



## **Wateraanvoer van Waal naar Maas: gunstig voor de waterkwaliteit?**

*Rosa Sjerps (KWR Watercycle Research Institute), Wim Werkman (Rijkswaterstaat), Harry Römgens (RIWA Maas), Gertjan Zwolsman (KWR Watercycle Research Institute, thans Dunea)*

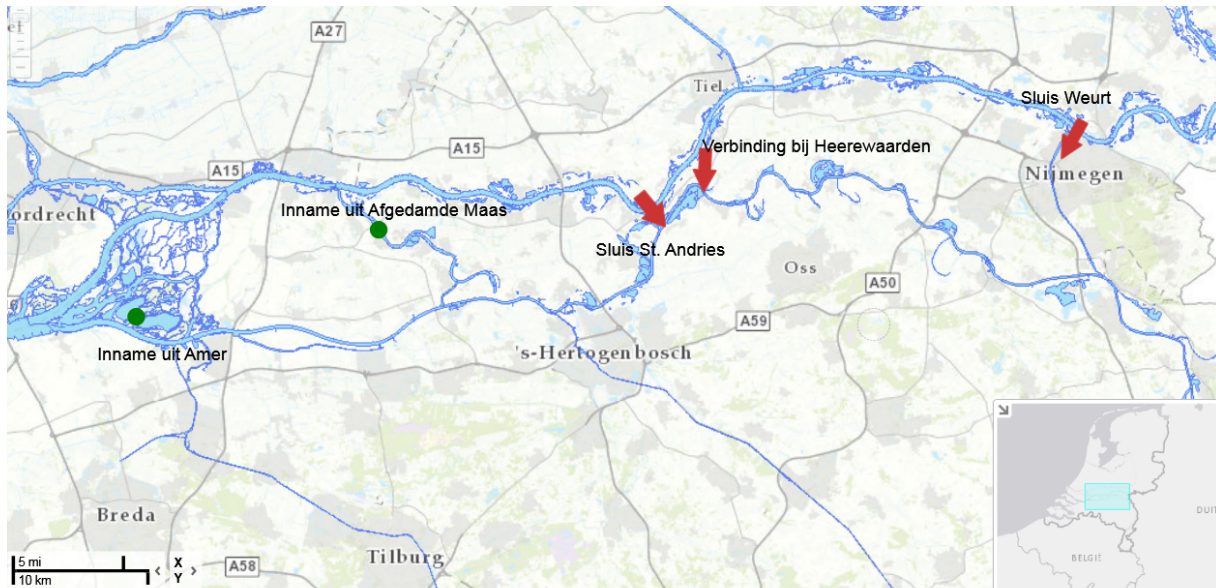
**De waterkwaliteit van de Maas staat meer en meer onder druk, zowel door calamiteiten als door klimaatverandering. Een mogelijke oplossing om de waterkwaliteit van de Maas (bij lage afvoeren) te verbeteren is aanvoer van water van de Waal. Deze studie brengt de effecten van de aanvoer van Waalwater op de waterkwaliteit van de Maas in beeld, zowel in de huidige situatie als in de toekomst (zichtjaar 2050). De studie en stofkeuze zijn specifiek gericht op de drinkwaterfunctie van de Maas.**

De kwaliteit van het Maaswater, als bron voor drinkwater, is de afgelopen jaren onvoldoende vooruit gegaan [1]. In de toekomst zal mogelijk de waterkwaliteit van zowel de Rijn als de Maas verslechteren door het frequenter en langduriger optreden van lage afvoeren [2-5]. Onderzoek bij KWR Watercycle Research Institute laat zien dat klimaatverandering daardoor kan leiden tot een toename van de concentraties van drinkwaterrelevante organische microverontreinigingen in de Maas met een factor 2-4 [5]. De drinkwaterbedrijven streven ernaar de concentraties van niet-genormeerde stoffen in oppervlaktewater voor drinkwaterproductie beneden de streef- of signaleringswaarden te houden.

In de eerste fase van het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma is geconstateerd dat in droge perioden tekorten kunnen optreden in de stuwpanden van de Maas. Deze tekorten beïnvloeden de waterhuishouding, scheepvaart en de inname van oppervlaktewater voor de productie van drinkwater. Momenteel onderzoekt Rijkswaterstaat in het kader van dit deelprogramma of het zinvol is water van de Waal naar de Maas te voeren tijdens laagwaterperioden en het effect hiervan op de productie van drinkwater. Aanvoer van Waalwater naar de Maas kan via het Maas-Waalkanaal, via de sluis St. Andries en via een nog te ontwikkelen verbinding bij Heerewaarden (project Overstroom), zie afbeelding 1.

### **Doel**

De aanvoer van Waalwater naar de Maas kan de waterkwaliteit verbeteren. KWR onderzoekt de effecten hiervan bij de innamepunten van drinkwaterbedrijven in het ongestuwde deel van de Maas. Het betreft de onttrekking van Dunea uit de Afgedamde Maas (Brakel) en die van Evides uit de Amer/Brabantsche Biesbosch (Gat van de Kerksloot). Voor zowel de huidige als de toekomstige situatie (met mogelijk langdurige droge periodes) zijn de effecten van de maatregel in beeld gebracht. Met de resultaten kan het deelprogramma Zoetwater een afweging maken van het belang van de aanvoer van Waalwater naar de Maas vanuit drinkwaterperspectief, ten opzichte van andere functies van de Maas, de neveneffecten in de Waal en de benodigde investeringen.



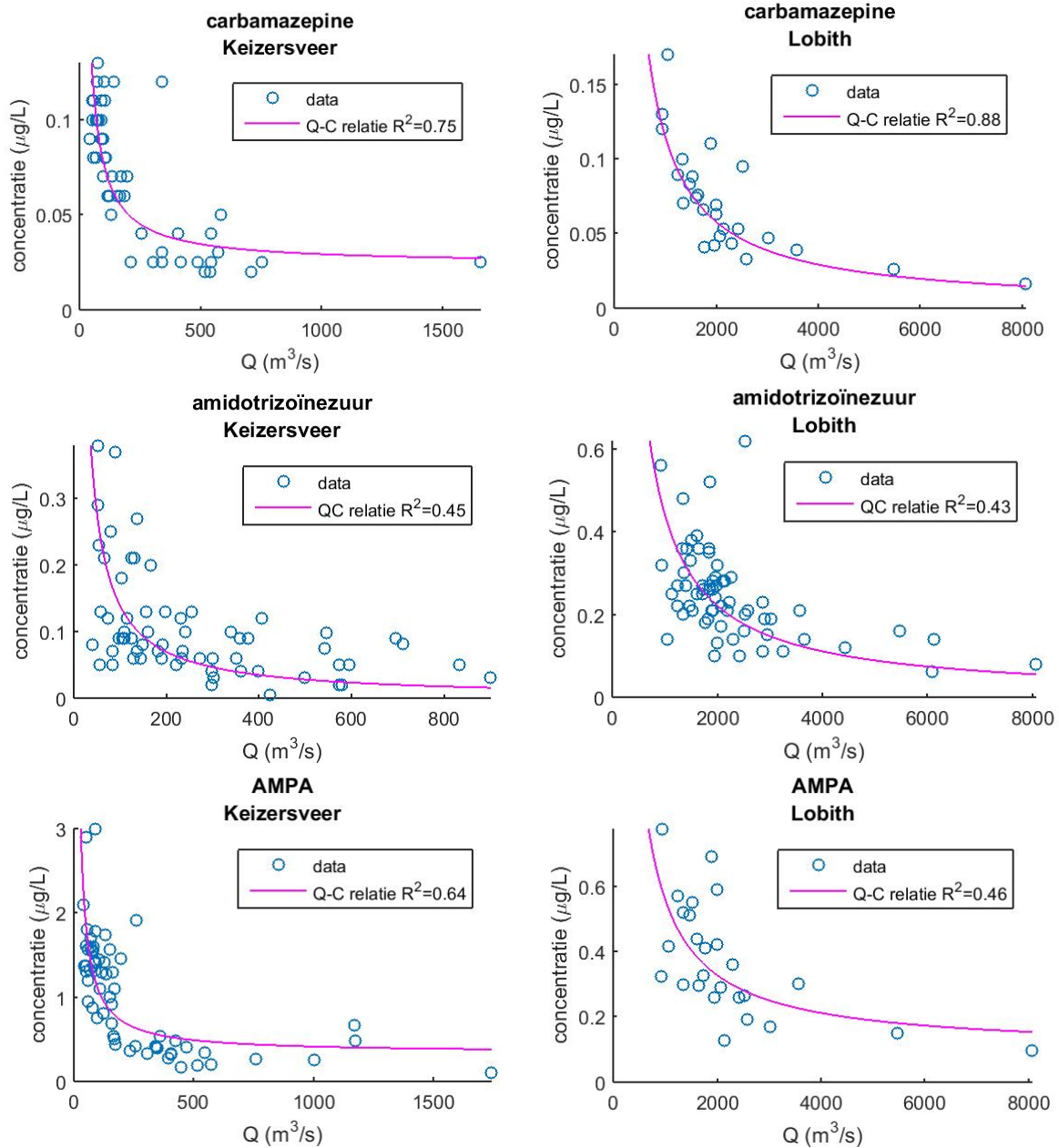
Afbeelding 1. Drie mogelijke routes voor de aanvoer van Waalwater naar de Maas aangegeven met een rode pijl: via sluis Weurt in het Maas-Waalkanaal, via de sluis St. Andries en een nog te ontwikkelen verbinding bij Heerewaarden (project Overstroom). De innamepunten van oppervlaktewater voor drinkwaterproductie zijn aangegeven met een groene stip.

## Methode

Allereerst is de kwaliteit van het Waalwater vergeleken met die van het Maaswater in de huidige en de toekomstige situatie met langdurige droge periodes. Hierbij is vooral gekeken naar het water als 'bron voor drinkwater', gelet op de zogenoemde aandachtstoffen, vooral bestrijdingsmiddelen en farmaceutische stoffen. Het meetpunt Lobith is representatief voor de waterkwaliteit van de Waal. De waterkwaliteit bij Keizersveer is een goede afspiegeling van de waterkwaliteit op het innamepunt van Evides bij Gat van de Kerksloot (Brabantse Biesbosch), maar niet voor dat van Dunea in de Afgedamde Maas bij Brakel. De waterkwaliteit daar is afgeleid van de waterkwaliteit bij Keizersveer met inachtneming van het effect van afbraak (omzetting) gedurende de twee maanden verblijftijd in de Afgedamde Maas.

De toekomstige waterkwaliteit is geschat conform de methode ontwikkeld bij het bedrijfstakonderzoek (BTO) van de drinkwatersector [5]. De prognoses van de waterkwaliteit in het zichtjaar 2050 zijn gebaseerd op bestaande afvoer-concentratierelaties in de Rijn en de Maas die zijn geëxtrapoleerd naar toekomstige afvoeren (2050) waarin langdurige droge periodes optreden. Deze relaties beschrijven het effect van verdunning: een hogere afvoer zorgt voor meer verdunning van stoffen die door puntbronnen (bijv. RWZI's) worden geloosd [5] (zie afbeelding 2). De afvoerprognoses berustten op de KNMI'06-klimaatscenario's uit het Deltaprogramma [6]. De afvoerscenario's bestaan uit de afvoerreksen van drie hydrologische referentiejaren (1967, 1989 en 1976) onder huidig klimaat en de afvoerprognoses voor 2050 volgens het G-scenario (matige klimaatverandering) en het W<sup>+</sup>-scenario (snelle klimaatverandering). De drie genoemde hydrologische jaren worden binnen het deelprogramma veelal gekarakteriseerd als respectievelijk gemiddeld, droog en extreem droog, gebaseerd

op de statistiek van het landelijk neerslagtekort en de Rijnafvoer. Specifiek voor lage Maasafvoeren zijn 1967 en 1989 echter redelijk gemiddelde jaren.



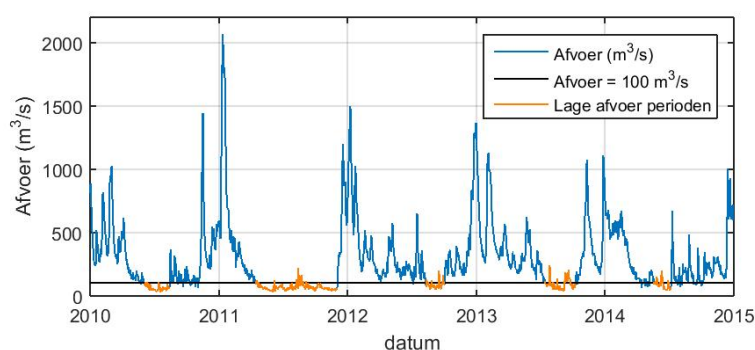
Afbeelding 2. Concentratie als functie van de afvoer  $Q$  voor carbamazepine, amidotrizoïnezuur en AMPA in de Maas (Keizersveer) en de Rijn (Lobith) en de gemiddelde Q-C-relaties. Brondata: RIWA-database Nieuwegein over 2010-2011 (carbamazepine, AMPA) en 2010-2014 (amidotrizoïnezuur) [7].

De gevolgen van de aanvoer van Waalwater naar de Maas op de concentratie van de aandachtstoffen zijn op twee manieren in beeld gebracht:

1. De bepaling van het effect op de Maaswaterkwaliteit bij een aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater naar de Maas via het Maas-Waalkanaal, aangenomen dat de twee waterlichamen volledig worden gemengd.
2. De bepaling van de benodigde hoeveelheid Waalwater die moet worden aangevoerd om de waterkwaliteit van de Maas (bij Keizersveer) zodanig te verbeteren, dat de concentratie voldoet aan de norm of signaleringswaarde voor de productie van drinkwater.

### Waterkwaliteit Waal en Maas: huidige situatie

Over de periode 2010-2014 is de waterkwaliteit van het Maas- en Rijnwater vergeleken. Specifiek hebben we ingezoomd op de jaarlijkse periode met lage afvoeren van de Maas: (vrijwel) aaneengesloten periodes met afvoeren lager dan 100 m<sup>3</sup>/s (afbeelding 3; tabel 1). De resultaten zijn samengevat in tabel 2. Afbeelding 4 geeft enkele illustratieve voorbeelden. Bij langdurige droogte is de kwaliteit van het Maaswater voor alle onderzochte bestrijdingsmiddelen en voor verschillende industriële stoffen slechter dan die van het Rijnwater. Echter, de Rijn scoort duidelijk slechter op het gebied van röntgencontrastmiddelen. Voor geneesmiddelen is het beeld divers: voor metoprolol en sotalol scoort de Maas slechter dan de Rijn; voor diclofenac en sulfamethoxazool is het andersom. Voor carbamazepine en metformine zijn de concentraties vergelijkbaar.



Afbeelding 3. Afvoer van de Maas bij Keizersveer (2010-2014). De jaarlijks terugkerende lage-afvoerperiode ( $Q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) is aangegeven in oranje; details: zie tabel 1.

Tabel 1. Details van de lage-afvoerperiodes van de Maas bij Keizersveer (2010-2014)

Jaar	Start lageafvoer-periode	Eind lageafvoer-periode	Aantal dagen lageafvoer-periode	Gemiddelde afvoer bij Keizersveer (m <sup>3</sup> /s)	Gemiddelde afvoer bij Lobith (m <sup>3</sup> /s)	Gemiddeld aantal stofmetingen Lobith/K'veer
2010	3 juni	14 augustus	72	60	2004	2/2
2011	16 april	3 december	231	68	1321	8/8
2012	11 augustus	3 oktober	53	86	1410	2/3
2013	14 juli	9 oktober	87	89	1653	3/4
2014	20 mei	7 juli	47	87	1443	3/3

Tabel 2. Vergelijking van de waterkwaliteit van de Maas (Keizersveer) en de Rijn (Lobith) tijdens lage-afvoerperioden. Stoffen in grijs overschrijden regelmatig de inname-norm van 0,1 µg/L [8], de signaleringswaarde van 1,0 µg/L [8] of de streefwaarde van 0,1 µg/L uit het Europees Rivierenmemorandum [9] in de Maas.

Concentratie Maas > concentratie Rijn	Concentratie Rijn > concentratie Maas	Concentratie Maas ≈ concentratie Rijn	Te weinig data om verschil vast te stellen
glyfosaat	diclofenac <sup>1</sup>	isoproturon	bromacil
AMPA	sulfamethoxazool	carbamazepine	fenazon
diuron	amidotrizoïnezuur	metformine	lincomycine
MCPA	jomeprol	guanylureum	nicosulfuron
MCPP	jopamidol	johexol	pentoxifylline
metolachloor	jopromide		acesulfaam-K
metoprolol			DEHP
sotalol			
EDTA			
MTBE			
TBP			

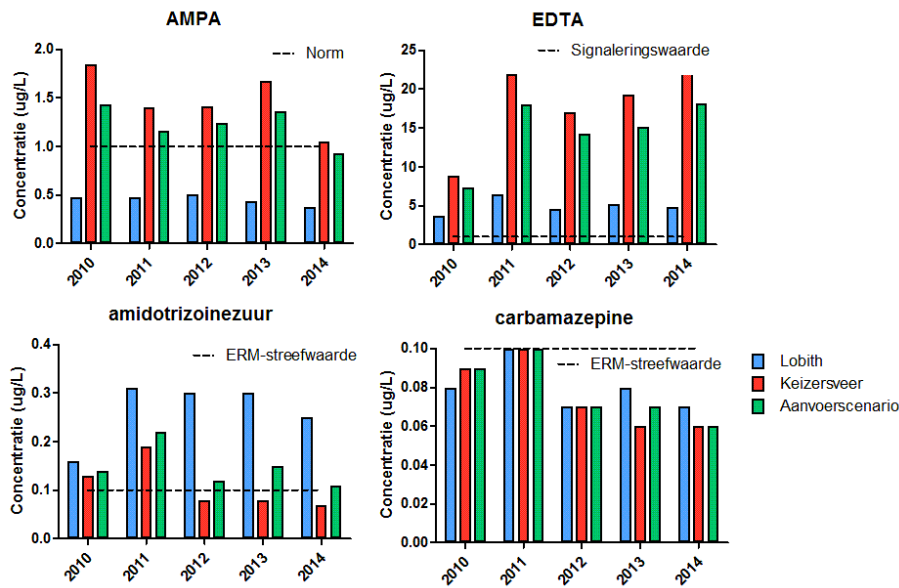
<sup>1</sup>Diclofenac overschrijdt de ERM-streefwaarde wel in de winterperiode in de Rijn

Het aanvoeren van Waalwater naar de Maas tijdens lage afvoer perioden heeft vooral voordeel voor de stoffen die momenteel in de Maas de inname-normen (0,1 µg/L) overschrijden uit de drinkwaterregeling (glyfosaat, AMPA) en voor niet-genormeerde antropogene stoffen die de streefwaarde (0,1 µg/L) uit het Europees Rivierenmemorandum (ERM) of de signaleringswaarde (1,0 µg/L) uit de drinkwaterregeling overschrijden (EDTA, metoprolol, zie tabel 2). Tevens zal de aanvoer van Waalwater leiden tot verlaging van de concentraties van diuron, MCPA, MCPP, metolachloor, sotalol, MTBE en TBP in de Maas.

Er zijn echter ook stoffen waarbij de aanvoer van Waalwater de concentraties in de Maas zal doen toenemen: diclofenac, sulfamethoxazool en röntgencontrastmiddelen (zie tabel 2). De concentraties aan diclofenac en sulfamethoxazool in de Rijn zijn echter zo laag dat ze geen probleem zullen opleveren voor de bereiding van drinkwater.

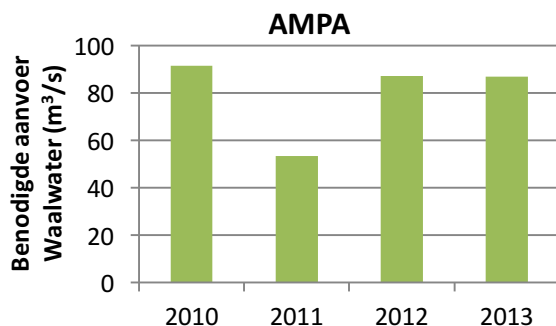
#### Waterkwaliteitsverandering door aanvoer van Waalwater: huidige situatie

De aanvoer van Waalwater (aanvoerscenario = 25 m<sup>3</sup>/s) in de huidige situatie heeft een gunstige doch beperkte invloed op de waterkwaliteit in de Maas in de lage afvoerperiode. De concentraties van glyfosaat, AMPA, metoprolol, sotalol en EDTA zullen afnemen met 10 tot 30%. Dit zal leiden tot enige, maar onvoldoende, vermindering van het aantal normoverschrijdingen bij Keizersveer (zie AMPA en EDTA in afbeelding 4). De concentraties aan röntgencontrastmiddelen zullen echter toenemen. In het aanvoerscenario overschrijden de röntgencontrastmiddelen bij Keizersveer wel de ERM-streefwaarde, maar blijven de concentraties ruim onder de signaleringswaarde (zie amidotrizoïnezuur in afbeelding 4). De concentraties van carbamazepine en metformine blijven door de aanvoer van Waalwater in de huidige situatie nagenoeg gelijk (zie carbamazepine in afbeelding 4).



Afbeelding 4. Gemiddelde concentratie van AMPA, EDTA, amidotrizoïnezuur en carbamazepine tijdens de jaarlijkse lage afvoer periode van de Maas bij Keizersveer en Lobith; en gemiddelde concentratie bij Keizersveer na aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater. De stippellijn geeft de norm (AMPA), signaleringswaarde (EDTA) en de ERM-streefwaarde (amidotrizoïnezuur en carbamazepine) aan.

Van de stoffen die de drinkwaternorm of de signaleringswaarde overschrijden in de Maas kan alleen voor AMPA en metoprolol de aanvoer van Waalwater tot de gewenste waterkwaliteitsverbetering leiden. Voor de verlaging van de concentraties van AMPA tot onder de norm (1 µg/L) is een debiet nodig van 50-90 m<sup>3</sup>/s (afbeelding 5). Voor de verlaging van de concentraties van metoprolol tot onder de ERM-streefwaarde (0.1 µg/L) is een aanvoer nodig van 30 m<sup>3</sup>/s (in 2012 en 2014). EDTA en guanylureum overschrijden de signaleringswaarde zowel in de Maas als in de Rijn, zodat een waterkwaliteitsverbetering tot onder de signaleringswaarde niet haalbaar is. In de huidige situatie is de concentratie van glyfosaat, gemiddeld over de lage afvoer periode, zowel in de Maas als in de Rijn kleiner dan de drinkwaternorm. De glyfosaatconcentratie in de Maas zal door aanvoer van Waalwater verder afnemen.

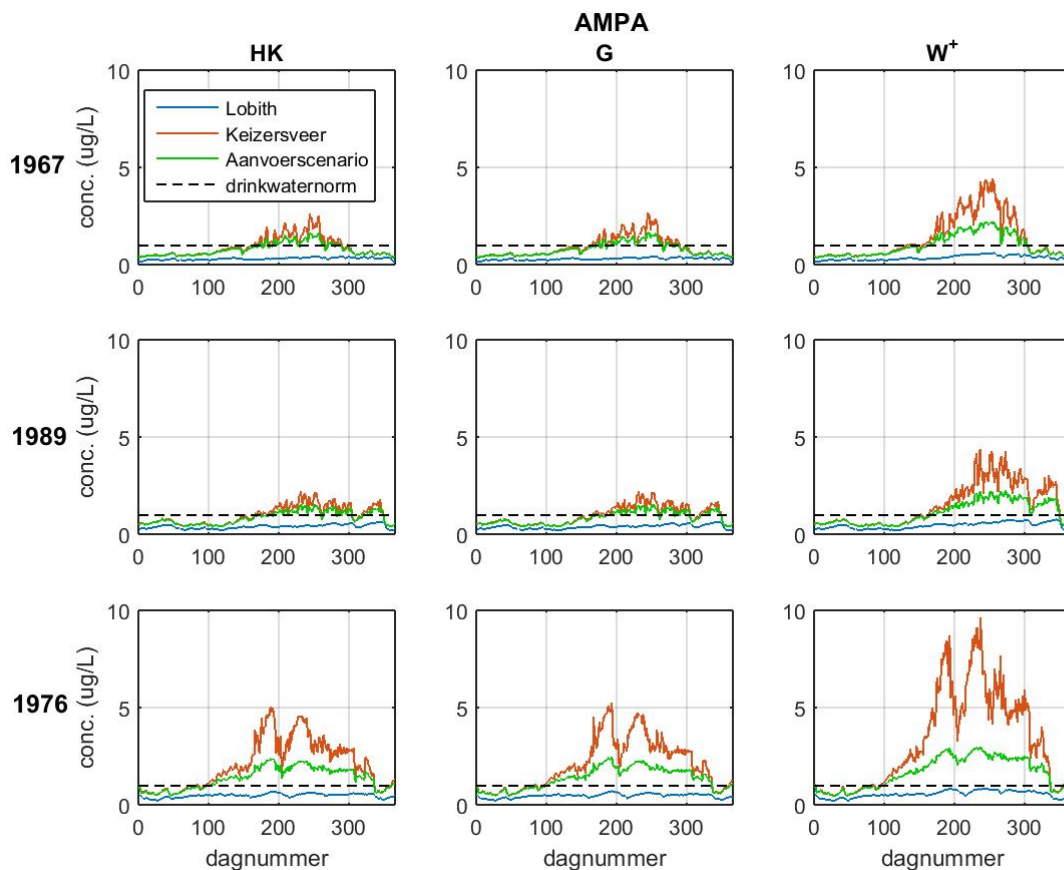


Afbeelding 5. Benodigde aanvoer van Waalwater om de concentraties van AMPA in de Maas bij Keizersveer te verlagen tot de norm van 1 µg/L in de lage-afvoerperioden (de gemiddelde concentratie in de Maas is in 2014 kleiner dan 1 µg/L).



### Waterkwaliteit Waal en Maas: toekomstige situatie

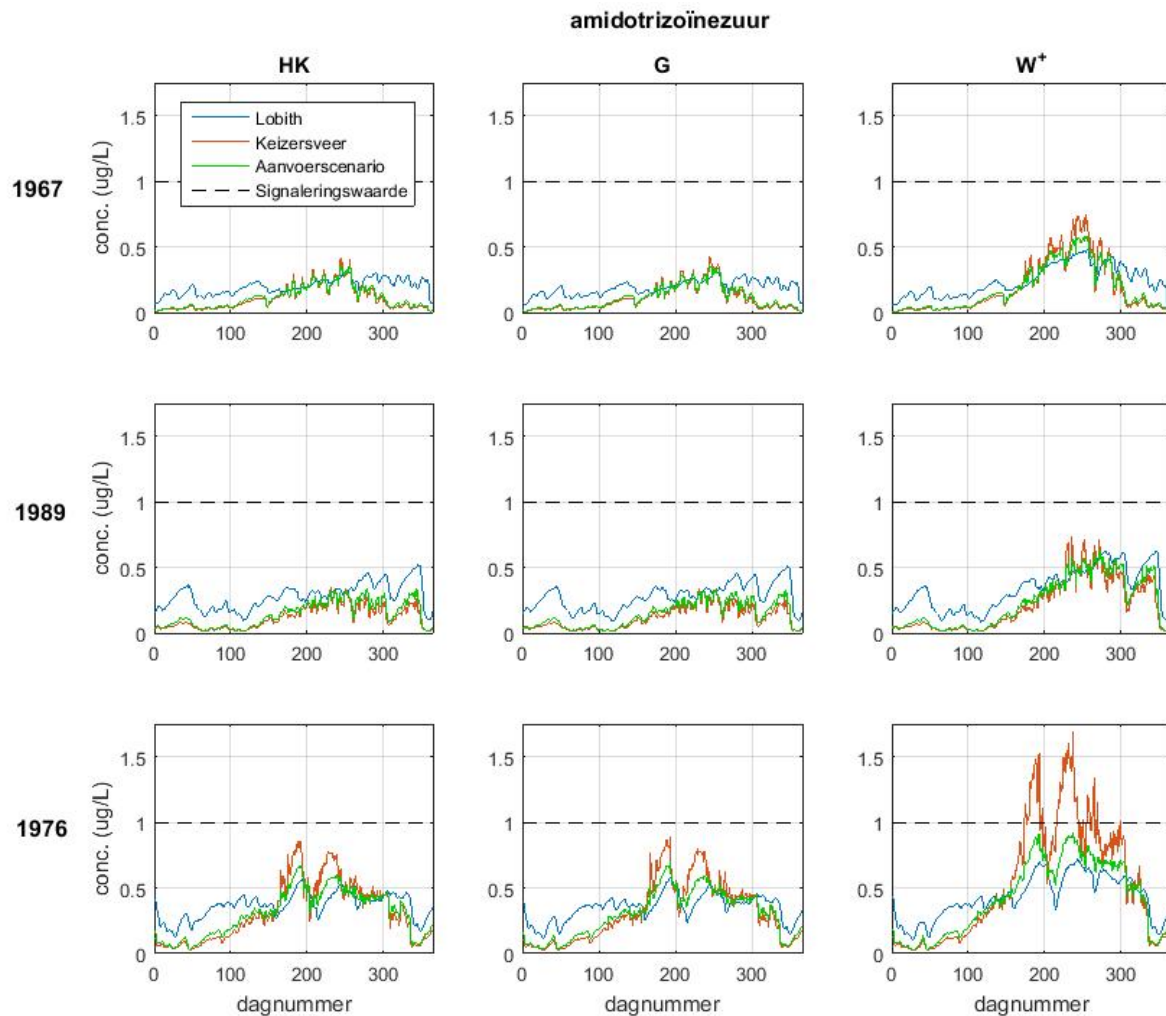
In de toekomstige situatie (2050) zorgt klimaatverandering voor grotere verschillen in de waterkwaliteit van de Maas en de Rijn. De concentraties in de Maas nemen in het droge klimaatscenario veel sterker toe dan in de Rijn. Zo kunnen de maximale concentraties van AMPA bij Keizersveer in een extreem droog jaar (1976) verdubbelen van ca. 5  $\mu\text{g/L}$  bij huidig klimaat tot bijna 10  $\mu\text{g/L}$  bij het  $W^+$ -scenario (zie afbeelding 6). Hierdoor neemt de mate van normoverschrijding toe op de innamepunten langs de Maas (diuron, glyfosaat, AMPA), en worden de signaleringswaarden (amidotrizoïnezuur, metoprolol, EDTA) en de ERM-streefwaarde (carbamazepine, sulfamethoxazool) vaker overschreden. Hierbij is aangenomen dat de emissies constant blijven. Wellicht zullen de concentraties glyfosaat en AMPA in de toekomst gaan dalen vanwege een verbod op het gebruik van bestrijdingsmiddelen voor niet-landbouwkundige toepassingen.



Afbeelding 6. Waterkwaliteitsprognoses voor AMPA (zichtjaar 2050) bij Lobith en Keizersveer bij huidig klimaat, G- en  $W^+$ -scenario voor drie hydrologische jaren: gemiddeld (1967), droog (1989) en zeer droog (1976). Het aanvoerscenario beschrijft het effect van aanvoer van 25  $\text{m}^3/\text{s}$  Waalwater op de waterkwaliteit bij Keizersveer.

In tegenstelling tot de Maas, blijven de toekomstige concentraties van de meeste stoffen in de Rijn bij Lobith onder de drinkwaternorm van 0,1  $\mu\text{g/L}$  of de signaleringswaarde van 1  $\mu\text{g/L}$ . Zolang de Rijn wordt gevoed door sneeuwsmelt uit de Alpen, vermindert de afvoer van de Rijn tijdens een zeer droge periode minder dan die van de Maas, een echte regenrivier. Daardoor zal aanvoer van Waalwater naar de Maas in de toekomst een steeds gunstiger effect hebben op de waterkwaliteit van de Maas.

Dit wordt geïllustreerd door de prognoses voor amidotrizoïnezuur (afbeelding 7). In het huidige klimaat liggen de concentraties in de Rijn doorgaans hoger dan die in de Maas (behalve voor het extreem droge jaar 1976), maar bij het W<sup>+</sup>-scenario is dat beeld omgekeerd. In het algemeen geldt: hoe droger het scenario, hoe groter het verschil in waterkwaliteit tussen de Maas en de Rijn.



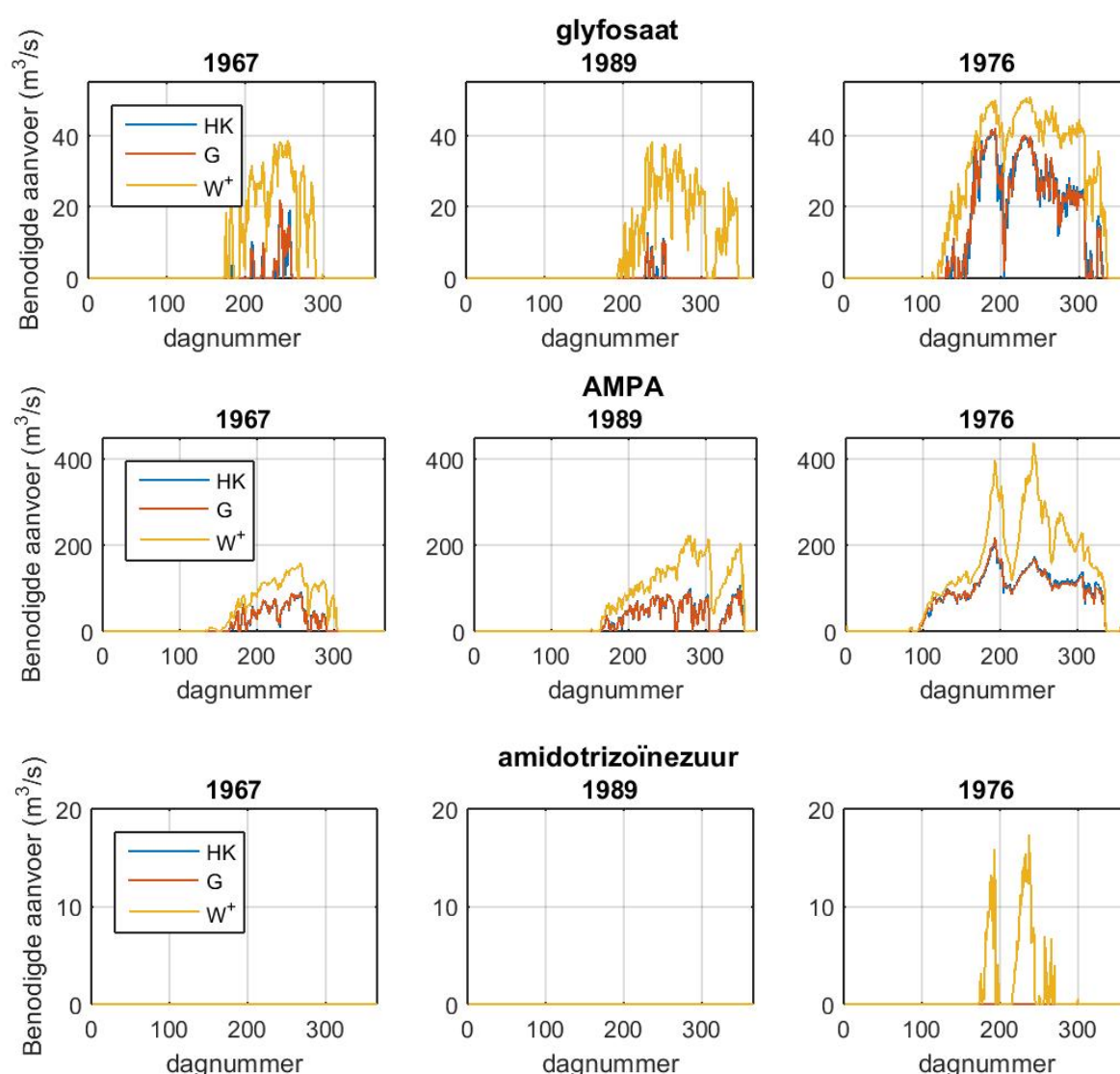
Afbeelding 7. Waterkwaliteitsprognoses voor amidotrizoïnezuur (zichtjaar 2050) bij Lobith en Keizersveer bij huidig klimaat, G- en W<sup>+</sup>-scenario voor drie hydrologische jaren: gemiddeld (1967), droog (1989) en zeer droog (1976). Het aanvoerscenario is het effect van aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater op de waterkwaliteit bij Keizersveer.

#### Waterkwaliteitsverandering door aanvoer van Waalwater: toekomstige situatie

In de prognoses voor de toekomstige situatie (zichtjaar 2050) leidt de aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater tot een verbetering van de waterkwaliteit in de Maas voor de meeste geselecteerde aandachtstoffen. Het effect van bijmenging wordt groter naarmate de verschillen tussen de concentraties in de Maas en de Rijn groot zijn, in een droog hydrologisch jaar (1976) en bij een snelle klimaatverandering (W<sup>+</sup>) zoals te zien in afbeeldingen 6 en 7.



Een verbetering van de waterkwaliteit tot onder de wettelijke norm of de signaleringswaarde is voor sommige stoffen te bereiken met een hogere aanvoer: gemiddeld 20 m<sup>3</sup>/s (max 50 m<sup>3</sup>/s) voor glyfosaat en 100 - 200 m<sup>3</sup>/s (max 400 m<sup>3</sup>/s) voor AMPA, afhankelijk van het klimaatscenario (zie afbeelding 8). Voor sommige stoffen kan het doel ook met minder aanvoer worden bereikt (amidotrizoïnezuur, diuron en metoprolol). Bij toekomstige reductie van de emissies zal minder Waalwater nodig zijn. De EDTA-concentraties dalen sterk door de aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater, maar liggen dan nog steeds ver boven de signaleringswaarde uit de drinkwaterregeling van 1 µg/L. De concentraties van de geneesmiddelen carbamazepine en sulfamethoxazool bevinden zich in de prognoses reeds onder de signaleringswaarde, zodat aanvoer van water uit de Waal voor deze stoffen niet noodzakelijk is.



Afbeelding 8. Benodigde aanvoer van Waalwater naar de Maas om de concentraties van glyfosaat, AMPA en amidotrizoïnezuur te laten dalen tot de wettelijke norm of signaleringswaarde, bij huidig klimaat, G- en W<sup>+</sup>-scenario (2050) voor drie hydrologische jaren: gemiddeld (1967), droog (1989) en zeer droog (1976).



## Conclusie

In de huidige situatie heeft de aanvoer van 25 m<sup>3</sup>/s Waalwater bij droogte een gunstige doch beperkte invloed op de waterkwaliteit van de Maas: de gemiddelde concentratie van de aandachtstoffen in de lage afvoerperiode daalt hierdoor met 10 tot 30% (behalve de röntgencontrastmiddelen). Voor AMPA is een aanvoer van ongeveer 90 m<sup>3</sup>/s Waalwater nodig om de gewenste waterkwaliteitsverbetering van de Maas te realiseren. Voor de toekomstige situatie lopen de klimaatscenario's uiteen van een gematigd scenario met vergelijkbare afvoeren als in de huidige situatie, tot een droog scenario met sterk afnemende Maasafvoeren in de zomer. In dit droge scenario nemen de verschillen tussen de concentraties in de Maas en de Rijn sterk toe. Dit komt doordat de afvoer van de Rijn, bij droogte minder ver daalt dan die van de Maas. De concentraties in de Maas bij (extreme) droogte nemen daardoor veel sterker toe dan die in de Rijn. Deze verslechtering van de waterkwaliteit leidt tot normoverschrijding voor glyfosaat en AMPA, en overschrijding van signaleringswaarden voor amidotrizoïnezuur en metoprolol op de innamepunten langs de Maas. De aanvoer van Waalwater naar de Maas zal in de toekomst een steeds gunstiger effect hebben op de waterkwaliteit, al zullen overschrijdingen niet altijd kunnen worden voorkomen. Wateraanvoer vanuit de Waal zal in perioden met lage afvoeren tot een verbetering van de waterkwaliteit in de Maas leiden en kan tevens leiden tot minder overschrijdingen en dus minder innamestops voor de drinkwatervoorziening. Wateraanvoer kan, binnen een breder palet aan maatregelen, bijdragen aan een verbetering van de Maaswaterkwaliteit.

*Deze studie is gefinancierd door het Deelprogramma Zoetwater en het bedrijfstakonderzoek (BTO) van de drinkwaterbedrijven. RIWA leverde de waterkwaliteitsgegevens. Het uitgebreide rapport is beschikbaar op de website van KWR, [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl) (KWR 2015.095).*

## Referenties

1. RIWA *De kwaliteit van het Maaswater in 2014*; RIWA - Vereniging van Rivierwaterbedrijven, 2015.
2. Aa, M. van der, Meijers, E. (2016). Waar komen de geneesmiddelen bij innamepunten voor drinkwaterbereiding vandaan? En wat zijn effecten van klimaatverandering? *H2O-Online*, 10 maart 2016.
3. Bokhoven, A. J. van, Zwolsman, J. J. G. (2007). Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Rijn. *H2O* 40, (9), 34 - 37.
4. Vliet, M. T. H., van, Zwolsman, J. J. G. (2007). Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Maas. *H2O* 40, (9), 29 - 33.
5. Sjerps, R. M. A., Laak, T. L. ter, Zwolsman, J. J. G. (2016). Effect van klimaatverandering en vergrijzing op waterkwaliteit en drinkwaterfunctie van Maas en Rijn. *H2O-Online*, 9 augustus 2016
6. Deltares *Deltascenario's. Verkenning van mogelijk fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011-2012*; Deltares, Planbureau voor de Leefomgeving; 2011; p 150.



7. RIWA, RIWA-database. Nieuwegein, 2015.
8. Drinkwaterbesluit [http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum\\_06-07-2015](http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum_06-07-2015) (06-07-2015).
9. IAWR *Memorandum regarding the protection of European rivers and watercourses in order to protect the provision of drinking water*; IAWR, RIWA, IAWD, AWE, AWWR: 2013; p 28.