

KWR 2016.082 | November 2016

DPWE Robuustheid 2016 - Opzet OMV doseerproeven in DPWE proefinstallaties

DPWE Robuustheid 2016 - Opzet OMV doseerproeven in DPWE proefinstallaties

KWR 2016.082 | November 2016

Opdrachtnummer

401386/004

Projectmanager

Bas Wols

Opdrachtgever

DPWE-stuurgroep

Kwaliteitsborger(s)

E. Cornelissen, DPWE-begeleidingsgroep zuivering

Auteur(s)

C. Bertelkamp (H1, H2, H3, H6, H7, H8 en bewerking),
A. Kolkman (H4), M. Schriks (H5), B.A. Wols
(bewerking)

Verzonden aan

Dunea, PWN, Waternet, Evides

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

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie
Cheryl Bertelkamp
T 0627249911
E cheryl.bertelkamp@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR 2016.082 | November 2016 © 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.

DPWE Managementsamenvatting

Proefopzet robuustheidsproeven 2017-2018 richt zich naast chemische analyses op bioassays en non-target screening

Auteur(s) Cheryl Bertelkamp, Annemieke Kolkman, Merijn Schriks, Bas Wols

De proefopzet voor de vijfjaarlijkse robuustheidsproeven is vastgesteld. In 2017 en 2018 wordt op proefinstallaties bij de DPWE bedrijven de verwijdering onderzocht van een lijst met 36 verschillende chemische stoffen. De verwijdering wordt bepaald met behulp van chemische analyses, en daarnaast een brede screening en bioassays. De brede screening en de bioassays zullen ook inzicht geven in de stoffen die mogelijk worden gevormd tijdens de onderzochte zuiveringsprocessen: adsorptie (GAC), oxidatie (UV/peroxide, ozon/peroxide, ozon) en membraanfiltratie (UF-RO).

Belang: robuustheid zuiveringsprocessen inschatten voor nieuwe bedreigingen

Binnen DPW(E) verband is er de afgelopen elf jaar in vijfjaarlijkse cycli onderzoek gedaan naar de robuustheid van de belangrijkste zuiveringsstappen als barrière voor organische microverontreinigingen. Deze stoffen komen met enige regelmaat in het nieuws (bijvoorbeeld pyrazool, melamine, fenol). Vanuit het voorzorgsprincipe willen de drinkwaterbedrijven graag weten hoe goed dergelijke stoffen worden verwijderd in hun zuivering. Vervolgonderzoek naar de robuustheid van de zuiveringen voor nieuwe bedreigingen is daarom gewenst.

Aanpak: in overleg opstellen van een verantwoorde proefopzet op basis van eerdere ervaringen

In overleg met de DPWE bedrijven is een statistisch verantwoorde proefopzet voor de doseerproeven opgesteld. De onderzoeksvragen zijn geselecteerd op basis van onder meer de ervaringen uit de eerdere cycli en de lijst met prioritaire stoffen. De definitieve lijst te testen chemische stoffen is opgesteld op basis van de in 2015 in overleg met de waterbedrijven opgestelde lijst, aangevuld met specifieke wensen van de bedrijven.

Resultaten: statistisch verantwoorde proefopzet voor organische micro's, non-targetscreening en bioassays

In de proefopzet die in 2017-2018 zal worden uitgevoerd wordt expliciet gekeken of bioassays en non-target screenings, naast chemische analyses, een

meerwaarde kunnen hebben. Ook zijn de zuiveringsprocessen en omstandigheden gekozen: adsorptie (GAC), oxidatie (UV/peroxide, ozon/peroxide, ozon) en membraanfiltratie (UF-RO). Voor de genoemde zuiveringsprocessen zal de robuustheid onderzocht worden met doseerproeven: na doseren van een cocktail aan chemische stoffen worden zowel chemische analyses als non-target screenings en bioassays uitgevoerd. Hiervoor is een lijst van 36 stoffen opgesteld. De non-target screening zal een zo compleet mogelijk beeld geven van de aanwezigheid van antropogene stoffen. Een eerste interpretatie levert een beeld op van de verschuiving en relatieve concentratie van pieken die optreedt als gevolg van de verschillende zuiveringsstappen. Bioassays kunnen inzichtelijk maken of er biologisch (re)actieve stoffen aanwezig zijn of gevormd worden.

Toepassing: uitvoeren robuustheidstesten in 2017-2018

De robuustheidstesten zullen in 2017 en 2018 worden uitgevoerd in de proefinstallaties van de DPWE bedrijven.

Rapport

De proefopzet is beschreven in KWR 2016.082 *DPWE Robuustheid 2016 - Opzet proefinstallatie onderzoek*. De begeleidingsgroep bij dit DPWE-project bestond uit Bram Martijn (PWN), Rinnert Schurer (Evides), Wim Oorthuizen (Dunea), Petra Scholte en Eric Baars(Waternet)

Inhoud

<i>DPWE Managementsamenvatting</i>	2
Inhoud	3
1 Inleiding	4
1.1 DPWE robuustheid cyclus	4
1.2 Conclusies onderzoek 2009-2014	4
1.3 Aanbevelingen onderzoek 2009-2014	5
1.4 Opzet proefinstallatie onderzoek 2015 - 2020	6
2 Opzet proefinstallatie onderzoek	7
2.1 Waternet	7
2.2 Evides	7
2.3 Dunea	8
2.4 PWN	9
2.5 Procescondities	9
3 Overzicht selectie prioritaire stoffen en analysekosten	10
3.1 Originele lijst en extra stoffen aangedragen door DPWE bedrijven	10
3.2 Overwegingen tijdens dosering	12
3.3 Overzicht aantal benodigde analyses en kosten prioritaire stoffen	12
4 Non-target screening	13
4.1 Introductie	13
4.2 Toepassing non-target screening	13
4.3 Kosten en overzicht benodigde analyses	14
5 In vitro bioassays	15
5.1 Introductie	15
5.2 Toepassing bioassays	15
5.3 Kostenoverzicht benodigde analyses	15
6 Statistisch verantwoorde aanpak	17
6.1 Foutenbronnen	17
6.2 Interpretatie resultaten	18
7 Conclusies en begroting	20
7.1 Conclusies	20
7.2 Opzet begroting	20
7.3 Begroting	21
Referenties	22

1 Inleiding

1.1 DPWE robuustheid cyclus

Binnen DPW(E) verband is er de afgelopen elf jaar in 5-jaarse cycli onderzoek gedaan naar de robuustheid van de belangrijkste zuiveringsstappen als barrière voor organische microverontreinigingen. Deze stoffen zijn met enige regelmaat in het nieuws actueel (bijvoorbeeld pyrazool, melamine, fenol), en vanuit het voorzorgsprincipe willen de drinkwaterbedrijven graag weten hoe goed dit soort stoffen verwijderd worden. Vervolgonderzoek naar de robuustheid van de zuiveringen voor nieuwe bedreigingen is daarom nog steeds gewenst. In het robuustheidsonderzoek is nu de fase aangebroken van het opzetten van de proefopzet.

1.2 Conclusies onderzoek 2009-2014

Tabel 1 laat de resultaten van het proefinstallatie-onderzoek uit 2012-2013 zien (voor een uitgebreide beschrijving, zie rapport KWR 2014.022 [1]). Achter elk zuiveringsproces is de laagst gemiddelde logverwijdering in zomer of winter per stof aangegeven. Daarnaast is bij een significant verschil in verwijdering tussen zomer en winter, het seizoen aangegeven met een "z" van zomer of een "w" van winter. In de balk "toxicologisch" is met kleuren de toxicologische aard (indicatieve grenswaarde) van een stof weergegeven, die aangeeft bij welke concentratie een stof toxicologisch kan zijn.

Uit Tabel 1 kan geconcludeerd worden dat met name RO, UV/H₂O₂ + GAC en O₃ + GAC zeer robuust zijn met betrekking tot de verwijdering van de gedoseerde cocktail organische microverontreinigingen. Voor een aantal stoffen en processen kon er een statistisch significant verschil in verwijdering aangetoond worden tussen zomer en winter. Oxidatieve processen (UV/H₂O₂ en in mindere mate O₃) bleken minder effectief in de winter. Voor RO daarentegen bleek de verwijdering van een aantal van de gedoseerde organische microverontreinigingen in de winter statistisch significant hoger dan in de zomer. Voor actieve kool (PAC, GAC) was er, in vergelijking met de andere processen, minder verschil in de verwijdering van organische microverontreinigingen tussen de zomer en winter. Dit effect kan waarschijnlijk deels worden verklaard door op experimentele opzet (de actieve kool (GAC) stap wordt voorafgegaan door een oxidatie stap, zodat een groot deel van de stoffen al verwijderd zijn voordat het behandeld wordt met kool, maar ook de belading van de kool kan een rol spelen).

TABEL 1: RESULTATEN (LOG VERWIJDERING, EN VERSCHIL TUSSEN ZOMER EN WINTER) PROEFINSTALLATIE ONDERZOEK VAN DPW ROBUUSTHEIDSONDERZOEK 2012-2013

	2.4-D	4.4-dihydroxydifenylsulfon	4-methyl-1H-benzotriazol	5-methyl-1H-benzotriazol	acesulfaam-k	atrazine	carbamazepine	chloortoluron	chloridazon	diclofenac	diuron	guanylureum	isoprotruron	metformine
Verwijdering														
PAC+SF 1dag	0.6	0.7	0.8	1.0	0.1	0.6	0.8	1.2	1.0	0.6	1.5	0.4	0.8	0.0
RO	2.4	2.1	0.0	0.0 ^z	3.1	2.3	2.1 ^z	0.8 ^z	0.8 ^z	1.2	0.7 ^z	0.0 ^z	1.4 ^z	0.8
UV/H ₂ O ₂ +GAC	2.6	2.6	2.4 ^z	2.9	0.9 [*]	2.5	2.7	2.6	2.2	2.4	2.5	2.3	2.7	1.1 ^w
O ₃ +GAC	2.6	2.5	3.1	2.9	0.7 ^z	2.4	2.6	2.5	2.2	2.0	2.4	2.4	2.6	2.8
Toxicologisch												?		
Legenda	verwijdering >90% 50-90% <50%													
	gegeven waarde is de laagst bepaalde gemiddelde logverwijdering in zomer of winter													
	bij een significant verschil in verwijdering tussen zomer en winter is het seizoen aangeven (^z of ^w)													
	indicatieve grenswaarde <10 µg/l of (mogelijk) carcinogeen 10-500 µg/l >500 µg/l													
Verwijdering														
PAC+SF 1dag	1.4	0.3	1.0	0.7	0.8	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	0.1
RO	1.2	2.5	1.5	2.5 ^z	1.5	1.9	2.2	2.4	2.2	2.2	2.3	1.7	2.6	2.4
UV/H ₂ O ₂ +GAC	2.3	2.9	2.7	2.9	2.9	0.6	1.9 ^w	2.5	0.2	0.5 ^w	1.5	1.8	0.4	1.2
O ₃ +GAC	2.3	2.4	2.6	2.6	2.9	0.5	1.2 ^w	1.8 ^w	0.2	0.3	1.0	2.3	0.9 ^w	0.9
Toxicologisch							?			?		?		?
	metoprolol	n cosulfuron	pentoxifylline	S-metolachloor	sotalol	PFBS	PFHS	PFOS	PFBA	PFHA	PFOA	PFNA	NTA	naftaleen-1,5-disulfonaat
														naftaleen-1,3,6-trisulfonaat

1.3 Aanbevelingen onderzoek 2009-2014

De volgende aanbevelingen zijn gedaan gebaseerd op het proefinstallatie onderzoek van 2012-2013 [1]:

- Nabehandeling met verse actief kool in de proefopstelling was zinvol om het restant aan OMV's te verwijderen en er wordt aanbevolen hier rekening mee te houden in de planning en kosten van een volgende serie robuustheidstesten.
- Het aantal blanco analyses minimaal te houden i.v.m. het drukken van de kosten.
- Kennis op het gebied van het seizoenseffect op de verwijdering van organische microverontreinigingen is nu bekend en hoeft niet nogmaals onderzocht te worden.
- Voor het RO proces de concentratie van de te doseren stoffen in de stockoplossing te verlagen (afhankelijk van de haalbare detectielimiet) of meer dan twee stockoplossingen aan te maken (zoals gebruikt in 2012-2013) en de stoffen hierover te verdelen. Dit omdat de hoge concentratie van stoffen zoals nodig in de stockoplossing erin resulteerde dat niet alle stoffen goed opgelost waren.

1.4 Opzet proefinstallatie onderzoek 2015 – 2020

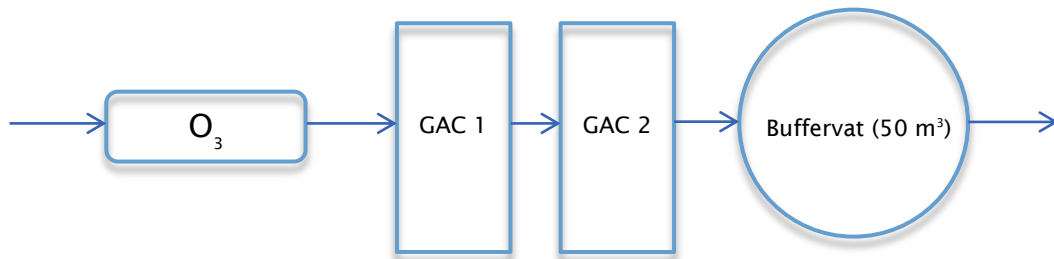
In de huidige cyclus zal voor het eerst ook Evides deelnemen aan het robuustheidsonderzoek. De volgende processen zullen worden onderzocht: O₃-GAC-GAC (Waternet), verschillende types GAC en NF-GAC (Evides), O₃/H₂O₂-UV/H₂O₂ (Dunea) en UF-RO/UV/H₂O₂-GAC (PWN).

Er zal in deze cyclus wederom gekozen worden voor een statistisch verantwoorde aanpak (hoofdstuk 6). Gebaseerd op de aanbevelingen uit de vorige cyclus zal het seizoenseffect niet onderzocht worden. In aanvulling op de resultaten van de vorige cycli, zal er in deze cyclus naast de chemische analyses van individuele stoffen voor het eerst ook gebruik worden gemaakt van non-target screening en bioassays. Hiermee zal extra informatie verkregen worden over de stoffen en bijproducten die aanwezig zijn/afgebroken/gevormd worden in de verschillende processen. Tevens zal er ook meer inzicht verkregen worden in het effect van een bepaald zuiveringsproces op de biologische activiteit van het water door middel van bioassays.

2 Opzet proefinstallatie onderzoek

2.1 Waternet

De proefinstallatie bij Waternet bestaat uit ozon met daaropvolgend tweetraps granulair actief kool (GAC) filtratie gesitueerd in Leiduin (zie Figuur 1).



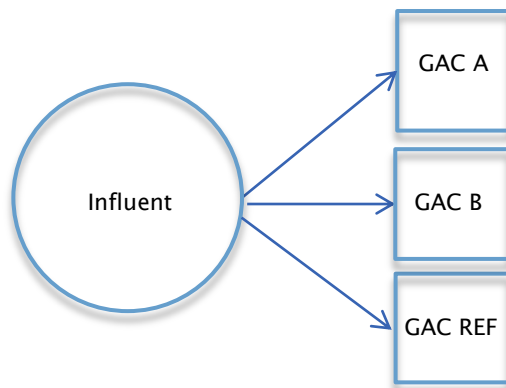
FIGUUR 1 – PROEFINSTALLATIE OPZET WATERNET

Het debiet van de installatie is $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$. In de vorige cyclus is het effluent, na behandeling met een mobiele UV/H₂O₂ installatie (PWN) en GAC geloosd op het oppervlaktewater. Dit is voor de komende cyclus niet meer mogelijk, er dient dan geloosd te worden op het riool. De doseerunit wordt door KWR meegenomen. Waternet wenst graag het pilot onderzoek uit te voeren in Maart/April 2017 (afhankelijk van de planning voor ombouw van de installatie). Er bestaat ook de mogelijkheid om een langzame zandfilter (pilot) weer in bedrijf te nemen, echter omdat er na ozon/kool weinig organische microverontreinigingen meer aanwezig zijn, heeft de LZF weinig meerwaarde voor de robuustheidsproeven.

2.2 Evides

Evides heeft verschillende pilots beschikbaar die ingezet kunnen worden in het robuustheidsonderzoek, zie Figuur 2.

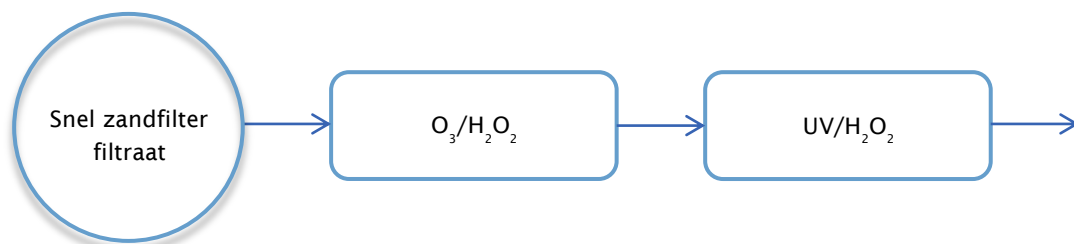
De proefinstallaties worden momenteel vormgegeven en kunnen daarom afgestemd worden op de benodigde capaciteit voor het proefinstallatie onderzoek. Additionele factoren die Evides graag onderzocht ziet zijn: graad van NOM belading, type kool, en looptijd. Naast een referentiekool zal Evides in het robuustheidsonderzoek daarom twee andere typen kool onderzoeken. Het is belangrijk te vermelden dat Evides parallel aan het robuustheidsonderzoek ook onderzoek doet met een cocktail van een top 25 organische microverontreinigingen. Evides wenst het proefinstallatie onderzoek graag uit te voeren in eind 2017 of begin 2018. Een doseerunit kan door KWR geleverd worden, maar wordt wellicht door Evides zelf voorzien als onderdeel van de proefinstallatie die momenteel wordt ontworpen.



FIGUUR 2 - PROEFINSTALLATIE OPZET EVIDES

2.3 Dunea

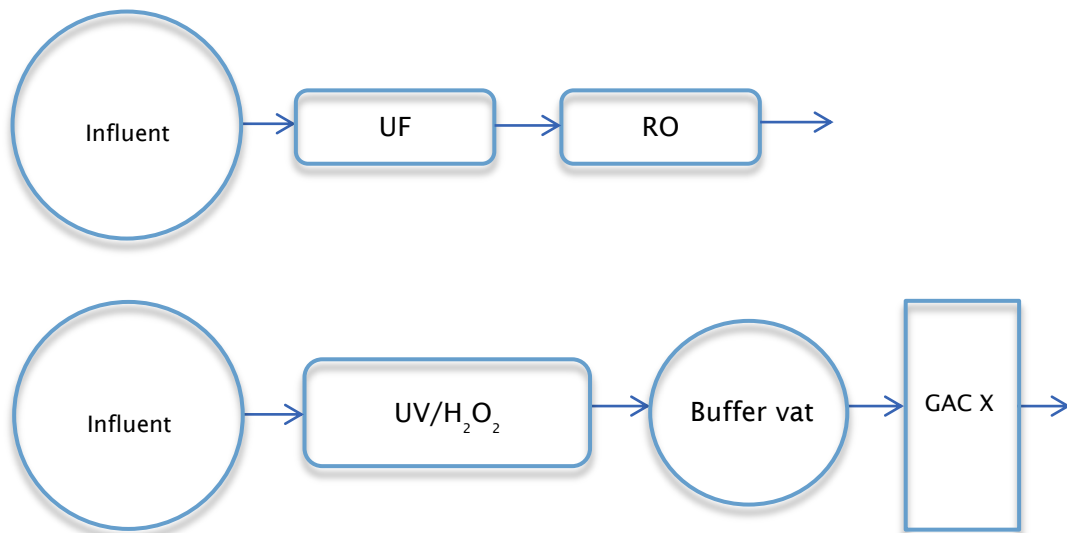
De proefinstallatie bij Dunea bestaat uit een serie geavanceerde oxidatieprocessen: O_3/H_2O_2 gevolgd door UV/H_2O_2 , zie Figuur 3. Het debiet van het UV/H_2O_2 proces is $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$. De ozonreactor wordt vervangen door een reactor met een grote debiet van $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$. Het opgevangen effluent van de proefinstallatie zal na OMP dosering worden gerecirculeerd door de proefinstallatie en vervolgens geloosd. Er hoeft dus geen vergunning aangevraagd te worden. Dunea wenst het proefonderzoek graag uit te voeren in Mei/Juni 2017. Dunea heeft zelf een doseervat voor de organische microverontreinigingen.



FIGUUR 3 - PROEFINSTALLATIE OPZET DUNEA

2.4 PWN

De proefinstallatie van PWN bestaat uit twee installaties, namelijk een ultrafiltratie (UF) - omgekeerde osmose (RO) (zelfde dimensies en instellingen als vorige cyclus, rapport KWR 2014.022 [1]) en een UV/H₂O₂ - GAC installatie, zie Figuur 4. Het debiet van de UF-RO installatie is $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$, van de UV/H₂O₂ installatie $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ en het debiet van de GAC kolom is gelijk aan $Q = 500 - 700 \text{ L/h}$. PWN wenst de doseerproeven graag uit te voeren in september 2017.



FIGUUR 4 - PROEFINSTALLATIE OPZET PWN

2.5 Procescondities

Naast de waterkwaliteit kunnen de procescondities voor ieder proces verschillen. Dit kunnen zijn:

- RO (membraantype, flux, recovery, drukval, type en mate van vervuiling en reiniging, historie, ouderdom)
- UV/ H₂O₂ (lamptype, lampveroudering, UV-dosis, H₂O₂ dosis, quartz-buis type en quartz-buis veroudering)
- Ozon/ H₂O₂ (ozondosis, H₂O₂ dosis, menging)
- Ozon (ozondosis)
- GAC (type kool, contacttijd, looptijd/voorbelading met NOM, leeftijd (aantal regeneraties), aanvulling kool na regeneratie)

De procescondities zullen niet gevarieerd worden (m.u.v. type kool bij Evides), omdat dit een veelheid van experimenten vraagt. Daarom worden de condities gekozen die gemiddeld overeenkomen met de praktische toepassing uit de praktijk, ook in overeenstemming met de condities die gebruikt zijn in de vorige cyclus (zie rapport KWR 2014.022 [1]).

3 Overzicht selectie prioritaire stoffen en analysekosten

3.1 Originele lijst en extra stoffen aangedragen door DPWE bedrijven

De originele lijst met prioritaire stoffen zoals geselecteerd in het rapport KWR 2016.005 [2], wordt weergegeven in Tabel 2 onder het kopje "Originele selectie". Deze selectie van stoffen kan met 3 analytische chemische methodes gemeten worden, namelijk de C18 (reversed phase UPLC-MS/MS), HILIC (normal phase UPLC-MS/MS) en Q-ToF. Voor de stoffen die met C18 gemeten kunnen worden, moet nog een methode worden ontwikkeld om alle componenten met één methode te meten. De stoffen die niet meegenomen kunnen worden in de analyse, omdat deze een aparte dure methode vereisen of een (te) dure standaard hebben zijn doorgestreept in Tabel 2 (dit is kortgesloten met de DPWE begeleidingsgroep).

Daarnaast zijn er een heel aantal extra stoffen aangedragen waarvan het wenselijk is deze mee te nemen in het proefinstallatieonderzoek. Deze stoffen worden aangegeven onder de kopjes "Extra stoffen HWL", "Extra stoffen Waternet", "Extra stoffen Evides", "Extra stoffen Dunea" en "persistente stoffen" (zie het rapport KWR 2016.005 [2]). Voor deze stoffen is gekeken of ze geanalyseerd konden worden met de methodes die nodig zijn voor de originele selectie of dat er extra methodes (en dus kosten aan verbonden zijn). Deze extra stoffen zijn ook weergegeven in Tabel 2.

De meeste extra aangedragen stoffen kunnen geanalyseerd worden met de methodes die toch al gebruikt worden voor de originele selectie.

Er zijn slechts een aantal uitzonderingen. Bijvoorbeeld voor Waternet, waar het analyseren van 1,3- en 1,4-dimethylbenzeen extra kosten met zich zal meebrengen. Voor Evides geldt dit voor AMPA, glyfosaat en EDTA. Tenslotte willen Waternet en Dunea graag inzicht hebben in de vorming van bromaat ten gevolge van het oxidatieproces (bromaat zal dus niet gedoseerd worden).

Alle stoffen worden gedoseerd op een concentratieniveau van 50-100 keer de onderste analysegrens, zodat een verwijdering van 98%-99% aangetoond kan worden. Uitgaande van een detectiegrens rond de 0,1 µg/L¹, zal dit neerkomen op een totaal te doseren somconcentratie van maximaal 350 µg/L.

TABEL 2 - PRIORITAIRE STOFFEN, BENODIGDE ANALYSES EN KOSTEN

Stof	Analysemethode
Originele selectie	
Ammonium	Niet opnemen
Aniline	C18? Literatuur
Barbital	C18 SPE
Benzoylecgonine	Opiaten, heel duur, geen vergunning voor gebruik buiten KWR
Carbamazepine	C18
Codeïne	Opiaten, heel duur, geen vergunning voor gebruik buiten KWR

¹ voor de meeste componenten zal dit lager liggen, definitieve getallen zijn bekend als de methode-ontwikkeling is afgerond, de doseerconcentraties worden hierop afgestemd.

Cocaine	Opiaten, heel duur, geen vergunning voor gebruik buiten KWR
Diclofenac	C18
Furosemide	C18
Gabapentin	C18
Hydrochlorothiazide	C18
MDMA	Opiaten, heel duur, geen vergunning voor gebruik buiten KWR
Metformin	HILIC (metformine, guanylurea, urotropine, melamine)
Melamine	HILIC (metformine, guanylurea, urotropine, melamine)
Oxazepam	Opiaten, heel duur, geen vergunning voor gebruik buiten KWR
Phenobarbital	C18 - SPE
Propranolol	C18
Sucralose	C18
Terbutylazine	C18 - SPE
Tetraglyme	C18 - SPE
Tiamuline	C18 - op basis van literatuur is verwachting dat dit moet lukken
TPPO	C18 - SPE
Urotropine	HILIC
Pyrazool	C18 - QtoF
Extra stoffen HWL	
Tonalide	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Tramadol	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Extra stoffen Waternet	
Dimethomorf	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Hexamethoxymelamine (HMMM)	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Triisobutylfosfaat	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
1,3-dimethylbenzeen	€2800,- voor maximaal 15 monsters (samen met 1,4-dimethylbenzeen)
1,4-dimethylbenzeen	€2800,- voor maximaal 15 monsters (samen met 1,3-dimethylbenzeen)
Bromaat (niet doseren!)	€2000,- voor 10 analyses
Extra stoffen Evides	
AMPA	Uitbesteding €350,- per monster (samen met glyfosaat)
Glyfosaat	Uitbesteding €350,- per monster (samen met AMPA)
EDTA	€190,- per monster
4-methyl-1H-benzotriazole	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
5-methyl-1H-benzotriazole	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Extra stoffen Dunea	
Bromaat (niet doseren!)	€1100,- voor 6 analyses
Persistente stoffen	
Acesulfaam K	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Benzotriazole	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Carbendazim	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Diatrizoic acid	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie
Dimethenamid	Kan mee in methodes gebruikt voor originele selectie

Een aantal van extra aangedragen en persistente stoffen (niet opgesomd in Tabel 2) zijn niet geselecteerd voor de uiteindelijke stofselectie voor omv dosering in het

proefinstallatieonderzoek bij de verschillende bedrijven. Deze stoffen en de reden dat ze niet zijn meegenomen worden gepresenteerd in Tabel 3. Minerale olie is praktisch lastig uitvoerbaar, omdat andere stoffen kunnen absorberen aan de minerale olie. Daarnaast moet er hexaan geïntroduceerd worden in relatief hoge concentratie bij het aanmaken van de stockoplossing.

TABEL 3 – STOFFEN DIE NIET MEEGENOMEN ZIJN VAN DE EXTRA AANGEDRAGEN STOFFEN

Stof	Reden niet meegenomen
Desphenyl-chloridazon	Duur in aanschaf (2600 euro per doseeroplossing)
Acrylamide	Aparte methode, zeer kostbaar voor 1 stof
NDMA	Kankerverwekkend, aparte methode en is in 2006 al meegenomen
Diocylftalaat (DEHP)	Hoge achtergrondruis vanwege het vele voorkomen van ftalaten en geeft daarmee geen betrouwbaar resultaat.
Minerale olie	€210,- per monster, praktisch niet uitvoerbaar

3.2 Overwegingen tijdens dosering

Overwegingen die een rol kunnen spelen bij het doseren zijn: vluchtigheid, toxiciteit, en vergunningen m.b.t. lozingen van effluent. Qua toxiciteit is het risico laag, omdat gewerkt wordt met lage concentraties en de juiste veiligheidsprocedures in acht worden genomen. Aanvraag van de vergunning loopt momenteel bij Waternet, om hier niet op vooruit te lopen houdt Waternet de optie open om nog stoffen te schrappen. Bij de andere DPWE bedrijven speelt dit niet, omdat met behulp van de nabehandeling alles nagenoeg wordt verwijderd.

3.3 Overzicht aantal benodigde analyses en kosten prioritaire stoffen

Alle analyses van prioritaire stoffen worden in duplo genomen. Waternet heeft 5 monsterpunten (influent, na O₃, na GAC 1, na GAC2 en de nabehandeling). Dit betekent 10 analyses. Evides heeft 5 monsterpunten (influent, GAC 1, GAC 2, referentie GAC en de nabehandeling), dit betekent 10 analyses. Dunea heeft 4 monsterpunten (influent, O₃/H₂O₂, UV/H₂O₂, nabehandeling), dit betekent 8 analyses. PWN heeft 7 monsterpunten (influent, na UF-RO, nabehandeling en influent, na UV/H₂O₂, na GAC en nabehandeling), dit betekent 14 analyses. Totaal zijn dit 42 analyses.

Het heeft de voorkeur om bij alle vier de bedrijven dezelfde cocktail aan prioritaire stoffen te doseren om zo de resultaten van de verschillende analyses (prioritaire stoffen, non-target screening, bioassays) met elkaar te kunnen vergelijken. Echter hoeven niet alle bedrijven de stoffen waarvoor extra kosten gemaakt moeten worden te laten analyseren.

De aanschaf van de chemicaliën en het aanmaken van de doseeroplossing kosten ongeveer €7500,- per keer (prijsspeil 2016), en er is geschat dat dit is voor de vier locaties vier maal nodig is.

De kosten voor analyse van de gewenste stoffen van alle waterbedrijven bedragen ongeveer €1190,- per analyse (prijsspeil 2016, bij het tegelijk analyseren van 42 monsters). Dit komt neer op een totaal kost van €50 000,-. De kosten voor de specifiek analyses staan vermeld in Tabel 2 (prijsspeil 2016).

4 Non-target screening

4.1 Introductie

Op 5 april 2016 heeft een vergadering plaatsgevonden waarbij de wensen van elk van de DPWE-bedrijven werden geïnventariseerd voor de opzet van het proefinstallatie onderzoek in het kader van het project "Robuustheid zuivering" 2017. In deze vergadering hebben de DPWE-bedrijven aangegeven meer informatie te willen over hoe zij de non-target screening (voor een uitgebreide beschrijving van de non-target screening, zie [3]) het beste kunnen toepassen. De volgende vragen werden gesteld:

"Welke transformatieproducten worden er gevormd in de verschillende te onderzoeken processen in het geval van het doseren van de cocktail?"

"Kunnen bepaalde effecten van de bioassay analyses worden verklaard met stoffen die niet standaard worden gemeten, maar wel in de non-target screening worden aangetoond?"

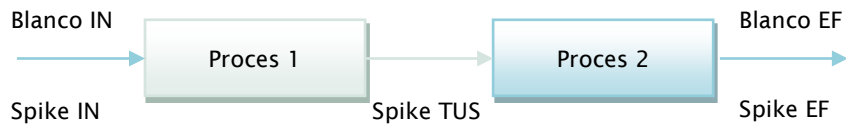
Het uitvoeren van een non-target screening (gebaseerd op vloeistof chromatografie gekoppeld aan hoge resolutie massaspectrometrie LC-HR-MS) analyse is op zichzelf geen tijdrovende activiteit in vergelijking met andere LC-MS analyses, de data interpretatie is dat echter wel. Er is daarom in de vergadering voorgesteld om deze twee activiteiten te scheiden. De LC-HR-MS analyses zelf en een snelle eerste evaluatie van de data behoren tot de doelen van 2017-2018. In de eerste evaluatie kan alleen gekeken worden naar de verschuiving van de grootste pieken en kan de identiteit van de transformatieproducten nog niet vastgesteld worden (alleen bruto molecuulformules). Daarna zal eventueel in een opvolgend onderzoek uitgebreider gekeken kunnen worden naar de data en mogelijk de identiteit van de transformatieproducten. Dit uitgebreide onderzoek kan in eerste instantie gedaan worden voor één case om de opbrengsten van de verkregen informatie in kaart te brengen. Hierbij kan wellicht gebruik gemaakt worden van de verkregen inzichten uit een BTO project dat start in 2017 dat zich ook richt op transformatieproducten (transformatieproducten deel 2 in de BTO themagroep Nieuwe Stoffen).

4.2 Toepassing non-target screening

Er wordt voorgesteld de non-target screening toe te passen in de monsters van zowel het influent als effluent en indien meer dan één proces moet worden onderzocht ook te bemonsteren tussen de twee processen. De non-target screening monsters voor non-target screening worden genomen ten tijde van de doseerexperimenten. Tevens zal er een "blanco" van het influent als ook van het effluent genomen worden (dus voor het spiken).

Voor Waternet wordt bemonsterd op 4 punten (influent, ozon, GAC1 en GAC2), voor Dunea op 3 punten (influent, ozon/ H_2O_2 , UV/ H_2O_2), voor Evides op 4 punten (influent, GAC A, GAC B, referentie GAC) en voor PWN op 5 punten (influent, UF/RO en influent, UV/ H_2O_2 , GAC).

De non-target screening monsters dienen in triplo te worden uitgevoerd om de resultaten statistisch te kunnen onderbouwen. Een schematisch overzicht wordt hieronder weergegeven in Figuur 5. Voorstel is om de triplo monsters allemaal tegelijk op te werken.



FIGUUR 5 – SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN MONSTERPUNTEN NON-TARGET SCREENING

Van elk monster komt er een lijst met accurate massa's, retentietijden, meest waarschijnlijke bruto molecuulformules en intensiteit van de stof. Op de korte termijn (resultaten beschikbaar in 2018) kan, bij het vergelijken van twee monsters (bijvoorbeeld influent en effluent), worden gekeken naar de volgende aspecten:

- De verschuiving van de pieken in chromatogrammen (verschuiving retentietijden, worden de stoffen nu juist meer of minder polair door het te onderzoeken proces?)
- Welke pieken worden er nieuw gevormd en wat is de relatieve concentratie?

Op de lange termijn kan gekeken worden met behulp van voorspellingsmodellen welke transformatieproducten mogelijk gevormd kunnen worden uit de gedoseerde cocktail aan stoffen. Dit kan met behulp van voorspellingsmodellen zoals: META, Meteor, JChem Metabolizer module, UM-PPS, CRAFT, Catabol en SyGMA. Let wel, deze voorspellingsmodellen zijn gebaseerd op de biologische afbraak van organische microverontreinigingen en bij processen als geavanceerde oxidatie kunnen de afbraak producten significant anders zijn dan voor biologische processen. Echter, is uit eerder onderzoek (Panheel) gebleken dat een deel van de voorspelde biologische afbraakproducten ook daadwerkelijk werden teruggevonden in het effluent van het geavanceerde oxidatieproces. Er kan dan met behulp van suspect screening worden gekeken in de data welke van de voorspelde transformatieproducten voorkomen in de watermonsters na zuivering. Tevens moet overwogen worden of het nuttig is de non-target screening toe te passen op membraanfiltratieprocessen aangezien hier geen afbraakproducten gevormd worden. Daarnaast kan met de non-target screening ook de (zuivering van de) achtergrondstoffen gemeten worden.

Parallel aan de voorspellingsmodellen kan men in de data van de non-target screening (effluent) van de ongeveer 10 stoffen met de grootste pieken (met de hoogste concentraties) de identiteit achterhalen. Dit vereist echter meer tijd en zal wellicht in een nieuw project ondergebracht kunnen worden (afhankelijk van de wensen van de DPWE bedrijven).

De non-target screening wordt momenteel uitgevoerd door HWL, Aqualab Zuid en KWR. De ondubbelzinnige identificatie van onbekende verbindingen is gebaat bij een hoge resolutie Orbitrap die aanwezig is bij KWR.

4.3 Kosten en overzicht benodigde analyses

Voor de brede screening zullen de monsters in triplo worden genomen en ook alle drie direct opgewerkt worden. De data zal voor 1 monster worden uitgewerkt, maar de data van de overige twee monsters kan worden gebruikt op een later tijdstip indien de verkregen data interessante resultaten laten zien. De kosten per (triplo) monster zijn €2100,- (prijspeil 2016). Dit is gebaseerd op: opwerkingen van 3 monsters, analyse van 1 monster. Hiervan wordt in eerste instantie een snelle interpretatie van resultaten (korte termijn) gemaakt, zoals beschreven in 4.2. De totale analyseprijs komt daarmee op € 33 600,- (=€2100,-*16).

5 In vitro bioassays

5.1 Introductie

In de vorige cycli van het DPWE Robuustheidsonderzoek is het onderzoek uitsluitend op moederstoffen gericht. Echter tijdens het zuiveringsproces kunnen afbraakproducten gevormd worden die ook toxicologisch relevant zijn. Door het toepassen van doelstofanalyse blijven deze afbraakproducten buiten beeld. Zeker in het geval van doseerexperimenten (waar vaak met hogere concentraties wordt gewerkt in de µg/L range) heeft het toegevoegde waarde om –naast chemische analyses– ook een set in vitro bioassays toe te passen. Bioassays kunnen namelijk inzichtelijk maken of er biologisch (re)actieve stoffen aanwezig zijn of gevormd worden. De verwachting is dan ook dat gedurende (oxidatieve) drinkwaterbehandeling aanvullende respons gevonden zal worden met behulp van de bioassays. Dit is eerder ook aangetoond in het DEMAU project (verhoogde oxidatieve stress na ozon).

5.2 Toepassing bioassays

Er zijn diverse bioassays beschikbaar die verschillende effecten meten. In het kader van dit proefinstallatie onderzoek wordt voorgesteld onderzoek te verrichten met AMES testen (TA98 en TA100 +/- S9), nrf2 CALUX², PAH CALUX³, anti-AR-CALUX⁴, en de ER-CALUX⁵. Omdat er zeer breed spectrum aan chemische stoffen (en afbraakproducten) gedoseerd wordt, is de primaire focus reactieve toxiciteit (AMES test, nrf2 CALUX, PAH CALUX). Reactieve toxiciteit gaat over mutageniteit, oxidatieve stress en metabolisme, processen waar veel verschillende stoffen op kunnen aangrijpen en zo een breed scala aan stoffen kunnen detecteren. Van de AMES testen zijn ook veel referentiegegevens beschikbaar. Daarnaast biedt de anti-AR CALUX en de ER CALUX toegevoegde waarde omdat o.a. uit voorgaand DPWE Robuustheidsonderzoek bekend is dat verschillende chemische stoffen (en afbraakproducten) zorgen voor een respons in deze bioassays. De anti-AR-CALUX en ER-CALUX meten het effect van hormoonverstoring. Waternet wil graag naast de bovengenoemde bioassays ook de PPAR en PXR laten analyseren.

Voor Waternet wordt bemonsterd op 4 punten (influent, ozon, GAC1 en GAC2), voor Dunea op 3 punten (influent, ozon/ H₂O₂, UV/ H₂O₂), voor Evides op 4 punten (influent, GAC A, GAC B, referentie GAC) en voor PWN op 5 punten (influent, UF/RO en influent, UV/ H₂O₂, GAC).

In een later stadium is het interessant om opvallende bioassay effecten te verklaren met effect gestuurde analyse (EDA), evt. in combinatie met de resultaten van non-target screening.

5.3 Kostenoverzicht benodigde analyses

Voor de bioassays zullen de monsters in duplo worden genomen. Het idee is om bij elk bedrijf de bioassays uit te voeren zodat een uniforme aanpak gehanteerd wordt. Voor alle monsters zal een vaste fase extractie uitgevoerd worden. De extracten kunnen in de diepvries goed bewaard worden zonder kwaliteitsverlies. De kosten van de bovengenoemde bioassays (inclusief extractie) bedragen ongeveer €925,- (prijspeil 2016) per enkel monster, wat neerkomt op een totaalprijs van €29 600,- (=€925,- * 16 * 2). De twee extra bioassays voor Waternet kosten ongeveer €400,- per enkel monster, wat neerkomt op een totaal extra kosten van €3 200,- (=€400,- * 4 * 2). Kostenberekening is gebaseerd op uitbesteding van de

² CALUX bioassay met als eindpunt activatie van de oxidatieve stress respons.

³ CALUX bioassay met als eindpunt activatie van de arylhydrocarbon receptor

⁴ CALUX bioassay met als eindpunt blokkade van de androgeen receptor.

⁵ CALUX bioassay met als eindpunt activatie van de oestrogeen receptor

CALUX bioassays bij BDS. Omdat HWL het lab aan het inrichten is om CALUX bioassays uit te voeren, zal in de loop van het project uitgezocht worden of er uitgeweken kan worden naar HWL (als dit tegen vergelijkbare kosten mogelijk is).

6 Statistisch verantwoorde aanpak

6.1 Foutenbronnen

Een statistisch verantwoorde aanpak voor de opzet van het proefinstallatie onderzoek is van groot belang om in een later stadium de resultaten op een juiste wijze te kunnen interpreteren. Zoals beschreven in het rapport KWR 2012.007 [4] zijn er een verscheidenheid aan factoren te definiëren die zowel het werkelijke zuiveringsrendement als de onzekerheid in het berekende zuiveringsrendement kunnen beïnvloeden:

- De watermatrix (temperatuur, DOC, EGV en concentraties van stoffen);
- De instellingen van de onderzochte zuiveringsprocessen;
- De matrix van organische microverontreinigingen die gedoseerd wordt (concentratie microverontreinigingen, etc.);
- Invloeden/randeffecten van de doseer- en proefinstallatie (bijvoorbeeld adsorptie aan leidingmaterialen → blanco analyses);
- Onderlinge beïnvloeding van de gedoseerde stoffen of omzettingen in het doseervat;
- De nauwkeurigheid van de gebruikte analysemethode (rapportagegrens);
- De wijze van monsternamen (fles, transport, opslag).

Het robuustheidsonderzoek van 2017 onderzoekt niet het effect van de watermatrix, de instellingen van de onderzochte zuiveringsprocessen en/of het effect van het apart of als mengsel doseren van organische microverontreinigingen op de verwijderingsefficiëntie van de gedoseerde stoffen. Indien deze effecten onderzocht zouden moeten worden, zou dit resulteren in een veel te groot aantal benodigde experimenten waarvoor het beoogde budget niet toereikend is.

De invloeden van de doseer- en proefinstallatie (bijv. adsorptie van organische microverontreinigingen aan leidingmaterialen) kan onderzocht worden door middel van een blanco analyse. Een blanco analyse houdt in dat het experiment voor bijvoorbeeld ozonisatie wordt uitgevoerd zonder ozon te doseren. Uit het onderzoek in 2012-2013 is gebleken dat de verwijdering van organische microverontreinigingen voor het merendeel van de onderzochte processen minimaal was tijdens de blanco testen. Alleen voor het SF-PAC proces van Dunea werd uit het blanco experiment duidelijk dat het snelfilter (zand/antraciet zonder poederkool) ook al organische microverontreinigingen kon verwijderen. Een aanbeveling van dit onderzoek was dan ook om het aantal blanco experimenten in een vervolgonderzoek minimaal te houden om zo de kosten te drukken.

Dat er mogelijk omzetting van bepaalde organische microverontreinigingen zal plaatsvinden in het doseervat is niet uit te sluiten. De mate van omzetting is te verdisconteren door vlak voor de start van het experiment pas een monster van het influent te nemen. Mochten er dan stoffen onderling gereageerd hebben of al deels omgezet zijn, dan wordt hier later bij het berekenen van het zuiveringsrendement automatisch voor gecorrigeerd.

De nauwkeurigheid van de gebruikte analysemethode is een vaststaand gegeven. Doordat de organische microverontreinigingen geanalyseerd worden in het laboratorium van KWR, is communiceren met het laboratorium zeer gemakkelijk en is het ook mogelijk gegevens gerapporteerd te krijgen die onder de rapportagegrens vallen. Hiermee kan het

verwijderingsrendement nog beter bepaald worden. Voor enkele bedrijfseigen stoffen (AMPA, Glyfosaat, EDTA) moet uitgeweken worden naar een ander laboratorium en is dit niet mogelijk.

Daarnaast is er gekozen om twee onafhankelijke experimenten uit te voeren in een kort tijdsbestek na elkaar. Dit uitvoeren van meerdere onafhankelijk experimenten verdient de voorkeur boven het uitvoeren van één experiment met duplo monstername, omdat in het eerste geval een beter inzicht wordt verkregen in het effect van de foutenbronnen. Indien er maar één experiment wordt uitgevoerd met duplo monstername, zal dit alleen inzicht kunnen bieden in de analysefout van het laboratorium. Alle organische microverontreiniging analyses en bioassays worden in twee onafhankelijke duplo experimenten uitgevoerd. De non-target screening monsters worden in triplo genomen voor beide onafhankelijk experimenten. Hiervan wordt vanwege kostenoverwegingen 1 monster geanalyseerd, de rest wordt ingevroren.

Een andere variabele is de doseertijd en het moment van monstername. Voor RO zal typisch 4-5 dagen gedoseerd worden, voor GAC een aantal bedvolumes en voor oxidatie een aantal maal de verblijftijd in het systeem. Dit zal op een soortgelijke manier gebeuren als in de proeven van de vorige cyclus (zie rapport KWR 2014.022 [1]).

6.2 Interpretatie resultaten

Voor de verkregen duplo waarden zal een gemiddelde en een standaard deviatie bepaald worden zoals beschreven in vergelijking 1 en 2 hieronder.

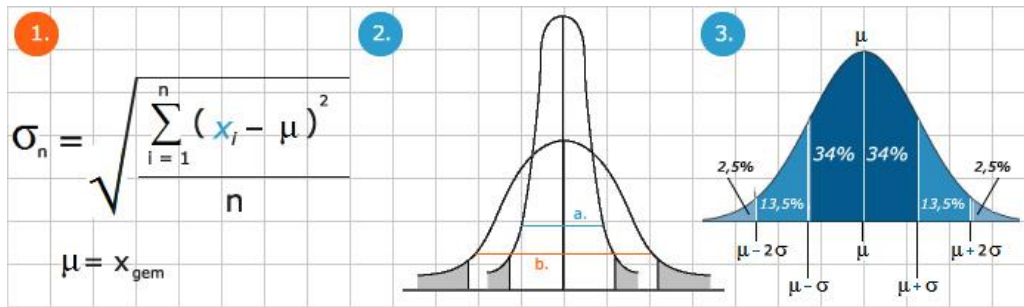
$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Vergelijking 1}$$

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad \text{Vergelijking 2}$$

Waarin:

μ	=	gemiddelde van de getallenreeks
$\sum_{i=1}^n x_i$	=	som van alle getallen in de getallenreeks
n	=	het aantal getallen in de reeks
σ_n	=	de standaarddeviatie van getallenreeks x
x_i	=	de waarde van getal i in de reeks

Figuur 6 laat zien dat bij een normaalverdeling 68% van de waarnemingen binnen het gemiddelde $\pm 1\sigma$ valt en 95% van de waarnemingen valt binnen het bereik van het gemiddelde $\pm 2\sigma$. Dit betekent dat wanneer de gemiddelde concentratie van een organische microverontreiniging in het influent $\pm 2\sigma$ overlap vertoont met de gemiddelde concentratie van een organische microverontreiniging in het effluent $\pm 2\sigma$, er statistisch gezien geen significante verwijdering kan worden aangetoond. Dit dient in acht genomen te worden bij het interpreteren van de resultaten.



FIGUUR 6 - [[HTTP://WWW.WISKUNDE.NET/STANDAARDDEVIATIE#.V6DMXMDf2UK](http://www.wiskunde.net/standaarddeviatie#.v6DMXMDf2UK)]

7 Conclusies en begroting

7.1 Conclusies

In dit rapport wordt de opzet gepresenteerd voor de robuustheidstesten, waarin OMV doseerproeven worden uitgevoerd op proefinstallaties bij de DPWE bedrijven. Hierin wordt het volgende voorgesteld:

- Uitvoeren omv-doseerexperimenten op locatie. Processen die doorgemeten worden zijn: GAC (Evides), UF-RO & UV/H₂O₂-GAC (PWN), Ozon-GAC (Waternet), O₃/H₂O₂-UV/H₂O₂ (Dunea). Tussen de processtappen door wordt ook bemonsterd om het effect van de individuele processen te meten. Er worden monsters genomen voor doelstofanalyse, bioassays en brede screening. In het robuustheidsonderzoek wordt deze keer ook het effect van type kool (3 verschillende koolsoorten) meegenomen in de proefinstallatie van Evides.
- **Doelstofanalyse.** Monsters worden geanalyseerd op 36 stoffen⁶. Hiermee wordt de robuustheid van de zuiveringsprocessen getest op o.a. recente en andere relevante maar nog niet eerder onderzochte stoffen. Voor een beperkt aantal doelstoffen geldt dat deze bedrijfsspecifiek worden gemeten.
- **Bioassays**⁷. Voor de bioassays geldt dat het in het geval van doseerexperimenten (waar vaak met hogere concentraties wordt gewerkt in de µg/L range) toegevoegde waarde heeft om -naast chemische analyses- ook een set in vitro bioassays toe te passen. Bioassays kunnen namelijk inzichtelijk maken of er biologisch (re)actieve stoffen aanwezig zijn of gevormd worden. De verwachting is dan ook dat gedurende (oxidatieve) drinkwaterbehandeling aanvullende respons gevonden zal worden met behulp van de bioassays.
- **Brede screening.** De brede screening geeft een zo compleet mogelijk beeld van de aanwezigheid van antropogene stoffen. Een eerste interpretatie hiervan geeft een beeld van de verschuiving en relatieve concentratie van pieken als gevolg van de verschillende zuiveringsstappen.

7.2 Opzet begroting

In de voorgaande hoofdstukken zijn de kosten per analyse (prioritaire stoffen, brede screening, bioassays) gespecificeerd. Hierbij komen nog de kosten bij voor het plannen en uitvoeren van de experimenten, interpretatie van de verkregen data, rapportage, etc. Dit hoofdstuk geeft de begroting voor het totale project.

⁶ Dit zijn: Aniline, Barbitaal, Carbamazepine, Diclofenac, Furosemide, Gabapentin, Hydrochlorothiazide, Melamine, Metformin, Phenobarbitaal, Propranolol, Sucralose, Terbutylazine, Tetraglyme, Tiamuline, TPPO, Urotropine, Pyrazool, Tonalide, Tramadol, Dimethomorf, HMMM, Triisobutylfosfaat, 4-methyl-1H-benzotriazole, 5-methyl-1H-benzotriazole, Acesulfaam K, Benzotriazole, Carbendazim, Diatrizoic acid, Dimethenamid. En bedrijfsspecifiek: bromaat, 1,3- en 1,4-dimethylbenzeen (Waternet), AMPA/glyfosaat, EDTA (Evides), bromaat (Dunea). Bromaat wordt niet gedoseerd.

⁷ Toegepaste bioassays zijn: AMES testen (TA98 en TA100 +/- S9), nrf2 CALUX, PAH CALUX, anti-AR-CALUX, en de ER-CALUX. En bedrijfsspecifiek: PXR, PPAR (Waternet)

7.3 Begroting

Tabel 4 geeft per activiteit de begrote kosten. Het totaal van de kosten voor het gehele project inclusief de bedrijfseigen stoffen en bioassays komen op €270 000,-. Bij de kosten van de doelstofanalyses is rekening gehouden met een tariefstijging voor 2017 (2%). De begroting is voorgelegd aan de stuurgroep op 26 september 2016 en de stuurgroep heeft aangegeven de extra stoffen mee te willen nemen en ook de 2 extra koolsoorten van Evides (naast de referentiekool). De totale kosten kunnen worden verdeeld over 2 jaar (€135 000,- per jaar).

TABEL 4 BEGROTING TOTALE PROJECT

Activiteit	Budget 2017-2018	
Vorbereiding + uitvoering experimenten		25
Doelstofanalyses		116
- Analyses van organische microverontreinigingen	51	
- Aanmaken stockoplossingen	30	
- Verwerking, interpretatie, rapportage	35	
Bioassays		45
- Analyses	30	
- Verwerking, interpretatie, rapportage	15	
Brede screening ⁸		54
- Analyses	34	
- Verwerking, interpretatie, rapportage	20	
Bedrijfseigen stoffen en bioassays		15
PM + overleg		15
Totaal 2017-2018		270

⁸ Hoewel de opzet van de non-target screening zorgvuldig is uitgedacht, is het onmogelijk de uitkomst exact te kunnen voorspellen. Er dient rekening mee gehouden te worden dat de opbrengsten wellicht minder informatie verschaffen dan nu beoogd.

Referenties

[1] B. Hofs, P. Baggelaar, D. Harmsen, W. Siegers (2014), Robuustheid zuiveringen DPW 2012 - 2013; zomer en winter, KWR 2014.022.

[2] L. Puijker, K. Baken, M. Schriks, E. Cornelissen, R. Hofman-Caris, C. Bertelkamp (2016): Robuustheid zuiveringen DPWE bedrijven - Inventarisatie nieuwe stoffen en selectie voor experimenteel onderzoek, KWR 2016.005.

[3] T. van Leerdam, B. Bajema, B. de Graaf, J. van der Kooi (WLN), L. Puijker (KWR), Brede chemische screening voor het monitoren van de waterkwaliteit, H2O online, 27 oktober 2015, <http://www.vakbladh2o.nl/index.php/h2o-online/recente-artikelen/entry/brede-chemische-screening-voor-het-monitoren-van-de-waterkwaliteit>

[4] B. Hofs, P. Speksnijder, M. Schriks, M. Heringa, E. Beerendonk (2012), Robuustheid 2011: Proefopzet doseerexperimenten 2012/2013, KWR 2012.007