

KWR 07.042
mei 2007

Optimalisatie van koper/zilver- ionisatie in leidingwater- installaties bij de Rijksgebouwendienst

Vermindering van het koper- en zilverterbruik

KWR 07.042
mei 2007

Optimalisatie van koper/zilver- ionisatie in leidingwater- installaties bij de Rijksgebouwendienst

Vermindering van het koper- en zilverterbruik

© 2007 Kiwa Water
Research
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa Water Research

Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. 030 606 95 11
Fax 030 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Optimalisatie van koper/zilver-ionisatie in leidingwaterinstallaties bij de Rijksgebouwendienst

Projectnummer

30.6591.100

Projectmanager

Wiel Senden

Opdrachtgever

Fred Balster (namens Rijksgebouwendienst Directie Beheer)

Kwaliteitsborger

Harm Veenendaal

Auteur

Frank Oesterholt

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het Contractonderzoekproject/adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

Verantwoording

Dit onderzoek is uitgevoerd door Kiwa Water Research in opdracht van de Rijksgebouwendienst.

Het betreft een vervolg op het VROM-onderzoek “*Evaluatie van praktijktesten met alternatieve technieken voor legionellapreventie*” [Rapport KWR 05.066], waarbij voor een drietal pilots van de Rijksgebouwendienst aanvullende onderzoeksvragen zijn geformuleerd.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van februari 2006 tot en met april 2007.

Het onderzoek is begeleid door de volgende personen:

Overheid

dhr. Fred Balster

dhr. Kees Frens

Rijksgebouwendienst Directie Beheer

Dienst Justitiële Inrichtingen

Leveranciers

dhr. Mark Engelenburg

dhr. Guy Heijnen

ATECA Watercare and Services

Hatenboer-Water

Onderzoeksinstituten/laboratorium

dhr. Lodewijk van Leengoed

dhr. Frank Oesterholt

C-Mark

Kiwa Water Research

Samenvatting

In opdracht van de Rijksgebouwendienst heeft Kiwa Water Research op drie locaties van de Rijksgebouwendienst onderzoek uitgevoerd gericht op het verminderen van het koper- en zilververbruik bij toepassing van koper/zilver-ionisatie in leidingwaterinstallaties. Op deze drie locaties was eerder onderzoek uitgevoerd in het kader van het VROM-onderzoek “*Evaluatie van praktijktesten met alternatieve technieken voor legionellapreventie*” [rapport KWR 05.066]. Het betreft de VROM-pilots 4, 14 en 15.

Met als uitgangspunt dat de effectiviteit van koper/zilver-ionisatie in stand blijft, zijn twee manieren onderzocht om het verbruik van koper en zilver te verminderen:

- door de installatie intermitterend te bedrijven waarbij gebruik wordt gemaakt van de (in de literatuur beschreven) depotwerking voor koper en zilver in de biofilm;
- door de concentratieniveaus voor koper en zilver te verlagen.

Op één locatie zijn geen wijzigingen toegepast ten opzicht van het VROM-onderzoek (referentie), op één locatie is intermitterend bedrijf ingesteld (aanvankelijk 2 weken aan/ 2 weken uit en daarna 1 dag aan/ 1 dag uit) en op één locatie zijn de concentraties koper en zilver verlaagd tot ongeveer 25 % van de oorspronkelijke waarde.

Op grond van de resultaten van dit onderzoek wordt aanbevolen om – vanuit een goede beheersituatie - de hoeveelheid koper en zilver te verminderen door het (stapsgewijs) verlagen van de concentratieniveaus van beide metalen. Deze methode heeft de voorkeur boven het intermitterend bedrijven van de installatie.

In dit onderzoek is aangetoond dat in een complexe leidingwaterinstallatie - die aanvankelijk als verdacht is aangemerkt en waarin gedurende een jaar koper- en zilverconcentraties zijn toegepast die overeenkomen met de advieswaarden - koper/zilver-ionisatie effectief kan worden toegepast bij een zilveradditie van 10 µg/l en een koperadditie van 100 µg/l koper. Hierdoor wordt het verbruik van koper en zilver met gemiddeld 75 % verminderd in vergelijking met de gebruikelijke adviesconcentraties (30 tot 50 µg/l voor zilver respectievelijk 300 tot 500 µg/l voor koper).

Behoud van effectiviteit van koper/zilver-ionisatie bij het intermitterend bedrijven van de installatie kon in dit onderzoek niet worden aangetoond. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in de complexe leidingwaterinstallatie - die aanvankelijk als verdacht is aangemerkt - op het moment van de start van dit (vervolg)onderzoek door omstandigheden geen sprake was van een ideale beheerssituatie.

Inhoud

	Verantwoording	1
	Samenvatting	2
	Inhoud	3
1	Aanleiding en doel	5
2	Onderzoeks- en monitoringsprogramma	7
2.1	Onderzoeksopzet en –programma	7
2.2	Monitoringsprogramma	9
3	Resultaten	11
3.1	PI Krimpen: geen wijzigingen ten opzichte van de referentie	11
3.2	PI Hoogvliet: reductie van de koper- en zilverconcentraties	14
3.3	PI Zoetermeer: intermitterend bedrijven	18
4	Discussie	21
5	Conclusies en aanbevelingen	23
6	Referenties	25
I	Analysegegevens	27

1 Aanleiding en doel

In het kader van een onderzoek voor het Ministerie van VROM zijn in 2004 en 2005 een 16-tal pilots gestart voornamelijk gericht op toepassing van anodische oxidatie en koper/zilver-ionisatie in praktijkinstallaties. Doel van het onderzoek was om de effectiviteit en de neveneffecten van beide methoden te onderzoeken. De resultaten van dit onderzoek zijn in mei 2006 gerapporteerd aan het Ministerie van VROM [KWR rapport 05.066].

Drie pilots met koper/zilver-ionisatie – die onderdeel uitmaakten van dit project – zijn opgestart in gebouwen van de Rijksgebouwendienst (RGD). Vooruitlopend op de eindevaluatie van deze pilots binnen het hoofdproject heeft de RGD het onderzoek met koper/zilver-ionisatie op deze drie locaties voortgezet. Dit aanvullende onderzoek richt zich op verdere optimalisatie van de praktische toepassing van de techniek gericht op reductie van de gebruikte koper- en zilverhoeveelheden.

Vermindering van de hoeveelheden koper en zilver die worden gebruikt bij toepassing van koper/zilver-ionisatie leidt tot een verlaging van de milieubelasting voor beide metalen en bovendien tot een (geringe) kostenverlaging voor de gebruiker (minder verbruik van elektroden, minder frequente vervanging van elektroden).

2 Onderzoeks- en monitoringsprogramma

2.1 Onderzoeksofzet en –programma

Bij toepassing van de techniek worden onder invloed van een elektrisch potentiaalverschil over een koper- en een zilverelektrode of over twee elektrodes van een koper/zilver-legering, koper- en zilverionen in het te behandelen water gebracht.

Het verminderen van de gebruikte hoeveelheden koper en zilver bij toepassing van koper/zilver-ionisatie kan op twee manieren worden gerealiseerd:

1. door de apparatuur intermitterend te bedienen;
2. door de concentratieniveaus te verlagen.

ad 1. Met intermitterend bedienen wordt bedoeld dat de apparatuur volgens een vast schakelpatroon wordt in- en uitgeschakeld. Tijdens de periodes waarin de apparatuur is uitgeschakeld wordt gebruik gemaakt van het feit dat koper- en zilverionen accumuleren in de biofilm van de leidingwaterinstallatie. In de literatuur zijn aanwijzingen gevonden waaruit blijkt dat er inderdaad sprake is van een dergelijke depotwerking [Liu *et al*].

ad 2. Op grond van bestaande ervaringen dienen volgens leveranciers in het te behandelen water concentratieniveaus te worden bereikt voor koper tussen 300 en 500 µg/l en voor zilver tussen 30 en 50 µg/l [KWR rapport 03.039]. Er zijn aanwijzingen dat ook lagere concentratieniveaus kunnen worden toegepast met (tijdelijk) behoud van effectiviteit [Rohr *et al*].

In de periode van mei 2004 tot eind 2005 is in het kader van het VROM-project naar alternatieve technieken op drie locaties van de Rijksgebouwendienst onderzoek gedaan naar toepassing van koper/zilver-ionisatie [KWR rapport 05.066]. De resultaten van dat onderzoek zijn hier gebruikt als referentie. Het betreft de volgende locaties:

- PI Hoogvliet (leverancier Ateca);
- PI Zoetermeer (leverancier Hatenboer-water);
- PI Krimpen aan de IJssel (leverancier Hatenboer-water).

Uitgaande van deze drie locaties is in tabel 1 per locatie de onderzoeksofzet weergegeven voor voortzetting van het onderzoek gedurende een extra periode van één jaar.

tabel 1. Overzicht van onderzoeksaspecten per onderzoekslocatie

Locatie	onderzoeksaspect	Uitvoering
PI Hoogvliet	reductie van concentratieniveaus voor koper/zilver	<u>0 – ½ jaar</u> reductie concentraties Cu en Ag met 50 % t.o.v. referentie (2005) <u>½ - 1 jaar</u>

		<i>bij goed resultaat:</i> verdere reductie tot 75 % t.o.v. referentie (2005) <i>bij slecht resultaat:</i> reductie concentraties Cu en Ag met 25 % t.o.v. referentie (2005)
PI Zoetermeer	installatie intermitterend bedrijven	<u>0 - ½ jaar</u> 2 weken aan/ 2 weken uit <u>½ - 1 jaar</u> <i>bij goed resultaat:</i> 2 weken aan/ 4 weken uit <i>bij slecht resultaat:</i> 1 dag aan/ 1 dag uit
PI Krimpen	geen wijzigingen in instellingen	referentie

Wijzigingen in concentratieniveaus zijn door de leverancier gerealiseerd door het aanpassen van de stroomsterkte ten opzichte van de referentiesituatie. Variatie van de bedrijfsperioden zijn door de leverancier gerealiseerd door de installatie via de besturing of een tijdschakelaar aan en uit te schakelen.

tabel 2. Gewenste koper- en zilverconcentraties op PI Hoogvliet

	Referentie VROM project (2005)	gewenste concentratieniveau in dit onderzoek		
		0 - ½ jaar	½ - 1 jaar bij goed resultaat	½ - 1 jaar bij slecht resultaat
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
koper	295 ± 134	148 ± 67	74 ± 34	220 ± 100
zilver	55 ± 33	28 ± 17	14 ± 8	41 ± 25

In tabel 2 is voor de onderzoekslocatie PI Hoogvliet aangegeven wat de gewenste concentratieniveaus zijn voor koper en zilver tijdens dit onderzoek. Hierbij is uitgegaan van de concentratieniveaus zoals gerealiseerd tijdens de VROM-pilot in 2005.

2.2 Monitoringsprogramma

Het onderzoek is beperkt tot de meetpunten waarop tijdens het VROM-onderzoek ten minste éénmaal een legionellabesmetting is vastgesteld.

In tabel 3 is een overzicht gegevens van de meetpunten die eens per maand zijn bemonsterd. Voor de locatie PI Krimpen is een extra meetpunt direct achter de koper/zilver-ionisatie toegevoegd aan de lijst. In de tabel zijn alle meetpunten die zich direct achter de apparatuur bevinden vet gedrukt. Omdat het geen gebruikspunten zijn, zijn ze niet meegenomen bij het berekenen van het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten in dit onderzoek.

Op locatie Zoetermeer is zoveel mogelijk bemonsterd aan het einde van de periode waarin de installatie uitgeschakeld is geweest.

tabel 3. Overzicht meetpunten aanvullend onderzoek

Meetpunt	PI Hoogvliet	PI Zoetermeer	PI Krimpen
1	Inkomend water technisch ruimte na Orca	Afd. D, A2-03 (A-2) tappunt 2	Douche badafdeling
2	C3-60 wastafel	Afd. A, B2-10(B-2), tappunt 7	Pers. Douche afd. G
3	B0-70 werkkast UG	Afd. C, D3-05 (D-3) , tappunt 4	Werkplaats TD J2 03
4	D1-61 doucheruimte No. 26	OBS C1-27a (E-1), tappunt 13	Pers. Douche magazijn
5	D2-64 doucheruimte no. 39	BZT, F0-50 (F-0), tappunt 35	Douche op cel F307
6	C3-60 doucheruimte no. 48	Sport, B0-10 (B-0), tappunt 20	Douche op cel B105
7	D2-64 wasruimte	Lockers, A0-22 (F-0), tappunt 7	Douche op cel D211
8		Afd. G, Ds3-05, Ds3, tappunt 4	Douche op cel G104
9		Sport, Bs0-10, Bs-0, tappunt 20	Sportdouche unit 1 HH 41
10		Hydrofooruimte, As-0 na Cu/Ag	Meetpunt achter Cu/Ag[#]
11		Afd. H, Bs2-10 (Bs-2), tappunt 7	

nieuw meetpunt

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de parameters die zijn geanalyseerd tijdens dit aanvullende onderzoek. Hierbij ligt de focus op de effectiviteit van de koper/zilver-ionisatie. De optredende neveneffecten die al zijn onderzocht tijdens het VROM-onderzoek zullen naar verwachting gelijk blijven of afnemen.

Voor alle parameters geldt dat dezelfde bemonsterings- en analysemethoden zijn toegepast als tijdens het VROM-onderzoek in 2005.

tabel 4. Overzicht van de geanalyseerde parameters per meetpunt

parameter
<i>Legionella</i>
Koloniegetal 22 °C
Temperatuur voor en na monsterneming
Koper
Zilver

Ook in dit vervolgonderzoek zijn alle bemonsteringen door C-Mark (Eurofins) en alle analyses door het Vitens Laboratorium uitgevoerd.

3 Resultaten

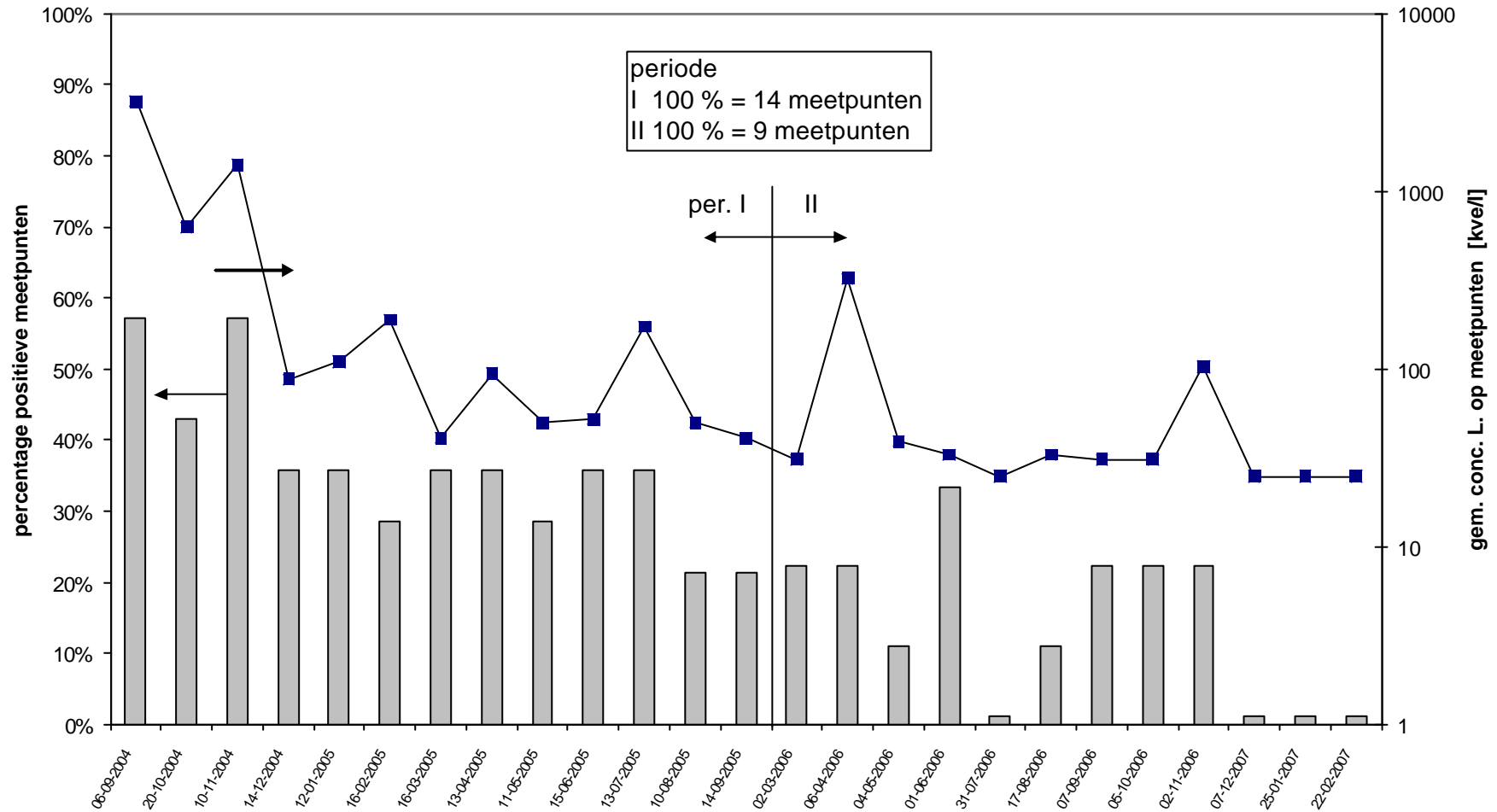
3.1 PI Krimpen: geen wijzigingen ten opzichte van de referentie

De locatie PI Krimpen (pilot 4) is in dit vervolgonderzoek meegenomen als referentielocatie. Uitgangspunt hierbij was dat de bedrijfsperioden van de koper/zilver-ionisatie en/of de concentratieniveaus voor koper en zilver tijdens het verloop van dit vervolgonderzoek in principe niet gewijzigd zouden worden. Door locale omstandigheden moest hier echter van worden afgeweken. Sinds januari 2006 wordt men in de bakkerij in de vroege ochtenduren geconfronteerd met troebel, grijsgrauw water. Er is op dat moment van de dag sprake van een aanzienlijk waterverbruik op een tijdstip dat er nog geen andere gebruikers zijn. Analyses hebben aangetoond dat de concentraties koper en zilver aanzienlijk zijn verhoogd (> 1 mg/l voor koper en 0,75 mg/l voor zilver). Op grond van deze problemen is besloten om tijdelijk een spuiregime in te stellen en de aansluiting van de aanvoerleiding naar de bakkerij te verplaatsen van onder op de hoofdleiding naar boven op die leiding. Bovendien is besloten om voor de koper/zilver-ionisatie een intermitterend bedrijf in te stellen, waarbij de unit tussen 21:00 uur en 9:00 uur uit bedrijf wordt genomen (met behulp van een schakelklok). Deze situatie gold in de periode van 10 februari 2006 tot en met 31 oktober 2006 en is vervolgens vanaf 1 februari 2007 opnieuw ingesteld. Volgens de leverancier houden de problemen verband met de hoge organische belasting van het water ter plaatse. Mogelijk is er sprake van complexering van metaalionen aan het organisch materiaal. Al eerder is geconstateerd dat de elektroden op deze locatie in vergelijking met andere locaties snel verontreinigd raken. In verband hiermee zijn er al voor de start van dit onderzoek zakkenfilters geplaatst vóór de koper/zilver-ionisatie (filtratiegraad 1 µm). Deze zakkenfilter raken relatief snel verstopt met organisch materiaal.

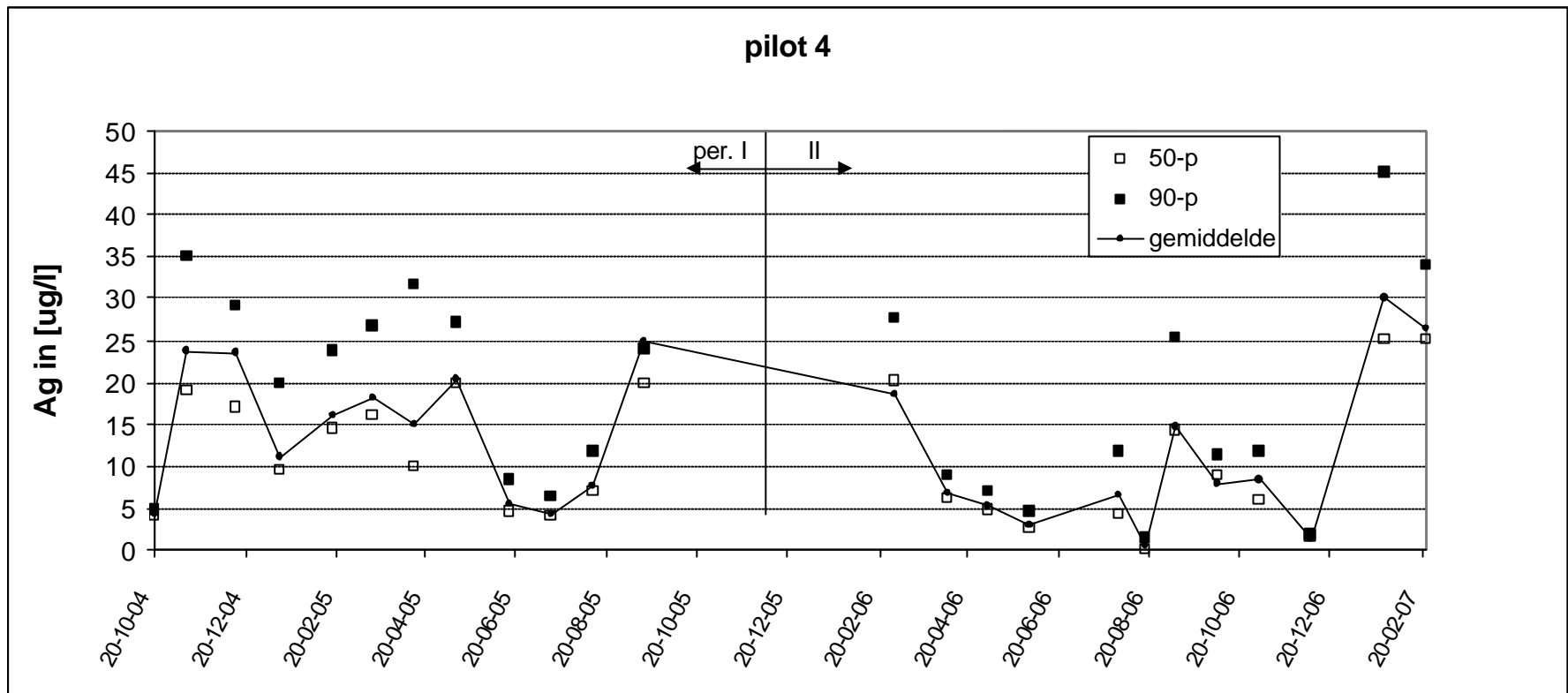
Naast het instellen van intermitterend bedrijf, in verband met de problemen in de bakkerij, is de bedrijfsvoering van de koper/zilver-ionisatie nog op twee andere momenten bijgesteld:

- Op 17 augustus 2006 is er sprake van zeer lage zilverconcentraties op de meetpunten. Bij inspectie is vastgesteld dat de elektroden verbruikt zijn. Op 5 september 2006 is op de locatie een nieuwe flowcel geplaatst en ingeregeld. De elektroden van de nieuwe flowcel hebben een andere samenstelling van de legering, namelijk 50 % koper/50 % zilver. Dit was voorheen 70/30. Om vergelijkbare concentratieniveaus te kunnen bereiken als in de periode voor vervanging zijn om die reden de instellingen van de apparatuur enigszins aangepast.
- Op 4 en 25 januari 2007 is de flowcel gereinigd en op 25 januari heeft tevens een wijziging in de instelling plaatsgevonden omdat tijdens de voorafgaande bemonsteringen sprake was van een geleidelijke daling van de zilverconcentraties.

pilot 4



figuur 1 Verloop van het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten voor de looptijd van pilot 4 tijdens het VROM-onderzoek (periode I) en dit vervolgonderzoek (periode II)



figuur 2 Verloop van de zilverconcentratie (50-percentiel, 90-percentiel en de gemiddelde waarde van alle meetpunten) voor de looptijd van pilot 4 tijdens het VROM-onderzoek (periode I) en het vervolgonderzoek (periode II)

In figuur 1 is het verloop van de pilot weergegeven in de periode van het VROM-onderzoek (periode I) en in de periode van dit vervolgonderzoek (periode II). Het betreft het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten tijdens de pilot. Hieruit blijkt dat tijdens dit vervolgonderzoek de trend uit de VROM-periode is voortgezet waarbij het percentage positieve meetpunten verder is gedaald totdat uiteindelijk op geen enkele meetpunt meer *Legionella* is aangetroffen.

Uit figuur 2 blijkt dat in dit vervolgonderzoek (periode II) de gemiddelde concentratie zilver op de meetpunten een grillig verloop kent, vergelijkbaar met de situatie in periode I tijdens het VROM-onderzoek. Enerzijds wordt dat veroorzaakt door het opraken van de elektroden in augustus 2006 waardoor vervanging nodig was van de flowcel, anderzijds door de vervuiling van de elektrodes door organisch materiaal (ondanks de toepassing van zakkenfilters). Uit de gegevens in tabel 5 blijkt dat de gemiddelde concentratieniveaus voor zilver voor beide onderzoeksperiodes goed overeenkomen. Bij koper is wel sprake van een afname van de gemiddelde concentratie in periode II. Bij een gelijkblijvende gemiddelde concentratie voor zilver en een nieuwe flowcel met een andere samenstelling (50/50 in plaats van een verhouding van 70/30 voor koper/zilver) is daar een aanwijsbare oorzaak voor.

tabel 5. Gemiddelde waarden en 90-percentiel voor de zilver- en koperconcentratie op basis van alle meetwaarden tijdens periode I en II van pilot 4

		periode I VROM-onderzoek	periode II dit onderzoek
Ag	concentratie in ug/l	14,5 ± 12	11 ± 12
	90-percentiel	26,3	25,6
Cu	concentratie in ug/l	323 ± 131	181 ± 99
	90-percentiel	476	316

3.2 PI Hoogvliet: reductie van de koper- en zilverconcentraties

Op de locatie PI Hoogvliet (pilot 15) is onderzocht of het mogelijk is de koper/zilver-concentraties verder te verlagen zonder verlies van effectiviteit.

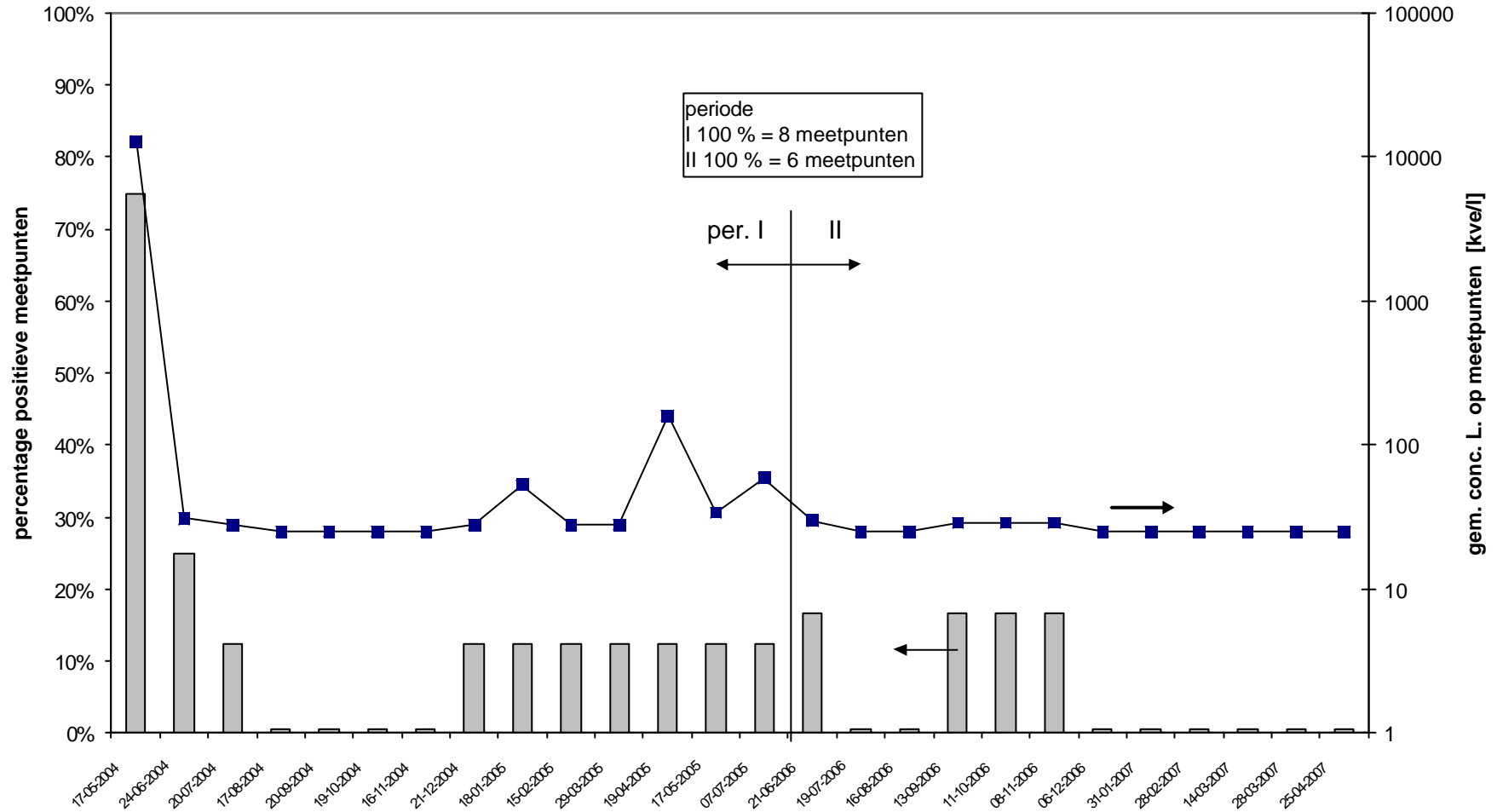
Uit figuur 4 kan worden opgemaakt dat de leverancier er in is geslaagd om de zilverconcentraties in het vervolgonderzoek op een lager niveau te brengen. De waarden in deze figuur zijn berekend op grond van de zilverconcentraties op alle meetpunten van de pilot die als tappunten in gebruik zijn. Omdat in dit geval eveneens direct na de koper/zilver-ionisatie is bemonsterd, is het ook mogelijk de koper- en zilveradditie direct uit deze meetwaarden te berekenen. In tabel 6 zijn de resultaten van die berekening weergegeven. Hieruit volgt dat in dit vervolgonderzoek (periode II) gemiddeld gezien de hoeveelheid zilver met 76 % en de hoeveelheid koper met 64 % is gereduceerd. Hiermee is voldaan aan de hoogste doelstelling uit tabel 1.

tabel 6. Gemiddelde waarden en 90-percentiel voor de zilver- en koperconcentratie op basis van de meetwaarden direct na de Cu/Ag-ionisatie tijdens periode I en II van pilot 15

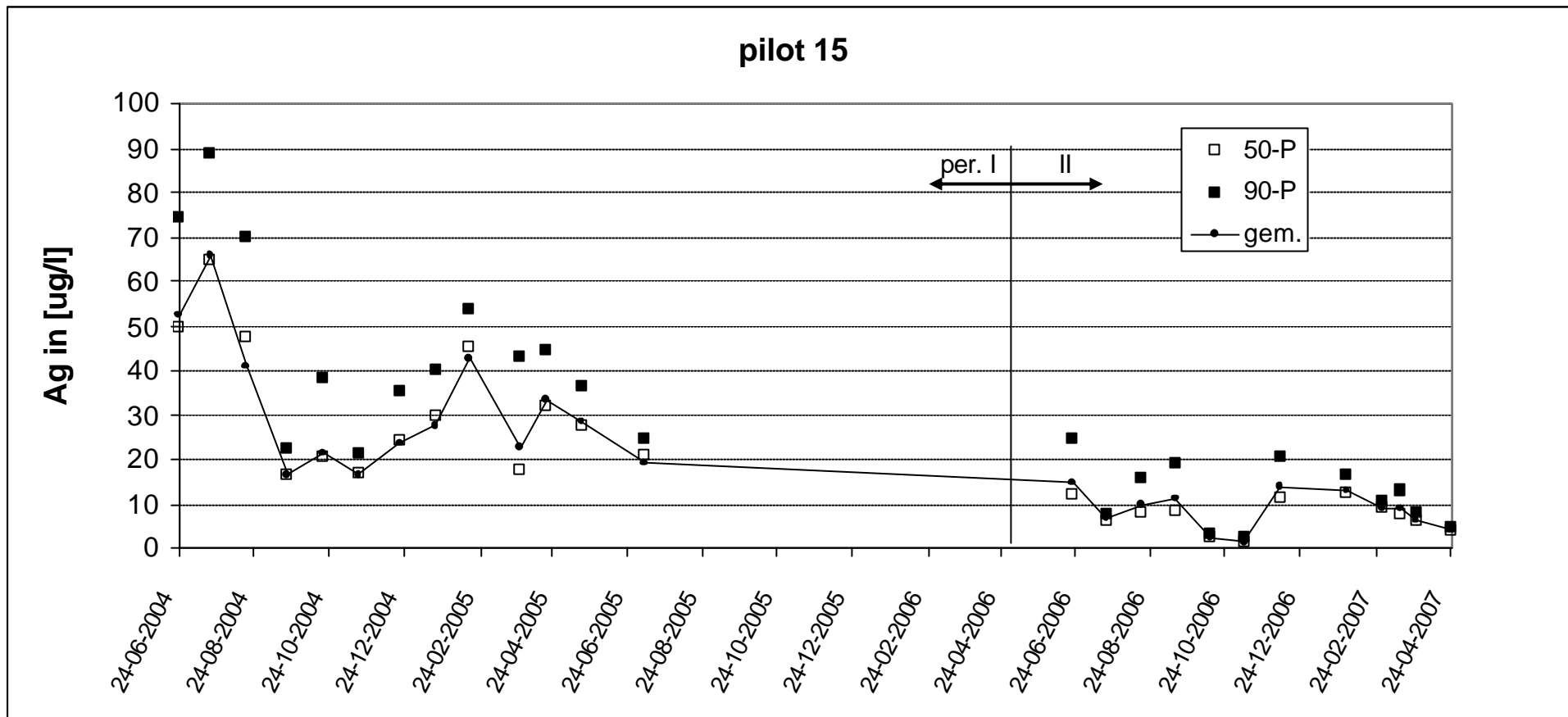
		periode I VROM-onderzoek	periode II dit onderzoek
Ag	concentratie in ug/l	55 ± 32	13 ± 8,6
	90-percentiel	106	24
Cu	concentratie in ug/l	295 ± 134	105 ± 60
	90-percentiel	455	149

Uit figuur 3 blijkt dat het gelukt is om – ondanks de lagere zilver- en koperconcentraties - de effectiviteit van koper/zilverionisatie te behouden. De lichte toename van het percentage positieve meetpunten in periode II komt doordat het aantal meetpunten in het vervolgonderzoek is verlaagd. In absolute zin gaat het nog steeds om één positief meetpunt.

pilot 15



figuur 3 Verloop van het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten voor de looptijd van pilot 15 tijdens het VROM-onderzoek (periode I) en dit vervolgonderzoek (periode II)



figuur 4 Verloop van de zilverconcentratie (50-percentiel, 90-percentiel en de gemiddelde waarde van alle meetpunten) voor de looptijd van pilot 15 tijdens het VROM-onderzoek (periode I) en het vervolgonderzoek (periode II)

3.3 PI Zoetermeer: intermitterend bedrijven

Op de locatie PI Zoetermeer (pilot 14) is de koper/zilver-ionisatie intermitterend bedreven. Aanvankelijk was de planning om de installatie om de twee weken in en uit bedrijf te nemen. Bij de start van dit vervolgonderzoek is echter vastgesteld dat de koper/zilver-ionisatie in storing stond. De leverancier heeft niet kunnen achterhalen hoelang de installatie buiten bedrijf is geweest. Mogelijk gaat het om de gehele periode van 3 maanden sinds de laatste bemonstering van het VROM-onderzoek in november 2005. Hierdoor is dit onderzoek niet gestart vanuit de gewenste referentiesituatie zoals die aan het eind van het VROM-onderzoek was bereikt.

De eerste bemonstering van het vervolgonderzoek op 21 februari 2006 laat dan ook een slecht resultaat zien dat overeenkomt met de nulmeting van het VROM-onderzoek in november 2004. Besloten is om tot 10 april 2006 de installatie continu in bedrijf te laten en op dat moment te starten met het intermitterend bedrijven.

De bemonsteringen op 24 april, 22 mei, 19 juni en 17 juli 2006 zijn telkens uitgevoerd aan het eind van de periode waarin de installatie 2 weken in bedrijf en vervolgens 2 weken uit bedrijf is geweest.

Op grond van de resultaten van deze 4 bemonsteringen, waarbij sprake is van een langzame stijging van de gemiddelde concentratie *Legionella* op de meetpunten, is geconcludeerd dat de ingestelde condities (2 weken aan/2 weken uit) niet leiden tot een stabiele situatie. Vervolgens is de installatie gedurende een periode van 2 maanden weer continu in bedrijf gesteld om de situatie te herstellen (bemonsteringen van 11 september en 9 oktober 2007).

Vanaf 12 oktober is een regime ingesteld waarbij de installatie via een schakelklok telkens 24 uur in bedrijf en 24 uur uit bedrijf is. Onder deze conditie zijn 4 bemonsteringen uitgevoerd (6 november en 11 december 2006, 8 januari en 12 februari 2007).

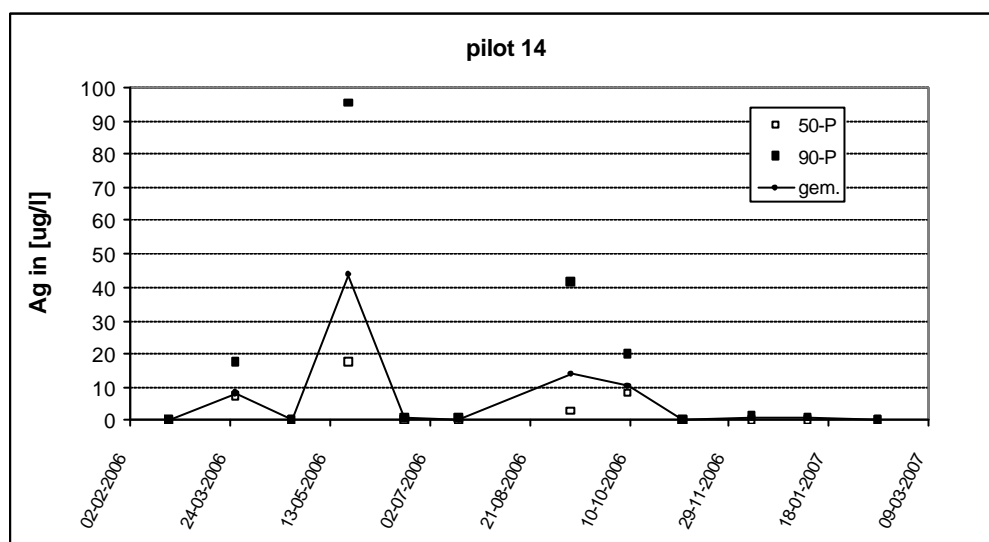
In figuur 6 is het verloop van de pilot weergegeven in de periode van het VROM-onderzoek (periode I) en in de periode van dit vervolgonderzoek (periode II). Het betreft het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten tijdens de pilot.

Uit figuur 6 blijkt onder andere:

- dat 3 maanden na afronden van de VROM-pilot op 7 november 2005 de toestand van de installatie weer terug is op het niveau van de nulmeting op 23 november 2004. Als wordt aangenomen dat de installatie gedurende die hele periode buiten bedrijf is geweest, kan worden vastgesteld dat de depotwerking voor koper en zilver in deze installatie beperkt is tot een periode die ruimschoots korter is dan 3 maanden.

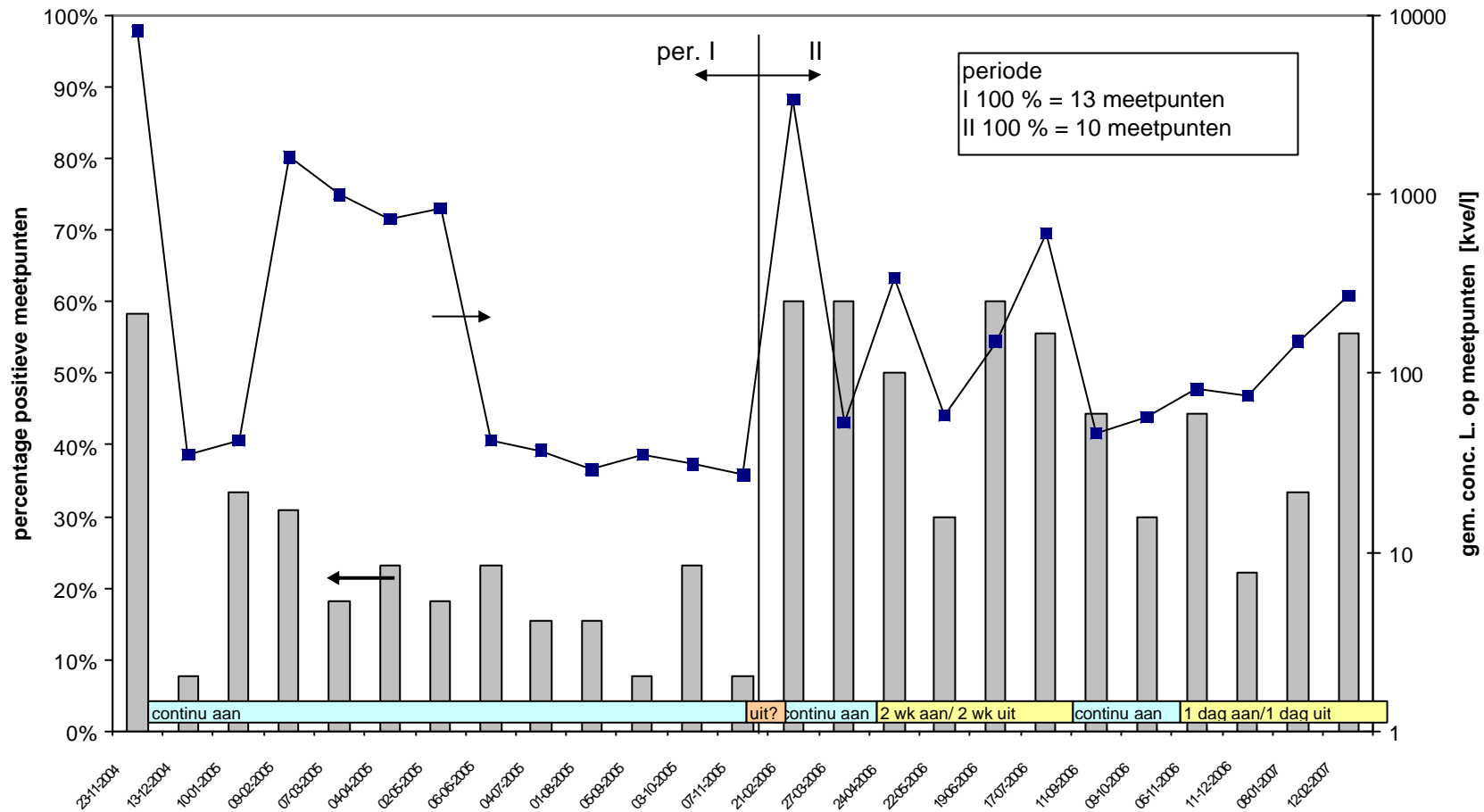
- dat het intermitterend bedrijven van de koper/zilver-ionisatie op deze locatie - 2 weken aan gevolgd door 2 weken uit – aanleiding geeft tot een langzame toename van de gemiddelde concentratie *Legionella* op de meetpunten en een lichte toename in het percentage positieve meetpunten.
- dat het intermitterend bedrijven van de koper/zilver-ionisatie op deze locatie - 1 dag aan gevolgd door 1 dag uit – eveneens leidt tot een langzame toename van de gemiddelde concentratie *Legionella* op de meetpunten en een lichte toename in het percentage positieve meetpunten.

Tijdens het intermitterend bedrijven van de installatie is de bemonstering uitgevoerd aan het einde van de periode waarin de installatie buiten bedrijf was. Uit figuur 5 blijkt dan ook dat op de meeste meetpunten in die periodes geen zilver kon worden gemeten.



figuur 5 Verloop van de zilverconcentratie (50-percentiel, 90-percentiel en de gemiddelde waarde van alle meetpunten) tijdens het vervolgonderzoek voor pilot 14.

pilot 14



figuur 6 Verloop van het percentage positieve meetpunten en de gemiddelde concentratie *Legionella* op alle meetpunten voor de looptijd van pilot 14 tijdens het VROM-onderzoek (periode I) en dit vervolgonderzoek (periode II)

4 Discussie

Vermindering van de gebruikte koper- en zilverhoeveelheden bij toepassing van koper/zilver-ionisatie kan op twee manieren worden gerealiseerd:

- door de installatie intermitterend te bedrijven;
- door de concentratieniveaus voor koper en zilver te verlagen.

Intermitterend bedrijf van koper/zilver-ionisatie is toegepast in het vervolgonderzoek op de PI Zoetermeer. Daarbij zou de eindsituatie van de VROM-pilot als startpunt worden genomen. Door uitval van het apparaat voor de start van dit vervolgonderzoek is dat echter niet gelukt. Om die reden is de installatie eerst gedurende een periode van 6 weken continu in bedrijf geweest. Vervolgens is gestart met het intermitterende bedrijf, aanvankelijk volgens de schakeling 2 weken aan/2 weken uit en daarna 1 dag aan/1 dag uit. Beide situaties bleken op deze locatie niet succesvol. In beide gevallen moet worden vastgesteld dat er sprake is van een geleidelijke toename van de gemiddelde legionellaconcentraties op de meetpunten. Het is niet duidelijk in hoeverre de 'valse start' deze resultaten negatief heeft beïnvloed. Het is wel aannemelijk dat enige tijd nodig is om een depot voor koper en zilver op te bouwen in de installatie. Wellicht is daarvoor de periode van 6 weken te kort geweest. Dat er toch sprake is van een depotwerking blijkt uit de vergelijking van de gevolgen van het uitschakelen van de chloordosering bij de start van de VROM-pilot één week voor de nulmeting (linker staaf in figuur 6) en het effect van twee weken uitschakelen van de koper/zilver-ionisatie. In het laatste geval is de toename van het gemiddeld concentratieniveau op alle meetpunten aanzienlijk lager dan in het eerste geval (verschil is ongeveer 1 log eenheid).

Onbedoeld is ook op de referentielocatie PI Krimpen intermitterend bedrijf toegepast. Beide vormen van intermitterend bedrijf zijn echter niet vergelijkbaar aangezien bij PI Krimpen de apparatuur alleen 's nachts is uitgeschakeld, dat wil zeggen gedurende de uren met minimaal verbruik. De noodzaak voor intermitterend bedrijf op de locatie PI Krimpen komt voort uit kwaliteitsproblemen met het drinkwater in de bakkerij op de locatie. Het verdient aanbeveling nader te onderzoeken wat de achterliggende oorzaak is geweest zodat vergelijkbare problemen op andere locaties kunnen worden voorkomen. In ieder geval kan men vaststellen dat het verstandig is om de flowproportionaliteit van de koper/zilver-installatie zo in te stellen dat er gedurende de uren van zeer laag verbruik (in dit specifieke geval tijdens de nacht) geen dosering van koper en zilver plaatvindt. Deze conclusie lijkt temeer gerechtvaardigd aangezien de uitschakeling 's nachts bij PI Krimpen geen negatieve gevolgen heeft gehad voor de effectiviteit van de koper/zilver-ionisatie. De trend die was ingezet tijdens de VROM-periode heeft zich tijdens dit onderzoek voortgezet met als uiteindelijk resultaat geen meetpunt meer waar *Legionella* is aangetroffen.

Op PI Hoogvliet is een substantiële reductie bereikt van de concentratieniveaus voor koper (- 65 %) en zilver (- 76 %) ten opzichte van de referentiesituatie tijdens het VROM-onderzoek zonder dat hierdoor de effectiviteit van de techniek negatief is beïnvloed.

5 Conclusies en aanbevelingen

1. Dit onderzoek toont aan dat in een complexe leidingwaterinstallatie - die aanvankelijk als verdacht is aangemerkt en waarin gedurende een jaar koper- en zilverconcentraties zijn toegepast die overeenkomen met de advieswaarden - koper/zilver-ionisatie effectief kan worden toegepast bij een zilveradditie van 10 µg/l en een koperadditie van 100 µg/l koper. Hierdoor wordt het verbruik van koper en zilver met gemiddeld 75 % verminderd in vergelijking met de gebruikelijke adviesconcentraties (30 tot 50 µg/l voor zilver respectievelijk 300 tot 500 µg/l voor koper).
2. Behoud van effectiviteit van koper/zilver-ionisatie bij het intermitterend bedrijven van de installatie kon in dit onderzoek niet worden aangetoond. Zowel bij een lang interval (2 weken aan/2 weken uit) als bij een kort interval (1 dag aan/1 dag uit) was er sprake van een geleidelijke toename van de legionellaconcentraties op de meetpunten. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de complexe leidingwaterinstallatie - die aanvankelijk als verdacht is aangemerkt - op het moment van de start van dit (vervolg)onderzoek geen sprake was van een ideale beheerssituatie.
3. Ondanks het feit dat in de complexe leidingwaterinstallatie - die aanvankelijk als verdacht is aangemerkt - niet gestart is vanuit een ideale beheerssituatie (zie conclusie 2) kon indirect toch de depotwerking van koper/zilver-ionisatie worden aangetoond. De depotwerking blijkt uit de vergelijking tussen de nulmeting bij aanvang van de VROM-pilot - één week na het uitschakelen van de chloordosering - en de metingen aan het einde van een periode waarin de koper/zilver-ionisatie 2 weken uit bedrijf is geweest. In dat laatste geval is de toename van de legionellaconcentraties op de meetpunten gemiddeld een factor 10 lager dan na stopzetten van de chloordosering.
4. Het verdient in algemene zin aanbeveling om de flowproportionaliteit van de koper/zilver-installatie zo in te stellen dat er op momenten van zeer gering waterverbruik geen koper en zilver worden gedoseerd (drempelwaarde instellen). Deze drempelwaarde zou bijvoorbeeld 10 % van het gemiddelde dagverbruik kunnen bedragen (bij een waterverbruik van 40 m³/dag gemiddeld, betekent dit een drempelwaarde van 2,8 liter/minuut).
5. Op grond van de resultaten van dit onderzoek wordt aanbevolen om – vanuit een ideale beheerssituatie - de hoeveelheid koper en zilver gebruikt bij toepassing van koper/zilver-ionisatie te verminderen door het verlagen van de concentratieniveaus van beide metalen. Deze methode heeft de voorkeur boven het intermitterend bedrijven van de installatie.

6 Referenties

Kiwa Water Research. Rapport KWR 05.066. *Evaluatie van praktijktesten met alternatieve technieken voor legionellapreventie. Koper/zilver-ionisatie, anodische oxidatie (waaronder elektrodiagramalyse), pasteurisatie en ultrafiltratie.* Mei 2006. In opdracht van het Ministerie van VROM.

Kiwa Water Research. Rapport KWR 03.039. *Kritische aspecten van alternatieve technieken voor Legionella-preventie. Naar een richtlijn ter beoordeling van alternatieve technieken voor legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater.* April 2003. In opdracht van het Ministerie van VROM.

Liu, Z., J.E. Stout, M. Boldin, J. Rugh, W.F. Diven, V/L. Yu. Intermittent use of copper-zilver ionization for *Legionella* control in water distribution systems: a potential option in buildings housing individuals at low risk of infection. *Clinical Infectious Diseases.* 1998; vol. 26 (138 – 140).

Rohr, U., M. Senger, F. Selenka, R. Turley, M. Wilhelm. Four years of experience with silver-copper ionization for control of *Legionella* in a German university hospital hot water plumbing system. *Clinical Infectious Diseases.* Vol. 19 (1507 – 1511), 1999.

I Analysegegevens

pilot 4 Krimpen a/d IJssel		VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt	nulmeting 06-09-2004	laatste meting 14-09- 2005	02-03- 2006	06-04- 2006	04-05- 2006	01-06- 2006	31-07- 2006	17-08- 2006	07-09- 2006	05-10- 2006	02-11- 2006	07-12- 2006	25-01- 2007	22-02- 2007
1	douche badafdeling														
	Legionella kve/l	35500	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C kve/ml		8	26	12	15	7	6	12	3	9	21	6	11	3
	koper ug/l	245	340	190	187	198	127	300	164	96	56,5	39,5	129	257	325
	zilver ug/l	< 2	24	27,3	14,1	5,1	2,96	5,55	1,96	24,4	3,3	23,8	1,81	26,5	30,2
	totale hardheid mmol/l														
	pH														
	kleur mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings FTE	0,14	1,2												
	Temperatuur °C	38,5	24	34	34	27	25	30	24	24,5	35	28	33	31	25
2	pers douche afd C														
	Legionella kve/l	< 50	< 50												
	koloniegetal 22 °C kve/ml	240	3												
	koper ug/l	181	270												
	zilver ug/l	< 2	20												
	totale hardheid mmol/l														
	pH														
	kleur mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings FTE	0,09	0,39												
	Temperatuur °C	34													
3	per douche afd G														
	Legionella kve/l	850	< 50	< 50	2700	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C kve/ml	170	6	4	< 1	16	< 1	34	11	< 1	3	9	24	5	1

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot														
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting	laatste meting													
			06-09-2004	14-09-2005	02-03-2006	06-04-2006	04-05-2006	01-06-2006	31-07-2006	17-08-2006	07-09-2006	05-10-2006	02-11-2006	07-12-2006	25-01-2007	22-02-2007	
4	koper	ug/l	174	300	205	152	165	153	206	154	83	57,8	41,2	132	256	322	
	zilver	ug/l	< 2	20	21	6,3	6,5	1,2	2,5	< 1,0	28,7	9,8	6,9	1,46	25,2	34,8	
	totale hardheid	mmol/l															
	pH	-															
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5													
	troebeling	FTE	0,12	0,44													
	Temperatuur	°C	35,5	31	34,5	31,5	24	34	31	24	34	35	25	39	29,5	31	
	werkplaats TD J2 03																
	Legionella	kve/l	550	50	50	< 50	150	50	< 50	100	50	50	700	< 50	< 100	< 100	
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	30	< 1	1	3	1	4	< 1	< 1	< 1	1	11	28	9	< 1	
5	koper	ug/l	54	230	183	181	184	102	88	75,6	67	38,5	16,2	30	409	356	
	zilver	ug/l	< 2	81	6,4	6	7	1,23	9	< 1	4,6	8,9	4,65	< 1	78,4	23	
	totale hardheid	mmol/l															
	pH	-															
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5													
	troebeling	FTE	0,25	0,16													
	Temperatuur	°C	20	20	9	13,5	14	14,5	22	20	19	20	15,5	14,5	11	14,5	
	pers douche magazijn																
	Legionella	kve/l	< 120	200	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100	
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	800	19	2	9	95	65	23	120	2	60	32	7	10	< 1	
koper	ug/l	211	230	183	172	156	150	263	126	58,4	47,2	36	82	262	294		
zilver	ug/l	< 2	18	14,2	7,4	4,33	3,5	3,4	< 1,0	9,9	10,7	8,4	1,13	23,7	29,5		

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting 06-09-2004	laatste meting 14-09- 2005	02-03- 2006	06-04- 2006	04-05- 2006	01-06- 2006	31-07- 2006	17-08- 2006	07-09- 2006	05-10- 2006	02-11- 2006	07-12- 2006	25-01- 2007	22-02- 2007
6	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings	FTE	0,14	0,39												
	Temperatuur	°C	34	33,5	42	28,5	32	36,5	32	29,5	37	33	23	35	32	35
	douche op cel F307															
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		2	< 1	5	60	12	27	11	1	< 1	3	11	18	2
	koper	ug/l	285	370	248	254	211	270	319	253	106	90,4	46,9	222	298	401
	zilver	ug/l	< 2	19	20,2	5,7	4,34	8,3	23,1	1,33	6,5	13,7	5,9	1,57	5,5	21,2
7	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings	FTE	0,46	2												
	Temperatuur	°C	39	26	34	30	23,5	34	27	32	28,5	30	28	37	29,5	24
	douche op cel B105															
	Legionella	kve/l	800	< 50	50	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		< 1	1	1	1	1	1	15	19	4	< 1	100	29	8
	koper	ug/l	204	270	231	164	168	164	188	154	72,1	50,4	36,2	155	243	300
	zilver	ug/l	< 2	24	29,1	4,3	4,8	2,4	3,6	< 1,0	15,5	6,6	8,8	2,1	24,7	33,8
totale hardheid	mmol/l															
pH	-															

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting	laatste meting												
			06-09-2004	14-09-2005	02-03-2006	06-04-2006	04-05-2006	01-06-2006	31-07-2006	17-08-2006	07-09-2006	05-10-2006	02-11-2006	07-12-2006	25-01-2007	22-02-2007
8	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings	FTE	0,15	0,75												
	Temperatuur	°C	38,5	25,5	39	34,5	29,5	34,5	29	28	30	38	24	35,5	30	20
	douche op cel D211															
	Legionella	kve/l	5400	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		< 1	130	110	375	550	20	21	3	3	7	22	5	14
	koper	ug/l	304	330	250	244	216	170	217	190	101	74	47,7	164	266	336
	zilver	ug/l	< 2	20	15	5,5	4,81	2,1	4,2	< 1,0	12,4	7,7	5,6	1,58	36,6	25,2
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
9	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebelings	FTE	0,09	0,31												
	Temperatuur	°C	33,5	25,5	38	29	24	32	28	31,5	24	34	21,5	39,5	35	25
	douche op cel G104															
	Legionella	kve/l	1100	50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	200	7	3	6	1	4	2	5	2	2	< 1	95	8	3
	koper	ug/l	196	330	196	170	172	172	204	166	72,4	62,6	40	165	250	296
	zilver	ug/l	< 2	19	21,5	7,5	7,6	1,6	4,3	< 1,0	15,2	1,91	5,63	1,4	21,7	19,9
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5													
troebelings	FTE	0,17	0,28													

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting 06-09-2004	laatste meting 14-09- 2005	02-03- 2006	06-04- 2006	04-05- 2006	01-06- 2006	31-07- 2006	17-08- 2006	07-09- 2006	05-10- 2006	02-11- 2006	07-12- 2006	25-01- 2007	22-02- 2007
10	Temperatuur	°C	32	26	38	29,5	31,5	38	27	31	29	35	28	37	34	22
	douche op cel E210															
	Legionella	kve/l	300	< 50												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		1												
	koper	ug/l	214	380												
	zilver	ug/l	< 2	23												
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebeling	FTE	0,11	0,69												
11	Temperatuur	°C	33	25,5												
	douche op cel I114															
	Legionella	kve/l	< 50	< 50												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	750	5												
	koper	ug/l	749	390												
	zilver	ug/l	< 2	21												
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebeling	FTE	0,14	0,41												
12	Temperatuur	°C	37	25,5												
	douche op cel J114															

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting 06-09-2004	laatste meting 14-09- 2005	02-03- 2006	06-04- 2006	04-05- 2006	01-06- 2006	31-07- 2006	17-08- 2006	07-09- 2006	05-10- 2006	02-11- 2006	07-12- 2006	25-01- 2007	22-02- 2007
13	Legionella	kve/l	< 50	< 50												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	950	7												
	koper	ug/l	302	320												
	zilver	ug/l	< 2	22												
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebeling	FTE	0,12	0,51												
	Temperatuur	°C	35,5	23,5												
	sportd. Unit 1 HH 41															
14	Legionella	kve/l	150	< 50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 50	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		1	18	3	10	11	2	5	3	2	20	16	< 1	< 1
	koper	ug/l	349	320	275	258	302	252	333	314	86,7	86	67	351	351	464
	zilver	ug/l	< 2	20	11,3	5,1	3,26	2,57	3,25	1,14	14,3	9	5,6	1,57	29,4	21,1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-		8,1												
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebeling	FTE	0,09	0,36												
	Temperatuur	°C	30,5	24	33	27	29,5	35	37	28,5	37	35	31	37,5	37	27,5
	sportd. Unit 2 HG 41															
Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100	
koloniegetal 22 °C	kve/ml		6	1	5	3	9	8	14	33	9	33	45	4	< 1	

pilot 4 Krimpen a/d IJssel			VROM pilot													
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting 06-09-2004	laatste meting 14-09- 2005	02-03- 2006	06-04- 2006	04-05- 2006	01-06- 2006	31-07- 2006	17-08- 2006	07-09- 2006	05-10- 2006	02-11- 2006	07-12- 2006	25-01- 2007	22-02- 2007
	koper	ug/l	534	330	335	50,1	219	52	19,9	113	102	21	21,8	< 10	344	159
	zilver	ug/l	< 2	19	55,2	13,2	5,4	3,3	2,3	< 1,0	8,83	1,9	6,9	< 1	45,8	1,26
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-		8,1												
	kleur	mg/l Pt/Co	3	< 5												
	troebeling	FTE	0,14	0,36												
	Temperatuur	°C	37,5	38,5	7	10,5	13,5	14,5	22	18,5	18	17,5	15	13	10	11,5

pilot 14 PI Zoetermeer		VROM pilot		na lange							12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit				
meetpunt	omschrijving meetpunt	nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit
		23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007
1	Afd D., A2-03 (A-2) tappunt 2														
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	100	< 50	< 50	< 50	<50	<50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	< 1	< 1	4	< 1	< 1	< 1	< 1	13	< 1	4	12	< 1	4
	koper	ug/l	52	170	94,1	35,3	179	45,3	36,3	107	96,8	71,2	103	81	42,2
	zilver	ug/l	< 2	18	< 1	2,4	< 1	164	< 1	< 1	2,5	8,1	< 1	< 1	< 1
	totale hardheid	mmol/l	1,65												
	pH	-													
	kleur	mg/l Pt/Co		6											
	troebeling	FTE		0,24											
	Temperatuur	°C	28	24	37,5	23	21	30	23	24	21,5	33	28,5	26	32
2	Afd A, B2-10 (B-2), tappunt 7														
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	550	50	150	50	550	950	< 50	200	200	400	450
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	5	< 1	3	< 1	< 1	4	< 1	2	< 1	4	1	1	21
	koper	ug/l	82	210	131	62,5	142	52	112	130	125	89,4	188	94,7	84,3
	zilver	ug/l	< 2	21	< 1	23	< 1	77,3	< 1	< 1	1,96	8,8	< 1	1,15	1,01
	totale hardheid	mmol/l	1,64	1,59											
	pH	-													
	kleur	mg/l Pt/Co		< 5											
	troebeling	FTE		0,56											
	Temperatuur	°C	29	25	35	23	25	29	22	23	27	26	31	23,5	30

pilot 14 PI Zoetermeer		VROM pilot		na lange							12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit				
meetpunt	omschrijving meetpunt	nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit
		23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007
3	Afd. C, D3-05 (D-3), tappunt 4														
	Legionella	kve/l	50	< 50	100	50	< 50	< 50	50	50	< 50	< 50	< 50	< 50	50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	2	< 1	2	5	< 1	2	7	11	4	4	7	14	1
	koper	ug/l	72	140		87	47,2	136	48	79	132	108	95,6	266	45,8
	zilver	ug/l	< 2	3	< 1	16,6	< 1	78,2	< 1	< 1	1,7	5,3	< 1	1,28	< 1
	totale hardheid	mmol/l													
	pH	-													
	kleur	mg/l Pt/Co													
	troebeling	FTE													
	Temperatuur	°C	27	31,5	38	24	21		25,5	23,5	26,5	24,5	25,5	23	31,5
4	Afd. B, E3-05 (E-3), tappunt 4														
	Legionella	kve/l	< 50	< 50											
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	7	5											
	koper	ug/l	95	150											
	zilver	ug/l	< 2	2,5											
	totale hardheid	mmol/l													
	pH	-													
	kleur	mg/l Pt/Co		6											
	troebeling	FTE		0,16											
	Temperatuur	°C	27,5	27											
5	OBS, C1-27a (E-1), tappunt 13														

pilot 14 PI Zoetermeer			VROM pilot		na lange							12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit				
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit
			23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	11-06-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007
	Legionella	kve/l	50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	4	5	4	< 1	< 1	1	1	7	1	< 1	4	22	3	2
	koper	ug/l	55	140		116	27,4	136	30	47,7	86	98,5	72,6	111	55,7	33,1
	zilver	ug/l	< 2	46	< 1	5,6	< 1	20,3	< 1	< 1	1,8	28,2	< 1	< 1,0	< 1	< 1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,38												
	Temperatuur	°C	23	24,5	34	31	31	25,5	27	22	23	33,5	31,5	29,5	32,5	32
6	BZT, F0-50 (F-0), tappunt 35															
	Legionella	kve/l	4700	< 50	< 50	50	< 50	< 50	350	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	10	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	22	110	13	16	3	< 1	
	koper	ug/l	142	120		123	41	137	119	125	255	247	96,5	30	26,3	
	zilver	ug/l	< 2	16	< 1	2,1	< 1	7,7	3,8	1,5	1,5	< 1	< 1	< 1	< 1	
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,23												
	Temperatuur	°C	24,5	22,5	28,5	25,5	22	34	21,5	23,5	28		32	29	28,5	29
7	Sport, B0-10 (B-0), tappunt 20															
	Legionella	kve/l	650	< 50	< 50	< 100	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	100

pilot 14 PI Zoetermeer			VROM pilot		na lange						12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit					
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit
			23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	2	11	< 1	< 1	< 1	4	1	60	< 1	6	7	60	15	43
	koper	ug/l	67	120		69	32,8	126	32,1	47,3	141	185	113	125	79,4	67
	zilver	ug/l	< 2	26	< 1	8,3	< 1	17,5	< 1	< 1	40	10,5	< 1	< 1	< 1	< 1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,29												
	Temperatuur	°C	19,5	19	35,5	16	22	20,5	24	23,5	21	20	23,5	23	23	28
8	Lockers, A0-22 (F-0), tappunt 7															
	Legionella	kve/l	> 100000	50	50	150	450	50	250	150	50	600	200	< 50	100	50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	3	< 1	> 1000	< 1	3	1	< 1	7	13	11	2	1	2	2
	koper	ug/l	117	130		119	81,5	139	50,1	125	164	142	104	136	158	90,9
	zilver	ug/l	< 2	25	< 1	1,78	< 1	13,5	< 1	< 1	47,3	17,4	< 1	< 1	1,44	< 1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		< 5												
	troebeling	FTE		0,21												
	Temperatuur	°C	27,5	27	27,5	37	21	31,5	23	24	25,5	23,5	32	25,5	28	30,5
9	afd. E, As2-03 (As-2), tappunt 2															
	Legionella	kve/l	< 50	< 50												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	550	1												

pilot 14 PI Zoetermeer			VROM pilot		na lange						12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit					
meetpunt	omschrijving meetpunt	nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	
		23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007	
	koper	ug/l	56	150												
	zilver	ug/l	< 2	47												
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,69												
	Temperatuur	°C	22,5	37,5												
10	Afd. G, Ds3-05, Ds-3, tappunt 4															
	Legionella	kve/l	100	< 50	900	50	1800	< 50	50	1500	50	< 50	100	< 50	650	150
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	5	1	3	< 1	20	1	< 1	36	1	5	6	< 1	2	4
	koper	ug/l	56	140		102	61	138	33,3	35,4	117	73,8	69,3	61,1	60,1	48,1
	zilver	ug/l	< 2	7	< 1	10	< 1	11,1	< 1	< 1	4,9	3,23	< 1	< 1	< 1	< 1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,36												
	Temperatuur	°C	23	34	34,5	21	20	32	26,5		24	35,5	26,5	28,5	30	31
11	Afd. F, Es3-05, Es-3, tappunt 4															
	Legionella	kve/l	< 50	< 50												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	3	< 1												
	koper	ug/l	60	120												

pilot 14 PI Zoetermeer			VROM pilot		na lange						12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit					
meetpunt	omschrijving meetpunt	nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit			1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	
		23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007	
12	zilver	ug/l	< 2	13												
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,24												
	Temperatuur	°C	31	26												
	Sport, Bs0-10, Bs -0, tappunt 20															
	Legionella	kve/l	250	< 50	31500	< 50	< 50	< 50	< 50			< 50				
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	7	11	< 1	< 1	4	< 1	< 1			4				
	koper	ug/l	52	120		106	48,1	139	26			52,3				
13	zilver	ug/l	< 2	26	< 1	2,9	< 1	4,3	< 1			3,95				
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,29												
	Temperatuur	°C	19	19	32	37	18,5	23	24			19				
	Hydrofooruimte, As-0, na Cu/Ag															
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	> 1000	< 1	1	< 1	3	1	11	65	5	< 1	4	7	6	170
	koper	ug/l	22	60		64,2	< 20	83,8	< 10	< 10	45,9	16,3	< 10	< 10	< 10	< 10
zilver	ug/l	< 2	< 2	< 1	4,9	< 1	3,54	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	

pilot 14 PI Zoetermeer			VROM pilot		na lange						12/10 start conditie 1 dag aan/ 1 dag uit					
meetpunt	omschrijving meetpunt		nulmeting	laatste meting	periode uit	aan	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit	na 2 wk uit		1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	1 dg aan/1 dg uit	
			23-11-2004	07-11-2005	21-02-2006	27-03-2006	24-04-2006	22-05-2006	19-06-2006	17-07-2006	11-09-2006	09-10-2006	06-11-2006	11-12-2006	08-01-2007	12-02-2007
14	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		7												
	troebeling	FTE		0,53												
	Temperatuur	°C	15	16,5	11,5	11,5	12,5	12,5	13	15	16	15,5	16	13,5	14	12
	Afd. H, Bs2-10 (Bs-2), tappunt 7															
	Legionella	kve/l		< 50	600	50	850	300	150	2700	50	100	100	100	< 50	< 50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml		3	23	< 1	4	3	2	7	1	< 1	2	14	< 1	2
	koper	ug/l		160		94	35	149	37	55,1	144	116	69,4	69,5	69,5	71,2
	zilver	ug/l		26	< 1	8,4	< 1	1,8	< 1	< 1	22	6,3	< 1	< 1	< 1	< 1
	totale hardheid	mmol/l														
	pH	-														
	kleur	mg/l Pt/Co		6												
	troebeling	FTE		0,81												
Temperatuur	°C		26,5	33	34,5	31	28	36,5	26,5	28,5	29,5	23,5	32	31	32,5	

pilot 15 PI Hoogvliet		VROM-pilot nulmeting	laatste meting	tussenperiode		C- Mark	19- 07- 2006	16- 08- 2006	13- 09- 2006	11- 10- 2006	08- 11- 2006	06- 12- 2006	31- 01- 2007	28- 02- 2007	14- 03- 2007	28- 03- 2007	26- 04- 2007	
				ander lab	ander lab													
meet punt	omschrijving meetpunt	17-05-2004	07-07- 2005	14-03- 2006	09-05- 2006	21- 06- 2006												
1a	inkomend water techn. Ruimte																	
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	<	<	<	<	<	
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	2	13	2	18	250	38	1	5	35	< 1	< 1	< 1	< 1	5	< 1	
	koper	ug/l	9	16		10	< 10	65,5	94,5	40	66	23,8	123	126	236	146	92,6	144
	zilver	ug/l	< 2	< 2		< 2	< 1	14	14	3,6	1,8	2	29	14,1	24,3	12,6	11,8	17
	totale hardheid	mmol/l	1,55															
	pH	-	7,7															
	kleur	mg/l Pt/Co	goed															
	troebeling	FTE	0,11															
	Temperatuur	°C		20,5	8,2		20,5	22,5	21	19	17,5	14	12	11	10		10,5	
1b	inkomend water techn. Ruimte; na Orca																	
	Legionella	kve/l																
	koloniegetal 22 °C	kve/ml																
	koper	ug/l		400	372		?	65,5	94,5	40	66	23,8	123	126	236	146	92,6	144
	zilver	ug/l		60	129		?	14	14	3,6	1,8	2	29	14,1	24,3	12,6	11,8	17
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C																

pilot 15 PI Hoogvliet		VROM-pilot nulmetin g	laatste meting	tussenperiode		C- Mark	19- 07- 200 6	16- 08- 200 6	13- 09- 200 6	11- 10- 200 6	08- 11- 200 6	06- 12- 200 6	31- 01- 200 7	28- 02- 200 7	14- 03- 200 7	28- 03- 200 7	26- 04- 200 7
				ander lab	ander lab												
meet punt	omschrijving meetpunt	17-05-2004	07-07- 2005	14-03- 2006	09-05- 2006												
2	D0-23 techn. Ruimte																
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50											
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	9	3	< 1	< 1											
	koper	ug/l	85	340	174	216											
	zilver	ug/l	< 2	21	19	25											
	totale hardheid	mmol/l	n.b.														
	pH	-	7,75														
	kleur	mg/l Pt/Co	goed														
	troebeling	FTE	0,11														
	Temperatuur	°C		20	18,4	23											
3	D1-66, doucheruimte, wastrog																
	Legionella	kve/l	< 50	< 50	< 50	< 50											
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	39	6	< 1	< 1											
	koper	ug/l	115	360	174	168											
	zilver	ug/l	< 2	22	21	26											
	totale hardheid	mmol/l	1,55														
	pH	-	7,75														
	kleur	mg/l Pt/Co	goed														
	troebeling	FTE	0,54														
	Temperatuur	°C		21	17,4	16,7											
4	C3-60 wastafel																
	Legionella	kve/l	60	300	< 50	< 50	50	< 50	< 50	50	50	< 50	< 50	<	<	<	<

pilot 15 PI Hoogvliet		VROM-pilot nulmeting	laatste meting	tussenperiode		C- Mark	19- 07- 200 6	16- 08- 200 6	13- 09- 200 6	11- 10- 200 6	08- 11- 200 6	06- 12- 200 6	31- 01- 200 7	28- 02- 200 7	14- 03- 200 7	28- 03- 200 7	26- 04- 200 7	
				ander lab	ander lab													
meet punt	omschrijving meetpunt	17-05-2004	07-07- 2005	14-03- 2006	09-05- 2006	21- 06- 2006												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	48	3	0	34	30	49	4	25	12	< 1	9	3	< 1	< 1	1	< 1
	koper	ug/l	384	1300	369	778	325	257	218	293	218	32,4	175	214	506	228	265	277
	zilver	ug/l	< 2	7,5	36	11	27,3	6	15,2	10	2,3	1,1	9,8	19,9	10,6	10,7	6,37	2,79
	totale hardheid	mmol/l	1,56															
	pH	-	7,75															
	kleur	mg/l Pt/Co	goed															
	troebeling	FTE	0,11															
	Temperatuur	°C		25	16,3	21	21,5	23,5	21	22,5	19,5	16	13,5	15	13,5	13,5	18,5	
6	B0-70, werkkast, UG																	
	Legionella	kve/l	1000	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	475	19	1	< 1	3	225	< 1	16	85	1	3	7	< 1	< 1	3	< 1
	koper	ug/l	675	330	386	201	202	163	143	172	113	18,4	141	162	146	169	214	141
	zilver	ug/l	< 2	16	16	19	13,4	7,6	15,9	5,7	1,95	1,2	23	13,2	8,51	14,9	8,73	3,44
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C		21,5	18,8	18,9	24	23,5	22	17	18,5	17	15	13,5	16,5	16,5	17	
10	D1-61 doucheruimte no. 26																	
	Legionella	kve/l	100000	< 50			< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

pilot 15 PI Hoogvliet		VROM-pilot nulmeting	laatste meting	tussenperiode		C- Mark	19- 07- 200 6	16- 08- 200 6	13- 09- 200 6	11- 10- 200 6	08- 11- 200 6	06- 12- 200 6	31- 01- 200 7	28- 02- 200 7	14- 03- 200 7	28- 03- 200 7	26- 04- 200 7	
				ander lab	ander lab													
meet punt	omschrijving meetpunt	17-05-2004	07-07- 2005	14-03- 2006	09-05- 2006	21- 06- 2006												
14	koloniegetal 22 °C	kve/ml	1400	7		6	120	28	275	26	3	9	9	6	6	9	18	
	koper	ug/l	213	340		304	372	341	549	289	103	380	346	346	258	296	303	
	zilver	ug/l	< 2	21		10,2	5,82	5,58	9,1	2,5	3,1	12,7	11,6	8,93	7,78	6,33	3,64	
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C		37,5			33,5	36	31	38	33	33	25,5	39	36,5	34	32	
	D2-64 douchoruimte no. 39																	
	Legionella	kve/l	150	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
16	koloniegetal 22 °C	kve/ml	2	19	1	23	32	275	39	17	200 0	300	150	75	160	12	10	44
	koper	ug/l	259	420	298	400	412	530	393	284	442	85,7	382	405	398	317	414	384
	zilver	ug/l	< 2	30	12	9	8	7,9	5,85	8	2,4	1,33	8,4	7,52	6,31	5,8	4,42	4,28
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C		38	25,7	25,4	33,5	37	35	29	29,5	23	38	36	37	37	32,5	
	C3-60 douchoruimte no.48																	
	Legionella	kve/l	200	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100

pilot 15 PI Hoogvliet		VROM-pilot nulmeting	laatste meting	tussenperiode		C- Mark	19- 07- 200 6	16- 08- 200 6	13- 09- 200 6	11- 10- 200 6	08- 11- 200 6	06- 12- 200 6	31- 01- 200 7	28- 02- 200 7	14- 03- 200 7	28- 03- 200 7	26- 04- 200 7	
				ander lab	ander lab													
meet punt	omschrijving meetpunt	17-05-2004	07-07- 2005	14-03- 2006	09-05- 2006	21- 06- 2006												
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	10	< 1	98	4	39	200	90	65	65	60	10	38	60	17	200 0	65
	koper	ug/l	408	400	251	380	536	302	272	380	278	59,4	263	251	304	254	323	294
	zilver	ug/l	< 2	22	21	27	7,1	6,7	9,2	27,8	3,3	1,43	9,44	11	10,4	7,59	7,48	4,79
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C		34	22,9	23,4	24,5	31	32,5	24	31	31,5	37	34	34,5	37	29	
17	D2-64 wasruimte																	
	Legionella	kve/l	750	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
	koloniegetal 22 °C	kve/ml	1	6	< 1	3	4	225	8	75	3	< 1	5	< 1	1	1	6	< 1
	koper	ug/l	556	450	174	573	406	341	293	144	275	59,3	307	492	383	331	268	394
	zilver	ug/l	< 2	15	23	17	22	4,68	6,49	6,7	1,7	1,14	18	13,4	8,14	6,87	3,21	3,96
	totale hardheid	mmol/l																
	pH	-																
	kleur	mg/l Pt/Co																
	troebeling	FTE																
	Temperatuur	°C		21	13,7	19,4		23	22,5	21	18,5	16,5	15	12,5	14,5	16	19,5	