



## Verandering van waterkwaliteit in het distributienet

Metingen in Rosmalen in vermaasde en vertakte  
netten

**BTO 2008.039**  
**September 2008**

# Verandering van waterkwaliteit in het distributienet

Metingen in Rosmalen in vermaasde en vertakte netten

**BTO 2008.039**  
**September 2008**

© 2008 KWR

Alle rechten voorbehouden.

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



# Colofon

**Titel**

Verandering van waterkwaliteit in het distributienet

**Projectnummer**

B111624-102

**Projectmanager**

drs. P.G.G. Slaats

**Opdrachtgever**

CvO

**Kwaliteitsborger(s)**

dr. ir. J.H.G. Vreeburg

**Auteur(s)**

ir. E.J.M. Blokker, ing. H. Beverloo

**Verzonden aan**

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar



# Samenvatting

De goede waterkwaliteit af pompstation kan in het leidingnet veranderen door 1) bezinking en accumulatie of opwerveling van sediment, 2) door interactie met de leidingen en omgeving (temperatuur) en 3) door nagroei van micro-organismen. De waterbedrijven hebben graag een instrument in handen om de verandering van de waterkwaliteit in het leidingnet te beperken. De vraag is of de vorm van het leidingnet (vertakt of vermaasd), de diameter van de leidingen (en dus de snelheid in de leidingen) en de verblijftijd in het leidingnet van invloed zijn op de (verandering) van de waterkwaliteit in het leidingnet. Volgens het principe van de nieuwe ontwerprichtlijnen zijn vertakte netten met kleine diameters zelfreinigend. De zelfreinigende werking moet in de praktijk wel aangetoond worden.

## Aanpak

In dit onderzoek is onderzocht hoe de waterkwaliteit verandert in het leidingnet ten opzichte van de waterkwaliteit af pompstation. Tevens is onderzocht wat de invloed van verblijftijd en hydraulische omstandigheden op de waterkwaliteit is. Hiertoe zijn metingen uitgevoerd op het pompstation (Nuland) en in twee verschillende type netten: een conventioneel ontworpen (vermaasd) net en een net ontworpen volgens de nieuwe ontwerprichtlijnen (een vertakt net). Op de meetlocaties was sprake van verschillende verblijftijden vanaf het pompstation.

De parameters waarmee de waterkwaliteit is gekwalificeerd zijn:

- De verhouding tussen de deeltjesconcentraties op meetlocaties aan het begin en verderop in de wijk.
- Biologische waterkwaliteit: ATP, *Aeromonas* en Koloniegetal 22 °C van monsters.
- De hoeveelheid opwervelbaar sediment (gemeten tijdens spuien als troebelheid per meter).

De verblijftijden en snelheden in de leidingnetten zijn bepaald op basis van een leidingnetmodel en realistische verbruikspatronen op basis van SIMDEUM.

## Resultaten

Op basis van de metingen aan deeltjes kan worden vastgesteld dat in de vertakte wijk nauwelijks sediment bezinkt en in de vermaasde wijk wel sprake is van bezinking van sediment. Uit de resultaten van de spuiproeven bleek dat in het nieuwe (vrijwel vertakt aangelegde) net veel minder sediment is geaccumuleerd dan in het conventionele (vermaasde) net; sterker nog bleek dat eindleidingen minder opwervelbaar sediment bevatten dan ringleidingen. Het vertakt ontwerp heeft dus een positief effect op de waterkwaliteit. De hoeveelheid opwervelbaar sediment vertoonde een omgekeerd evenredige relatie met de maximale snelheid die normaal in het leidingnet optreedt. Het ontwerp met kleine diameters heeft dus een positief effect op de waterkwaliteit. Er kan worden geconcludeerd dat de nieuwe ontwerpconcepten werken en leiden tot (bijna) zelfreinigende netten.

Er kon geen relatie worden vastgesteld tussen de hoeveelheid opwervelbaar sediment en de verblijftijd. De meetlocaties bevonden zich op maximaal 25 uur van het pompstation. De metingen binnen dit project zijn mogelijk met te korte verblijftijden uitgevoerd om een relatie tussen waterkwaliteit en verblijftijd vast te stellen.

Er zijn onvoldoende monsters genomen om de (verandering van de) biologische en chemische waterkwaliteit tijdens normale bedrijfsvoering te kunnen relateren aan de verblijftijd of

maximumsnelheid. De hypothesen met betrekking tot de relatie tussen waterkwaliteit aan de ene kant en verblijftijd of snelheid aan de andere kant konden op basis van deze resultaten niet worden weerlegd noch bewezen.

### **Advies**

De Nederlandse waterbedrijven passen de nieuwe ontwerprichtlijnen voor zelfreinigende netten reeds toe. Er is een verschil in de wijze waarop de maximale volumestroom wordt bepaald en de mate waarin concessies worden gedaan met betrekking tot het inpassen van bluswatereisen. De resultaten van dit onderzoek kan de waterbedrijven sterken in het (strikt) toepassen van de nieuwe ontwerprichtlijnen. Een concrete aanbeveling is

- vertakt te ontwerpen (zorgen voor een eenduidige stroomrichting);
- de ontwerp volumestroom vast te stellen met  $q\sqrt{n}$ -methode en 15 tapeenheden;
- een ontwerpsnelheid van 0,4 m/s aan te houden.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding BTO – waterkwaliteit in het leidingnet	5
1.2 Aanleiding Brabant Water – relatie waterkwaliteit en verblijftijd	5
1.3 Aanpak	6
1.4 Leeswijzer	6
<b>2 Beschrijving metingen</b>	<b>7</b>
2.1 Meetlocaties	7
2.2 Meetmethode	9
2.2.1 Monitorsystemen	10
2.2.2 Deeltjestellers	10
2.2.3 Monsternamen + analyse van chemische en biologische parameters	10
2.2.4 Spuien + monsternamen + analyse van chemische en biologische parameters	10
2.3 Theoretische verblijftijden en snelheden op de meetlocaties	12
2.3.1 Transport - leidingnetberekeningen met ALEID + standaard patronen	12
2.3.2 Distributie - leidingnetberekeningen met ALEID + SIMDEUM	13
<b>3 Meetresultaten</b>	<b>19</b>
3.1 Monitorsystemen – EGV	19
3.2 Monitorsystemen – Troebelheid	20
3.3 Deeltjestellingen	22
3.4 Analyseresultaten van de monsternamen	25
3.5 Analyseresultaten van de spuis monsters	27
<b>4 Discussie</b>	<b>29</b>
4.1 Waterkwaliteit: sedimentsamenstelling	29
4.2 Waterkwaliteit: sedimentlast	32
4.3 Waterkwaliteit: fysisch-chemische parameters	33
4.3.1 Troebelheid	33
4.3.2 Deeltjestellingen	34
4.3.3 EGV en verblijftijd	39
4.4 Waterkwaliteit: biologische en fysisch-chemische parameters van monsters	39
4.5 Verklarende factoren voor de waterkwaliteit	41
4.5.1 Hypothesen	42
4.5.2 Relatie verblijftijd en maximumsnelheid	42
4.5.3 Deeltjes in het gedistribueerde water	43
4.5.4 Biologische parameters van gedistribueerde water	44
4.5.5 Opwervelbaar sediment (troebelheid tijdens spuien)	45



<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>47</b>
5.1	Karakterisering waterkwaliteit	47
5.2	Karakterisering van het leidingnet	47
5.3	Relatie waterkwaliteit en ontwerp van het leidingnet	48
5.3.1	Waterkwaliteit gekenmerkt door hoeveelheid opwervelbaar sediment	48
5.3.2	Waterkwaliteit gekenmerkt door sedimentsamenstelling	48
5.3.3	Waterkwaliteit gekenmerkt door microbiologische en chemische parameters	49
5.4	Relatie waterkwaliteit verblijftijd in het leidingnet	49
5.5	Implementatie	50
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>51</b>
I	Informatie meetapparatuur	53
II	pH-metingen	55
III	Troebelheid	59
IV	Hemoflow	63

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding BTO – waterkwaliteit in het leidingnet

De bedrijfsvoering van de waterleidingbedrijven in Nederland is erop gericht om problemen te voorkomen. Recente onderzoeksresultaten maken duidelijk dat het drinkwater zelf een belangrijke bron is voor deeltjes in het leidingnet en dus voor problemen met bruin water. Daarbij verandert de kwaliteit van het drinkwater tijdens het verblijf in het distributienet, zowel fysisch (aantal en grootte van deeltjes), chemisch als microbiologisch. In de afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar de processen die de waterkwaliteit in het leidingnet het meest beïnvloeden en hoe deze processen te beheersen. Met name ging het om de accumulatie van sediment in het leidingnet en daarmee samenhangende problemen als het optreden van bruin water en nagroei van bacteriën.

Naast het ontwerpen van het distributienet (bij nieuwe aanleg en saneren) worden vooral maatregelen genomen die letterlijk 'end-of-pipe' oplossingen zijn, namelijk het regelmatig en effectief schoonmaken. Meer preventief kan de bedrijfsvoering van zuiveringsprocessen worden aangepast om de belasting van het leidingnet met deeltjes te verlagen. Zo hebben een hydraulisch wisselende belasting en het terugspoelen van filters een grote invloed op de uiteindelijke deeltjesbelasting voor het leidingnet.

Hoofdobbrengst van het project "waterkwaliteit in het leidingnet" is de meetmethode om de chemisch-fysische stabiliteit van het water in het distributienet vast te kunnen stellen. Om deze methode te ontwikkelen zullen verschillende deelresultaten worden uitgewerkt:

1. Procesbeschrijving en kwantificering van de deeltjesbelasting van het leidingnet als functie van de hoeveelheid en samenstelling van deeltjes 'af pompstation', en de hydraulische omstandigheden in het achterliggende leidingnet.
2. Nulmetingen bij zuiveringstations die kort na de start van het project de bedrijfsvoering of zuiveringsprocessen gaan wijzigen.
3. Effectmetingen na wijziging bedrijfsvoering of zuiveringsprocessen. Voor de effectbepaling zal gebruik worden gemaakt van eerder ontwikkelde metingen m.b.t. fysische - (ijzer, troebelheid, deeltjes, TILVS) en microbiologische aspecten (AOC, biofilm).

In voorliggend rapport wordt ingegaan op stap 1 van het project.

## 1.2 Aanleiding Brabant Water – relatie waterkwaliteit en verblijftijd

Brabant Water heeft enkele waterkwaliteitsproblemen in haar distributienet geconstateerd. Het gaat dan met name om nagroei van *Aeromonas* in reinwaterkelders, transport- en distributienet. Brabant Water wil betere inzichten verkrijgen in de fundamentele processen die verantwoordelijk zijn voor genoemd kwaliteitsverlies.

Brabant Water heeft de vraag naar de verandering van de waterkwaliteit in het leidingnet als volgt verwoord: "Hoe verandert de waterkwaliteit in het leidingnet onder invloed van de verblijftijd?". In het kader van de invloed van de verblijftijd op de waterkwaliteit zijn bij Brabant Water een literatuurstudie en twee onderzoeken in het leidingnet uitgevoerd. Het eerste onderzoek heeft zich gericht op de nagroei van *Aeromonas* in de vulling tussen Son en Vierlingsbeek (Blokker en Beverloo, 2008); het tweede onderzoek was algemener van aard en vond plaats in het voorzieningsgebied van WPB Nuland (in twee wijken van Rosmalen). Dat

tweede onderzoek heeft niet slechts resultaten opgeleverd over de relatie tussen waterkwaliteit en verblijftijd, maar geeft ook inzicht in andere factoren die van invloed kunnen zijn, zoals het leidingmateriaal, de stroomsnelheid van het water in de leidingen en de configuratie van het netwerk (vermaasd of vertakt). De metingen in Rosmalen zijn zodoende zeer geschikt voor het onderzoek naar de waterkwaliteit in het leidingnet, namelijk het kwantificeren van de deeltjesbelasting en de hydraulische omstandigheden in het leidingnet.

### **1.3 Aanpak**

In deze studie is onderzocht hoe de waterkwaliteit verandert in het leidingnet ten opzichte van de waterkwaliteit af pompstation. Tevens is de invloed van verblijftijd en van hydraulische omstandigheden op de waterkwaliteit onderzocht. Hiertoe zijn metingen uitgevoerd op het pompstation (Nuland) en in twee verschillende type netten: een conventioneel ontworpen (vermaasd) net en een net ontworpen volgens de nieuwe ontwerprichtlijnen (een vertakt net).

De parameters waarmee de waterkwaliteit is gedefinieerd zijn:

- Fysisch-chemische parameters: parameters waarmee de (variatie in de) deeltjesconcentratie kan worden beschreven, de troebelheid tijdens normale bedrijfsvoering én tijdens spuien, pH en EGV;
- Biologische parameters: ATP, *Aeromonas* en Koloniegetal 22 °C.

### **1.4 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 worden de metingen en meetlocaties beschreven. In hoofdstuk 3 worden de ruwe meetresultaten gepresenteerd. In hoofdstuk 4 worden de resultaten gecombineerd en van commentaar voorzien. In hoofdstuk 5 volgen conclusies en aanbevelingen.

## 2 Beschrijving metingen

### 2.1 Meetlocaties

De meetlocaties in het vertakte net (wijk A, de Watertuinen) en het vermaasde net (wijk B, 't Ven) staan in respectievelijk Figuur 2-1 en Figuur 2-2 weergegeven. De codes van de monsterlocaties staan in Tabel 2-1. N.B. de achterliggende woningen op locatie A2 waren nog niet bewoond tijdens de meetperiode; ten gevolge van het monitorsysteem was er wel sprake van stroming.

*Tabel 2-1 Monsterlocaties en de codes (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).*

Monsterlocaties	Codes
Pompstation Nuland	PS
De Watertuinen	Wijk A
De Groote Rede	Locatie A1
De Kreekdam	Locatie A2
De Wieldam	Locatie A3
De Dauwkade	Locatie A4
't Ven	Wijk B
Empelseweg	Locatie B1
Tuinstraat	Locatie B2
Orchideeënstraat	Locatie B3
Begoniastraat	Locatie B4



Figuur 2-1 De plattegrond van wijk A "de Watertuinen", het vertakte net. Bron: Google Earth.



Figuur 2-2 De plattegrond van wijk B "t Ven", het vermaasde net. Bron: Google Earth.



## 2.2 Meetmethode

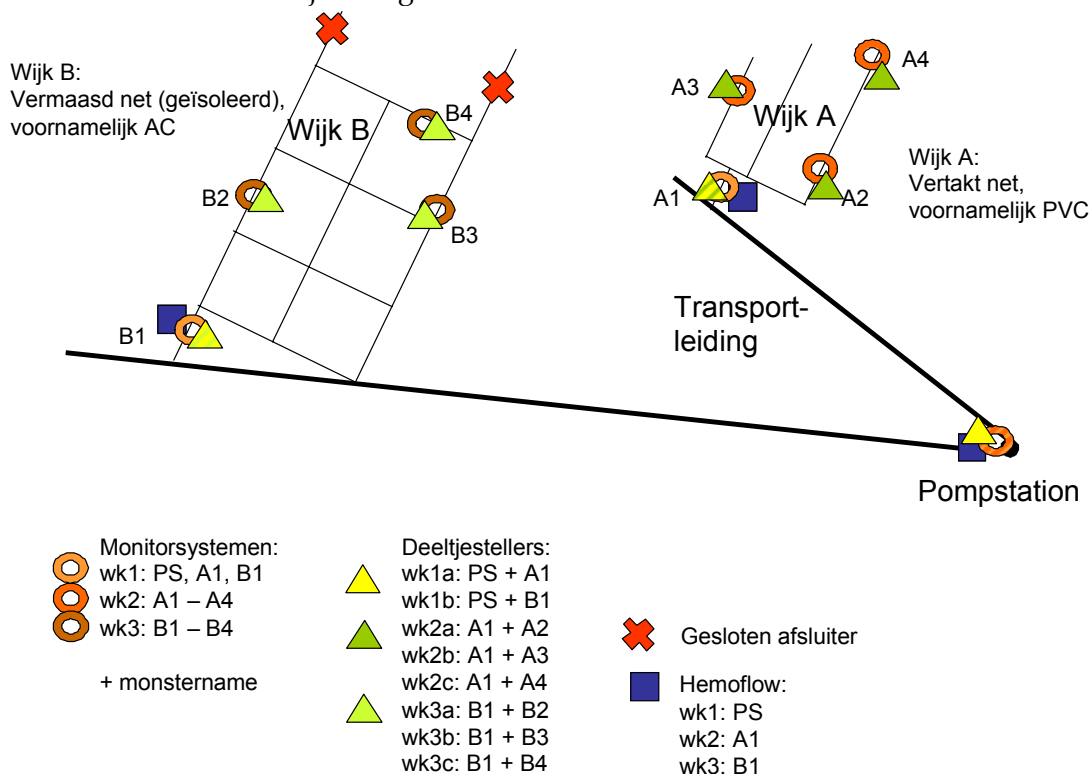
De verschillende waterkwaliteitsmetingen zijn schematisch weergegeven in Figuur 2-3.

- Met behulp van monitorsystemen zijn on-line de druk, temperatuur, EGV, pH en troebelheid gemeten:
  - Week 1: op pompstation (PS), aan begin van wijk A (A1) en aan begin van wijk B (B1).
  - Week 2: in het vertakte net (wijk A) aan begin van wijk A (A1) en op drie locaties in wijk A (A2-A4).
  - Week 3: in het vermaasde net (wijk B) aan begin van wijk B (B1) en op drie locaties in wijk B (B2-B4).
- Met behulp van deeltjestellers zijn on-line deeltjes geteld:
  - Week 1, 1<sup>e</sup> deel: op PS en op A1.
  - Week 1, 2<sup>e</sup> deel: op PS en op B1.
  - Week 2, 1<sup>e</sup> deel: op A1 en op A2.
  - Week 2, 2<sup>e</sup> deel: op A1 en op A3.
  - Week 2, 3<sup>e</sup> deel: op A1 en op A4.
  - Week 3, 1<sup>e</sup> deel: op B1 en op B2.
  - Week 3, 2<sup>e</sup> deel: op B1 en op B3.
  - Week 3, 3<sup>e</sup> deel: op B1 en op B4.

De exacte meetdagen zijn opgenomen in Tabel I-2 (bijlage I).

- Met behulp van een hemoflow (een methode om het water te concentreren) is de deeltjessamenstelling in de waterfase bepaald:
  - Week 1: op PS.
  - Week 2: op A1
  - Week 3: op B1

De metingen en resultaten van de hemoflow staan beschreven in bijlage IV. De resultaten zijn niet gebruikt in deze studie.



Figuur 2-3 Schematische weergave van de metingen en meetlocaties (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

### 2.2.1 Monitorsystemen

Op alle locaties zijn de volgende parameters gemeten: druk, troebelheid, EGV, pH en temperatuur. De gegevens van de troebelheids-, EGV- en pH-metingen zijn geanalyseerd. De gebruikte monitorsystemen op de locaties zijn weergegeven in Tabel I-1 (bijlage I).

### 2.2.2 Deeltjestellers

Op alle locaties zijn deeltjestellers ingezet. De deeltjestellers waren ingesteld op de deeltjesgrote 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 en 15 µm. De gebruikte deeltjestellers op de locaties zijn weergegeven in Tabel I-2 (bijlage I).

### 2.2.3 Monstername + analyse van chemische en biologische parameters

De monstername vond plaats op de aanvoerslang van het monitorsysteem. De aanvoerslang werd afgekoppeld waarna nog enkele seconden werd gespoeld. Het tappunt is met alcohol ontsmet. Hierna werden de diverse monsterflessen gevuld.

**Biologische analyses:** ATP, Koloniegetal 22 °C, *Aeromonas*.

**Chemische analyses:** ijzer, mangaan, aluminium, gesuspenderde stoffen, gloeirest, troebelheid.

De monsters zijn geanalyseerd door WLZ en de ATP-analyses zijn uitbesteed aan Kiwa Water Research. N.B. De monstername van wijk A op 9 juli is niet uitgevoerd hiervan zijn dus geen resultaten.

### 2.2.4 Spuien + monstername + analyse van chemische en biologische parameters

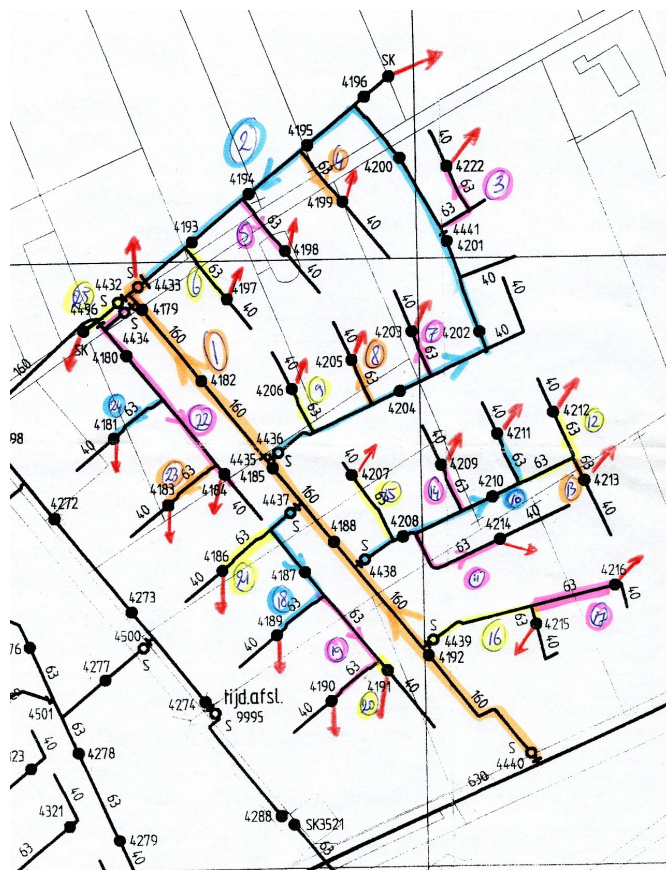
Beide wijken zijn op 17-19 september gespuid. De spuiplannen zijn gemaakt met behulp van de spuiplanner®, zie Figuur 2-4 en Figuur 2-5. In Tabel 2-2 staan de straten waarin de acties zijn uitgevoerd. Voor het vertakte net waren 17 acties nodig. Voor het vermaasde net B waren 18 acties nodig, maar actie 10 kon niet worden uitgevoerd, doordat de brandkraan onbereikbaar op het terrein van de brandweer lag<sup>1</sup>.

Tabel 2-2 De straten waar spuiacties uitgevoerd zijn (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde). Tuinstraat Brandweerterrein is niet uitgevoerd.

Nummer in Figuur 3-10- Figuur 3-11	Wijk A De Watertuinen	Nummer in Figuur 3-12	Wijk B 't Ven
1	De Grootte Rede	1	Raadhuisstraat
2	De Eendrachtswerf	2	Primulastraat
3	De Dauwkade	3	Cyclamenstraat
4	De Regenboogkade	4	Orchideënstraat
5	De Sterkkade	5	Petuniastraat
6	De Bronkade	6	Boterbloemstraat
7	De Vrijheidswerf	7	Goudsbloemstraat
8	De Poseidonwerf	8	Gladiolenstraat
9	De Fortunawerf	9	Pioenroosstraat
10	De Wieldam	10	Tuinstraat Brandweerterrein
11	De Kreekdam	11	Tuinstraat Empelseweg

<sup>1</sup> Na de acties 3, 4 en 11 in wijk A zijn ook de Ø40 mm einden gespuid via speciaal aangelegde spui punten. Van deze spuiacties was het niet mogelijk om online de troebelheid te meten.

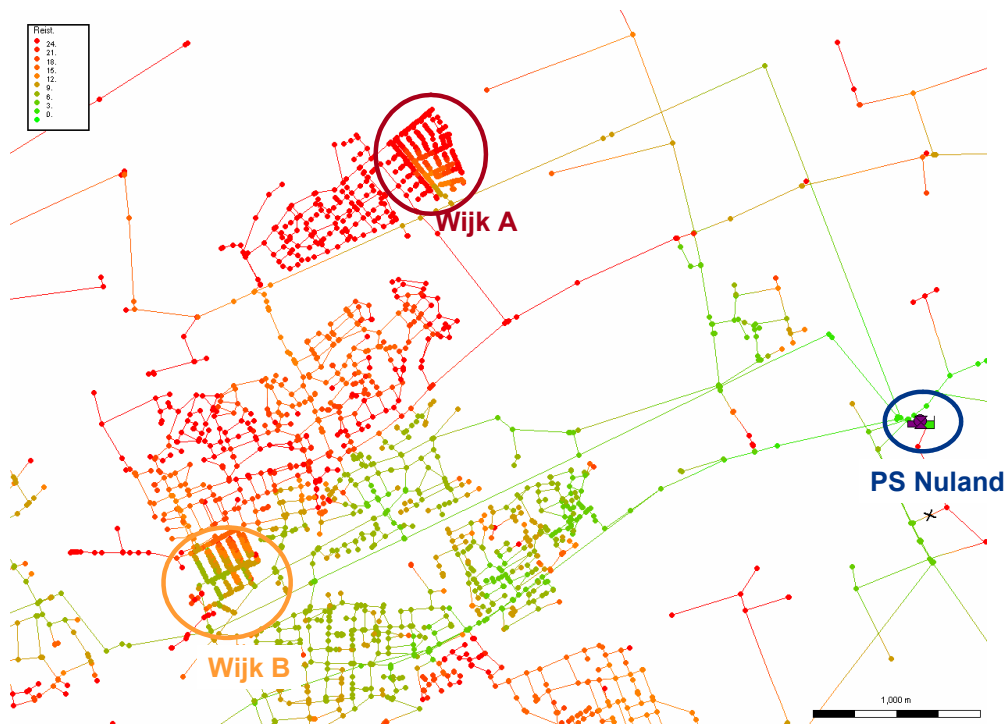
Nummer in Figuur 3-10- Figuur 3-11	Wijk A De Watertuinen	Nummer in Figuur 3-12	Wijk B 't Ven
12	De Rietdam links	12	Tivoliweg
13	De Rietdam Rechts	13	Tuinstraat Empelseweg
14	De Vijverdam	14	Edelweisstraat
15	De Beekdam	15	Goudsbloemstraat 63 mm
16	De Blauwe Oever Begin	16	Begoniastraat
17	De Blauwe Oever Eind	17	Heinis begin
		18	Heinis eind



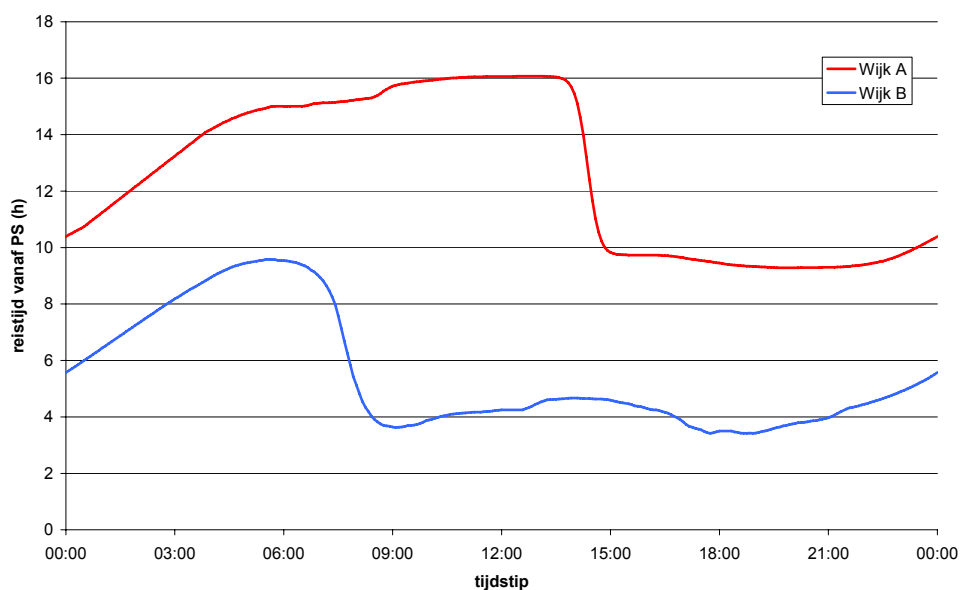
Figuur 2-4 Spuiacties wijk A (het vertakte net); alleen acties 1 t/m 17 zijn uitgevoerd.







Figuur 2-6 Met ALEID berekende reistijden vanaf pompstation Nuland (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).



Figuur 2-7 Met ALEID berekende reistijden op tijdstip van arriveren vanaf pompstation Nuland tot wijk A en wijk B (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).

### 2.3.2 Distributie - leidingnetberekeningen met ALEID + SIMDEUM

De verblijftijden in de wijken A en B (van meetlocatie A1 tot A2, A3 en A4 respectievelijk van B1 tot B2, B3 en B4) zijn bepaald met een ALEID-model met verbruiksknoppen per woning en aan iedere woning een uniek stochastisch verbruikspatroon toegekend. De stochastische verbruikspatronen zijn gegenereerd met SIMDEUM en aan een verbruiksknoop toegekend op basis van gegeven jaarverbruik (zie ook Blokker en Vogelaar, 2007). Het jaarverbruik van

iedere woning is bekend vanuit de watermeteradministratie. Hieruit kan vervolgens een inschatting worden gemaakt over de bezettingsgraad en de binneninstallatie. Een bijpassende gesimuleerde woning en dus een bijpassend gesimuleerd patroon kan op deze manier in het model worden toegekend.

De invoergegevens voor SIMDEUM zijn gebaseerd op de standaard Nederlandse waardes (Blokker, 2006), de CBS-data van de betreffende wijken (zie Tabel 2-3) en de specifieke verbruiken van regio Zuid in het onderzoek *Waterverbruik Thuis 2004* (Kanne, 2005<sup>2</sup>). De onderdelen waarin het verbruik in de regio Zuid afwijkt van het gemiddelde Nederlandse verbruik zijn:

- Penetratiegraad bad hoger dan Nederlands gemiddelde: 48%.
- Douchefrequentie iets lager dan Nederlands gemiddelde: 0,65 per persoon per dag.
- Gebruik keukenkraan zuiniger dan Nederlands gemiddelde (namelijk 12,5%), vooral korter de kraan open.
- Planten/ tuin water geven – langer dan Nederlands gemiddelde: 134,5 sec.

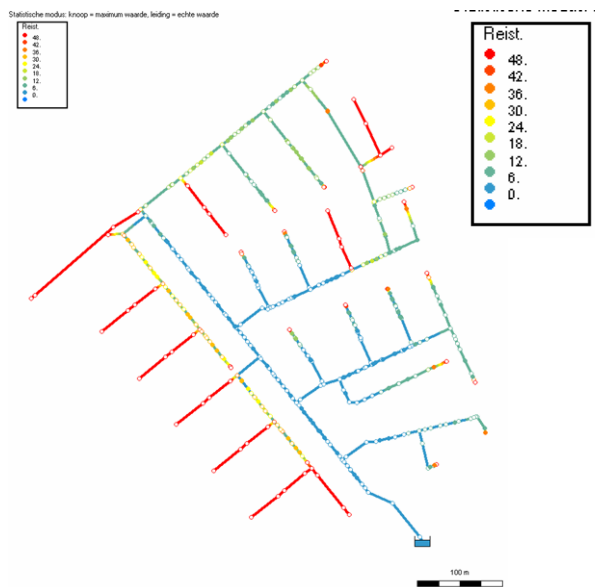
Tabel 2-3 CBS gegevens van wijk A en wijk B (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).

CBS-gegevens 2003-2006		De Watertuinen (wijk A)	't Ven (wijk B)
Huis- houdens	Aantal huishoudens	210 <sup>3</sup>	940 <sup>4</sup>
	Eenpersoonshuishoudens	12 %	22 %
	Huishoudens zonder kinderen	36 %	42 %
	Huishoudens met kinderen	53 %	36 %
	Gem. huishoudensgrootte	2,8	2,4
Leeftijds- verdeling	0 tot 15 jaar	26 %	16 %
	15 tot 25 jaar	8 %	9 %
	25 tot 45 jaar	56 %	24 %
	45 tot 65 jaar	11 %	32 %
	65 jaar en ouder	0 %	19 %

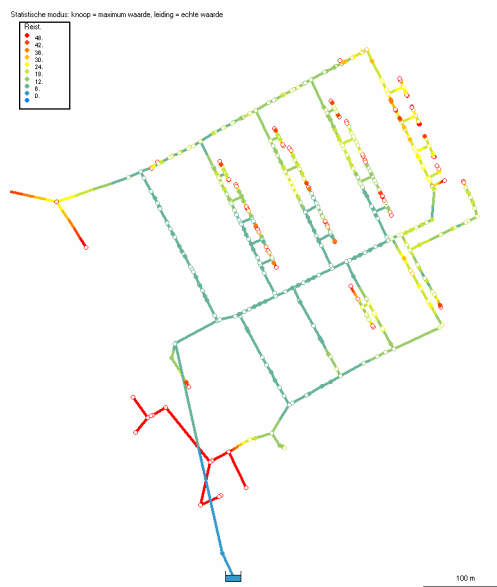
<sup>2</sup> Ten tijde van het construeren van het model waren de resultaten van het onderzoek *Waterverbruik Thuis 2007* nog niet beschikbaar.

<sup>3</sup> De CBS-gegevens zijn gebaseerd op 210 huishoudens, de berekeningen (en metingen) zijn uitgevoerd op een set van ca. 330 woningen.

<sup>4</sup> De CBS-gegevens zijn gebaseerd op 940 huishoudens, de berekeningen (en metingen) zijn uitgevoerd op een set van ca. 330 woningen.

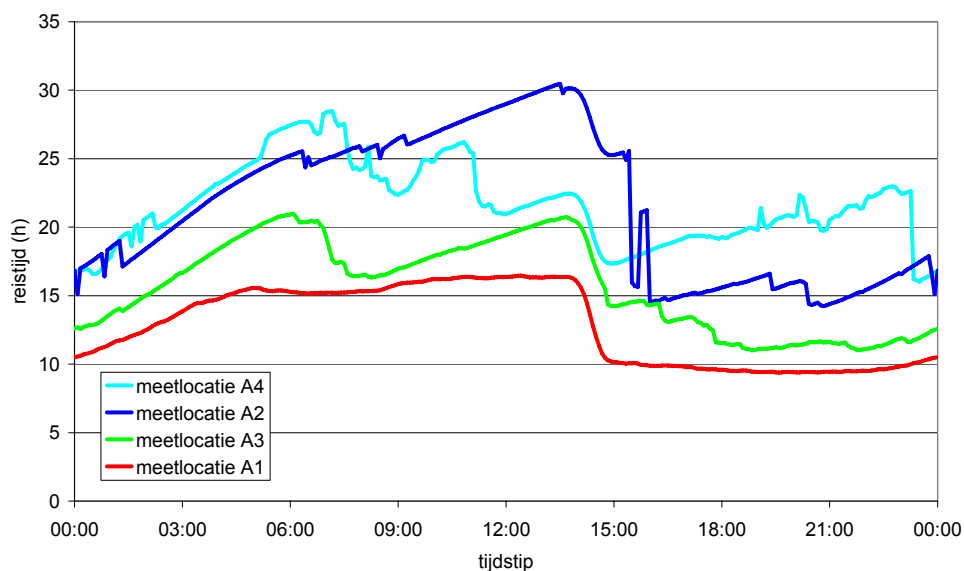


Figuur 2-8 Met ALEID+SIMDEUM berekende reistijden in wijk A (vertakt) om 7:10 's morgens.

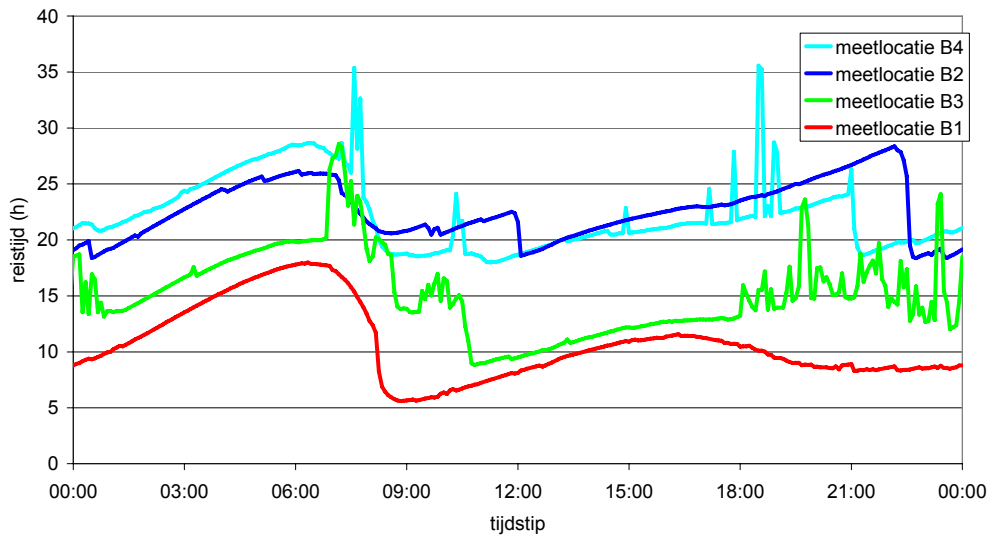


Figuur 2-9 Met ALEID+SIMDEUM berekende reistijden in wijk B (vermaasd) om 7:10 's morgens.

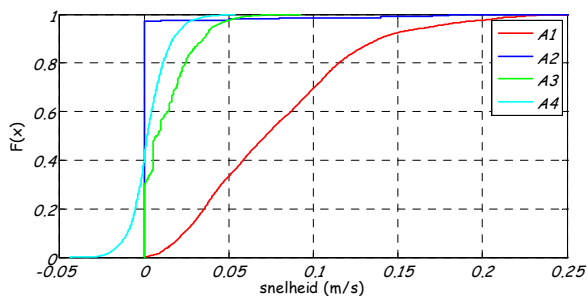
Met het ALEID-model en de stochastische afnamepatronen (op een tijdsbasis van 5 minuten) is vervolgens de verblijftijd bepaald in wijk A en wijk B (Figuur 2-8 en Figuur 2-9). De reistijd vanaf pompstation Nuland tot aan de meetlocaties is de som van de reistijd zoals deze in de voorgaande paragraaf is bepaald en de reistijd die per wijk is bepaald, zie Figuur 2-10 en Figuur 2-11. In Figuur 2-10 en Figuur 2-11 is te zien dat de verblijftijd over de dag varieert en door deze figuren te vergelijken met Figuur 2-7 kan worden opgemaakt dat de verblijftijd in de wijken substantieel bijdraagt aan de totale verblijftijd.



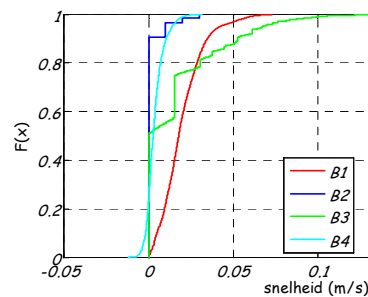
Figuur 2-10 Berekende reistijd vanaf pompstation Nuland tot de meetlocaties in wijk A (het vertakte net) op tijdstip van arriveren. De reistijd tot locatie A1 geeft de verblijftijd in het transportnet weer.



Figuur 2-11 Berekende reistijd vanaf pompstation Nuland tot de meetlocaties in wijk B (het vermaasde net) op tijdstip van arriveren. De reistijd tot locatie B1 geeft de verblijftijd in het transportnet weer.



Figuur 2-12 Berekend snelheidsprofiel op meetlocaties in wijk A (vertakt).



Figuur 2-13 Berekend snelheidsprofiel op meetlocaties in wijk B (vermaasd).

Naast de verblijftijden zijn ook de snelheidsprofielen op de meetlocaties bepaald, zie Figuur 2-12 en Figuur 2-13. Op de x-as staat hier de snelheid, op de y-as de frequentie waarmee de snelheid wordt onderschreden. Uit Figuur 2-12 blijkt bijvoorbeeld dat op locatie A1 gedurende 70% van de tijd de snelheid kleiner dan 0,1 m/s is, en dus 30% van de tijd hoger dan 0,1 m/s is. N.B. voor de snelheidsprofielen zijn stochastische patronen met een tijdbasis van 10 seconden gebruikt. Dit in tegenstelling tot de gebruikte tijdbasis van 5 minuten voor de berekening van de verblijftijden. Het snelheidsprofiel kan op verschillende manieren in parameters worden gevat. In dit onderzoek wordt alleen gebruik gemaakt van de maximumsnelheid en niet van bijvoorbeeld de verhouding tussen maximale en mediane snelheid. In Tabel 2-4 zijn de berekende gemiddelde verblijftijden en maximumsnelheden samengevat.

Tabel 2-4 Berekende gemiddelde verblijftijd vanaf pompstation en maximumsnelheid op de meetlocaties (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).

Locatie	Verblijftijd vanaf pompstation (h)	$v_{max}$ (m/s)
PS	0	0,033
A1	12,9	0,258
A2	17,2	0,124
A3	15,8	0,092
A4	23,4	0,054
B1	10,8	0,073
B2	22,9	0,023
B3	15,3	0,164
B4	22,3	0,032

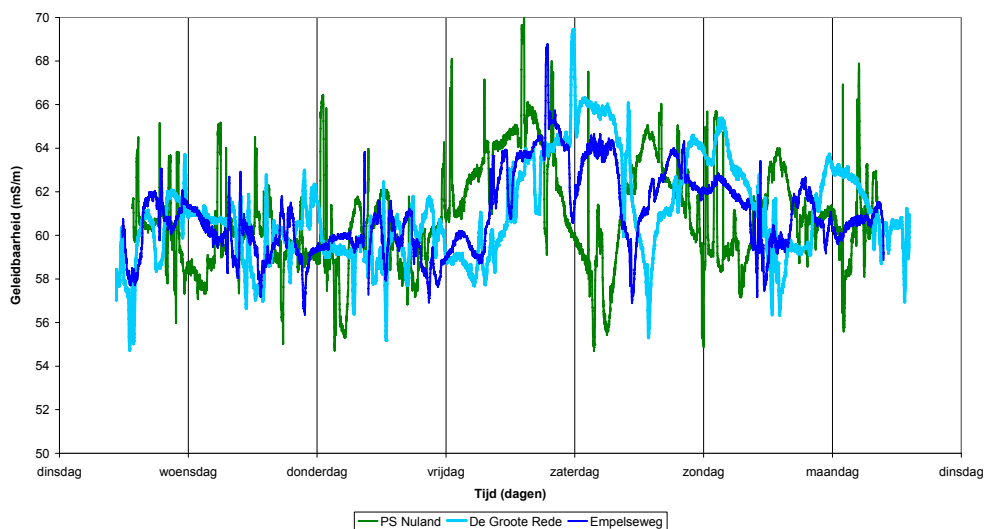


### 3 Meetresultaten

De meetresultaten worden hier op zichzelf weergegeven. In de discussie (hoofdstuk 4) worden de resultaten geduid en worden verklarende variabelen zoals verblijftijd en maximum optredende snelheden onderzocht.

#### 3.1 Monitorsystemen – EGV

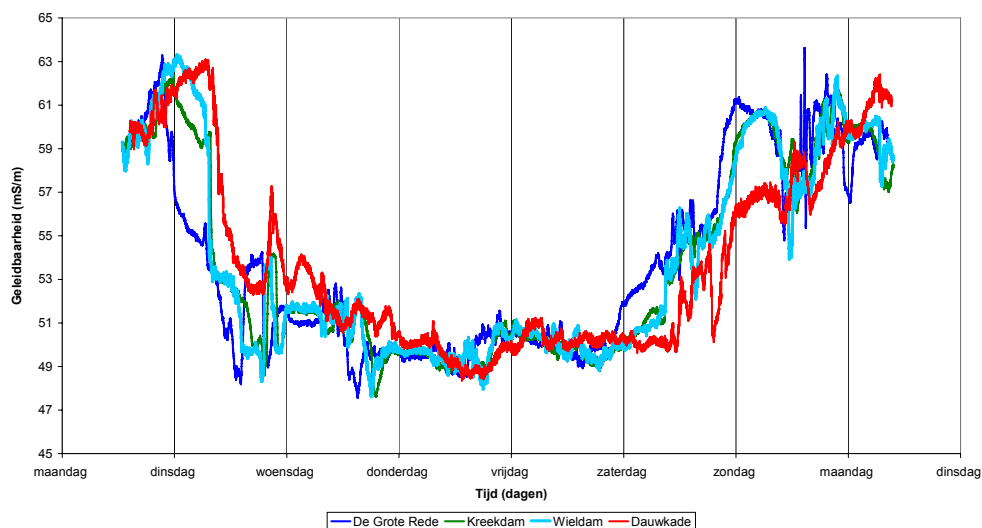
De grafieken van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) van de transportleiding, wijk A en wijk B zijn opgenomen in Figuur 3-1, Figuur 3-2 en Figuur 3-3. Het EGV van Figuur 3-2 varieert sterk doordat het EGV op het pompstation is gemanipuleerd<sup>5</sup>. De reden hiervoor was dat er dan mogelijk gemakkelijker een verblijftijd vastgesteld kan worden. Er zijn echter al voldoende pieken in het normale EGV om de verblijftijd mee te bepalen.



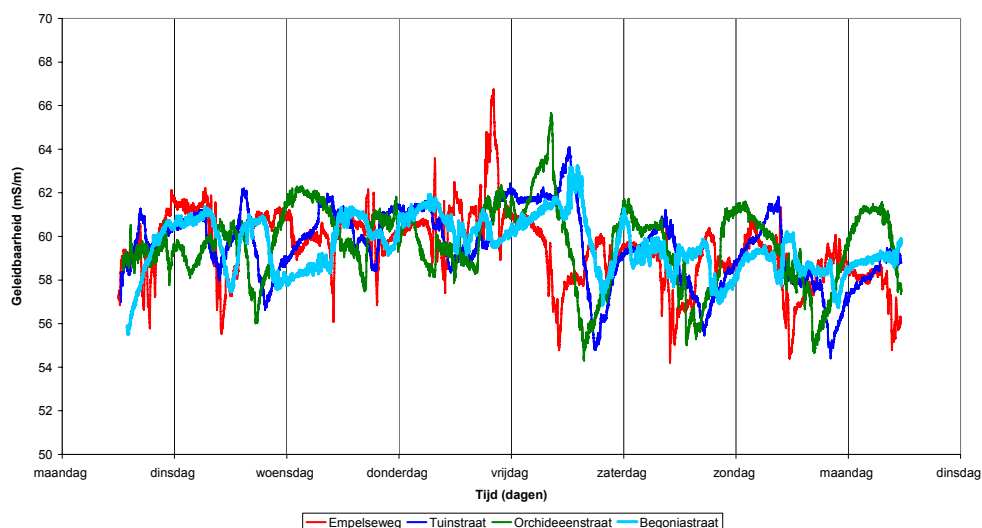
Figuur 3-1 EGV(in mS/m) op PS (Nuland), A1 (De Grootte Rede) en B1 (Empelseweg); dinsdag 26/06 t/m maandag 02/07 (het transportnet).

<sup>5</sup> Op 2 juli zijn om ca. 14.00 op WPB Nuland de pompputten 003, 005 en 006 uit bedrijf genomen en zijn in plaats daarvan pompputten met een laag chloridegehalte in bedrijf genomen (pompputten 012, 013 en 015). Naar verwachting leidde dit tot een verlaging van het EGV van het uitgaande reine water met minimaal 8 mS/m. Op 6 juli om ca. 9.00 zijn de pompputten met het hoge chloridegehalte weer in bedrijf genomen.





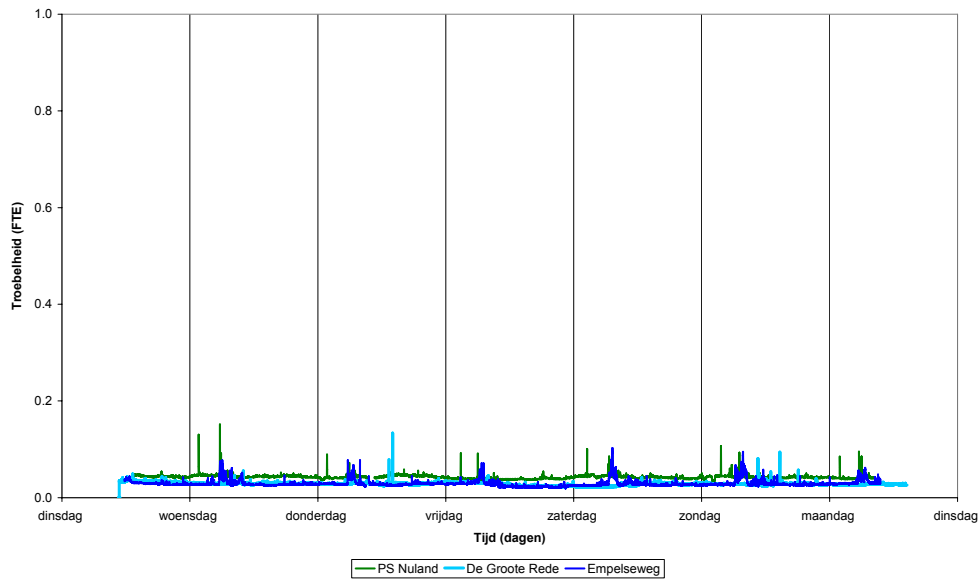
Figuur 3-2 EGV (in mS/m) op A1 – A4; maandag 02/07 t/m maandag 09/07 (het vertakte net).



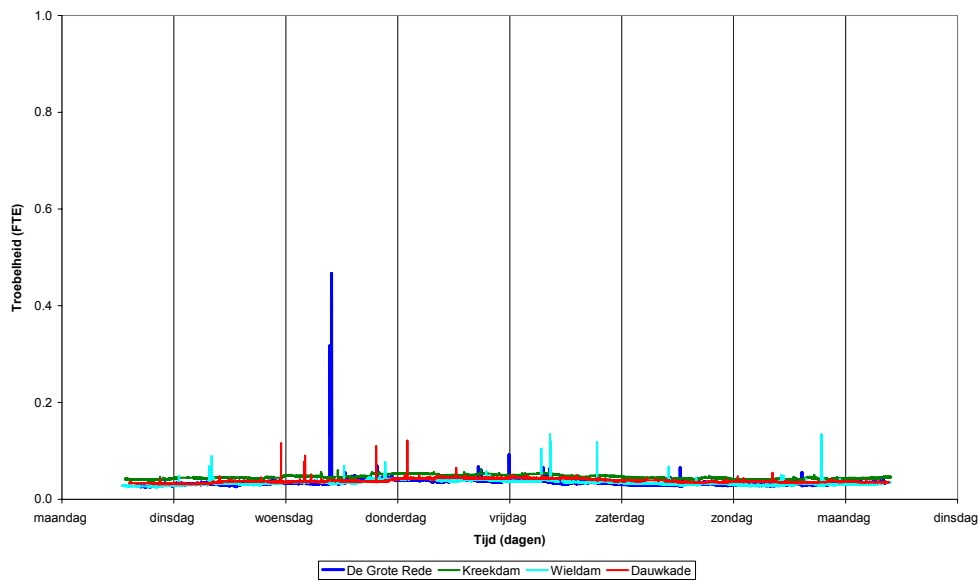
Figuur 3-3 EGV (in mS/m) op B1 – B4; maandag 09/07 t/m maandag 16/07 (het vermaasde net).

### 3.2 Monitorsystemen – Troebelheid

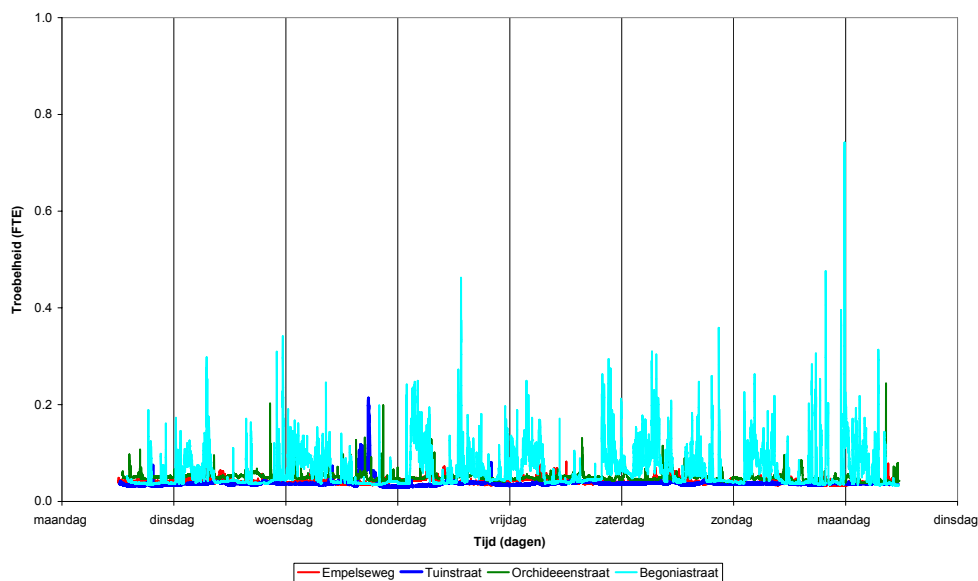
De grafieken van de troebelheid van de transportleiding, wijk A en wijk B zijn opgenomen in Figuur 3-4, Figuur 3-5 en Figuur 3-6.



Figuur 3-4 Troebelheid op PS, A1 en B1; dinsdag 26/06 t/m maandag 02/07 (het transportnet).



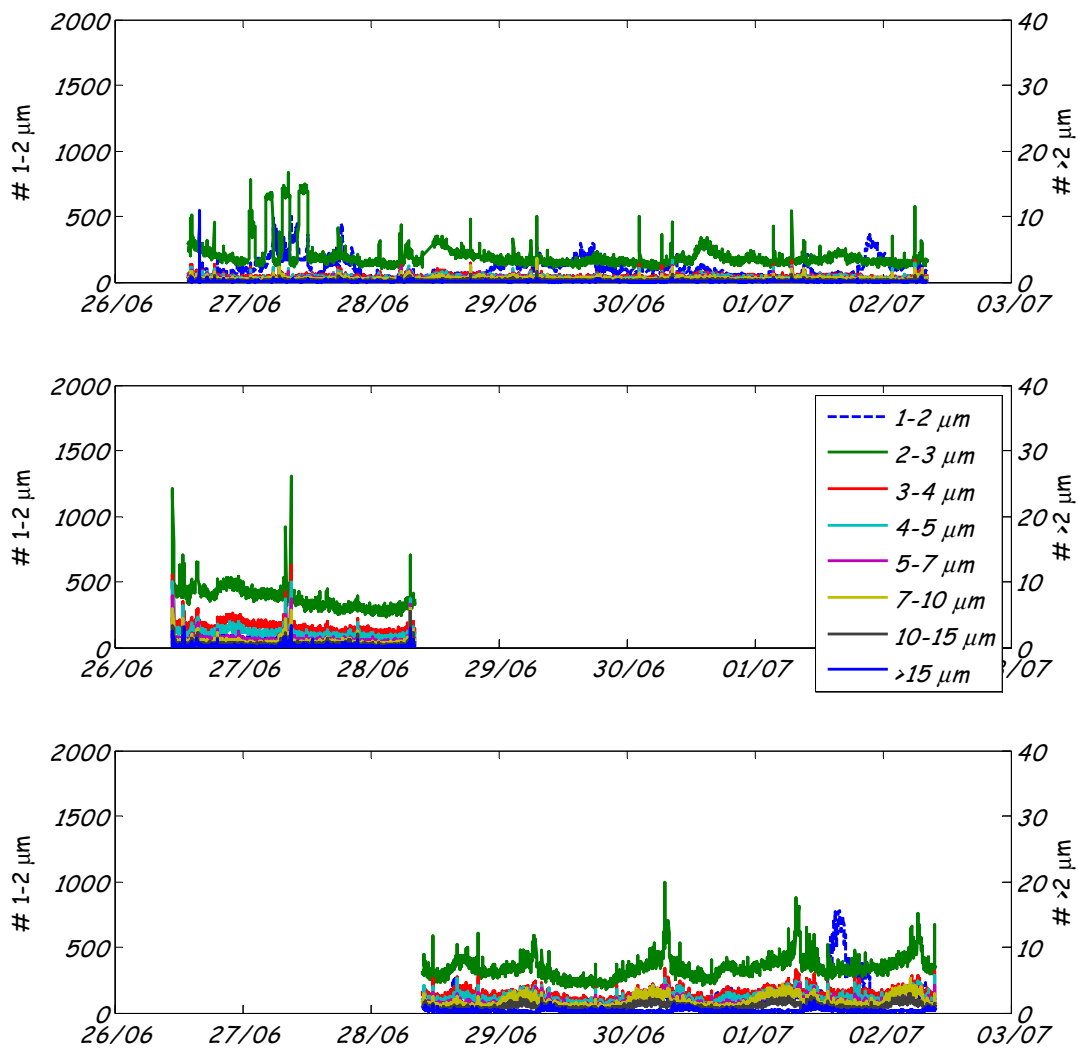
Figuur 3-5 Troebelheid op A1 - A4; maandag 02/07 t/m maandag 09/07 (het vertakte net).



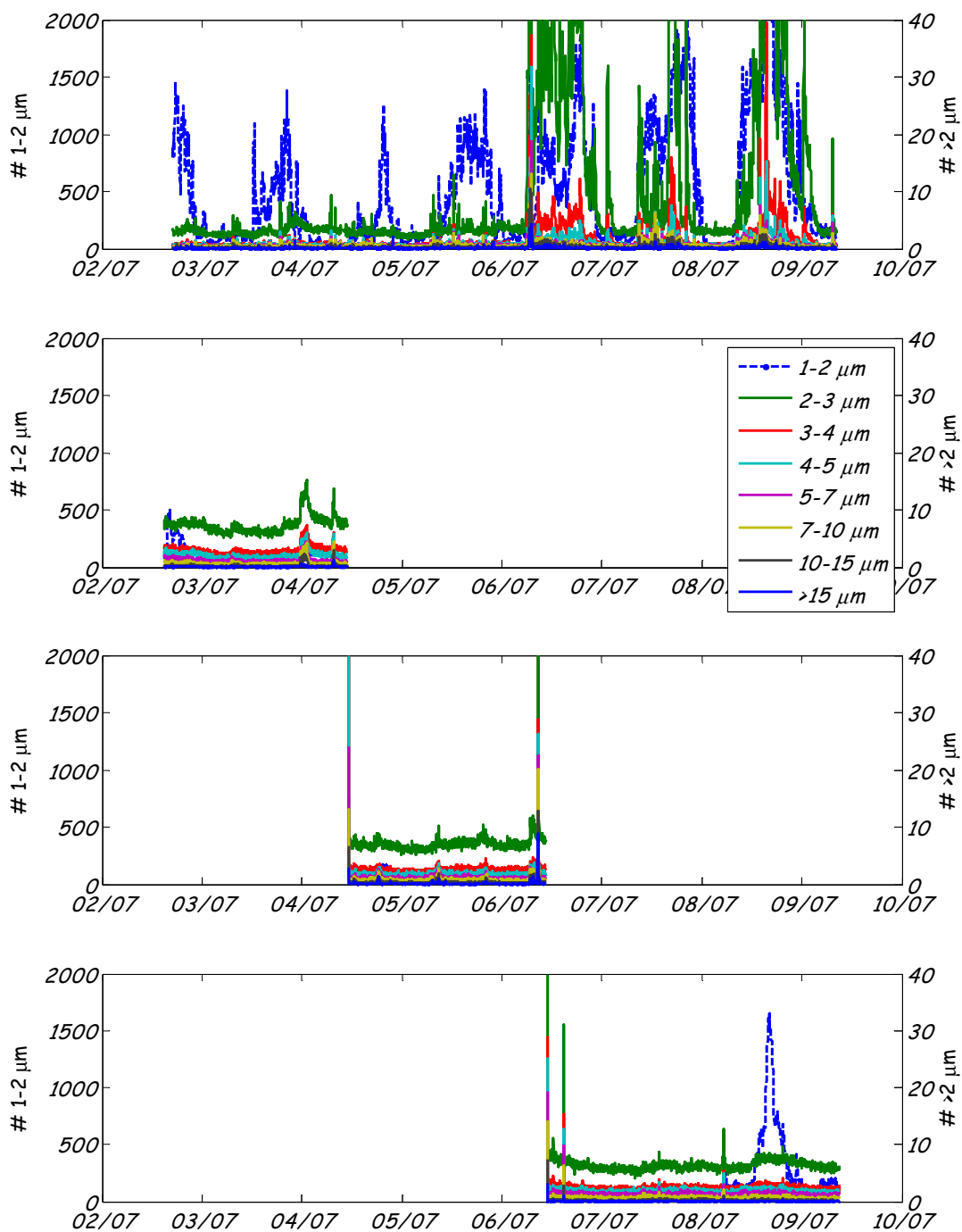
Figuur 3-6 Troebelheid op B1 – B4; maandag 09/07 t/m maandag 16/07 (het vermaasde net).

### 3.3 Deeltjestellingen

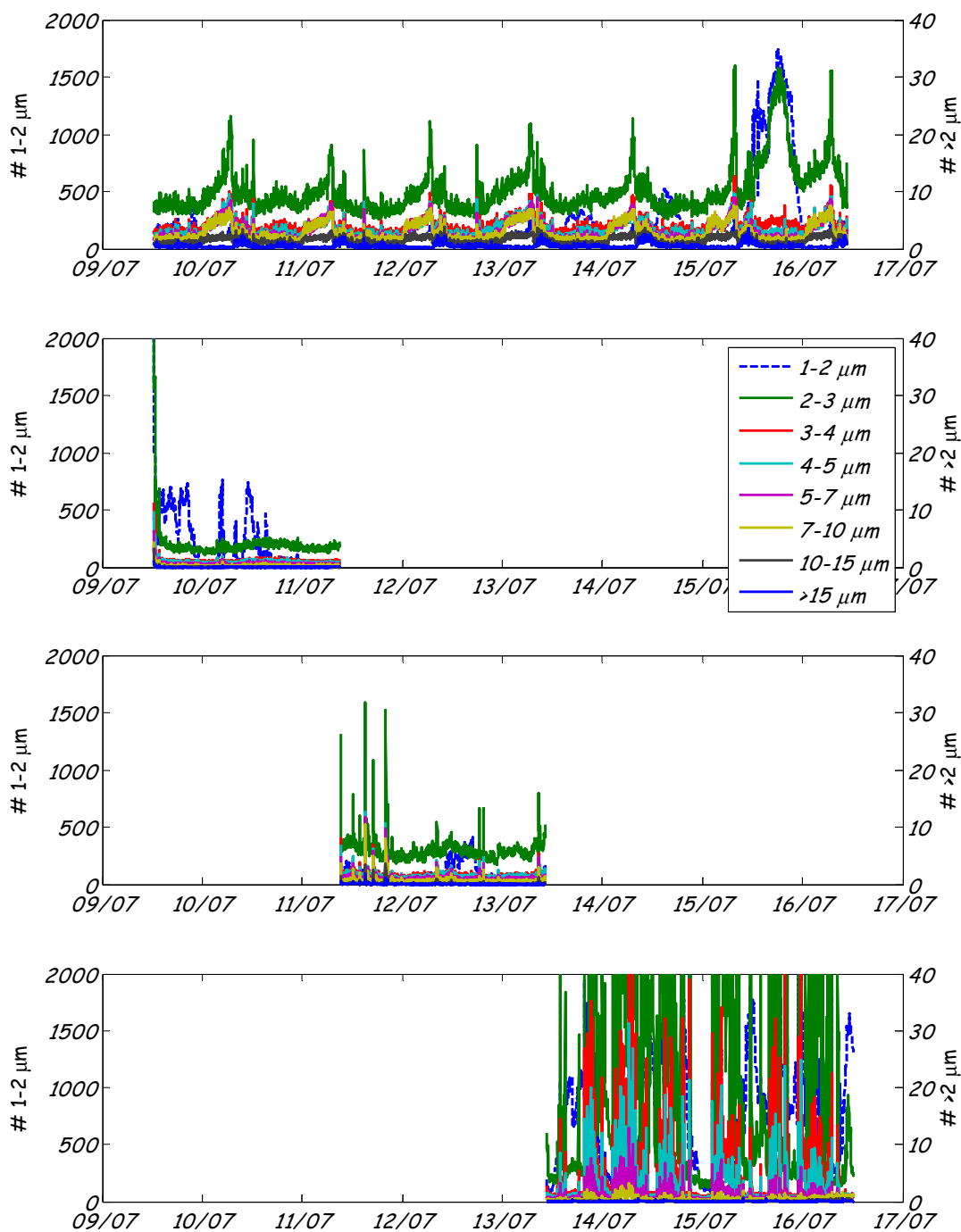
De deeltjes zijn geteld in acht categorieën: 1-2  $\mu\text{m}$ , 2-3  $\mu\text{m}$ , 3-4  $\mu\text{m}$ , 4-5  $\mu\text{m}$ , 5-7  $\mu\text{m}$ , 7-10  $\mu\text{m}$ , 10-15  $\mu\text{m}$  en groter dan 15  $\mu\text{m}$ . In Figuur 3-7, Figuur 3-8 en Figuur 3-9 is per deeltjescategorie het aantal deeltjes uitgezet. Daarbij is telkens het aantal deeltjes tussen 1 en 2  $\mu\text{m}$  overheersend. Deze categorie is daarom op de linkerass uitgezet; de overige categorieën zijn op de rechterass uitgezet. N.B. Om de verschillende locaties met elkaar te kunnen vergelijken is er voor gekozen om alle linkerassen te laten lopen tot 2000 per liter en alle rechterassen te laten lopen tot 40 per liter. Hierdoor zijn niet alle lijnen even duidelijk. Op de eerste meetlocatie heeft een deeltjesteller gedurende de gehele meetperiode gestaan terwijl de andere deeltjesteller telkens verplaatst is en dus maar een deel van de meetperiode op iedere locatie heeft gelogd.



Figuur 3-7 Deeltjestellingen op PS, A1 en B1 (het transportnet); 26/06 t/m 02/07.



Figuur 3-8 Deeltjestellingen op A1-A4 (het vertakte net); 02/07 t/m 09/07.



Figuur 3-9 Deeltjestellingen op B1-B4 (het vermaasde net); 09/07 t/m 16/07.

### 3.4 Analyseresultaten van de monsternamen

In Tabel 3-1 staan de analyseresultaten van de chemische parameters en in Tabel 3-2 de analyseresultaten van de biologische parameters. Er is één monster dat een te hoog ijzergehalte heeft (B4, 16/7), alle monsters voldoen aan de wettelijke normen voor de chemische parameters van Tabel 3-1. Er is één monster dat een te hoog *Aeromonas*-aantal heeft (B4, 9/7), de KG22-aantallen in het distributienet zijn ook allemaal erg hoog (wettelijke norm: het geometrisch gemiddelde is maximaal 100 kve/ml). Voor ATP is geen wettelijke norm vastgesteld.

Tabel 3-1 Analyseresultaten van de chemische parameters in de monsters (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

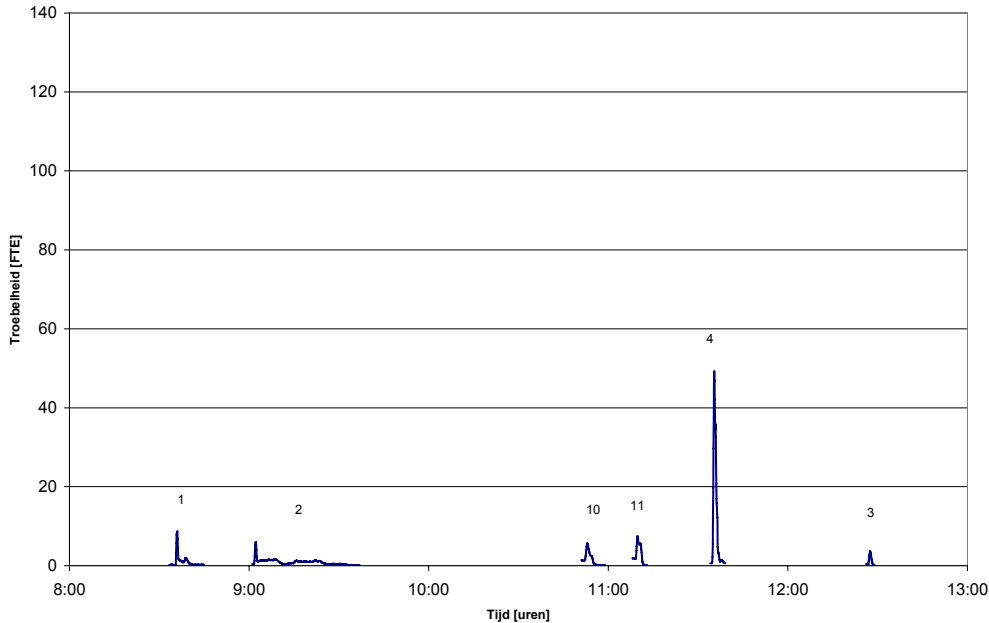
Monster-locatie	Datum monster-name	Gesus. stoffen	Gloei-rest	IJzer	Mangaan	Alumi-nium	Troebel-heid
		mg/l	%	µg/l	µg/l	µg/l	FTE
norm		n.v.t.	n.v.t.	200	50	100	4
PS	26/6/07	<2	82	<50	<10	<50	0,13
A1	26/6/07	3,6	82	<50	<10	<50	0,13
B1	26/6/07	2,4	79	<50	<10	<50	0,12
PS	02/7/07	<2	83	170	<10	<50	0,08
A1	02/7/07	<2	80	<50	<10	<50	0,09
A2	02/7/07	<2	80	<50	<10	<50	0,09
A3	02/7/07	<2	62	<50	<10	<50	0,09
A4	02/7/07	<2	82	<50	<10	<50	0,09
B1	02/7/07	<2	77	<50	<10	<50	0,11
B1	09/7/07	<2	74	<50	<10	<50	0,09
B2	09/7/07	<2	86	<50	<10	50	0,11
B3	09/7/07	<2	87	<50	<10	50	0,14
B4	09/7/07	<2	70	<50	<10	70	0,15
B1	16/7/07	<2	76	<50	<10	<50	0,10
B2	16/7/07	<2	76	60	<10	<50	0,09
B3	16/7/07	<2	73	<50	<10	<50	0,11
B4	16/7/07	<2	75	230	<10	150	0,23

Tabel 3-2 Analyseresultaten van de biologische parameters in de monsters (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

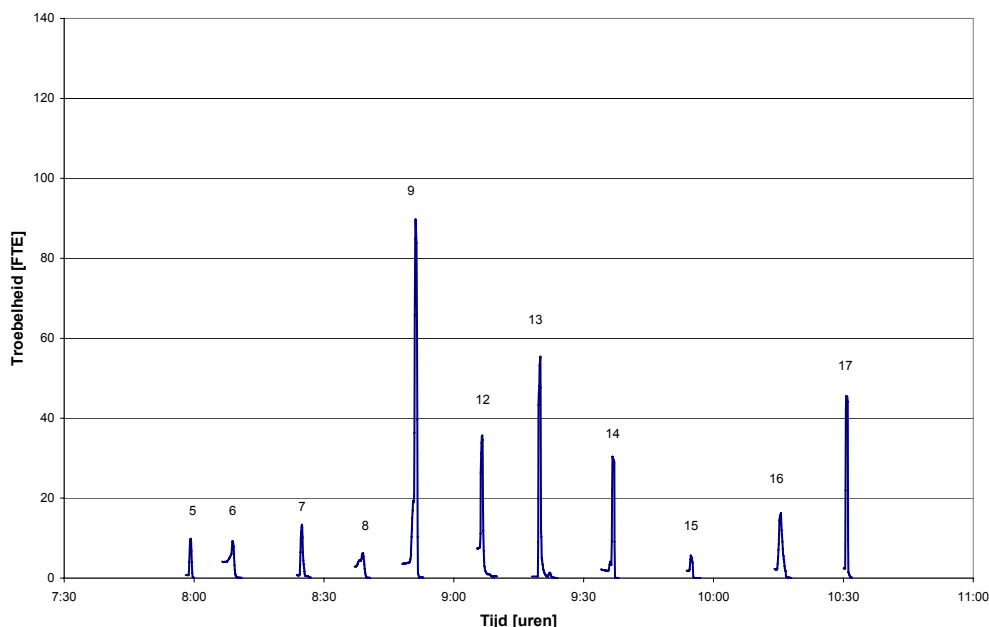
Monster-locatie	Datum monster-name	ATP	Aeromonas	KG22
		ng/l	kve/100 ml	kve/ml
norm		n.v.t.	1000	geom. gemiddelde: 100
PS	26/6/07	13	20	12
A1	26/6/07	7,6	~100	260
B1	26/6/07	7,0	28	46
PS	02/7/07	69	10	8
A1	02/7/07	110	40	~1100
A2	02/7/07	21	85	110
A3	02/7/07	110	30	~1800
A4	02/7/07	16	91	160
B1	02/7/07	230	0	~2500
B1	09/7/07	29	33	760
B2	09/7/07	330	~320	>3000
B3	09/7/07	26	~150	~2300
B4	09/7/07	150	>1000	~720
B1	16/7/07	1,5	>300	1800
B2	16/7/07	9,2	75	~370
B3	16/7/07	8,6	~210	~480
B4	16/7/07	10	0	~350

### 3.5 Analyseresultaten van de spui monsters

De monsternamen vonden plaats tijdens spuiacties op 17 - 19 september. Deze spuiacties staan in Figuur 3-10 t/m Figuur 3-12. De nummers in de figuren verwijzen naar spuiacties (zie ook Tabel 2-2 op pagina 10). Van elke wijk zijn negen monsters geanalyseerd (geselecteerd op basis van troebelheid); de overige acht monsters zijn door Kiwa Water Research alleen op troebelheid en gesuspendeerde stoffen geanalyseerd. De analyseresultaten staan in Tabel 3-3.

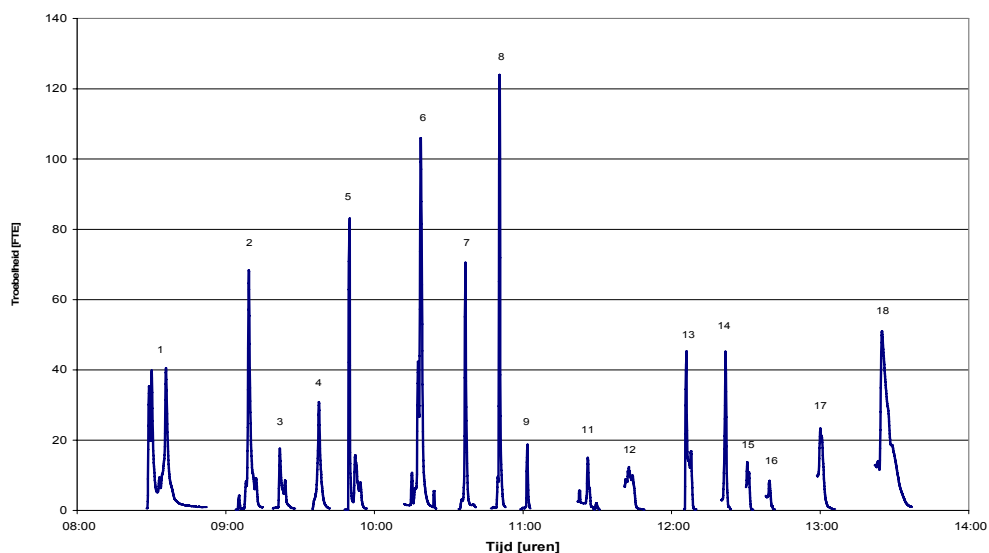


Figuur 3-10 Spuiacties wijk A (vertakte net) 18-09-2007.



Figuur 3-11 Spuiacties wijk A (vertakte net) 19-09-2007.





Figuur 3-12 Spuiacties wijk B (vermaasde net) 17-09-2007.

Tabel 3-3 Analyseresultaten spuimonsters (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde). N.B. voor spuimonsters is geen norm.

Monster	Troebelheid	G.S.	Gloeirest	IJzer	Mangaan	Aluminium	Aeromonas	KG22
	FTU	mg/l	%	mg/l	mg/l	µg/l	kve/100 ml	kve/ml
Wijk A								
2 De Eendrachtswerf	0,89	< 2	78	0,16	0,07	120	>1000	120
10 De Wieldam	2,1	3,6	73	0,38	0,19	150	>1000	170
3 De Dauwkade	4,8	13	84	0,69	0,17	380	>1000	~320
8 De Poseidonwerf	4,9	7,6	83	1,0	0,23	250	>1000	~720
7 De Vrijheidswerf	10	18	88	1,4	0,33	520	>1000	~830
16 De Blauwoever begin	6,3	4,8	78	1,1	0,37	170	>1000	~700
6 De Bronkade	6,2	10	81	1,0	0,47	200	>1000	~670
4 De Regenboogkade	24	98	86	3,5	0,31	2200	>1000	>3200
12 De Rietdam links	66	110	83	4,2	0,47	2600	>1000	~1800
Wijk B								
5 Petuniastr.	11	5,6	79	2,4	0,10	150	>1000	250
16 Begoniastr.	5,0	2,8	71	0,97	0,09	130	~220	190
7 Goudsbloemstr. 63 mm	6,3	5,6	71	2,4	0,14	140	~300	120
12 Tivoliweg	5,8	5,2	71	1,5	0,10	170	>1000	140
13 Empelseweg	14	13	71	3,1	0,25	260	>1000	~400
6 Boterbloemstr.	15	13	74	7,2	0,06	150	100	37
2 Primulastr.	20	13	73	4,8	0,16	150	>1000	210
8 Gladiolenst.	75	40	75	30	0,20	210	~800	180
7 Goudsbloemstr.	57	42	68	27	0,96	560	>1000	230

## 4 Discussie

### 4.1 Waterkwaliteit: sedimentsamenstelling

De deeltjestellingen (§3.3) geven informatie over de grootte van de deeltjes. In Tabel 4-1 is de verhouding tussen het aantal uitgaande deeltjes en ingaande deeltjes per meetperiode uitgezet. Tijdens het begin van de 2<sup>e</sup> meetweek bijvoorbeeld (2 – 4 juli) is per deeltjescategorie het aantal deeltjes op locatie A2 gedeeld door het aantal deeltjes op locatie A1. Vanwege de verschillen tussen de deeltjestellers in met name het gebied voor kleine deeltjes (1-2 µm)<sup>6</sup> is het lastig om hierover conclusies te trekken. De conclusies voor de deeltjes groter dan 2 µm zijn de volgende:

- Voor de transportleidingen valt op dat ten opzichte van het pompstation er deeltjes bijkomen. Dit is sterker voor de AC-leiding (B1/PS) dan voor de PVC-leiding (A1/PS).
- Voor wijk A (het vertakte net) valt op dat er zowel deeltjescategorieën zijn waarin het aantal deeltjes afneemt als waarin het aantal deeltjes toeneemt. Grotere deeltjes bezinken terwijl kleinere deeltjes worden opgewerveld.
- Voor wijk B (het vermaasde net) valt wel op dat voor alle deeltjescategorieën geldt dat er meer deeltjes ingaan dan er uitgaan en er dus bezinking optreedt. Dit geldt des te sterker voor de grote deeltjes (> 10 µm).

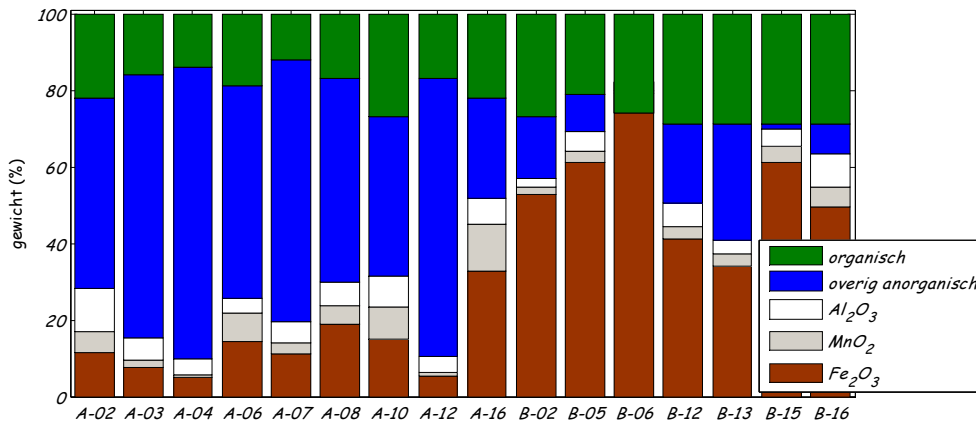
Tabel 4-1 Verhouding tussen uitgaande en ingaande aantallen deeltjes per liter voor elke deeltjescategorie (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

	1-2 µm	2-3 µm	3-4 µm	4-5 µm	5-7 µm	7-10 µm	10-15 µm	> 15 µm
A1/PS	0,7923	1,5438	3,6284	3,1125	2,1919	1,6684	2,4303	2,2663
B1/PS	1,2386	2,0644	3,6143	3,5118	3,4388	3,4	4,393	4,2784
A2/A1	0,3736	2,3657	3,8641	3,2761	2,4176	1,6211	1,4912	0,9061
A3/A1	0,2786	0,8232	1,6873	1,8487	1,7126	1,2899	0,9727	0,7604
A4/A1	0,2601	0,4108	1,0567	1,5549	1,8532	1,1726	0,6361	0,2389
B2/B1	1,6294	0,4351	0,2841	0,2801	0,2039	0,1155	0,0499	0,0569
B3/B1	0,8877	0,6685	0,4329	0,4524	0,3844	0,2497	0,1046	0,1096
B4/B1	2,381	2,4884	1,348	0,9979	0,49	0,21	0,0753	0,072

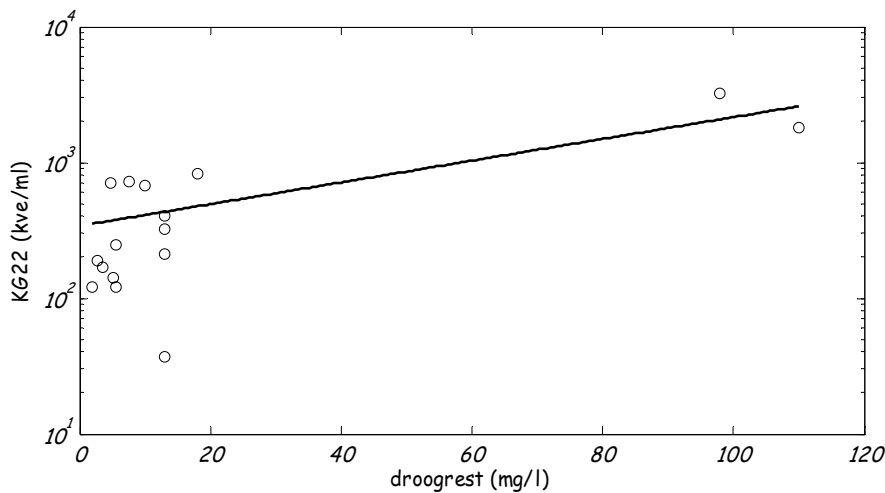
De samenstelling van het sediment worden vastgesteld aan de hand van de spui monsters (§3.5). Monster 7 en 8 van wijk B (het vermaasde net) zijn niet meegenomen in de analyse, omdat het berekende restant anorganisch kleiner dan nul bleek. Uit Figuur 4-1 blijkt dat het aandeel organisch materiaal in wijk A (het vertakte net) met ca. 20% lager is dan in wijk B (het vermaasde net, 30%). In wijk B is het aandeel ijzeroxide veel hoger dan in wijk A, het onderdeel overig anorganisch (onbekend) is in wijk A relatief hoog. De absolute hoeveelheid sediment wordt besproken in de volgende paragraaf. De spui monsters zijn daarvoor niet gebruikt, de continue troebelheids-metingen geven meer informatie. Van de spui monster zijn ook de aantallen *Aeromonas* en KG22 bepaald. De aantallen *Aeromonas* waren niet onderscheidend; in vrijwel alle spui monsters zijn er meer dan 1000 *Aeromonas* geteld. Er is een relatie tussen totale

<sup>6</sup> Als gevolg van de thresholdwaarde van de 1 µm meting die dicht bij de ruis ligt (van Beek e.a., 2006, pg. 29).

hoeveelheid sediment en KG22 (Figuur 4-2). Verdere analyse van de *Aeromonas* en KG22 in de spui monsters is niet gedaan.



Figuur 4-1 Relatieve samenstelling spui monsters (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

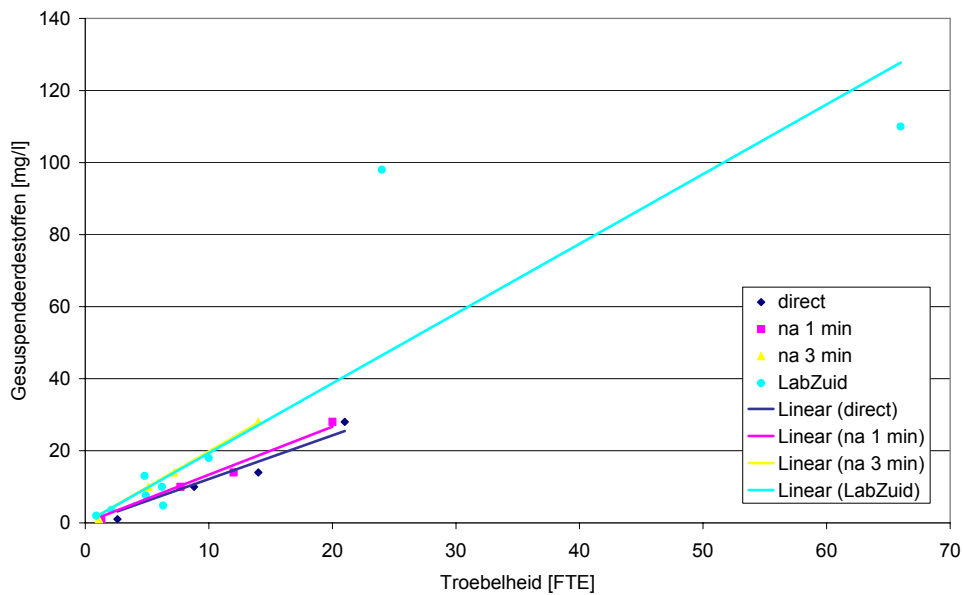


Figuur 4-2 Relatie tussen massa van het sediment en KG22 van de spui monsters. De gevonden lineaire relatie tussen droogrest en logaritme van KG22 is significant ( $p$ -waarde  $< 0.05$ ) en heeft een  $R^2$  van 69%.

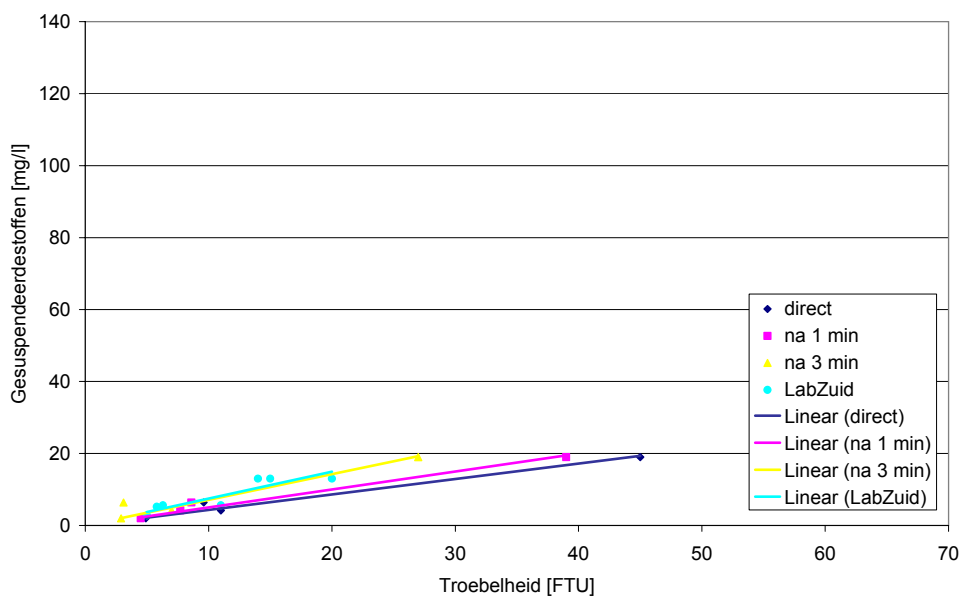
Voor de spui monsters is tevens de massa van de gesuspenderde stoffen en de troebelheid vastgesteld.

- De troebelheid van tweemaal 8 monsters is door Kiwa Water Research vastgesteld direct (na schudden, alle massa gesuspenderd), na 1 minuut wachten en na 3 minuten wachten.
- Door Lab Zuid is de troebelheid van tweemaal 9 monsters vastgesteld na een aantal minuten gewacht te hebben (een stabiele uitlezing), zie §3.5.

Figuur 4-3 en Figuur 4-4 laten zien dat er een behoorlijk verschil is tussen de troebelheid die direct wordt bepaald en die na 3 minuten wachten is bepaald (65% tot 78% toename in de helling).



Figuur 4-3 Massa gesuspendeerde stoffen (mg/l) tegen troebelheid van de spuismonsters in wijk A (vertakte net).



Figuur 4-4 Massa gesuspendeerde stoffen (mg/l) tegen troebelheid van de spuismonsters in de wijk B (vermaasde net). De assen zijn gelijk als in Figuur 4-3.

Verder blijkt uit de vergelijking tussen Figuur 4-3 en Figuur 4-4 dat voor een gelijke massa de troebelheid in het vertakte net veel lager is dan in het vermaasde net. Dit duidt erop dat het type sediment in de beide wijken verschilt: in het vertakte net is sediment bezonken dat bij opwerveling minder snel tot een hoge troebelheid leidt dan in het vermaasde net.

Geconcludeerd kan worden dat het sediment in de twee wijken op een aantal punten van elkaar verschilt:

- In het vermaasde net bezinken alle deeltjescategorieën (> 2 µm), terwijl in het vertakte net alleen de grotere deeltjes bezinken (volgens uit de deeltjestellingen, Tabel 4-1).

- In het vertakte net bevat het sediment minder organische stof, minder ijzer en meer rest anorganisch dan het sediment van het vermaasde net (volgend uit de spuismonsters, Figuur 4-1). N.B. In de volgende paragraaf wordt een uitspraak gedaan over de totale hoeveelheid sediment in de beide wijken.
- Bij gelijke massa is de troebelheid in het vertakte net lager dan in het vermaasde net (volgend uit de relatie tussen massa en troebelheid, Figuur 4-3 en Figuur 4-4).

Bij soortgelijke metingen in Hoofddorp (Blokker e.a. 2007) bleek dat bij gelijke massa de troebelheid in het vertakte net van de 2<sup>e</sup> generatie lager was dan in het vermaasde net én het vertakte net van de 1<sup>e</sup> generatie (deze beiden waren statistisch niet van elkaar te onderscheiden). Dit suggereert dat wellicht niet (alleen) de hydraulische omstandigheden, maar ook de leeftijd van het leidingnet van belang is. Het vertakte net van de 1<sup>e</sup> generatie in Hoofddorp en het vertakte net in Rosmalen zijn namelijk wat betreft ontwerp (configuratie en diameters) zeer vergelijkbaar, maar het vertakte net van de 2<sup>e</sup> generatie in Hoofddorp én het vertakte net in Rosmalen waren ten tijde van de metingen slechts 1-2 jaar in gebruik.

#### 4.2 Waterkwaliteit: sedimentlast

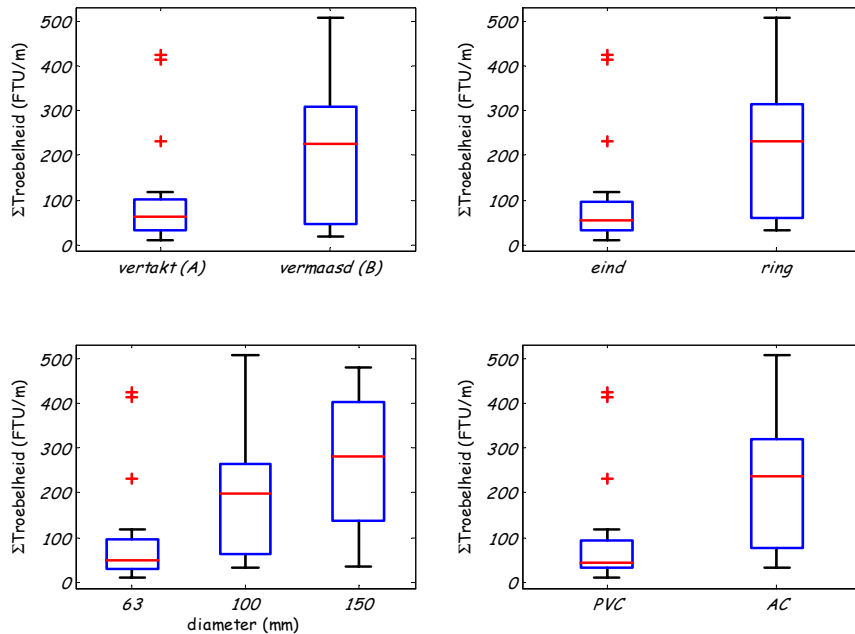
De beide wijken zijn gespuid. Om de spuisresultaten te kunnen vergelijken voor de verschillende wijken en hydraulische omstandigheden wordt de on-line gemeten troebelheid per spuiactie (Figuur 3-10, Figuur 3-11 en Figuur 3-12) uitgedrukt in de totale troebelheid per meter (dus de oppervlakte onder de grafiek):

$$\sum Tr \text{ (FTE/m)} = \frac{\sum_n (Tr \text{ (FTE/l)} \cdot \Delta t \text{ (s)}) \cdot Q \text{ (l/s)}}{L \text{ (m)}} = \frac{\sum_n (Tr) \cdot 5Q}{L}$$

Bij de metingen is gelogd per 5 seconden, dus  $t = 5$  s. N.B. de totale troebelheid per meter is niet omgerekend naar de totale massa per meter. De reden is dat de sedimentsamenstelling van beide wijken (zie §4.1) heel anders is, terwijl de troebelheid maatgevend is voor de bruinwaterklachten en niet de massa van het sediment.

In Figuur 4-5 is de totale troebelheid per meter uitgezet in zogenaamde box-whisker-plots:

In de box-whisker-plot geldt dat de rode lijn in het midden van de 'box' de mediaan is, de uiteinden van de 'box' zijn de 25- en 75-percentielen, de 'whiskers' (snorharen) geven de overige data aan, waarbij de rode '+' uitschieters zijn ten opzichte van de normaalverdeling.



Figuur 4-5 Box-whisker-plots voor de totale troebelheid per meter a) voor wijk A (vertakte net) en wijk B (vermaasde net); b) voor eind- en ringleidingen; c) voor verschillende diameters; d) voor verschillende leidingmaterialen.

Uit Figuur 4-5a) blijkt dat het vertakte net een veel lagere sedimentlast kent dan het vermaasde net. Uit Figuur 4-5d) zou geconcludeerd kunnen worden dat dit te maken heeft met het leidingmateriaal, maar dit is niet onafhankelijk van de wijk of het type leiding. In de wijk Watertuinen (het vertakte net) is alleen PVC toegepast, in de wijk 't Ven (het vermaasde net) is voornamelijk AC toegepast en voor een enkele eindleiding is PVC gebruikt. Uit Figuur 4-5b) blijkt dat de verschillen tussen eind- en ringleidingen iets groter zijn dan tussen de twee wijken (Figuur 4-5a); vertakt aanleggen zorgt dus voor een lagere sedimentlast. Volgens Figuur 4-5c) is diameter ook van belang. Dit hangt vermoedelijk samen met het feit dat de snelheden bij grotere diameters lager zijn (in met name de vermaasde wijk), zie verder §2.3.2.

Met een statistische toets (Mann-Whitney test) kan worden aangetoond dat de troebelheid van de groepen 'wijk A'/'wijk B', 'ring-'/'eindleiding', 'Ø63 mm'/'Ø100 mm'/'Ø150 mm' en 'PVC'/'AC' verschillend zijn (p-waarde < 0.05) en dat dit met de grootste waarschijnlijkheid geldt voor het onderscheid tussen ring- en eindleidingen en onderscheid naar materiaal.

### 4.3 Waterkwaliteit: fysisch-chemische parameters

De fysisch-chemische parameters troebelheid en EGV zijn met de monitorsystemen continu gemeten. Daarnaast zijn ook de deeltjestellingen continu uitgevoerd.

#### 4.3.1 Troebelheid

De troebelheid is in dit meetgebied niet bruikbaar als waterkwaliteits-parameter, omdat de absolute waarde te laag is (zie bijlage III).

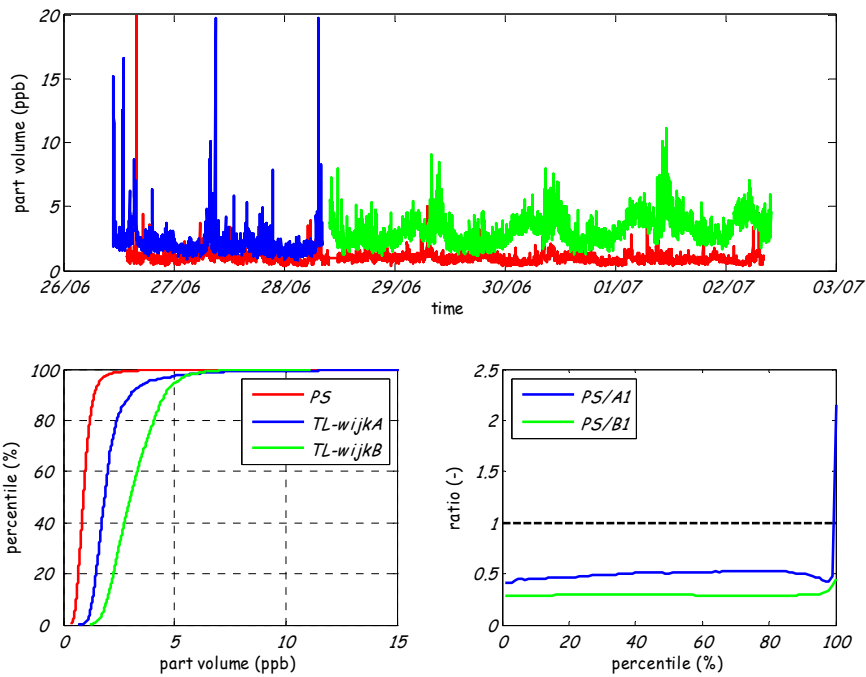
### 4.3.2 Deeltjestellingen

De deeltjes die per liter geteld zijn (§3.3), zijn omgerekend naar een totale volumeconcentratie van deeltjes uitgedrukt in ppb (parts-per-billion). Voor alle deeltjescategorieën is met behulp van de (geometrisch) gemiddelde diameter (voor deeltjes tussen 2 en 3 µm is dat 2,5 µm, voor deeltjes groter dan 15 µm is uitgegaan van 17,5 µm) het totale deeltjesvolume per liter uitgerekend. Omdat dit een getal in de orde grote van  $10^{-9}$  oplevert is besloten om dit uit te drukken als (*volume*) *parts per billion* (zie ook Vreeburg, 2007). Om niet alleen de 'wiebelige' lijntjes te hoeven beoordelen zijn de metingen over de tijd tevens uitgezet in een cumulatieve frequentieverdeling. In Figuur 4-6 linksonder betekent dat bijvoorbeeld voor locatie B1 (de groene lijn) dat ca. 50% van de tijd de deeltjesconcentratie kleiner is dan 3,0 ppb. Voor de verschillende percentielwaarden zijn de uitgaande volumeconcentraties gedeeld op de ingaande volumeconcentraties. In Figuur 4-6 rechtsonder betekent dat de ratio PS/ A1 bij een percentielwaarde van 50% wordt berekend door de waarde (ppb) in de figuur linksonder bij 50% te bepalen voor de rode lijn (PS) en voor de blauwe lijn (locatie A1) en deze twee op elkaar te delen. De verhouding is in dit voorbeeld ongeveer 1:2. Vreeburg (2007) suggereert dat wanneer de ratio-lijn (rechtsonder) 'door de 1 heengaait' dat wil zeggen dat er sprake is van zelfreiniging.

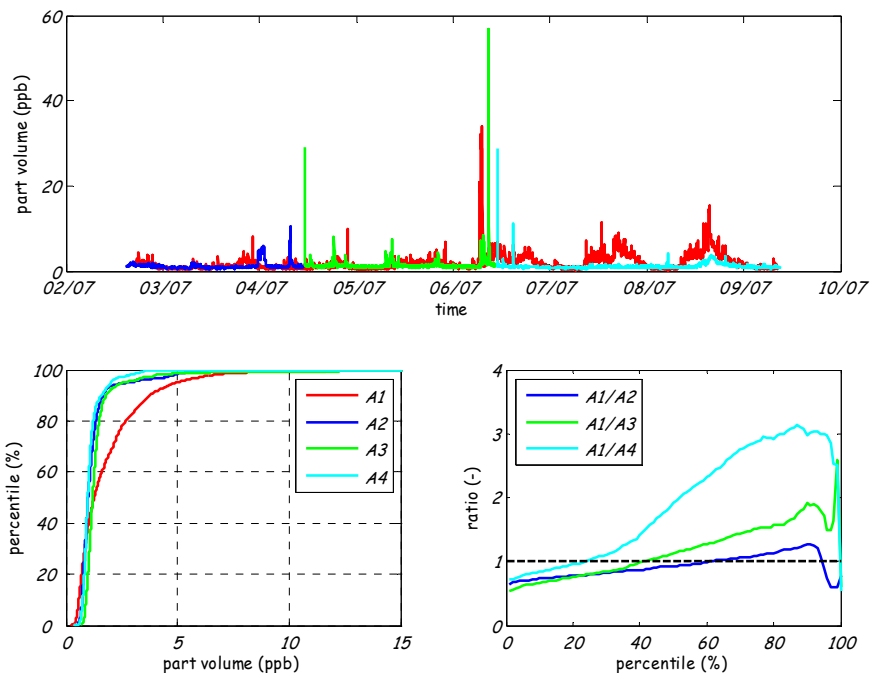
In Figuur 4-6 - Figuur 4-8 worden de deeltjestellingen van de drie meetweken op de verschillende meetlocaties beoordeeld.

- Tussen PS en het begin van wijk A en wijk B (Figuur 4-6) neemt het deeltjesvolume toe. Dat geldt zowel voor het gemiddelde niveau als voor de uitschieters. Tussen PS en wijk B (via een AC transport-leiding) is een duidelijke toename van het deeltjesvolume te zien gedurende de nacht, waarna het weer afneemt tijdens verhoogd waterverbruik in de ochtend. Dit duidt op een uitlogingsproces. Het is niet mogelijk om dit nachtelijk uitlogingsproces te onderbouwen met pH-metingen (zie bijlage II).
- In wijk A (Figuur 4-7) is het deeltjesvolume op de locaties A2, A3 en A4 vrijwel gelijk aan die op A1. Deze wijk lijkt zelfreinigend te zijn.
- In wijk B (Figuur 4-8) neemt het deeltjesvolume tussen locatie B1 en de locaties B2, B3 en B4 duidelijk af. Er lijkt sprake van bezinking, dit leidingnet vervuult dus langzaam.
- De ratio-lijn gaat voor de locaties A3 en A4 'door de 1', voor de overige locaties niet. Dit duidt erop dat wijk A zelfreinigend is.

Deze figuren geven een veel beter beeld dan de troebelheidsmetingen (Figuur III-1, pagina 59).

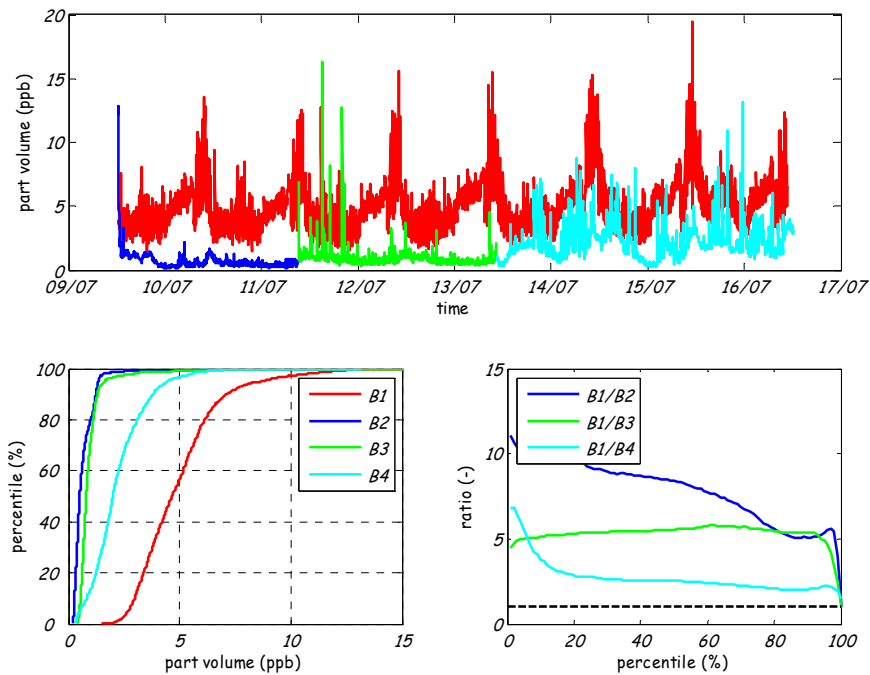


Figuur 4-6 Deeltjestellingen week 1 op pompstation en locaties A1 en B1. De bovenste figuur geeft de totale volumeconcentratie van de deeltjes in part-per-billion weer; de figuur linksonder geeft de cumulatieve verdeling van de volumeconcentratie weer; de figuur rechtsonder geeft de verhouding tussen de cumulatieve verdelingen weer.



Figuur 4-7 Deeltjestellingen week 2 op de locaties A1, A2, A3 en A4 (het vertakte net). De bovenste figuur geeft de totale volumeconcentratie van de deeltjes in part-per-billion weer; de figuur linksonder geeft de cumulatieve verdeling van de volumeconcentratie weer; de figuur rechtsonder geeft de verhouding tussen de cumulatieve verdelingen weer.



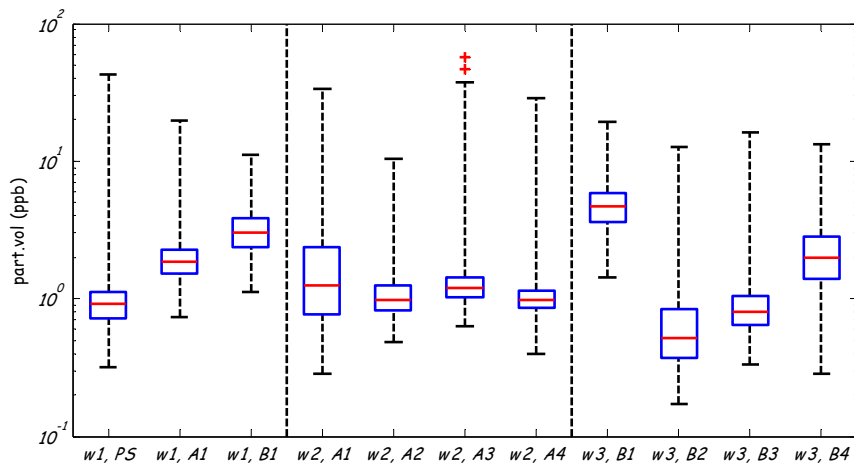


Figuur 4-8 Deeltjestellingen week 3 op de locaties B1, B2, B3 en B4 (het vermaasde net). De bovenste figuur geeft de totale volumeconcentratie van de deeltjes in part-per-billion weer; de figuur linksonder geeft de cumulatieve verdeling van de volumeconcentratie weer; de figuur rechtsonder geeft de verhouding tussen de cumulatieve verdelingen weer.

Een andere manier om de het deeltjesvolume uit te zetten is via een box-whisker-plot (Figuur 4-9). De mediaan en de 25- en 75-percentielen (via de rode horizontale lijn en de 'box') uit de grafiek linksonder in Figuur 4-6 - Figuur 4-8 zijn hierin duidelijk herkenbaar. In tegenstelling tot de grafiek van Figuur 4-5 bevatten de 'whiskers' alle waarden van minimum tot 25-percentiel en van 75-percentiel tot het maximum. De 'whiskers' kunnen zeer lang zijn door de zeer "scheve" verdeling die ook in Figuur 4-6 tot Figuur 4-8 linksonder te zien zijn (zeer steile lijn omhoog tot ongeveer 95-percentiel, daarna lange staart).

- Tussen pompstation en het begin van wijk A (het vertakte net) en wijk B (het vermaasde net) neemt het deeltjesvolume toe. Dat geldt zowel voor het 50-percentiel-niveau als voor de hogere percentielen. Tussen pompstation en wijk B is deze toename van het deeltjesvolume extra duidelijk doordat de 'box' veel groter wordt (minder goed zichtbaar op een logaritmische schaal).
- In wijk A is het deeltjesvolume op de meetlocaties A2, A3 en A4 vrijwel gelijk aan die op locatie A1, er is meer variatie in de uitschieters. Deze wijk lijkt zelfreinigend te zijn.
- In wijk B neemt het deeltjesvolume tussen de meetlocatie B1 en de locaties B2, B3 en B4 duidelijk af, hoewel hier ook uitschieters optreden. Er lijkt sprake van bezinking, dit leidingnet vervuult dus langzaam.

Deze wijze van representatie lijkt niet veel toe te voegen aan de manier van Figuur 4-6 - Figuur 4-8. Maar kan bijvoorbeeld wel nuttig zijn wanneer zeer veel metingen met elkaar vergeleken moeten worden.

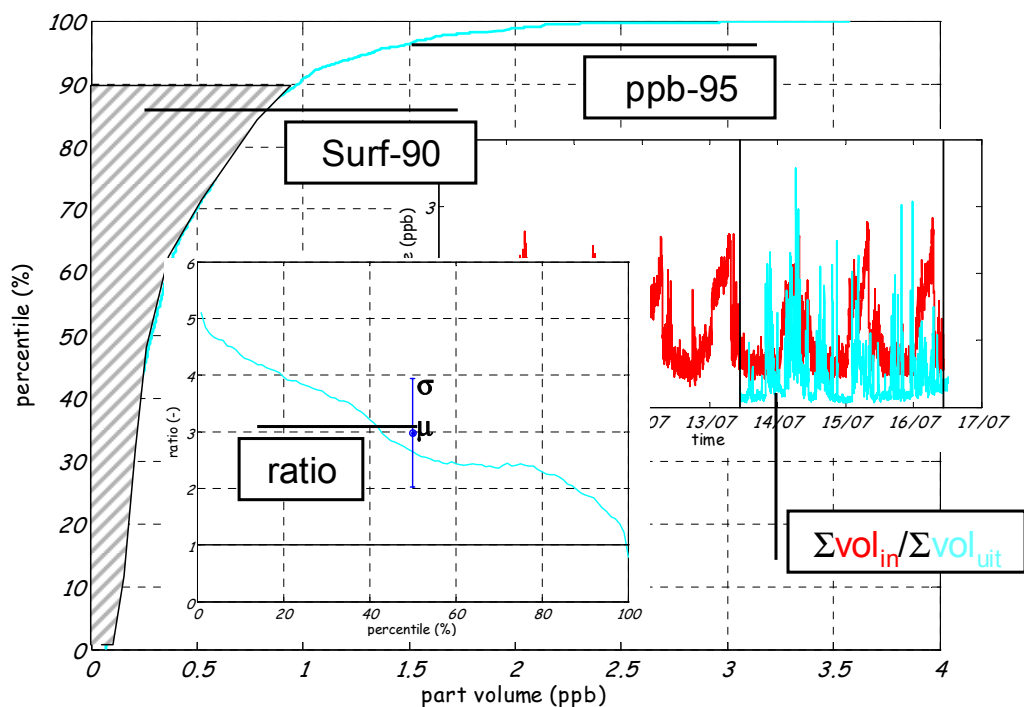


Figuur 4-9 Box-whisker-plots van de deeltjesvolumes (ppb) in de drie weken op de verschillende meetlocaties (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde), "w1, pS" = week1, pompstation. De 'whiskers' lopen van minimum- tot maximumwaarde.

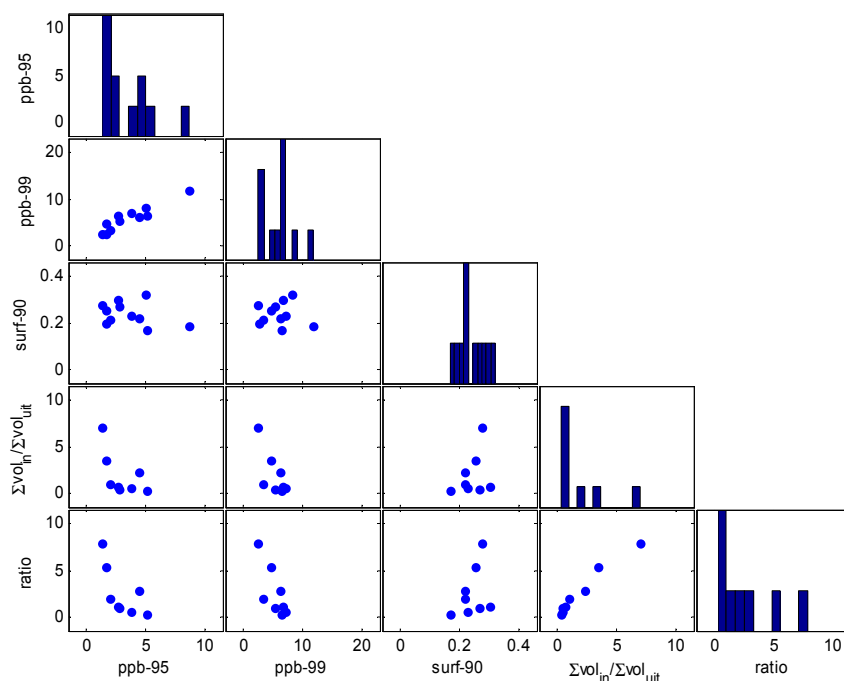
Uit Figuur 4-6 - Figuur 4-8 kunnen een aantal kentallen worden geëxtraheerd die mogelijk iets zeggen over de waterkwaliteit. Kentallen werken makkelijker dan een hele grafiek, zeker als de relatie met verblijftijd of snelheidsprofiel (§4.5) wordt bekeken. Deze kentallen zijn (Vreeburg, 2007 en Figuur 4-10):

- *ppb-95*: volumeconcentratie bij 95-percentiel. Dit is een maat voor welke volumeconcentratie in 5% van de gevallen wordt overschreden, een soort 'worst case'. Op dezelfde manier kan ook de *ppb-99* worden gedefinieerd.
- *surf-90*: de oppervlakte 'onder' de cumulatieve frequentieverdeling van de volumeconcentratie van 0-90% gedeeld door de totale oppervlakte. Surf-90 geeft aan wat de gemiddelde grootte is van de kleinere deeltjes ten opzichte van de gemiddelde grootte van alle deeltjes.
- $\Sigma vol_{in} / \Sigma vol_{uit}$ : de som van het volume ingaand (de som onder de lijn deeltjesvolume (ppb) over de tijd) gedeeld door de som van het volume uitgaand over de gehele meetperiode. Dit is een maat voor de toe- of afname van het aantal deeltjes in het net tussen twee punten (ingående en uitgaande waterkwaliteit)
- *ratio*: gemiddelde (en standaard deviatie) van de verschillende percentielen (1-100) van de verhouding tussen de volumeconcentraties ingaand en uitgaand. Dit is een maat voor wat er gebeurt in het net tussen twee punten (ingående en uitgaande waterkwaliteit).

De kentallen *ppb-95* en *ppb-99* zijn niet onafhankelijk. Er is ook een relatie tussen  $\Sigma vol_{in} / \Sigma vol_{uit}$  en *ratio* (gemiddeld). De overige parameters zijn onafhankelijk van elkaar, zie Figuur 4-11. Dat betekent dat *ppb-99* niet gebruikt wordt in verdere analyses, de overige parameters wel.



Figuur 4-10 Afleiding van kentallen surf-90, ppb-95,  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$  en ratio uit grafieken van Figuur 4-6, Figuur 4-7 en Figuur 4-8.



Figuur 4-11 Kentallen van de deeltjestellingen (ppb-95, ppb-99, surf-90,  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ , ratio) en de relatie tussen de kentallen. Op de diagonaal staan de frequentieverdelingen van de metingen. De overige figuren geven de relatie tussen de parameters weer. Doel van de grafiek is de onafhankelijkheid van de parameters vast te stellen.

In Figuur 4-11 worden de parameters ppb-95, ppb-99, surf-90,  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$  en ratio met elkaar vergeleken. Op de diagonaal staan voor de parameters de histogrammen. In de overige

grafieken worden de verschillende parameters tegen elkaar uitgezet. Zo kan snel worden vastgesteld of de parameters onafhankelijk zijn of dat sommige sterk met elkaar samenhangen. In Figuur 4-11 blijkt bijvoorbeeld dat er een sterke relatie is tussen *ppb-95* en *ppb-99* enerzijds en tussen  $\Sigma vol_{in} / \Sigma vol_{uit}$  en *ratio* anderzijds (de punten vormen een vrijwel rechte lijn), terwijl tussen bijvoorbeeld *surf-90* en *ppb-95* geen statistische relatie is (een puntenwolk). We kunnen dus veronderstellen dat *surf-90* en *ppb-95* onafhankelijk zijn, maar *ppb-95* en *ppb-99* *niet*.

#### 4.3.3 EGV en verblijftijd

Het EGV af pompstation varieert zodanig dat de pieken gebruikt kunnen worden om de verblijftijd te bepalen tussen de verschillende meetlocaties (§3.1). De verlaging en verhoging van het EGV tijdens de tweede meetweek was derhalve niet nodig geweest.

In Tabel 4-2 zijn de gemeten (en in §2.3.2 berekende) verblijftijden samengevat. De metingen zijn gebaseerd op slechts enkele pieken, dus de kortste en langste verblijftijd zijn niet noodzakelijkerwijs gemeten. De verbruiksknoop 'B1' in het ALEID-model ligt in werkelijkheid een aantal uur (ca. 1 tot 4 uur) voorbij de meetlocatie B1 (op de Ø315 mm PVC-leiding), waardoor de berekende verblijftijd tussen B1 en B2, B3 en B4 te laag uitkomt. Doordat als maar de verblijftijd tussen pompstation en meetlocatie wordt genomen wordt dit gecompenseerd voor de meetlocaties B2-B4 en is de verblijftijd tot locatie B1 ca. 1 uur overschat.

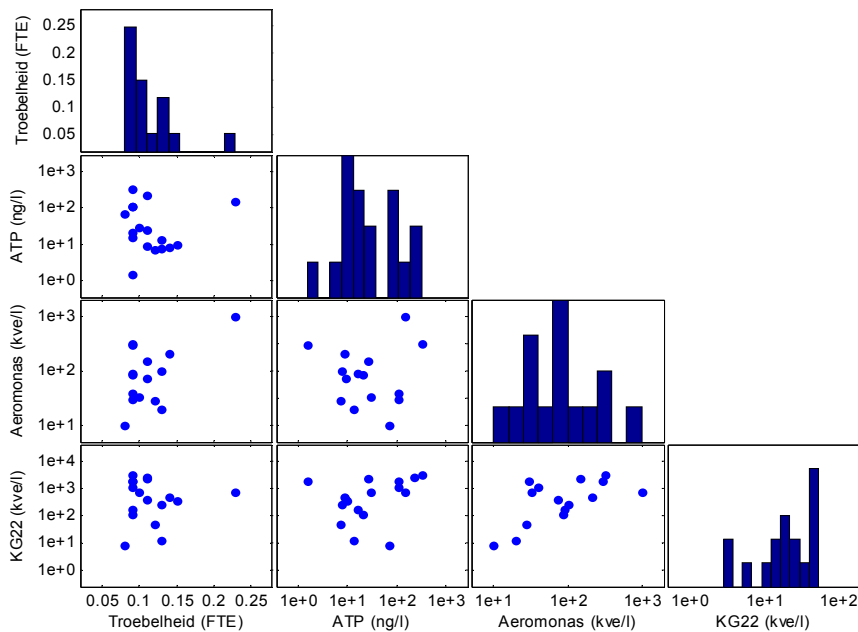
Over het algemeen komen de gemeten en berekende verblijftijden met elkaar overeen. In §4.5 wordt de waterkwaliteit uitgezet tegen de verblijftijd. Hiertoe is de gemiddelde berekende verblijftijd tussen pompstation en de meetlocaties gebruikt als *de* verblijftijd.

*Tabel 4-2 Gemeten en berekende minimum en maximumverblijftijden (in uren) tussen de verschillende meetpunten (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).*

van - tot	Gemeten (h)	Berekend (h)
PS - A1	8,5 - 11,3	9,0 - 16,0
PS - B1	4,5 - 7,0	3,5 - 9,5
A1 - A2	2,0 - 4,5	2,0 - 6,0
A1 - A3	2,0 - 4,5	1,5 - 4,5
A1 - A4	6,0 - 11,5	4,5 - 12,0
B1 - B2	8,0 - 16,5	3,0 - 11,0
B1 - B3	5,0 - 12,5	1,5 - 7,5
B1 - B4	9,5 - 17,5	8,0 - 15,0

#### 4.4 Waterkwaliteit: biologische en fysisch-chemische parameters van monsters

De monsters van het gedistribueerde drinkwater (§3.4) zijn geanalyseerd op troebelheid, *Aeromonas*, ATP en KG22. Daarnaast zijn de monsters ook geanalyseerd op massa van de gesuspendeerde stoffen en een aantal anorganische componenten, maar hier werd vrijwel niets boven de detectiegrens waargenomen.

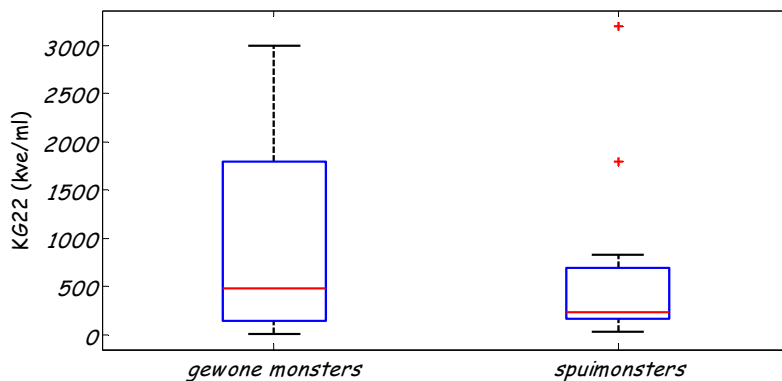


Figuur 4-12 Na monsternamen bepaalde Troebelheid, ATP, Aeromonas en KG22 en de relatie tussen de verschillende meetwaarden. N.B. ATP, Aeromonas en KG22 zijn logaritmisch uitgezet.

De relatie tussen de troebelheid en de verschillende biologische parameters is weergegeven in Figuur 4-12. Hieruit blijkt dat er een lineaire trend is tussen *Aeromonas* en KG22 en wellicht tussen de troebelheid en *Aeromonas*.

Wat opvalt is dat de ATP- en KG22-waardes zeer hoog zijn en dat er ook monsters zijn waarin meer *Aeromonas* zijn gevonden dan wettelijk is toegestaan. Er is reden om deze hoge waardes niet zeer serieus te nemen:

1. Wanneer de waardes van de 'gewone' monsters (Tabel 3-2, p. 26) en de spuismonsters (Tabel 3-3, p. 28) met elkaar worden vergeleken (Figuur 4-13) valt op dat de KG22 bij gewone monsters hoger is dan bij de spuismonsters.
2. De ATP- en *Aeromonas*- waardes die in ander BTO-onderzoek in Rosmalen en 's Hertogenbosch in november 2006 en februari 2007 (aan de kraan) zijn gevonden zijn veel lager (referentie Paul van der Wielen; ATP: ca. 5 tot 20 ng/l, *Aeromonas*: ca. 8 tot 250 /100 ml).



Figuur 4-13 KG22 in gewone monsters (genomen op monitorsystemen, zonder verstoring) en spuismonsters.

Uit de literatuur is bekend dat de nagroei van *Aeromonas* ook samenhangt met de temperatuur (snellere nagroei bij hogere temperatuur). In dit onderzoek is deze relatie niet nader onderzocht. Aangenomen wordt dat de temperatuur van het water tijdens de meetperiode vrijwel constant was. Dit kan niet bevestigd worden, omdat de temperatuur die gemeten wordt met de monitorsystemen niet de temperatuur van het water in de leiding is, maar de temperatuur van het water in het monitorsysteem.

#### 4.5 Verklarende factoren voor de waterkwaliteit

De relatie tussen waterkwaliteit en verblijftijd respectievelijk tussen waterkwaliteit en snelheidsprofiel wordt onderzocht door in een grafiek op de x-as de (gemiddelde) verblijftijd c.q. de maximum(berekende) snelheid uit te zetten en op de y-as de waterkwaliteit uit te zetten. Omdat er slechts weinig meetpunten beschikbaar zijn om een relatie te leggen tussen de verschillende parameters die het snelheidsprofiel (§2.3.2) karakteriseren en de waterkwaliteit is alleen de maximumsnelheid gebruikt.

De waterkwaliteit wordt uitgedrukt in een aantal verschillende parameters, zie Tabel 4-3 voor een overzicht van uit de metingen geselecteerde parameters.

Tabel 4-3 Overzicht van de parameters die gezamenlijk de waterkwaliteit vormen.

Parameter		Gebruikt	Opmerkingen	
Fysisch-chemische parameters van gedistribueerde water	Troebelheid	Nee	De troebelheid is te laag, de deeltjestellingen geven meer informatie.	
	EGV	Nee	EGV is gebruikt om verblijftijd te meten, verandert niet onder invloed van het distributienet.	
	pH	Nee	Te veel variatie af PS.	
	Deeltjes	ppb-95	Ja	Zie §4.3.2. Hoewel <i>ratio</i> een relatie vertoont met $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ worden toch $\mu$ en $s$ geanalyseerd.
		ppb-99	Nee	
		surf-90	Ja	
$\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ ratio		Ja		
Biologische parameters van gedistribueerde water	ATP	Ja	Weinig monsters, dus geen harde conclusies mogelijk.	
	<i>Aeromonas</i>	Ja		
	KG22	Ja		
Fysisch-chemische parameters van sediment (spuimonsters)	Troebelheid	Ja	De totale troebelheid per meter, zie §4.2.	

#### 4.5.1 Hypothesen

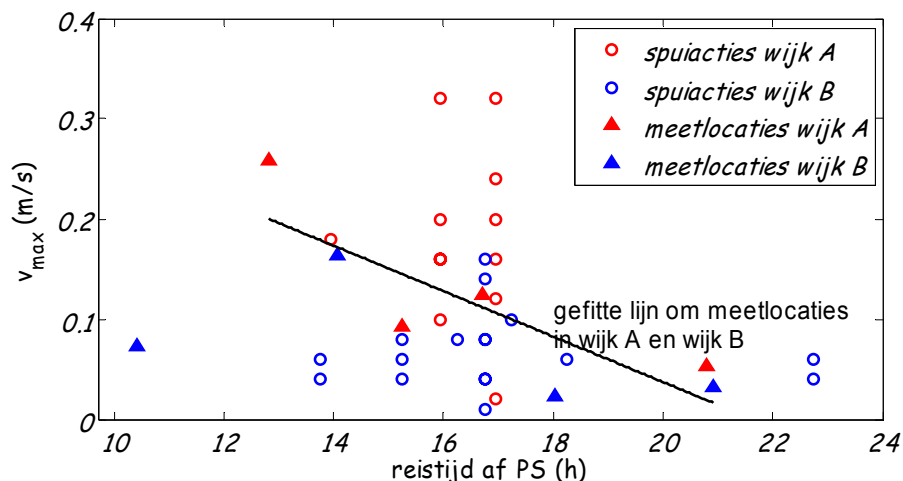
Er kunnen een aantal hypothesen worden geformuleerd met betrekking tot de relatie tussen de fysische, chemische en biologische parameters enerzijds en de verblijftijd en snelheid anderzijds, zie onderstaande tabel.

Tabel 4-4 Hypothesen met betrekking tot de relatie tussen verblijftijd en waterkwaliteit en stroomsnelheid en waterkwaliteit.

parameter	hypothese			
	verblijftijd	$v_{max}$		
normale bedrijfsvoering	<i>ppb-95</i> , <i>surf-90</i>	De absolute waarde van het totale deeltjesvolume kan veranderen in het leidingnet onder invloed van verblijftijd en snelheid.		
		Kleine deeltjes kunnen samenklonteren tot grotere deeltjes, waarbij het totale volume kan afnemen met <u>grotere</u> verblijftijd <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>ppb-95</i> neemt af</li> <li>• <i>surf-90</i> neemt toe</li> </ul>	Zwaardere (en dus grotere) deeltjes zullen eerder bezinken dan lichte deeltjes bij <u>lage</u> snelheid: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>ppb-95</i> neemt af</li> <li>• <i>surf-90</i> neemt toe</li> </ul>	
	deeltjes	$\frac{\Sigma vol_{in}}{\Sigma vol_{uit}}$	Uit metingen in het lab (Grainger e.a. 2003) blijkt dat bij $v < v_{zelf\_reinigend}$ sediment bezinkt ( $vol_{in} > vol_{uit}$ ), maar dit kan lang (enkele dagen) duren. Bij langere verblijftijd én lage snelheid zal $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ toenemen.	$v_{max} < v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit} > 1$ (ophoping sediment) $v_{max} > v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit} \leq 1$ (afvoer sediment)
	ratio	(geen hypothese gevormd)	Wanneer de <i>ratio</i> 'door de 1 gaat' (dwz bij lage percentielen is $ratio > 1$ en $ratio_{100\%} < 1$ is er sprake van zelfreiniging: $v_{max} < v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \mu - \sigma > 1$ (ophoping sediment) $v_{max} > v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \mu - \sigma < 1$ (afvoer sediment)	
biologisch	<i>Aeromonas</i>	Er lijkt een toename van <i>Aeromonas</i> met verblijftijd	Mogelijk indirecte relatie met $v_{max}$ door aanwezigheid van sediment	
	ATP	Afname ATP met verblijftijd		
	KG22	(geen hypothese gevormd)		
spuien sediment per meter	Troebelheid	Er is waarschijnlijk geen relatie tussen troebelheid en verblijftijd.	$v_{max} < v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \Sigma Tr/m$ hoog (ophoping sediment) $v_{max} > v_{zelf\_reinigend} \Leftrightarrow \Sigma Tr/m$ laag (afvoer sediment)	

#### 4.5.2 Relatie verblijftijd en maximumsnelheid

Hoewel tussen de (locale) maximumsnelheid en de reistijd (berekend in §2.3.2) vanaf het pompstation geen oorzakelijk verband is, is voor de meetlocaties in Rosmalen wel een toevallige relatie tussen beide te constateren (zie Figuur 4-14). Figuur 4-14 laat zien dat met een andere keuze voor meetlocaties dit verband niet noodzakelijkerwijs optreedt. Door dit toevallige verband is wellicht niet eenduidig vast te stellen of een waterkwaliteitsparameter door de verblijftijd of door de maximumsnelheid wordt beïnvloed.

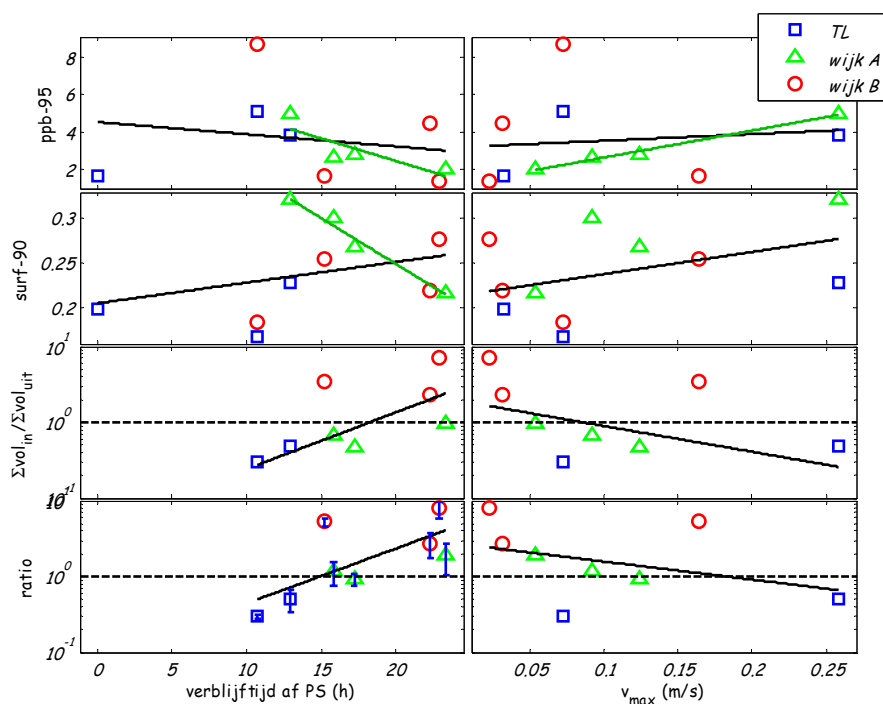


Figuur 4-14 Berekende maximumsnelheid tegen gemiddelde reistijd af pompstation voor de meetlocaties in wijk A (vertakte net) en wijk B (vermaasde net) en de berekende gemiddelde maximumsnelheid en gemiddelde reistijd over de spuiacties in beide wijken.

#### 4.5.3 Deeltjes in het gedistribueerde water

In Figuur 4-15 zijn de waterkwaliteitsparameters die samenhangen met de deeltjes in het water (§4.3.2) uitgezet tegen de gemiddelde (berekende) verblijftijd en de maximale (berekende) snelheid (§2.3.2). Voor *ppb-95* en *surf-90* zijn 11 punten uitgezet (meetweek 1: PS, A1, A2; meetweek 2: A1, A2, A3, A4; meetweek3: B1, B2, B3, B4). Voor  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$  en *ratio* zijn er slechts 8 punten uitgezet (meetweek 1: PS/A1, PS/A2; meetweek 2: A1/A2, A1/A3, A1/A4; meetweek3: B1/B2, B1/B3, B1/B4). Met zo weinig punten is het niet mogelijk om een goede relatie te fitten op de meetpunten. De  $R^2$  is niet weergegeven, omdat het 95%-betrouwbaarheidsinterval heel ruim is met zo weinig punten. We spreken daarom in het vervolg over een 'trend' in plaats van over de 'relatie'. Een (vrijwel) horizontale lijn geeft een zwakke trend tussen twee variabelen weer.





Figuur 4-15 Waterkwaliteit (*ppb-95*, *surf-90*,  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$  en *ratio*) tegen verblijftijd en maximumsnelheid. Gefitte lijnen per meetwijk (gekleurde lijnen) alleen weergegeven als  $R^2 > 0,45$ . De kleur van de gefitte lijnen stemt overeen met de kleur van de uitgezette punten; een zwarte lijn is een fit op de totale set van metingen (TL, wijk A en wijk B). Wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde.

Uit de figuur blijken een aantal mogelijke trends tussen verblijftijd en  $v_{max}$  enerzijds en *ppb-95*, *surf-90* en  $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$  (en *ratio*) anderzijds. In onderstaande tabel worden de resultaten per hypothese toegelicht.

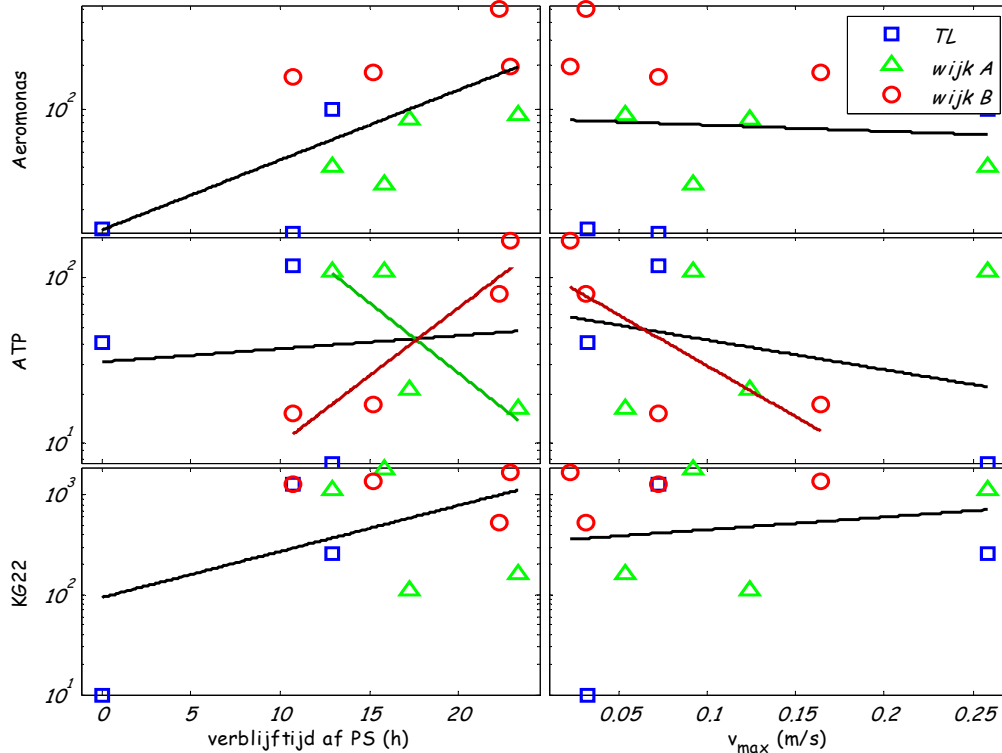
parameter	Gevonden trend	
	verblijftijd	$v_{max}$
<i>ppb-95</i>	<i>ppb-95</i> lijkt af te nemen met toenemende verblijftijd.	Alleen voor wijk A (vertakt net) neemt <i>ppb-95</i> toe met toenemende $v_{max}$ .
<i>surf-90</i>	Alleen voor wijk A (vertakt net) neemt <i>surf-90</i> af met toenemende verblijftijd.	Lichte trend van toenemende <i>surf-90</i> bij toenemende $v_{max}$ .
$\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ <i>ratio</i>	$\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ (ook de <i>ratio</i> ) neemt toe met toenemende verblijftijd. Dit geldt ook voor wijk A, maar dat kan te maken hebben met de relatie tussen verblijftijd en $v_{max}$ (Figuur 4-14). Er is te weinig data om de afhankelijkheid tussen $\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ en zowel verblijftijd als $v_{max}$ vast te stellen.	$\Sigma vol_{in}/\Sigma vol_{uit}$ (ook de <i>ratio</i> ) lijkt af te nemen met toenemende $v_{max}$ .

#### 4.5.4 Biologische parameters van gedistribueerde water

In Figuur 4-16 zijn de waterkwaliteitsparameters die samenhangen met de biologie in het water (§0) uitgezet tegen de gemiddelde (berekende) verblijftijd en de maximale (berekende) snelheid (§2.3.2). Er zijn 11 punten uitgezet (meetweek 1: PS, A1, A2; meetweek 2: A1, A2, A3, A4; meetweek3: B1, B2, B3, B4). Met zo weinig punten is het niet mogelijk om een goede relatie te fitten op de meetpunten. De  $R^2$  is niet weergegeven, omdat het 95%-betrouwbaarheidsinterval

heel ruim is met zo weinig punten. We spreken daarom in het vervolg over een 'trend' in plaats van over de 'relatie'.

*Aeromonas* lijkt toe te nemen met de verblijftijd; er is nauwelijks een trend met  $v_{max}$ . Voor ATP wordt voor wijk A en wijk B een tegengestelde trend gevonden met de verblijftijd; ATP lijkt af te nemen met toenemende  $v_{max}$ . Voor KG22 is er nauwelijks een trend met verblijftijd of  $v_{max}$ .



Figuur 4-16 Waterkwaliteit (*Aeromonas*, ATP en KG22) tegen verblijftijd en maximumsnelheid. Gefitte lijnen per meetwijk (gekleurde lijnen) alleen weergegeven als  $R^2 > 0,45$ . De kleur van de gefitte lijnen stemt overeen met de kleur van de uitgezette punten; een zwarte lijn is een fit op de totale set van metingen (TL, wijk A en wijk B). Wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde.

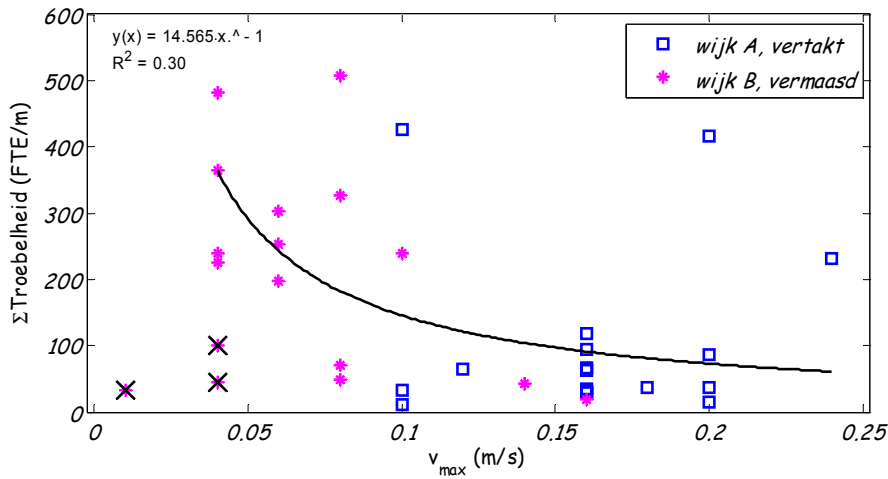
#### 4.5.5 Opwervelbaar sediment (troebelheid tijdens spuien)

In Figuur 4-17 is de totale troebelheid per meter (zie §4.2) uitgezet tegen de maximumsnelheid. Deze  $v_{max}$  is de gemiddelde maximumsnelheid over de spuilengte, zoals berekend met SIMDEUM en ALEID (§2.3.2). In Figuur 4-18 is de totale troebelheid per meter uitgezet tegen de verblijftijd af pompstation.

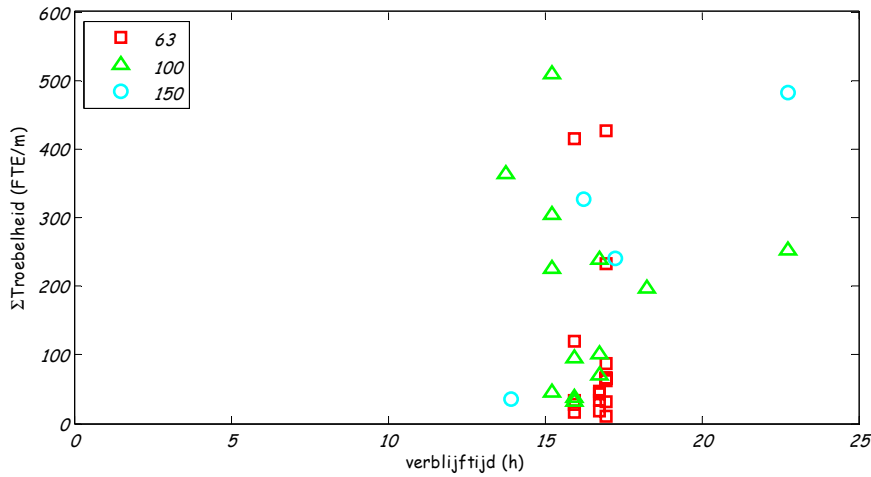
In Figuur 4-17 is op de punten een omgekeerd evenredige relatie gefit. Enkele punten zijn niet meegenomen in de fit (de doorgekruiste punten):

3 punten linksonder (behorend bij spuiactie 9-12 in wijk B), omdat de snelheid die hier berekend is met SIMDEUM te veel afwijkt van de normale situatie (d.w.z. de niet voor de metingen geïsoleerde situatie, waarin de afsluiters geopend zijn);

De relatie tussen  $v_{max}$  en de sedimentlast is omgekeerd evenredig ( $R^2$  is ca. 30% met een hoog significante p-waarde van de correlatie  $< 0,001$ ). Het is dus wel duidelijk dat bij hogere snelheden de sedimentlast lager is. Er is geen relatie tussen sedimentlast en verblijftijd (Figuur 4-18).



Figuur 4-17 Totale troebelheid per meter tegen de gemiddelde maximumsnelheid per spuilengte. De verschillende symbolen geven de verschillende meetwijken aan. De doorgekruiste datapunten zijn niet meegenomen in de fit.



Figuur 4-18 Totale troebelheid per meter tegen de gemiddelde verblijftijd af pompstation Nuland per spuilengte. De verschillende symbolen geven de diameters van de gespuide leidingen aan.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Karakterisering waterkwaliteit

De verandering van de waterkwaliteit af pompstation Nuland in het distributienet in Rosmalen is gemeten. Daarbij is gekeken naar verschillende parameters die niet allemaal even waardevolle informatie hebben opgeleverd.

- De continue deeltjestellingen geven veel informatie. Zowel de grootte van de deeltjes als het totale volume én de verhouding tussen het ingaande en uitgaande volume ( $\Sigma vol_{in} / \Sigma vol_{uit}$ ) zijn goede parameters om de deeltjes te beschrijven. De parameters *ppb-95*, *surf-90* en *ratio* zijn parameters die niet zo gemakkelijk te duiden zijn. Met name de parameters die iets zeggen over de absolute waarde (*ppb-95* en *surf-90*) zijn belangrijk bij het vergelijken met metingen op andere pompstations (met een andere deeltjeslast). Deze parameters zullen nader worden onderzocht in andere projecten. Vanwege de verschillen tussen de deeltjestellers in met name het gebied voor kleine deeltjes (1-2  $\mu m$ ) is het lastig om hierover conclusies te trekken. Het is aan te bevelen om met de deeltjestellers dezelfde waterkwaliteit te meten en zo de verschillende deeltjestellers te ijken.
- De resultaten van de spuitproeven hebben veel informatie opgeleverd over de bezinking en accumulatie van sediment in het leidingnet over een langere periode. Ook bleek een duidelijk verschil in samenstelling van het bezonken sediment. Er bleek sprake van een groot deel 'overig anorganisch'. Het is daarom aan te bevelen om ook calcium te meten. In de spuimonsters was *Aeromonas* niet onderscheidend (veelal "> 1000"); aanbevolen wordt om in plaats van *Aeromonas* ATP te meten.
- De fysisch-chemische parameter troebelheid (tijdens normale bedrijfsvoering) is geen goede parameter om de waterkwaliteit te kwantificeren (en zo de waterkwaliteitsverandering te kunnen meten), omdat de troebelheid zeer laag is en vaak onder de detectiegrens.
- De fysisch-chemische parameters pH en EGV zijn geen goede parameters om de verandering van de waterkwaliteit te beschrijven, omdat de variatie af pompstation reeds groot is.
- De chemische samenstelling van de gesuspendeerde deeltjes geeft beperkte informatie doordat de waardes altijd onder de detectiegrens bleven.
- De biologische parameters ATP, *Aeromonas* en KG22, gemeten na monsternamen, bleken niet veel bruikbare informatie over de waterkwaliteit te geven. Dit komt met name door de beperkte hoeveelheid data. Het lijkt er op dat er veel meer variatie zit in de biologische waterkwaliteit dan in de chemische waterkwaliteit waardoor voor een goed beeld van de biologische waterkwaliteit veel meer metingen nodig zijn.

### 5.2 Karakterisering van het leidingnet

De metingen zijn uitgevoerd in twee verschillende leidingnetten:

- Een vertakt net van PVC-leidingen uit 2005.
- Een vermaasd net van voornamelijk AC-leidingen uit 1950 -1970.

Het meten van verblijftijden en snelheden in het gehele leidingnet is zeer kostbaar. De verblijftijden en snelheden in deze leidingnetten zijn bepaald op basis van een leidingnetmodel en realistische verbruikspatronen op basis van SIMDEUM.

De meetpunten in de leidingnetten zijn gekozen op basis van 'instinct'; namelijk een punt in het begin van de wijk (A1, B1), een punt met de langste verblijftijd ergens op de ring (A4, B4), een punt ergens in het midden (A3, B2) en een punt op een uiteinde (A2, B3). De meetpunten zijn niet gekozen op basis van werkelijk berekende verblijftijden en snelheden. De variatie in snelheidsprofiel en verblijftijd was mede daardoor beperkt. Bovendien bleek er een toevallige relatie te zijn tussen de verblijftijd en maximumsnelheid op de meetpunten. Het is aan te bevelen om de meetpunten te kiezen op basis van leidingnetberekeningen.

### **5.3 Relatie waterkwaliteit en ontwerp van het leidingnet**

De waterkwaliteit in het leidingnet kan veranderen door 1) bezinking en accumulatie of opwerveling van sediment en 2) door interactie met de leidingen. Getest is of de vorm van het leidingnet (vertakt of vermaasd), de diameter van de leidingen (en dus de snelheid in de leidingen) en de verblijftijd in het leidingnet van invloed zijn op de (verandering) van de waterkwaliteit in het leidingnet.

#### **5.3.1 Waterkwaliteit gekenmerkt door hoeveelheid opwervelbaar sediment**

Met behulp van de spuiproeven is het opwervelbaar sediment (uitgedrukt in troebelheid per meter) gemeten. Hieruit bleek dat in het vertakte net veel minder sediment is geaccumuleerd dan in het vermaasde net. Doordat zich in het vermaasde net ook enkele eindleidingen bevinden en in het vermaasde net zich ook een ringleiding bevindt bleek zelfs nog sterker dat eindleidingen (met snelheid in slechts één richting) minder opwervelbaar sediment bevatten dan ringleidingen. Het vertakt ontwerpen heeft dus een positief effect op de waterkwaliteit.

Uit het opwervelbaar sediment bleek tevens een positieve relatie met de hydraulica, uitgedrukt als de maximale snelheid die normaal in het leidingnet optreedt. Het ontwerp met kleine diameters heeft dus een positief effect op de waterkwaliteit. De resultaten van dit onderzoek sluiten goed aan bij de resultaten van het onderzoek naar de zelfreinigende werking van een aantal leidingnetten in Hoofddorp (Blokker e.a. 2007).

Op basis van de metingen aan deeltjes kan worden vastgesteld dat in de vertakte wijk nauwelijks sediment bezinkt en in de vermaasde wijk wel sprake is van bezinking van sediment. Een statistische relatie tussen deeltjes en de snelheid is niet eenvoudig te bepalen. De reden is dat de deeltjestellingen continu zijn, terwijl de snelheid via modellering bepaald is. De snelheid uit het model geeft een goed beeld van de snelheden die over de dag kunnen optreden, maar geven geen nauwkeurig beeld van de momentane snelheden tijdens de metingen. Het is dus niet mogelijk om de momentane snelheid en momentane deeltjeslast te vergelijken. Er is ook geen statistische relatie tussen parameters die de deeltjes karakteriseren (zoals *ppb-95* en *surf-90*) en de maximumsnelheid gevonden.

Met de voorgaande conclusies kan worden vastgesteld dat de nieuwe ontwerpconcepten werken en leiden tot (bijna) zelfreinigende netten voor wat betreft de ophoping van sediment. De gevonden relatie tussen het opwervelbaar sediment en de maximale snelheid (namelijk een afname van ophoping van sediment bij toenemende snelheid) geeft aanknopingspunten om de werkelijk zelfreinigende snelheid vast te stellen. Met deze zelfreinigende snelheid en een goede inschatting van de te verwachten volumestromen met behulp van SIMDEUM (de  $q\sqrt{n}$ -methode lijkt het verbruik te overschatten en is bijvoorbeeld niet bruikbaar in vermaasde netten) kunnen ontwerpprincipes voor zelfreinigende netten worden opgeschaald naar grotere netten.

#### **5.3.2 Waterkwaliteit gekenmerkt door sedimentsamenstelling**

Het sediment in de twee wijken verschilt op een aantal punten van elkaar:

- In het vermaasde net bezinken alle deeltjescategorieën ( $> 2 \mu\text{m}$ ), terwijl in het vertakte net alleen de grotere deeltjes bezinken.
- In het vertakte net bevat het sediment minder organische stof, minder ijzer en meer rest anorganisch dan het sediment van het vermaasde net.
- Bij gelijke massa is de troebelheid in het vertakte net lager dan in het vermaasde net. Dit heeft mogelijk te maken met de leeftijd van het leidingnet.
- Het vertakte net was minder vervuild dan het vermaasde net, uitgedrukt in totale troebelheid per meter.

Bij grotere snelheden (in het vertakte net) blijven de kleine deeltjes in suspensie en bezinken de grote deeltjes. Anorganische stof is blijkbaar groter en zwaarder dan organische stof. Bij veronderstelde gelijke aanvoer van deeltjes in de twee wijken (zelfde pompstation) ontstaat het verschil in bezonken deeltjes dan door de verschillende hydraulische omstandigheden. Dit wordt ondersteund door de *cohesive layer theory* (Boxall e.a. 2001) die zegt dat de stevigheid van de sedimentlaag bepaald wordt door de 'normale' schuifspanningen. Dat wil zeggen dat bij relatief hoge snelheden kleine/lichte deeltjes gemakkelijker uit de sedimentlaag kunnen ontsnappen dan grote/ zware deeltjes. In het vertakte net in wijk A is de snelheid voldoende hoog om bepaalde deeltjes (namelijk de kleine deeltjes) los te maken uit de sedimentlaag en af te voeren. In het vermaasde net van wijk B blijven alle deeltjes in de sedimentlaag en vindt er dus ophoping plaats van sediment.

De aanvoer van deeltjes af pompstation naar de beide wijken is gelijk. Maar uit de deeltjestellingen blijkt dat in de aanvoer naar wijk B (AC-transportleiding) er in de nacht een uitlogingsproces plaats vindt. Aangezien de troebelheidsmetingen dit effect niet hebben bevestigd lijkt dit uitlogingsproces van weinig betekenis. Een dergelijk kleine uitloging gedurende lange tijd heeft mogelijk toch een zodanig effect dat de aangevoerde waterkwaliteit naar beide wijken niet gelijk is. Dit betekent dat de conclusie met betrekking tot de *cohesive layer theory* niet met zekerheid kan worden bevestigd.

### **5.3.3 Waterkwaliteit gekenmerkt door microbiologische en chemische parameters**

Er zijn onvoldoende monsters genomen om de (verandering van de) biologische en chemische waterkwaliteit tijdens normale bedrijfsvoering te kunnen relateren aan de verblijftijd of maximumsnelheid. De hypothesen met betrekking tot de relatie tussen waterkwaliteit en verblijftijd of snelheid konden niet worden weerlegd (maar ook niet bewezen).

Het is aan te bevelen om de relatie tussen de karakteristieken van het netwerk en de microbiologische stabiliteit nader te onderzoeken. Kan er ook op het gebied van microbiologie sprake zijn van zelfreinigende netten?

### **5.4 Relatie waterkwaliteit verblijftijd in het leidingnet**

Er kon geen relatie worden vastgesteld tussen het opwervelbaar sediment en de verblijftijd. De meetlocaties bevonden zich op maximaal 30 uur (en gemiddeld op maximaal 25 uur) van het pompstation af. Uit ervaring van waterbedrijven blijkt een verwachting van mogelijke problemen met waterkwaliteit bij veel langere verblijftijden (in de orde van enkele dagen tot een week). Uit metingen aan een vulleiding bij Brabant Water bleek echter dan met een verblijftijd van 48 uur mogelijk al overschrijdingen van *Aeromonas* mogelijk is (Blokker en Beverloo, 2008). De metingen binnen dit project zijn mogelijk met te korte verblijftijden uitgevoerd om een relatie tussen waterkwaliteit en verblijftijd vast te stellen.

## 5.5 Implementatie

Alle Nederlandse waterbedrijven passen de nieuwe ontwerprichtlijnen voor zelfreinigende netten reeds toe. Wel is er verschil in de wijze waarop de maximale volumestroom wordt bepaald ( $q\sqrt{n}$ -methode met 15 tot 25 tapeenheden), of de mate waarin concessies worden gedaan met betrekking tot het inpassen van strengere bluswatereisen. De resultaten van dit onderzoek kan de waterbedrijven sterken in het (strikt) toepassen van de nieuwe ontwerprichtlijnen. Een concrete aanbeveling is

- vertakt te ontwerpen (zonder ringleidingen);
- de ontwerp volumestroom vast te stellen met  $q\sqrt{n}$ -methode en 15 tapeenheden;
- een ontwerpsnelheid van 0,4 m/s aan te houden.

Er zijn geen aanknopingspunten om de verblijftijd in het leidingnet te beperken.

## 6 Referenties

- Van Beek, K., Leuk, I. en Tas, M. (2006). *Naar een verstoppingsvrij Puttenveld Till en 't Waal*, Kiwa Water Research, Nieuwegein, KWR 06.078, in opdracht van Vitens.
- Blokker, E. J. M. (2006). *Modelleren van afnamepatronen; beschrijving en evaluatie van simulatiemodel Simdeum*, Kiwa N.V., Nieuwegein, BTO 2006.010.
- Blokker, E. J. M. en Beverloo, H. (2008). *Relatie waterkwaliteit en verblijftijden in de vulleiding Son-Vierlingsbeek*, Kiwa Water Research, Nieuwegein. KWR 08.0xx. In opdracht van Brabant Water.
- Blokker, E. J. M. en Vogelaar, A. J. (2007). *Toepassing van SIMDEUM in het leidingnetmodel van Franeker*, Kiwa Water Research B.V., Nieuwegein, BTO 2007.006 (s).
- Blokker, M., Vreeburg, J., Schaap, P. en Horst, P. (2007), "Evaluatie bevestigt effectiviteit ontwerpconcepten zelfreinigende netten", *H2O*, **2007-8**, 41-43.
- Boxall, J.B., Skipworth, P.J. and Saul, A.J. (2001) "A novel approach to modelling sediment movement in distribution mains based on particle characteristics". Proceedings of the Computing and Control in the Water Industry conference, Water Software Systems: Theory and Applications, de Montfor University, UK.
- Grainger, C., Wu, J., Nguyen, B. V., Ryan, G., Jayaratne, A. and Mathes, P. (2003). *Particles in water distribution systems - 5th progress report; part I: settling, re-suspension and transport*, CSIRO-BCE, Australia, CRC for Water Quality and Treatment Project No. 4.3.6.
- Kanne, P. (2005). *Watergebruik thuis 2004*, TNS NIPO, Amsterdam, in opdracht van VEWIN.
- Vreeburg, J. H. G. (2007). *Discolouration in drinking water systems: a particular approach*, ISBN 978-90-74741-91-0, Ph.D. thesis report.





# I Informatie meetapparatuur

Tabel I-1 Overzicht van de monitorsystemen (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net).

meetweek	locatie	monitorsysteem
1	PS	Monitorsysteem 2 (UAN 060043)
	A1	Monitorsysteem 4 (UAN 060057)
	B1	Monitorsysteem 3 (UAN 060050)
2	A1	Monitorsysteem 4 (UAN 060057)
	A2	Monitorsysteem 2 (UAN 060043)
	A3	Monitorsysteem 3 (UAN 060050)
	A4	Monitorsysteem 1 (UAN 060020)
3	B1	Monitorsysteem 1 (UAN 060020)
	B2	Monitorsysteem 4 (UAN 060057)
	B3	Monitorsysteem 2 (UAN 060043)
	B4	Monitorsysteem 3 (UAN 060050)

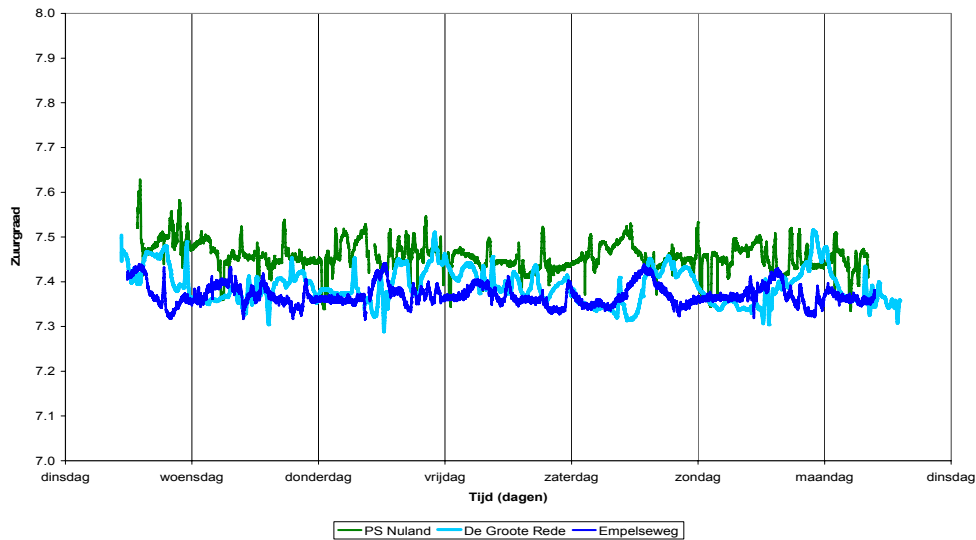
Tabel I-2 Overzicht van de deeltjestellers (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde net)

meetweek	locatie	deeltjestellers
1	26 juni t/m 2 juli	PS Pamas WV916728 (UAN 070018)
	26 juni t/m 28 juni	A1 Pamas WV927608 (UAN 070017)
	28 juni t/m 2 juli	B1 Pamas WV927608 (UAN 070017)
2	2 juli t/m 9 juli	A1 Pamas WV916728 (UAN 070018)
	2 juli t/m 4 juli	A2 Pamas WV927608 (UAN 070017)
	4 juli t/m 6 juli	A3 Pamas WV927608 (UAN 070017)
	6 juli t/m 9 juli	A4 Pamas WV927608 (UAN 070017)
3	9 juli t/m 16 juli	B1 Pamas WV927608 (UAN 070017)
	9 juli t/m 11 juli	B2 Pamas WV916728 (UAN 070018)
	11 juli t/m 13 juli	B3 Pamas WV916728 (UAN 070018)
	13 juli t/m 16 juli	B4 Pamas WV916728 (UAN 070018)

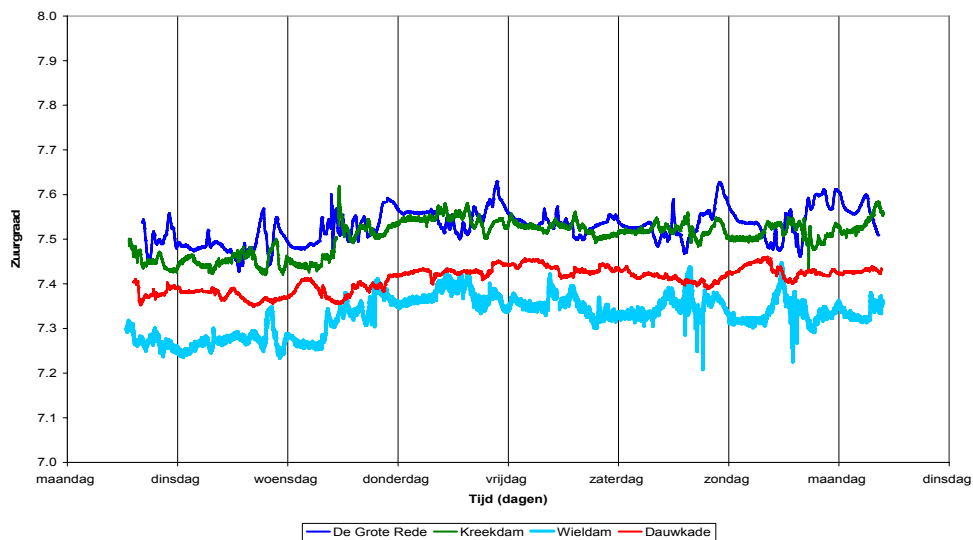


## II pH-metingen

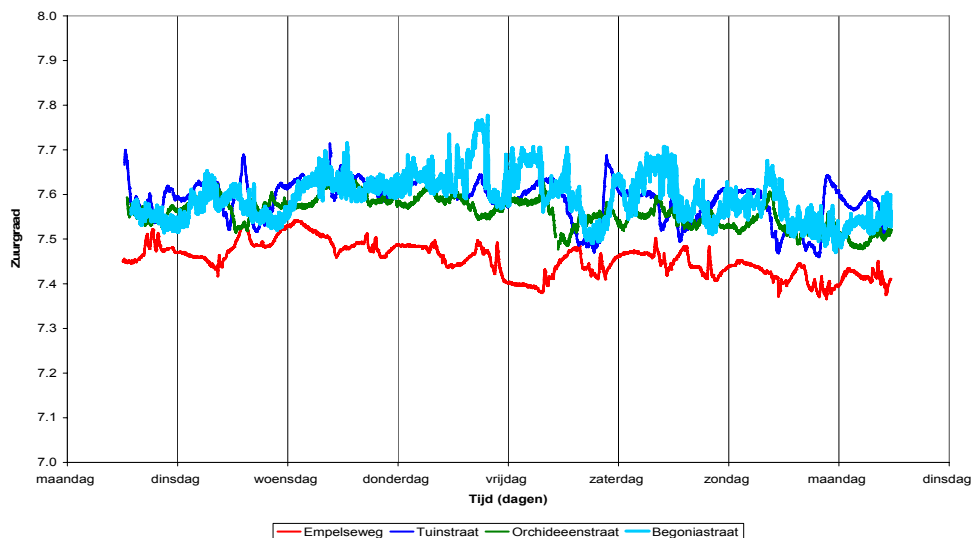
De grafieken van de zuurgraad van de transportleiding, wijk A en wijk B zijn opgenomen in Figuur II-1, Figuur II-2 en Figuur II-3.



Figuur II-1 Zuurgraad op PS, A1 en B1; dinsdag 26/06 t/m maandag 02/07 (het transportnet).



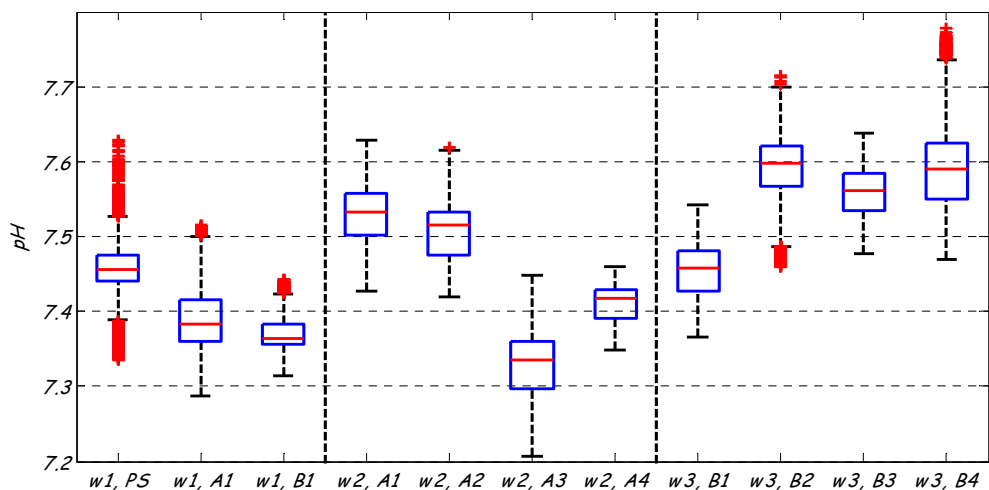
Figuur II-2 Zuurgraad op A1 – A4; maandag 02/07 t/m maandag 09/07 (het vertakte net).



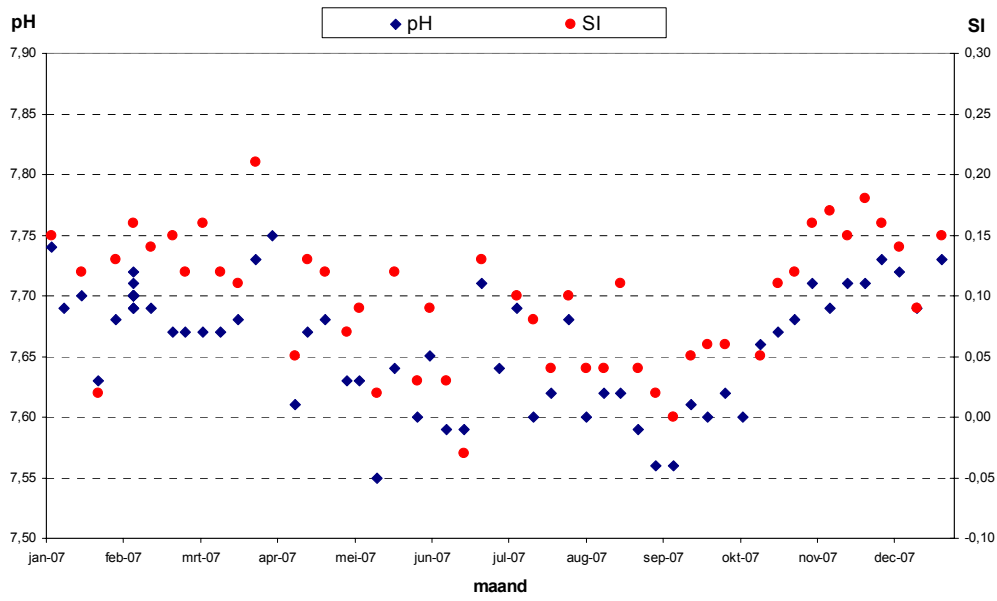
Figuur II-3 Zuurgraad op B1 – B4; maandag 09/07 t/m maandag 16/07 (het vermaasde net).

De continue pH-metingen zijn in Figuur II-4 weergegeven in box-whisker-plots. De figuur laat zien dat de pH van pompstation tot de locaties A1 en B1 iets daalt. De pH is in de tweede en derde meetweek hoger dan in de eerste meetweek (verschil tussen w1, A1 en w2, A1 respectievelijk tussen w1, B1 en w3, B1).

De pH op het pompstation varieert sterk over de tijd (zie Figuur II-5). Het is met lange verblijftijden tot de meetpunten in het net (tot 25 uur) niet mogelijk om uitspraken te doen over eventuele processen in het leidingnet die de pH beïnvloeden. Het is dus ook niet mogelijk om het nachtelijk uitlogingsproces tussen pompstation en locatie B1 (over de AC-transportleiding), dat in §4.3.2 is geconstateerd, te onderbouwen met de pH-metingen.



Figuur II-4 Box-whisker-plots van de on-line pH-metingen in de drie weken op de verschillende meetlocaties (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde), "w1, pS" = week1, pompstation.



Figuur II-5 Zuurgraad en SI op pompstation Nuland in 2007.

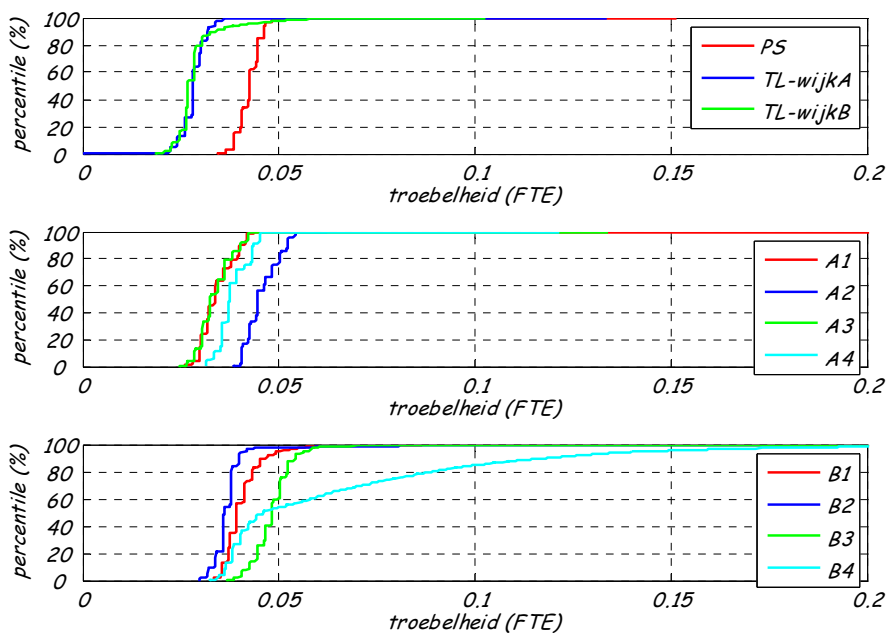


### III Troebelheid

In Figuur III-1 is de cumulatieve frequentieverdeling van de troebelheid (§3.2) uitgezet voor de verschillende meetlocaties en meetweken. Omdat de troebelheidsmeters aan de onderkant van hun detectie hebben gemeten en de offset van de verschillende meters niet precies gelijk is (de monitorsystemen 3 en 4 hebben in de 1<sup>e</sup> week op locatie A1 en B1 gestaan, in de 2<sup>e</sup> week op locatie A1 en A3 en in de 3<sup>e</sup> week op locatie B2 en B4; terwijl monitorsysteem 2 van pompstation naar A2 naar B3 verplaatst is), is het lastig om de absolute waarden van de metingen met elkaar te vergelijken. Om toch enige informatie uit de troebelheidsmetingen te halen worden de waarden van de 90-percentielen gedeeld op de waarden bij de 50-percentielen (Tabel III-1).

- De troebelheid tussen pompstation en het begin van wijk A verandert niet substantieel, tussen pompstation en het begin van wijk B komen er iets hogere pieken bij. Er is een lichte toename van de troebelheid in de AC transportleiding.
- In wijk A (het vertakte net) gebeurt niets met de troebelheid, deze blijft vrijwel gelijk.
- In wijk B (het vermaasde net) is er een duidelijke toename van de troebelheid tussen B1 en B4. De andere twee meetlocaties laten geen duidelijk verschil zien.

De troebelheid is in dit meetgebied niet bruikbaar als waterkwaliteits-parameter, omdat de absolute waarde te laag is.



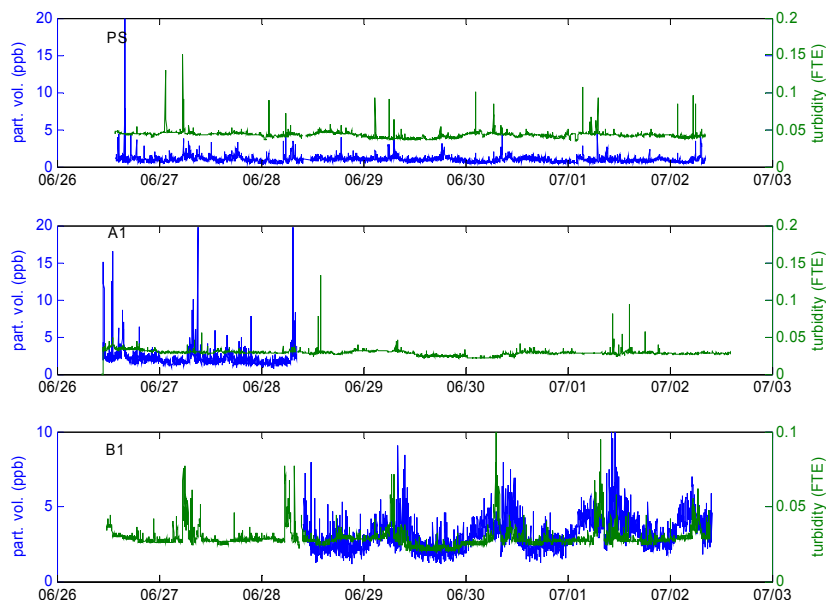
Figuur III-1 Cumulatieve frequentieverdeling van de continue troebelheidsmetingen op de verschillende meetlocaties (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).



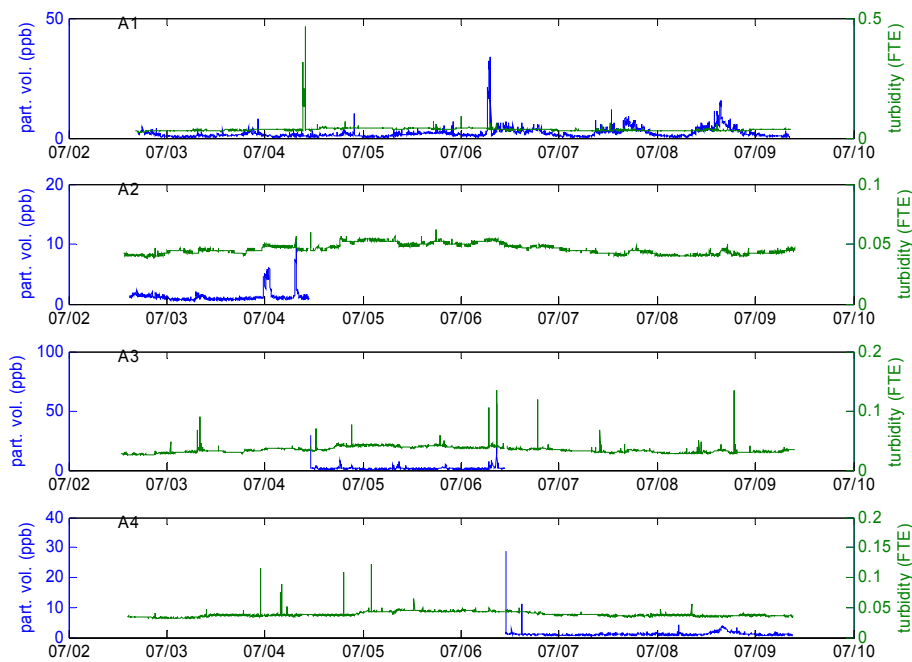
Tabel III-1 Verhouding tussen 90- en 50-percentiel van de troebelheidsmetingen (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

meetweek	locatie	90-p/ 50-p
1	PS	1,09
	A1	1,14
	B1	1,28
2	A1	1,18
	A2	1,17
	A3	1,24
	A4	1,16
3	B1	1,19
	B2	1,11
	B3	1,12
	B4	2,57

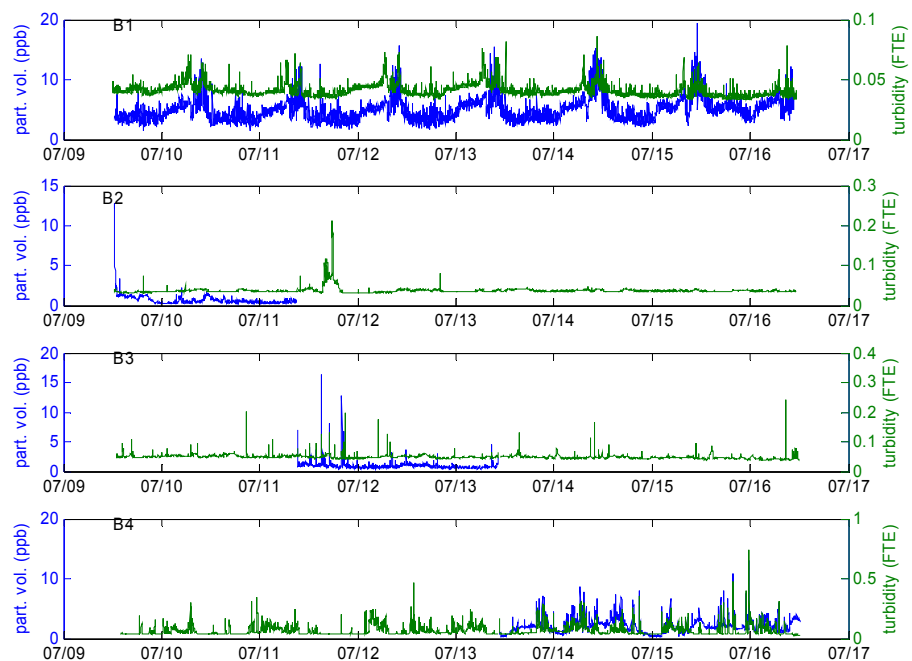
Redelijkerwijs bestaat er een relatie tussen de troebelheid (§3.2) en het aantal deeltjes (§3.3) van een bepaalde grootte of het totale volume. Voor alle metingen is dit geanalyseerd en als er al een relatie werd gevonden (alleen bij troebelheden boven een bepaalde grenswaarde) was de relatie tussen het aantal deeltjes in de kleinste diametercategorieën en de troebelheid het sterkst (Figuur III-5). In Figuur III-2 - Figuur III-4 zijn de troebelheid en het deeltjesvolume per meetlocatie in een figuur weergegeven. Uit de figuren blijkt dat de relatie tussen deeltjesvolume en troebelheid niet sterk is (alleen op locatie B4 is een zichtbare relatie) en dat er meer informatie beschikbaar komt uit de deeltjestellingen dan uit de troebelheidsmetingen.



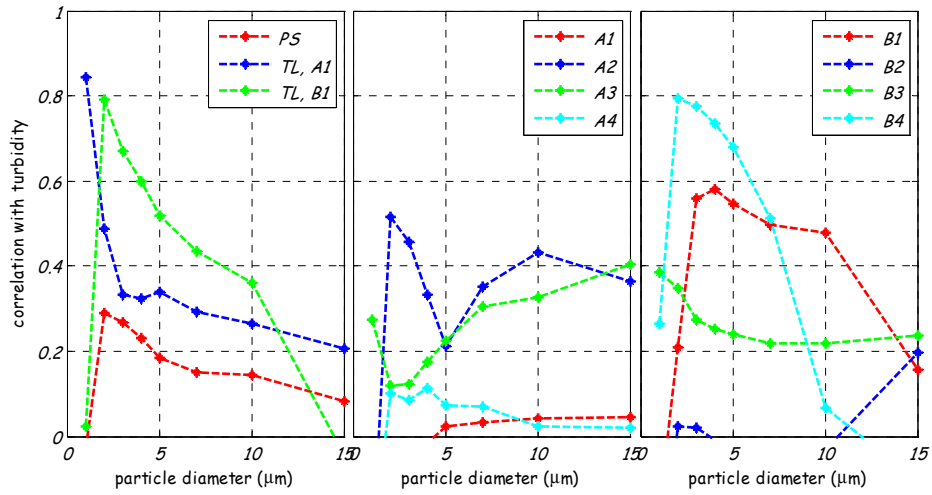
Figuur III-2 Deeltjesvolume (ppb) in blauw op de linker- en troebelheid (FTE) in groen op de rechter- en troebelheidsmetingen voor de eerste meetweek op PS, en meetlocaties A1 en B1 (transportnet).



Figuur III-3 Deeltjesvolume (ppb) in blauw op de linker-as en troebelheid (FTE) in groen op de rechter-as voor de tweede meetweek op meetlocaties A1, A2, A3 en A4 (het vertakte net).



Figuur III-4 Deeltjesvolume (ppb) in blauw op de linker-as en troebelheid (FTE) in groen op de rechter-as voor de derde meetweek op meetlocaties B1, B2, B3 en B4 (het vermaasde net).



Figuur III-5 Correlatie tussen getelde aantal deeltjes (per diametercategorie) en troebelheid.

## IV Hemoflow

Hemoflow is een opstelling om water in te dikken. Het water wordt over een cross-filtermembraan geleid waardoor het water geconcentreerder wordt.

Hierdoor kunnen parameters die op een laag niveau voorkomen beter analyseerbaar worden.

**Biologische analyse:** ATP.

**Chemische analyses:** ijzer, mangaan, gesuspenderde stoffen, gloei-rest, troebelheid.

De monsters zijn geanalyseerd door Kiwa Water Research. In onderstaande tabel staan de analyseresultaten van de hemoflowmonsters

Tabel IV-1 Analyseresultaten van de hemoflowmonsters (wijk A is het vertakte net, wijk B het vermaasde).

Monster-locatie	Datum monster-name	Gesus. stoffen	Gloei-rest	Ijzer	Mangaan	Troebelheid	ATP
		µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	FTE	ng/l
PS	28/6/07	- (<0,41)	- (1,38)	0,69	50,73	0,01	2,6
PS	02/7/07	4,75	1,67	0,27	46,26	0,01	2,8
A1	04/7/07	2,97	0,93	0,38	34,12	0,01	2,7
A1	06/7/07	2,50	1,52	0,14	20,79	0,01	2,6
A1	09/7/07	34,71	0,57	0,12	25,71	0,01	6,2
B1	11/7/07	2,35	0,87	0,52	84,84	0,01	3,0
B1	13/7/07	3,36	< 0,41	0,41	74,60	0,01	6,3
B1	16/7/07	2,55	0,42	0,36	114,58	0,01	5,8

In de analyseresultaten van de hemoflowmetingen zitten grote variaties per parameter en tussen de verschillende parameters. De analyseresultaten dienen extra kritisch bekeken te worden.

Met de hemoflow zijn monsters genomen waarbij het mogelijk moest zijn om iets te zeggen over de samenstelling van de zwevende stof. De uitkomsten van de hemoflowmetingen worden echter niet verder beschouwd omdat

1. slechts zes monsters genomen zijn met de hemoflow en
2. nog niet goed bekend is wat de recovery is bij een groot doorstroomd volume (1800 - 5500 liter) en
3. niet duidelijk is of de recovery gelijk is voor biologische en chemische parameters en
4. onduidelijk is wat de waarde is van de ATP-resultaten.

Bovendien is de toepassing van de hemoflow nog in een experimentele fase. Mogelijk kan deze ervaring met de hemoflow nog wel van waarde zijn voor verder onderzoek.

