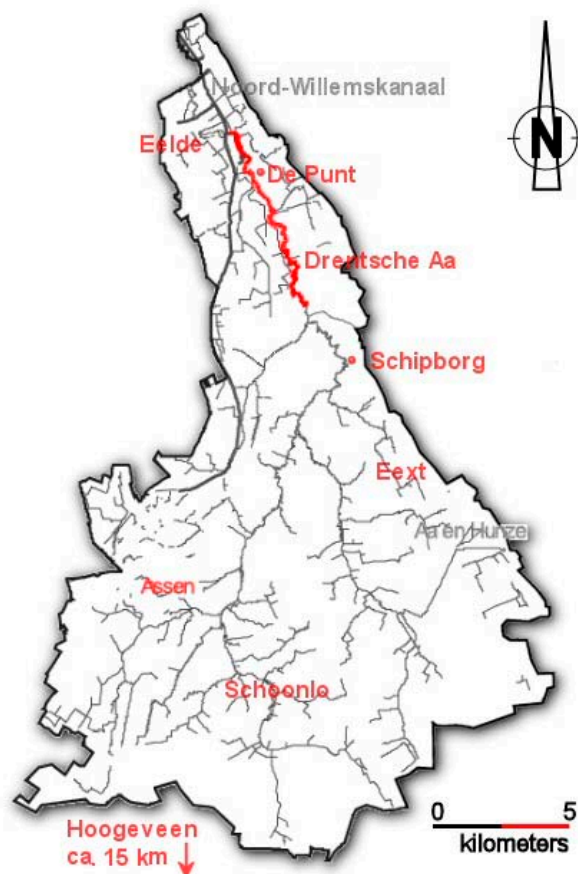


Klimaatverandering en de Drentsche Aa

*Verkenning effect op afvoer en
bestrijdingsmiddelen*



April 2006

Klimaatverandering en de Drentsche Aa

*Verkenning effect op afvoer en
bestrijdingsmiddelen*

© 2006 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa N.V.

Water Research

Groningenhaven 7

Postbus 1072

3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511

Fax 030 60 61 165

Internet www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Klimaatverandering en de Drentsche Aa

Verkenning effect op afvoer en bestrijdingsmiddelen

Projectnummer

111.583.300

BTO project Risico-analyse effecten van
klimaatverandering

Projectmanager

T. Ramaker

Kwaliteitsborger(s)

G. Zwolsman

Auteur(s)

B. de Jong

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van mijn stage voor mijn studie bodem, water en atmosfeer aan de Wageningen UR. Een ander onderdeel van mijn stage was het schrijven van een review getiteld: *Effect of Global Warming on Floods and Droughts and related Water Quality*. Het onderzoek is een initiatief van Kiwa N.V. en maakt deel uit van het klimaatsonderzoek dat door Kiwa wordt uitgevoerd en dat wordt gefinancierd vanuit het BTO, Delft Cluster en bijdragen van individuele waterleidingbedrijven.

Klimaatverandering was voor mij een nieuw onderzoeksgebied. Veelzijdig en daarom leerzaam. Schokkend ook om te zien hoe bijvoorbeeld de Alpine gletsjers in rap tempo afsmelten en wat dit voor gevolgen zal hebben voor bijvoorbeeld de afvoer van de Rijn. Een kans op 50% afname van de zomerafvoer in het meest extreme geval is niet mis!

Het leuke van specifiek dit onderzoek is dat het effect van klimaatverandering heel concreet bekeken wordt voor één stroomgebied in Nederland en mét een drinkwaterfunctie, de Drentsche Aa. Verbazend is het dat ook hier het klimaat flink verandert, maar dat er vrijwel in geen rapport of onderzoek kwantitatief naar gekeken is. Blijkbaar ondervindt of voorziet men weinig problemen of ziet men geen bruikbare kansen om klimaatverandering interessant te vinden. Gezien de resultaten in dit rapport is het de vraag of dit juist is.

Via deze weg wil ik Gertjan Zwolsman bedanken voor zijn uitstekende begeleiding, het doornemen van het rapport en het geven van opbouwende kritiek. Daarnaast wil ik de volgende personen bedanken: Gerard van den Berg (Kiwa N.V.) voor de goede en leerzame gesprekken tijdens de rit van en naar Waterlaboratorium Noord, Kees van Beek (Kiwa N.V.) voor de kalium tip, Hilde Prummel, Peter van der Maas en Harm de Kleine (Waterlaboratorium Noord) voor het aanleveren van de waterkwaliteitsdata en het kritisch doorlezen van het rapport, Johan Kieft en Dirk van der Woerd (Waterbedrijf Groningen) voor het geven van stroomgebiedinformatie en afvoergegevens van de Drentsche Aa, en Herman Wanningen (Waterschap Hunze & Aa's) voor het informatieve gesprek. Zonder deze medewerking kon het rapport niet in korte tijd tot stand komen.

Barend de Jong
Mei 2006
Nieuwegein

Samenvatting

Degenen die bekend zijn met het watersysteem van de Drentsche Aa en de waterwinning door Waterbedrijf Groningen en alleen geïnteresseerd zijn in de uitkomsten van deze verkennende studie worden verwezen naar de Conclusies in Hoofdstuk 6.

Inhoud

	Voorwoord	1
	Samenvatting	3
	Inhoud	5
1	Inleiding	7
1.1	Klimaatverandering	7
1.2	Waterkwaliteit in klimaatsonderzoek	7
1.3	Doel	8
1.4	Methode	8
1.5	Leeswijzer	9
2	De Drentsche Aa	11
2.1	Ligging	11
2.2	Geologie	11
2.3	Hydrologie	12
2.4	Bodem en grondgebruik	13
3	Waterwinning en waterkwaliteit Drentsche Aa	15
3.1	Drinkwaterproductie pompstation De Punt	15
3.2	Waterwinning	15
3.3	Waterkwaliteit Drentsche Aa	16
4	Analyse neerslag en afvoer	19
4.1	Databeschrijving	19
4.2	Analyse Meteorologie	20
4.3	Analyse Afvoer en Debiet	23
5	Analyse waterkwaliteit	27
5.1	Databeschrijving	27
5.2	Analyse bestrijdingsmiddelen	27
5.3	Relatie bestrijdingsmiddelen met neerslag of debiet	29
5.4	Relatie bestrijdingsmiddelen en klimaatverandering	32

6	Conclusies en aanbevelingen	33
6.1	Conclusies	33
6.1.1	Waterwinning Waterbedrijf Groningen	33
6.1.2	Meteorologie	33
6.1.3	Afvoer en debiet	33
6.1.4	Bestrijdingsmiddelen	33
6.1.5	Bestrijdingsmiddelen en afvoer	34
6.1.6	Bestrijdingsmiddelen en klimaat	34
6.2	Aanbevelingen	34
	Literatuur	37
I	Grondwatercontourlijnen	39
II	Debiet Drentsche Aa 1977-2003	41
III	Proportionele bemonstering bestrijdingsmiddelen (1991-2005)	43
IV	Maximum concentraties en normoverschrijdingen van bestrijdingsmiddelen (1995-2005)	45
V	Relatie debiet en bestrijdingsmiddelenconcentraties	51
VI	Relatie debiet en kalium concentraties	55

1 Inleiding

1.1 Klimaatverandering

Dat in de laatste decennia het klimaat is opgewarmd, is een feit. Dat de mens hiervoor verantwoordelijk is, wordt door steeds minder wetenschappers betwijfeld. En al zou klimaatverandering een natuurlijke oorzaak hebben, dan nog vraagt klimaatverandering om aandacht (Bresser *et al.*, 2005). Hoewel er in Nederland nog weinig problemen worden veroorzaakt door klimaatverandering, verandert het klimaat wel. Zo is de temperatuur de vorige eeuw met 1°C gestegen en verwacht men over de komende honderd jaar een extra stijging van 2 tot 6°C. Dit zal gevolgen hebben voor de hydrologische kringloop en de daaraan gerelateerde waterkwantiteit en waterkwaliteit. Vooral tijdens hydrologische extremen als zware regenbuien en droogtes zullen de waterkwantiteit en waterkwaliteit onder druk staan (De Jong, 2006) met alle gevolgen van dien voor onder andere de drinkwaterwinning, waterzuivering en aquatische ecologie. De verwachting is dat deze extremen onder invloed van klimaatverandering in de toekomst meer en intenser zullen voorkomen. Het risico op problemen zal hierdoor toenemen.

1.2 Waterkwaliteit in klimaatsonderzoek

Waterkwaliteit krijgt wereldwijd weinig aandacht in het klimaatonderzoek (De Jong, 2006). Ook in Nederlandse onderzoeken is de aandacht voor waterkwaliteit summier (zie bijvoorbeeld: Bruijn & Mazijk, 2003; Balfoort *et al.*, 2004; Bresser *et al.*, 2005; Zwolsman & Doomen, 2005). De meest concrete aandacht krijgen verzilting van de rivierdelta bij lage afvoeren van de grote rivieren, chloride concentraties in de rijkswateren tijdens droogtes en het voorkomen van blauwalgen in oppervlaktewater in warme perioden. Vooral de rijkswateren krijgen dus aandacht en dat voor maar een aantal parameters. Toch kan de waterkwaliteit ook op meer lokale schaal wel degelijk problematisch worden onder invloed van klimaatverandering. Te meer wanneer waterkwaliteitsnormen worden aangescherpt door de Kaderrichtlijn Water. Huidige problemen met bijvoorbeeld eutrofiering kunnen versterkt worden en opgeloste problemen kunnen opnieuw problematisch worden. Meer inzicht in de waterkwaliteitsontwikkeling en bewustwording dat ook waterkwaliteit onder invloed staat van klimaatverandering, is dan ook op zijn plaats. Om inzichtelijk te maken welke problemen zich onder bepaalde omstandigheden zullen voordoen, is meer onderzoek nodig. De waterschappen Stichtse Rijnlanden heeft het plan om een onderzoek uit te voeren en Wetterskip Fryslân heeft deze stap ondertussen genomen en doet expliciet onderzoeken naar het effect van klimaatverandering op de waterkwaliteit in hun beheersgebied.

1.3 Doel

Het onderzoek dat voor u ligt, is een verkennend onderzoek naar het effect van klimaatverandering op de afvoer en de waterkwaliteit van rivier de Drentsche Aa. Voor de waterkwaliteit van de Drentsche Aa zijn vooral bestrijdingsmiddelen en nutriënten nog problematisch. Regelmatig overschrijden stoffen als MCPP, MCPA, glyfosaat, glufosinaat en AMPA de drinkwaternorm (Wanningen & Soppe, 2004). Met eenvoudige statistische technieken wordt gekeken of en hoe het aantal normoverschrijdingen van bestrijdingsmiddelen onder invloed van klimaatverandering zal veranderen.

1.4 Methode

De Drentsche Aa is gekozen om twee redenen. Het is een 'drinkwaterleverancier' voor drinkwaterbedrijf Groningen en het ligt voor de volle lengte op Nederlands grondgebied. Op het moment is de Drentsche Aa een van de schoonste riviertjes van Nederland. De afgelopen decennia zijn er verschillende onderzoeken gedaan naar aspecten van de Drentsche Aa. Hierin komen waterkwantiteit en waterkwaliteit ruim aan de orde. Er wordt echter nergens een concrete link gelegd naar klimaatverandering.

De methode is overgenomen van Zwolsman & Doomen (2005). Zij zochten naar eenvoudige relaties tussen afvoer en concentraties van onder andere bestrijdingsmiddelen, nutriënten en zware metalen in de Rijn en de Maas. Deze relaties koppelden zij aan prognoses van toekomstige afvoeren. Zo konden zij uitspraken doen over de invloed van klimaatverandering op de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas.

Voor de Drentsche Aa zijn geen prognoses van toekomstige afvoeren bekend. Wel zijn er historische trends en toekomstverwachtingen opgesteld voor het klimaat van Nederland. Er wordt gekeken of trends in neerslag van meteostations in het stroomgebied van de Drentsche Aa overeenkomen met de trends voor meteostation De Bilt. Verder wordt via regressie gezocht naar verbanden tussen neerslag en afvoer van de Drentsche Aa en afvoer en bestrijdingsmiddelenconcentraties. Het zal blijken dat er te weinig bruikbare concentratiegegevens beschikbaar zijn om een betrouwbare relatie te kunnen leggen tussen debiet en bestrijdingsmiddelenconcentraties. Om toch wat te kunnen zeggen over het effect van klimaatverandering op bestrijdingsmiddelen wordt er gekeken naar kalium, ook een uitspoelinggevoelige stof. Hiervoor is een goed verband te vinden tussen debiet en concentratie. In analogie hiermee wordt een verwachting opgesteld voor de verandering van normoverschrijdingen door bestrijdingsmiddelen in de Drentsche Aa onder invloed van klimaatverandering.

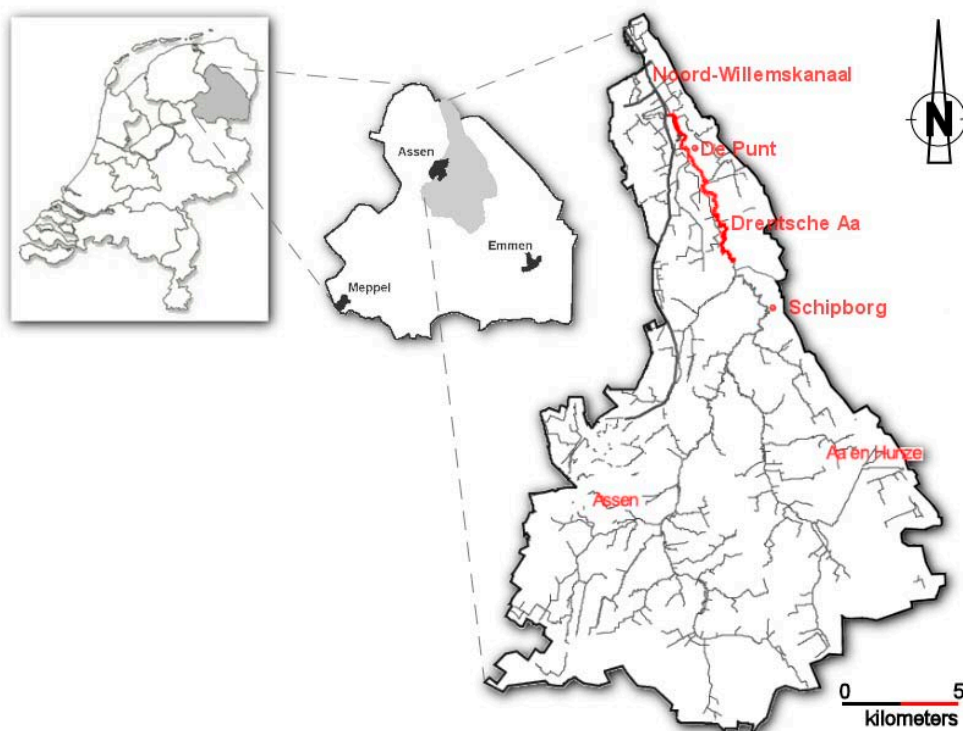
1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft kort aandacht aan de ligging en de hydro-geologie van het stroomgebied van de Drentsche Aa. Sinds 1881 wint Waterbedrijf Groningen drinkwater uit de Drentsche Aa. In *Hoofdstuk 3* wordt de winmethode en de ontwikkeling van de waterkwaliteit van de Drentsche Aa besproken. In *Hoofdstuk 4* komen de meteodata en het debiet van de Drentsche Aa aan bod. Aanwezige trends in neerslag blijken overeen te komen met de trend in De Bilt voor de afgelopen eeuw. Verder blijkt er een sterk verband te liggen tussen jaarlijkse neerslagsommen en afvoersommen. In *Hoofdstuk 5* wordt de bestrijdingsmiddelen dataset geanalyseerd en gecorreleerd aan debiet. Van de 18 stoffen die ooit zijn aangetroffen blijven na analyse nog 6 relevante stoffen over. Het is niet mogelijk om tussen deze stofconcentraties en het debiet een significant verband te vinden. In plaats daarvan wordt de relatie van kalium met het debiet onderzocht en worden parallel hiermee uitspraken gedaan over het effect van klimaatverandering op het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in de Drentsche Aa. *Hoofdstuk 6* eindigt met conclusies en aanbevelingen.

2 De Drentsche Aa

2.1 Ligging

De Drentsche Aa ligt in de provincie Drenthe in Noord-Oost Nederland (Figuur 1). Het stroomgebied valt onder het Deelstroomgebied Nedereems dat op haar beurt valt onder het stroomgebied van de Eems (Anonymus, 2005b). Het stroomgebied van de Drentsche Aa heeft een oppervlakte van 32.087 ha (Roelsma *et al.*, 2004) en een hoogtegradiënt van Zuid naar Noord van 26 naar < 0 m+N.A.P. (Schiltkamp, 2003). De benaming van het stroomgebied, 'Drentsche Aa', komt van het benedenstroomse deel van het beekstelsel (Figuur 1) dat ter hoogte van Vries-Zuidlaren begint.



Figuur 1. Ligging van de Drentsche Aa in Nederland en in de provincie Drenthe.

2.2 Geologie

De geologische structuur van het gebied is opgebouwd uit Tertiaire, Pleistocene en Holocene afzettingen, gesedimenteerd door winden, rivieren en gletsjers (De Heer, 1989; De Rijk, 2000). De hydrologische basis, de formatie van Breda is gevormd tijdens het Mioceen. Er is onvoldoende gebiedsdekkende data om een volledig en precies overzicht te geven van de geologie (De Heer, 1989). Over het algemeen kunnen er vier aquifers onderscheiden worden met daartussen 3 aquitards (Tabel 1). Maar door de

heterogene verdeling van de aquitards kan het aantal aquifers lokaal verschillen.

Tabel 1. De geologische opbouw van stroomgebied De Drentsche Aa (De Heer, 1989).

pakket	geschatte dikte [m]	formatie
aquifer 1	1 - >2	Twente formatie: dekzand, veen en fluvioperiglaciale zanden
aquitard 1	1 - 15	Drente formatie: keileem Twente formatie: veen en leem
aquifer 2	5 - 30	Peelo, Urk II en Eindhoven formaties: zandige afzettingen
aquitard 2	0 - 90	Peelo, Urk I en II formaties: klei afzettingen
aquifer 3	10 - 100	Harderwijk, Enschede en Urk I formaties: zandige afzettingen
aquitard 3	0 - 60	Harderwijk en Scheemda formaties: kleiige afzettingen
aquifer 4	50 - 100	Breda, Oosterhout, Scheemda en Maassluis formaties: zandige afzettingen
basis	vanaf 250 m - NAP	Breda formatie: mariene kleien

2.3 Hydrologie

Het beekstelsel van de Drentsche Aa ontspringt met verschillende kleine takken van de hoge Drentsche gronden. Deze beken, ook wel 'diep' of 'loop' genoemd, voeren veel water aan. Ook bij droogte voeren de beken water, voornamelijk gevoed door kwelwater. De beekdalen kunnen smal zijn, met voor Nederlandse condities relatief grote hoogte gradiënten. De waterstanden in vrijwel alle beken worden geregeld met beweegbare stuwen. De bovenstroomse en enkele middenstroomse beken zijn rechtgetrokken wat resulteert in onnatuurlijke afstroming met hoge piekafvoeren en kleine verblijftijden. Bij verschillende natuurontwikkelingsprojecten worden de oude meanders weer hersteld en onderneemt men maatregelen om oude, verstoorde kwelsystemen weer te herstellen (bijv. Anonymus, 2001).

Grondwatercontourlijnen tonen een dalende gradiënt van Zuid naar Noord van 15 m tot < 0 m+N.A.P. (Bijlage I). Het patroon van de grondwatercontourlijnen rond de zuidgrens van het stroomgebied wijst op een hydrologische waterscheiding. In dezelfde figuur zijn subsystemen aangegeven. Deze ontstaan door grondwateronttrekking. Belangrijk voor de Drentsche Aa zijn pompstation De Punt (Paragraaf 3.2) en Assen. De grondwaterwinning in Zuidlaren is in 2001 gestopt (pers. comm. D. van der Woerd, Waterbedrijf Groningen, april 2006). De grondwaterwinning in Assen bedraagt ongeveer $3.5 \cdot 10^6$ m³ per jaar (Anonymus, 2003).

2.4 Bodem en grondgebruik

De bodem in het stroomgebied bestaat voor het overgrote deel uit zandgronden (ruim 90%), met in de beekdalen laagveen (Roelsma *et al.*, 2004). De zandgronden kunnen verder onderverdeeld worden in podzolgronden (80%), beekerdgronden (13%) en vaaggronden en stuifzandgronden (samen 7%).

De verdeling van het grondgebruik in het stroomgebied van de Drentsche Aa is weergegeven in Tabel 2. Ruim de helft van het stroomgebied wordt gebruikt door de landbouw (Roelsma *et al.*, 2004). Hiervan is ongeveer de helft grasland. Verder zijn vooral aardappelen en granen sterk in het agrarische gebied vertegenwoordigd. De andere helft van het stroomgebied bestaat voor ongeveer 32% uit natuur. In de beekdalen vindt men vooral verschaalde graslanden en andere korte vegetatie. Daarnaast neemt loof- en naaldbos ongeveer 60% van de natuur in (ca. 20% van het stroomgebied). Het bebouwde gebied beslaat 16% van het stroomgebied. In het westen ligt Assen, in het noorden Zuidlaren, in het oosten Gieten en in het midden Rolde (niet aangegeven in Figuur 1).

Tabel 2. Grondgebruik in het stroomgebied van de Drentsche Aa (Roelsma *et al.*, 2004)

grondgebruik	oppervlak [ha]	oppervlak [%]
landbouw	16550	52
grasland	8578	27
maïs	1443	4
akkerbouw	5773	18
aardappelen	2721	8
granen	2059	6
bieten	993	3
overig	755	2
natuur	10109	32
loofbos	2470	8
naaldbos	3630	11
overig	4009	12
open water	339	1
bebouwd gebied	5089	16
stedelijke bebouwing	2176	7
wegen	788	2
gras in bebouwing	1484	5
bos in bebouwing	641	2
<i>totaal</i>	<i>32087</i>	<i>100</i>

3 Waterwinning en waterkwaliteit Drentsche Aa

3.1 Drinkwaterproductie pompstation De Punt

De Drentsche Aa wordt al sinds 1881 door Waterbedrijf Groningen (toen Gemeentebedrijf Groningen) gebruikt voor de bereiding van drinkwater. Het innamepunt ligt in de benedenloop van de beek ter hoogte van De Punt in het noordelijke gedeelte van het stroomgebied (Figuur 1). Het totale waterwinsysteem van pompstation De Punt bestaat uit oppervlaktewaterwinning, zuivering, oppervlaktewaterinfiltratie, grondwaterwinning en opslag.

De oppervlaktewaterwinning begint met het opvangen van water uit de Drentsche Aa in een mengbekken. De verblijftijd is ongeveer 3 maanden (Anonymus, 2005c). Zo worden fluctuaties in de waterkwaliteit afgevlakt. Vervolgens wordt het water verwerkt tot drinkwater. Uit een tracerexperiment (puls) blijkt dat bij een winning van $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ de afvlakking een factor 30 bedraagt (Soppe, 2005). De bestaande waterzuivering werk naar behoren en bestaat uit een coagulatie- en sedimentatie-installatie, koolfiltratie, snelfiltratie (tussenfilters), langzame zandfiltratie (biologisch filter) en UV-behandeling. Na de zuivering wordt een gedeelte opgeslagen in reinwaterkelders. Een ander gedeelte wordt geïnfiltreerd in de bodem, weer opgepompt en gemengd met gewonnen grondwater. Na beluchting en filtratie wordt dit water gemengd met het gezuiverde oppervlaktewater in de reinwaterkelders. Het grondwaterwinsysteem bestaat uit 26 pompputten waaruit tot een diepte van 100m het water wordt opgepompt.

De menging van oppervlaktewater met grondwater is van belang voor de watertemperatuur. De temperatuurregulatie is vooral in de zomer van belang. Men probeert dan te voorkomen dat de watertemperatuur boven de 15°C uitstijgt door menging met relatief kouder grondwater (pers. comm. J. Kieft, Waterbedrijf Groningen, september 2005). Bij temperatuurstijging verwacht men problemen met bacteriën (*Aeromonas*'s) in het leidingnet. Temperaturen van 20°C of meer zijn ongewenst in verband met de slechte staat van het gietijzeren leidingnet. Het waterbedrijf heeft plannen om het leidingnet te saneren en wil zelfreinigende netten aanleggen (pers. comm. D. van der Woerd, Waterbedrijf Groningen, april 2006).

3.2 Waterwinning

De winningen voor 2003 en 2004 staan gegeven in Tabel 3. Over de grondwaterwinning is een discussie gaande met betrekking tot de effecten op de natuurlijke, kwelafhankelijke vegetatie. In een raamconvenant is besloten de gemiddelde jaarlijkse grondwateronttrekking door pompstation De Punt

aan een maximum van 8 miljoen m³ te binden en de vergunde onttrekking van 13 miljoen te handhaven (Anonymus, 1999). Nog dit jaar zal er in breed verband onderzoek gedaan worden naar de effecten van grondwaterwinning op de natuur. Hierbij probeert men oplossingen te vinden om effecten te minimaliseren. Het waterbedrijf is van mening dat grondwater nodig blijft voor een goede kwaliteit van het drinkwater, voor een goede temperatuur en voor voldoende water tijdens droogte en calamiteiten (pers. comm. J. Kieft, Waterbedrijf Groningen, september 2005). Naast deze ontwikkeling zijn er plannen om de oppervlaktewaterwinning in De Punt gefaseerd te laten toenemen. In eerste instantie zal daar een zuivering van tussen de 7 en 10 · 10⁶ m³ j⁻¹ worden gerealiseerd. Afhankelijk van de toekomstige ontwikkeling in de drinkwatervraag wordt er rond 2015 een tweede fase gepland (Anonymus, 2005c). Hiermee wordt het bedrijf meer afhankelijk van de waterkwantiteit en -kwaliteit van de Drentsche Aa. Stijgende temperaturen door klimaatverandering en de kans op meer en langdurigere droogtes (Bresser *et al.*, 2005) in combinatie met een verminderd grondwatergebruik en een toename van de oppervlaktewaterwinning zal het risico op innametekorten verhogen. Het is lastig om deze tekorten op te vangen, omdat het mengbekken juridisch gezien niet gebruikt mag worden als voorraadbekken en tegelijkertijd de grondwateronttrekking aan maximum grenzen gebonden is.

Tabel 3. Productiecijfers voor De Punt voor de jaren 2003 en 2004 (Anonymus, 2004; Anonymus, 2005a)

jaar	mengbekken [x 10 ³ m ³]	na infiltratie [x 10 ³ m ³]	grondwater [x 10 ³ m ³]	totaal [x 10 ³ m ³]
2003	3.157	2.177	6.638	11.972
2004	4.112	2.866	4.944	11.922

3.3 Waterkwaliteit Drentsche Aa

Vanaf ongeveer 1924 controleert Waterbedrijf Groningen de kwaliteit van het ingenomen water en worden periodiek ook bovenstrooms metingen verricht. Ondertussen wordt de kwaliteitsmeting uitgevoerd door Waterlaboratorium Noord via een fusie tussen Laboratorium De Punt en Waterlaboratorium Noord op 1 oktober 2000. Onderzoek van Sikkens *et al.* (2004) toonde aan dat de waterkwaliteit vooral in de jaren 50 en 60 slecht was door de aanwezigheid van ongezuiverde afvalwaterlozingen. Maar door allerlei maatregelen en regelgeving ontwikkelde de Drentsche Aa zich langzamerhand tot een van de schoonste riviertjes van Nederland. Niet verwonderlijk dat de Drentsche Aa beleidsmatig aandacht heeft gekregen. Sinds 2003 heeft het de status nationaal beek- en esdorpenlandschap. Verder vallen delen van het stroomgebied onder de Habitat- en Vogelrichtlijn.

In de afgelopen decennia had het waterbedrijf regelmatig te maken met te hoge gehalten aan bestrijdingsmiddelen (Wanningen & Soppe, 2004), vooral tijdens regenbuien. Vanaf 1994 zijn daarom maatregelen genomen: diverse vul- en spoelplaatsen zijn aangelegd, het vullen of spoelen van

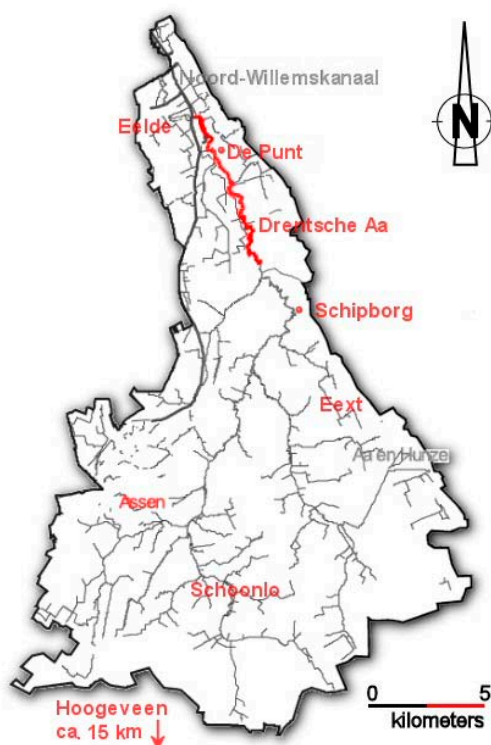
spruitapparaat vanuit de beek werd verboden en aan weerskanten van belangrijke watervoerende watergangen is een strook van vijf meter tot grondwaterbeschermingsgebied verklaard. Door het van kracht worden van het Lozingsbesluit Open Teelt en Veehouderij in 2000 mogen geen bestrijdingsmiddelen meer worden toegepast in een zone van (afhankelijk van de teelt) 0,5 tot 1,5 m aan weerskanten van alle watervoerende waterlopen. Dit moet vooral de verwaaiing (drift) van middelen naar het oppervlaktewater voorkomen. Voor de Drentsche Aa betekent het Lozingsbesluit dat ook perceelsloten nu zijn voorzien van een beschermende zone. Uit een modelstudie van Alterra blijkt dat door de invoering van spuitvrije zones en het genoemde Lozingsbesluit de waterbelasting door drift in het Drentsche Aa gebied met ruim de helft is afgenomen. Deze afname zal nog worden versterkt door de andere genoemde maatregelen (Wanningen & Soppe, 2004). De tien meest relevante bestrijdingsmiddelen zijn: simazine, atrazine, bentazon, MCPP, MCPA, diuron, DNOC, 2,4-D, glyfosaat en AMPA (afbraakproduct glyfosaat). Metingen tonen aan dat de concentraties hiervan ook daadwerkelijk afnemen. Steeds minder wordt de drinkwaternorm van 0.1 µg/l overschreden. Stoffen die na 2001 nog normoverschrijdend voorkwamen zijn voornamelijk MCPP en MCPA en minder regelmatig glyfosaat, glufosinaat en AMPA (Wanningen & Soppe, 2004). Dat deze stoffen nog worden aangetroffen, komt waarschijnlijk door hun uitspoelingsgevoeligheid. Spuitvrije zones hebben hier minder invloed op.

Naast bestrijdingsmiddelen, kwamen ook microbiële stoffen in het oppervlaktewater voor in concentraties hoger dan de eisen in de Waterleidingwet (Anonymus, 2004). Uit risicoanalyse bleek dat er een theoretische kans bestaat dat de ontlasting van vogels boven de Drentsche Aa en het mengbekken bij de Punt tot gezondheidsrisico's leidt voor afnemers van drinkwater bereid uit oppervlaktewater van de Drentsche Aa. Het kan zijn dat een niet te meten concentratie van de bacterie *Campylobacter* in de winter in het drinkwater aanwezig is. In de winter van 2003 heeft men om die reden tijdelijk de oppervlaktewaterwinning stil gelegd. Hiervoor moest de reservecapaciteit voor calamiteiten worden ingezet. Omdat men verwachtte dat dit jaarlijks terug zou keren, heeft men besloten om tijdelijk in de winter preventief te chloreren. In 2005 is de definitieve oplossing gevonden in UV-desinfectie (Anonymus, 2005a).

4 Analyse neerslag en afvoer

4.1 Databeschrijving

De meteorologische gegevens komen van het KNMI en bestaan uit dagmetingen van neerslag van de meteostations Assen (1967-2003), Eelde (1971-2003), Eext (1967-2003) en Schoonlo (1967-2003) en uit dagmetingen van de potentiële verdamping van de stations Eelde (1967-2004) en Hoogeveen (1989-2003; zie Figuur 2). Voor de analyse worden de gemiddelden over de stations gebruikt.

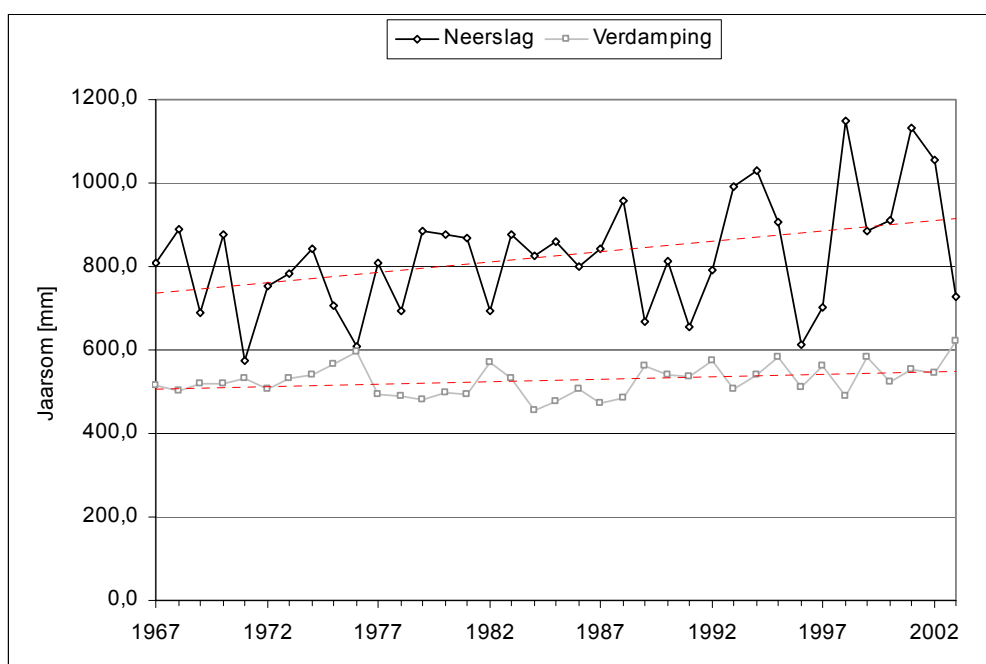


Figuur 2. Ligging meteostations in het stroomgebied van de Drentsche Aa.

Debietgegevens komen van Waterbedrijf Groningen. Deze zijn gemeten bij Schipborg. De waterstand wordt daar eens per kwartier gemeten en via een 'Q-h' relatie omgezet naar debiet waarden (Roelsma *et al.*, 2004). De data bestaat uit daggemiddelden en bestrijkt de jaren 1977 t/m 2004 (Bijlage II). Aanwezige hiaten zijn opgevuld door Alterra met behulp van een neerslag-afvoer model.

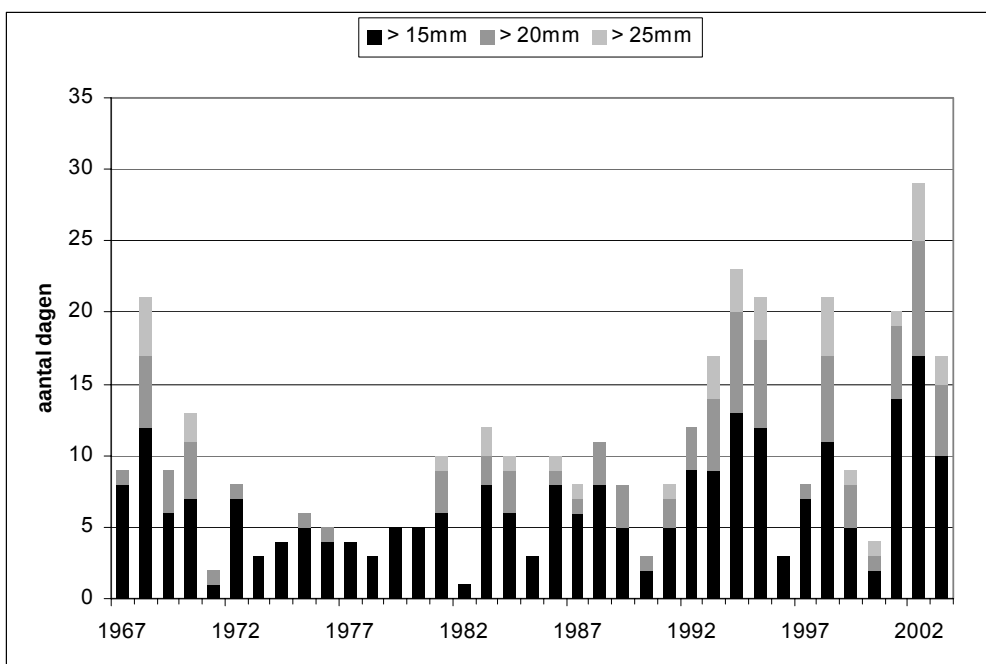
4.2 Analyse Meteorologie

Sinds 1901 is in Nederland de gemiddelde neerslaghoeveelheid met gemiddeld 20% toegenomen en nam het aantal dagen met minstens 15, 20 of 25 mm neerslag met meer dan 50% toe (Bresser *et al.*, 2005). De meteodataset van het stroomgebied van de Drentsche Aa komt met deze trends overeen. In Figuur 3 is een opgaande trend waar te nemen voor zowel de jaarlijkse neerslag- als verdampingsommen. De neerslagtrend neemt in 36 jaar met ca. 190 mm toe (ca. 25%). De verdampingstoename is kleiner en waarschijnlijk het gevolg van de temperatuurstoename (Bresser *et al.*, 2005).

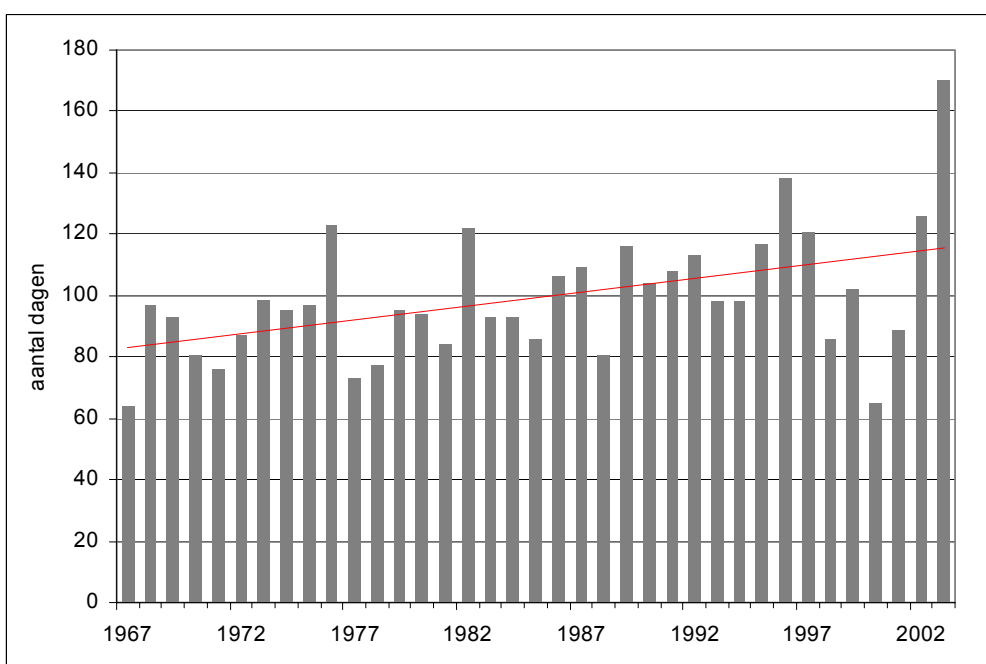


Figuur 3. Jaarsommen en trendlijnen voor neerslag en potentiële verdamping gemiddeld tussen de vier meteostations voor 1967-2003. De trendlijnen stijgen voor zowel neerslag als potentiële verdamping.

Ook het aantal dagen met minstens 15, 20 of 25 mm neerslag nam toe (Figuur 4). Echter, daarbij nam het aantal dagen zonder neerslag ook toe (Figuur 5). De toename in maximum extremen is ook terug te vinden in de top 10 van de jaarlijkse maximale en minimale dagsommen voor de meteostations van stroomgebied de Drentsche Aa en voor meteostation De Bilt (Tabel 4). Voor de grootste neerslagsommen staan vooral de jaren uit de tweede helft van de bekeken periode in de lijst. Voor de kleinste neerslagsommen lijkt een trend minder sterk aanwezig te zijn. Hoewel de grootste minima aan het begin van de periodes voorkomen, staan zowel jaren voor als na het midden van de bekeken periodes in de top 10. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het verschijnsel dat trends in extremen niet evenwijdig verlopen aan het gemiddelde en niet evenwijdig verlopen aan elkaar. Ze nemen in Nederland de maximum extremen van zowel temperatuur als neerslag meer toe dan minimum extremen (Bresser *et al.*, 2005).



Figuur 4. Aantal dagen met minstens 15, 20 of 25 mm neerslag voor de jaren 1967-2003 voor het gemiddelde tussen de vier meteostations uit het stroomgebied van de Drentsche Aa.



Figuur 5. Aantal dagen met 0 mm neerslag voor de jaren 1967-2003 voor de vier meteostations uit het stroomgebied van de Drentsche Aa.

Tabel 4. Top 10 van neerslag extremen en de normalen voor de Drentsche Aa (gemiddeld tussen de vier meteostations voor 1967-2003) en voor De Bilt (vanaf 1901; KNMI, 2006).

Grootste neerslagsommen [mm]				Kleinste neerslagsommen [mm]			
Drentsche Aa		De Bilt		Drentsche Aa		De Bilt	
1998	1148	1998	1240	1971	574	1921	387
2001	1131	1965	1152	1976	608	1933	511
2002	1057	1966	1148	1996	613	1959	536
1994	1031	2001	1039	1991	655	1976	536
1993	993	1912	1027	1989	670	1971	562
1988	959	1994	1025	1969	688	1996	576
2000	913	1981	993	1982	693	1953	597
1995	907	1974	993	1978	695	1982	601
1968	890	1950	952	1997	701	2003	613
1999	887	2000	932	1975	706	1929	630

normaal 1971-2000 Drentsche Aa: 813 mm

normaal 1971-2000 De Bilt: 793 mm

Het KNMI heeft een drie tal scenarios opgesteld voor de neerslag in Nederland in het jaar 2100 (Tabel 5). Deze klimaatscenario's waren het uitgangspunt voor verkennende studies van de gevolgen van klimaatverandering in Nederland o.a. voor de afwateringsmogelijkheden. Zo wordt het nationale waterbeleid voor de 21^e eeuw mede gebaseerd op deze inzichten. De scenario's laten een toename zien van de jaarlijkse neerslag. Vooral in de winter zal de neerslag toenemen. Voor de zomer is het nog onduidelijk. De 'natte' scenario's laten een toename zien. Het recent toegevoegde 'droge' scenario een afname. Ook de extremen zullen toenemen met een onzekere kans op een toename van zware buien en waarschijnlijk meer en langere droge perioden.

Gezien de neerslagtrends in Nederland en de klimaatscenario's voor 2100 is het waarschijnlijk dat de gevonden trends voor de Drentsche Aa niet toevallig zijn en dat deze zullen doorzetten.

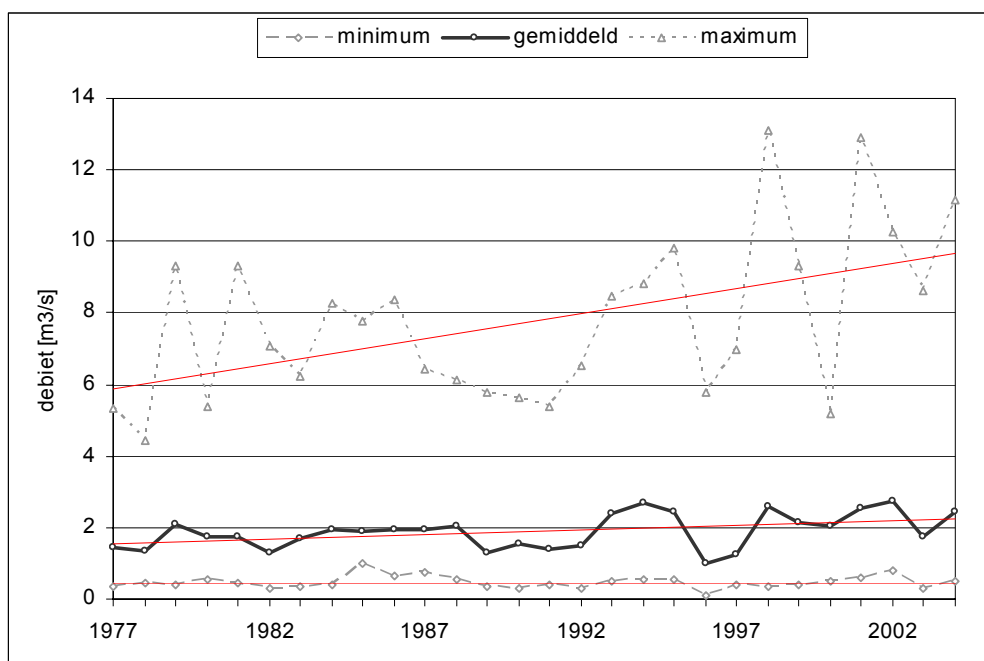
Tabel 5. 'Natte' klimaatscenario's voor Nederland (2100) en 'droog' (2050; Bresser et al., 2005).

	Laag (2100)	Midden (2100)	Hoog (2100)	Droog (2050)
Temperatuur	+1°C	+2°C	+4 tot +6°C	+4 tot +6°C
Gemiddelde zomerneerslag	+1%	+2%	+4%	-15%
Zomerverdamping	+4%	+8%	+16%	+19%
Gemiddelde winterneerslag	+6%	+12%	+25%	-
Jaarlijks maximum	+10%	+20%	+40%	-
Herhalingstijd 10-daagse winterneerslagsom*	47 jaar	25 jaar	9 jaar	-
Zeespiegelstijging	20 cm	60 cm	110 cm	-

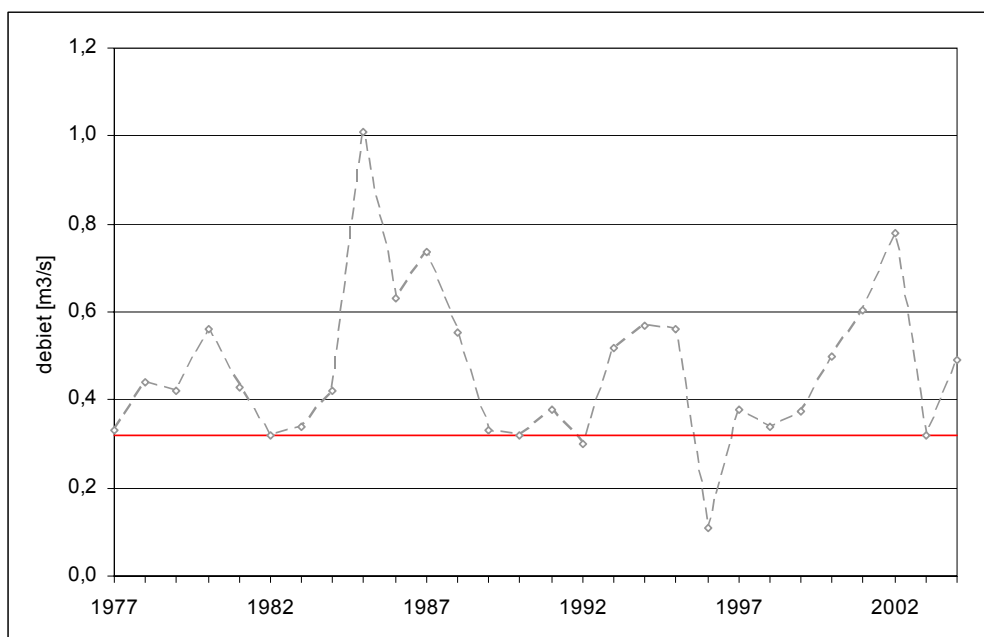
* huidige som: ≥ 140mm

4.3 Analyse Afvoer en Debiet

De gemiddelde jaarafvoer bij Schipborg bedraagt $59,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ (1977-2004). Het jaargemiddelde debiet schommelt rond $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en de extremen hebben waarden van minimaal 0,1 tot maximaal $13,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figuur 6 en Figuur 7). Zowel de jaargemiddelden als de jaarmaxima vertonen een stijgende trend. Voor de minima is geen trend te ontdekken. Dit kan veroorzaakt zijn door peilbeheer. Overigens maakt Figuur 7 duidelijk dat de geplande toename van de oppervlaktewaterwinning tot zo'n $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ ($0,32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; paragraaf 3.2) voor verschillende jaren inderdaad problemen zal opleveren. Voor verschillende jaren liggen de minimale afvoeren lager dan $0,32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



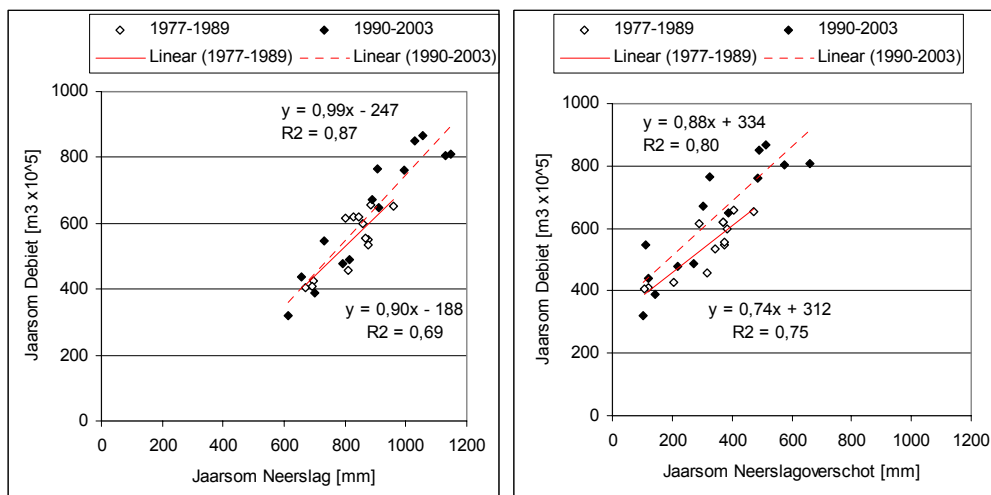
Figuur 6. Minimale, maximale en gemiddelde jaarafvoeren van de Drentsche Aa met lineaire trendlijnen.



Figuur 7. Uitvergroting van de jaarlijkse minimale afvoer van de Drentsche Aa met de $0,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ grens.

Belangrijk voor trendonderzoek is de aftakking bij Loon. Deze aftakking in het Deurzediep wordt gebruikt als noodoverlaat om afvoeren groter dan $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ te lozen op het Noord-Willemskanaal (Roelsma *et al.*, 2004). In 1989 is het beheer van verdeelwerk Loon aangepast, na 1989 verdwijnt daardoor minder water naar het Noordwillemskanaal en is de afgevoerde hoeveelheid in de Drentsche Aa met 9% toegenomen (Van der Bolt *et al.*, 2000). Daardoor zal er verhoudingsgewijs meer neerslag afgevoerd worden. Dit is echter lastig aan te tonen met de beschikbare gegevens. Ook andere factoren als verandering in grondwateronttrekking, kwel, wegzijging en gewasverdamming kunnen de afvoer beïnvloeden. Een sluitende waterbalans kan duidelijkheid geven in het precieze aandeel van deze variabelen in de verandering van de afvoer, maar daar zijn onvoldoende gegevens voor (Roelsma *et al.*, 2004).

Voor zowel de periode voor als na 1989 is er een sterk verband te vinden tussen neerslag en debiet en tussen neerslagoverschot (neerslag minus potentiële verdamping) en debiet (Figuur 8). De stijgende trend van de maximum en gemiddelde afvoer (Figuur 6) kan hiermee verklaard worden. Figuur 8 laat ook zien dat er verhoudingsgewijs meer neerslag wordt afgevoerd in de periode na 1989 (lineaire regressielijnen liggen hoger en steiler). Dit hoeft niet direct het gevolg te zijn van de 9% afvoertoeename. De stijgende trend in de neerslag (Figuur 3) kan de berging van het gebied verlagen en zo verhoudingsgewijs voor meer afvoer zorgen.



Figuur 8. Verband tussen jaarsommen van neerslag en neerslagoverschot (neerslag minus potentiële verdamping) met de jaarsommen van de afvoer voor de periodes 1977-1989 en 1990-2003.

5 Analyse waterkwaliteit

5.1 Databeschrijving

Voor de analyse van de waterkwaliteit is gebruik gemaakt van twee datasets. Een dataset van steekmonsters (1991 t/m 2005) met meetfrequenties van weken, maanden of kwartalen en een dataset van tijdsproportionele bemonstering (1995 t/m 2005) met weekmetingen die periodiek zijn uitgevoerd. In de wintermaanden (oktober-maart) zijn geen metingen verricht. Zowel de steek- als proportionele monsters zijn genomen bij het innamepunt van pompstation De Punt te Glimmen (respectievelijk ppur0100 en ppur1000).

Laboratorium De Punt voerde tot 2000 de kwaliteitsmetingen uit. Op 1 oktober 2000 is zij gefuseerd met Waterlaboratorium Noord.

5.2 Analyse bestrijdingsmiddelen

Uit de tijdsproportionele set zijn alle gemeten werkzame stoffen van bestrijdingsmiddelen geselecteerd (Bijlage III). Wanningen & Soppe (2004) vonden 11 probleemstoffen voor de Drentsche Aa:

- 2,4-D
- simazine
- atrazine
- bentazon
- diuron
- DNOC
- MCPP
- MCPA
- glyfosaat
- AMPA (afbraakproduct glyfosaat)
- glufosinaat

Uit de dataset zijn nog 3 relatief veel voorkomende parameters geselecteerd:

- 2,6-dichloorbenzamide
- cholinesterase remming (somparameter van effecten van bestrijdingsmiddelen)
- terbutylazine

Deze 14 stoffen zijn weergegeven in Tabel 6 en worden in meer detail bekeken in Bijlage IV.

Tabel 6. 14 Werkzame stoffen aangetroffen boven de detectielimiet (dl) of genoemd in Wanningen & Soppe (2004). Gesorteerd op de percentuele overschrijding van de detectielimiet (n = totaal aantal metingen 1995-2005; max. = maximum concentratie 1995-2005; MKE = milieukwaliteitseis; DWN = drinkwaternorm).

werkzame stof	n	n > dl	n > dl	max.	datum	MKE	DWN
			[%]	[µg/l]	max.	[µg/l]	[µg/l]
Cholinesterase remming	51	33	64,7	0,50	19-06-95	0,5*	-
Simazine	51	14	27,5	0,45	14-06-99	0,14	0,1
MCPP (mecoprop)	252	52	20,6	0,49	05-06-95	380	0,1
Diuron	187	38	20,3	1,10	24-07-95	0,43	0,1
2,6-dichloorbenzamide	61	10	16,4	0,04	28-07-04	-	0,1
MCPA	250	32	12,8	0,23	05-06-95	280	0,1
AMPA	131	15	11,5	0,31	11-09-00	?	0,1
Glyfosaat	130	13	10,0	0,50	08-04-02	?	0,1
Atrazine	51	5	9,8	0,07	19-07-99	2,4	0,1
2,4-D	215	17	7,9	0,84	14-07-97	26	0,1
Terbutylazine	138	9	6,5	0,04	17-06-02	0,19	0,1
DNOC	214	3	1,4	0,10	08-04-02	21*	0,1
Glufosinaat	130	1	0,8	2,20	31-07-95	?	0,1
Bentazon	58	0	0,0	0,00	22-05-95	64	0,1

* MTR waarde NW4, 1998

Hoewel de maxima van een groot deel van deze stoffen boven de MKE dan wel boven de DWN uitkomen, zijn verschillende stoffen nooit echt problematisch geweest of de laatste jaren niet problematisch meer. Dit kan geconcludeerd worden uit de figuren in Bijlage IV. Uiteindelijk blijft er een vijftal probleemstoffen over (Tabel 7). Dat de bestrijdingsmiddelen in de Drentsche Aa een dalende trend vertonen, is in overeenstemming met Wanningen & Soppe (2004). Dit is het meest duidelijk te zien aan de maximum concentraties van: 2,4-D, Diuron, DNOC, MCPA en MCPP en aan de percentuele overschrijding van de 0,1 µg l⁻¹ norm van AMPA, Diuron en DNOC.

De fusie tussen laboratorium De Punt en Waterlaboratorium Noord in 2000 is voor verschillende stoffen terug te zien in de data. Een meting wordt begonnen of juist gestopt in 2000. De stoffen atrazine, en simazine zijn in 1999 en 2000 aangetroffen, wat echter niets met de fusie te maken heeft. Hetzelfde geldt voor de eenmalige piek van glufosinaat in 2002. De analyses zijn Sterlab geaccrediteerd en daarom betrouwbaar voor en na de fusie.

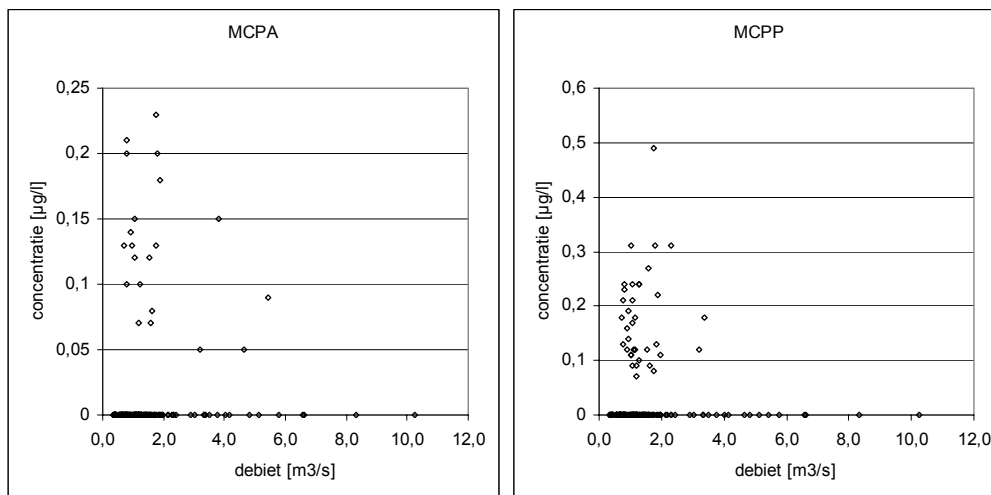
Tabel 7. Relevantie bestrijdingsmiddelen

werkzame stof	niet problematisch $n \geq \text{DWN}$	problematisch $n \geq \text{DWN}$	opmerking
2,4-D		tot einde meetperiode	
2,6-dichloorbenzamide	0 voor meetperiode		
AMPA		tot einde meetperiode	
Atrazine	0 voor meetperiode		
Bentazon	0 voor meetperiode		ook $n \geq \text{dl}$ is 0 voor meetperiode
Cholinesterase remming			dit is een somparameter, wordt verder niet meegenomen
Diuron	0 voor laatste 3 jaar meetperiode		
DNOC	0 voor laatste 4 jaar meetperiode		
Glufosinaat	slechts 4% in 1 jaar (2002)		
Glyfosaat		recent in jaren 2000-2002	na 2002 is $n \geq \text{dl}$. Onduidelijk is hoe concentraties zich in de toekomst zullen ontwikkelen
MCPA		tot einde meetperiode	
MCPP (mecoprop)		tot einde meetperiode	
Simazine	slechts 24% in 1 jaar (1999)		
Terbutylazine	0 voor meetperiode		

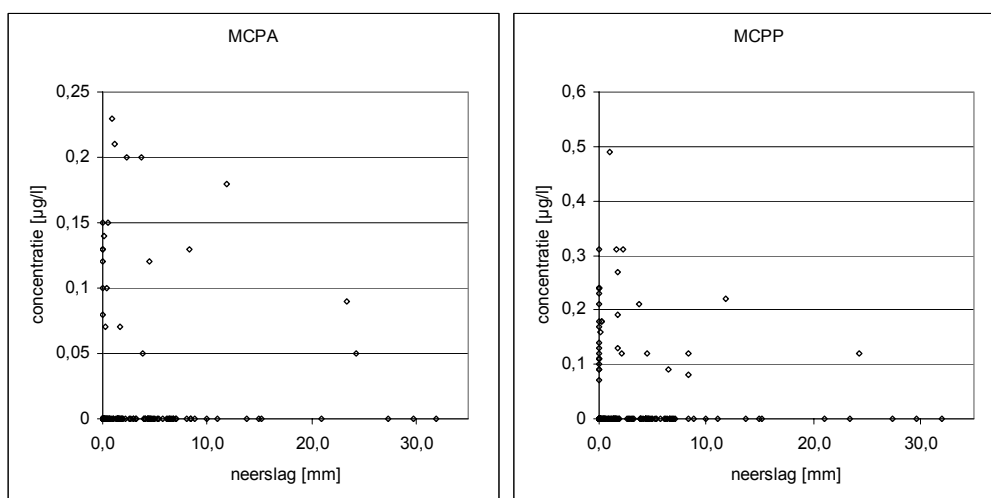
5.3 Relatie bestrijdingsmiddelen met neerslag of debiet

Regenval zorgt voor uitspoeling van bestrijdingsmiddelen en voor een hogere afvoer van de Drentsche Aa. Er is gezocht naar een betrouwbaar verband tussen debiet en bestrijdingsmiddelenconcentraties. Tussen Schipborg en De Punt komen geen noemenswaardige watergangen op de Drentsche Aa uit. Voor het gemak is daarom aangenomen dat de daggemiddelde waarden van het debiet tussen Schipborg en De Punt niet van elkaar verschillen. De vijf relevante bestrijdingsmiddelen uit Tabel 7 zijn tegen het debiet uitgezet (Bijlage V). Op het oog is er weinig relatie te vinden tussen debiet en concentraties. Voor MCPA en MCPP zijn de meeste bruikbare meetgegevens beschikbaar. Met lineaire regressie is geen significant verband aan te tonen tussen deze stoffen en het debiet (Figuur 9). Hetzelfde geldt voor de relaties tussen neerslag en concentraties, zoals uitgewerkt voor MCPA en MCPP (Figuur 10). Opvallend is wel dat bij de hoogste waarden van debiet en

neerslag de concentratie onder de detectiegrens blijft (Figuur 10). Dit is echter een toevalligheid. Alle hoge waarden, behalve die voor de maximum neerslag (32 mm; 1999) komen uit het jaar 2002. In dat jaar werd voor zowel MCPA als MCPP de detectielimiet maar door één van de 26 metingen overschreden.



Figuur 9. Scatterplots van MCPA en MCPP tegen debiet. Concentraties kleiner dan de detectielimiet (dl) worden aangegeven met de waarde 0.

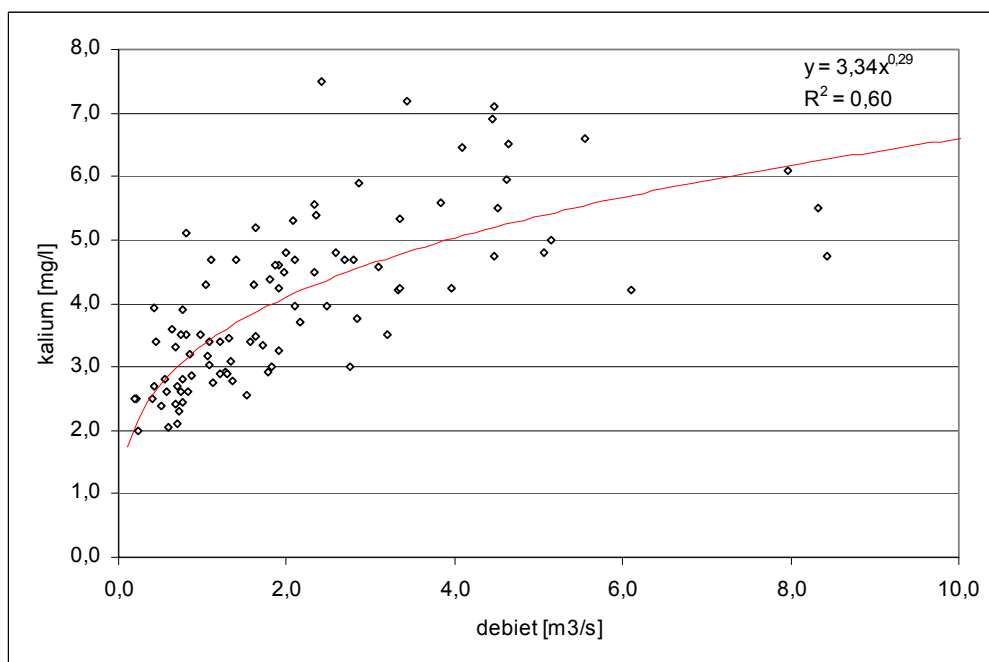


Figuur 10. Scatterplots van MCPA en MCPP tegen neerslag. Concentraties kleiner dan de detectielimiet (dl) worden aangegeven met de waarde 0.

De reden voor het niet kunnen vinden van een betrouwbare relatie is mogelijk een tekort aan bruikbare gegevens. Per jaar zijn er in het meest gunstige geval maar een tiental concentraties die boven de detectielimiet uitkomen. Verder zijn er voor de hogere winterdebieten geen analyse gegevens beschikbaar. Daarbij wijst de hoge fluctuatie erop dat ook andere zaken een rol spelen in het bepalen van de bestrijdingsmiddelenconcentratie. Te denken valt aan het moment van toedienen van de bestrijdingsmiddelen op verschillende locaties in het stroomgebied, de ruimtelijke schaal van de

neerslag in combinatie met bestrijdingsmiddelen af- of uitspoeling, en een hysteresis effect tussen neerslag en uitspoeling. Niet elke bui heeft uitspoeling of een verhoging van het debiet tot gevolg. Dat hangt af van de waterverzadiging van de bodem, de intensiteit van een regenbui en de tijd tussen twee buien waarin bestrijdingsmiddelen de kans krijgen in de bodem te accumuleren.

De hypothese dat er een positieve correlatie bestaat tussen debiet en uitspoeling wordt wel ondersteund door de correlatie tussen debiet en kaliumconcentratie (Figuur 11 en Bijlage VI). De spreiding in deze relatie wordt onder andere bepaald door hysteresis effecten tussen neerslag, uitspoeling en debiet. De R^2 van 0,60 is daarom niet slecht te noemen voor deze eenvoudige 'best fit' relatie. Tijdens droogte wordt het systeem vooral gevoed door diep grondwater uit de tweede of derde aquifer (Hoofdstuk 1). Kaliumuitspoeling uit de toplagen door regen is dan nihil en de kaliumconcentratie wordt vooral bepaald door de concentraties in het diepe grondwater. De achtergrondconcentratie in grondwater is 1 - 2 mg l⁻¹ (pers. comm. C. van Beek, Kiwa, februari 2006). Blijkbaar heeft het diepe grondwater in de Drentsche Aa nog geen last van kaliumuitspoeling van bemeste landbouwgebieden.



Figuur 11. Scatterplot en best passende power-functie voor dagwaarden van debiet en kaliumconcentratie.

5.4 Relatie bestrijdingsmiddelen en klimaatverandering

Onder invloed van klimaatsverandering zal de neerslag en zo het debiet van de Drentsche Aa in de toekomst toenemen (Paragraaf 4.3). Volgens Figuur 11 zal dit hogere kaliumconcentraties tot gevolg hebben. Wanneer wordt aangenomen dat bestrijdingsmiddelen op een soortgelijke manier correleren met het debiet als kalium, dan kunnen in de toekomst ook hogere bestrijdingsmiddelenpieken verwacht worden. Zonder veranderingen in het toelatings- en toedieningsbeleid van bestrijdingsmiddelen zal dan de kans op het overschrijden van de drinkwaternorm theoretisch gezien toenemen.

Een kanttekening hierbij is, dat de door klimaatverandering veroorzaakte trends in de hydrologische variabelen effect zullen hebben op de hysteresis tussen neerslag, debiet en af/uitspoeling. Tijdens droogte treedt er accumulatie op van uitspoelbare stoffen. Een eerstvolgende regenbui zal veel daarvan af/uitspoelen en zo het potentieel voor de volgende bui verkleinen. Een toename van het aantal droge dagen, zoals het geval is voor de Drentsche Aa (Figuur 5), kan resulteren in een toename van het af/uitspoelingspotentieel per bui. Ditzelfde geldt voor een toename in het aantal millimeters per bui (Figuur 4). In theorie kan dit voor grotere bestrijdingsmiddelenpieken zorgen in de Drentsche Aa. In het mengbekken bij de Punt worden deze pieken echter weer afgevlakt, wat de kans op problemen voor de waterwinning aanzienlijk verkleint (Paragraaf 3.1).

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

6.1.1 *Waterwinning Waterbedrijf Groningen*

- De plannen voor het vergroten van de oppervlaktewaterwinning uit de Drentsche Aa tot $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ ($0,32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) in de eerste fase en mogelijk meer in de 2^e fase kan problemen opleveren. Nu al komt het debiet in de zomermaanden af en toe onder de $0,32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ grens. Problemen kunnen toenemen door de beperkingen aan de grondwateronttrekking en de verwachting dat klimaatverandering voor meer en langer durende droogtes zal zorgen.

6.1.2 *Meteorologie*

- Trends voor de gemiddelde, maxima en minima neerslagsommen van het stroomgebied van de Drentsche Aa gemiddeld over 4 meteostations komen overeen met die voor Nederland. De trends voor de gemiddelde en maximum waarden stijgen. De minimum waarden blijven vrijwel gelijk. Het aantal dagen zonder neerslag is wel toegenomen.
- De stijgende trend in verdampingsommen komt overeen met die van Nederland en is het gevolg van de temperatuurstijging.
- Gebaseerd op de klimaatscenario's van het KNMI is het de verwachting dat deze trends zullen doorzetten

6.1.3 *Afvoer en debiet*

- Het debiet van de Drentsche Aa volgt de trends in de neerslag.
- Wijzigingen in het beheer van verdeelstation bij Loon in 1989 hebben geen duidelijk herleidbare trendbreuk in de debieten tot gevolg.
- De relatie tussen neerslag(overschot) en debiet verschilt licht tussen de periode voor en na 1989. Andere variabelen dan de wijzigingen bij Loon kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn. Het is niet mogelijk een sluitende waterbalans op te stellen om de afzonderlijke aandelen van andere variabelen te kwantificeren.

6.1.4 *Bestrijdingsmiddelen*

- Het aantal overschrijdingen van de drinkwaternorm door bestrijdingsmiddelen is in de periode 1995-2004 afgenomen.
- Vijf stoffen (2,4-D, AMPA, Glyfosaat, MCPA, MCPP) hebben in recente jaren de drinkwaternorm nog overtreden.

6.1.5 Bestrijdingsmiddelen en afvoer

- De bestrijdingsmiddelen concentraties fluctueren sterk. Via scatterplots en regressie is er geen verband te vinden tussen afvoer en concentratie en neerslag en concentratie.
- Er zijn te weinig concentraties groter dan de detectielimiet om een betrouwbare relatie te kunnen leggen tussen neerslag, debiet en concentraties.
- Ook andere variabelen dan neerslag en debiet zijn bepalend voor de bestrijdingsmiddelen concentraties. Te denken valt aan het moment van toedienen van de bestrijdingsmiddelen, de ruimtelijke schaal van de neerslag in combinatie met af- of uitspoeling, en een hysteresis effect tussen neerslag en uitspoeling.
- Kalium, ook een uitspoelingsgevoelige stof, vertoont wel een sterke positieve relatie met het debiet. Hoe lager het debiet, hoe minder uitspoeling en hoe groter het aandeel van het diepe grondwater in de afvoer met een lage concentratie aan kalium.

6.1.6 Bestrijdingsmiddelen en klimaat

- De relatie tussen kalium en debiet en de gevonden trends in het stroomgebied van de Drentsche Aa in combinatie met de KNMI klimaatscenario's geeft het vermoeden dat het risico op overschrijdingen van de drinkwaternorm door uitspoelbare stoffen, waaronder bestrijdingsmiddelen, in de toekomst zal toenemen.
- De stijgende trend in het aantal dagen zonder neerslag en in het aantal extreme buien met meer dan 15, 20 of 25 mm kan de kans op normoverschrijding vergroten.
- De kans op problemen voor de drinkwaterwinning in de Punt wordt aanzienlijk verkleint door de afvlakking van concentratiepieken in het mengbekken.

6.2 Aanbevelingen

Het blijkt dat klimaatverandering al jaren invloed heeft op de hydrologie van het stroomgebied van de Drentsche Aa en daarmee op de waterkwaliteit. Dit verdient meer aandacht in komende langetermijnonderzoeken, gerelateerd aan het stroomgebied van de Drentsche Aa of aan de drinkwaterwinning bij De Punt. Zaken als wateroverlast of waterkwaliteitsproblemen kunnen zo vroegtijdig geïndiceerd worden.

Hoewel er in het rapport niet over gesproken wordt, kan klimaatverandering naast problemen ook kansen bieden. In 39 jaar is de gemiddelde neerslag met 25% toegenomen. Mogelijk biedt dit perspectieven voor bijvoorbeeld het herstel van kwelstromen, verdrogingsbestrijding of extra winning van

oppervlaktewater. Omdat de neerslag in de toekomst meer onregelmatig valt, is het van belang dat de trits vasthouden, bergen en afvoeren hierop is afgestemd.

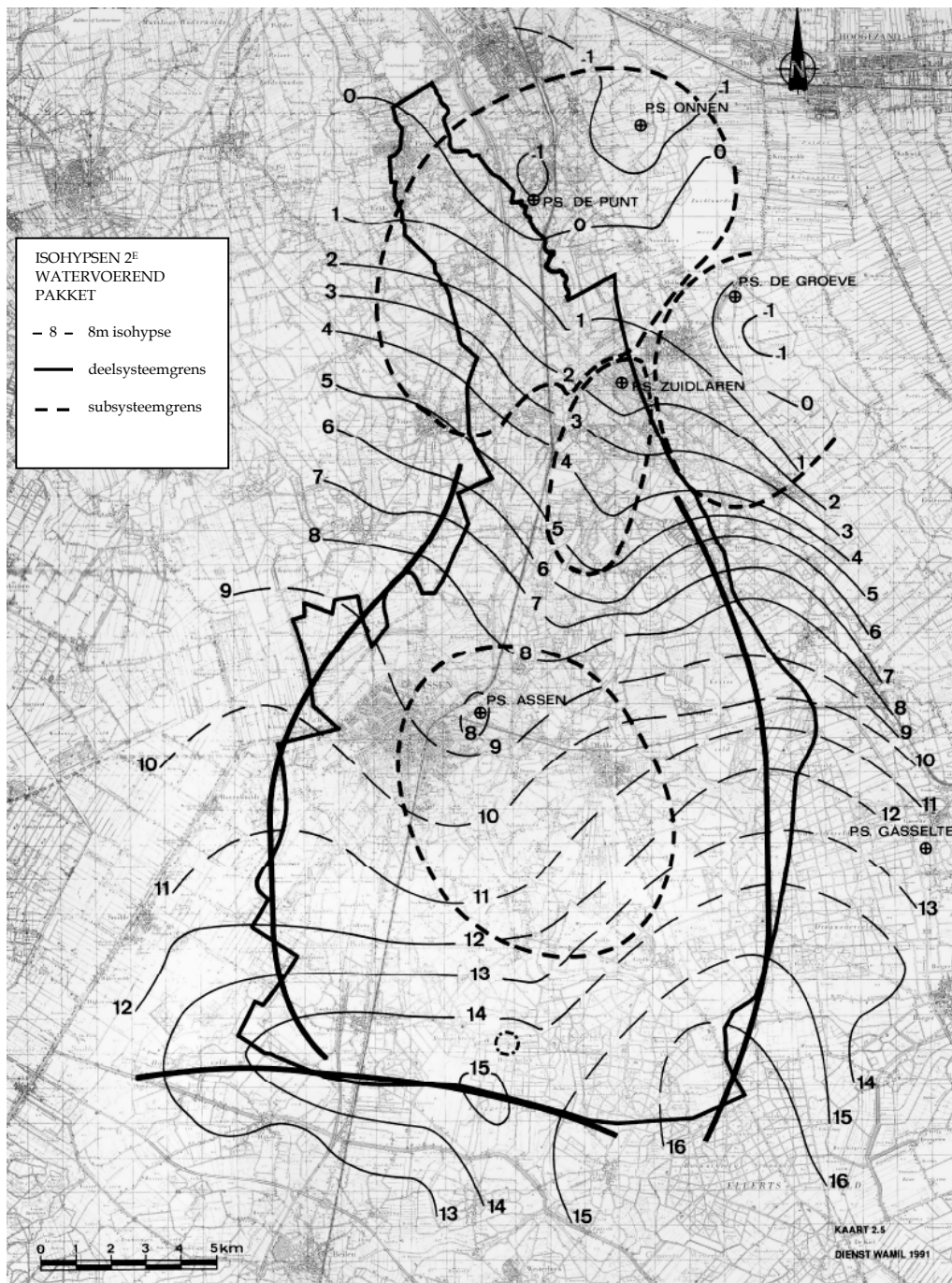
Op basis van de huidige data en met behulp van eenvoudige regressie analyse is er geen direct verband te leggen tussen klimaatverandering en overschrijdingen van de drinkwaternorm door bestrijdingsmiddelen. Wellicht bieden complexere computermodellen die tevens rekening houden met andere bepalende factoren uitkomst. Door een modelsysteem voor zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit voor het beekstelsel van de Drentse Aa op te zetten en deze te integreren met een meetnet van waterschap Hunze en Aa's moet het mogelijk zijn om uitspoeling van bestrijdingsmiddelen als functie van het klimaat te kwantificeren (pers. comm. Jan Roelsma, Alterra, april 2006).

Literatuur

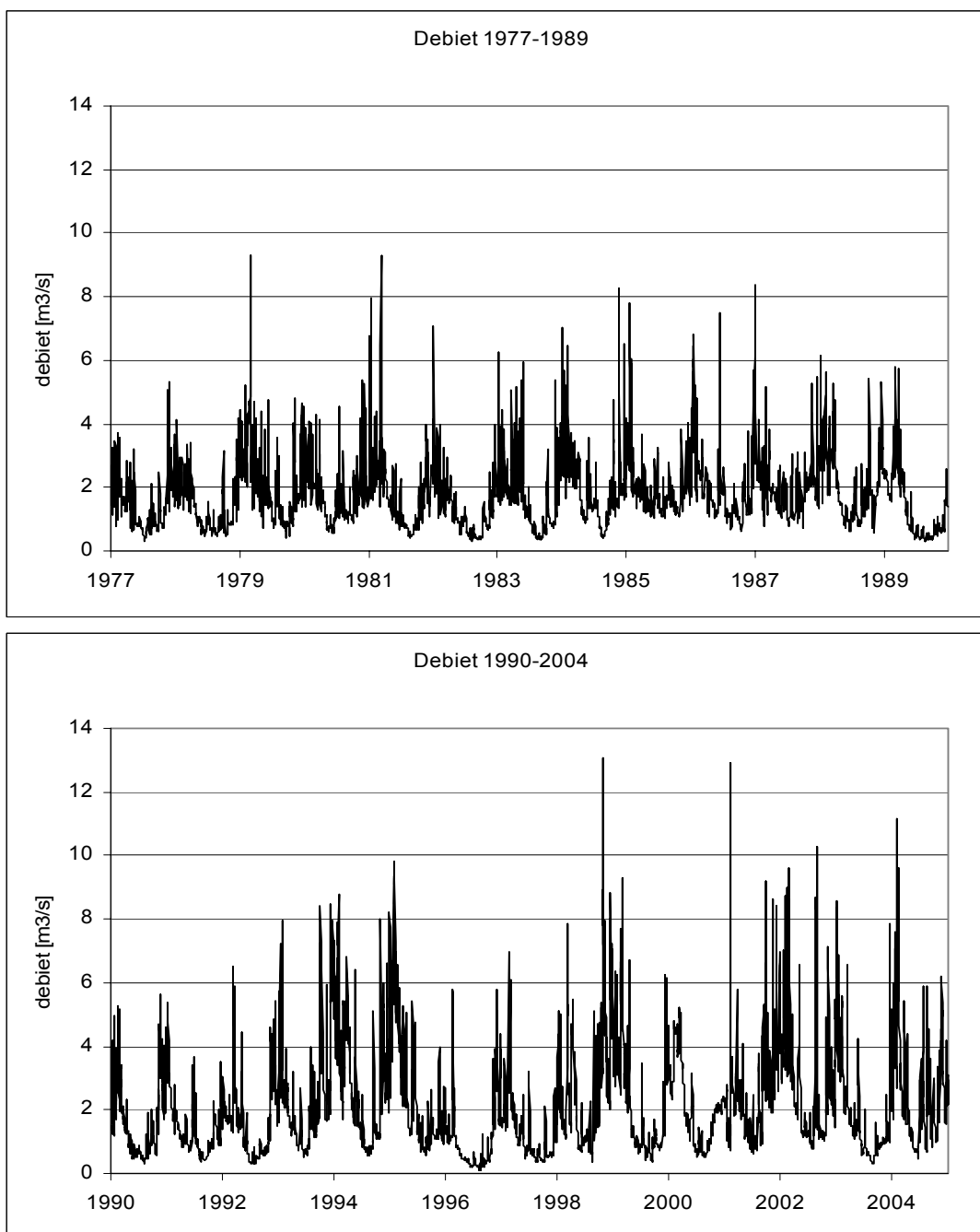
- Anonymus (1999), *Raamconvenant Hunze & Drentse Aa*, Provincie Groningen, [<http://www.provinciegroningen.nl/landenwater/water>], bezocht op: Februari 2006.
- Anonymus (2001), *Natuurontwikkelingsproject Holmers-Halkenbroek, inrichtingsplan fase1. Dienst Landelijk Gebied*, Assen.
- Anonymus (2003), *Jaarverslag 2002 NV Waterleidingmaatschappij Drenthe*, Assen.
- Anonymus (2004), *Jaarverslag 2003 Waterbedrijf Groningen*, Groningen.
- Anonymus (2005a), *Jaarverslag 2004 Waterbedrijf Groningen*, Groningen.
- Anonymus (2005b), *Karakterisering Deelstroomgebied Nedereems. Rapportage volgens artikel 5 van de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG)*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Anonymus (2005c), *Watervoorzieningsplan, Waterbedrijf Groningen/Waterleidingmaatschappij Drenthe*, concept 2006.
- Balfoort, H., M. de Boer, et al. (2004), *Climate adaptation in water management - how are the Netherlands dealing with it?*, Netherlands Water Partnerschip, Delft, Report of the 'Dutch Dialogue on Climate and Water'.
- Bresser, A. H. M., G. J. Berk, et al. (2005), *Effecten van klimaatverandering in Nederland*, Milieu- en Natuurplanbureau, MNP-rapportnummer: 773001034.
- De Bruijn, F. A. & Van Mazijk, A. (2003), *Klimaatinvloeden op de kwaliteit van het Rijnwater. Startdocument Klimaatproject RIWA*, Vereniging van Rivierwaterbedrijven (RIWA), Nieuwegein.
- De Heer E. (1989) *Grondwaterkaart van Nederland (Steenwijk/Emmen kaarbladen 16 Oost, 17 West)*. Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft/Oosterwolde, The Netherlands.
- De Jong, B. (2006), *Effect of Global warming on Floods and Droughts and related Water quality (Concept)*, Kiwa N.V., Nieuwegein.
- De Rijk J. H., Peek G. J. W. C., Rogaar H. & Felix R. (2000), *Gids voor de geologische en bodemkundige excursie in Zuidwest-Drenthe*. Wagening UR, Wageningen.

- KNMI (2006), *Extremen KNMI-station De Bilt vanaf 1901*, KNMI Climatologische Dienst, [http://www.knmi.nl/klimatologie/lijsten/jaar_xtr.html], bezocht op: Maart 2006.
- Roelsma, J., H. Wanningen, et al. (2004), *Systeemverkenning Drentsche Aa*, Alterra, Wageningen, Alterra-rapport: ISSN 1566-7197; 967.
- Schiltkamp L. (2003), *Beheersplan Waterschap Hunze en Aa's 2003-2007*. Grafische Industrie De Marne, Leens, The Netherlands.
- Sikkens, M., G. Soppe, et al. (2004), *Waterkwaliteit Drentsche Aa vanaf 1933 in beeld gebracht*. H₂O 19: 29-31.
- Soppe, A.I.A. (2005), *Waterkwaliteit Drentsche Aa: een worst-case benadering*, interne notitie Waterlaboratorium Noord, Glimmen.
- Van der Bolt, F. J. E., A. A. Veldhuizen, et al. (2000), *Verhogen van de basisafvoer van de Drentse Aa: verkennen van mogelijke maatregelen*, Alterra, Wageningen, Alterra-rapport: ISSN 1566-7197; 173.
- Wanningen, H. & Soppe, G. (2004), *Drentsche Aa weer stukje schoner*. H₂O 5: 38-39.
- Zwolsman, G. & A. Doomen, A. (2005), *Waterkwaliteit van de Rijn en de Maas bij (extreem) lage afvoeren*, Kiwa N.V., Nieuwegein, KWR 05.061.

I Grondwatercontourlijnen



II Debiet Drentsche Aa 1977-2003



III Proportionele bemonstering bestrijdingsmiddelen (1991-2005)

De tabel is gesorteerd op de percentuele overschrijding van de detectielimiet (dl). n = aantal metingen; max. = maximum concentratie

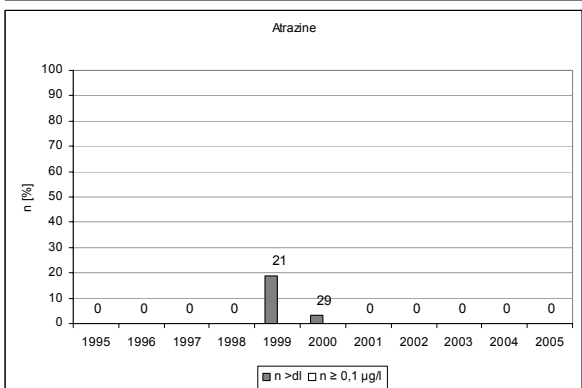
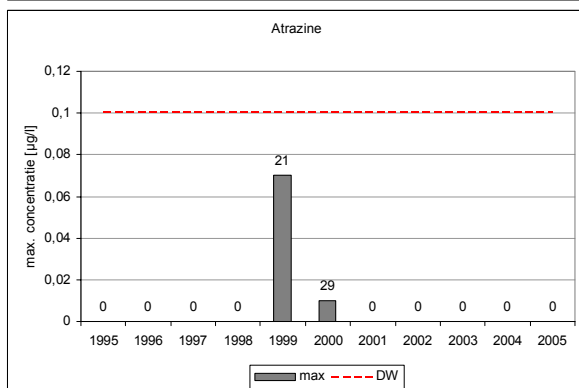
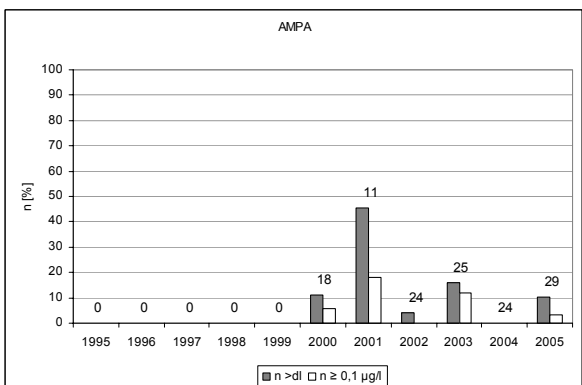
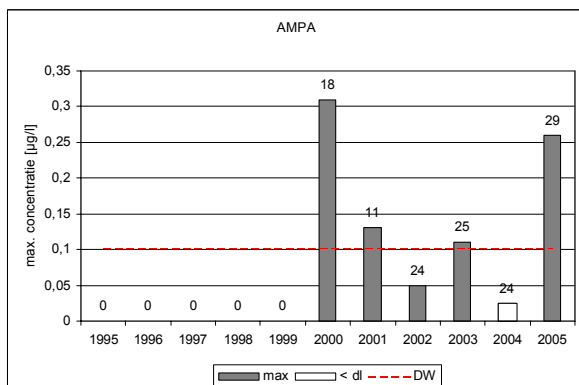
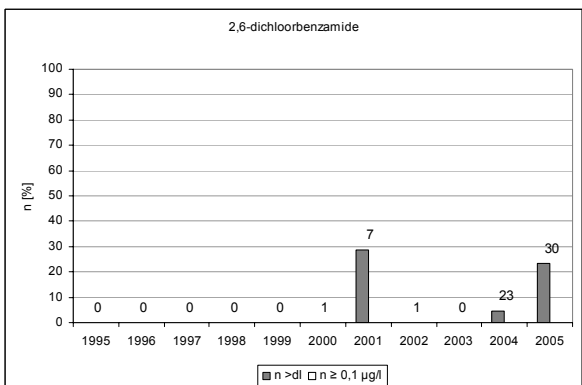
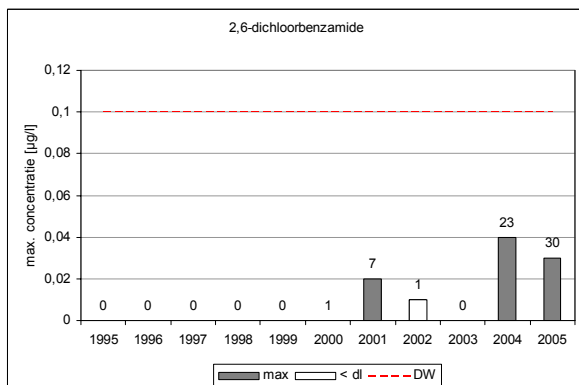
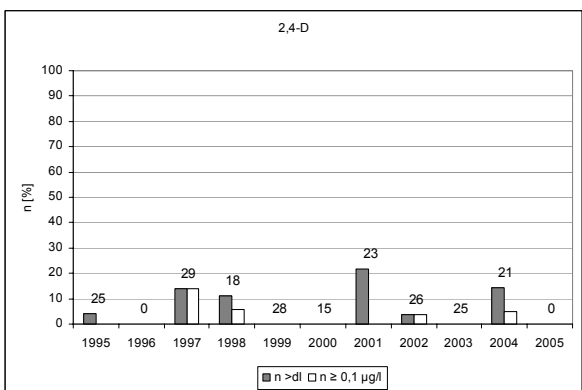
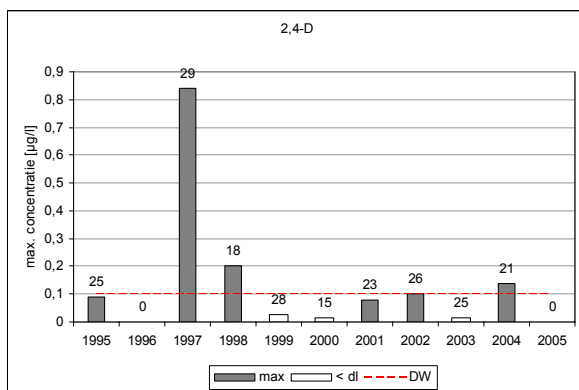
werkzame stof	n	n > dl	n > dl [%]	max. [µg/l]	datum max
cholinesterase remming	51	33	64,7	0,50	19-06-95
simazine	51	14	27,5	0,45	14-06-99
MCPP	252	52	20,6	0,49	05-06-95
diuron	187	38	20,3	1,10	24-07-95
2,6-dichloorbenzamide	61	10	16,4	0,04	28-07-04
MCPA	250	32	12,8	0,23	05-06-95
AMPA	131	15	11,5	0,31	11-09-00
glyfosaat	130	13	10,0	0,50	08-04-02
atrazine	51	5	9,8	0,07	19-07-99
2,4-D	215	17	7,9	0,84	14-07-97
terbutylazine	138	9	6,5	0,04	17-06-02
ethoprosfos	140	3	2,1	0,06	08-04-02
DNOC	214	3	1,4	0,10	31-07-95
monolinuron	85	1	1,2	0,09	22-05-95
dinoterb	111	1	0,9	0,22	19-07-99
bromacil	129	1	0,8	0,03	28-07-04
azinfos-methyl	129	1	0,8	0,03	28-07-04
glufosinaat	130	1	0,8	2,20	08-04-02
2,4-D.P.(dichloorprop)	22	0	0	-	-
ametryn	70	0	0	-	-
azinfos-ethyl GC/MS	21	0	0	-	-
bentazon	58	0	0	-	-
bromofos-ethyl	21	0	0	-	-
bromofos-methyl	21	0	0	-	-
carbophention MS	21	0	0	-	-
chloorprofam	21	0	0	-	-
chloorpyrifos	51	0	0	-	-
chloorthalonil	19	0	0	-	-
chloortoluron	52	0	0	-	-
chloridazon	29	0	0	-	-
cis-chloordaan	12	0	0	-	-
cyanazin	21	0	0	-	-
demeton-s-methyl	21	0	0	-	-
desethylatrazin	21	0	0	-	-
desisopropylatrazin	21	0	0	-	-
desmetryn	71	0	0	-	-
diazinon	21	0	0	-	-
dichloorvos	21	0	0	-	-
diethyltoluamide (DEET)	21	0	0	-	-
dimethoat	81	0	0	-	-
dinoseb	111	0	0	-	-
disulfoton	128	0	0	-	-
ethion	21	0	0	-	-
ethoprosfos	19	0	0	-	-
etofumesaat	29	0	0	-	-
ETU (ethyleenthio-ureum)	45	0	0	-	-
fenchloorfos	21	0	0	-	-
fenitrothion ms	21	0	0	-	-
fenpropimorf	21	0	0	-	-

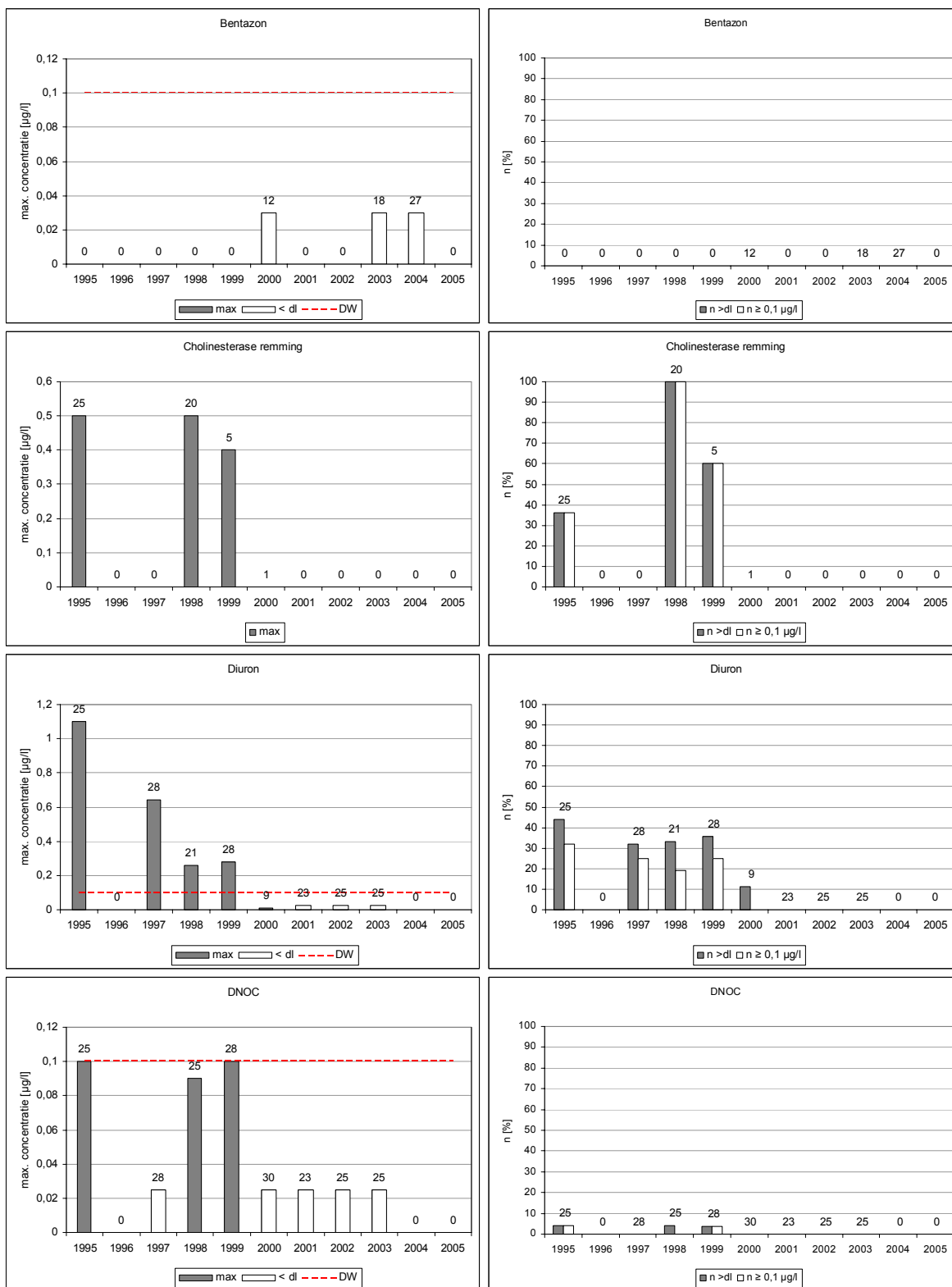
werkzame stof	n	n > dl	n > dl [%]	max. [µg/l]	datum max
fenthion	21	0	0	-	-
fonofos	21	0	0	-	-
hexazinon	21	0	0	-	-
iprodione	6	0	0	-	-
isoproturon	78	0	0	-	-
linuron	78	0	0	-	-
malathion	21	0	0	-	-
metabenzthiazuron	77	0	0	-	-
metamitron	29	0	0	-	-
methacrifos	21	0	0	-	-
methalaxyl	21	0	0	-	-
methidation	21	0	0	-	-
metholachloor	21	0	0	-	-
metoxuron	74	0	0	-	-
metribuzin	51	0	0	-	-
metsulforon-methyl	5	0	0	-	-
paraoxon-ethyl	21	0	0	-	-
paraoxon-methyl	21	0	0	-	-
parathion-ethyl	21	0	0	-	-
parathion-methyl	21	0	0	-	-
phoraat	21	0	0	-	-
phosalon	21	0	0	-	-
phosphamidon	21	0	0	-	-
pirimicarb	21	0	0	-	-
pirimifos-methyl	21	0	0	-	-
profam	21	0	0	-	-
prometon	14	0	0	-	-
prometryne	128	0	0	-	-
propazine	21	0	0	-	-
propiconazool	21	0	0	-	-
sulfotep	21	0	0	-	-
t-chloorfenvinphos	126	0	0	-	-
terbutryn	124	0	0	-	-
tetrachloorvinfos	21	0	0	-	-
t-mevinphos	113	0	0	-	-
tolclofos-methyl	21	0	0	-	-
trans-chloordaan	12	0	0	-	-
triadimefon	21	0	0	-	-
triazofos	21	0	0	-	-
triflusulfuron-methyl	6	0	0	-	-
vinchlozoline	21	0	0	-	-

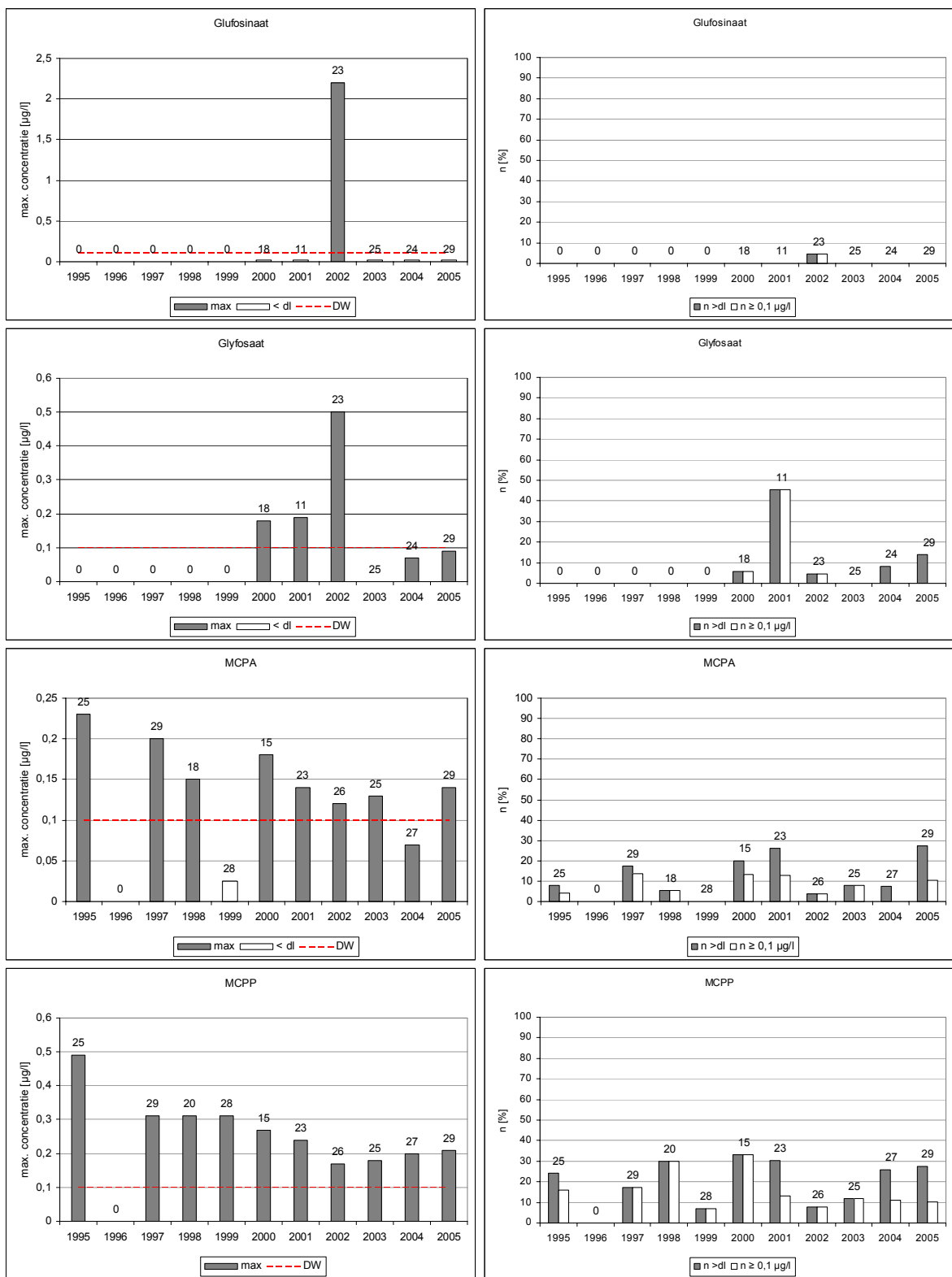
IV Maximum concentraties en normoverschrijdingen van bestrijdingsmiddelen (1995-2005)

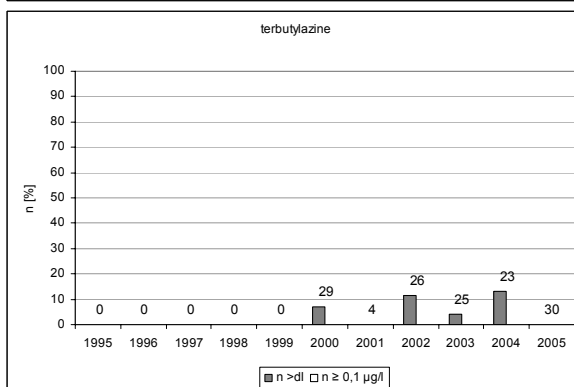
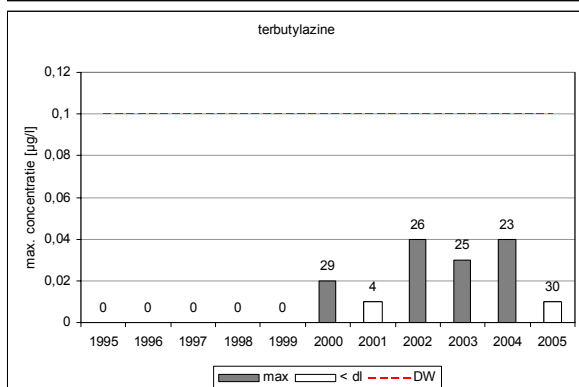
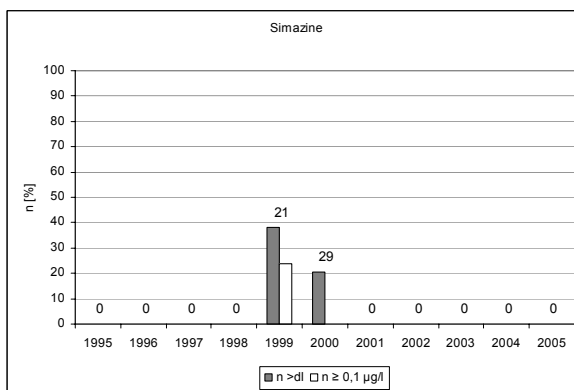
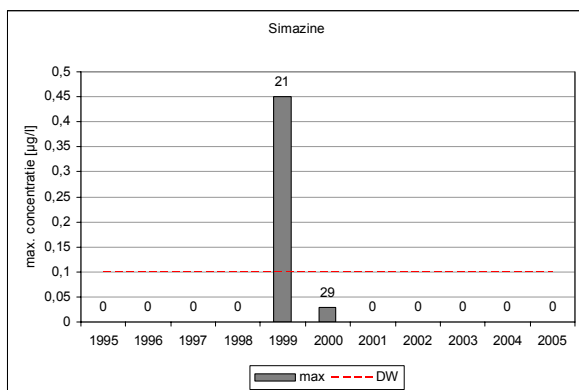
Uitleg bij de figuren:

- De getallen boven de balken betreffen het aantal metingen dat per jaar is uitgevoerd.
- De grafieken in de linker kolom geven de maximum concentratie voor de verschillende jaren. Maximum concentraties kleiner dan de detectielimiet (dl) zijn weergegeven met ongevulde balken met een concentratie van 0,5 dl. De drinkwaternorm van 0,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ is met een stippellijn ingetekend.
- De grafieken in de rechter kolom geeft de procentuele overschrijding van het aantal analyses dat de detectielimiet (dl) en de drinkwaternorm van 0,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ overschrijden.
- n = aantal metingen
dl = detectielimiet voor bepaalde stof



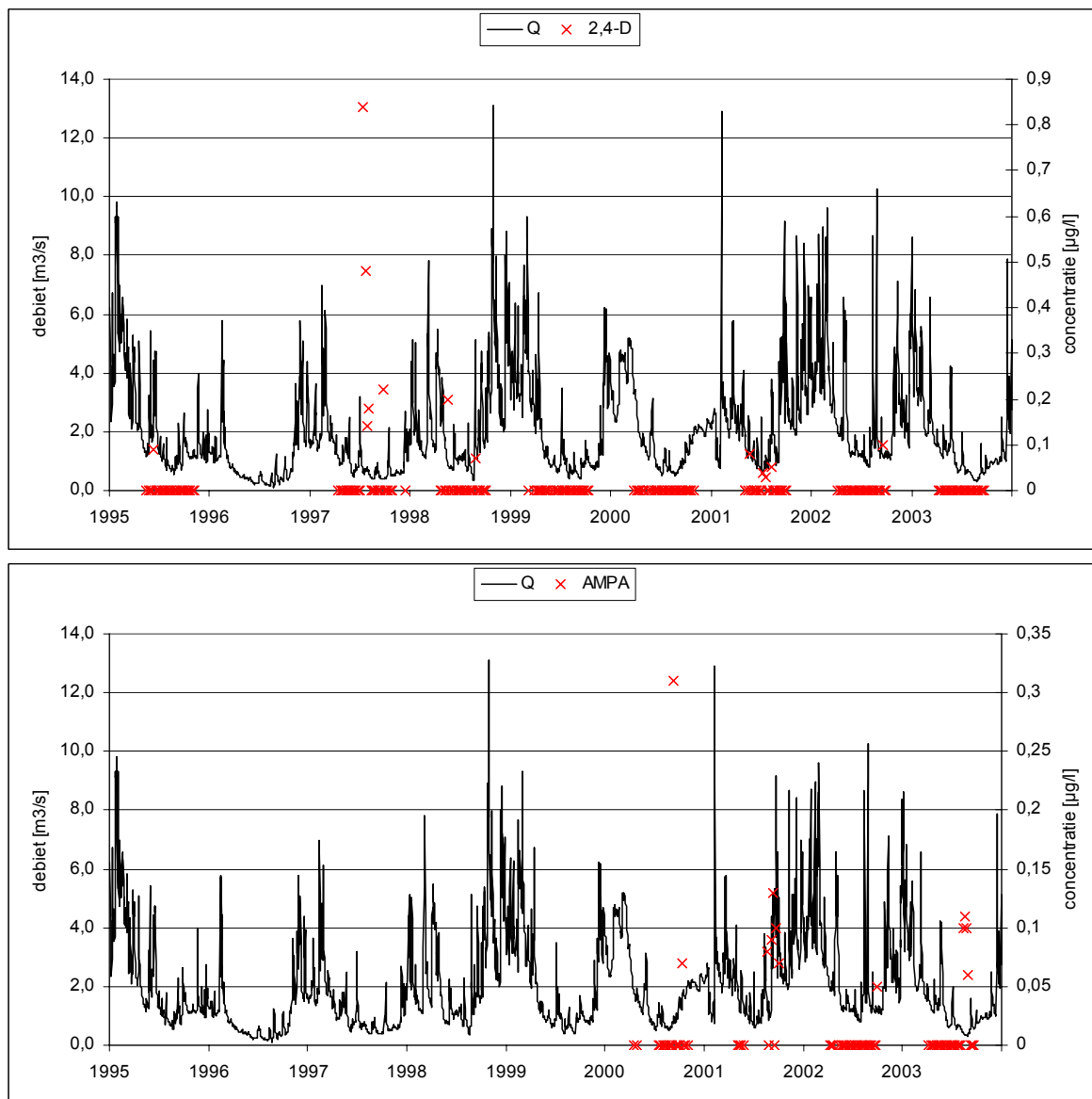


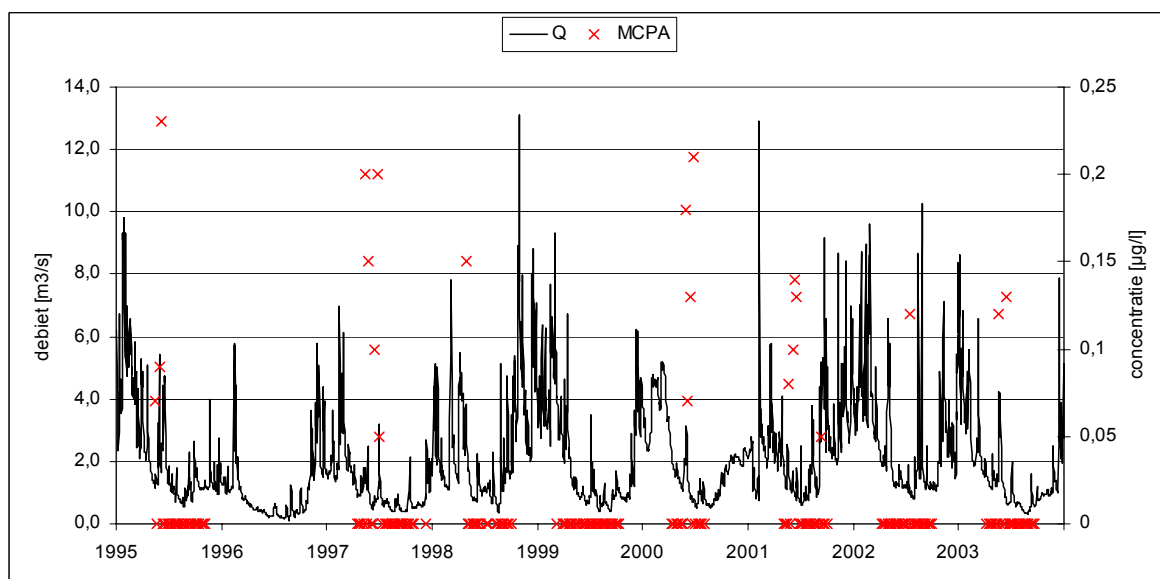
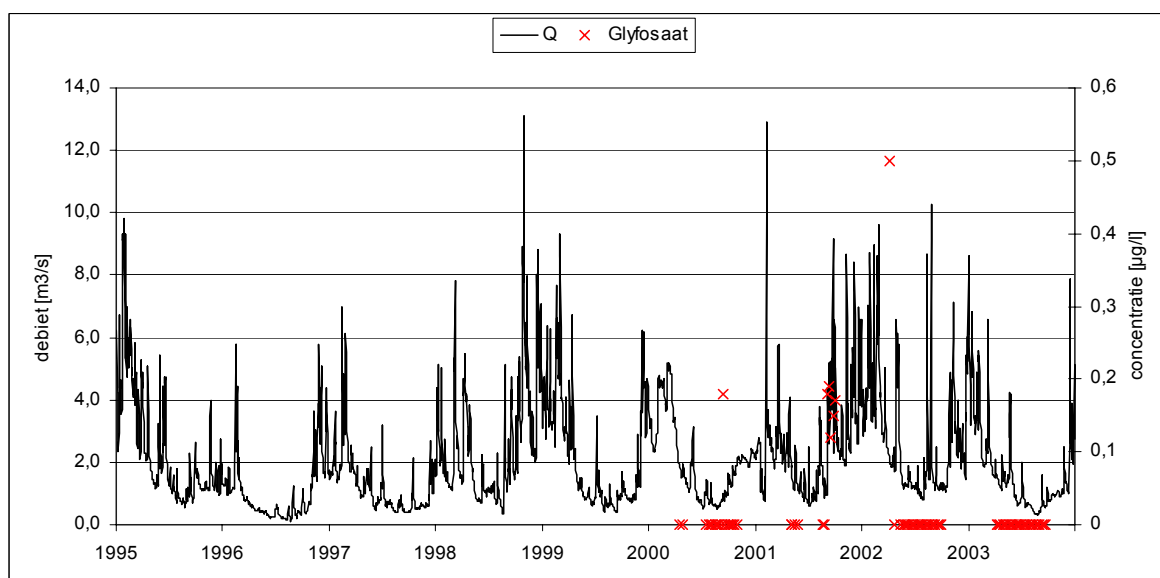
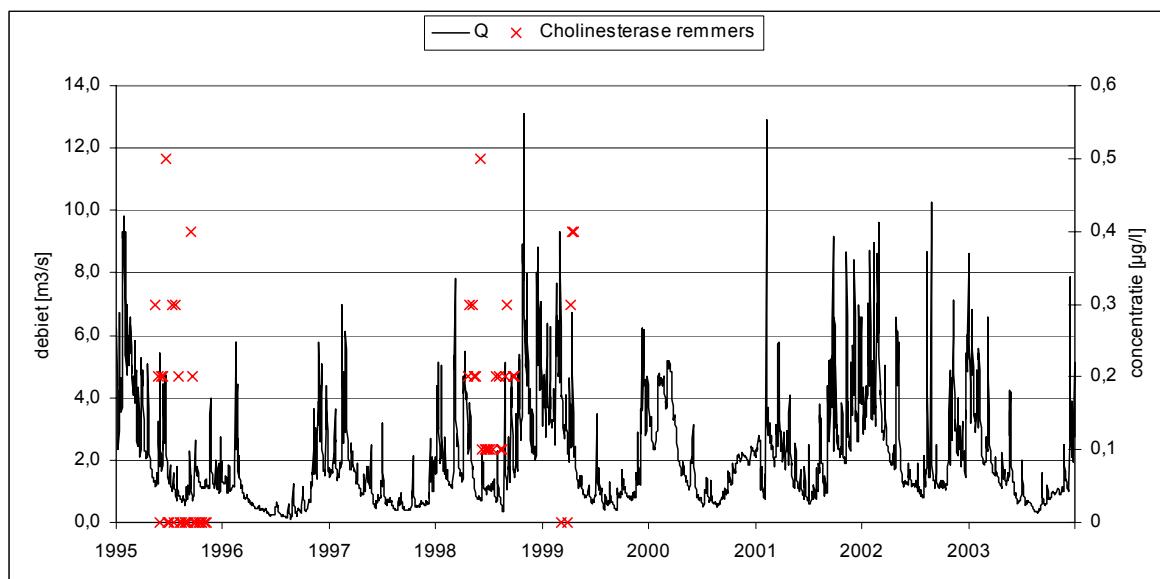


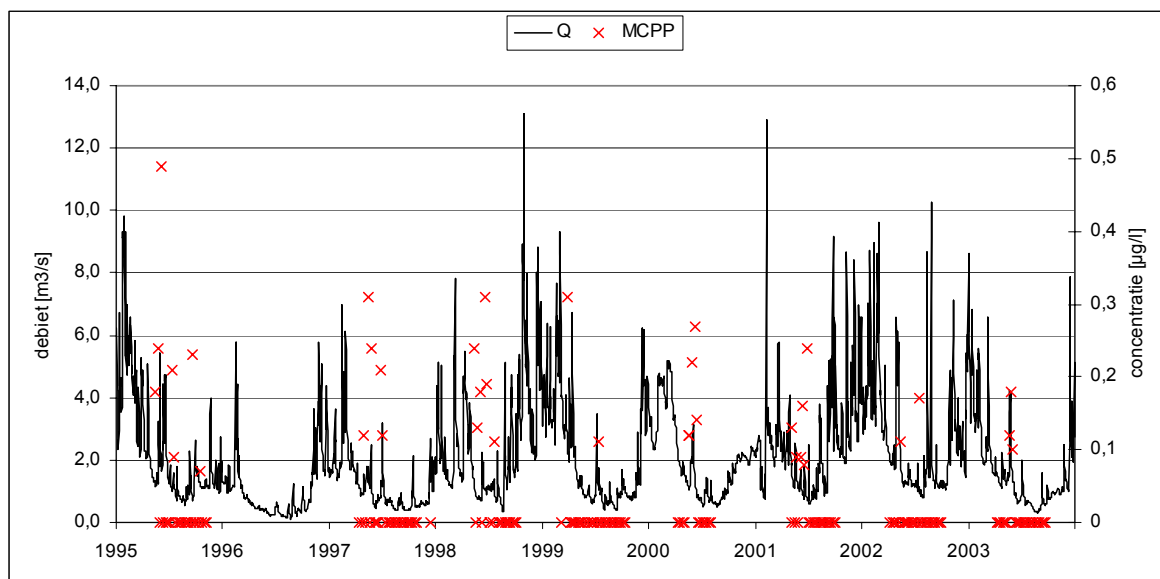


V Relatie debiet en bestrijdingsmiddelenconcentraties

Concentraties kleiner dan de detectiewaarde zijn aangegeven met '0'.







VI Relatie debiet en kalium concentraties

