



Susanne Wuijts, RIVM
Saskia Rutjes, RIVM
Monique van der Aa, RIVM
Ana Maria de Roda Husman, RIVM

Invloed humane en animale bronnen op de microbiologische kwaliteit van grondwaterwinningen

Sommige ondiepe, freatische grondwaterwinningen die worden gebruikt voor de productie van drinkwater, kunnen sporen bevatten van verontreinigende stoffen en micro-organismen, afkomstig van mens en dier. Dit blijkt uit een veldonderzoek dat het RIVM uitvoerde bij vier van deze mogelijk kwetsbare winningen. In de onderzochte volumes grondwater zijn geen virussen van humane of animale oorsprong aangetroffen. Er kan echter nog niet worden geconcludeerd dat hiermee ook aan het krachtens het Waterleidingbesluit maximaal toelaatbare infectierisico wordt voldaan. Hiervoor is een nadere analyse van de winningen noodzakelijk. De resultaten geven geen directe aanleiding om de omvang van het waterwingebied in het landelijke beleid generiek aan te passen.

Het gebruik van grondwater voor de bereiding van drinkwater is om een aantal redenen aantrekkelijk, niet in de laatste plaats omdat tijdens de bodempassage een natuurlijke verwijdering van micro-organismen plaatsvindt. In het grondwaterbeschermingsbeleid wordt voor dit doel een minimale verblijftijd van 60 dagen met een minimum van 30 meter vanaf de individuele winputten aangehouden: het waterwingebied. Binnen de grenzen van het waterwingebied geldt een algemeen verbod op het uitvoeren van activiteiten, voor zover deze niet direct gerelateerd zijn aan de drinkwaterproductie.

De omvang van het waterwingebied is vastgesteld in de jaren 80 op basis van de afsterving van bacteriën in water in een laboratoriumopstelling¹⁾. Inmiddels is bekend dat ziekteverwekkende micro-organismen, zoals virussen, maar ook bacteriën en parasitaire protozoa, zodanig persistent kunnen zijn dat de periode van 60 dagen onder bepaalde (bodem)omstandigheden onvoldoende kan zijn. Tot dusver is in de Nederlandse situatie zeer weinig bekend over het voorkomen van ziekteverwekkende virussen in grondwater. Dat komt vooral doordat er niet eerder onderzoek naar is verricht en geen uitbraken van ziekte ten gevolge van besmet grondwater in Nederland bekend zijn.

Sinds ongeveer 25 jaar worden in Nederland de grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening ruimtelijk beschermd. Dit beleid is gebaseerd op het uitgangspunt dat het mogelijk is om met behulp van eenvoudige technieken betrouwbaar drinkwater te produceren²⁾.

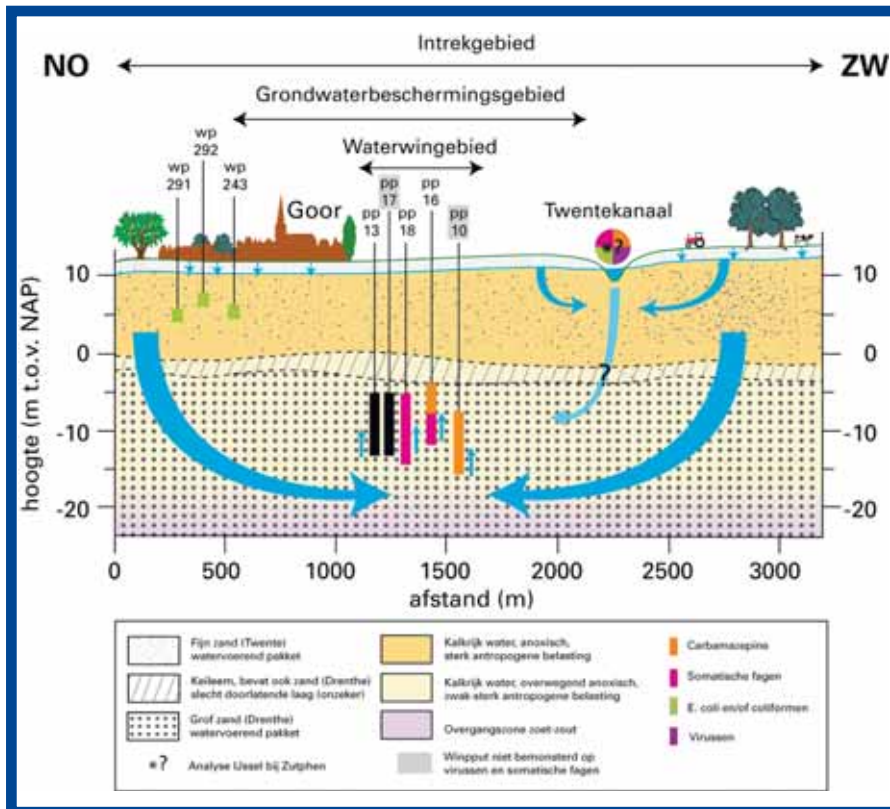
De introductie van de Kaderrichtlijn Water, waarbij aan de doelstelling van voldoende grondwater van goede kwaliteit een resultaatsverplichting is verbonden, versterkt dit beleidsuitgangspunt. Uit eerdere studies naar de effectiviteit van het beschermingsbeleid komt als algemeen beeld naar voren dat de KRW voor wat betreft de bescherming van drinkwaterbronnen geen opdracht voor nieuwe beleidsinstrumenten neerlegt. De KRW dwingt wel om bestaand beleid actiever in te zetten. Rijk, waterbeheerders, provincies, gemeenten en drinkwaterbedrijven moeten er een tandje bij zetten. Op basis van deze bevindingen heeft het ministerie van VROM acties geformuleerd die ook in het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water zijn goedgekeurd. Om meer uniformiteit aan de invulling van het beschermingsbeleid te geven, is het ministerie van VROM van plan een Leidraad Grondwaterbescherming op te stellen. De begrenzing van waterwingebieden vormt één van de onderwerpen die in deze leidraad zullen worden opgenomen.

Analyse microbiologische veiligheid drinkwater

Het niveau van ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater, waarboven blootstelling relevant is voor de gezondheid van de gebruiker, is zeer laag en niet rechtstreeks te meten. De microbiologische veiligheid van drinkwater wordt daarom vastgesteld met behulp van een kwantitatieve risicoanalyse (zie het Waterleidingbesluit uit 2001). Deze analyse is uitgewerkt in de VROM-Inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater' uit 2006. De microbiologische veiligheid van drinkwater uit oppervlaktewater wordt berekend op basis van de gemeten kwaliteit van het ingenomen oppervlaktewater en de effectiviteit van de zuivering. Voor grondwaterwinningen wordt een risico-inventarisatie uitgevoerd van de kwetsbaarheid en aanwezigheid van potentiële verontreinigingsbronnen. Inmiddels zijn door de Nederlandse waterleidingbedrijven voor de meeste grondwaterwinningen risico-inventarisaties uitgevoerd.

Aanleiding en doel onderzoek

Eerdere modelstudies van het RIVM en Kiwa Water Research geven aan dat onder bepaalde omstandigheden een bodempassage van 60 dagen onvoldoende kan zijn^{3),4)}. De kwetsbaarheid van een



Afb. 1: Grafische weergave meetresultaten winning Goor. De kleur geeft aan dat een parameter één of meerdere keren is aangetroffen, maar doet geen 'uitspraak' over de hoogte van het meetresultaat en betekent dus ook niet dat er al of niet sprake is van een overschrijding van het infectierisico.

winning wordt vooral bepaald door de geohydrologische en geochemische eigenschappen van de winning. In combinatie met mogelijke verontreinigingsbronnen, zoals lekkage van riolering, infiltratie van oppervlaktewater en uitloging van mest, kan sprake zijn van een risico op verontreiniging van de winning met schadelijke stoffen en ziekteverwekkende micro-organismen. De risico-inventarisaties van de waterleidingbedrijven laten zien dat de combinatie van weinig beschermende bodemeigenschappen van de winning en nabijgelegen verontreinigingsbronnen in de praktijk regelmatig voorkomt. Daarnaast kunnen met tekortkomingen in het ontwerp en de technische staat van de win- en transportmiddelen, zoals pompput, putkelder en leidingwerk, risico's van verontreiniging door humane of animale bronnen worden geïntroduceerd.

De modelstudies en het gegeven dat bij grondwaterwinningen met behulp van analyses niet direct kan worden vastgesteld of wordt voldaan aan het infectierisico, vormden aanleiding om te onderzoeken of ziekteverwekkende virussen in de praktijk in te hoge concentraties in grondwater zouden kunnen voorkomen. In 2007 is daarom veldonderzoek uitgevoerd bij een viertal mogelijk kwetsbare grondwaterwinningen. Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of een potentiële verontreinigingsbron aan de rand of binnen het waterwingebied, in de praktijk ook kan leiden tot besmetting van het grondwater in de winputten. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de Vrije Universiteit Amsterdam.

Aanpak veldonderzoek

Op basis van de bodemeigenschappen en de aanwezigheid van mogelijke verontreinigingsbronnen (landbouw (mest), stedelijk gebied (riolering) en oppervlaktewater) is een viertal winningen geselecteerd. Van deze winningen zijn, op grond van de beschikbare informatie over de grondwaterkwaliteit en -stroming, de meest kwetsbare putten gekozen. Deze zijn driemaal onderzocht. Daarbij werd voor de microbiologische parameters in zeer grote volumes bemonsterd (tot 1000 liter). Deze monsters werden onderzocht op de aanwezigheid van indicatororganismen voor fecale verontreiniging (somatische bacteriofagen en *E. coli*) en op humane en animale virussen (humane en porcine adenovirussen en bovine polyomavirussen) voor tracering van humane of animale verontreinigingsbronnen. Daarnaast werden chemische indicatoren, macroparameters, sporenelementen en ook cafeïne en carbamazepine, ingezet om de invloed van verontreinigingsbronnen, zoals oppervlaktewater, rioolwater en mest, vast te kunnen stellen. Van deze stoffen is bekend dat zij in de verontreinigingsbronnen in aanzienlijke gehalten voorkomen. Om de eventuele sporen te kunnen herleiden naar een mogelijke verontreinigingsbron, werd ook de grondwaterkwaliteit in ondiepe waarnemingsputten onderzocht. Tevens is een uitgebreide analyse van sporenelementen en isotopen uitgevoerd, een derde invalshoek om de herkomst van het onttrokken water vast te kunnen stellen.

Door middel van de bemonstering en analyse van waarnemingsputten zijn aannames over de herkomst van

antropogene of animale invloeden getoetst. Belangrijk daarbij was, dat de filters ondiep zijn geplaatst (in ieder geval ruim hoger dan de filters in de winputten) en zich in de (berekende) stroombaan bevinden van de potentiële verontreinigingsbron naar de winputten. De effecten van de verontreinigingsbron zouden juist in deze putten duidelijker zichtbaar moeten zijn dan in de winputten. Door de kortere verblijftijden heeft vermenging, hechting en inactivatie in deze putten een minder grote rol gespeeld. Hydrologische berekeningen werden ingezet, enerzijds om het meetplan op te stellen (stroombanen, conceptueel model), anderzijds om vervolgens de bevindingen te staven (verduunningsfactor op basis van responsberekeningen). Tenslotte is berekend of de aangetroffen somatische bacteriofagen afkomstig kunnen zijn uit de vooraf geïdentificeerde verontreinigingsbronnen, uitgaande van kentallen uit de literatuur voor inactivatie en hechting.

Resultaten veldonderzoek

Winputten

Bij de vier onderzochte grondwaterwinningen werden tenminste één keer *E. coli*-bacteriën of somatische colifagen aangetroffen in één van de bemonsterde winputten, wat duidt op fecale verontreiniging. De gemeten concentraties somatische colifagen, voor zover aangetroffen, zijn in de ordegrrootte van <0,01 tot 0,014 plaquevormende eenheden per liter en *E. coli*-bacteriën in concentraties van <0,67 tot 1,0 kolonievormende eenheden per liter. Dergelijke verontreinigingen worden vaker geconstateerd bij uitvoering van reguliere meetprogramma's. Uit de microbiologische analyses blijkt niet expliciet of de indicatoren voor fecale verontreiniging afkomstig zijn van de vooraf geïdentificeerde bronnen of dat zij via de putconstructie in het grondwater terecht zijn gekomen. Adenovirussen en/of polyomavirussen, waarmee kon worden nagegaan of de verontreiniging afkomstig was van mens of dier, werden aangetroffen in de potentiële verontreinigingsbronnen maar niet in de winputten. Uit de microbiologische meetresultaten kon niet direct worden afgeleid of het bij de onderzochte winningen geproduceerde drinkwater al dan niet voldoet aan de norm voor het infectierisico. Om vast te kunnen stellen of de winning voldoende veilig is, is verdere analyse van het grondwatersysteem en de toegepaste zuivering noodzakelijk.

De invloed van humane en animale bronnen bleek ook uit de onderzochte chemische indicatoren, carbamazepine, cafeïne en borium, en de analysesresultaten van sporenelementen en isotopen (zie afbeelding 1). Vooral carbamazepine lijkt een veelbelovende tracer voor de kwantificering van de invloed van oppervlaktewater en/of rioolwater. Met carbamazepine als conservatieve stof kan een schatting worden gemaakt van de mate van verdunning van een verontreinigingsbron van menselijke oorsprong in het onttrokken grondwater. Cafeïne werd minder consistent aangetroffen en bij borium bleek de achtergrondconcentratie



Microbiologische bemonstering van een waarnemingsput.

tratie de resultaten sterk te beïnvloeden. Hierdoor bleken cafeïne en borium minder geschikt als indicatorparameter.

Waarnemingsputten

Bij één winning zijn in de onderzochte waarnemingsputten *E. coli*-bacteriën aangetroffen. Totaal coliformen zijn aangetroffen in de waarnemingsputten van twee winningen. In geen van de onderzochte waarnemingsputten zijn somatische fagen, adenovirussen en/of polyomavirussen aangetroffen. De invloed van humane of animale bronnen is duidelijk zichtbaar in de analysesresultaten van sporenelementen en isotopen en carbamazepine. Het onderzoeken van de grondwaterkwaliteit in waarnemingsputten blijkt inderdaad tot een beter inzicht in de herkomst van het grondwater in het waterwingebied te kunnen leiden.

Reistijden binnen het waterwingebied

Binnen het waterwingebied bleken voor de onderzochte winningen de reistijden van maaiveld naar winput veel groter te zijn dan de 60 dagen die in de definitie van het waterwingebied wordt gehanteerd. In de berekening van de 60 dagenzone is de bijdrage van verticaal transport niet meegenomen. Daarnaast wordt de begrenzing van het waterwingebied bepaald door herkenbare landschapselementen en eigendomsgrenzen. Dit resulteert in een waterwingebied waarin de reistijden van het maaiveld naar de winput veel groter zijn dan 60 dagen. Uit berekeningen van het transport van microorganismen bleek dat een deel van de vooraf geïdentificeerde mogelijke verontreinigingsbronnen te ver weg lag om tot een microbiologische besmetting te kunnen leiden, namelijk 10 tot 20 keer de reistijd van 60 dagen. Waarschijnlijk zijn om deze reden maar enkele malen bacteriën of bacteriofagen aangetroffen waarvan de precieze herkomst

onbekend was en vaker (conservatieve) indicatoren voor de invloed van humane bronnen.

Inlaat gebiedsvreemd water

Bij sommige winningen wordt gedurende delen van het jaar gebiedsvreemd oppervlaktewater in het waterwingebied zelf ingelaten om verdroging tegen te gaan. Alhoewel de omvang van deze infiltratie waarschijnlijk beperkt is, blijkt deze toch de grondwaterkwaliteit in de winputten te kunnen beïnvloeden. Bij het inlaten van water in het waterwingebied kan de responstijd zeer kort zijn (minder dan 60 dagen). Door extra bemonstering in de tijd kan meer inzicht ontstaan in de omvang en variatie van deze beïnvloeding gedurende het jaar.

Integriteit winmiddelen

De integriteit van de win- en distributiemiddelen wordt in de praktijk beschouwd als belangrijke risicofactor voor de microbiologische veiligheid van drinkwater. Vaak treden verontreinigingen op bij werkzaamheden aan de winmiddelen, waarbij deze niet in productie zijn. In de VROM-Inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater' wordt de integriteit van winputten als aandachtspunt genoemd. In de opgestelde dossiers besteed men aandacht aan de integriteit, maar om de integriteit van winmiddelen expliciet vast te kunnen stellen is uitgebreider onderzoek ter plaatse noodzakelijk. Het verder uitwerken van de richtlijn of het opstellen van waterveiligheidsplannen, zoals voorgesteld door de VN-wereldgezondheidsorganisatie WHO in de derde editie van de 'Guidelines for Drinking Water Quality', kan hierin voorzien.

Betekenis voor grondwaterbeschermingsbeleid

Het huidige grondwaterbeschermingsbeleid

stelt gebruiksbeperkingen aan het maaiveld in het waterwingebied en het grondwaterbeschermingsgebied. De resultaten uit dit onderzoek geven geen directe aanleiding om de omvang van deze beschermingszones generiek aan te passen. Wel wordt aanbevolen een nadere locatiespecifieke analyse van mogelijk kwetsbare winningen en mogelijke verontreinigingsbronnen uit te voeren. Op basis hiervan kunnen locatiespecifieke maatregelen worden ontwikkeld. De in het rapport⁵⁾ voorgestelde risicobenadering biedt hiervoor een handreiking en vormt een verfijning van de bestaande VROM-Inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater'. Chemische indicatoren zouden naast microbiologische indicatoren kunnen worden ingezet bij de uitvoering van deze inspectierichtlijn. De relatie tussen de chemische en microbiologische indicatoren dient dan nader te worden onderzocht.

LITERATUUR

- 1) Knorr N. (1937). Die Schutzzonenfrage in der Trinkwasser-hygiene. Das Gas- und Wasserfach 80, pag. 330-355.
- 2) Ministerie van VROM (1995). Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening. Tweede Kamer der Staten-Generaal. Nr. 23.168.
- 3) Schijven J., J. Mülschlegel, S. Hassanzadeh, P. Teunis en A-M. de Roda Husman (2006). Determination of protection zones for Dutch groundwater wells against virus contamination - Uncertainty and sensitivity analysis. J. Water Health 04.3, pag. 297-312.
- 4) Van der Wielen P., W. Senden en G-J. Medema (2005). Het modelleren van microbiologische beschermingszones rond grondwaterwinningen. Kiwa Water Research. In opdracht van de waterleidingbedrijven. BTO-rapport 2005.035.
- 5) Wuijts S., S. Rutjes, N. van der Aa, I. Mendizabal en A-M. de Roda Husman (2008). Invloed humane en animale verontreinigingen op grondwaterwinningen - Van veldonderzoek naar beschermingsbeleid. RIVM. Rapport 734301031.