stellen?

Deze vraag kan zowel betrekking hebben op de Nationale Grondwater Reserves als op de Aanvullende Strategische Watervoorraden.

4.3.1 Nationale Grondwater Reserve

De Nationale Grondwater Reserve onder de Veluwe bestaat uit grondwater met een zeer hoge leeftijd (eeuwen-millennia) en wordt goed beschermd door kleilagen. Deze reserve is niet kwetsbaar voor kwaliteitsverslechtering als gevolg van natuurbegraven.

4.3.2 Algemene Strategische Watervoorraden

De Algemene Strategische Watervoorraden zijn verbonden aan bestaande winningen die door het ontbreken van afschermdende kleilagen zeer kwetsbaar zijn voor kwaliteitsverslechtering als gevolg van o.a. natuurbegraven. De hier gepresenteerde inventarisatie van medicijnen en de indicatieve berekeningen geven echter aan dat natuurgraven nauwelijks het grondwater belasten met medicijnen. Voor het minst gunstige middel dat bekeken

is, het slaap/kalmeringsmiddel Diazepam, zouden graven van meerdere tientallen gebruikers (minimaal 60) op de rand van het grondwaterbeschermingsgebied moeten liggen om op de lange termijn de signaleringswaarde voor deze stof te overschrijden. Indien we aannemen dat 5% van de begraven personen dit middel (intensief) tot aan de dood gebruikte, zouden bijna 1200 graven zonder risico kunnen worden gerealiseerd. Omdat bij de achterliggende berekening diverse aannames volgens een worst-case benadering zijn gedaan (o.a. langdurig gebruik van het middel, directe uitspoeling naar het grondwater, ligging op de grens van het grondwaterbeschermingsgebied, continue belasting van het grondwater etc.), zal dit aantal in werkelijkheid fors hoger liggen. De zeer beperkte belasting van het grondwater met medicijnen uit natuurgraven wordt bevestigd door de eenmalige meetronde van tien medicijnen in het grondwater van drie reguliere begraafplaatsen. Uit deze meetronde bleek dat alleen paracetamol op één van de 16 meetlocaties in een zeer lage concentratie (0,02 µg/l) is aangetroffen. De aanwezigheid van de andere negen gidsstoffen kon in geen van de 16 meetlocaties worden aangetoond omdat de concentraties lager waren dan de detectielimiet.

Het geheel uitsluiten van risico's gerelateerd aan medicijnen kunnen wij echter niet. Zo is niet bekend in hoeverre medicijnen tot aan de terminale fase worden ingenomen en in hoeverre ze afbreken in een stervend of gestorven lichaam. Daarnaast ontbreken wellicht potentiële probleemstoffen in de uitgevoerde inventarisatie. Ten slotte is onbekend of sommige slow-release medicijnen op voldoende schaal worden gebruikt en daarnaast dermate mobiel en langzaam afbreken in de ondergrond om een bedreiging voor de grondwatervoorraden te vormen. Daarom adviseren wij om deze inventarisatie en beschouwing uit te breiden, bijvoorbeeld op basis van informatie die door het Nationaal Forensisch Instituut kan worden verstrekt over het voorkomen van medicijnresten in stoffelijke overschotten, en door de literatuurstudie uit te breiden met studies naar de aanwezigheid van medicijnresten in geslacht vee en de recente ontwikkelingen op het gebied van slow-release medicijnen. Geadviseerd wordt om voor deze kennishiaten een verdiepingsslag te maken voordat een besluit wordt genomen over wijziging van het provinciale beleid voor natuurbegraven. Voor aanvullende monitoring adviseren wij om het medicijnenpakket in ieder geval uit te breiden voor de relevante parameters, om de analyses uit te voeren op het drainagewater uit begraafplaatsen in plaats van het grondwater binnen begraafplaatsen, en de herkomst van de grondwatermonsters eenduidig vast te stellen op basis van een aantal kwaliteitskenmerken (tracers). Met deze aanpak kan een nog completer en meer representatief beeld van de belasting van het grondwater met medicijnen als gevolg van natuurbegraven worden verkregen.

5. Conclusies

Stoffelijke overschotten kunnen geneesmiddelen bevatten die na begraven in het grondwater terecht komen. Uit deze (beperkte) studie blijkt dat het gebruik van afzonderlijke middelen en de hoeveelheid geneesmiddelen in stoffelijke overschotten van gebruikers over het algemeen dermate laag zijn, dat alleen bij zeer grote aantallen graven binnen het intrekgebied van winningen een risico voor de kwaliteit van Algemene Strategische Watervoorraden kan worden verwacht. De inventarisatie van geneesmiddelen en indicatieve effectberekeningen die in deze memo zijn gepresenteerd bevestigen de conclusie van Molenaar e.a. (2009) dat er over het algemeen bij natuurbegraven geen (significante) effecten op de kwaliteit van het grondwater te verwachten zijn, zelfs niet bij 1500 graven per hectare. Deze conclusie wordt bevestigd door een eenmalige meetronde van 10 medicijnen in het grondwater onder drie reguliere begraafplaatsen, waaruit bleek dat op slechts één meetlocatie één van de 10 medicijnen (paracetamol) in een zeer lage concentratie (0,02 µg/l) is aangetroffen. Op de overige negen locaties bevonden de concentraties van alle 10 geanalyseerde medicijnen onder de detectielimiet. Op basis van de geraadpleegde bronnen kunnen risico's echter niet geheel uitgesloten worden. Dit betreft vooral risico's als gevolg van het toenemende gebruik van slow-release medicijnen en andere organische microverontreinigingen die uit lichamen kunnen vrijkomen, zodat die in de toekomst wel een bedreiging voor de watervoorraden onder de Veluwe kunnen vormen.

6. Literatuur

Aa, N.G.F.M., van der, Tangena, B.H., Wuijts, S., Nijs, en A.C.M., Nijs, de, 2015. Scenario's drinkwatervraag 2015-2040 en beschikbaarheid bronnen. Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater. RIVM Rapport 2015-0068.

Broers, H.P., Stuurman, R., en Lange, W., de, 2015. Een aanzet voor de begrenzing van Nationale Grondwater Reserves. Deltares, 1209468-011-BGS-0001.

Caplan, Y.H., Ottinger, W.E. and Crooks, C.R. (1983) Therapeutic and toxic drug concentrations in post mortem blood: A six year study in the State of Maryland. *Journal of Analytical Toxicology* 7(5), 225-230.

Kennedy, M.C. (2010) Post-mortem drug concentrations. *Internal Medicine Journal* 40(3), 183-187.

Molenaar, J.G., Mennen, M.G., en Kistenkas, F.H., 2009. Terug naar de natuur: Mogelijke effecten en juridische aspecten t.a.v. natuurbegraven, as verstrooien en urnbijzetting in natuurgebieden. Alterra, Wageningen, 1789, ISSN 1566-7197.

BIJLAGE 1:

Top 10 pakketgeneesmiddelen naar aantal gebruikers in 2015 (Bron: Stichting Farmaceutische Kengetallen, link: <https://www.sfk.nl/publicaties/data-en-feiten/data-en-feiten-2016>), DDD informatie van <https://www.whocc.no/> en eliminatie gegevens afkomstig via <https://www.farmacotherapeutischkompas.nl/> (bezocht september 2017).

TOP	actieve stof	werking	gebruikers (in miljoen)	Dagelijkse dosis	T½ (tijd na inname totdat de helft van de dosis is uitgescheiden)	Opm.
1	diclofenac	ontstekingsremmer en pijnstillers	1,29	0,1 g	1–2 uur (diclofenac), 1–3 uur (actieve metabolieten), 3–6 uur uit de synoviale vloeistof.	Bijlage 3
2	amoxicilline	bacteriële infectie	1,22	1 g	1–1½ uur bij creatinineklaring < 15 ml/min: 5 tot 20 uur bij prematuren, neonaten en zuigelingen < 6 mnd 3–4 uur.	
3	simvastatine	verlaging cholesterol	1,17	30 mg	1–1½ uur; bij creatinineklaring < 15 ml/min: 5 tot 20 uur; bij prematuren, neonaten en zuigelingen < 6 mnd. 3–4 uur.	
4	omeprazol	maagzuurremmer	1,16	20 mg	< 1 uur, bij chronische leverziekte tot ca. 3 uur.	
5	metoprolol	o.a. angina pectoris, verhoogde bloeddruk	1,11	0,15 g	ca. 3,5 uur, verlengd bij levercirrose.	Bijlage 3
6	macrogol, combinatiepreparaten	obstipatie, darmlediging	1,06	10 g	n.b.	
7	indifferente dermatica	op de huid, bij o.a. eczeem	1,02	n.b.	n.b.	
8	salbutamol	luchtwegverwijder	0,9	0,8 - 12 mg	ca. 4 uur.	
9	colecalfiferol	preventie botontkalking	0,83	20 microg	schijnbare eliminatiehalfwaardetijd ca. 50 dagen.	Immobil: Koc of 1.5X10+6 → log Kow = 8,6
10	acetylsalicylzuur	remming bloedplaatjesaggregatie	0,81	1 - 3 g	15–20 min (acetylsalicylzuur).	

n.b. : niet bekend

Bijlage 2: Geneesmiddelen die toegepast kunnen worden tijdens terminale fase.

actieve stof	werking	DDD	T ½ in lichaam	
oxazepam	Slaapmiddel kalmeringsmiddel	50 mg	4–15 uur	log Kow of 2.24; oxazepam is expected to have moderate mobility in soil https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Oxazepam DT50 = 54 dagen https://books.google.nl/books?id=AMmSAwAAQBAJ&pg=PA33&dq=DT50+diazepam&hl=nl&sa=X&redir_esc=y
temazepam	Slaapmiddel kalmeringsmiddel	20 mg	7–11 uur.	Log Kow: 2.15 DT 50 > 365 https://books.google.nl/books?id=WEIqapDkOEAC&pg=PA52&dq=DT50+diazepam&hl=nl&sa=X&redir_esc=y
diazepam	Slaapmiddel kalmeringsmiddel (langwerkend)	10 mg	20–48 uur. (42–100)	Relatief langwerkend, lang in lichaam (cumulerend) Matig mobiel Persistent (DT50 > 365 d)
fluoxetine (Prozac®)	antidepressiva	20 mg	4–6 dagen (variabel)	Weinig mobile (Log Kow 4.65) Redelijk persistent (DT50=365 d)
carbamazepine	anti-epilectica	1 g	grote variatie (8– 72 uur)	Veel in water aangetoond Matig mobiel (log kow = 2.45) Zeer persistent (DT50 > 365 d)
ibuprofen	pijnstillende- en koortsverlagende middelen	1,2 g	ca. 2 uur.	Veel gebruikt
paracetamol	pijnstillende- en koortsverlagende middelen	3 g	paracetamol: 1–4 uur.	Veel gebruikt

KWR