

!Stockphoto



AUTEURS



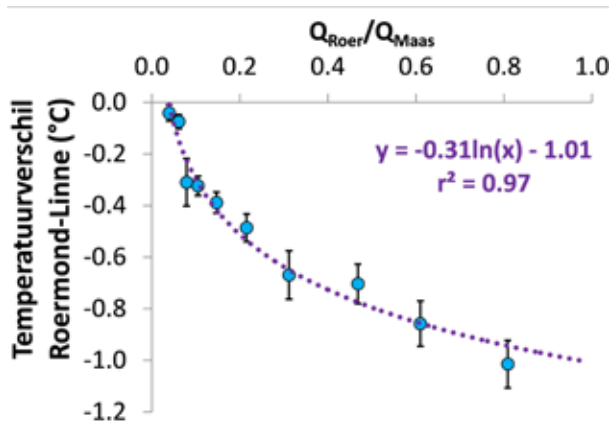
Jos Timmerman en Cor Jacobs  
Wageningen Environmental Research  
(Alterra), Nederland



Christiane Pyka en Heribert Nacken  
(RWTH Universiteit Aken, Duitsland)

# KLIMAATVERANDERING EN WATEROMLEIDING RISICO VOOR ECOLOGIE VAN DE MAAS

Verminderde waterafvoer in de Maas kan de kwetsbare ecologie van de rivier negatief beïnvloeden. In de toekomst speelt klimaatverandering daarbij een belangrijke rol en in beperkte mate mogelijk ook de wateromleiding van de Roer.



**Figuur 1**  
Watertemperatuurverschil afgeleid uit waarnemingen bij Linne en Roermond, voor en na de samenvloeiing, in april-september van het jaar 2011-2013. Op de x-as staat de verhouding tussen het debiet in de Roer en de Maas. De temperatuurverschillen op de y-as zijn gemiddelden over 50 waarnemingen (na sorteren op de verhouding van de debieten). De streepjes geven de standaardfout aan

De Europese Kaderrichtlijn Water schrijft voor dat alle binnenwateren in de Europese Unie in een goede ecologische toestand moeten verkeren. Laagwater maakt het beheerders moeilijk om hier invulling aan te geven. Perioden van waterschaarste gaan vaak samen met een hoge watertemperatuur en hogere concentraties van verontreinigingen van het water. Klimaatverandering leidt waarschijnlijk tot frequentere periodes van waterschaarste.

De Roer, een belangrijke zijrivier van de Maas in Duitsland, draagt aanzienlijk bij aan de afvoer in de Maas, benedenstrooms van Roermond. In Duitsland bestaan plannen om een deel van het water van de Roer om te leiden naar voormalige bruinkoolmijnen, waardoor er minder water wordt afgevoerd naar de Maas.

In een verkennende Nederlands-Duitse studie is de relatie tussen de afvoer, de watertemperatuur en de waterkwaliteit tijdens laagwater in de Maas en de Roer onderzocht. Daarbij is bekeken welke invloed klimaatverandering en de wateromleiding hebben op de afvoer en de waterkwaliteit in de hoofdstroom van de Maas.

De Maas heeft als regenrivier een uiterst variabele afvoer en is gevoelig voor zowel overstromingen als waterschaarste. Voldoende afvoer is van ecologisch en economisch belang.

Om ecologische redenen wordt op de Grensmaas een minimumdebiet van  $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  nagestreefd. In droge tijden kan deze afvoer niet gehandhaafd worden. Uit economisch oogpunt is het onder meer belangrijk dat op het Julianakanaal altijd scheepvaart mogelijk is. Daarom is – ter compensatie van schutverliezen bij Born en Maasbracht – altijd een afvoer van ongeveer  $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  nodig. In droge tijden wordt het water, dat met het schutten uit het kanaal is 'ont-

snapt', weer teruggepompt.

De Roer omvat ongeveer 7% van het totale stroomgebied van de Maas, maar heeft een systeem van reservoirs waarmee het vooral in situaties met lage afvoer een significante invloed op de afvoer van de hoofdstroom heeft. De reservoirs in de Roer zijn relatief diep en bevatten koel water.

Figuur 1 maakt aannemelijk dat dit een koelend effect heeft op de Maas bij lagere afvoeren. De gemiddelde lage afvoer van de Maas is ongeveer  $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  terwijl de Roer relatief constant  $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  afvoert. De afvoer van de Maas ligt echter regelmatig lager, waardoor de invloed van de Roer geregeld groter is. Op zeer droge dagen kan de Roer tot 80% van de afvoer van de Maas leveren.

Klimaatverandering  
risico ecologie Maas

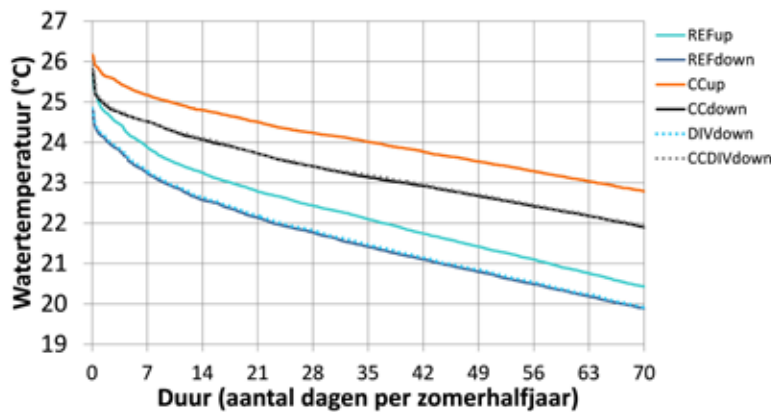
20

### Onderzoeksaanpak

Het doel van de studie was om een eerste verkenning uit te voeren naar de invloed van de Roer op de afvoer, temperatuur en kwaliteit van de Maas bij verschillende scenario's die rekening houden met bovengenoemde factoren. In de studie zijn de volgende onderzoeksvragen opgepakt: 1. Wat is de bijdrage van de Roer aan de afvoer van de Maas in periodes van lage afvoer? 2. Wat is het effect van het relatief koele water uit de Roer op de temperatuur van het water in de Maas? 3. Wat is de bijdrage van de Roer aan de kwaliteit van het water van de Maas in periodes van lage afvoer?

Vier verschillende scenario's zijn ontwikkeld waarin rekening wordt gehouden met de verschillende situaties die zich kunnen voordoen als gevolg van de verwachte klimaatverandering en de bestaande plannen om het water van de Roer om te leiden:

- De huidige situatie (REF - referentiescenario)
- De toekomstige situatie onder klimaatverandering, zonder wateromleiding (CC)



**Figuur 2**  
Aantal dagen dat een bepaalde watertemperatuur wordt bereikt in de Maas bovenstrooms (up) en benedenstrooms (down) van de uitmonding van de Roer in de Maas voor de verschillende scenario's

- Situatie waarin water uit de Roer wordt omgeleid, zonder klimaatverandering (DIV)
- Combinatie van wateromleiding en klimaatverandering (CCDIV)

In de studie zijn de modelberekeningen aan hydrologische afvoer toegepast, die zijn ontwikkeld binnen het Interreg project AMICE (Aanpassing van het Maas Stroomgebied aan de gevolgen van de klimaatverandering) (<http://www.amice-project.eu/>), dat in 2013 is afgerond. In AMICE zijn daarvoor de bestaande nationale (Franse, Belgische, Duitse en Nederlandse) klimaatscenario's gebruikt. Deze waren al goed afgestemd op de karakteristieken van het stroomgebied. Naast de binnen AMICE berekende afvoer van de Maas en de Roer zijn de luchttemperaturen van het transnationale scenario gebruikt.

Voor het omleiden van het water uit de Roer naar de bruinkoolmijnen is een strategie ontwikkeld die uitgaat van een maximale omleiding van  $2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  bij een afvoer van de Roer van minimaal  $12,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  bij station Jülich. Bij lagere afvoeren wordt minder water omgeleid en bij een afvoer lager dan  $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  wordt de omleiding stopgezet.

Op basis van de AMICE-scenario's, de afvoerberekeningen en de wateromleidingstrategie zijn met behulp van statistische modellen berekeningen gemaakt. Voor schattingen van de watertemperatuur is het model van Vliet et al. (2011) toegepast, dat watertemperatuur niet-lineair aan luchttemperatuur en debiet koppelt en daarbij rekening houdt met de enigszins vertraagde reactie van watertemperatuur op luchttemperatuur. Voor de zuurstof oplosbaarheid is gebruik gemaakt van het model van Weiss (1970). De chloride concentraties zijn afgeleid met behulp van de afvoerrelatie zoals deze door van Vliet en Zwolsman (2008) is bepaald.

Temperatuur en zuurstof zijn belangrijk voor de ecologie in de Maas. De chloride concentratie is gekozen als indicator voor de concentraties van opgeloste verontreinigingen in de Maas. De berekeningen zijn gemaakt voor het meteorologische zomerhalfjaar van april tot september, de maanden met de laagste afvoeren en hoogste watertemperaturen.

### Resultaten

Onder het gebruikte 'droge' AMICE-scenario vermindert de afvoer met 7–20% in 2050 ten opzichte van de referentie. Het effect van de klimaatverandering is veel groter dan het effect van de wateromleiding. Toch is het effect van de wateromleiding significant. In de referentiesituatie neemt het aantal dagen waarop de Roer 20% van de afvoer bijdraagt door de wateronttrekking af van 31 naar 23 dagen (23%). Onder klimaatverandering neemt dit af van 68 naar 59 dagen (13%).

De verminderde afvoer leidt tot een toename van chloride concentraties van 15-20%. De veranderingen in de luchttemperatuur kunnen leiden tot toename in de watertemperatuur van 1,5-2,5 °C. De zuurstof oplosbaarheid daalt hierdoor met 4-10%. Al deze veranderingen hebben een negatief effect op de kwetsbare ecologie van de Maas. De effecten zijn vooral toe te schrijven aan klimaatverandering, gemiddeld genomen zijn de effecten van de wateromleiding relatief klein. Een uitgebreide beschrijving van de resultaten is te vinden in Pyka et al. (2016).

Een kanttekening bij deze studie is dat de gebruikte hydrologische modellen de gemiddelde trends goed weergeven, maar misschien minder geschikt zijn om extreme lage afvoer situaties te simuleren. Bijvoorbeeld, terwijl afvoeren lager dan  $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  zijn gemeten, komen deze (zeldzame) waarden in geen

van de scenario's uit de modelberekeningen. Ook is de tijdhorizon in deze studie beperkt tot 2021-2050, een periode waarin de klimaatverandering nog relatief beperkt is. Daartegenover staat dat het droge scenario dat is gebruikt, als worst-case scenario kan worden beschouwd.

### Conclusies

De studie bevestigt dat stijgende temperaturen en langere periodes van droogte als gevolg van de klimaatverandering samengaan met hogere watertemperaturen en concentraties van verontreinigingen in de Maas en de Roer. Dit heeft een negatieve invloed op de waterkwaliteit en daarmee de ecologische toestand. De Roer heeft in zulke situaties een positief effect op de waterkwaliteit in de Maas. De omleiding van water naar de bruinkoolmijnen heeft gemiddeld genomen een beperkte invloed op deze interactie. Op zeer droge dagen, als de Roer nog een afvoer boven de  $5\text{m}^3\text{s}^{-1}$  heeft, kan de invloed van de omleiding significant zijn.

Voor realiseren van een goede ecologisch toestand moeten de waterbeheerders Rijkswaterstaat, Waterschap Roer en Overmaas en het Wasserverband Eifel-Rur het stuwbeheer, de wateronttrekking en de waterverdeling tussen Roer en Maas goed afstemmen. De internationale Maascommissie kan daarbij een coördinerende rol spelen. Deze commissie zal de resultaten van deze studie in de verdere werkzaamheden betrekken.

Dit onderzoek geeft aan dat de gevolgen van klimaatverandering en de wateromleiding verder moeten worden bestudeerd. Daarbij moet gekeken worden naar de effecten op langere termijn (tot 2100) en ook naar de invloed van andere zijrivieren op de afvoer en kwaliteit van de Maas.

Jos Timmerman, Cor Jacobs  
*Wageningen Environmental Research (Alterra),  
Nederland*

Christiane Pyka, Heribert Nacken  
*(RWTH Universiteit Aken, Duitsland)*

### Gebruikte bronnen

Pyka, C., C. Jacobs, R. Breuer, J. Elbers, H. Nacken, H. Sewilam and J.G. Timmerman (2016). Effects of water diversion and climate change on the Rur and Meuse in low-flow situations. *Environmental Earth Sciences* 75(16): 1-15. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-016-5989-3>

van Vliet, M.T.H. and J.J.G. Zwolsman (2008) Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. *J Hydrol* 353(1-2):1-17. doi:10.1016/j.jhydrol.2008.01.001

van Vliet, M.T.H., F. Ludwig, J.J.G. Zwolsman, G.P. Weedon, P. Kabat (2011) Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow. *Water Resources Res.* doi:10.1029/2010WR009198

Weiss RF (1970) The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. *Deep Sea Res Oceanogr Abstr* 17(4):721-735. doi:10.1016/0011-7471(70)90037-9

Klimaatverandering  
risico ecologie Maas

### SAMENVATTING

In een verkennende Nederlands-Duitse studie is de relatie tussen de afvoer, de watertemperatuur en de waterkwaliteit in laagwater situaties in de Maas en Roer onderzocht onder verschillende scenario's. De resultaten bevestigen dat de stijgende luchttemperaturen en langere periodes van droogte als gevolg van de klimaatverandering zullen samengaan met hogere watertemperaturen en concentraties van verontreinigingen in de Maas en in de Roer. Dit heeft een negatieve invloed op het behalen van de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. De Duitse plannen voor omleiding van water uit de Roer naar de bruinkoolmijnen heeft gemiddeld een beperkte invloed op deze interactie, maar op individuele dagen kan het effect significant zijn. Nauw contact tussen de waterbeheerders is nodig voor handhaving van een goede waterkwaliteit.