



Waterkwaliteit van de Rijn en de Maas bij lage afvoeren: een verkenning aan de hand van de droge zomer van 2003

ANNETTE DOOMEN, KIWA WATER RESEARCH

GERTJAN ZWOLSMAN, KIWA WATER RESEARCH

JAN PETER VAN DER HOEK, WATERNET

MARCO KORTLEVE, DUINWATERBEDRIJF ZUID-HOLLAND

De droogte en warmte in 2003 heeft gevolgen gehad voor de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas. Voor drie locaties waar oppervlaktewater wordt ingenomen voor drinkwaterproductie, twee grenslocaties en Keizersveer zijn de waterkwaliteitseffecten van de droogte geanalyseerd. De gevolgen van de droogte blijken het grootst voor de watertemperatuur en het chloride- en fluoridegehalte. Het onderzoek, dat gefinancierd werd door Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, PWN en Waternet, is uitgevoerd door Kiwa Water Research.

De tweede helft van 2003 was zeer warm en droog in heel Europa. De afvoer en het waterpeil van de grote rivieren daalden sterk. Bovendien werd de temperatuur van het oppervlaktewater uitzonderlijk hoog en verdampte veel water. Nederland had als gevolg van de langdurige droogte te kampen met koelwaterproblemen bij elektriciteitscentrales en de doorbraak van veenkaden bij Wilnis en Terbregge. Beide onderwerpen kregen veel aandacht. De effecten van de droogte op de waterkwaliteit kregen daarentegen weinig aandacht, hoewel de ervaring leert dat in perioden van (extreme) droogte de waterkwaliteit aanzienlijk kan verslechteren. Omdat lage afvoeren door klimaatverandering vaker zullen voorkomen, is een systematische analyse van de effecten van droogte op waterkwaliteit noodzakelijk¹⁾. Temeer omdat slechts weinig bekend is over de effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit.

Het accent van het hydrologische onderzoek in relatie tot klimaatverandering ligt sterk op waterkwantiteit (veiligheid en beschikbaarheid). Onderzoek naar de kortetermijneffecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit staat nog in de kinderschoenen. Wel is bekend dat de waterkwaliteit tijdens

langdurige droogte aanzienlijk kan verslechteren: enerzijds door de verminderde verdunning van continue lozingen door industrie en rioolwaterzuiveringen, anderzijds vanwege de hogere temperatuur en de daarmee samenhangende kans op algenbloei, zuurstofloosheid, botulisme en de groei van *Legionella*^{2),3)}.

Aanpak van het onderzoek

De relatie tussen droogte en waterkwaliteit is onderzocht voor de Rijn en de Maas in Nederland. De analyse bestond uit een directe vergelijking van tijdreeksen van de waterkwaliteit in een extreem droog jaar (2003) met die in relatief natte jaren (2001 en 2002). De waterkwaliteit is onderzocht op drie locaties waar oppervlaktewater wordt ingenomen door drinkwaterbedrijven, namelijk Nieuwegein (Rijnwater), Andijk (Rijnwater) en Brakel (Maaswater), op de twee grenslocaties Lobith aan de Rijn en Eijsden aan de Maas en op Keizersveer aan de Maas (zie de kaart). Zie voor de relevante karakteristieken van deze locaties, voorzover die van belang zijn om de waterkwaliteitsfluctuaties te kunnen begrijpen, het kader.

In overleg met de betrokken waterleidingbedrijven en op basis van de jaaroverzichten van RIWA-Rijn en RIWA-Maas is besloten het onderzoek te beperken tot twaalf parameters: vier algemene parameters (temperatuur, zuur-

Afb. 1: De ligging van de zes onderzoekslocaties.



Karakteristieken van de zes meetstations

Rijn: Lobith is de grenslocatie aan de Rijn. De Rijn is een gemengde regen-smeltwaterrivier. Door het smeltwater is er altijd een basisafvoer in de zomer en door de regen treden afvoerpieken in de herfst en winter op. De Rijn heeft vrij hoge chloridegehaltes als gevolg van de kalimijnen in de Elzas, de zoutindustrie in het Franse deel van de Moezel en de Duitse kolenmijnen.

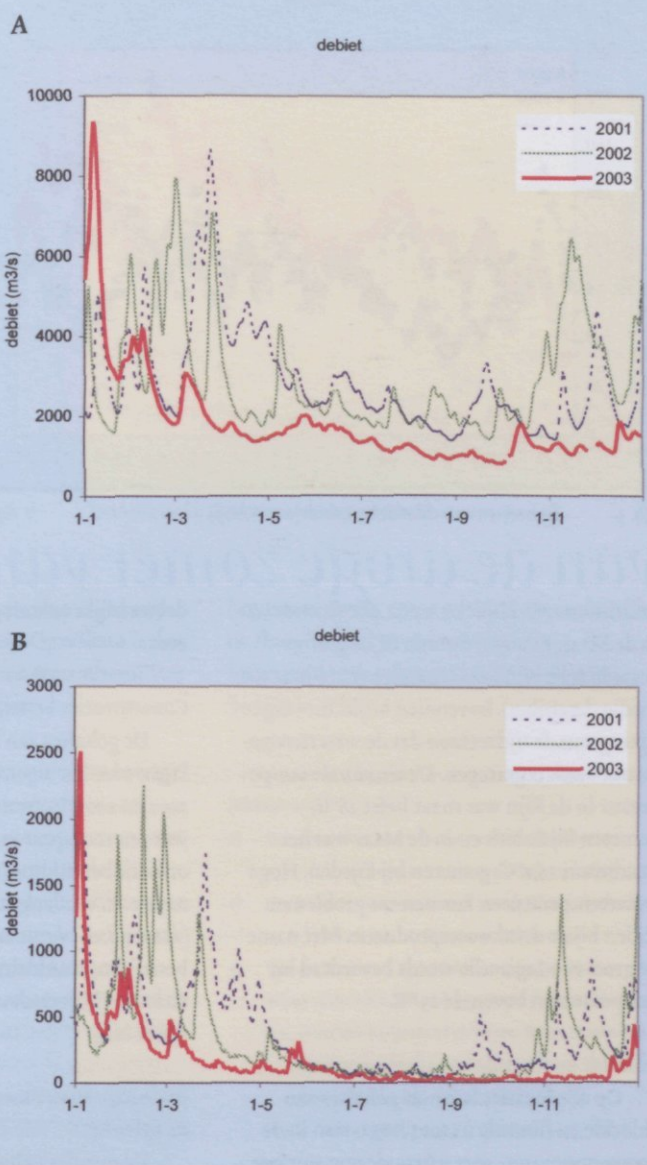
Het innamepunt voor drinkwater bij Nieuwegein ligt aan het Lekkanaal, vlak achter de Beatrixsluizen. Het water van de Lek is grotendeels afkomstig van de Rijn, maar de aanvoer van Rijnwater wordt beïnvloed door het stuwprogramma. Als bij lage Rijnafvoeren de stuw gesloten wordt, neemt het aandeel van overig water (bijvoorbeeld vanaf de Utrechtse Heuvelrug) toe.

Meetlocatie Andijk is specifiek door de ligging in het IJsselmeer. Menging van het Rijnwater in het IJsselmeer kan de kwaliteitsfluctuaties in het Rijnwater afvlakken, maar ook aanvoer vanuit andere bronnen en verdamping kan de waterkwaliteit beïnvloeden. Het water van het IJsselmeer bestaat voor circa 70 procent uit Rijnwater.

Maas: Eijsden is de grenslocatie aan de Maas. De Maas is een regenrivier. Daardoor kan in de zomer, wanneer regenval achterwege blijft en de verdamping hoog is, de afvoer zeer laag zijn. Door de metaalindustrie in Wallonië zijn de gehalten aan zware metalen in de Maas hoog. Ook de aanvoer van bestrijdingsmiddelen is vrij hoog.

Bij Keizersveer is bij lage Maasafvoeren de bijdrage van de zijrivieren tussen Eijsden en Keizersveer relatief groot. De belangrijkste zijrivieren zijn de Roer en de Dieze; kleinere zijrivieren zijn de Jeker, de Geul, de Swalm en de Niers. Bij lage afvoeren zal de waterkwaliteit bij Keizersveer dus anders zijn dan bij Eijsden, afhankelijk van de waterkwaliteit van de zijrivieren. Lozingen spelen vooral bij lage afvoeren een belangrijke rol.

De waterkwaliteit bij Brakel wordt sterk beïnvloed door de ijzersulfaatdosering in de Afdamde Maas ten bate van de drinkwaterinname en door het relatief grote aandeel (een kwart tot de helft) van uitgeslagen polderwater uit de Bommelerwaard. De ijzersulfaatdosering resulteert in lage zwevend stof- en metalengehaltes. Tijdens de droge periode van 2003 was de invloed van het polderwater beperkt, doordat in een droge periode weinig tot geen polderwater wordt uitgeslagen.



Afb. 2: a) Tijdreeksen van het debiet bij Lobith (2001-2003).
b) Tijdreeksen van het debiet bij Eijsden (2001-2003).

Tabel 1: Effecten van de droogte in 2003 op de waterkwaliteit van de Rijn (en het IJsselmeer) en de Maas.

Rijn	Nieuwegein			Maas	Keizersveer		
	Lobith	gein	Andijk		Eijsden	veer	Brakel
debit	--	--	?	debit	--	--	?
temperatuur	++	+	++	temperatuur	++	+	+
zuurstof	+	-	0	zuurstof	+	-	0
zwevend stof	0	0	0	zwevend stof	--	0	0
DOC	0	+	0	DOC	0	0	0
chloride	++	++	++	chloride	++	+	+
fluoride	+	+	-	fluoride	++	+	0
chromium	0	0	0	chromium	-	-	?
nikkel	0	0	0	nikkel	+	0	+
lood	+	+	0	lood	-	0	?
atrazin	0	-	0	atrazin	-	-	0
diuron	+	+	0	diuron	0	-	0
isoproturon	0	--	0	isoproturon	-	--	0

+ = toename van de concentratie
- = afname van de concentratie

0 = geen effect waargenomen
? = geen of onvoldoende meetgegevens

stof, zwevend stof, opgelost organisch koolstof, twee halogenen (chloride, fluoride), drie metalen (chromium, nikkel, lood) en drie bestrijdingsmiddelen (atrazin, diuron, isoproturon).

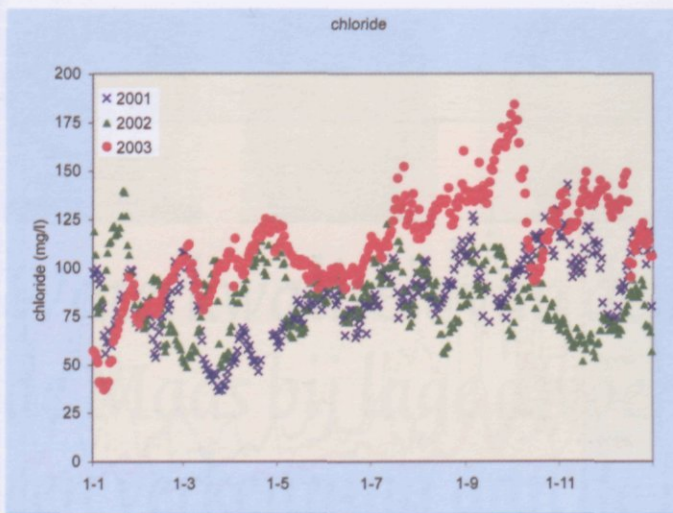
Hoewel het vanuit het waterbeheer een interessante stofgroep is, zijn nutriënten niet in beschouwing genomen.

Resultaten

Het jaar 2003 werd gekenmerkt door een langdurige periode van droogte (mei t/m november) in combinatie met een hittegolf in juli en augustus. De gevolgen voor de waterkwaliteit zijn samengevat in tabel 1.

Debiet en watertemperatuur

In de afbeeldingen 2a en 2b is te zien dat het debiet in de zomer van 2003 duidelijk lager was dan in de twee voorgaande jaren. In de Rijn (Lobith) was de afvoer twee maanden lang lager dan 1.000 kubieke meter per seconde



Afb. 3: Tijdreeksen voor chloride bij Lobith (2001-2003).

(minimum 780 kubieke meter per seconde) en in de Maas (Eijsden) duurde de laagwaterperiode zelfs bijna zes maanden (eind juni tot medio december). Bovendien blijkt uit vergelijking van de tijdreeksen dat de watertemperatuur sterk is gestegen. De maximale temperatuur in de Rijn was maar liefst 28°C, gemeten bij Lobith en in de Maas was het maximum 26,2°C, gemeten bij Eijsden. Hoge watertemperaturen kunnen tot problemen leiden bij de drinkwaterproductie. Met name de groei van *Legionella* wordt bevorderd bij temperaturen boven de 25 °C.

Chloride en fluoride benaderen normen

Op alle locaties lagen de gehalten aan chloride en fluoride in 2003 hoger dan in de voorgaande jaren, met uitzondering van het fluoridegehalte bij Andijk en Brakel. Het chloridegehalte bij Lobith was in de tweede helft van 2003 zelfs zoveel hoger dat het met een maximum van 184 mg/l de innamegrens voor drinkwaterbereiding van 200 mg/l naderde (zie afbeelding 3). De chloridenorm uit het Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en Metingen Oppervlaktewater (BKMO) voor eenvoudige zuivering is scherper dan de innamegrens, namelijk 150 mg/l. Terwijl deze norm voor eenvoudige zuivering in 2001 en 2002 bij Lobith niet werd overschreden, gebeurde dit in 2003 bij zes procent van de metingen. Bij Andijk werd de norm van 150 mg/l zelfs bij 18 procent van de metingen overschreden. Fluoride vormde alleen een probleem bij Eijsden. Daar werd de BKMO-norm van 1 mg/l vijf maanden lang overschreden in 2003 (zie afbeelding 4).

Fluoride en chloride zijn conservatieve stoffen. Dat wil zeggen dat het gehalte alleen afhankelijk is van de belasting, de natuurlijke achtergrond en van de mate van verdunning met rivierwater. Hoe lager het debiet, des te hoger de concentraties. Deze relatie met het

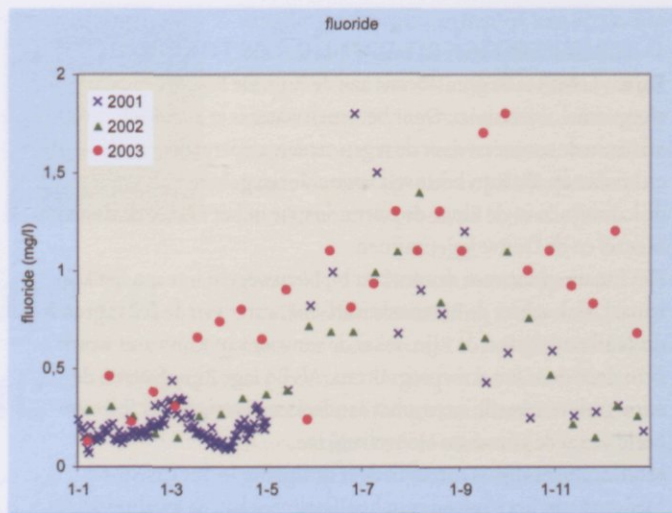
debiet blijkt ook uit de metingen van 2001-2003.

Concentraties bestrijdingsmiddelen nemen af

De gehalten aan bestrijdingsmiddelen lagen over het algemeen lager in 2003 dan in 2002 en 2001. Isoproturon, diuron en atrazine worden toegepast in de landbouw voor onkruidbestrijding, met name in het voor- en najaar. In een langdurige periode van droogte (zomer 2003) vindt accumulatie van bestrijdingsmiddelen in de bodem plaats en daardoor blijven de concentraties in het rivierwater laag.

In de Rijn sterk toenemende concentraties metalen

De metalengehalten in de Rijn waren in de zomer van 2003 hoger dan in de voorgaande jaren. Dit was het geval voor cadmium, koper, kwik, lood en zink te Lobith (zie afbeelding 5 en tabel 2). Ook bij Nieuwegein is een lichte stijging van het loodgehalte in de droge periode waargenomen; voor Andijk was vanwege het te kleine aantal metingen geen uitspraak te doen. Voor nikkel en chroom was het jaar 2003 niet onderscheidend ten opzichte van de voorgaande jaren. De toename van de



Afb. 4: Tijdreeksen voor fluoride bij Eijsden (2001-2003).

concentraties aan zware metalen in de Rijn is wellicht deels toe te schrijven aan de verminderde verdunning van lozingen door puntbronnen, zoals industriële effluenten en rioolwaterzuiveringsinstallaties.

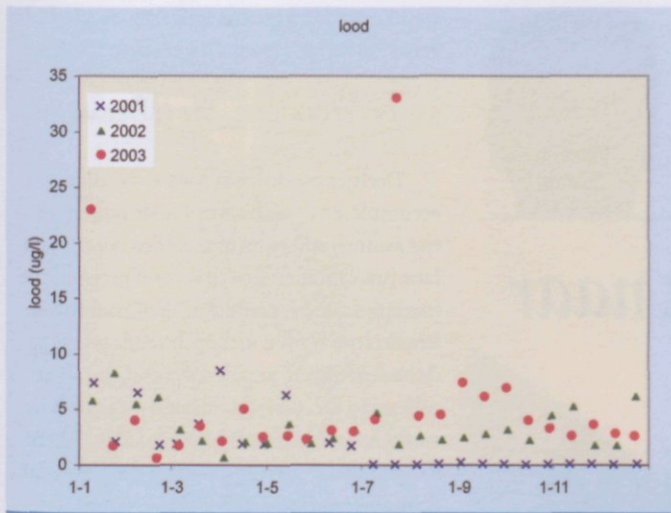
De concentraties aan zware metalen in de Maas hangen sterk samen met het gehalte zwevend stof. In de zomer van 2003 was dit in de Maas bij Eijsden relatief laag. Chroom en lood hadden daardoor lagere gehalten gedurende de droge periode van 2003 (afbeelding 6). Het nikkelgehalte in de Maas nam daarentegen toe tijdens de droge periode. Nikkel komt vooral voor in opgeloste vorm en heeft daardoor een minder sterk verband met het zwevend stofgehalte dan lood en chroom. Het nikkelgehalte werd dan ook voornamelijk beïnvloed door het gebrek aan verdunning in 2003.

Geen eenduidige verbanden overige stoffen

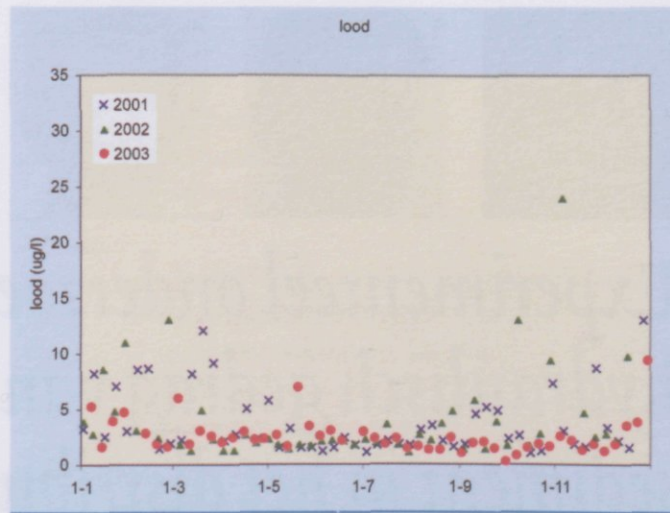
Het zuurstofgehalte en het DOC-gehalte lijken niet sterk beïnvloed te worden door de lage afvoer in 2003. Bij Lobith en Eijsden was het zuurstofgehalte in bepaalde periodes in april tot en met juli iets hoger dan in de voorgaande jaren. Dit is verrassend, omdat een

Tabel 2: Vergelijking van de totaal metaalconcentraties in de Rijn in de periode augustus t/m oktober 2003 ten opzichte van dezelfde periode in 2002 (n = 7).

		2002	2003	2003/2002
zwevend stof	mg/l	30 ± 12	23 ± 4	0,8
cadmium	µg/l	0,06 ± 0,01	0,14 ± 0,06	2,3
chroom	µg/l	3,5 ± 2,9	3,7 ± 1,1	1,1
koper	µg/l	4,9 ± 0,8	7,4 ± 1,3	1,5
kwik	µg/l	0,02 ± 0,01	0,08 ± 0,07	4,0
lood	µg/l	2,9 ± 0,8	5,2 ± 1,6	1,8
nikkel	µg/l	2,4 ± 0,7	2,7 ± 0,5	1,1
zink	µg/l	16 ± 6	25 ± 9	1,6



Afb. 5: Loodgehalte bij Lobith in 2001, 2002 en 2003.



Afb. 6: Loodgehalte bij Eijsden in 2001, 2002 en 2003.

combinatie van lage afvoeren en hoge temperaturen doorgaans leidt tot een verlaging van het zuurstofgehalte. Mogelijk is de verhoging het gevolg van primaire productie (algengroei), maar de meetfrequentie is te laag om daar met zekerheid een uitspraak over te kunnen doen. Ook bij Nieuwegein, Andijk en Keizersveer is de meetfrequentie van zuurstof te laag om een betrouwbare uitspraak te kunnen doen over de effecten van algengroei (naar verwachting resulteert dit in verhoging overdag en verlaging in de nacht) en de stagnante situatie.

Conclusie en mogelijke gevolgen voor de drinkwaterproductie

Het lage debiet en de lange duur daarvan heeft in de Rijn en de Maas geleid tot een sterke verhoging van de watertemperatuur en van de gehalten aan chloride en fluoride. De sterke stijging van het chloridegehalte in het IJsselmeer bij Andijk is opvallend. Daarnaast zijn wisselende effecten op de concentraties aan zware metalen waarneembaar, afhankelijk van de locatie en het metaal. De gehalten aan

bestrijdingsmiddelen zijn over het algemeen wat lager in de droge periode. Opvallend is dat de beschikbare meetgegevens geen afname van het zuurstofgehalte laten zien.

Bij voortschrijdende klimaatverandering moet rekening worden gehouden met een verdere stijging van de watertemperatuur, wat leidt tot meer overschrijdingen van de 25°C-norm. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de kwaliteit van het ruwe water. In de Rijn zal chloride weer een problemstof kunnen worden. De innamegrens van 200 mg/l werd in 2003 niet overschreden, maar wel benaderd bij Lobith (maximaal 184 mg/l) en Andijk (maximaal 180 mg/l). In de Maas is fluoride nu al een probleem. De fluoridenorm van 1 mg/l werd in 2003 langdurig overschreden.

Mocht de zomer van 2003 inderdaad voor de toekomst een gemiddelde zomer blijken te zijn, dan heeft dit wat chloride en fluoride betreft significante negatieve gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Een toename van

het aantal normoverschrijdingen van chloride en fluoride kan gevolgen hebben voor de bedrijfsvoering van drinkwaterproductiebedrijven. ■

LITERATUUR

- 1) Beleidsmonitor water, thema chemische kwaliteit van oppervlaktewater (2004). Milieu- en Natuurplanbureau.
- 2) De Bruijn F. en A. van Mazijk (2003). Klimaatinvloeden op de kwaliteit van het Rijnwater. RIWA-rapport.
- 3) Van der Weijden C. en J. Middelburg (1989). Hydrogeochemistry of the River Rhine: long term and seasonal variability, elemental budgets and pollution. *Water Research* nr. 23, pag. 1247-1266.