

iStockphoto



## AUTEURS



Tano Kivits  
(TNO, Universiteit  
Utrecht)



Hans Peter Broers  
(TNO)



Henry Beeltje  
(TNO)



Jasper Griffioen  
(TNO, Universiteit  
Utrecht)



Mariëlle van Vliet  
(TNO)

## ANTIBIOTICA IN HET GRONDWATER ONDER INTENSIEVE-VEEHOUDERIJ- GEBIEDEN

De bovenste (tientallen) meters van het Nederlandse grondwater zijn sterk belast met stoffen die afkomstig zijn uit de landbouw. Ook antibiotica komen in het grondwater voor. In gebieden met intensieve veehouderij tot circa 25 meter diepte en in grondwater tot 40 jaar oud.

Antibiotica worden in de Nederlandse landbouwpraktijk op grote schaal gebruikt. Via het uitrijden van mest op landbouwgronden kunnen resten van antibiotica ook uitspoelen naar het diepere grondwater. Wij onderzochten of antibiotica uit de landbouw in het grondwater voorkomen en, zo ja, in welke concentraties en tot op welke diepte. Nieuw is dat we niet alleen hebben gekeken naar de diepte van voorkomen, maar ook naar de leeftijd van het grondwater, waardoor we concentraties kunnen relateren aan de historie van het antibioticagebruik.

Omdat antibiotica op grote schaal worden toegediend aan vee, is het belangrijk de stofstromen van antibiotica vanuit de veehouderij in beeld te brengen. In Nederland nam de verkoop van veterinaire antibiotica toe tot een maximum van 550.000 kg actieve stof in 2007. Sinds 2007 is het gebruik sterk gedaald tot circa 200.000 kg actieve stof in 2014; een reductie van bijna 60%. Rond de piek in 2007 bestond circa 60% van de actieve stof uit tetracyclines,

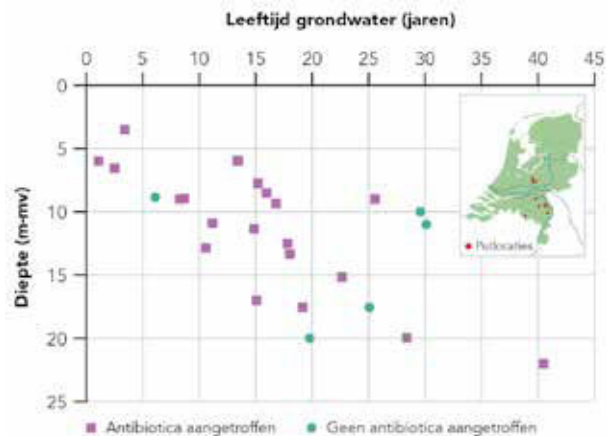
15% uit trimethoprom en sulfonamides, 10% uit betalactams, 10% uit macrolides en lincosamides en 2% uit (fluoro)quinolines (MARAN, 2016). Dertig tot 90% van de toegediende antibiotica wordt door dieren weer uitgescheiden en kan in het milieu terechtkomen door grazende dieren en bemesting en een deel daarvan kan uitspoelen naar het grondwater.

In Nederland weten we weinig over antibiotica in het grondwater, op een aantal studies na die zich niet specifiek op intensieve landbouwgebieden hebben gericht. Op basis van onderzoek in andere landen verwachtten wij op voorhand dat antibiotica regelmatig in grondwater onder landbouwgronden zouden voorkomen. In ons onderzoek hebben wij ons daarom gericht op gebieden met intensieve veehouderij. We hebben daarvoor grondwater bemonsterd in een selectie van putten, waarvan in eerder onderzoek leeftijdsbepaling door middel van tritium-helium is gedaan (Visser et al., 2009). Op die manier kunnen we nagaan hoe lang geleden de antibiotica naar het grondwater zijn uitgespoeld.

### Bemonstering en analyse

Wij hebben 10 putten geselecteerd in het oosten van Noord-Brabant, het noorden van Limburg en de Gelderse Vallei (Kivits, 2016). Voor de selectie hebben we gezocht naar beschikbare putten uit de provinciale en landelijke meetnetten grondwaterkwaliteit en minifilterputten. Deze minifilterputten, hebben meerdere kleine filters waardoor een gedetailleerd concentratie-diepte profiel van de antibiotica concentratie wordt verkregen. De putten zijn geselecteerd in gebieden met een neerwaartse grondwaterstroming, waar een tijdreeks beschikbaar is van de grondwatersamenstelling en waar de leeftijd van het grondwater bekend is.

Monsters voor antibiotica werden genomen in 250 ml glazen flessen en zijn op het laboratorium van TNO EMSA geanalyseerd via massaspectrometrie/vloeistofchromatografie (LC/MS) na vaste fase-extractie (Oasis HLB cartridge). De monsters zijn geanalyseerd op 22 veterinaire antibiotica uit de volgende groepen: tetracyclines, sulfonamiden, trimethoprim,  $\beta$ -lactam



**Figuur 1**  
Antibiotica komen stelselmatig voor in het grondwater onder intensieve veehouderijgebieden tot op grote diepte en in water van hoge leeftijd

Antibiotica tot 25 meter diep in grondwater

8

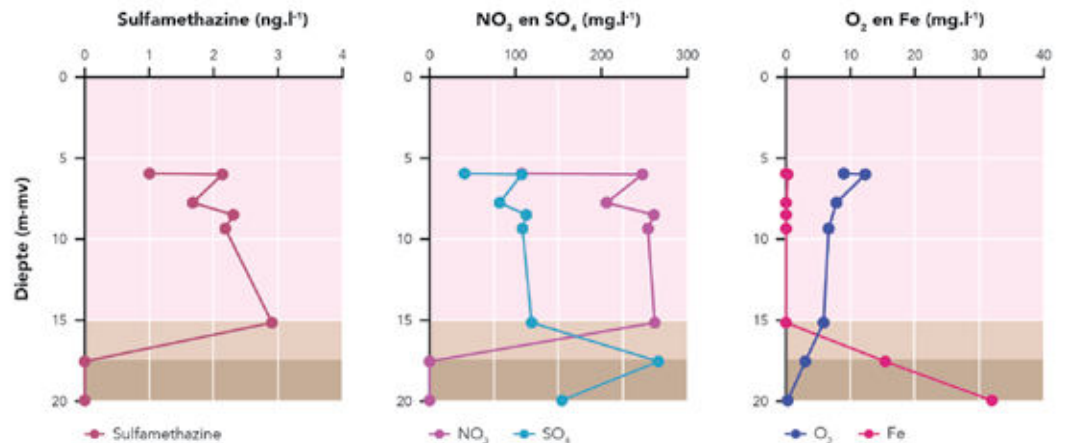
antibiotica, macroliden, lincosamides, quinolones, nitrofurans en chlooramfenicol antibiotica. De analysemethode geeft lage detectielimieten van 0,10 tot 6 ng/l afhankelijk van de specifieke stof.

### Hoe diep zit antibiotica en hoe oud is het water?

We troffen zes soorten antibiotica regelmatig tot incidenteel aan: sulfamethazine, sulfadiazine, sulfamethoxazol, lincomycin, chlooramfenicol en ciprofloxacine. De concentraties varieerden van 0,1 tot 18 ng/l. De antibiotica werden gevonden op alle bemonsterde diepten, dat wil zeggen tussen 3 en 25 m onder maaiveld. De stoffen bevonden zich zowel in jong water van enkele jaren oud als in water dat 40 jaar geleden via infiltratie van regenwater en opgeloste meststoffen in de ondergrond terecht kwam (Figuur 1). Hieruit blijkt dat de aangetroffen antibiotica, in het grondwater mobiel zijn en niet gemakkelijk afbreken onder de condities in het onderzochte dieptebereik van het grondwater. Antibiotica lijken dus structureel voor te komen in het grondwater onder intensieve veehouderijgebieden en kunnen tot grote diepte uitspoelen.

Sulfamethoxazol is de stof met de hoogst aangetroffen concentraties (tot 18 ng/l), maar sulfamethazine vonden we het vaakst. Deze stoffen lijken daarmee het meest mobiel en persistent, wat ook aansluit bij bevindingen in het buitenland. Sulfamethazine werd ook in grondwater van 40 jaar oud aangetroffen, een periode waar de uitspoeling van meststoffen erg groot was, wat duidt op dierlijke mest als de meest waarschijnlijke bron. Uitrijden van zuiveringsslib over met name maispercelen was in die dagen ook de gang-

Figuur 2  
Concentraties van  
sulfamethazine,  
nitraat, sulfaat,  
zuurstof en ijzer  
in een put bij  
Oostrum Limburg



bare praktijk, waardoor ook zuiveringslib als bron niet kan worden uitgesloten. Sulfonamides worden al sinds halverwege de vorige eeuw voor menselijk gebruik toegepast.

#### Processen in de ondergrond

Doordat we bemonsterden in minifilterputten konden we voor een aantal putten ook een concentratie-diepte profiel maken. Bij drie putten zien we daarbij een patroon waarbij sulfamethazine in alle ondiepe filters voorkomt en een sterke daling met de diepte geeft. Het is daarbij opvallend dat zowel sulfamethazine als sulfamethoxazol verdwijnen zo gauw ook nitraat en zuurstof uit het water verdwijnen en ijzer in het grondwater juist toeneemt bij het proces van denitrificatie (figuur 2). Dit komt overeen met laboratoriumonderzoek in het buitenland (Banzhaf et al., 2012) waarbij deze stoffen juist onder die omstandigheden biologisch afbreken. Wij vonden sulfamethazine en sulfomethoxazol alleen in nitraathoudend en ijzerloos grondwater.

Niet alle antibiotica die in de veeteelt worden gebruikt spoelt uit naar het grondwater. Antibiotica uit de groep tetracyclines zijn het meest verkocht in Nederland. Tetracyclines worden noch in dit onderzoek, noch in buitenlands onderzoek gevonden in het grondwater. Tetracyclines adsorberen sterker aan de bodem en breken mogelijk ook sterker af. SKB-onderzoek (2009) heeft aangetoond dat resten van tetracyclines wel aangetroffen worden in de ondiepe bodem.

#### Hoe erg is het?

Dat bepaalde typen antibiotica tot op grote diepte in het grondwater onder intensieve landbouwgebieden

worden aangetroffen, is niet onverwacht. Dit was tot op heden echter niet in beeld. De antibiotica komen voor in watertypen die duidelijk de sporen dragen van overbemesting, in de vorm van hoge nitraatconcentraties, tot zelfs meer dan 200 mg/l, en hoge totaal opgeloste stof concentraties. Bij Eersel komen antibiotica ook samen voor met een aantal typen gewasbeschermingsmiddelen en wij vermoeden dat dit op veel meer plaatsen het geval zal zijn. Uit de leeftijd van het grondwater waarin de antibiotica werden aangetroffen leiden we af dat de uitspoeling van antibiotica uit landbouwpercelen al zeker 25 jaar gaande is, en er is geen reden om aan te nemen dat dat in de huidige situatie niet zo zal zijn. Verontreiniging van grondwater met antibiotica is dus een algemeen voortkomende situatie.

De concentraties van de antibiotica zijn laag. De vraag is daarom hoe ernstig het voorkomen van antibiotica is. Men kan zich op het standpunt stellen dat het voorkomen van dit soort stoffen in het grondwater principieel moet worden afgewezen, zeker in het diepere grondwater dat mogelijk voor drinkwaterbereiding zal worden gebruikt. Daar staat tegenover dat de stoffen voorkomen in water dat in zijn algemeenheid door mest is beïnvloed en ook andere sporen van menselijke beïnvloeding vertoont. Toch duidt de studie er op dat waar nitraathoudend grondwater kwelt in sloten en drains, ook een geringe hoeveelheid antibiotica in het oppervlaktewater terecht zal komen met mogelijk negatieve gevolgen voor organismen of voor antibioticaresistentie.

Het probleem van verspreiding van antibiotica via mest uitrijden is meer dan een grondwaterprobleem: het kan ook leiden tot antibioticaresistentie van de

bodem zelf. Men zou kunnen overwegen om drijfmest standaard te behandelen analoog aan afvalwater. Kennis van verwijderingsmethoden van antibiotica is in Nederland o.a. beschikbaar bij het Reinier de Graaf ziekenhuis in Delft (Reinier de Graaf, 2017) en bij Hoogheemraadschap Delfland (Hoogheemraadschap Delfland, 2017). De ongewenste verspreiding van antibiotica is ook een extra argument om mest niet in onbewerkte vorm op het land te verspreiden.

### Conclusies

Het doel van ons onderzoek was om na te gaan of veeteelt gerelateerde antibiotica in het grondwater voorkomen in gebieden met intensieve veehouderij en, zo ja, in welke concentraties en tot op welke diepte? Dat blijkt zo te zijn: we vinden bepaalde typen antibiotica tot ca. 25 meter diepte en in grondwater tot 40 jaar oud. Zes typen antibiotica werden aangetroffen in een concentratiebereik van 0,10 tot 18 ng/l. Sulfamethoxazol en sulfamethazine werden het vaakst aangetroffen. De studie suggereert dat bemesting de voornaamste herkomst is. Wij bevelen aan om bepaalde typen antibiotica structureel te monitoren in het grondwater, zoals bijvoorbeeld in de provinciale en landelijke meetnetten grondwaterkwaliteit. Het is dan van belang dat de meetmethoden lage detectielimieten opleveren.

Tano Kivits

*(TNO Geologische Dienst Nederland;  
Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht)*

Hans Peter Broers

*(TNO Geologische Dienst Nederland)*

Henry Beeltje

*(TNO Environmental Modelling, Sensing and Analysis)*

Jasper Griffioen

*(TNO Geologische Dienst Nederland, Utrecht;  
Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht)*

Mariëlle van Vliet

*(TNO Geologische Dienst Nederland)*

### Referenties

Banzhaf S., Nödler K., Licha T., Krein A. and Scheytt T. (2012). Redox-sensitivity and mobility of selected pharmaceutical compounds in a low flow column experiment. *Science of the Total Environment*, 438:113-121.

Hoogheemraadschap Delfland (2017): <https://www.hhdelfland.nl/ondernemer/innovaties-in-de-praktijk/hergebruik-van-afvalwater-1>

Kivits T. (2016). Antibiotics in Dutch groundwater, The occurrence of antibiotics in shallow groundwater in areas with intensive livestock farming, MSc thesis, TNO, Utrecht.

MARAN (2016). Monitoring of Antimicrobial Resistance and Antibiotic Usage in Animals in the Netherlands in 2015. Central Veterinary Institute, Wageningen.

Reinier de Graaf (2017): <https://reinierdegraaf.nl/algemeen/over-reinier-de-graaf/duurzaam-ziekenhuis/pharmafilter/>

SKB (2009). Antibiotica in de bodem, een pilotstudie, PP8348, Gouda.

Visser A., H.P. Broers, A. Vonk en B. Veldstra (2009). Verbetering grondwaterkwaliteit aangetoond door leeftijdsbepalingen. *H2O* 23:29-32.

Antibiotica tot  
25 meter diep in  
grondwater

### SAMENVATTING

Het ondiepe grondwater in Nederland is sterk belast met nutriënten die merendeels afkomstig zijn uit de landbouw. Ook antibiotica worden in de Nederlandse landbouwpraktijk op grote schaal gebruikt. Dit onderzoek presenteert het voorkomen van veterinaire antibiotica in het grondwater onder intensieve veehouderijgebieden. We hebben het grondwater bemonsterd van 10 putten, waarvan in eerder onderzoek leeftijdsbepaling is gedaan. Op die manier kunnen we voor het eerst nagaan hoe lang geleden de antibiotica naar het grondwater zijn uitgespoeld. Zes van de 22 antibiotica werden aangetroffen in grondwater tot 22 meter diepte en in de leeftijd tussen 1 en 40 jaar oud. Sulfonamides lijken vooral mobiel te zijn in een milieu waarin nog zuurstof en/of nitraat in het water voorkomt; dieper in de ondergrond waar opgelost ijzer voorkomt zijn de concentraties gelijk aan 0. De studie toont aan dat antibiotica aanwezig zijn in grondwater onder landbouwgebieden en dat bemesting de meest logische herkomst is.