

Riolvreemd water

*Onderzoek naar hoeveelheden en
oorsprong afvalwater*



Rioolvrememd water

Onderzoek naar hoeveelheden en oorsprong afvalwater

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon: 030 - 232 11 99
Fax: 030 - 232 17 66
E-mail: stowa@stowa.nl
<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-overzicht
van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:

Hageman Fulfilment

Postbus 1110

3300 CC Zwijndrecht

Telefoon : 078 - 629 33 32

fax: 078 - 610 42 87

E-mail: info@hageman.nl

o.v.v. ISBN- of Stowa rapportnummer
en een duidelijk afleveradres.

ISBN 90-5773-213-8

2003

08

Colofon:

Utrecht, 2003

Uitgave:

STOWA, Utrecht

In samenwerking met Stichting Rioned

Tekst:

ir. J.G. Voorhoeve

en

ir. A.J. van de Kerk

Foto Omslag:

Stichting Rioned

Druk:

Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2003-08

ISBN nummer 90-5773-213-8

Ten geleide

Gebleken is dat er aanzienlijke afwijkingen kunnen optreden tussen het theoretische afvalwaterdebiet en het werkelijk optredende debiet op een RWZI. Deze afwijkingen hebben onder meer gevolgen op het functioneren van de zuiveringstechnische werken en de vuilemissie naar oppervlaktewater tijdens overstortingen.

Er is geen goed inzicht in de oorzaken en de gevolgen van bovengenoemde verschillen.

Oorzaken voor afwijkingen zijn bijvoorbeeld infiltratie, ex-filtratie, aansluiting op de riolering van ontwateringsystemen zoals drainage, permanente bronnering, etc. Als verzamelnaam voor deze waterhoeveelheden is in deze studie de term 'rioolvreemd water' gehanteerd.

Ook kan een onjuiste inschatting van de verwachte (theoretische) hoeveelheden afvalwater een oorzaak van de verschillen zijn.

Doel van het onderzoek was een methodiek op te zetten om meer inzicht te verkrijgen in de kwantitatieve opbouw van afvalwaterdebieten tijdens droogweeperperiodes en het aandeel rioolvreemd water hierin. De resultaten kunnen vervolgens toegepast worden om bijvoorbeeld theoretische ontwerpgrondslagen aan te passen. Indien blijkt dat het verschijnsel rioolvreemd water zich in belangrijke mate voordoet, kunnen maatregelen aan riolering of RWZI overwogen worden.

STOWA heeft dit onderzoek uit laten voeren in samenwerking met de Stichting RIONED.

Het onderzoek werd uitgevoerd door ir. J.G. Voorhoeve (Trideau BV) en ir. A.J. van de Kerk en ir. H.S.J. van Wieringen (DHV Water BV).

Het project is begeleid door een begeleidingscommissie die bestond uit:

J.S. Snijder	: Waterschap Vallei & Eem
R. van Doorn	: Waterschap Vallei & Eem
H. van der Meijden	: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
J.W. Mulder	: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
J.G. Langeveld	: Technische Universiteit Delft
A.S. Beenen	: Stichting RIONED
A.J. Palsma	: STOWA

Tijdens de uitvoering van het project is de heer Snijder helaas komen te overlijden. Op deze plaats geven alle betrokkenen bij het project gaarne uitdrukking aan hun waardering voor zijn grote kennis, inzet en zijn warme persoonlijkheid.

Utrecht, Mei 2003

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

Gebleken is dat er aanzienlijke afwijkingen kunnen optreden tussen het theoretische afvalwaterdebiet en het werkelijk optredende debiet op een RWZI. Deze afwijkingen hebben onder meer gevolgen voor het functioneren van de zuiveringstechnische werken en de vuilemissie naar oppervlaktewater tijdens overstortingen.

Er is geen goed inzicht in de oorzaken en de gevolgen van bovengenoemde verschillen.

Oorzaken voor afwijkingen zijn bijvoorbeeld infiltratie, ex-filtratie, aansluiting op de riolering van ontwateringsystemen zoals drainage, permanente bronnering, etc. Als verzamelnaam voor deze waterhoeveelheden is in deze studie de term 'rioolvreemd water' gehanteerd.

Doel van het onderzoek was het opzetten van een methodiek om meer inzicht te verkrijgen in de kwantitatieve opbouw van afvalwaterdebieten tijdens droogweeperiodes en het aandeel rioolvreemd water hierin.

Voorafgaand aan het feitelijke onderzoek is onderzocht of dit verschijnsel en haar gevolgen voldoende belangrijk werden geacht om nader te onderzoeken. Het antwoord hierop was positief: in Nederland komen substantiële hoeveelheden rioolvreemd water voor (bij één afvalwaterzuivering is zelfs een aandeel van 86 % ten opzichte van de theoretische droogweerafvoer geconstateerd) en de kosten om de effecten hiervan te neutraliseren zijn aanzienlijk (geraamd is € 15,- per vervuilingseenheid).

Op 5 voorbeeldgebieden zijn 10 analyse methoden van bestaande gegevens zoals gemeten “dagsommen influent” toegepast. Op basis van de resultaten is een methodiek opgesteld die het mogelijk maakt om op een relatief snelle manier inzicht te krijgen of op een RWZI substantiële hoeveelheden rioolvreemd water worden aangevoerd en deze hoeveelheden te kwantificeren. De basismethodiek bestaat uit de volgende 5 stappen:

Stap	Stap	Benodigde gegevens	Primair doel
1	Vergelijking dagsommen influent met waterverbruik	<ul style="list-style-type: none">• dwa-dagsommen• Waterverbruik	Eerste indicatie aanwezigheid rioolvreemd water
2	Bepaling theoretische dwa	<ul style="list-style-type: none">• Inwoneraantal• Heffingsbestanden	Bepalen vergelijkingsbasis
3	Moving minimum		Indicatie aanwezigheid rioolvreemd water 'Controle' theoretische dwa
4	Weiss-Brombach	<ul style="list-style-type: none">• Neerslaggegevens (dagsommen)	Kwantificering hoeveelheid rioolvreemd water
5	Beoordeling resultaten		

De methodiek is DWAAS gedoopt: DroogWeerAfvoer Analyse Systematiek.

De methodiek kan ook worden beschouwd als een onderzoek naar de hydraulische discrepantie bij afvalwaterzuiveringen in navolging van onderzoek naar biologische discrepantie waar werkelijk aankomende vuillast vergeleken wordt met theoretisch verwachte vuillast.

Op basis van de 5 voorbeeldgebieden kan worden gesteld dat 25 % rioolvreemd water ten opzichte van de droogweerafvoer geen uitzonderlijke situatie is!

Aanbevolen wordt om met de voorgestelde eenduidige methodiek planmatig bij de Nederlandse afvalwaterzuiveringen te onderzoeken of er sprake is van significante hoeveelheden rioolvreemd water. De DWAAS methodiek leidt tot de constatering of er rioolvreemd water aankomt op een afvalwaterzuivering en hoeveel. Indien relevant zullen de oorzaken van rioolvreemd water vervolgens nader onderzocht dienen te worden waarna beslist kan worden of het opportuun is maatregelen te nemen. Voor deze afweging is reeds een naam bedacht: SLIM.

De STOWA in het kort

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Ten Geleide
 Samenvatting
 STOWA in het kort

1	INLEIDING	3
1.1	Algemeen	3
1.2	Doel van onderzoek	3
1.3	Projectaanpak en randvoorwaarden	3
1.4	Leeswijzer	4
2	EERSTE ANALYSE VAN DE PROBLEMATIEK.....	5
2.1	Vooronderzoek	5
2.2	STOWA onderzoek 96-11	6
2.3	Eerste raming van effecten	6
2.4	Relatie hoeveelheid behandeld afvalwater en geleverd drinkwater.....	6
2.5	Conclusie	7
3	LITERATUURGEGEVENS EN ANALYSEMETHODES	9
3.1	Literatuur	9
3.2	Analysemethodes	10
4	BESCHIKBARE GEGEVENS	11
4.1	Algemeen	11
4.2	Theoretische afvalwaterdebieten	11
4.3	Neerslag	13
4.4	Gemeten dagsommen influent	13
4.5	Gemeten kwaliteitsgegevens.....	13
5	ANALYSE AFVALWATERHOEVEELHEDEN.....	15
5.1	Algemeen	15
5.2	Beschikbaarheid gegevens	15
5.3	Toelichting analysemethoden en bespreking resultaten	16
6	VOORGESTELDE METHODIEK RIOOLVREEMD WATER	31
6.1	Algemeen	31
6.2	Stap 1: Vergelijking dagsommen met waterverbruik.	32
6.3	Stap 2: Bepaling theoretische dwa.....	32
6.4	Stap 3 Moving minimum	33
6.5	Stap 4 Bepaling volgens Weiss-Brombach.....	34
6.6	Stap 5 Beoordeling resultaten	34
6.7	Stap 6 Weekend effecten	34
6.8	Stap 7 Seizoensanalyse	34
6.9	Benodigde gegevens voor de verschillende stappen.....	35
6.10	Presentatie resultaten	36

7	MOGELIJKE BRONNEN RIOOLVREEMD WATER.....	37
7.1	Algemeen.....	37
7.2	Onjuiste theoretische afvalwaterdebieten.....	37
7.3	Infiltratie van grondwater in het rioolstelsel.....	37
7.4	Exfiltratie van afvalwater naar de bodem.....	37
7.5	Permanent aangesloten drainagemiddelen.....	37
7.6	Tijdelijke lozingen.....	38
7.7	Instroming van oppervlaktewater in het rioolstelsel.....	38
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	39

TABELLEN

Tabel 6-1	Ontbrekende debietwaarnemingen.....	16
Tabel 6-2	Ontbrekende neerslag waarnemingen.....	16
Tabel 6-3	Theoretische opbouw dagsommen droogweerafvoer.....	17
Tabel 6-4	Toetsing theoretische dwa-dagsom aan gemeten drinkwaterverbruik.....	17
Tabel 6-5	Chemische samenstelling afvalwater op droge dagen.....	26
Tabel 6-6	Samenvatting resultaten.....	28
Tabel 7-1	Benodigde gegevens voor de onderzoeksstappen.....	35
Tabel 7-2	Voorbeeld presentatie resultaten.....	36

AFKORTINGEN

LITERATUUR

BIJLAGEN

- 1 Toepassingen en bewerkingen
- 2 Beschrijving Methode Weiss-Brombach

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Riolering vormt de schakel tussen watervoorziening en afvalwaterzuivering. Door middel van rioolstelsels vindt de inzameling en het transport plaats van afvalwater en afgestroomd hemelwater. Gedurende de meerderheid van de tijd treedt zogenaamde droogweerafvoer (dwa) op: transport van afvalwater zonder afgestroomd hemelwater. Veel uitgangspunten voor het ontwerp van gemalen, afvalwaterzuivering en randvoorzieningen aan de riolering zijn gebaseerd op theoretisch aangenomen hoeveelheden afvalwater en de samenstelling hiervan.

Gebleken is dat er aanzienlijke afwijkingen kunnen optreden tussen het theoretische afvalwaterdebiet en het werkelijk optredende debiet. Deze afwijkingen hebben onder meer gevolgen op het functioneren van de afvalwaterzuivering en de vuilemissie naar oppervlaktewater tijdens overstortingen.

Er is geen goed inzicht in de oorzaken en de gevolgen van bovengenoemde verschillen. Oorzaken voor afwijkingen zijn bijvoorbeeld infiltratie, ex-filtratie, aansluiting op de riolering van ontwateringsystemen zoals drainage, permanente bronnering, negatieve overstortingen etc. Als verzamelnaam voor deze waterhoeveelheden is in deze studie de term 'rioolvreemd water' gehanteerd.

Ook kan echter een onjuiste inschatting van de verwachte (theoretische) hoeveelheden afvalwater een oorzaak van de verschillen zijn.

1.2 Doel van onderzoek

Doel van het onderzoek is een methodiek op te zetten om meer inzicht te verkrijgen in de kwantitatieve opbouw van afvalwaterdebieten tijdens droogweeperiodes en het aandeel rioolvreemd water hierin.

De resultaten kunnen vervolgens toegepast worden om bijvoorbeeld theoretische ontwerpgrondslagen aan te passen. Indien blijkt dat het verschijnsel rioolvreemd water zich in belangrijke mate voordoet, kunnen maatregelen aan riolering of RWZI overwogen worden.

1.3 Projectaanpak en randvoorwaarden

1.3.1 Projectaanpak

Het project is gefaseerd uitgevoerd met begeleiding vanuit een begeleidingscommissie. In een vooronderzoek is de problematiek gekwantificeerd. De bevindingen uit dit vooronderzoek zijn in hoofdstuk 3 van dit rapport beschreven en vormden een belangrijk uitgangspunt voor de verdere invulling van de studie.

De vervolgfase betrof het opstellen van een methodiek om het aandeel rioolvreemd water te kwantificeren. Dit is gepaard gegaan met het toepassen van de methodiek op enkele onderzoeksgebieden.

1.3.2 Randvoorwaarden

Aan het opzetten van een methodiek om het aandeel rioolvreemd water te kwantificeren zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:

- Uitgegaan dient te worden van beschikbare gegevens. Hiermee wordt bedoeld dat geen aanvullende metingen van (afval)water vereist mogen zijn om de methodiek toe te passen.
- De methodiek moet in Nederland eenduidig toepasbaar zijn.
- De methodiek is bedoeld voor toepassing op het niveau van het verzorgingsgebied van een afvalwaterzuivering waarin verschillende typen rioolstelsels (gemengd, gescheiden etc.) aanwezig kunnen zijn..
- De methodiek moet een zekere robuustheid in zich dragen. Hiermee wordt bedoeld dat de uitkomsten niet te gevoelig mogen zijn voor onvolledige gegevens of specifieke parameters van gebruikte analysemethodes.
- De methodiek is bedoeld om meer inzicht te verkrijgen in de afvalwaterdebieten tijdens droogweerperiodes en het aandeel rioolvreemd water hierin. Vervolgens kan, indien relevant, gezocht worden naar oorzaken van de aanwezigheid van rioolvreemd water, kwantificering hiervan en beoordeling van de gevolgen. Daarna pas zijn mogelijkerwijs maatregelen ter vermindering van de hoeveelheid rioolvreemd water aan de orde. De methodiek is derhalve een eerste stap in een proces. Om tot een snelle beoordeling te komen van de mogelijke aanwezigheid van substantiële hoeveelheden rioolvreemd water moet de methodiek derhalve een mogelijkheid hebben van grof naar fijn te werken, zodat het proces gestaakt kan worden indien dit niet meer relevant wordt geacht.
- Niettegenstaande het bovenstaande is het duidelijk dat de methodiek daar waar mogelijk elementen in zich dient te dragen waarmee een zoektocht naar de mogelijke oorzaken van de aanwezigheid van rioolvreemd water wordt vergemakkelijkt.
- Indien mogelijk en gewenst zou de methodiek een plaats kunnen krijgen in de door de Rijksoverheid voorgestelde afvalwaterplannen.

1.4 Leeswijzer

Het rapport is opgebouwd uit meerdere te onderscheiden delen:

- Hoofdstuk 2 beschrijft het vooronderzoek naar kwantificering van het optreden van rioolvreemd onderzoek en de gevolgen hiervan. Vanuit dit vooronderzoek is mede het doel van de verdere studie opgesteld.
- Hoofdstuk 3 beschrijft de geraadpleegde literatuur met onderzoek naar rioolvreemd water. Hieruit zijn enige methoden overgenomen en beschreven.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de beschikbare gegevens voor het onderhavige onderzoek in kwalitatieve zin.
- In hoofdstuk 5 zijn de uitgevoerde analyses beschreven, inclusief de bepaling van de theoretische dwa en is op basis hiervan het aandeel rioolvreemd water geschat. De resultaten van de analyses zijn in detail weergegeven in bijlage 1.
- Op basis van de ervaringen opgedaan in dit project is in hoofdstuk 6 de voorgestelde methodiek om het aandeel rioolvreemd water in te schatten beschreven.
- In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de mogelijke bronnen van rioolvreemd water.
- Hoofdstuk 8 bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 EERSTE ANALYSE VAN DE PROBLEMATIEK

2.1 Vooronderzoek

Voorafgaand aan het feitelijke onderzoek is een verkenning uitgevoerd naar het verschijnsel rioolvreemd water en is onderzocht of dit verschijnsel en haar gevolgen voldoende belangrijk geacht werden om te onderzoeken. Ook is nagegaan of er voldoende gegevens zijn om het verschijnsel nader te kunnen bestuderen.

Twee waterschappen (het Waterschap Vallei&Eem en het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) zijn gevraagd naar de dagsommen van het influent van in totaal vier RWZI's. Deze dagsommen zijn geanalyseerd en de debieten bij droogweer zijn vergeleken met de verwachte droogweerafvoer. Tevens zijn de waterschappen gevraagd naar de eigen ervaringen met rioolvreemd water en is de vraag gesteld of zij het voorgenomen onderzoek als zinvol beschouwden.

Als negatieve gevolgen van substantiële hoeveelheden rioolvreemd water is melding gemaakt van de volgende zaken:

- Toename van de overstortingshoeveelheden bij gemengde stelsels (theoretisch geeft 20 % rioolvreemd water ten opzichte van de dwa een toename van de vuilemissie van 7 %);
- Afname van het rendement van de RWZI, met name van de P&N verwijdering;
- Verhoging van de geloosde vuilvracht door de RWZI (De aanvoer van rioolvreemd water heeft nauwelijks invloed op de samenstelling van het effluent, terwijl het effluentvolume en derhalve de effluentvracht groter wordt);
- Er bestaat een verhoogd risico dat door het 'dunne' water zware metalen uit het slib spoelen en via het effluent geloosd worden;
- Rioolvreemd water doet het energieverbruik van afvalwaterzuivering en gemalen toenemen;
- Er zijn indicaties dat in bepaalde gevallen de belasting van een afvalwaterzuivering met arseen is toegenomen door instroming van grondwater in het rioolstelsel;
- Bij ernstig lekkende riolen kan er sprake zijn van zandinspoeling, waardoor het benodigde onderhoud toeneemt en zelfs verlies van stabiliteit kan optreden;
- Voor de situatie van de afvalwaterzuivering Dokhaven (Rotterdam) is via een modelmatige benadering geconstateerd dat er naar verwachting significante winst te behalen is in het functioneren van de afvalwaterzuivering bij afname van het volume rioolvreemd water.

Een eerste analyse van de dagsommen van het influent van de vier afvalwaterzuiveringen en vergelijking met de theoretisch verwachte droogweerafvoer gaf aan dat bij twee afvalwaterzuiveringen het aandeel rioolvreemd water op bepaalde dagen op kan lopen tot ca. 20 % en bij de derde afvalwaterzuivering zelf tot bijna 90 %. Bij de vierde afvalwaterzuivering was de aanvoer van afvalwater minder dan de theoretisch verwachte hoeveelheid.

2.2 STOWA onderzoek 96-11

Uit eerder STOWA onderzoek (96-11: *Aansluitingen van 'dun-waterbronnen' op riolering en RWZI*) bleek dat ca. 30 % van de in beschouwing genomen dertig RWZI's een zeer hoge aanvoer 'dun water' kent. In deze studie is als gemiddelde over al deze RWZI's een aandeel rioolvreemd water geraamd van 20 tot 30%.

2.3 Eerste raming van effecten

In het kader van het huidige onderzoek is geraamd dat 25 % rioolvreemd water een evenredige verhoging van de geloosde vuilvracht van de RWZI's veroorzaakt van ca. 1 kg CZV per VE per jaar. Via overstortingen van gemengde stelsels wordt ook nog eens 0,1 kg CZV per VE per jaar op oppervlakte water geloosd.

Om deze extra belasting van het oppervlaktewater te neutraliseren met 'end of pipe' technieken zoals grotere randvoorzieningen, grotere gemalen en aanpassing van de RWZI is naar schatting een extra jaarlast van € 15,- per VE benodigd. Dit bedrag is als volgt opgebouwd:

Energiekosten gemalen en RWZI	€ 1,50
Randvoorzieningen gemengde stelsels(1)	€ 2,00
Hydraulische aanpassing RWZI	€ 1,50
Biologische aanpassing RWZI (2)	<u>€ 10,00</u>
Totaal per VE per jaar	€ 15,00

1) additioneel ca. 0,6 mm berging in randvoorzieningen

2) zie STOWA onderzoek 96-11: *Aansluitingen van 'dun-waterbronnen' op riolering en RWZI*

De conclusie hieruit is dat de kosten per VE voor neutralisatie van de extra belasting met rioolvreemd water substantieel zijn.

2.4 Relatie hoeveelheid behandeld afvalwater en geleverd drinkwater

In het door de Stichting RIONED uitgegeven 'Riool in Cijfers, 2002 – 2003', zijn per provincie basisgegevens gepresenteerd van behandeld afvalwater en geleverd drinkwater. Hieruit is de verhouding berekend en deze bedraagt voor de extremen:

Verhouding behandeld afvalwater / geleverd drinkwater

Limburg	: 2,18
Zeeland	: 1,28
Gemiddeld in Nederland	: 1,69

Met de volgende aannames is dit verhoudingsgetal ook theoretisch afgeleid:

Aannames	: 85% geleverd water ingezameld als afvalwater
	: 50% van het hemelwater op aangesloten verhard oppervlak bereikt de riolering
	: 75% verhardingen aangesloten op gemengde stelsels
	: 25% verhardingen aangesloten op verbeterd gescheiden stelsels
	: 60 m ² verhard aangesloten oppervlak per inwoner
	: 30% geleverd drinkwater voor niet-huishoudelijk gebruik

Met deze aannames is berekend dat ongeveer 30 tot 40 % van het ingezamelde afvalwater op jaarbasis uit ingezameld hemelwater zal bestaan. Theoretisch zal de verhouding tussen behandeld afvalwater / geleverd drinkwater dus ongeveer 1,35 dienen te bedragen, indien geen andere bronnen van water aanwezig zijn.

Voor geheel Nederland blijkt dit ongeveer 25% hoger (1,69) te liggen, hetgeen in ordegruote overeenstemt met de resultaten van de eerdergenoemde STOWA studie.

Een extreem is waargenomen in de provincie Limburg waar de verhouding 2,18 bedraagt. In het algemeen blijkt dat de meer geaccidenteerde provincies boven het gemiddelde uitkomen. De spreiding per provincie is relatief groot te noemen, hetgeen een indicatie kan zijn voor het optreden van rioolvreemd water daar waar duidelijk hoge gemiddelden worden geconstateerd.

2.5 Conclusie

Uit het beschrevene in dit hoofdstuk is geconcludeerd dat nader onderzoek naar afwijkingen van werkelijk aangevoerde debieten en theoretisch verwachte debieten en het aandeel van rioolvreemd water hierin zeker gerechtvaardigd is.

Geconcludeerd werd tevens dat de aandacht voor hoeveelheden droogweerafvoer in het algemeen en voor rioolvreemd water in het bijzonder bij ontwerpers en beheerders van rioolstelsels en afvalwaterzuiveringen tot nu toe relatief gering is.

Daarnaast bleek dat met betrekking tot de basisgegevens er vele onzekerheden zijn en afwezigheid van eenduidigheid, met name in de bepaling van de te verwachten droogweerafvoer.

3 LITERATUURGEGEVENS EN ANALYSEMETHODES

3.1 Literatuur

Literatuur omtrent het onderwerp van dit onderzoek is in te delen in een aantal categorieën:

- Literatuur met betrekking tot de te verwachten (theoretische) afvalwaterhoeveelheden;
- Literatuur die melding maakt van de vergelijking van verwachte hoeveelheden met gemeten hoeveelheden afvalwater, al of niet met specificatie van een aandeel rioolvreemd water;
- Literatuur die gericht is op de kwantificering van rioolvreemd water via analyse van gemeten hoeveelheden, waarbij het met name van belang is om de factor neerslag en afgestroomd hemelwater te scheiden van de afvoer bij droog weer.

Hierna is deze literatuur globaal beschreven.

3.1.1 Theoretische afvalwaterhoeveelheden

Te verwachten afvalwaterdebieten zijn te vinden in handboeken met betrekking tot riolering en afvalwaterzuivering. Voor de Nederlandse situatie is het gestelde in de Leidraad Riolering als uitgangspunt genomen. Omtrent de afvalwaterhoeveelheden wordt verwezen naar module B2000, Functioneel Ontwerp, hoofdstuk 3.3. Voor huishoudelijk afvalwater wordt 120 l/inwoner/ dag aanbevolen.

Benadrukt wordt dat de Leidraad Riolering voor dimensioneringsdoeleinden *geen* hoeveelheid voorschrijft voor rioolvreemd water (in de riolering infiltrerend water), in tegenstelling tot wat in het buitenland gebruikelijk is.

Vervolgens wordt er op gewezen dat er bij het ontwerp van de gemalen overgegaan wordt van hoeveelheden per dag naar hoeveelheden per uur. Veelal wordt hier voor de droogweerafvoer het debiet van 120 l/inwoner/dag omgewerkt naar een uurdebiet van 10 liter/inwoner/uur.

Aangezien in Nederland alle RWZI's gevoed worden door gemalen, worden bij het hydraulisch ontwerp van deze inrichtingen ook deze debieten per uur gehanteerd. Daarnaast is het debiet tijdens neerslag maatgevend voor de dimensionering van de diverse onderdelen.

3.1.2 Vergelijking tussen verwachte en gemeten afvalwaterdebieten

Literatuur die voor een Nederlandse situatie melding maakt van een vergelijking tussen verwachte hoeveelheden droogweerafvoer en gemeten aanvoerdebieten op een afvalwaterzuivering is beperkt. Een analyse is uitgevoerd over 30 RWZI's in het STOWA onderzoek 96-11: Aansluitingen van 'dun-waterbronnen' op riolering en RWZI. (lit. [11]). Voor onderhavig project zijn deze gegevens gebruikt in het vooronderzoek, zie hoofdstuk 3.

Recent is een publicatie verschenen omtrent de vergelijking tussen het gemeten aantal inwonerequivalenten in het influent van de RWZI en de bijbehorende vervuilingseenheden uit de heffingsbestanden van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden (Onderzoek naar discrepantie bij het ZHEW, H₂O 21-2002). Hierin is echter niet ingegaan op afvalwaterhoeveelheden.

Vanuit het buitenland zijn meer voorbeelden beschikbaar van publicaties waarin beschreven wordt hoe getracht is hoeveelheden rioolvreemd water te kwantificeren. Grotendeels komt dit neer op een vergelijking tussen theoretisch verwachte hoeveelheden (die vreemd genoeg zelden ter discussie worden gesteld) en werkelijk gemeten aanvoerdebieten. Ook zijn er voorbeelden waarin het aandeel rioolvreemd water getracht is te kwantificeren op basis van kwaliteitsparameters van het influent.

3.1.3 Kwantificering aandeel rioolvreemd water

De methode welke in het vooronderzoek van deze studie is gehanteerd, is de methode Weiss-Brombach, beschreven in het artikel: Infiltration and Inflow in Combined Sewer Systems: Long term Analysis, Lit [1]. In dit artikel worden substantiële hoeveelheden rioolvreemd water gemeld.

De methode gaat uit van een vergelijking tussen de theoretisch verwachte dagsommen van afvalwater en gemeten influent dagsommen. Een meer gedetailleerde beschrijving van deze methode is gegeven in bijlage 2.

3.2 Analysemethodes

Er is een literatuuronderzoek naar analysemethoden uitgevoerd. Het blijkt dat in het buitenland (o.a. Duitsland en UK) meer aandacht aan rioolvreemd wordt besteed dan in Nederland gebruikelijk is. Ook zijn daar meer gedetailleerde onderzoeken uitgevoerd.

Vanuit deze literatuur zijn een aantal kenmerkende methoden geïdentificeerd. De methoden gaan vrijwel allen uit van een vergelijking tussen theoretische dwa-dagsommen met gemeten influent dagsommen. Er wordt meer of minder statistiek toegepast, maar in wezen zijn deze methoden hetzelfde. In hoofdstuk 6 zijn enkele methoden beschreven en toegepast.

In de UK wordt veel aandacht besteed aan de grootte van de nachtafvoer. Een vergelijking van de theoretische nachtafvoer met gemeten nachtafvoer wordt gebruikt om een schatting te maken van het aandeel rioolvreemd water. Deze methoden zijn in Nederland minder geschikt daar er door de vele onderbemalingen geen sprake is van een gelijkmatige afvoer.

4 BESCHIKBARE GEGEVENS

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de gegevensbronnen geïnventariseerd die relevant zijn voor het onderzoek en zijn voor zover mogelijk de nauwkeurigheden en onvolkomenheden aangegeven.

4.2 Theoretische afvalwaterdebieten

4.2.1 Verzorgingsgebied

Het verzorgingsgebied van een afvalwaterzuivering is over het algemeen goed gedefinieerd en aangegeven in de Basisrioleringsplannen (BRP). Ook de niet op de riolering aangesloten panden zijn heden ten dage grotendeels bekend en gelokaliseerd. Wel is er soms nog onduidelijkheid over al of niet op de riolering aangesloten bedrijven. Begrenzings van afvalwaterverzorgingsgebieden lopen evenwel vaak niet parallel met gemeentegrenzen of postcodegebieden.

Bij het ZHEW is in de heffingsbestanden voor de verontreinigingsheffing als parameter bij de belastingplichtigen ook het verzorgingsgebied van de betreffende RWZI (en zelfs het bemalingsgebied) opgenomen.

Bij Vallei & Eem is in het nieuwe geautomatiseerde systeem deze aanduiding echter verdwenen.

4.2.2 Inwoneraantallen en afvalwaterlozingen

Inwoneraantallen per verzorgingsgebied zijn te vinden in de Basisrioleringsplannen. De basis voor deze aantallen zijn hetzij gemeentelijke gegevens hetzij provinciale gegevens.

Het inwoneraantal van een gemeente op een bepaalde datum is een vrij betrouwbaar gegeven. Doordat basisrioleringsplannen vaak slechts één keer per 5 of 10 jaar worden geactualiseerd is het wel van belang te weten op welk jaar bepaalde gegevens betrekking hebben.

Voor prognoses van toekomstige inwoneraantallen hebben de provinciale gegevens de voorkeur.

Voor de theoretische afvalwaterlozingen van huishoudens wordt verwezen naar module B2100 Leidraad Riolering. De waarde van 120 l/inw/dag wordt veelal gebruikt bij het opstellen van de basisrioleringsplannen.

Het inwonersaantal vermenigvuldigd met de afvalwaterlozing van 120 l/inw/dag geeft een theoretische gemiddelde daghoeveelheid voor het huishoudelijke afvalwater. De werkelijkheid kent in ieder geval een spreiding over de dagen van de week en een seizoensinvloed. Daarnaast is er een afwijking vanwege het feit dat de meeste inwoners een gedeelte van de tijd elders dan in hun woning verblijven en afvalwater produceren (werk, school etc.). Dit laatste verschijnsel is nauwelijks te kwantificeren en wordt vrijwel nooit in dimensioneringsgrondslagen meegenomen.

Het kan echter relevant zijn in zgn. 'slaapsteden'. Dit lijkt bijvoorbeeld in Almere een significant verschijnsel, gezien de variatie in het drinkwatergebruik.

De spreiding over de dagen van de week en de seizoensinvloed is ook te relateren aan het waterverbruik.

Voor bedrijfsafvalwater wordt in de BRP's vaak gebruik gemaakt van kengetallen. Voor grotere industriële lozers zijn gegevens vaak beschikbaar via de 'Heffingenbestanden voor de Verontreinigingsheffing' van de waterschappen.

4.2.3 Heffingsbestanden voor de Verontreinigingsheffing

De heffingsbestanden worden door het waterschap gebruikt voor de inning van de verontreinigingsheffing.

De heffingsbestanden registreren voor huishoudelijke lozers uitsluitend de aansluiting van een huishouden, maar niet het aantal bewoners (met uitzondering van de eenpersoonshuishoudens). Gegevens zijn bekend per adres.

De gegevens met betrekking tot de afvalwaterlozingen van bedrijven worden in de heffingenbestanden geregistreerd. De bron hiervoor is in principe de Kamer van Koophandel. Een onderneming wordt door middel van vragenlijst ingedeeld als zogenaamd 'tabelbedrijf' of als 'meetbedrijf'. Bij tabelbedrijven wordt (sinds 2001) de verontreinigingsheffing bepaald door de afgenomen hoeveelheid leidingwater te vermenigvuldigen met een coëfficiënt uit een tabel. Bij meetbedrijven wordt vervuiling en afvalwaterhoeveelheid (periodiek) gemeten. De gegevens uit de heffingsbestanden zijn beschikbaar per adres, per postcode en soms per verzorgingsgebied. De kwaliteit van de gegevens kan verschillen. Sommige registraties zijn in m³/h en in bepaalde gevallen gebaseerd op schattingen. Transformatie van m³/h naar m³/dag introduceert een onnauwkeurigheid.

4.2.4 Drinkwaterverbruik

Drinkwaterverbruik is bij de waterleidingmaatschappijen bekend per adres (en dus per postcode), zowel voor huishoudens als voor bedrijven. Echter, deze verbruiksgegevens zijn bekend in m³/jaar. Op grotere geografische schaal kunnen de drinkwaterbedrijven wel gedetailleerde gegevens (bijvoorbeeld per uur of per dag) aanleveren met betrekking tot de leidingwaterproductie. De marge tussen productie en distributie is in Nederland gering.

Het verkrijgen van de gegevens van het drinkwaterverbruik blijkt in de praktijk minder gemakkelijk te zijn. Door fusies en commercialisering zijn de gegevens niet direct voorhanden of zijn verloren gegaan. Ook de wetgeving op het gebied van de bescherming van de privacy is van toepassing op het verstrekken van deze gegevens.

4.2.5 Overig waterverbruik en afvalwaterlozingen

Gegevens omtrent eigen waterwinnings, met name door bedrijven, zijn niet systematisch voorhanden. Grotere winningen zijn vergunningsplichtig (provincie) maar in hoeverre eigen winningen leiden tot afvalwaterlozingen is veelal onzeker. Zo leiden eigen winningen van agrarische bedrijven veelal niet tot afvalwater dat op het riool geloosd wordt.

4.2.6 Bronneringen en tijdelijke lozingen

Tijdelijke bronneringen met lozing op het riool en overige tijdelijke lozingen op het riool moeten in principe geregistreerd worden bij de gemeenten. Met deze tijdelijke lozingen wordt meestal geen rekening gehouden bij de bepaling van de theoretische droogweerafvoer.

4.3 Neerslag

Neerslaggegevens worden soms op het terrein van de afvalwaterzuivering gemeten (dagsommen). Ook wordt gebruik gemaakt van KNMI gegevens.

De definitie van een droge dag blijkt van groot belang bij de analyse van de dwa. Uitgangspunt is dat een dag droog genoemd kan worden als op die dag geen regenwater het riool bereikt en dat om 0:00 uur in het rioolstelsel geen regenwater aanwezig is van eerder gevallen neerslag. Neerslag wordt verschillend geregistreerd. Sommige onderstations registreren in dagsommen met aflezing om 8:00 of 9:00 uur. Andere (hoofd)stations registreren permanent met pluviografen en genereren hieruit dagsommen. Naast de neerslag dient rekening te worden gehouden met vertraagde inloop en ledigingstijden van gemengde stelsels.

Dagsommen van influent worden doorgaans om 8:00 uur afgelezen. Afhankelijk van faseverschillen tussen tijdstippen van aflezingen van neerslag en dagsommen influent kan de definitie van een droge dag verschillen. Ter wille van de eenduidigheid is gekozen om de definitie onafhankelijk te maken van het tijdstip van aflezing. Om die reden is gekozen voor de volgende definitie:

Een droge dag is een dag waarop gisteren, vandaag en morgen geen neerslag heeft plaatsgevonden, of waarop de eventuele neerslag niet tot inloop in de riolering heeft geleid.

NB: De dagsommen influent zijn ook geanalyseerd zonder de toevoeging 'morgen ook droog'. De verschillen bleken aanzienlijk (toename dwa) waaruit bleek dat bovenstaande definitie zinvol en nodig is.

Voor dit onderzoek is aangenomen dat op dagen met een neerslag van kleiner dan 0,5 mm per dag geen inloop optreedt. Geen rekening is gehouden met eventueel smeltwater van eerder gevallen neerslag zoals sneeuw of ijzel.

Als de droge dag definitie met 1 mm. toeneemt, dan nemen de Weiss-Brombach getallen (zie §6.3 C3) met 3-6 % toe. Zomer- en winter dwa (§ 6.3 C4) veranderen niet significant.

4.4 Gemeten dagsommen influent

Alle beheerders van RWZI's registreren in principe de gemeten dagsommen (m³/dag) van het influent. In sommige gevallen wordt uitsluitend het effluent bemeten.

Dit gebeurt tegenwoordig meestal met elektromagnetische flowmeters. De vereiste nauwkeurigheid is 5%.

Het verschil tussen influent- en effluent dagsommen wordt verwaarloosbaar geacht.

De aflezing van de dagsom vindt in het algemeen plaats in de ochtenduren. Gebleken is echter dat deze gegevens niet altijd volledig zijn.

4.5 Gemeten kwaliteitsgegevens

De chemische samenstelling van het influent wordt volgens de voorschriften (Lozingenbesluit Wvo Stedelijk Afvalwater) volumeproportioneel over 24 uur bepaald. De frequentie is minimaal eenmaal per maand.

Bij de monsternamen wordt geen rekening gehouden met eventuele inloop van de neerslag. Er wordt dus ook bemonsterd tijdens rwa.

5 ANALYSE AFVALWATERHOEVEELHEDEN

5.1 Algemeen

Uit het literatuuronderzoek en uit de ervaring van de voorstudie is een aantal analysemethoden geïdentificeerd. De methoden zijn elkaar complementenderend en (al of niet) elkaar bevestigend. Afhankelijk van de beschikbare gegevens zijn niet alle methoden uitvoerbaar noch noodzakelijk.

Om de verschillende analysemethoden van elkaar te onderscheiden, is gebruik gemaakt van een indeling A, B, C, D en E.

- A : is een beschrijving van de theoretische dagsommen tijdens droogweerafvoer.
- B : betreft de analyse van het leidingwaterverbruik.
- C : hier valt een aantal methoden onder waarbij de gemeten dagsommen influent worden geanalyseerd, soms in combinatie met neerslaggegevens van het meest nabijgelegen station.
- D : deze methode is gebaseerd op analyse van de kwaliteitsgegevens van het influent.
- E : hier vallen de overige methoden onder, zoals een correlatie met geohydrologische gegevens.

Er zijn op 5 voorbeeldgebieden 10 analysemethoden toegepast.

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe de analyses zijn uitgevoerd voor elk van de 10 analysemethoden en worden de resultaten toegelicht. De volledige analyseresultaten zijn in bijlage 1 weergegeven. Voor alle bijbehorende figuren die deel uitmaken van de analysemethodieken wordt eveneens naar deze bijlage verwezen. Ter verduidelijking zijn enkele van de resultaatgrafieken in de hoofdtekst ingevoegd.

De voorbeeldgebieden waren:

- Het verzorgingsgebied van het aandeel Scherpenzeel van de RWZI Woudenberg;
- Het verzorgingsgebied van het aandeel Woudenberg van de RWZI Woudenberg;
- Het verzorgingsgebied van de RWZI Bennekom;
- Het verzorgingsgebied van de RWZI Stolwijk;
- Het verzorgingsgebied van de RWZI Papendrecht.

NB: Voor Woudenberg zijn de dagsommen van het gemaal Zegheweg gebruikt. De RWZI Woudenberg ontvangt naast deze hoeveelheden van het gemaal Zegheweg tevens de totale afvoer van de kern Scherpenzeel en een in de analyses te verwaarlozen hoeveelheid van Industrierrein Oost. Voor zover de meetgegevens beschikbaar waren zijn de analyses zoveel mogelijk op de deelgebieden uitgevoerd. Dit betekent dat de volumeanalyses op het gemaal Zegheweg en de kern Scherpenzeel zijn uitgevoerd, terwijl enkele kwaliteitsanalyses op het totale influent van de RWZI Woudenberg (Scherpenzeel + Woudenberg) zijn uitgevoerd.

5.2 Beschikbaarheid gegevens

In onderstaande tabel is voor elke dag in de week aangegeven welk percentage van de afvalwaterdebieten niet beschikbaar was. Daaruit blijkt dat in Papendrecht tweederde van de

metingen in het weekend ontbreekt. Dit is een zodanig hoog aantal dat de weekenddagen analyse (zie § 6.3, C6) hierdoor onbetrouwbaar wordt, en het ontbreken van waarden mogelijk zelfs enige invloed kan hebben op gemiddelde waarden. In Stolwijk ontbreekt eenderde van de weekendwaarnemingen, zodat bovenstaande conclusies in verminderde mate ook voor Stolwijk gelden. Verbetering van de registratie wordt aanbevolen.

Tabel 5-1 Ontbrekende debietwaarnemingen

Ontbrekende debieten	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht
Zondag	4%	4%	0%	31%	69%
Maandag	0%	0%	0%	4%	11%
Dinsdag	2%	2%	0%	0%	10%
Woensdag	0%	0%	2%	0%	12%
Donderdag	4%	4%	0%	0%	10%
Vrijdag	4%	4%	0%	2%	10%
Zaterdag	8%	8%	0%	33%	67%
Gemiddeld	3%	3%	0%	10%	27%

De beschikbaarheid van neerslaggegevens is hieronder aangegeven. Voor de afvalwaterzuiveringen van Woudenberg en Bennekom zijn altijd (KNMI) data beschikbaar. Voor de afvalwaterzuiveringen van Stolwijk en Papendrecht ontbreekt ongeveer 30% van de weekendwaarnemingen. Doordat de definitie van een droge dag noodzakelijkerwijs 3 dagen omvat (zie hoofdstuk 5) wordt het aantal dagen in Stolwijk en Papendrecht dat als droog aangemerkt kan worden hierdoor behoorlijk kleiner.

Tabel 5-2 Ontbrekende neerslag waarnemingen

Ontbrekende neerslag	Scherpenzeel	Woudenberg	Wageningen	Stolwijk	Papendrecht
Zondag	0%	0%	0%	31%	29%
Maandag	0%	0%	0%	4%	4%
Dinsdag	0%	0%	0%	0%	2%
Woensdag	0%	0%	0%	0%	2%
Donderdag	0%	0%	0%	0%	2%
Vrijdag	0%	0%	0%	2%	0%
Zaterdag	0%	0%	0%	33%	31%
Gemiddeld	0%	0%	0%	10%	10%

Analyse heeft uitgewezen dat als één zevende van de neerslaggegevens wegvalt (willekeurig) dan nemen de Weiss-Brombach resultaten (§ 6.3 C3) met 3-6% toe. Zomer en winter dwa (§ 6.3 C4) met 5-20%.

5.3 Toelichting analysemethoden en bespreking resultaten

A Theoretische dagsommen droogweerafvoer

De theoretische kwantificering en opbouw van de dagsommen zijn per bemalingsgebied opgesteld. Uitgangspunt voor de kwantificering waren bij het ZHEW de heffingsbestanden, bij Vallei&Eem de gegevens uit de zogenaamde dimensioneringsnota, waarvoor ook de heffingsbestanden als basis golden.

Voor de raming van het aandeel huishoudelijk afvalwater van de inwoners is in beide gevallen uitgegaan van een afvoer van 120 l/dag/inwoner.

In de heffingsbestanden van het ZHEW zijn bedrijfs- en industriële lozers opgenomen. Hier moet vermeld worden dat heffingsbestanden niet altijd de meest recente informatie bevatten en dat de lozingen soms uitsluitend zijn uitgedrukt in VE's en niet in m³/h. In het nieuwe systeem van Vallei&Eem is het verzorgingsgebied niet direct gerelateerd aan de belastingplichtige.

Voor de verschillende RWZI's en verzorgingsgebieden is de opbouw weergegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3 Theoretische opbouw dagsommen droogweerafvoer

Gebied	Inwoners m ³ /dag	Bedrijven m ³ /dag	Overig m ³ /dag	Seizoen m ³ /dag	Totaal m ³ /dag
Woudenberg *	1890	133	280	600 **	2303
Scherpenzeel	1074	256	0	0	1330
Bennekom	1956	265	272	0	2494
Stolwijk	740	125	0	0	864
Papendrecht	3682	645	0	0	4327

* Woudenberg = Gemaal Zegheweg

** Voor analysedoeleinden is 'Seizoen' niet in 'Totaal' opgenomen, daar deze afvoercapaciteit slechts op incidentele zomerse dagen (gedeeltelijk) wordt benut.

Onder 'Overig' zijn lozingen opgenomen van bijvoorbeeld instituten, instellingen en recreatieve bedrijven met een min of meer permanent lozingskarakter.

De theoretische dagsom dwa is als referentie gehanteerd, en komt bij de analysemethoden B en C aan de orde.

B Drinkwater

Voor het verzorgingsgebied van de afvalwaterzuiveringen is bepaald welke postcodegebieden daarbij horen. Voor het analysejaar 2001 is het drinkwaterverbruik van de betreffende 4-cijferige postcodegebieden opgevraagd. De drinkwatermaatschappijen Hydron Midden Nederland en Hydron Zuid Holland hebben dit aangeleverd. Voor Bennekom en Wageningen-Hoog zijn al eerder door Vitens beschikbaar gestelde gegevens over 1999 gebruikt. Het jaarverbruik is terugerekend aan de hand van de meterstanden. De sommatie van het jaarverbruik van de aangesloten 4-cijferige postcodegebieden gedeeld door het aantal dagen per jaar levert het gemiddelde drinkwaterverbruik per dag.

Vergelijking met de in de vorige paragraaf bepaalde theoretische dwa dagsommen levert het volgende beeld:

Tabel 5-4 Toetsing theoretische dwa-dagsom aan gemeten drinkwaterverbruik

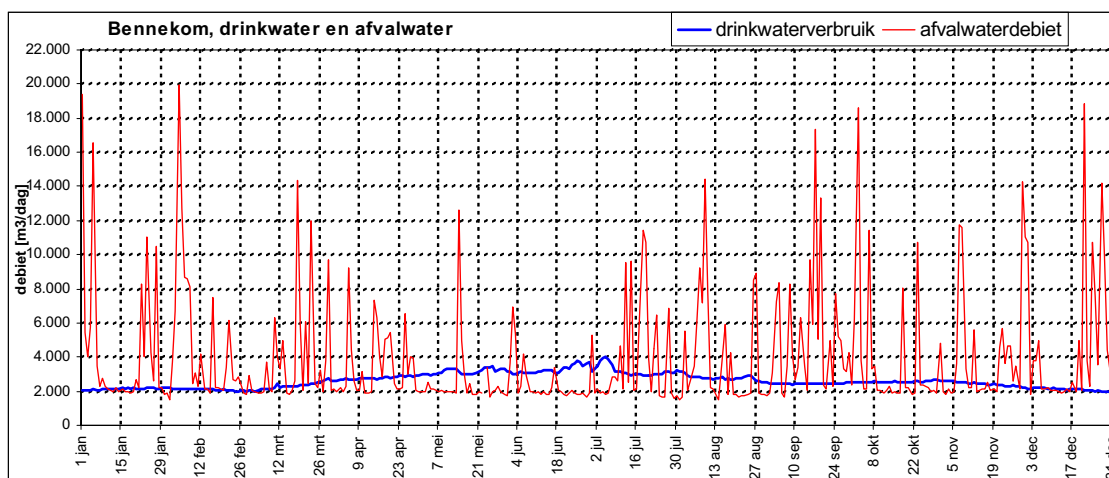
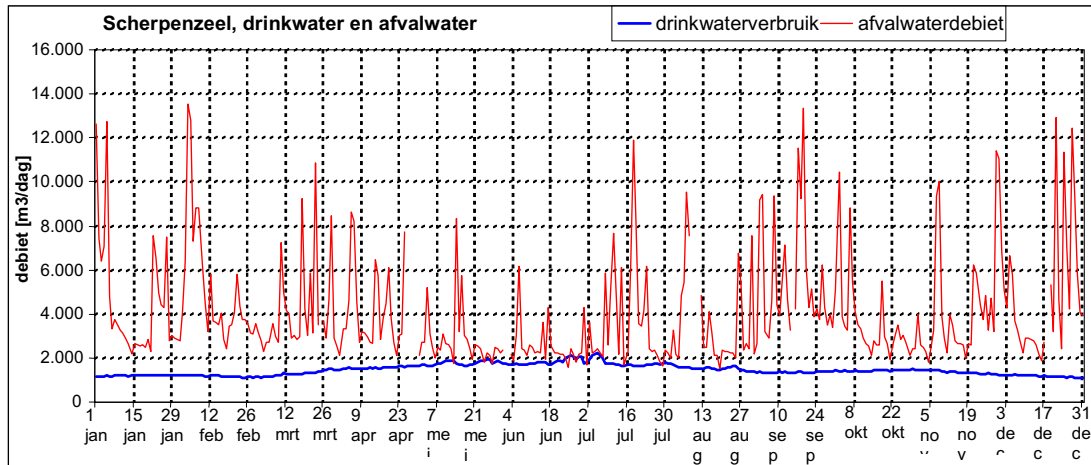
Gebied	Totaal dwa m ³ /dag	Drinkwater m ³ /dag	% dwa tov drinkwater
Woudenberg *	2303	2900	79
Scherpenzeel	1330	1452	92
Bennekom	2494	2605	96
Stolwijk	864	1238	70
Papendrecht	4327	5113	85

* Woudenberg = Gemaal Zegheweg

Een gedeelte van het geleverde drinkwater aan huishoudens zal niet als afvalwater worden ingezameld, bijvoorbeeld door gebruik als sproeiwater voor tuinen en planten.

Als aanvulling is gebruik gemaakt van drinkwaterproductiecijfers om de variatie over het jaar van het drinkwaterverbruik per dag te benaderen. Voor Wageningen-Hoog (onderdeel van afvalwaterzuivering Bennekom) is de levering per dag ontvangen (gemiddeld 1.407 m³/d) en voor pompstation Woudenberg de maandproductie in 2001 (gemiddeld 5.441 m³/d). De tendens van beide verdelingen komt goed overeen ('s zomers meer dan 's winters). Een algemene indicatieve verdeling is hiervan afgeleid door de maandproductie uit te smeren over de dagen en een gewogen gemiddelde te maken waarin Woudenberg dubbel meetelt t.o.v. Wageningen-Hoog. Met deze algemene indicatieve verdeling is voor alle voorbeeldgebieden het werkelijke drinkwaterverbruik per jaar uitgesmeerd over de dagen en in een tijdreeks vergeleken met de gemeten afvalwaterdebieten (bijlage 1, pagina 2 en 3). Het resultaat geeft een goede indruk van de verhouding tussen het drinkwaterverbruik en de (naar verwachting lagere) afvalwaterdebieten.

Aan de hand van de tijdreeksen wordt duidelijk dat met name in Scherpenzeel en Papendrecht het afvalwaterdebiet structureel hoger ligt dan het drinkwaterverbruik, ook voor perioden met lage debieten. Voor Woudenberg Zegheweg en het totaal van Woudenberg bij de RWZI geldt dit in mindere mate. Dit geeft aan dat in deze gebieden aanzienlijke hoeveelheden rioolwater voorkomen die niet van geleverd drinkwater afkomstig zijn, dus of van (zeer grote) bedrijfslozingen met eigen waterwinning, of van rioolvreemd water. Voor Stolwijk en Bennekom liggen de betreffende tijdreeksen wel op een juiste positie t.o.v. elkaar. De reductie drinkwater-afvalwater heeft in deze tijdreeksen niet plaatsgevonden, maar evenmin een ophoging met mogelijk eigen waterwinningen van bedrijven die wel tot afvalwaterproductie leiden.



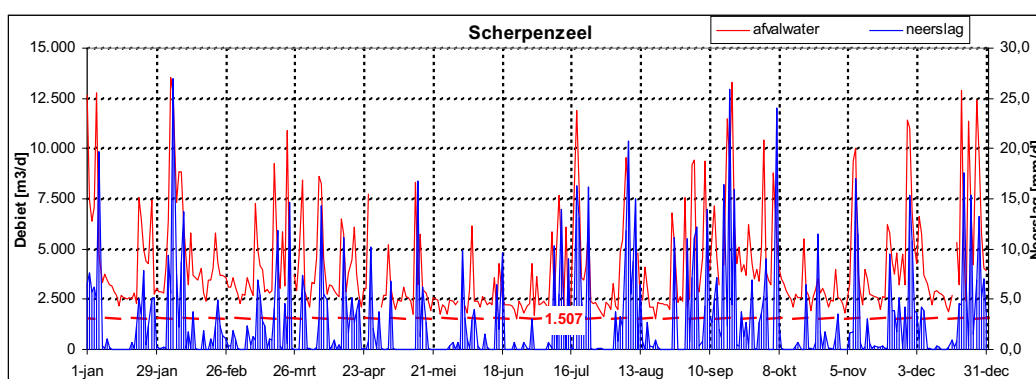
Voor Stolwijk is het relatief grote verlies deels te verklaren uit de levering van drinkwater aan agrarische bedrijven in het buitengebied. Hier wordt uitsluitend het huishoudelijke afvalwater ingezameld middels drukriolering. Het kan echter ook duiden op een te laag geschatte theoretische dwa. De gemeten debieten geven echter geen reden om de theoretische dwa te herzien.

In Bennekom is het drinkwaterverbruik slechts 4% meer dan de theoretische dwa. Omdat de gemeten debieten in dit geval echter redelijk overeenstemmen met het drinkwaterverbruik (i.p.v. met de theoretische dwa) is er hier reden om aan de juistheid van de theoretische dwa te twijfelen. De resultaten duiden in de richting van een te hoog ingeschatte theoretische dwa.

De theoretische dwa-dagsommen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op algemene kentallen. Ze blijken redelijk tot goed te overeen te komen en af te leiden uit het gemeten drinkwaterverbruik. Deze theoretische dwa-dagsommen zijn om die reden als basis genomen voor de verdere toetsingen aan gemeten dwa-dagsommen.

C1 Tijdreeks minimum

De eenvoudigste benadering is een chronologische presentatie van de gemeten dagsommen in een grafiek en de bepaling van de minimum waarde in deze tijdreeks. De dagelijkse neerslaghoeveelheid is op een afzonderlijke as toegevoegd om uitschieters te kunnen beoordelen. Uit de grafiek valt eenvoudig op te maken of eventueel overduidelijke niet-consistente waarden aanwezig zijn (b.v. nul i.p.v. ‘niet beschikbaar’ of tien maal kleiner dan alle andere waarden). Deze overduidelijke niet-consistente waarden zijn verwijderd om de rest van de analyses op een juiste manier te kunnen doen. In de resulterende grafieken (bijlage 1, pagina 4-6) is het minimum debiet als een horizontale lijn aangegeven. Deze presentatie van gegevens geeft een goed inzicht in het jaarlijkse dwa verloop en het effect van neerslag op de dagsommen. In een situatie zonder rioolvreemd water wordt verwacht dat de minimum dagafvoer kleiner is dan de theoretische dwa.



Vergelijking benaderingen in m3/dag	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal [m3/d]	Zegheweg [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	totaal [m3/d]
A Theoretische dwa	1.330	2.303	2.494	864	4.327	3.633
B Drinkwater	1.452	2.900	2.605	1.238	5.113	4.352
C1 tijdreeks minimum	1.507	2.130	1.486	725	4.733	4.282

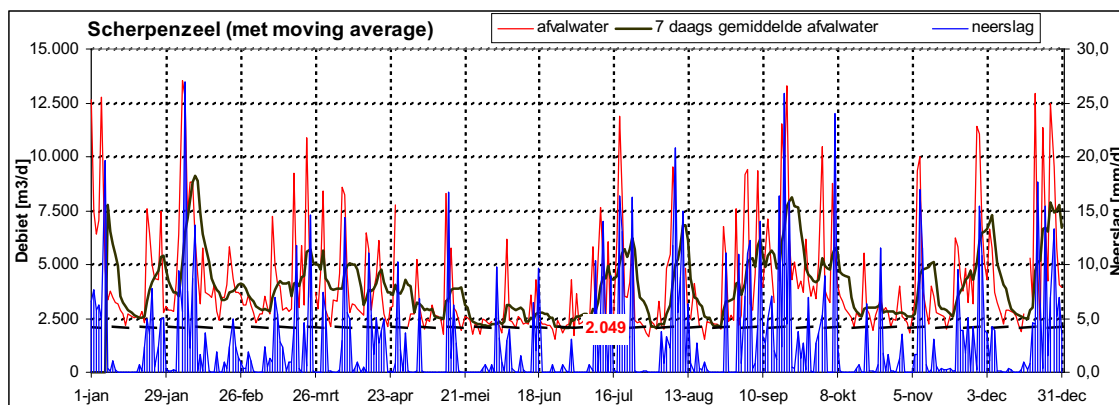
Vergelijking benaderingen in % t.o.v. dwa	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal [%]	Zegheweg [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	totaal [%]
A Theoretische dwa	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B Drinkwater	109%	126%	104%	143%	118%	120%
C1 tijdreeks minimum	113%	92%	60%	84%	109%	118%

Het minimum van de tijdreeks voor de debieten zou onder de theoretische dwa moeten liggen. Dit is voor Papendrecht, Scherpenzeel en Woudenberg echter niet het geval. Deze benadering bevestigt hierdoor het beeld dat met name in Scherpenzeel (onderdeel van Woudenberg totaal) en Papendrecht aanzienlijke hoeveelheden rioolvreemd water optreden. In Woudenberg Zegheweg ligt dit minimum ook aan de hoge kant (92% van de theoretische dwa). Voor Bennekom en Stolwijk bevestigt deze benadering het eerder verkregen beeld van weinig rioolvreemd water.

Door de horizontale minimum-lijn laten de tijdreeksen helder zien dat het minimum alleen in de zomermaanden juli/augustus benaderd wordt. In alle andere maanden liggen de minima (soms aanzienlijk) hoger. Dit is een aanwijzing voor (met name) grondwaterinfiltratie. In Bennekom doet dit zich niet voor.

C2 Minimum van voortschrijdend gemiddelde (Moving minimum)

Deze benadering bouwt voort op benadering C1. In dezelfde grafiek is het 7-daags voortschrijdend gemiddelde toegevoegd, en is i.p.v. het dagminimum het 7-daags minimum als horizontale referentielijn vermeld (bijlage 1, pagina 7-9). Voor 7 dagen is gekozen om sterke variatie als gevolg van dagen in de week (b.v. zondag) uit te middelen. In een situatie zonder rioolvreemd water wordt verwacht dat deze 7-daags minimum afvoer nog steeds iets kleiner is dan de theoretische dwa, of in ieder geval dicht in de buurt ligt. Als de minima in de 7-daags gemiddelde lijn in de loop van het jaar sterk variëren, is dit een aanwijzing dat mogelijk rioolvreemd water optreedt.



Vergelijking benaderingen in m3/dag		Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
		gemaal [m3/d]	Zegheweg [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	totaal [m3/d]
A	Theoretische dwa	1.330	2.303	2.494	864	4.327	3.633
B	Drinkwater	1.452	2.900	2.605	1.238	5.113	4.352
C1	tijdreeks minimum	1.507	2.130	1.486	725	4.733	4.282
C2	Moving minimum	2.049	2.829	1.763	776	7.210	4.878

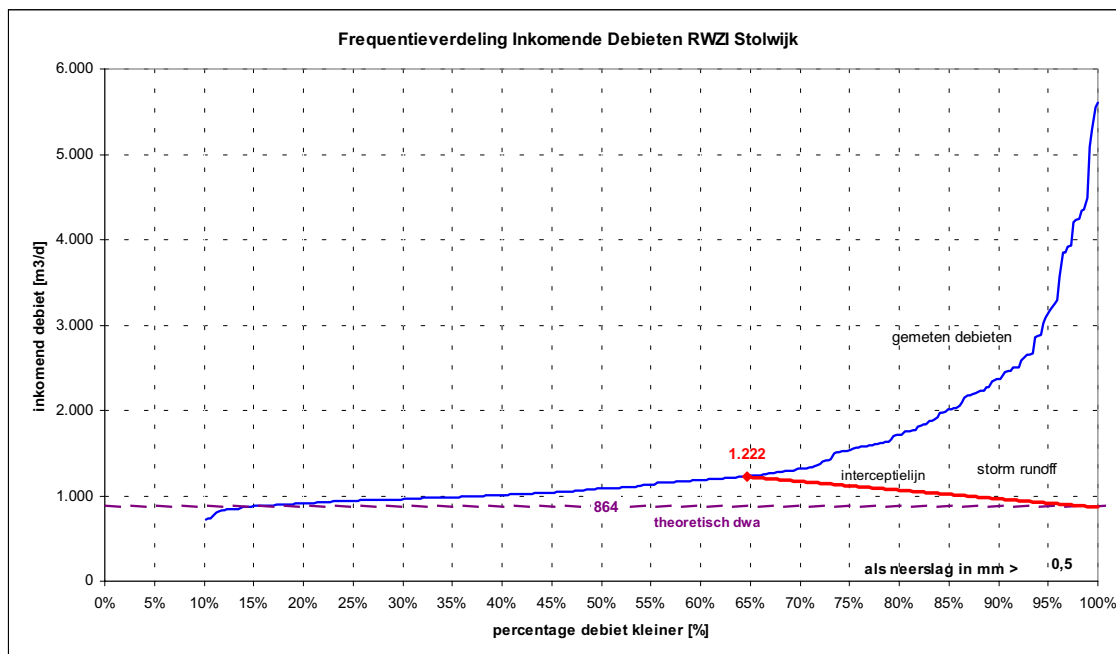
Vergelijking benaderingen in % t.o.v. dwa		Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
		gemaal [%]	Zegheweg [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	totaal [%]
A	Theoretische dwa	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Drinkwater	109%	126%	104%	143%	118%	120%
C1	tijdreeks minimum	113%	92%	60%	84%	109%	118%
C2	Moving minimum	154%	123%	71%	90%	167%	134%

Ook het 7-daags gemiddelde bereikt alleen de minimum waarde in de zomermaanden juni tot augustus (uitgezonderd Bennekom). In Scherpenzeel en Papendrecht zijn wederom de grootste seizoensfluctuaties in de minima te zien. Dit bevestigt het eerder verkregen beeld. Het 7 daags minimum van Papendrecht gedurende de lange droge periode in januari ligt zelfs bijna dubbel zo hoog als het 7-daags gemiddelde eind juni.

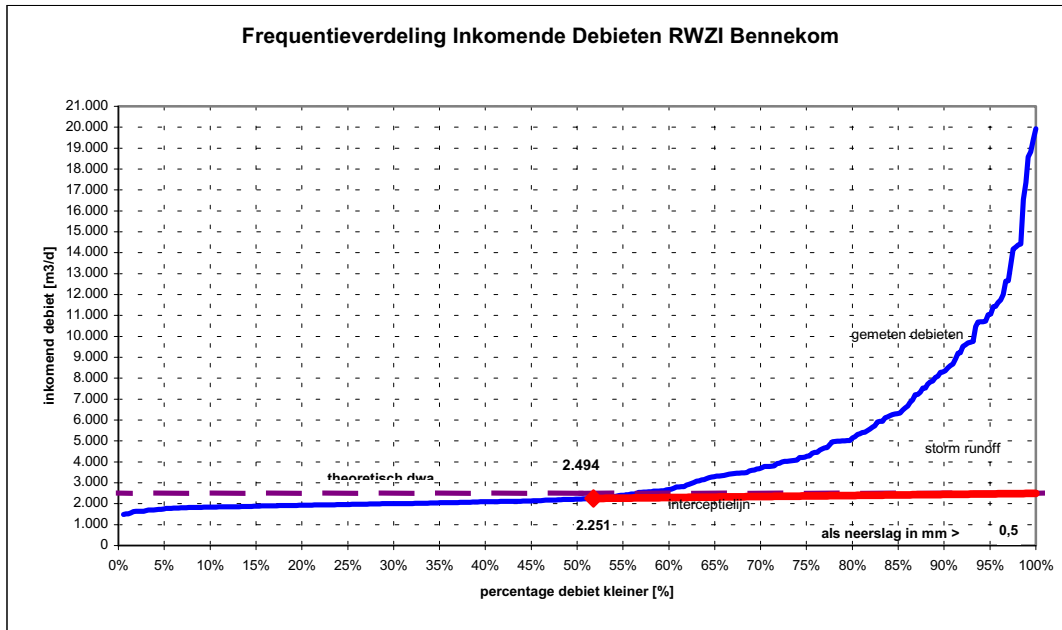
Ook voor Woudenberg Zegheweg ligt het laagste 7 daags minimum flink hoger dan de theoretische dwa (23% hoger). In samenhang met het drinkwaterverbruik (+26%) bevestigt dit ook hier het eerdere vermoeden van rioolvreemd water. In Stolwijk ligt het 7-daags minimum in de lijn der verwachting op 90% van de theoretische dwa; in Bennekom op slechts 71%. Dit laatste is (wederom) lager dan verwacht, als de theoretische dwa op de juiste hoogte zou liggen.

C3 Weiss-Brombach

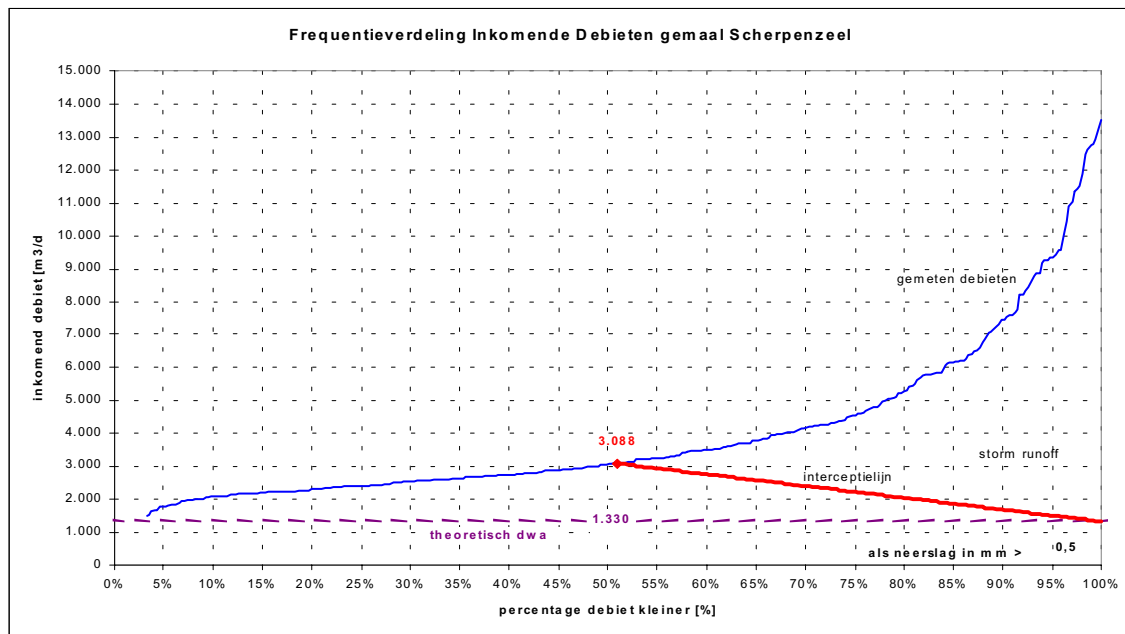
De Weiss-Brombach benadering maakt ook gebruik van de gemeten dagdebieten dwa. Naast het eventueel optreden van riolovreemd water, kwantificeert deze methode tevens het aandeel riolovreemd water. Deze methode is in bijlage 2 nader beschreven.



Voor Stolwijk is het linker (droge) deel van de blauwe lijn in de figuur mooi vlak, deels onder en deels boven de theoretische dwa. Dit duidt op slechts weinig riolovreemd water ($150 \text{ m}^3/\text{d}$ ofwel 18%).



In Bennekom ligt meer dan 55% van de gemeten debieten onder de theoretische dwa. Behalve de bevestiging van een te hoge theoretische dwa (orde 10%), geeft de figuur geen of nauwelijks rioolvreemd water aan; het linker deel van de blauwe lijn ligt erg vlak. In Bennekom zou uittreding van rioolwater naar het grondwater eventueel een rol kunnen spelen gezien de rest van de figuur en de samenvattende tabel.



Voor Scherpenzeel is het linker deel van de blauwe lijn behoorlijk hellend, wat duidt op infiltratie. Het driehoekige oppervlak als aanduiding van rioolvreemd water bedraagt $1.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ofwel 75% t.o.v. de theoretische dwa. Voor Woudenberg Zegheweg bedraagt dit ook $1.000 \text{ m}^3/\text{d}$ (in dit geval 44%), en voor Woudenberg totaal $2.000 \text{ m}^3/\text{d}$ (56%). De samenvoeging van beide deelgebieden wordt in deze benadering correct weergegeven. Voor Papendrecht bevestigt deze methode wederom de grote hoeveelheid rioolvreemd water ($3.700 \text{ m}^3/\text{d}$ of 86%). De sterk hellende lijn geeft aanleiding om de vraag te stellen of misschien in bepaalde gedeelten directe drainage plaatsvindt.

Vergelijking benaderingen in m3/dag	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal	Zegheweg	gemaal	gemaal	gemaal	totaal
	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]
A Theoretische dwa	1.330	2.303	2.494	864	4.327	3.633
B Drinkwater	1.452	2.900	2.605	1.238	5.113	4.352
C1 tijdreeks minimum	1.507	2.130	1.486	725	4.733	4.282
C2 Moving minimum	2.049	2.829	1.763	776	7.210	4.878
C3 Weiss-Brombach	2.328	3.324	2.162	1.023	8.060	5.668

Vergelijking benaderingen in % t.o.v. dwa	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal	Zegheweg	gemaal	gemaal	gemaal	totaal
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
A Theoretische dwa	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B Drinkwater	109%	126%	104%	143%	118%	120%
C1 tijdreeks minimum	113%	92%	60%	84%	109%	118%
C2 Moving minimum	154%	123%	71%	90%	167%	134%
C3 Weiss-Brombach	175%	144%	87%	118%	186%	156%

C4 Zomer en winter

Tot nu toe werden alle debieten in beschouwing genomen; in deze benadering worden alleen de droge dagen meegenomen.

Als eenvoudigste benadering van zomer en winter is het zomerhalfjaar en het winterhalfjaar aangehouden. De zomer loopt hierbij van 1 april t/m 30 september en de winter van 1 oktober t/m 31 maart. Voor zomer en winter afzonderlijk is het gemiddelde bepaald van de afvoer op droge dagen en worden deze o.a. met elkaar vergeleken (bijlage 1, samenvattende tabel op pagina 1, en details op pagina 13). Bij gelijke neerslag en verdamping zou je theoretisch kunnen verwachten dat in de zomer de gemiddelde dwa iets hoger ligt dan in de winter omdat over het algemeen zowel drinkwaterverbruik als polderpeil dan hoger zijn. Maar als gevolg van o.a. neerslag en verdamping is het verloop van het grondwaterpeil tussen de watergangen 's zomers anders dan 's winters (uitputting i.p.v. opbolling).

De opbolling van het grondwaterpeil in de winter t.o.v. de zomer is kennelijk zo groot dat dit in alle voorbeeldgebieden via de riolering in de afvalwaterdebieten meetbaar is. Voor elk voorbeeldgebied bleek de winter dwa groter dan de zomer dwa (3% tot 54% meer t.o.v. de theoretische dwa). Uit een snelle gevoeligheidsanalyse bleek het verschil toe te nemen als het winterhalfjaar en het zomerhalfjaar tot b.v. 4 maanden beperkt werd. Het hogere drinkwaterverbruik en het hogere open water peil 's zomers leiden dus niet tot een hogere dwa maar worden in alle gevallen gecompenseerd door meer rioolvreemd water 's winters (waarschijnlijk grondwater).

Voor Bennekom is het gemiddelde van de afvalwaterdebieten op droge dagen 's winters 7% hoger dan die debieten 's zomers. Als geen aanwijzingen gevonden kunnen worden voor b.v. bronneringen of bedrijfslozingen die deze verschillen kunnen verklaren is dit een aanwijzing dat ook hier enige grondwaterinfiltratie plaatsvindt. Gelet op het resultaat van de vorige benadering (Weiss-Brombach) wordt deze infiltratie waarschijnlijk op jaarbasis tenietgedaan door exfiltratie. In Papendrecht bedraagt de dwa in het winterhalfjaar 27% meer dan in het zomerhalfjaar. Het eerder verkregen beeld wordt ook voor de andere voorbeeldgebieden verder versterkt. Enigszins opvallend is dat Woudenberg Zegheweg iets grotere winter-zomer verschillen laat zien dan Scherpenzeel.

Als voor zomer en winter elk 4 maanden in plaats van 6 maanden gekozen wordt, dan worden zomer en winter dwa slechts 1 tot 4% lager.

C5 Lange droge periode

In deze benadering wordt het verloop van de dwa over een langdurige periode zonder neerslag bekeken. Aan de hand van de neerslag dagsommen is de langste periode uitgekozen waarin voor alle voorbeeldgebieden droge dagen optreden (volgens bovenstaande definitie). In 2001 was dat van 6 t/m 13 mei. Voor deze periode (met ruime grenzen) is het chronologisch verloop van de dwa weergegeven en is het laagste 7-daags gemiddelde bepaald (bijlage 1, pagina 14 en 15). In een situatie zonder rioolvreemd water wordt verwacht dat dit 7-daags minimum kleiner is dan de theoretische dwa, of in ieder geval dicht in de buurt ligt. Als in de weergegeven periode een duidelijk uitputtingsverloop plaatsvindt is dit een aanwijzing dat mogelijk rioolvreemd water optreedt (grondwater infiltratie).

Als eerste wordt opgemerkt dat de verwachting dat de dwa in deze langste droge periode van 2001 de minimum waarden van het jaar zou bevatten of benaderen niet waar is gebleken. Het gemiddelde dwa in deze droge mei periode bleek minstens 25% hoger (Bennekom 9% hoger) dan ergens midden zomer (juli). Kennelijk is de seizoensinvloed (grondwaterinfiltratie) redelijk groot. Benadering C2 met het 7-daags voortschrijdend gemiddelde vindt deze minimum dwa per week direct, zonder het moeten aanwijzen van droge dagen. Het verschil tussen de gevonden waarden van deze benadering en benadering C2 geeft echter wel weer een aanwijzing voor de grootte van mogelijk rioolvreemd water door o.a. seizoensinvloeden.

Ten tweede valt op dat de tijdreeksen van bijlage 1, pagina 15 en 16, over de 10-daagse periode geen herkenbaar uitputtingsverloop van toetredend grondwater laten zien. De lijnen zijn vlak, en de invloed van werkdag of weekend lijkt groter dan het optreden van uitputtingsverloop. Op de eerste dag na de natte periode is de dwa (meestal) nog wel iets hoger, daarna is dit effect niet meer aanwijsbaar.

C6 Zondag en maandag

In deze benadering wordt bekeken of op weekdays een significant andere dwa optreedt dan op weekenddagen. Voor elke weekday afzonderlijk is het gemiddelde bepaald van de afvoer op droge dagen en worden deze gemiddelde waarden met elkaar vergeleken (bijlage 1, pagina 16). De meerwaarde van deze benadering is echter vrij beperkt. Als het verschil tussen de gemiddelde dwa op b.v. zondag en maandag aanzienlijk groter is dan het theoretische aandeel bedrijfsafvalwater zou dit een aanwijzing kunnen zijn dat bepaalde bedrijfslozingen nog gemist worden. Daarnaast geeft de methode enig inzicht in de consistentie van de waarnemingen.

Voor Stolwijk en met name Papendrecht ontbraken zoveel weekend waarnemingen dat inconsistente resultaten verkregen werden. Voor alle andere voorbeeldgebieden is de maandag dwa hoger dan de zondag dwa. In Bennekom en Woudenberg Zegheweg is dit verschil slechts 6% van de theoretische dwa; er is hier geen duidelijk verklaarbaar weekpatroon te ontdekken. In Scherpenzeel ligt de weekend dwa duidelijk lager dan op weekdays, op zondag zelfs 64% minder dan op maandag.

In slaapsteden kan op zondag mogelijk meer huishoudelijk afvalwater geproduceerd worden dan op maandag. Dit soort effecten zijn sterk lokaal gebonden. Per gebied zou een nadere analyse gemaakt kunnen worden van bedrijfs- en industriële lozingen die niet plaatsvinden in weekenden. De omvang van mindere lozingen in vergelijking met de theoretische waarde kan mogelijk verdere aanwijzingen geven.

C7 's Nachts en overdag

In deze benadering wordt de gemiddelde dwa waarde bepaald voor elk uur van de dag en de nacht. Voor kleine rioolssystemen wordt verwacht dat de afvoer een minimum bereikt laat in de nacht of zeer vroeg in de morgen. Op droge dagen zou deze minimum uurafvoer lager moeten zijn dan de theoretische dwa per dag voor een gemiddeld uur.

Helaas worden in de praktijk de uurwaarnemingen dikwijls niet bewaard; ook voor deze studie waren ze niet (meer) beschikbaar. Mede hierom is deze benadering vooral geschikt voor nadere analyse als reeds geconstateerd is dat er een significant probleem met rioolvreemd water optreedt.

D Afvalwaterkwaliteit

In deze benadering worden kwaliteitsparameters van het afvalwater onderzocht om aanwijzingen (of bevestigingen) omtrent rioolvreemd water te vinden. Volgens het Lozingenbesluit zijn in ieder geval beschikbaar de parameters BZV, CZV, onopgeloste bestanddelen, totaal fosfaat en N-Kjeldahl, meestal eens per 14 dagen. De waarden van de analyses op droge dagen zijn in een diagram uitgezet tegen de dwa op die dag (bijlage 1, pagina 18 en 19). De spreiding van de meetpunten en de eventuele helling van de regressielijn door de puntenwolk zijn aanwijzingen of mogelijk een verband tussen de dwa en afvalwaterkwaliteit bestaat. Waar mogelijk wordt de gemiddelde waarde van de parameters op droge dagen tevens vergeleken met de zogenaamde STOWA waarden.

De kwaliteitsparameters van het afvalwater betreffen daggemiddelde waarden tijdens droge dagen. Afhankelijk van bemonstering en neerslagpatroon gaat het in de voorbeeldgebieden om slechts 4 tot 10 waarnemingen per jaar. Afvalwater heeft specifieke kenmerken: De Stowa standaard samenstelling van huishoudelijk afvalwater is CZV 600 mg/l, BZV 220 mg/l, N-Kj 58 mg/l en P_{tot} 10,3 mg/l. Onderstaande tabel geeft het gemiddelde van gemeten CZV en N-Kj per voorbeeldgebied.

Tabel 5-5 Chemische samenstelling afvalwater op droge dagen

	STOWA standaard	RWZI Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht
CZV mg/l	600	520	600	600	320
N N-Kj mg/l	58	55	72	62	46

Papendrecht laat duidelijk veel lagere waarden dan de STOWA standaard zien, in Woudenberg is dit in mindere mate het geval. In Stolwijk zijn de gemiddelde concentraties gelijk aan de standaard, in Bennekom is N-Kj zelfs flink hoge maar de CZV overeenkomstig.

In het algemeen wordt het eerder verkregen beeld bevestigd. (b.v. C3, Papendrecht 86% rioolvreemd water)

Vanwege het gering aantal samenvallende metingen moet hier echter niet teveel gewicht aan gehecht worden.

Een tweede analyse van de kwaliteitsparameters bekijkt de spreiding in concentraties bij droogweer als indicatie voor rioolvreemd water. In Woudenberg valt de spreiding van N-Kj op (44-64 mg/l), waarbij overduidelijk een dwa-correlatie valt op te merken. In Bennekom varieert de CZV van 430 mg/l tot 850 mg/l, maar er is geen relatie met de dwa zichtbaar. In Stolwijk wordt het zichtbare CZV-dwa verband voornamelijk bepaald door slechts één waarneming bij zeer lage dwa en zeer hoge CZV (950 mg/l). In Papendrecht is de hoeveelheid rioolvreemd

water kennelijk zo groot dat voor alle kwaliteitsparameters een significante dwa-correlatie bestaat. Spreiding en correlatie zijn voor N-Kj het hoogst.

Samenvattend kan gezegd worden dat deze benadering weinig bruikbaar is om het aandeel rioolvreemd water te berekenen, maar dat eerdere aanwijzingen er wel door bevestigd kunnen worden. Afwijkende kwaliteitsparameters kunnen ook zeer goed als 'signaalfunctie' fungeren: wanneer de waarden plotseling of structureel afwijken van verwachte waarden is er kennelijk iets aan de hand.

E Grondwaterstanden

In deze benadering wordt het verloop van de grondwaterstanden onderzocht om aanwijzingen (of bevestigingen) omtrent rioolvreemd water te vinden. De grondwaterstanden zijn afkomstig van reguliere meetpunten van het Waterschap Valei en Eem (meestal eens per 14 dagen), en projectmatige peilbuizen in Papendrecht (2 tot 8 maal per jaar). Voor Stolwijk / Vlist waren geen data beschikbaar.

Allereerst zijn de grondwaterstanden chronologisch uitgezet in één grafiek met de gemeten afvalwaterdebieten. Voor Papendrecht is daarbij het gemiddelde van de 57 peilbuizen gebruikt. Eventuele trends kunnen hierdoor zichtbaar worden. Vervolgens zijn de waarden op droge dagen in een diagram uitgezet tegen de dwa op die dag (bijlage 1, pagina 20 en 21). De spreiding van de meetpunten en de eventuele helling van de regressielijn door de puntenwolk zijn aanwijzingen of mogelijk een verband tussen de dwa en de grondwaterstand bestaat (infiltratie).

Als eerste valt op te merken dat de tijdreeksen van de grondwaterstanden voor alle voorbeeldgebieden laten zien dat de grondwaterstand midden zomer lager ligt dan in de winter. Dit verschil bedraagt 0,2-0,3 m (Papendrecht, Bennekom, Woudenberg) tot 1,0 m (Scherpenzeel). Dit is een bevestiging van eerdere vermoedens die noodzakelijk is om b.v. de seizoensinvloeden aan grondwaterinfiltratie te kunnen toeschrijven. Voor Stolwijk waren geen gegevens beschikbaar; voor Papendrecht alleen vanaf juni. Het rioolstelsel van Bennekom ligt boven het open water peil, wat niet betekent altijd boven de grondwaterstand. Alle andere stelsels liggen beneden open water peil.

Ten tweede geven de scatter-diagrammen enige relaties tussen grondwaterstand en dwa aan. De beide geselecteerde peilbuizen voor Scherpenzeel laten duidelijk zien dat de dwa gemiddeld toeneemt met een hogere grondwaterstand. Voor Woudenberg geldt dit ook voor peilbuizen Ekris/Groeneweg en Slappedel. Voor peilbuis Rozenkweker is geen relatie zichtbaar. Dit geldt ook voor Bennekom en peilbuis Egelsteeg (waarschijnlijk te ver weg). In alle gevallen gaat het slechts om een beperkt aantal waarnemingen, maar bevestigt het eerder verkregen aanwijzingen. In Papendrecht zijn de grondwaterwaarnemingen zo weinig frequent en ontbreken zoveel debietmetingen dat geen combinaties met dwa gevonden zijn. Verwacht mag worden dat bovengenoemde correlaties toenemen met de leeftijd van de riolering en een gebrekkige staat van onderhoud.

Samenvattend kan gezegd worden dat deze benadering vooral zinvol is om de oorsprong van (gedeelten van) het rioolvreemd water te bevestigen.

5.3.1 Samenvatting Resultaten

Tabel 5-6 Samenvatting resultaten

	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal	Zegheweg	gemaal	gemaal	gemaal	totaal
	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]
A Theoretische dwa	1.330	2.303	2.494	864	4.327	3.633
B Drinkwater	1.452	2.900	2.605	1.238	5.113	4.352
C1 tijdreeks minimum	1.507	2.130	1.486	725	4.733	4.282
C2 Moving minimum	2.049	2.829	1.763	776	7.210	4.878
C3 Weiss-Brombach	2.328	3.324	2.162	1.023	8.060	5.668
C4 Zomer halfjaar	2.359	3.140	1.905	1.072	8.628	5.499
Winter halfjaar	2.689	3.801	2.021	1.098	10.950	6.490
C5 Lange droge periode	2.413	3.407	1.991	1.011	8.544	5.819
C6 Zondagen	1.986	3.415	1.920	n/a	n/a	5.401
Maandagen	2.833	3.544	2.064	1.059	8.431	6.377
C7 's Nachts	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Overdag	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
D Indicatie via CZV en N-Kj	-	-	nauwelijks	veel	zeer veel	veel
E Invloed grondwaterstanden	veel	redelijk	geen	n/a	n/a	redelijk

	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal	Zegheweg	gemaal	gemaal	gemaal	totaal
	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]	[m3/d]
A Theoretische dwa	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B Drinkwater	109%	126%	104%	143%	118%	120%
C1 tijdreeks minimum	113%	92%	60%	84%	109%	118%
C2 Moving minimum	154%	123%	71%	90%	167%	134%
C3 Weiss-Brombach	175%	144%	87%	118%	186%	156%
C4 Zomer halfjaar	177%	136%	76%	124%	199%	151%
Winter halfjaar	202%	165%	81%	127%	253%	179%
C5 Lange droge periode	181%	148%	80%	117%	197%	160%
C6 Zondagen	149%	148%	77%	n/a	n/a	149%
Maandagen	213%	154%	83%	123%	195%	176%
C7 s Nachts	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Overdag	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
D Indicatie via CZV en N-Kj	-	-	nauwelijks	veel	zeer veel	veel
E Invloed grondwaterstanden	veel	redelijk	geen	n/a	n/a	redelijk

5.3.2 Conclusies

De in dit hoofdstuk beschreven analyses zijn beoordeeld op hun bruikbaarheid en doelmatigheid om deel uit te maken van een methodiek om meer inzicht te verkrijgen in de kwantitatieve opbouw van afvalwaterdebieten tijdens droogweperperiodes en het aandeel rioolvreemd water.

In deze beoordeling zijn mede de in § 2.3.2 vermelde randvoorwaarden meegewogen. Het resultaat van deze beoordeling heeft geleid tot de analyse methodiek die in het volgende hoofdstuk is beschreven en die bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Vergelijking dagsommen influent met waterverbruik;
2. Bepaling theoretische dwa;
3. Moving minimum;
4. Weiss-Brombach

Vervolgens kunnen, indien substantiële hoeveelheden rioolvreemd water worden geconstateerd, de volgende analyses gebruikt worden voor nader onderzoek:

1. Weekend effecten
2. Seizoensanalyses.

De analyse van de afvalwaterkwaliteit (chemische samenstelling) wordt gezien als een 'signaalfunctie': afwijkende kwaliteitsparameters kunnen leiden tot een onderzoek naar rioolvreemd water.

6 VOORGESTELDE METHODIEK RIOOLVREEMD WATER

6.1 Algemeen

Met de ervaringen opgedaan met de uitgevoerde analyses die beschreven zijn in het vorige hoofdstuk en de hieruit getrokken conclusies is een methodiek opgesteld die het mogelijk maakt om op een relatief snelle manier inzicht te krijgen of op een bepaalde RWZI substantiële hoeveelheden rioolvreemd water worden aangevoerd.

Voor het toepassen van de methodiek zijn primair de volgende gegevens nodig:

- Dagsommen influent op datum
- Dagsommen neerslag op datum

De methodiek kan toegepast worden op meetreeksen van minimaal één jaar. Meerjarige analyses zijn aan te bevelen.

De methodiek is toepasbaar op gehele verzorgingsgebieden van een RWZI. Hierbij moet wel gelet worden op de relatie tussen de ledigingstijden van het systeem en de definitie van een 'droge dag'. Bij uitgestrekte systemen kunnen de loop- en ledigingstijden dermate toenemen dat een conflict optreedt bij de selectie van droge dagen.

Afhankelijk van de configuratie van het afvalwatersysteem kunnen voor de dagsommen influent ook de dagsommen van afzonderlijke gemalen worden gebruikt. In feite is de methodiek op ieder bemalingsgebied toepasbaar en zelfs wenselijk als naar oorzaak en oorsprong van rioolvreemd water wordt gezocht.

Als signaalparameter en voor een nadere analyse van de dagsommen kunnen de concentraties CZV en N-Kj gebruikt worden. Deze concentraties of plotselinge wijzigingen hierin hebben een signalerende functie. Vanuit deze signaalfunctie kan een onderzoek naar rioolvreemd water, zoals hier beschreven, opgestart worden.

Het daggemiddelde van het influent op droge dagen wordt dan voor de parameters CZV en N-Kj vergeleken met de zogenaamde STOWA standaard samenstelling: CZV 600 mg/l en N-Kj 58 mg/l. Indien de gemeten daggemiddelden significant lager zijn dan mag men aannemen dat er verdunning optreedt met water met een lage vuillast, zoals bijvoorbeeld grondwater.

Wel is het zo dat met name voor de kleine afvalwaterzuiveringen slechts eenmaal per maand het influent wordt bemonsterd: neemt men alleen de gemeten waarden op droge dagen dan kan het aantal waarnemingen te klein worden om harde conclusies te trekken.

De methodiek kan op ieder stelseltype en combinaties van stelseltypen toegepast worden. Bij gescheiden stelsels is de methodiek uitsluitend van toepassing op het dwa-rioolstelsel. Hier is echter de kwantificering van het aandeel rioolvreemd water met de Weiss-Brombach methode discutabel omdat het uitgangspunt dat tijdens de dag met de grootste dagsom de riolen dermate gevuld zijn dat geen infiltratie optreedt discutabel is. Wel geeft de Weiss-Brombach methode in dit geval een kwalitatieve indicatie van de aanwezigheid van foute aansluitingen (rwa op dwa stelsel).

De methodiek bestaat uit een aantal stappen, waarbij bij iedere stap een oordeel kan worden gegeven en conclusies van vorige stappen kunnen worden bevestigd of juist ter discussie worden gesteld. Sommige stappen leiden tot een oordeel of er inderdaad sprake is van veel

rioolvreemd water, andere leiden tot kwantificering en weer volgende stappen geven reeds een beeld wat de oorzaken zouden kunnen zijn.

6.2 Stap 1: Vergelijking dagsommen met waterverbruik.

Als eerste worden de gemeten dagsommen influent als tijdreeks uitgezet en vergeleken met het gemiddelde leidingwatergebruik.

Het leidingwaterverbruik kan op postcodeniveau worden opgevraagd bij het waterbedrijf, als jaarsom (m³/jaar) en worden gedeeld door 365 dagen. In de tijdreeks van de influent dagsommen is dit vervolgens een rechte horizontale lijn.

Er van uitgaande dat de gemeten dagsommen en het gemeten leidingwatergebruik redelijk betrouwbare gegevens zijn, zou het gemiddelde leidingwatergebruik enigszins boven de 'baseflow' van de dagsommen moeten liggen: immers niet al het verbruikte leidingwater leidt tot afvalwater.

Indien bovengenoemde 'baseflow' van het influent structureel en substantieel boven het gemiddelde leidingwaterverbruik ligt, zijn er twee mogelijkheden:

- Er is een structurele, substantiële hoeveelheid rioolvreemd water en/of
- Er worden in het gebied andere waterbronnen (grondwater of oppervlaktewater) gebruikt die tevens als afvalwater op het riool geloosd worden. Hierbij kan men denken aan eigen winningen bij bedrijven of bijvoorbeeld koelwater dat op het riool wordt geloosd.

Deze stap leidt derhalve tot een eerste indicatie van de mogelijke aanwezigheid van belangrijke hoeveelheden rioolvreemd water, gebaseerd op een visuele beoordeling van de tijdreeks van de dagsommen versus het gemiddelde leidingwatergebruik, zonder hierbij neerslag of theoretische dwa te betrekken en zonder te trachten de hoeveelheden te kwantificeren.

Andersom kan op basis van deze eerste stap worden geconcludeerd dat in situaties waar het gemiddelde drinkwatergebruik enigszins *boven* de genoemde 'baseflow' ligt, de betreffende RWZI niet hoog op de prioriteitenlijst hoeft te staan als het om nader onderzoek naar rioolvreemd water gaat. (bijvoorbeeld Stolwijk en Bennekom).

6.3 Stap 2: Bepaling theoretische dwa

Om vervolgens de hoeveelheid theoretische dwa te kwantificeren wordt in deze stap de verbinding gelegd naar de heffingsbestanden van de waterschappen. Het aantal huishoudens (uitgesplitst naar meerpersoonshuishoudens en eenpersoonshuishoudens uit deze heffingsbestanden mag ook als redelijk betrouwbaar en up to date worden beschouwd. Het is een betere gegevensbron dan de gegevens uit de basisrioleringsplannen omdat deze laatste vaak verouderd zijn en omdat basisrioleringsplannen soms ook van de heffingsbestanden gebruik maken, zodat men beter van de oorspronkelijke gegevensbron gebruik kan maken.

Het aantal inwoners per huishouden kan worden bepaald door uit de GBA gegevens van de gemeenten het totale inwoneraantal op te vragen (gemiddelde over het jaar, bijvoorbeeld de helft van de som per 1 januari van 2 opvolgende jaren) en dit getal na aftrek van de eenpersoonshuishoudens door het aantal meerpersoonshuishoudens te delen. Men krijgt dan het gemiddelde aantal inwoners per meerpersoonshuishouden (dit moet in de orde van 2,5 liggen) en het totaal aantal inwoners. *Voorwaarde is wel dat het aantal huishoudens per verzorgingsgebied (per afvalwaterzuivering) uit de heffingsbestanden gedestilleerd kan worden.* Vervolgens kan in eerste instantie de gemiddelde afvalwaterproductie per inwoner op

120 l/inw/dag gesteld worden. Ook met betrekking tot het niet huishoudelijke gebruik kunnen de heffingsbestanden het beste als gegevensbron gebruikt worden.

Hier treden wel de volgende twee problemen op:

- Hoewel alle bedrijven (uit Kamer van Koophandelgegevens) in de heffingsbestanden staan, wordt de afvalwaterproductie niet altijd geregistreerd. De gegevens zijn echter wel bij de waterschappen voorhanden. Voor de zogenaamde tabelbedrijven wordt de heffing bepaald door het verbruikte leidingwater vermenigvuldigd met een coëfficiënt. Voor de meetbedrijven is het afvalwaterdebiet in principe bekend.
- De afvalwaterproductie van bedrijven wordt, als zij geregistreerd wordt, veelal geregistreerd in m³/h en niet in m³/dag. Bij afwezigheid van nadere informatie wordt een productietijd van 8 uur per dag voorgesteld.

Per waterschap zal derhalve de wijze van registratie van bedrijfsafvalwater met de nodige aandacht bekeken moeten worden. *Ook hier is een voorwaarde dat het bedrijfsafvalwater per verzorgingsgebied (per afvalwaterzuivering) uit de heffingsbestanden bepaald kan worden.*

Als op bovenstaande wijze de gemiddelde theoretische dwa is bepaald, dient er een controle plaats te vinden met het leidingwatergebruik. Dit laatste is bekend uit stap 1 en kan per postcode en gesplitst in huishoudelijk en zakelijk gebruik opgevraagd worden. Grote afwijkingen zullen nader onderzoek vergen: bij afwijkingen in het huishoudelijk gebruik kan de bovengenoemde 120 l/inw/dag aangepast worden en bij afwijkingen in het zakelijk gebruik dient men te letten op grote eigen winningen (met afvalwaterproductie) of grootverbruikers met weinig afvalwaterproductie.

Op bovenstaande wijze kan de gemiddelde theoretische dwa bepaald worden, waarbij men zich wel dient te realiseren dat de nauwkeurigheid van deze bepaling waarschijnlijk niet minder zal zijn dan ca. 10 %.

Wel mag verwacht worden dat, bij afwijking van dit gemiddelde ten opzichte van de werkelijkheid, de afwijking redelijk gelijkmatig in de tijd zal zijn en niet veroorzaakt wordt door incidentele pieken.

6.4 Stap 3 Moving minimum

Uit de reeks dagsommen kan een moving minimum bepaald worden. Gekozen is om dit moving minimum te bepalen over een periode van 7 dagen (een hele week) om zodanig variaties en tijdelijke uitval van gemalen binnen een week uit te vlakken.

Indien blijkt dat dit moving minimum van de tijdreeks groter is dan de in stap 2 bepaalde gemiddelde dwa, is er sprake van rioolvreemd water en/of de gemiddelde theoretische dwa is onjuist.

Deze stap geeft, evenals stap 1, een indicatie over de aanwezigheid van rioolvreemd water en levert tevens 'controle' op van de theoretische dwa bepaald in stap 2.

6.5 Stap 4 Bepaling volgens Weiss-Brombach

In stap 4 wordt de hoeveelheid rioolvreemd water bepaald volgens de methode Weiss-Brombach (zie bijlage 2)

Bij deze stap zijn voor het eerst neerslagcijfers (dagsommen) benodigd. De methode geeft een gekwantificeerde indicatie van de hoeveelheid rioolvreemd water, als gemiddelde over het jaar (in m³/dag).

Wel is het zo dat de methode gevoelig is voor de bepaalde theoretische dwa (als die te laag is ingeschat wordt de hoeveelheid rioolvreemd water overschat) en voor het aantal dagen met runoff dat in de methode is aangenomen. In de voorgestelde methodiek zijn dit de dagen met neerslag > 0,5 mm.

6.6 Stap 5 Beoordeling resultaten

Naar aanleiding van de resultaten dient te worden afgewogen of er sprake is van een significante hoeveelheid rioolvreemd water en of men nader onderzoek nodig acht. Zo ja, dan kunnen met dezelfde gegevens de twee volgende stappen worden uitgevoerd.

6.7 Stap 6 Weekend effecten

Deze stap is met name bedoeld om meer inzicht te krijgen in de bedrijfs- en industriële lozingen als men bijvoorbeeld vermoedt dat deze niet op een juiste wijze in de bepaling van de theoretische dwa zijn verwerkt. De dagsomgemiddelden van de droge zondagen worden vergeleken met de dagsomgemiddelden van de droge maandagen.

Er wordt uitgegaan van de aanname dat bedrijfs- en industriële lozingen niet of in elk geval minder plaatsvinden op zondag dan op maandag. Het verschil kan vergeleken worden met het verschil in de theoretische dwa voor huishoudens en bedrijven.

Storende factoren in deze analyse zijn vanzelfsprekend de continubedrijven maar ook het effect dat in sommige steden op zondag meer huishoudelijk leidingwater wordt gebruikt en afvalwater wordt geproduceerd dan op maandag: in Almere wordt naar vermeld op zondag meer gebaad en de was gedaan dan door de week, terwijl in andere steden juist het watergebruik van de huishoudens op zondag lager ligt.

6.8 Stap 7 Seizoensanalyse

Deze stap gaat nader in op de verschillen tussen de situatie in zomer en winter. Het dagsomgemiddelde op droge dagen in de zomer en in de winter wordt met elkaar vergeleken. Deze nadere analyse gaat reeds in de richting van nader onderzoek naar de oorzaken van rioolvreemd water: indien het dagsomgemiddelde op droge dagen 's winters aanzienlijk hoger is dan 's zomers mag aangenomen worden dat het aandeel rioolvreemd water voornamelijk veroorzaakt wordt door infiltratie van grondwater en eventueel aangesloten drainage.

6.9 Benodigde gegevens voor de verschillende stappen.

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat voor de hierboven beschreven stappen de volgende gegevens nodig zijn (aangegeven is welke *extra* gegevens nodig zijn per stap), waaruit blijkt dat met de voorgestelde methode van grof naar fijn wordt gewerkt:

Tabel 6-1 Benodigde gegevens voor de onderzoeksstappen

	Chemische samenstelling	CZV en N-Kj concentratie influent	Signaalfunctie
--	-------------------------	--------------------------------------	----------------

Stap	Stap	Benodigde gegevens	Primair doel
1	Vergelijking dagsommen influent met waterverbruik	dwa-dagsommen Waterverbruik	Eerste indicatie aanwezigheid rioolvreemd water
2	Bepaling theoretische dwa	Inwoneraantal Heffingsbestanden	Bepalen vergelijkingsbasis
3	Moving minimum		Indicatie aanwezigheid rioolvreemd water 'Controle' theoretische dwa
4	Weiss-Brombach	Neerslaggegevens (dagsommen)	Kwantificering hoeveelheid rioolvreemd water
5	Beoordeling resultaten		

6	Weekend effecten		Nader onderzoek bedrijfslozingen
7	Seizoensanalyse		Nadere indicatie infiltratie/drainage

6.10 Presentatie resultaten

Indien voor een bepaalde afvalwaterzuivering alle bovengenoemde stappen worden doorlopen, kunnen de resultaten op de volgende wijze gepresenteerd worden:

Tabel 6-2 Voorbeeld presentatie resultaten

	Chemische samenstelling	Reden tot onderzoek ?	Ja/nee	
--	-------------------------	-----------------------	--------	--

Stap	Omschrijving	Resultaat	Weergave	
1	Influent versus waterverbruik	Vermoeden aanzienlijke hoeveelheid rioolvreemd water	Ja/nee	
2	Theoretische dwa	Theoretische dwa m ³ /d	Waarde in m ³ /d	= 100 %
3	Moving minimum	Influent minimum 7 dagen gemiddelde	Waarde in m ³ /d	% tov dwa
4	Weiss-Brombach	Hoeveelheid rioolvreemd water +dwa	Waarde in m ³ /d	% tov dwa
5	Beoordeling	Doorgaan ?	Ja/nee	
6	Weekend analyse	Influent zondag Influent maandag	Waarde in m ³ /d Waarde in m ³ /d	% tov dwa % tov dwa
7	Seizoensanalyse	Influent zomer Influent winter	Waarde in m ³ /d Waarde in m ³ /d	% tov dwa % tov dwa

7 MOGELIJKE BRONNEN RIOOLVREEMD WATER

7.1 Algemeen

In het vorige hoofdstuk is beschreven hoe men op eenduidige wijze kan beoordelen of er sprake is van rioolvreemd water en een indicatie van de omvang hiervan kan verkrijgen.

Is deze omvang significant (bijvoorbeeld >50 % van de dwa) dan kan men nader onderzoek plegen naar de oorzaken van dit rioolvreemde water.

Vooruitlopend op een mogelijk nader te beschrijven onderzoeksmethodiek wordt in dit hoofdstuk reeds een aantal mogelijke bronnen van rioolvreemd water aangegeven.

7.2 Onjuiste theoretische afvalwaterdebieten

Hoewel vanzelfsprekend geen ‘bron van rioolvreemd water’ kan een onjuiste inschatting of bepaling van het verwachte theoretische afvalwaterdebiet toch tot de (onjuiste) conclusie leiden dat er substantiële hoeveelheden rioolvreemd water de RWZI bereiken. Dit geldt als de theoretische dwa te *laag* is ingeschat. Omdat er een redelijke controle met leidingwatercijfers mogelijk is, (zie hoofdstuk 6) is te verwachten dat grote afwijkingen met name veroorzaakt worden door bedrijven met eigen winningen (en lozing van afvalwater op de riolering). Koelwaterlozingen kunnen hier een voorbeeld van zijn.

Als de theoretische dwa te *hoog* is ingeschat dan zal een confrontatie met leidingwatercijfers al snel tot die conclusie leiden.

7.3 Infiltratie van grondwater in het rioolstelsel

Indien uit de analyses een sterk vermoeden naar voren komt dat er aanzienlijke infiltratie van grondwater in de aangesloten riolering plaatsvindt, onder meer door de seizoensanalyse, dan is het zaak om de kwaliteit van de riolering (leeftijd, inspectieresultaten) aan een nader onderzoek te onderwerpen in die gebieden waar de riolering onder het grondwater is gelegen.

7.4 Exfiltratie van afvalwater naar de bodem.

Exfiltratie van afvalwater naar de bodem is een vrij sporadisch optredend fenomeen. Controle van de ligging van de riolering ten opzichte van het grondwater en informatie omtrent de bodemsamenstelling, en in het uiterste geval (bijvoorbeeld in het geval van bodemverontreiniging) peilbuizen en grondwateranalyses kunnen hier meer inzicht verschaffen.

7.5 Permanent aangesloten drainagemiddelen

Onderscheid tussen rioolvreemd water door infiltratie van grondwater en rioolvreemd water door permanent aangesloten drainagemiddelen kan lastig te maken zijn. Historische informatie (toezicht bij aanleg) en rioolinspecties kunnen veelal uitsluitel geven.

7.6 Tijdelijke lozingen

Tijdelijke lozingen (bijvoorbeeld bronneringen) kunnen soms opgespoord worden door een nadere analyse van de afvalwater dagsomreeksen.

7.7 Instroming van oppervlaktewater in het rioolstelsel

Deze zogenaamde ‘negatieve overstorten’ of andere instroming van oppervlaktewater (bijvoorbeeld beekdoorvoer) zijn vaak wel bekend maar worden niet altijd helder over het voetlicht gebracht.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Doel van het onderzoek was het opzetten van een methodiek om meer inzicht te verkrijgen in de kwantitatieve opbouw van afvalwaterdebieten en het aandeel rioolvreemd water hierin.

Uit de ervaringen en resultaten van het onderzoek kunnen conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden geformuleerd.

1 Conclusies:

1. De aandacht voor de aanwezigheid van rioolvreemd water is zeer gering, zowel bij gemeenten als bij waterschappen.
Dit is voornamelijk het gevolg van de volgende factoren:
 - Dimensionering van riolen, rioolgemalen en afvalwaterzuiveringen geschiedt op basis van situaties bij neerslag. Aanwezigheid van rioolvreemd water heeft nauwelijks invloed op de uitkomsten van de dimensionering.
 - Bij vuiluitworpberoeeningen wordt geen rekening gehouden met eventuele aanwezigheid van rioolvreemd water, terwijl rioolvreemd water wel degelijk invloed heeft.
 - Prestaties van afvalwaterzuiveringen worden afgemeten aan geloosde concentraties doch niet aan geloosde vuilvracht, terwijl rioolvreemd water de geloosde vuilvracht evenredig doet toenemen.
Bij lozing op rijkswater zorgt deze hogere vuilvracht wel voor een hogere heffing
2. Geraamd is dat bij 25 % rioolvreemd water ten opzichte van de droogweerafvoer een extra bedrag van € 15,- per vervuilingseenheid per jaar nodig is om de door de aanwezigheid van rioolvreemd water extra geloosde vuilvracht op het oppervlaktewater teniet te doen door grotere randvoorzieningen aan te leggen en gemalen en afvalwaterzuiveringen aan te passen.
Aangezien gebleken is dat 25 % rioolvreemd water ten opzichte van de droogweerafvoer zeker geen uitzonderlijke situatie in Nederland kan geconcludeerd worden dat de geringe aandacht voor rioolvreemd water onterecht is.
3. Het is mogelijk gebleken een relatief eenvoudige methodiek te formuleren om de aanwezigheid van rioolvreemd water te constateren en te kwantificeren, gebruik makend van gegevens die voorhanden zijn bij waterschappen, waterbedrijven en gemeenten.

2 Aanbevelingen:

1. Het verdient aanbeveling om planmatig voor alle Nederlandse afvalwaterzuiveringen te onderzoeken of er sprake is van significante hoeveelheden rioolvreemd water.
Dit zou in ieder geval moeten geschieden in de volgende situaties:
 - Indien het vermoeden van substantiële hoeveelheden rioolvreemd water reeds bestaat;
 - Bij afwijking van de CZV en N-Kj concentraties in het influent ten opzichte van de gebruikelijke waarden.
 - Bij constatering van excessieve draaiuren van gemalen of hydraulische overbelasting bij afvalwaterzuiveringen;
 - Bij actualisatie van basisrioleringsplannen en vuiluitworpberoeeningen;
 - Bij actualisatie van dimensionering van rioolgemalen en afvalwaterzuiveringen;
 - Bij zogenaamde discrepantiestudies (onderzoek naar werkelijk aangevoerde

- Bij optimalisatiestudies (riolering - afvalwaterzuivering) en afvalwaterplannen;
 - Bij afwijking van de CZV en N-Kj concentraties in het influent ten opzichte van de
2. Heffingsbestanden van waterschappen vormen een uitermate belangrijke gegevensbron voor onderzoeken naar rioolvreemd water.
In deze heffingsbestanden dienen de belastingplichtigen echter wel voorzien te zijn van een code die aangeeft op welke afvalwaterzuivering of in welk bemalingsgebied wordt geloosd. Verder dient bij de bedrijven zo nauwkeurig mogelijk ook het *volume* van het geloosde afvalwater (in m³/h én m³/d) in de heffingsbestanden te worden opgenomen.
 3. Over aanlevering van gegevens door waterbedrijven aan waterschappen dienen structureel afspraken gemaakt te worden. (per combinatie waterbedrijf/waterschap)
 4. De in hoofdstuk 8 gepresenteerde methodiek zou aan alle waterschappen moeten worden aangeboden en zo eenduidig mogelijk in Nederland toegepast. Deze methodiek is DWAAS gedoopt: DroogWeerAfvoer Analyse Systematiek.

AFKORTINGEN

BRP	BasisRioleringsPlan
BZV	Biologisch Zuurstof Verbruik
CZV	Chemisch Zuurstof Verbruik
dwa	Droogweerafvoer
GRP	Gemeentelijk RioleringsPlan
IE	Inwoner Equivalent
N-Kj	Stikstof bepaald volgens Kjeldahl methode
Poc	Pompoevercapaciteit
rwa	Regenweerafvoer
RWZI	Rioolwater-Zuiverings-Inrichting
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
V&E	Waterschap Vallei & Eem
VE	Vervuilingseenheid
Wvo	Wet verontreiniging oppervlaktewateren
ZHEW	Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden

LITERATUUR

1. Infiltration and Inflow in Combined Sewer Systems: Long term analyses
G. Weiss, H. Brombach, B Haller, presented at Novatech 4th international Conference Lyon-France. Published in Water Science & Technology, Vol 45 No 7, IWA Publishing 2002.
2. Dry weather flow in sewers. CIRIA (Construction Industry Research and Information Association, UK) report 177, 1998. ISBN 0-86017-493-X
3. Control of infiltration to sewers. CIRIA (Construction Industry Research and Information Association, UK) report 175, 1998. ISBN 0-86017-4743
4. Lozingenbesluit Wvo stedelijk afvalwater (besluit van 24 februari 1996, Staatsblad 1996, 140)
5. Trockenwetterabfluß und Jahresschmutzwassermenge
G.W. Annen, Essen, Korrespondenz Abwasser, 6/80 27 . Jahrgang
6. Temporal Variation of Infiltration Inflow in Combined Sewer Systems
Hansjörg Brombach, Gebhard Weiss and Steffen Lucas, UFT Umwelt- und Fluid-Technik.
7. Methoden zur indirekten Fremdwasserermittlung in Abwassersystemen
Willi H. Hager, Ulrich Bretscher und Bruno Raymann
Gas-Wasser-Abwasser 64. Jahrgang 1984 nr. 7
8. Onderzoek naar discrepantie bij ZHEW
Flameling, Mulder, Tessel, Van Egmond
H2O # 21-2002
9. Fremdwasser im kanal-jetzt noch teurer.
M.Fischer, Korrespondenz Abwasser 10/90 37. Jahrgang
10. Investigations of the amount of infiltration/inflow into a sewage system
Ertl, Dlauhy, Haberl, Sewer processes and networks-Paris, France-2002
11. Aansluitingen van 'dun-waterbronnen' op riolering en RWZI.
STOWA onderzoek 96-11.
12. Riool in Cijfers 2002 – 2003. Stichting RIONED
13. Leidraad Riolering: Module C2100 Hydraulisch Functioneren
14. Leidraad Riolering: Module B2000 Functioneel Ontwerp
15. Relatie tussen riolering en de samenstelling van het influent
TU Delft, M. Herbergs, augustus 2001
16. Waterschap Vallei & Eem, Waterbeheersplan 2000-2004

Bijlagen

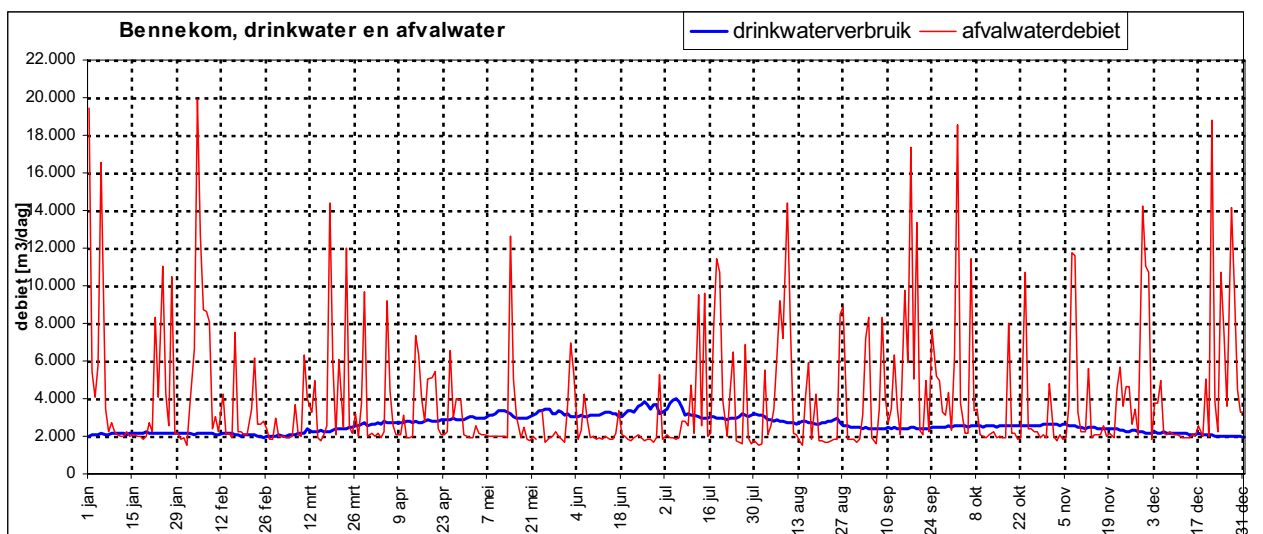
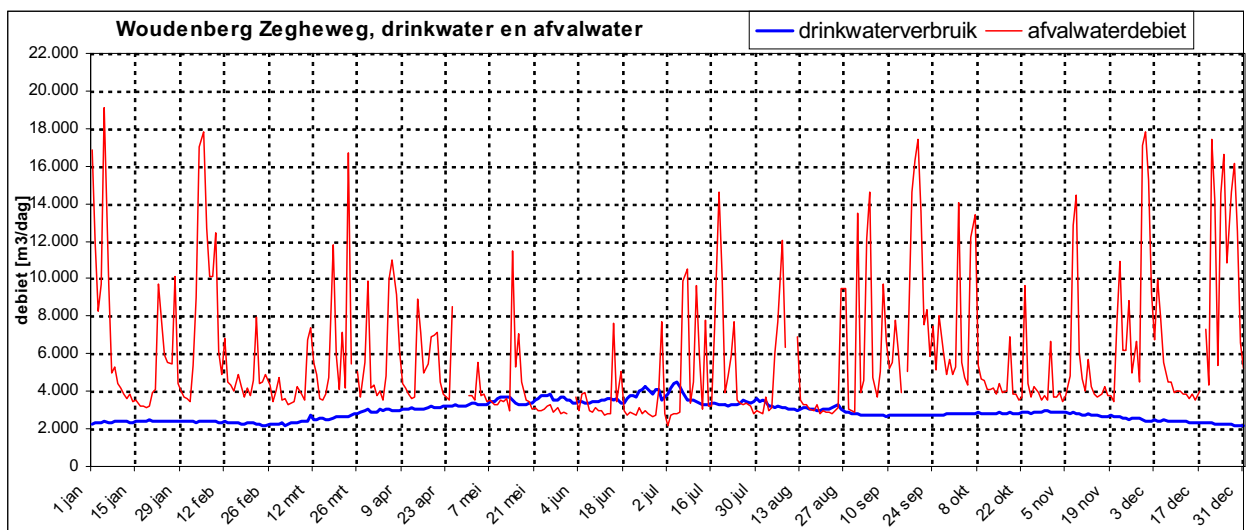
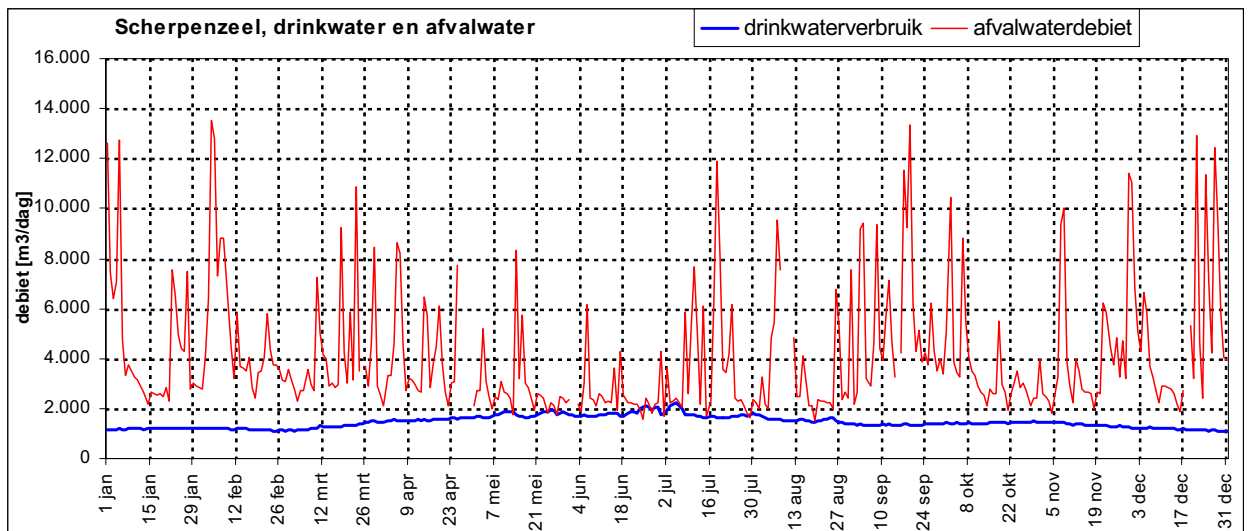
Bijlage 1 Toepassingen en bewerkingen

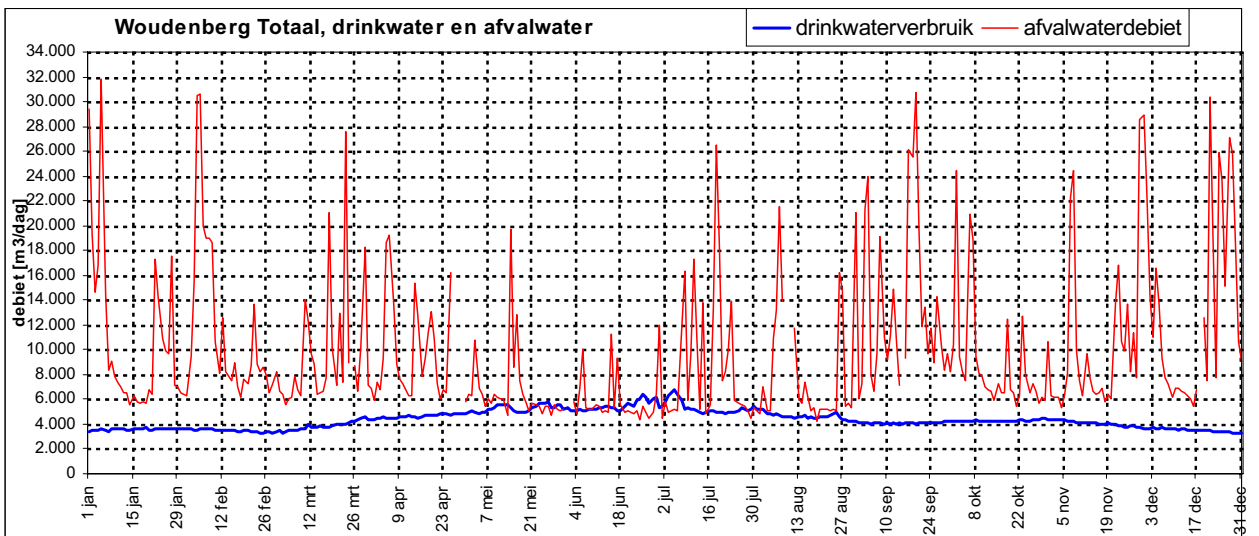
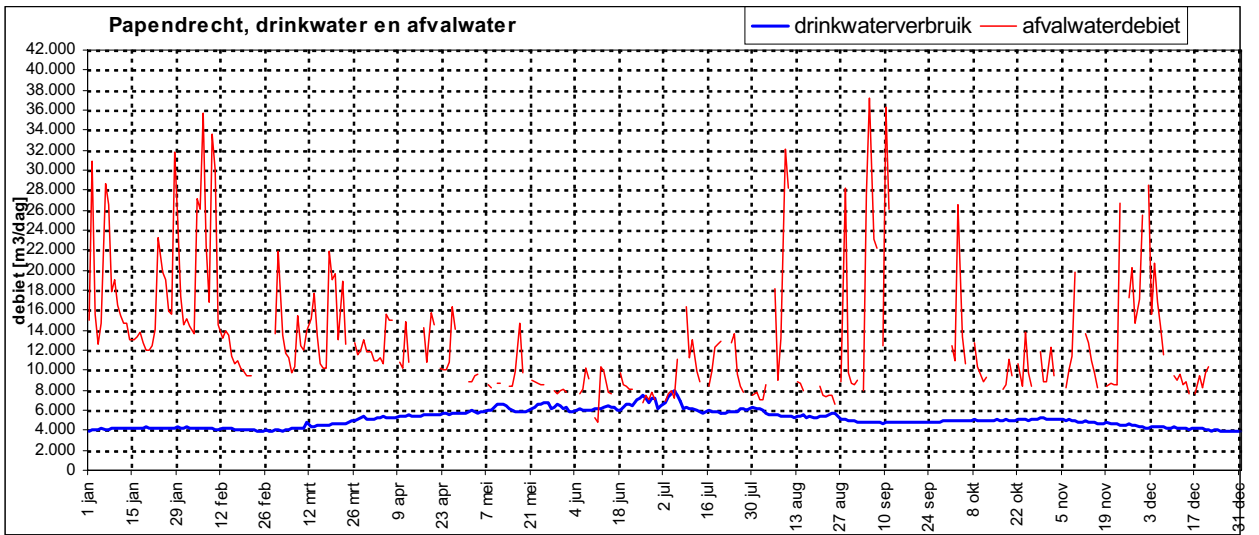
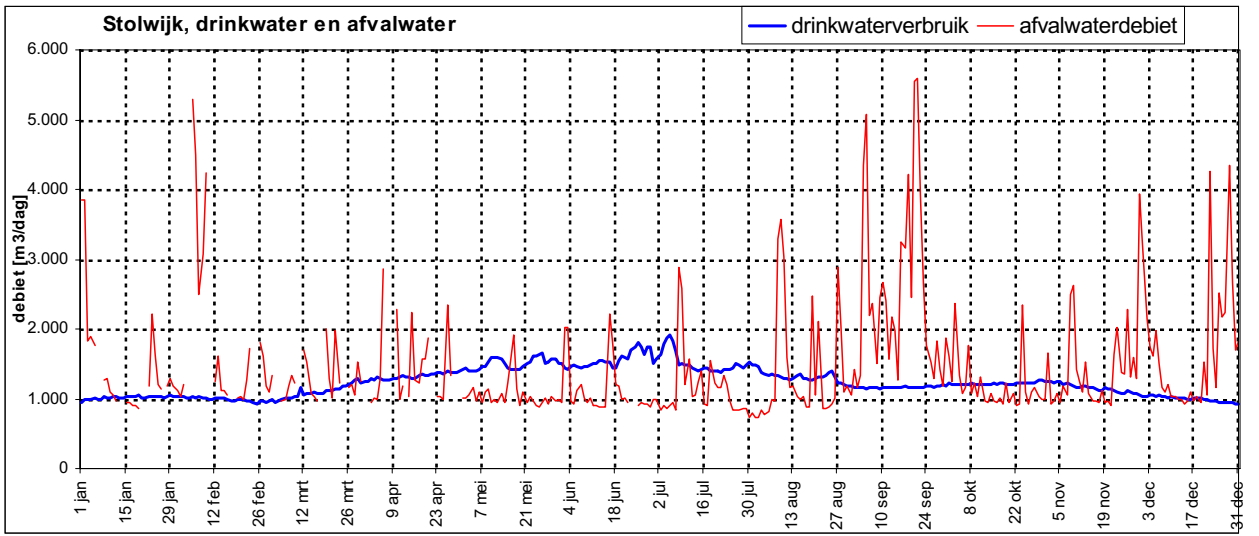
Samenvatting Resultaten

Vergelijking benaderingen in m3/dag	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal [m3/d]	Zegheweg [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	gemaal [m3/d]	totaal [m3/d]
A Theoretisch dwa	1.330	2.303	2.494	864	4.327	3.633
B Drinkwater	1.452	2.900	2.605	1.238	5.113	4.352
C1 tijdreeks minimum	1.507	2.130	1.486	725	4.733	4.282
C2 Moving minimum	2.049	2.829	1.763	776	7.210	4.878
C3 Weiss-Brombach	2.328	3.324	2.162	1.023	8.060	5.668
C4 Zomer halfjaar	2.359	3.140	1.905	1.072	8.628	5.499
Winter halfjaar	2.689	3.801	2.021	1.098	10.950	6.490
C5 Lange droge periode	2.413	3.407	1.991	1.011	8.544	5.819
C6 Zondagen	1.986	3.415	1.920	n/a	n/a	5.401
Maandagen	2.833	3.544	2.064	1.059	8.431	6.377
C7 s Nachts	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Overdag	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
D Indicatie via CZV en N-Kj	-	-	nauwelijks	veel	zeer veel	veel
E Invloed grondwaterstanden	veel	redelijk	geen	n/a	n/a	redelijk

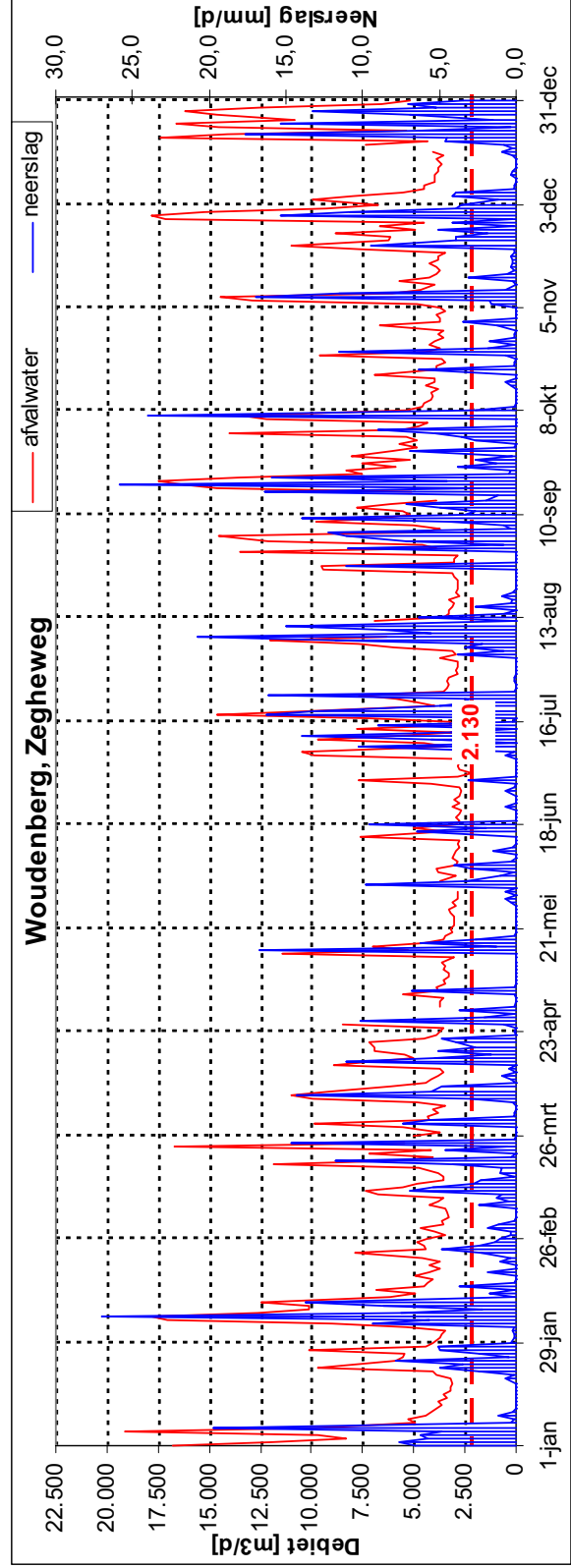
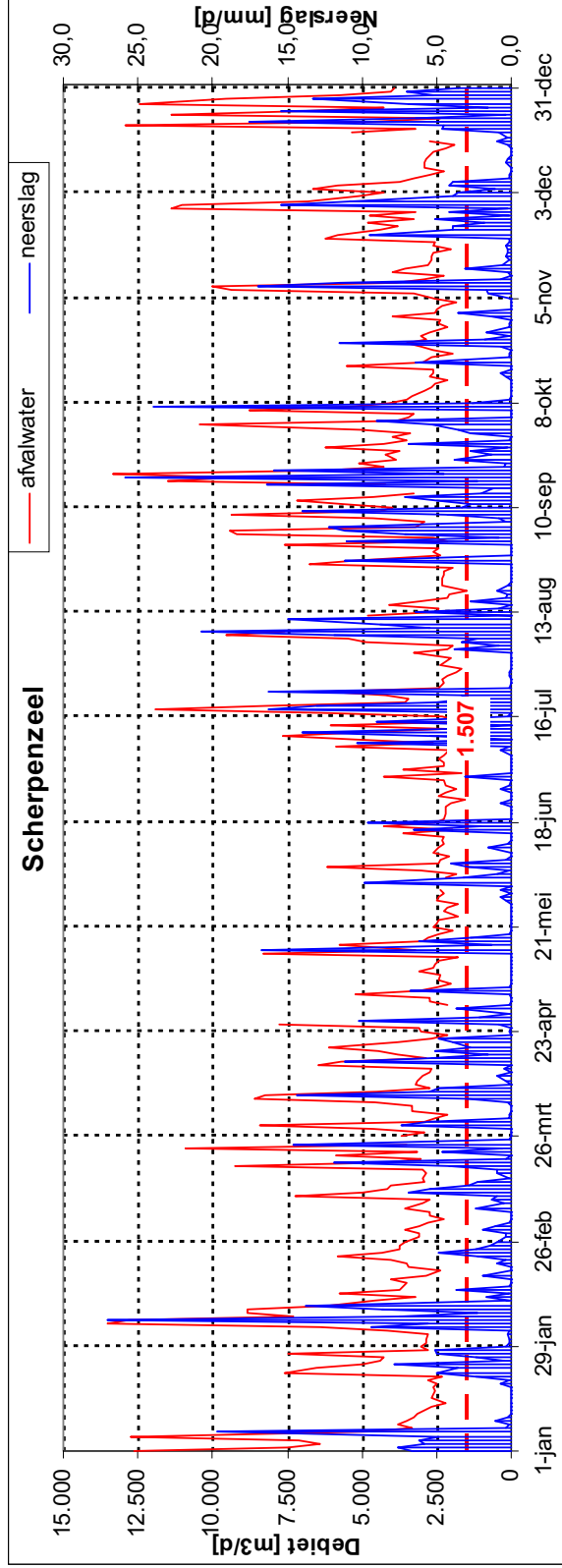
Vergelijking benaderingen in % t.o.v. dwa	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
	gemaal [%]	Zegheweg [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	gemaal [%]	totaal [%]
A Theoretisch dwa	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B Drinkwater	109%	126%	104%	143%	118%	120%
C1 tijdreeks minimum	113%	92%	60%	84%	109%	118%
C2 Moving minimum	154%	123%	71%	90%	167%	134%
C3 Weiss-Brombach	175%	144%	87%	118%	186%	156%
C4 Zomer halfjaar	177%	136%	76%	124%	199%	151%
Winter halfjaar	202%	165%	81%	127%	253%	179%
C5 Lange droge periode	181%	148%	80%	117%	197%	160%
C6 Zondagen	149%	148%	77%	n/a	n/a	149%
Maandagen	213%	154%	83%	123%	195%	176%
C7 s Nachts	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Overdag	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
D Indicatie via CZV en N-Kj	-	-	nauwelijks	veel	zeer veel	veel
E Invloed grondwaterstanden	veel	redelijk	geen	n/a	n/a	redelijk

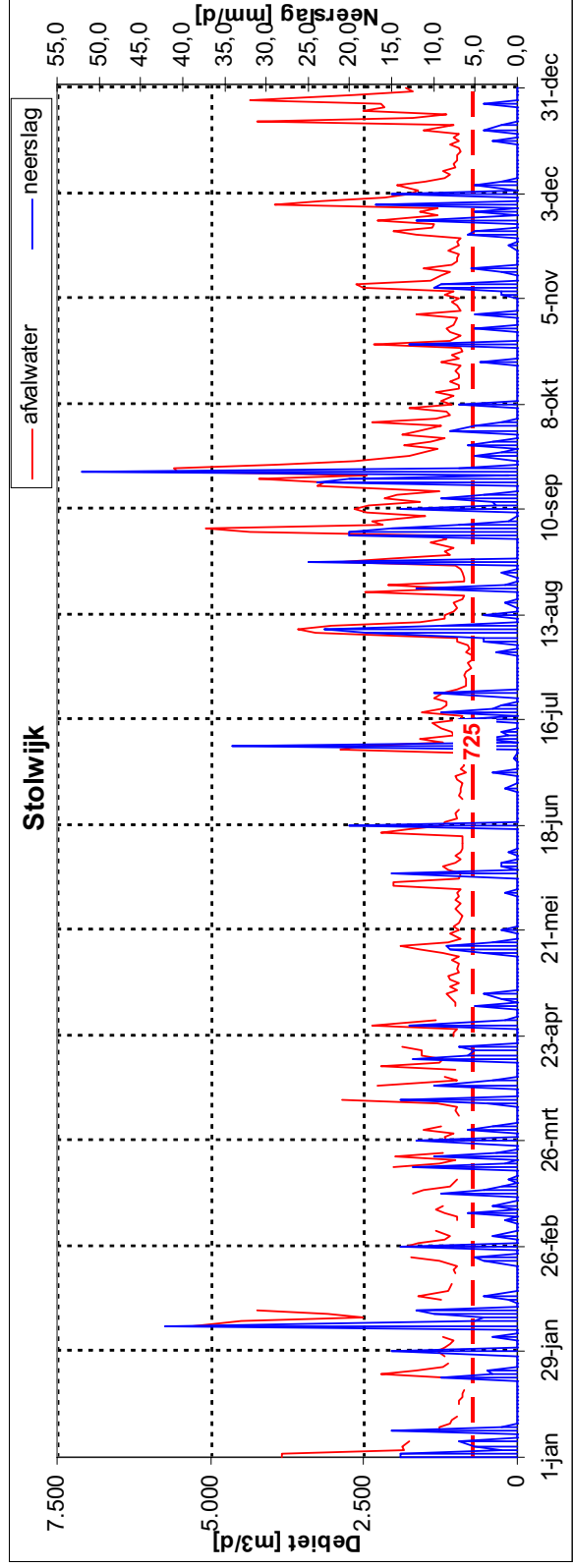
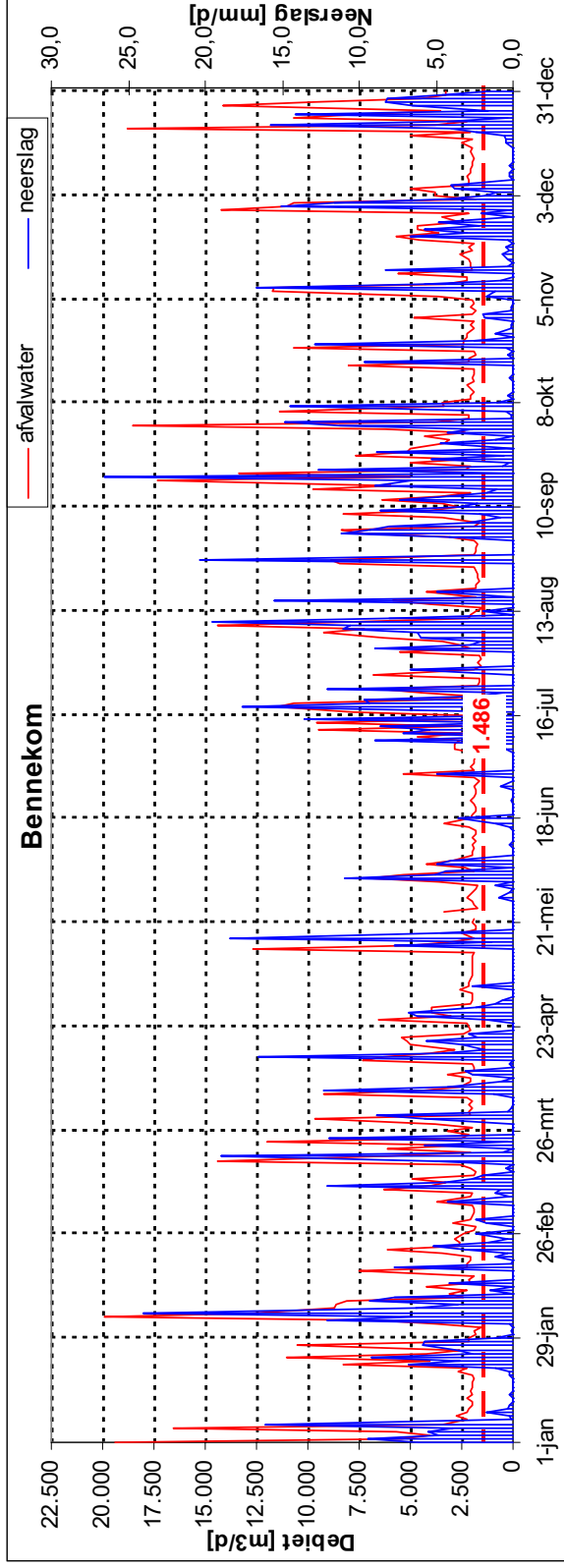
Drinkwateranalyse

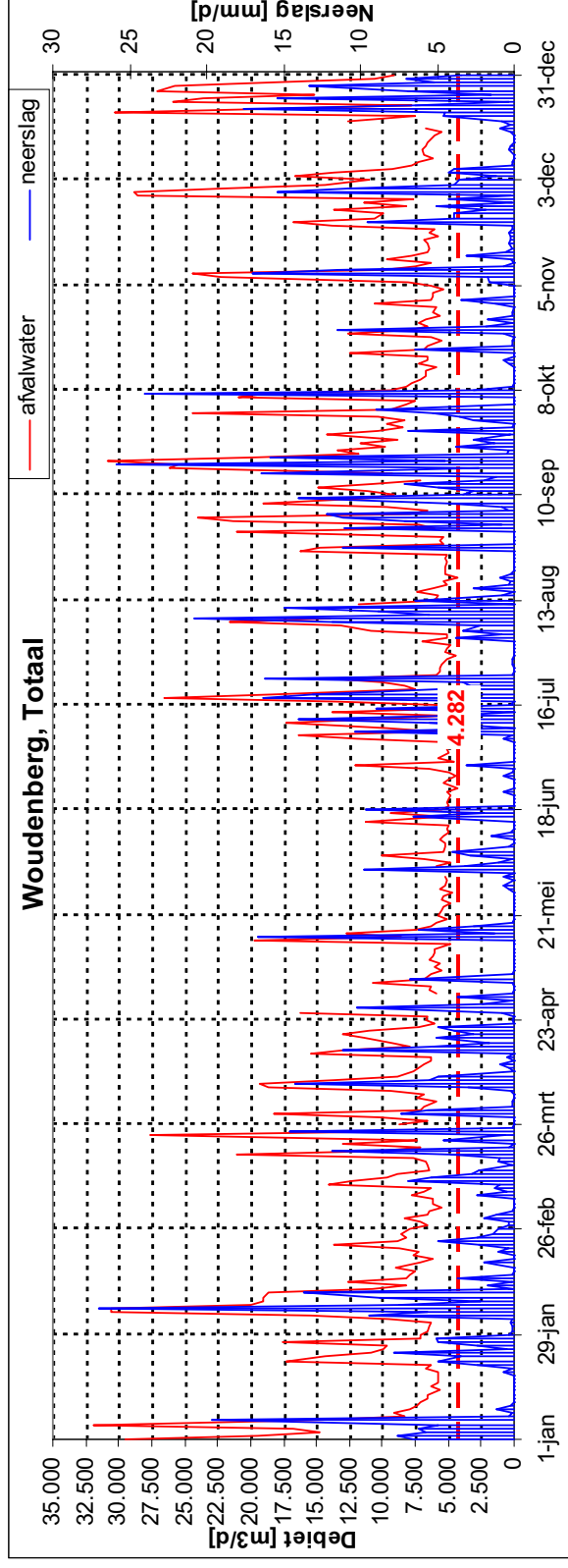
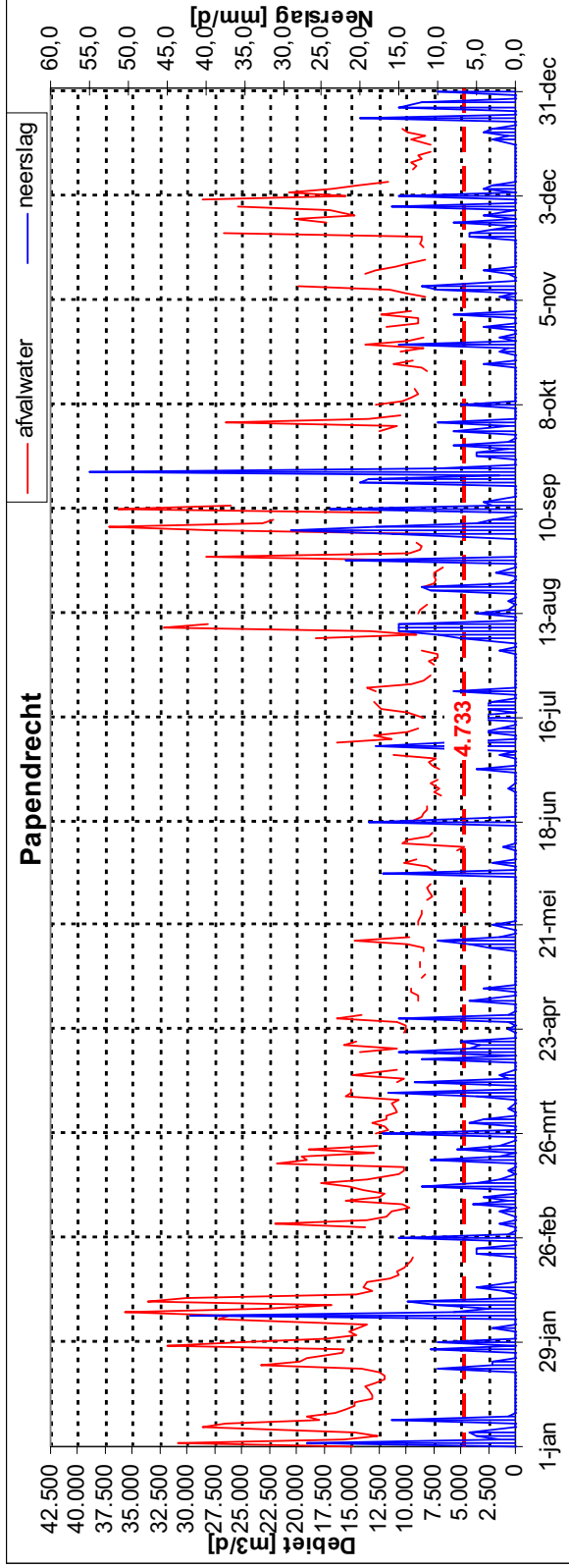




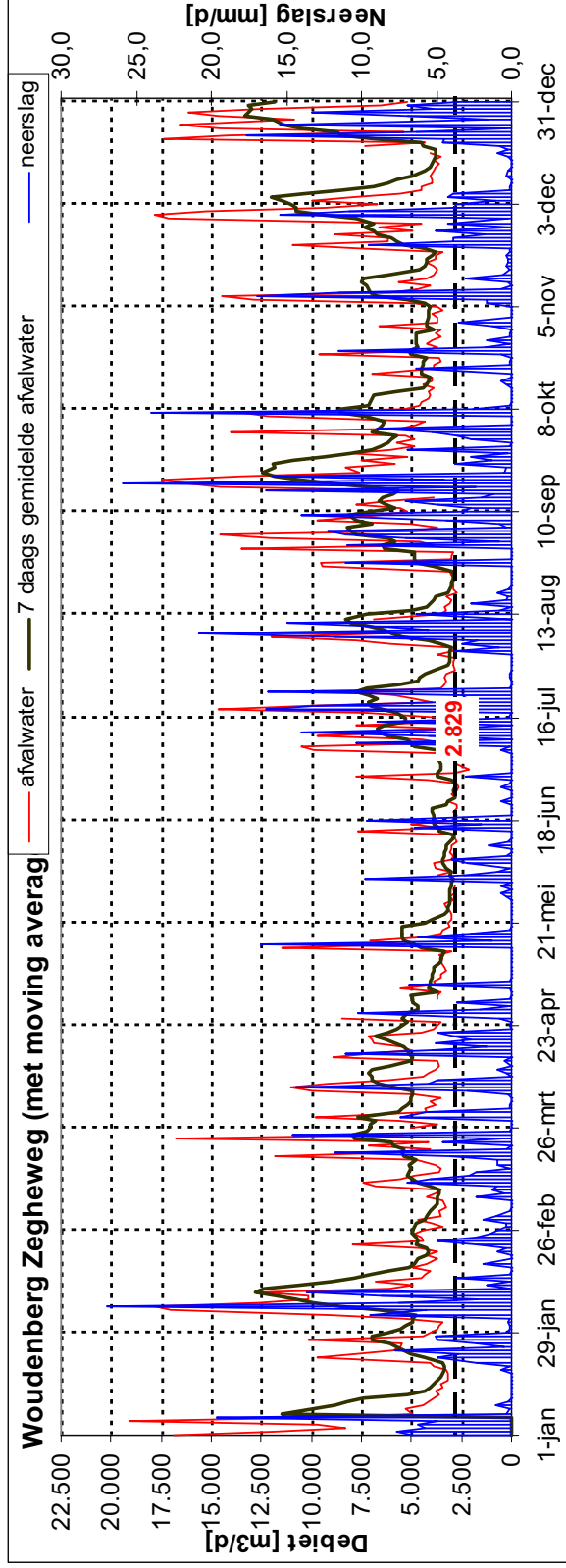
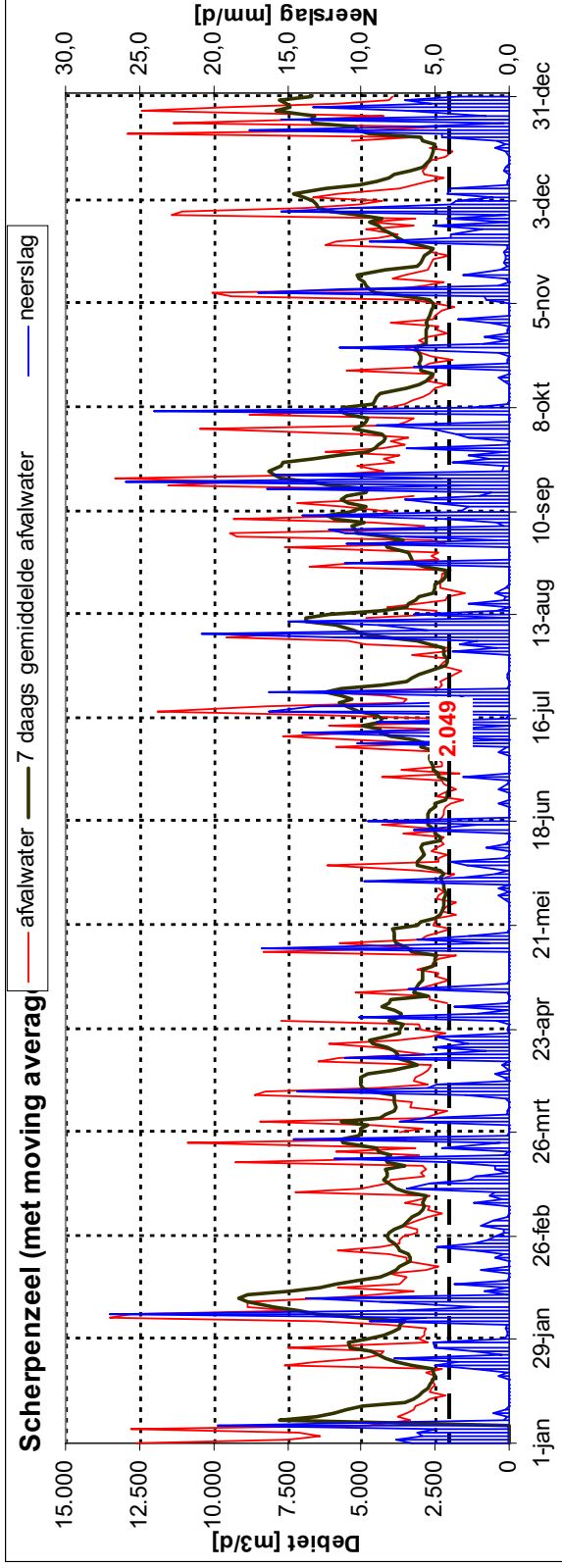
Analyse Tijdreeks Minimum

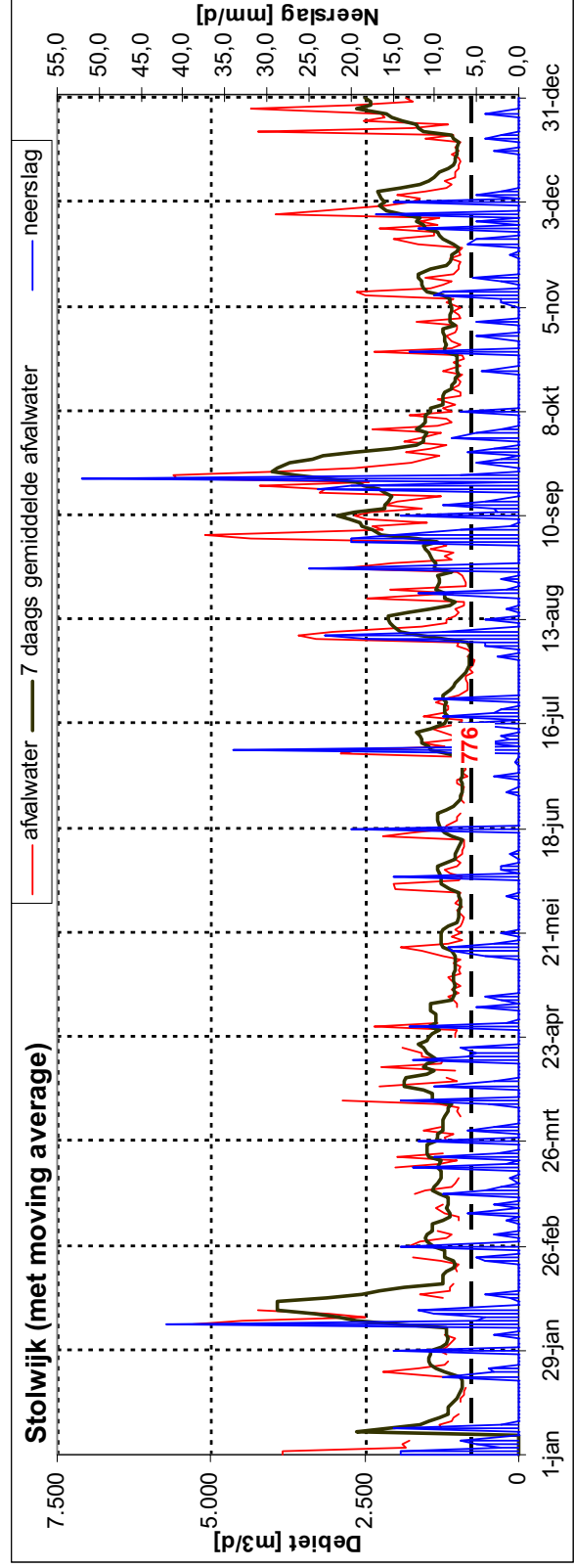
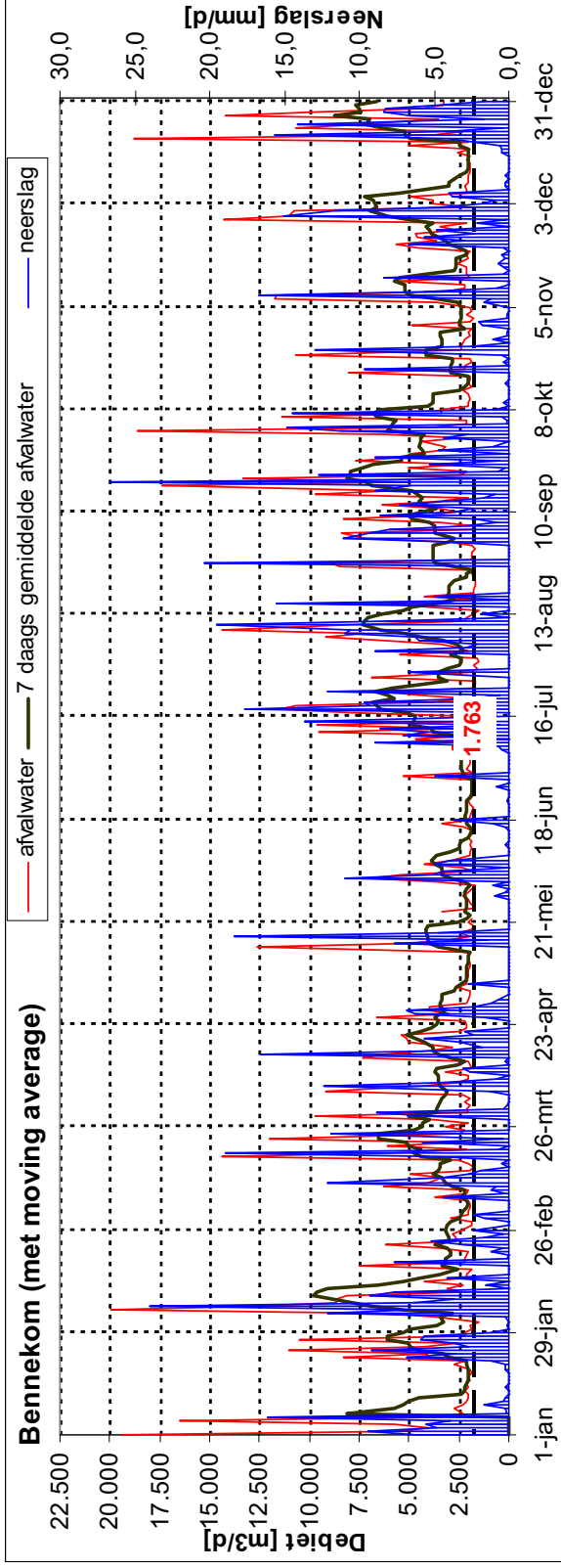


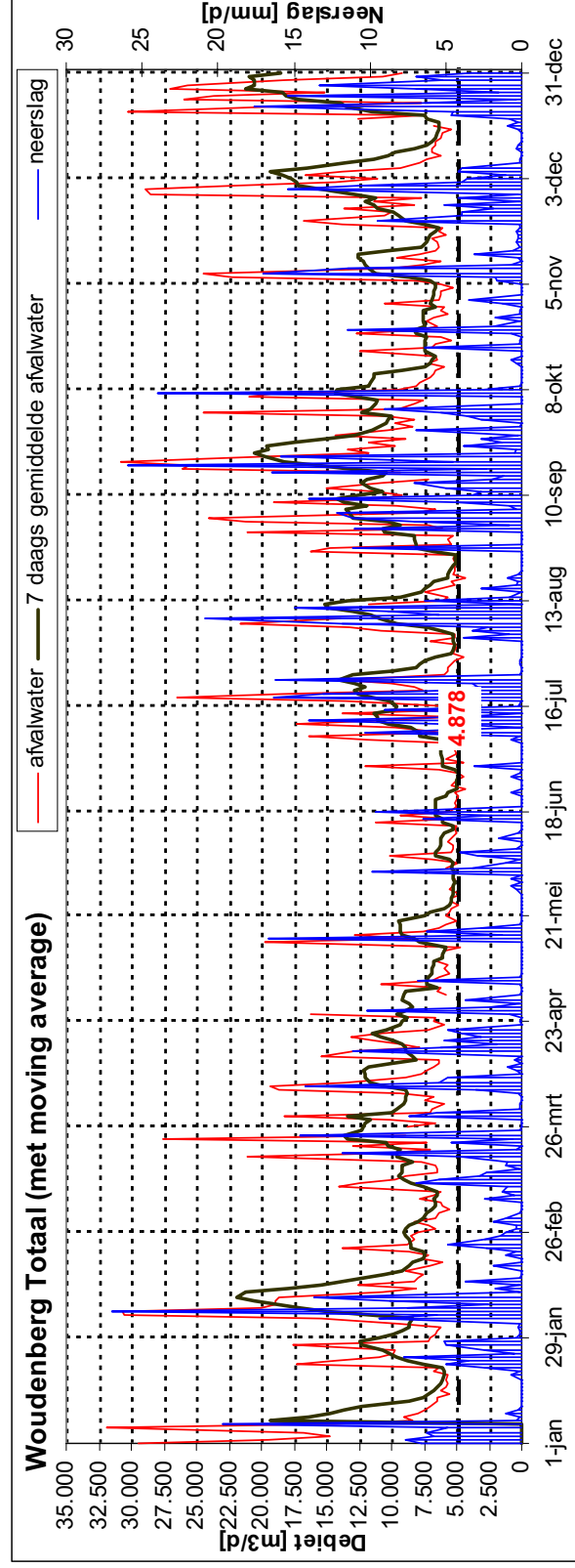
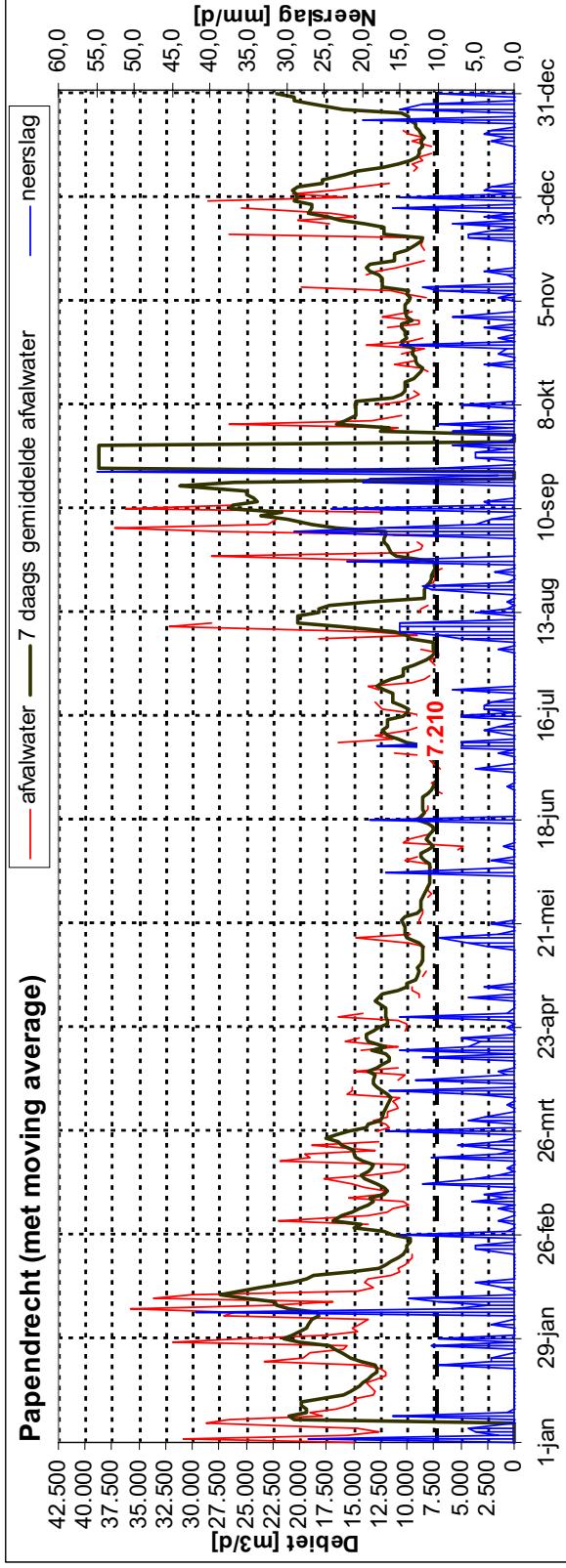




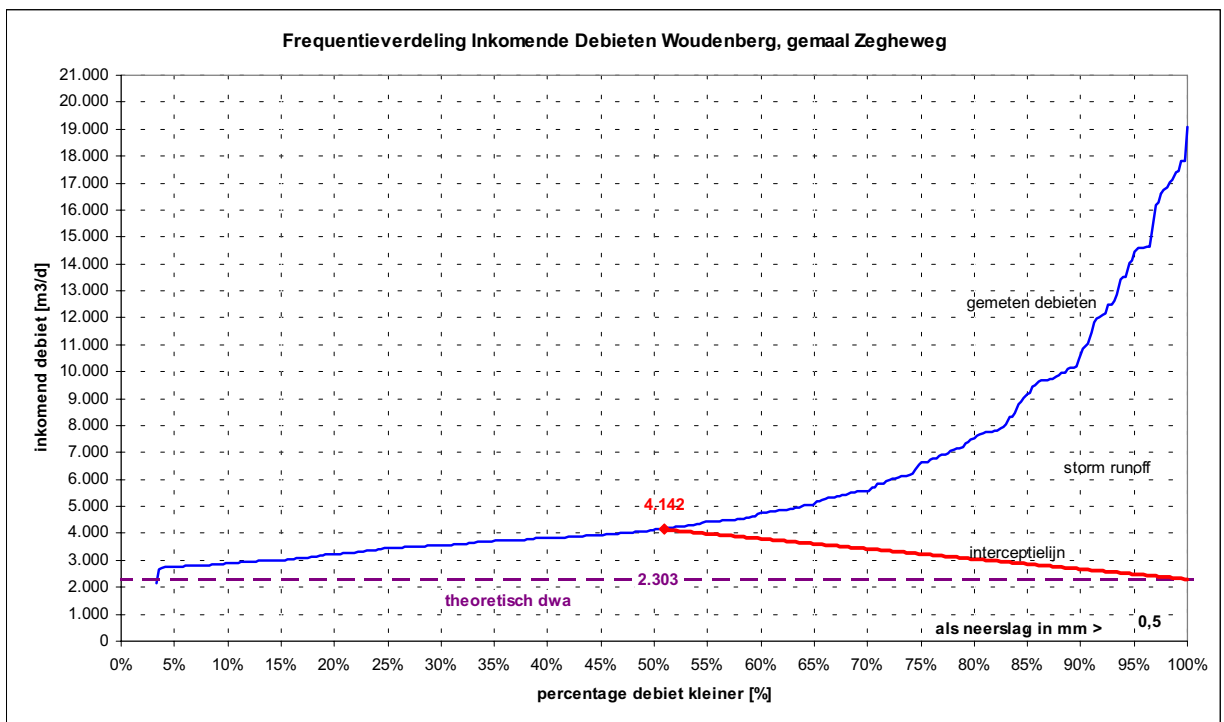
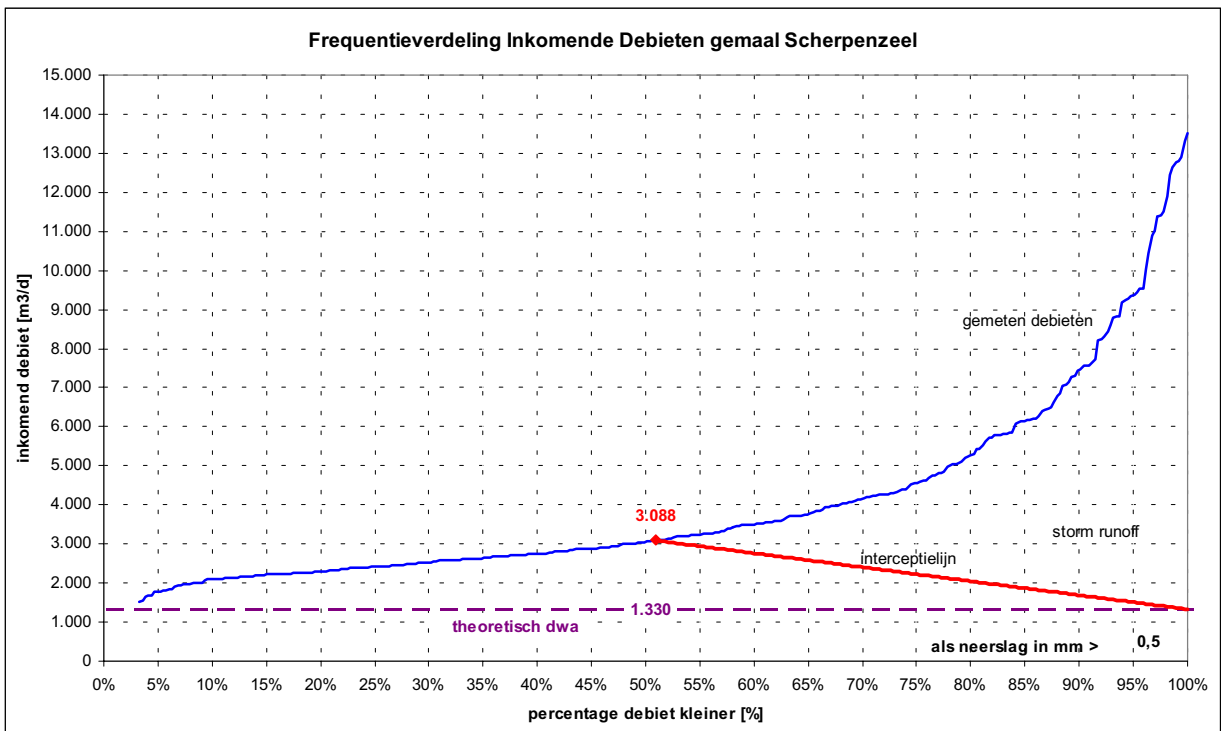
Lopend Gemiddeld Minimum

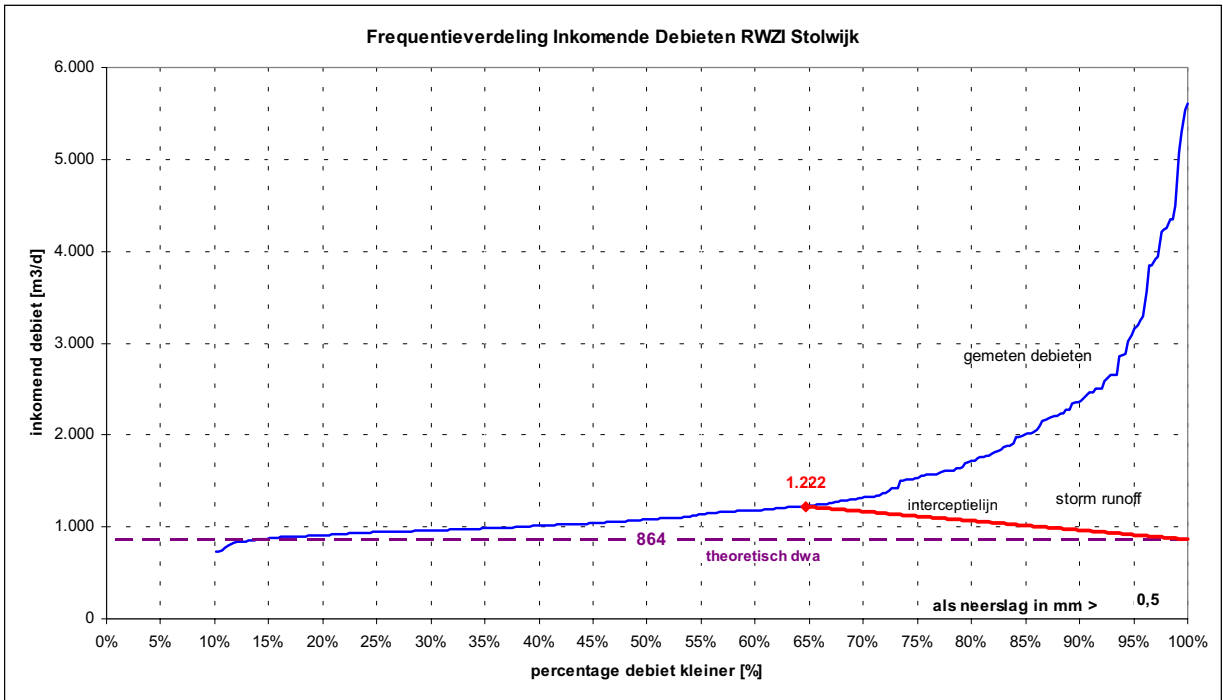
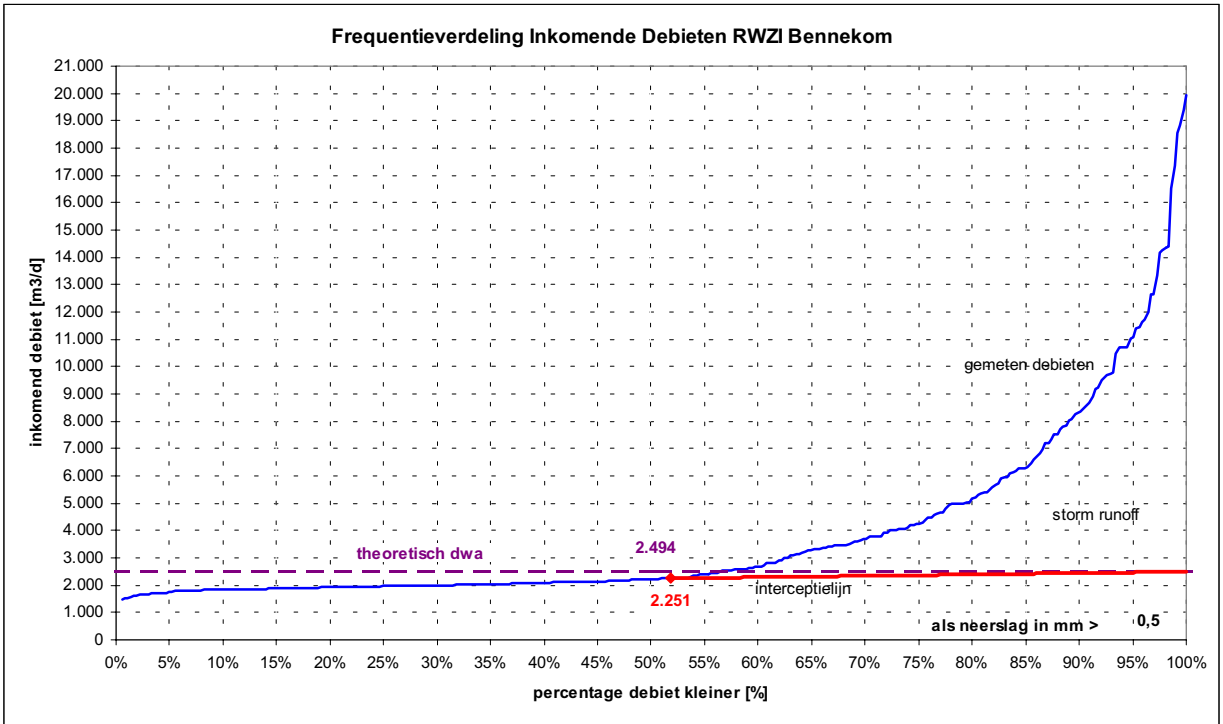


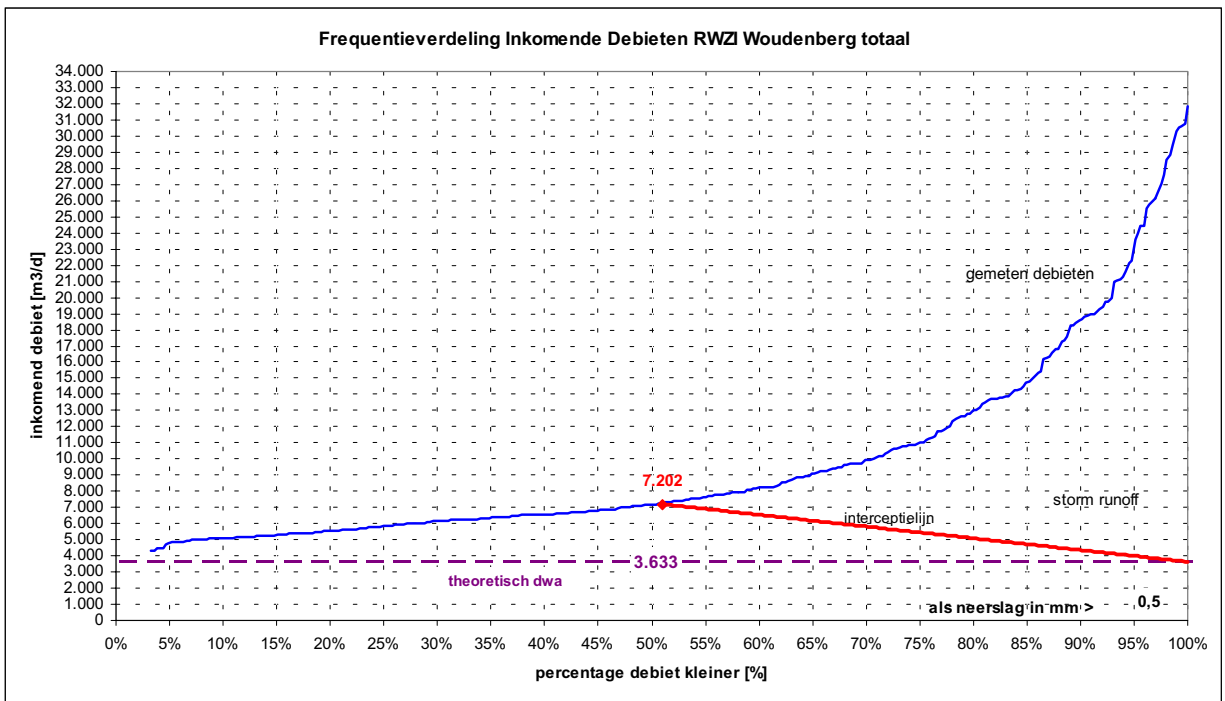
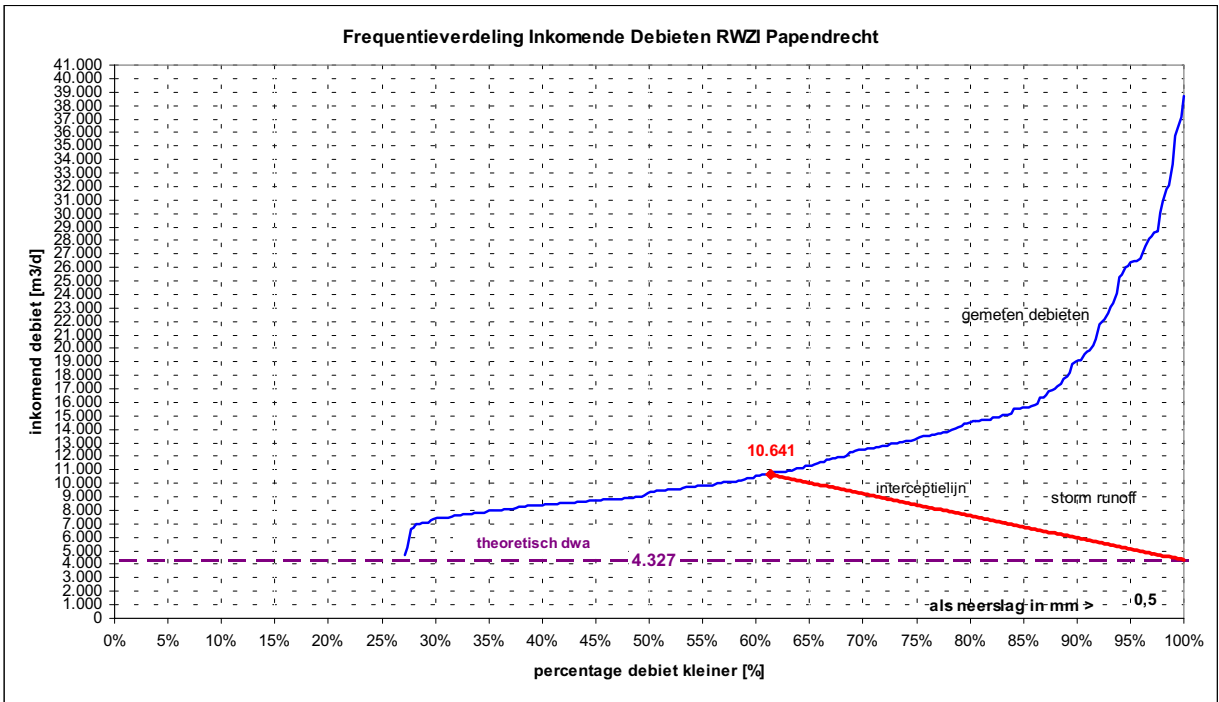




Analyse Weiss- Brombach







Analyse Seizoenen

Zomer 1-4-01 t/m 30-9-01

		Scherpenzeel dwa [m3/d]	Woudenberg dwa [m3/d]	Bennekom dwa [m3/d]	Stolwijk dwa [m3/d]	Papendrecht dwa [m3/d]	Woudenberg dwa [m3/d]
zo	1	1.876	3.193	1.913	1.380		5.068
ma	2	2.827	3.219	1.960	871	7.966	6.046
di	3	2.526	3.151	1.819	984	8.055	5.677
wo	4	2.429	3.047	1.837	938	8.762	5.476
do	5	2.282	2.993	1.994	964	8.374	5.275
vr	6	2.293	3.265	1.854	928	8.180	5.558
za	7	2.084	3.275	1.965	1.287	8.986	5.359
week		2.331	3.163	1.906	1.050	8.387	5.494

Direct 2.359 3.140 1.905 1.072 8.628 5.499

		Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
zo	1	-20%	1%	0%	31%	-100%	-8%
ma	2	21%	2%	3%	-17%	-5%	10%
di	3	8%	0%	-5%	-6%	-4%	3%
wo	4	4%	-4%	-4%	-11%	4%	0%
do	5	-2%	-5%	5%	-8%	0%	-4%
vr	6	-2%	3%	-3%	-12%	-2%	1%
za	7	-11%	4%	3%	22%	7%	-2%
week		0%	0%	0%	0%	0%	0%

Winter

periode 1 1-1-01 t/m 31-3-01 90 dagen

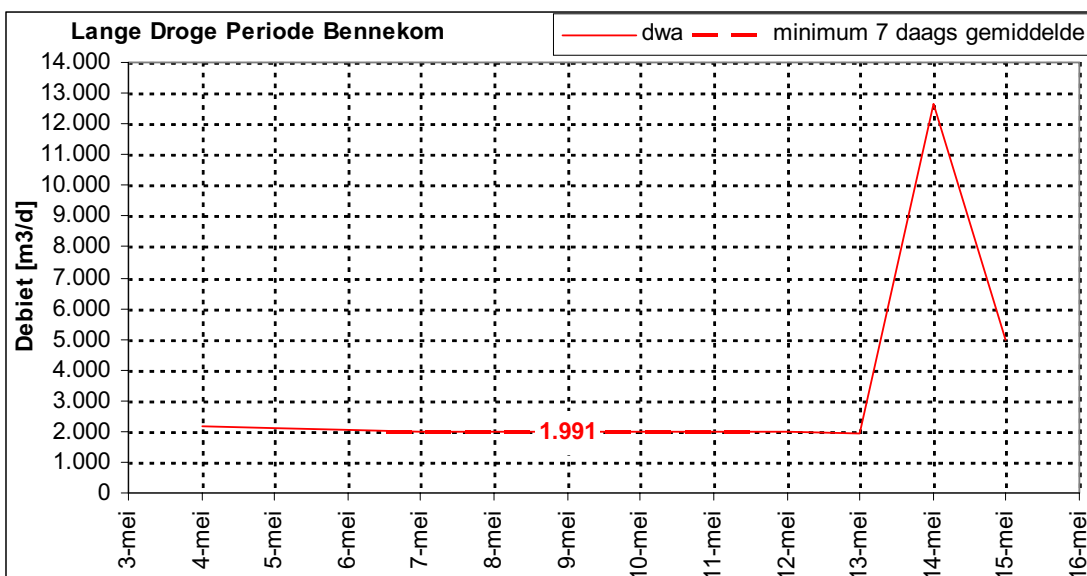
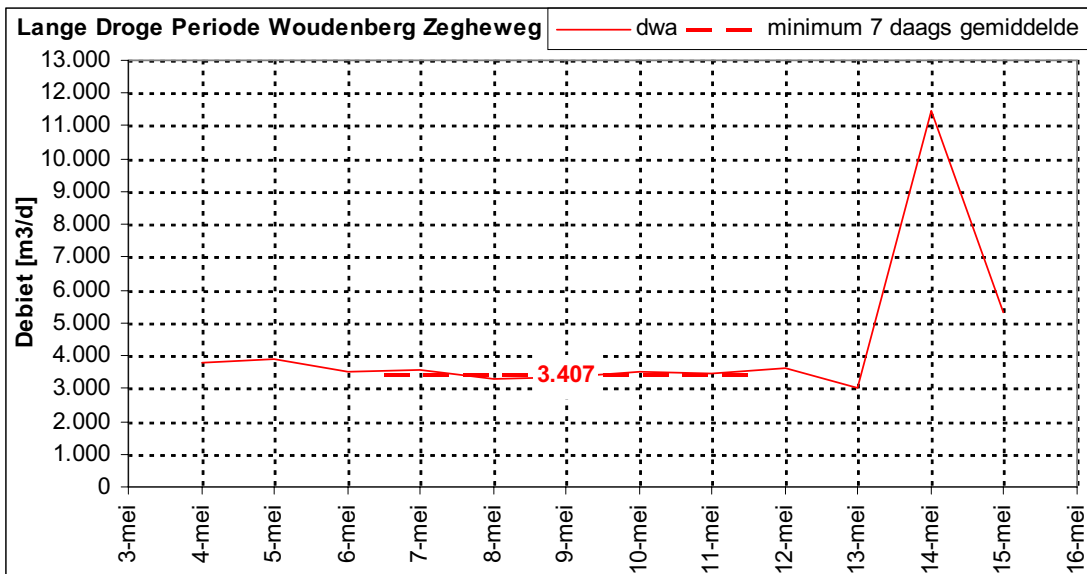
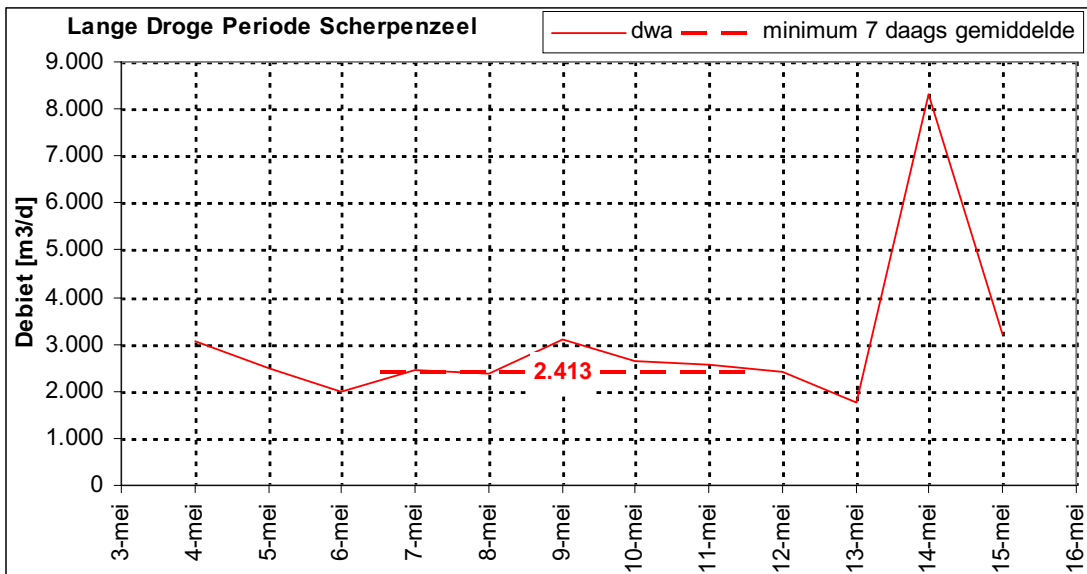
periode 2 1-10-01 t/m 31-12-01 92 dagen

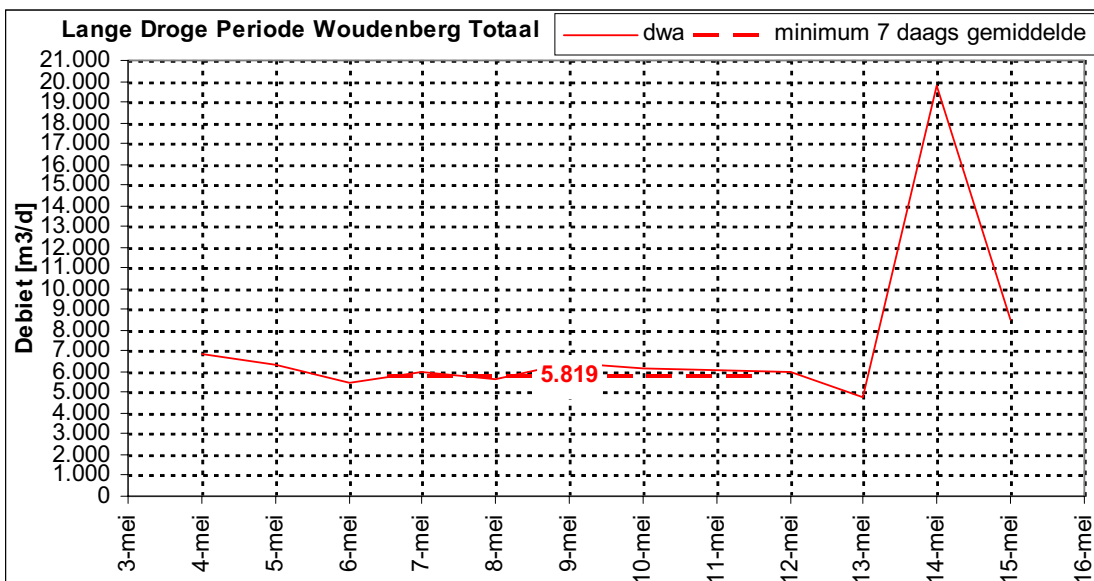
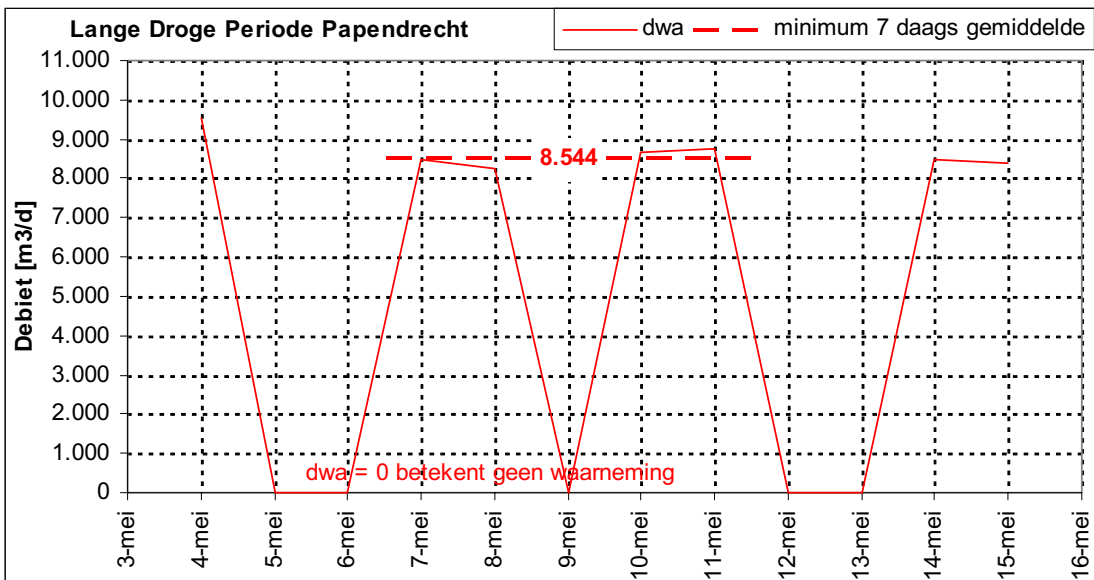
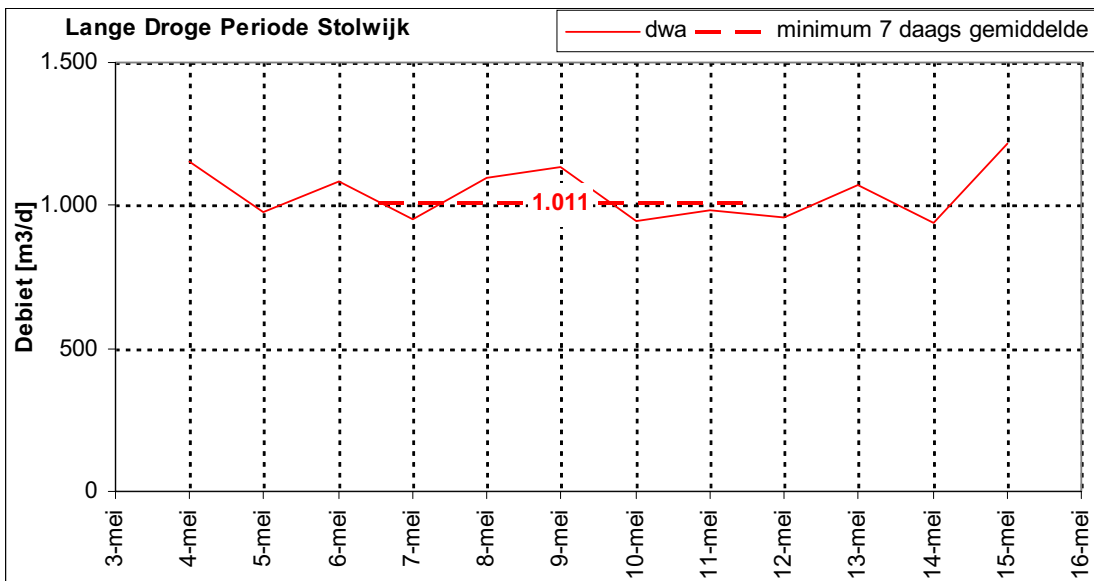
		Scherpenzeel dwa [m3/d]	Woudenberg dwa [m3/d]	Bennekom dwa [m3/d]	Stolwijk dwa [m3/d]	Papendrecht dwa [m3/d]	Woudenberg dwa [m3/d]
zo	1	2.122	3.532	1.936	661	0	5.654
ma	2	2.838	3.922	2.219	592	4.419	6.760
di	3	2.768	3.640	1.975	1.184	10.148	6.408
wo	4	2.882	3.801	1.962	1.006	11.615	6.683
do	5	2.991	3.886	1.903	1.058	11.113	6.877
vr	6	2.841	3.806	1.990	494	4.673	6.646
za	7	2.573	3.989	2.206	632	3.888	6.561
week		2.716	3.797	2.027	1.088	10.850	6.513

Direct 2.689 3.801 2.021 1.098 10.950 6.490

		Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
zo	1	-22%	-7%	-5%	-39%	-100%	-13%
ma	2	4%	3%	9%	-46%	-59%	4%
di	3	2%	-4%	-3%	9%	-6%	-2%
wo	4	6%	0%	-3%	-8%	7%	3%
do	5	10%	2%	-6%	-3%	2%	6%
vr	6	5%	0%	-2%	-55%	-57%	2%
za	7	-5%	5%	9%	-42%	-64%	1%
week		0%	0%	0%	0%	0%	0%

Analyse Periode Lang Droog





Analyse dagen per week

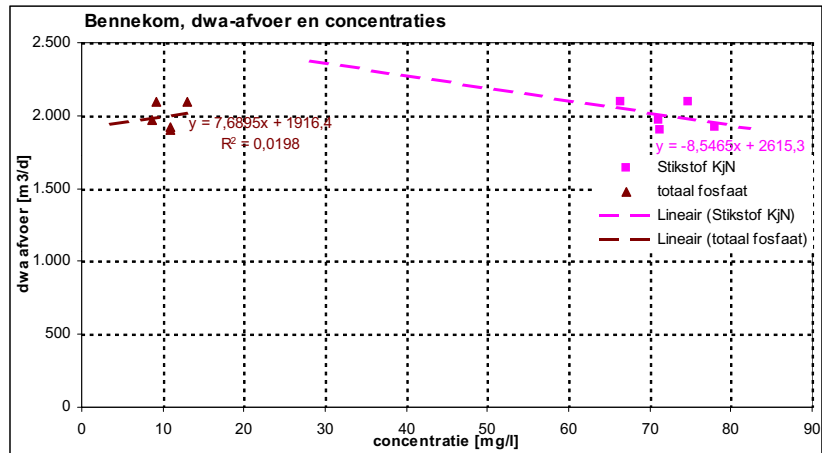
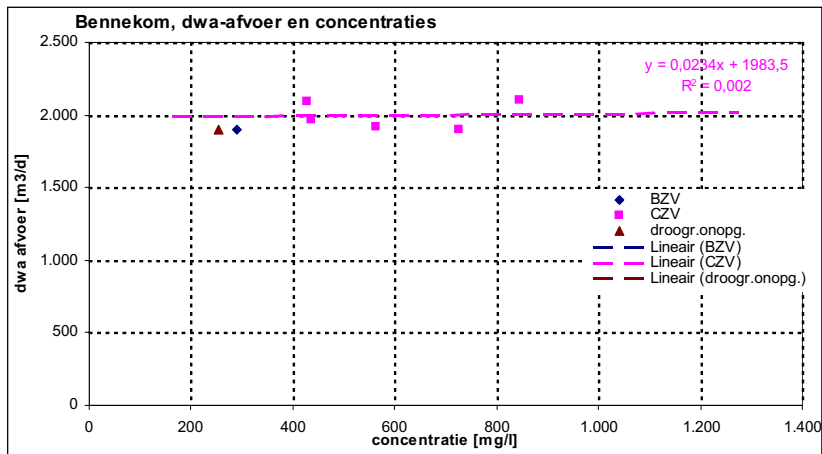
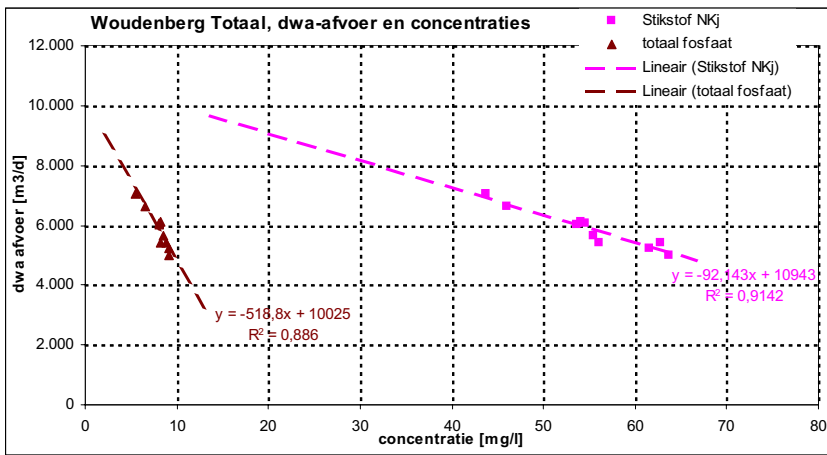
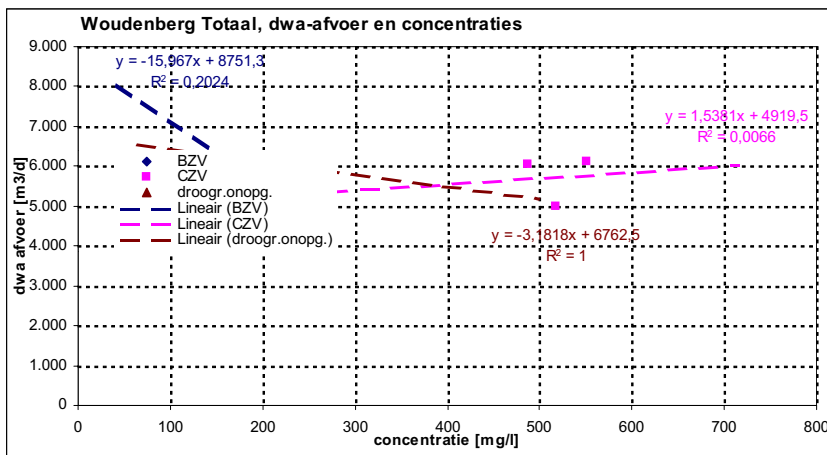
	Scherpenzeel dwa [m3/dag]	Woudenberg dwa [m3/dag]	Bennekom dwa [m3/dag]	Stolwijk dwa [m3/dag]	Papendrecht dwa [m3/dag]	Woudenberg dwa [m3/dag]
zo 1	1.986	3.415	1.920	1.344	13.114	5.401
ma 2	2.833	3.544	2.064	1.059	8.431	6.377
di 3	2.629	3.345	1.876	1.114	9.460	5.974
wo 4	2.558	3.261	1.882	965	9.749	5.819
do 5	2.567	3.329	1.946	1.011	9.755	5.897
vr 6	2.583	3.621	1.903	953	8.712	6.203
za 7	2.312	3.719	2.075	1.269	8.339	6.031
week	2.495	3.462	1.952	1.102	9.651	5.958

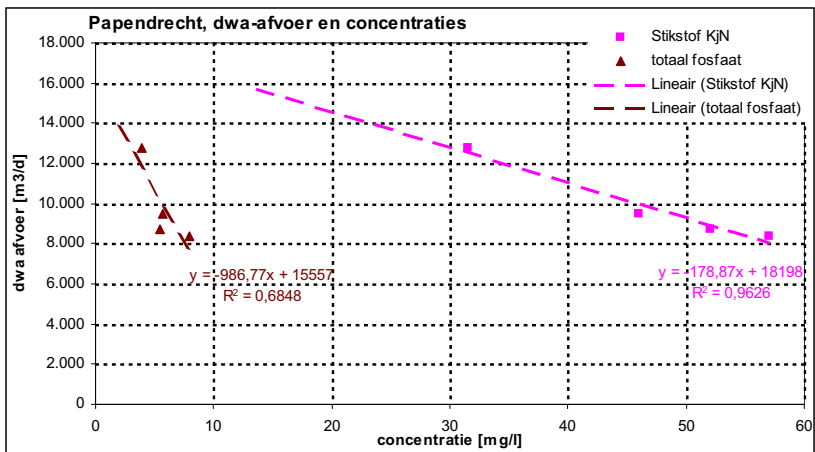
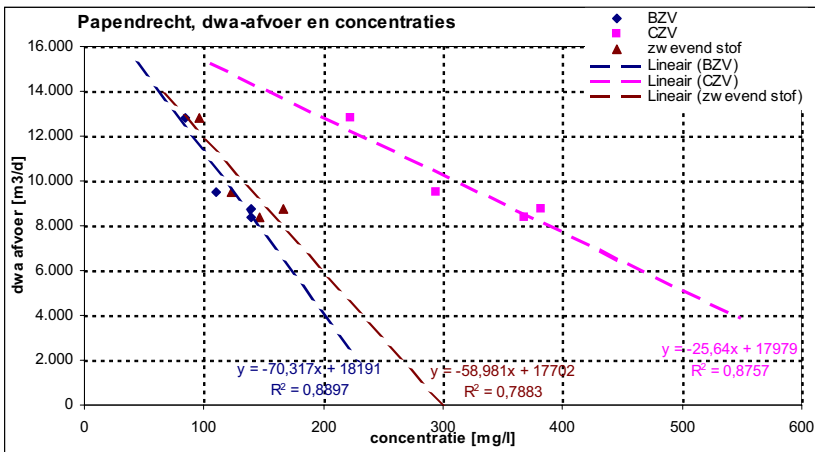
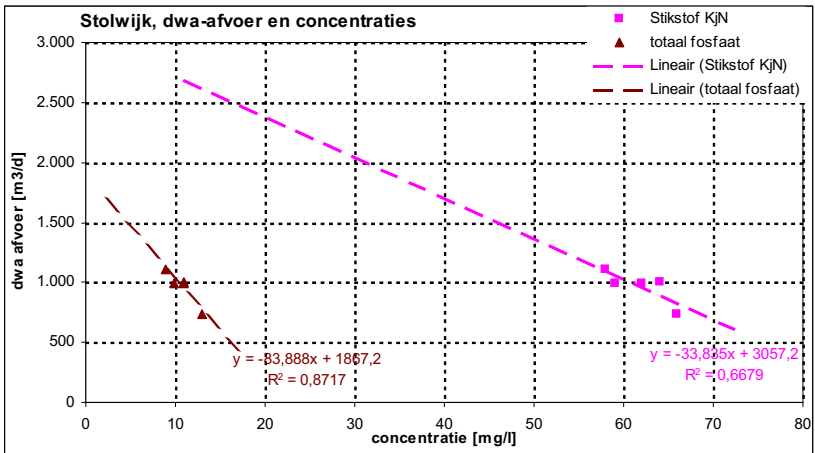
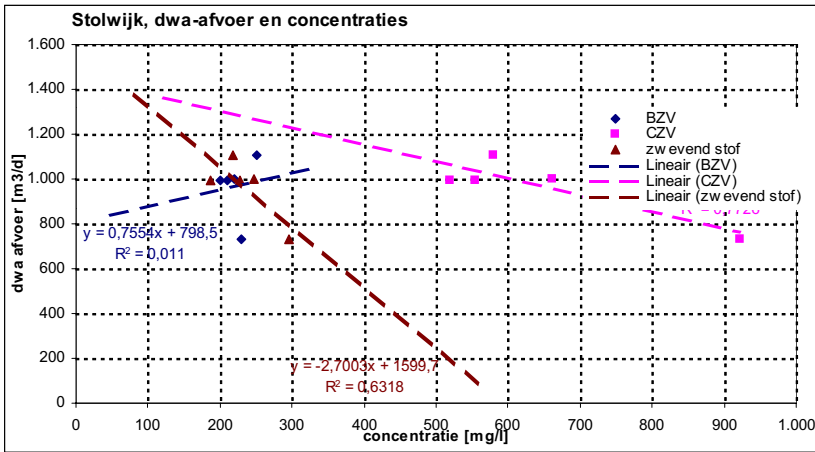
	Scherpenzeel	Woudenberg	Bennekom	Stolwijk	Papendrecht	Woudenberg
zo 1	-20%	-1%	-2%	22%	36%	-9%
ma 2	14%	2%	6%	-4%	-13%	7%
di 3	5%	-3%	-4%	1%	-2%	0%
wo 4	2%	-6%	-4%	-12%	1%	-2%
do 5	3%	-4%	0%	-8%	1%	-1%
vr 6	3%	5%	-3%	-14%	-10%	4%
za 7	-7%	7%	6%	15%	-14%	1%
week	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Analyse nachturen

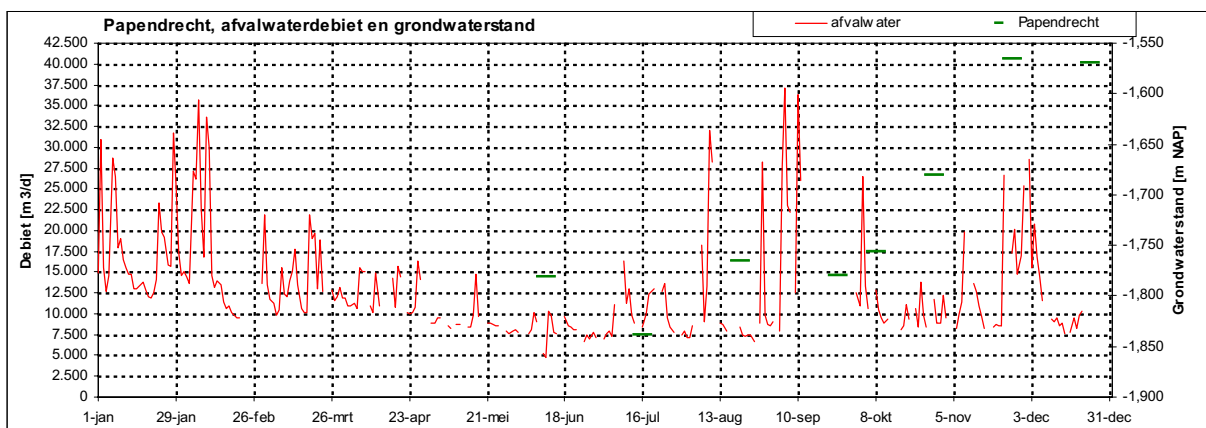
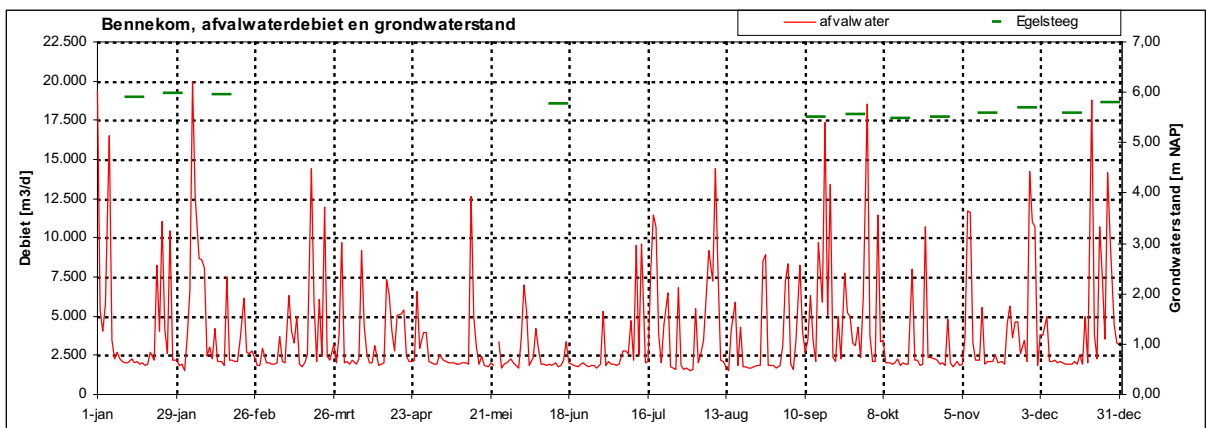
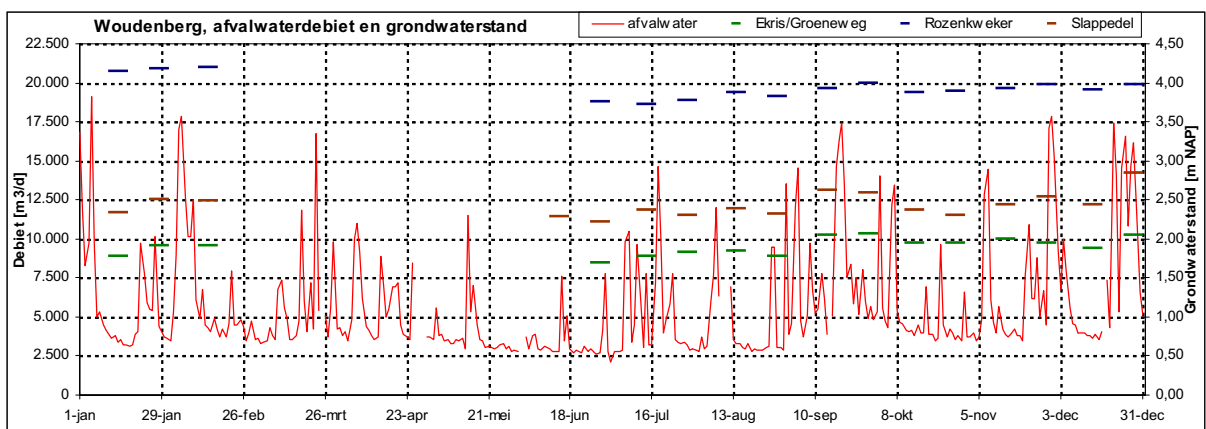
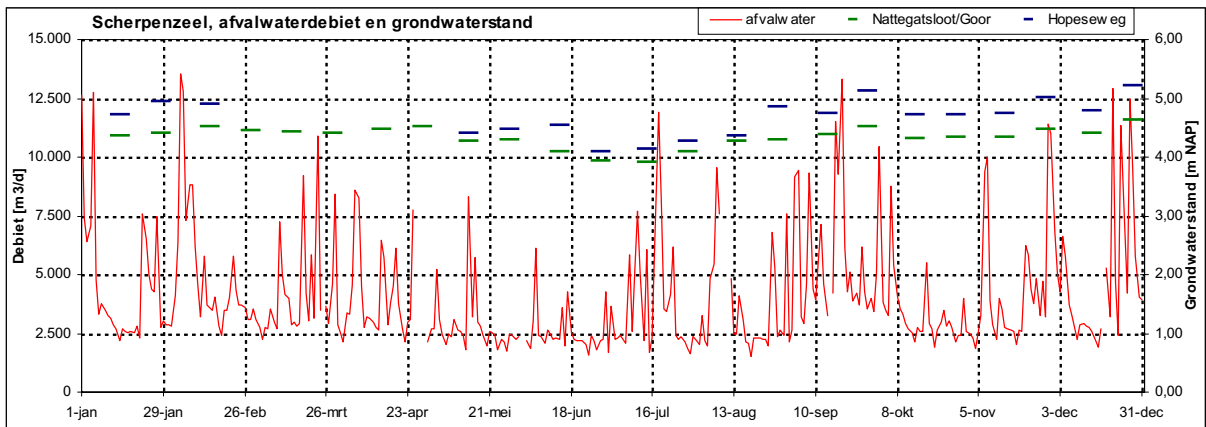
(data niet beschikbaar)

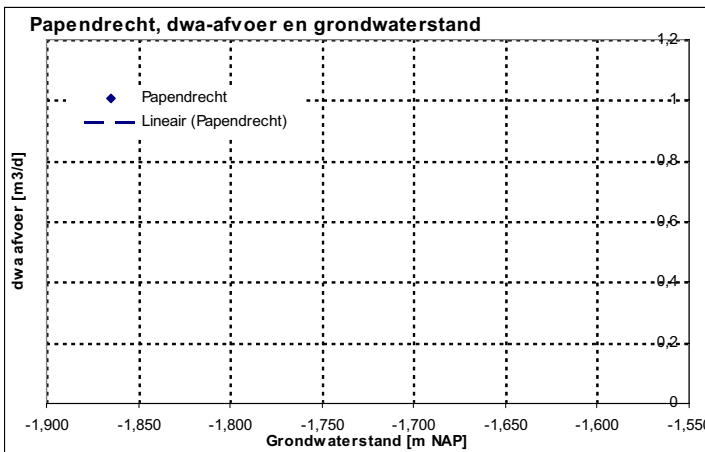
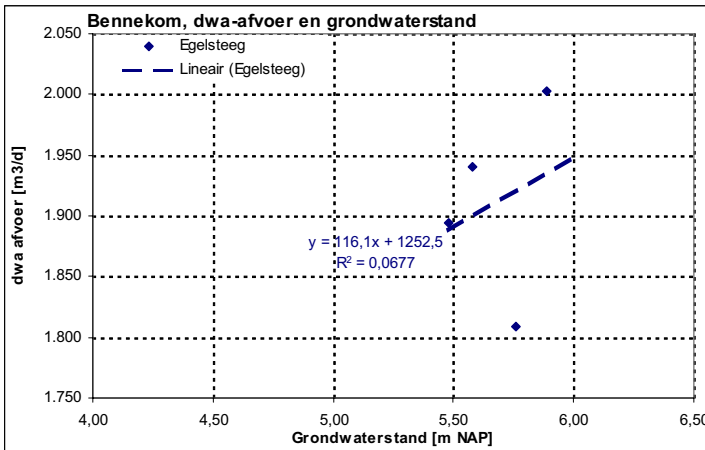
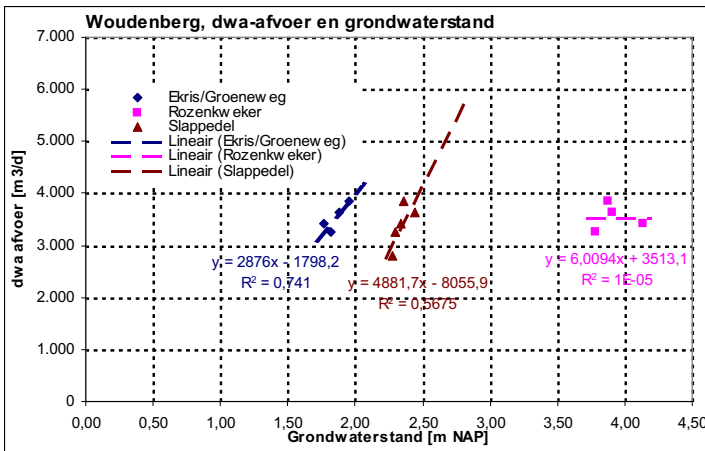
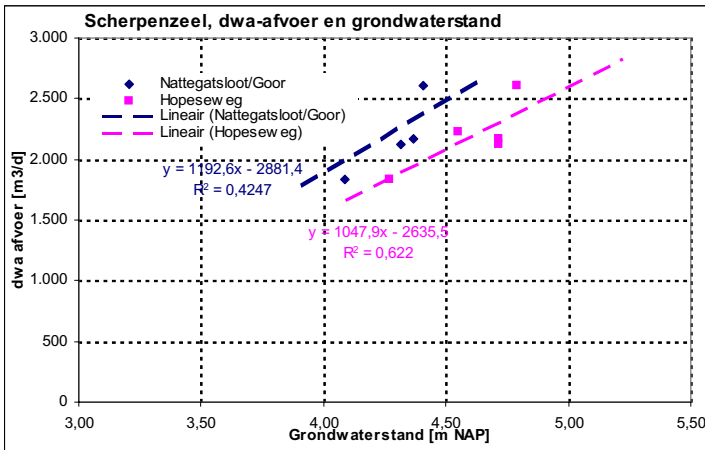
Analyse Waterkwaliteit





Analyse Grondwater





Bijlage 2 Methode Weiss-Brombach

Beschrijving Methode Weiss-Brombach

Naast afvalwater en de af te voeren neerslag van aangesloten en afvoerend oppervlak, voert de riolering vaak nog water af dat is aangeduid als rioolvreemd water. De methode Weiss-Brombach is één manier om het aandeel rioolvreemd water te kwantificeren. De methode is erop gericht om binnen de op de RWZI gemeten dagsommen de fracties dwa, neerslaginloop en rioolvreemd water te onderscheiden.

Voor het toepassen van deze methode dienen de volgende gegevens beschikbaar te zijn:

- De gemeten dagsommen op de RWZI.
- De theoretische dagsom aan dwa.
- Het aantal dagen met neerslag.

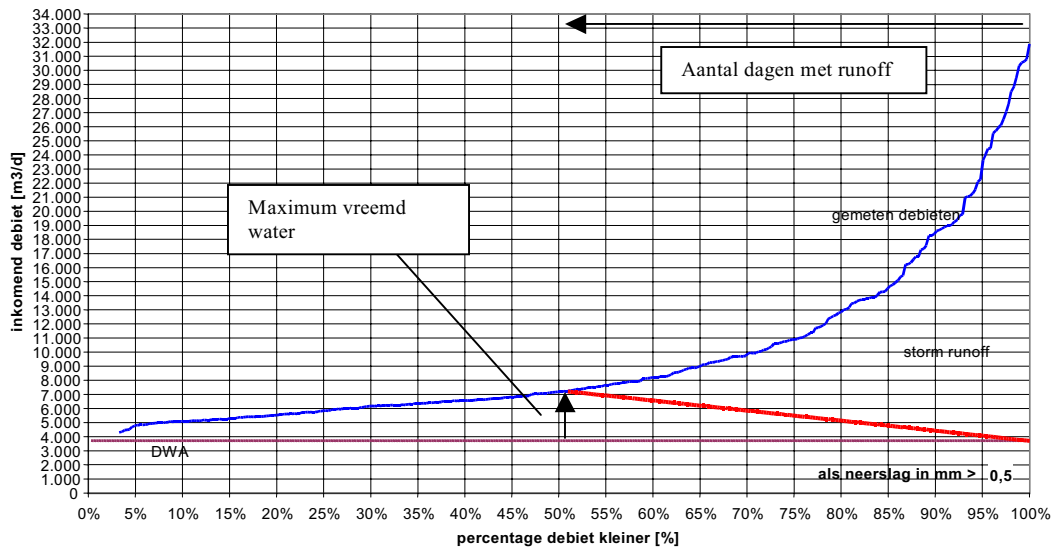
De dagsommen zijn allereerst gerangschikt op grootte. Dit levert een oplopende curve op. Hieraan is de theoretische dwa-dagsom als horizontale lijn toegevoegd. Het verschil tussen de curve en de theoretische dwa-dagsom geeft al een eerste indicatie van de omvang van rioolvreemd water. Bij de dagsommen is echter een aandeel neerslaginloop inbegrepen.

De aanname wordt nu gedaan dat de grootste dagsommen afkomstig zijn van dagen met neerslaginloop. Voor deze studie is verondersteld dat uitsluitend neerslag groter dan 0,5 mm per dag tot daadwerkelijke inloop heeft geleid.

Met deze aanname is op de curve met de gerangschikte dwa-dagsommen, het punt te bepalen met de grootste dwa-dagsom waarop geen neerslaginloop heeft plaatsgevonden. Verder is verondersteld dat tijdens de dag met de grootste dagsom, de riolen dermate gevuld zijn dat geen infiltratie kan optreden. Deze twee aannamen leggen twee punten vast. Het verloop van het aandeel rioolvreemd water tussen deze twee punten is verondersteld lineair te zijn.

De beschreven bewerkingen geven een beeld zoals weergegeven in de volgende figuur. De methode veronderstelt nu dat de 'driehoek' omgeven door de curve, de lineaire interpolatielijn en met als basis de horizontale theoretische dagsom, het aandeel rioolvreemd water omvat. Dit kan ook negatief zijn.

De vorm van curve geeft ook reeds een indicatie omtrent het optreden van rioolvreemd water. Bij een vlak eerste gedeelte (links in de figuur) is minder rioolvreemd water te verwachten. Hoe meer de curve opbolt, hoe groter het te verwachten aandeel rioolvreemd water kan zijn.



Figuur 1 Toepassing methode Weiss-Brombach

Het aandeel rioolvreemd water, d.w.z. het oppervlak van de driehoekige figuur tussen de theoretisch dwa-lijn, de afvoer-lijn en de interceptielijn, kan als volgt berekend worden. Voor elke dag dat een afvoer dagsom beschikbaar is worden de dagsom en de waarde van de interceptielijn (indien aanwezig) met elkaar vergeleken. Van de kleinste waarde van deze twee wordt de theoretische dwa afgetrokken, zodat het aandeel rioolvreemd water op die dag overblijft. Dit rioolvreemd water wordt voor al deze dagen bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal dagen met gemeten dagsommen. Dit levert de gemiddelde hoeveelheid rioolvreemd water per dag op.