

Impact van rwzi's op geneesmiddelconcentraties in kwetsbaar oppervlaktewater

Lieke Coppens (KWR; Copernicus Instituut Universiteit Utrecht), Jos van Gils (Deltares), Thomas ter Laak (KWR; Wageningen Universiteit), Bernard Raterman (KWR), Annemarie van Wezel (KWR; Copernicus Instituut Universiteit Utrecht)

Voor geneesmiddelen zijn de rwzi's de belangrijkste route naar het oppervlaktewater. We hebben een model ontwikkeld waarmee we de invloed van rwzi's op de kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland kunnen voorspellen. Dat maakt inzichtelijk waar maatregelen het meest effectief zijn. We hebben het model doorgerekend voor twee verschillende geneesmiddelen en twee extreme afvoercondities.

Oppervlaktewater heeft vitale functies, zoals drinkwater, natuur, recreatie en voedselvoorziening. Deze functies vragen om een passende waterkwaliteit, met concentraties van stoffen waarbij geen ongewenste effecten optreden.

Geneesmiddelen zijn wijdverspreid aanwezig in de watercyclus. Effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) vormen een belangrijke route naar het milieu. Afhankelijk van de stofeigenschappen eindigt tot 70% van de geconsumeerde geneesmiddelen in het oppervlaktewater. Voor de gezondheid van de mens worden geen negatieve effecten verwacht voor individuele geneesmiddelen in het water. Dat ligt anders voor het ecosysteem. Bovendien is het onzeker of het complexe mengsel aan stoffen, zoals dat in het milieu voorkomt, gevolgen heeft voor de volksgezondheid.

In de hele levenscyclus van geneesmiddelen kunnen maatregelen worden genomen om de waterkwaliteit te beschermen. Zo kan men bij de samenstelling en productie van geneesmiddelen al proberen rekening te houden met de afbreekbaarheid, en zouden er bij de toelating van geneesmiddelen op de markt eisen aan die afbreekbaarheid kunnen worden gesteld. Artsen kunnen rekening houden met gevolgen voor het milieu bij het voorschrijven van bepaalde geneesmiddelen. Verder zijn maatregelen mogelijk na het innemen van medicijnen, bijvoorbeeld zorgvuldig omgaan met restjes en het apart verzamelen van urine. Tenslotte is het mogelijk om rioolwaterzuiveringsprocessen technisch aan te passen, om geneesmiddelen uit het afvalwater te verwijderen. Rwzi's zijn op dit moment niet ontworpen om geneesmiddelen uit het afvalwater te verwijderen.

In Europa is veel aandacht voor het aanpassen van rwzi's met geavanceerde waterbehandelingstechnologie en de verdere ontwikkeling hiervan. In Nederland is er discussie of, hoe en waar aanvullende maatregelen wenselijk zijn.

We hebben een model ontwikkeld waarmee we de invloed van rwzi's op de kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland kunnen voorspellen. Op deze manier kunnen we inzicht krijgen waar maatregelen die genomen kunnen worden, het meest effectief zijn. Dit model hebben we doorgerekend voor twee verschillende geneesmiddelen en twee extreme afvoercondities,

waarbij we hebben gekeken naar de effecten op oppervlaktewater als bron voor drinkwater en als natuur. De modellering geeft een kwantitatieve relatie tussen de emissies van een rwzi en hun impact op drinkwater en natuur, en geeft inzicht in welke rwzi's een hoge impact hebben.

Aanpak

Er zijn twee modellen gecombineerd: een model van de Nederlandse hydrologie en een consumptie-gebaseerd emissiemodel. De uitkomst voorspelt hoe vrachten geneesmiddelen van de 345 Nederlandse rwzi's en 9 grensoverschrijdende rivieren zich in het water verspreiden. We gebruikten het anti-epilepticum carbamazepine en de beter afbreekbare ontstekingsremmer ibuprofen als modelstof. De emissies zijn berekend op basis van gegevens over de verkoop van deze middelen, hun omzetting in het menselijk lichaam, en verwijdering in de rwzi. De emissies zijn verdeeld over de rwzi's op basis van hun capaciteit.

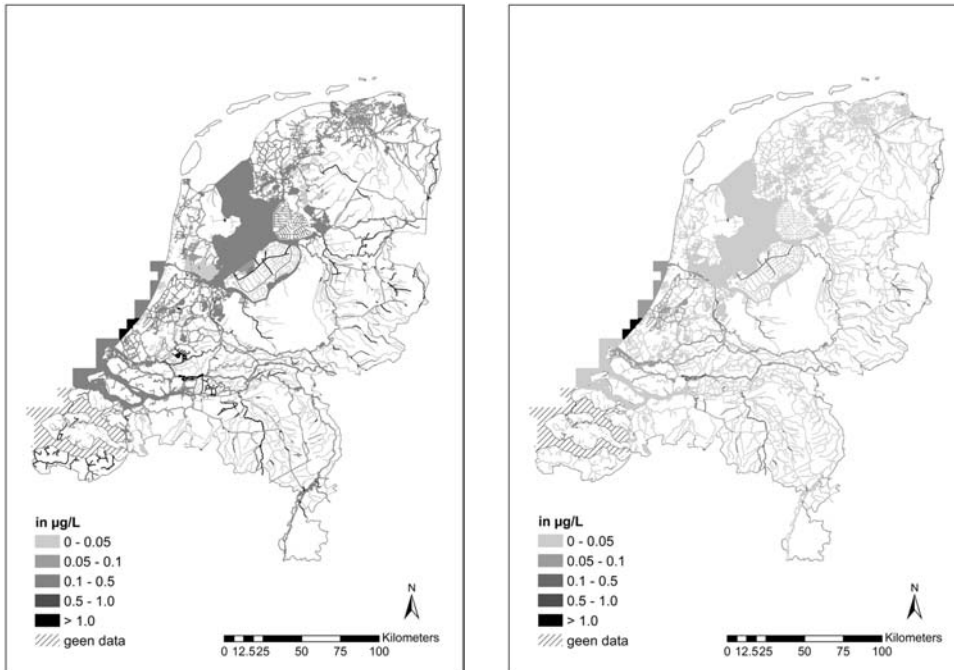
Voor de hydrologische modellering gebruikten we de hydrologie- en waterkwaliteit-componenten van de Landelijke Applicatie van de KRW-Verkenner 2.0. Deze bevat 2511 fysieke oppervlaktewaterlichamen, ondersteund door drainage- en infiltratiegebieden en onderlinge verbindingen. De hydrologie is gebaseerd op de werkelijke driemaandelijke waterbalansgegevens tussen 1996 en 2006. Wij gebruikten het droogste en natste seizoen van de tijdreeks. De emissies zijn gesimuleerd onder de veronderstelling van complete menging in het waterlichaam, en met verliesprocessen in het milieu, zoals omzetting of adsorptie van de stoffen. De concentratie geneesmiddel wordt bepaald door de vrachten van alle rwzi's en grensoverschrijdende rivieren, en het lokale debiet. De gemodelleerde concentraties zijn voor carbamazepine vergeleken met een uitgebreide set meetgegevens (RIWA).

Met GIS zijn de wateren met gevoelige functies geselecteerd. De onttrekkingspunten voor drinkwater betreffen oppervlaktewater, oeverinfiltratie en grondwater. Voor grondwater en oeverinfiltratie zijn de 25-jaarszones (zones die binnen 25 jaar de kwaliteit van het te onttrekken grondwater beïnvloeden) meegenomen en het oppervlaktewater dat hiermee overlapt. Verder zijn Natura 2000 gebieden die overlappen met oppervlaktewater geselecteerd.

De rwzi's zijn gerangschikt naar hun impact. Deze hangt af van de totale bijdrage aan de concentratie in de waterlichamen met een gevoelige functie, voor de drinkwaterwinning gewogen naar de onttrokken hoeveelheden ruwwater, en voor de natuurfunctie gewogen naar de oppervlakte van het natuurgebied.

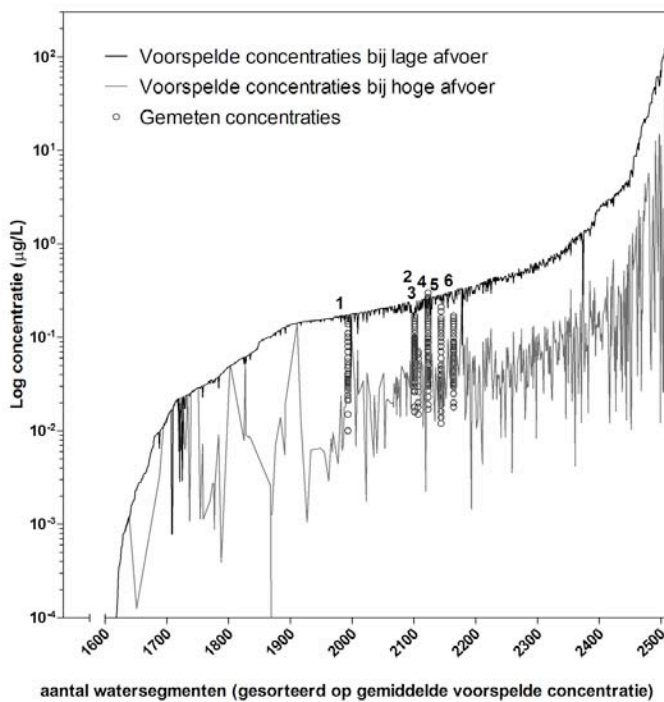
Resultaten

Gebaseerd op emissies van de 345 Nederlandse rwzi's en vrachten vanuit 9 grensoverschrijdende rivieren, zijn concentraties gemodelleerd in 2511 Nederlandse waterlichamen, bij hoge en lage afvoer. Afbeelding 1 geeft de resultaten voor carbamazepine. Respectievelijk 83 en 65% van de waterlichamen wordt niet beïnvloed door rwzi's, noch bij hoge noch bij lage afvoer. Bij lage afvoer is er minder verdunning, maar zijn de reistijden langer, waardoor de concentraties in het milieu ook verder afnemen. Bij lage afvoer wordt via beheersmaatregelen water vastgehouden en herverdeeld. Hierdoor worden dan, zeker in het lage westen van Nederland, waterlichamen beïnvloed, die daar bij hoge afvoer geen last van hebben.



Afbeelding 1. Voorspelde concentraties bij lage (links) en hoge (rechts) afvoer voor carbamazepine

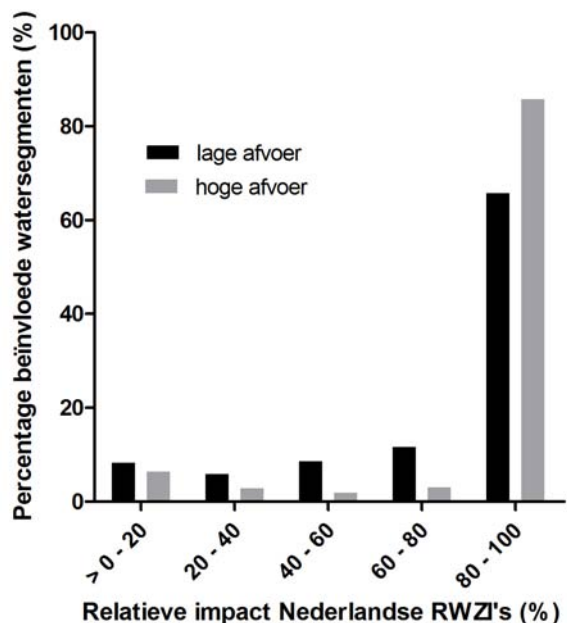
We modelleren bij extreme afvoercondities. Er zijn weinig meetgegevens voor deze extreme omstandigheden voorhanden. In de literatuur zijn vergelijkbare benaderingen beschreven. Deze zijn minder gedetailleerd en op een andere schaal uitgewerkt, maar geven aan dat de afwijking tussen gemeten en gemodelleerde concentraties beperkt is tot maximaal een factor 3. Afbeelding 2 geeft aan dat ook bij onze studie de meetgegevens in het algemeen vallen binnen de range van gemodelleerde concentraties bij extreme afvoer.



1: Andijk, 2: Lobith, 3: Stellendam, 4: Nieuwegein, 5: Keizersveer en Brakel, 6: Nieuwerluis

Afbeelding 2:
Voorspelde milieuconcentraties carbamazepine bij hoge en lage afvoer in vergelijking met meetgegevens op zes monitoringstations

De relatieve bijdrage vanuit de Nederlandse rwzi's ten opzichte van de totale belasting – inclusief de buitenlandse bijdrage via grensoverschrijdende rivieren – is weergegeven in afbeelding 3. Voor de meeste waterlichamen die beïnvloed zijn, is de Nederlandse bijdrage van overheersend belang. In de nabije toekomst, wanneer de geplande aanpassingen van rwzi's in Zwitserland en gedeeltes van Duitsland zijn uitgevoerd, zal de relatieve bijdrage door Nederlandse bronnen verder omhoog gaan.



Afbeelding 3.
Frequentieverdeling van beïnvloede waterlichamen naar relatieve bijdrage vanuit Nederlandse rwzi's, carbamazepine

Van de 499 gemodelleerde waterlichamen zijn er 92 met een drinkwaterfunctie, 377 met een Natura-2000-functie en 30 met beide.

Bij lage afvoer wordt de helft van het onttrokken ruwwater voor de drinkwaterproductie beïnvloed door rwzi's (tabel 1). Voor grondwater is een conservatieve benadering gevolgd door aan te nemen dat oppervlaktewaterlichamen in de 25-jaarszone het grondwater beïnvloeden, en geen menging met schoner water plaatsvindt. Waterlichamen die op langere termijn dan 25 jaar het onttrokken grondwater beïnvloeden zijn niet meegenomen in de modellering.

Tabel 1. Drinkwateronttrekkingspunten en beïnvloeding door rwzi's, gebaseerd op carbamazepine bij een lage afvoer

Drinkwaterbron	Aantal onttrekkingslocaties	beïnvloed door rwzi	Onttrekkingsvolume (mln. m ³ /jr)	beïnvloed door rwzi
Oppervlaktewater	9	8	416	411 (99%)
Oeverinfiltratie	20	11	108	74 (68%)
Grondwater	180	26	739	144 (19%)
Totaal	209	45	1.262	629 (50%)

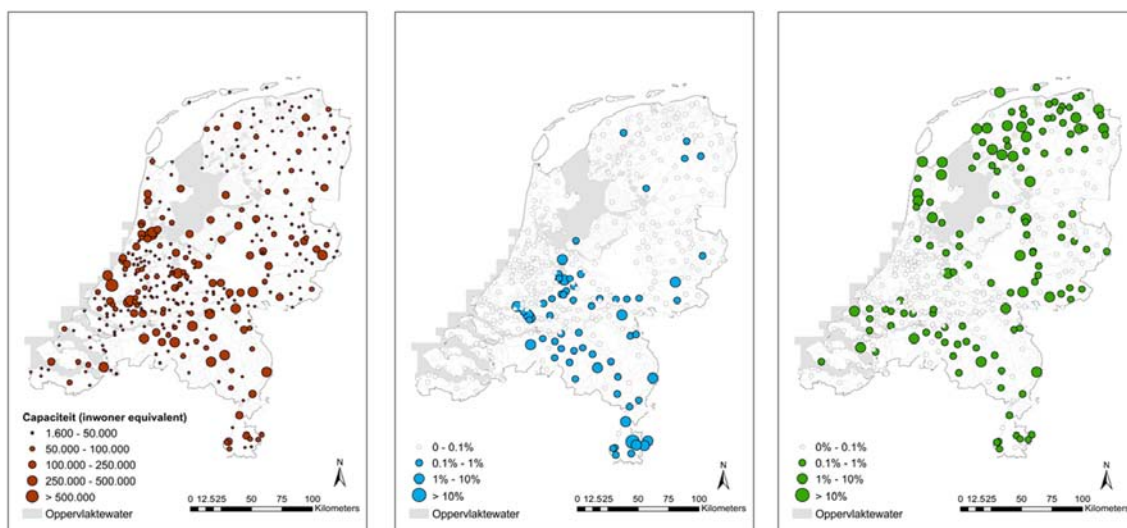
Van de 163 Nederlandse Natura-2000-gebieden staan er 108 in contact met een waterlichaam, en worden er bij lage afvoer 85 beïnvloed door rwzi's. Het gaat hierbij om een kwart van de totale oppervlakte aan Natura-2000-gebieden in oppervlaktewater.

Er is uitgezocht welke rwzi's een grote invloed kunnen hebben op gevoelige functies van waterlichamen. Tabel 2 toont de resultaten voor zowel hoge als lage afvoer. 19% van alle Nederlandse rwzi's blijkt verantwoordelijk voor het leeuwendeel van de impact voor de drinkwaterfunctie. Voor de Natura-2000functie is dit 39%. Rwzi's met een grote capaciteit hebben vaker invloed.

Tabel 2: Aantallen rwzi's die waterlichamen met een gevoelige functie beïnvloeden, hun aandeel in de totale capaciteit en totale impact

	Geselecteerde rwzi's (% van totaal)	% van cumulatieve capaciteit	% van cumulatieve rwzi impact	% van cumulatieve impact, rwzi's en buitenland
Drinkwater				
Hoge afvoer	58 (17%)	30,7	96	78
Lage afvoer	65 (19%)	33,4	96	76
Natura 2000				
Hoge afvoer	108 (31%)	43,7	94	57
Lage afvoer	133 (33%)	51,2	95	45

Afbeelding 4 toont de ruimtelijke verdeling van deze rwzi's voor beide functies. In West-Nederland komen ook enkele rwzi's met hoge capaciteit voor; deze hebben geen grote invloed op drinkwaterfuncties of natuurgebieden maar kunnen voor kwetsbare mariene systemen uiteraard wel relevant zijn.



Afbeelding 4. a) Alle Nederlandse rwzi's, b) geprioriteerde rwzi's voor de drinkwaterfunctie en c) geprioriteerde rwzi's voor den Natura-2000-functie, gebaseerd op carbamazepine en lage afvoer

Modeluitbreidingen

Er zijn verdere verfijningen van het model mogelijk. Er kan bijvoorbeeld rekening gehouden worden met beschikbare technologie en eigenschappen van zowel de rwzi's als de drinkwaterproductie-installaties. Voor Natura 2000 zou ook de beïnvloeding van grondwater kunnen worden meegenomen. Verder zou je in het model rekening kunnen houden met de sociaal-culturele achtergrond van bewoners of de aanwezigheid van zorginstellingen, of met seizoensvariatie in geneesmiddelenconsumptie en afbraak in het milieu. Ook is het denkbaar dat toekomstscenario's voor bevolking, medicijngebruik en klimaat in het model worden meegenomen. Het model kan uitgebreid worden naar andere typen verontreinigingen, die via dezelfde of andere routes in het milieu terechtkomen, zoals persoonlijke verzorgingsproducten, bestrijdingsmiddelen, diergeneesmiddelen of pathogenen.

De selectie van rwzi's op basis van hun impact op water als bron voor drinkwater of als natuur kan bijdragen aan de kosten-efficiënte invoering van lokale maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. De modellering kan gebruikt worden om meer inzicht te krijgen in de impact van rwzi's. Het is ook mogelijk om andere wegingsfactoren in het model te gebruiken.

Conclusies

Voor humane geneesmiddelen vormen rwzi's de belangrijkste route voor verspreiding naar het oppervlaktewater. Dit water herbergt vaak vitale functies, zoals natuur en drinkwaterbron. Het modelleren hierop maakt duidelijk welke rwzi's een grote impact hebben, en op welke plek maatregelen voor het verbeteren van waterkwaliteit het grootste effect zullen hebben. De hier beschreven studie is voor alle 345 Nederlandse rwzi's uitgevoerd, met een gedetailleerd hydrologisch model voor twee extreme afvoercondities en 2 geneesmiddelen. Meetgegevens vallen in het algemeen binnen de range van gemodelleerde concentraties bij de extreme afvoer. De helft van het onttrokken ruwe water (oppervlaktewater, oeverinfiltraat en grondwater) voor de productie van drinkwater wordt beïnvloed door rwzi's, en een kwart van de Natura-2000-gebieden in oppervlaktewater. Het leeuwendeel van de impact van rwzi's op de gevoelige functies wordt veroorzaakt door een relatief klein aandeel van alle rwzi's; 19% van alle rwzi's heeft grote invloed op bronnen voor drinkwater en 39% op de Natura-2000-gebieden. Met dit model is het mogelijk om vast te stellen waar maatregelen ter verbetering van waterkwaliteit en bescherming van gevoelige functies – zoals het uitbreiden van zuiveringsprocessen met geavanceerde technologie – het meeste effect zullen hebben.

Het hier beschreven werk is gefinancierd via het Europese project SOLUTIONS. De Nederlandse drinkwaterbedrijven leverden gegevens over drinkwateronttrekking, de provincies leverden gegevens over 25-jaars-grondwaterbeschermingsgebieden, RIWA leverde meetgegevens voor waterkwaliteit. Het Ministerie van I&M heeft de landelijke applicatie van de KRW-Verkenner 2.0 beschikbaar gesteld.