

BTO 2015.221(s) | December 2015

BTO rapport

Meeting of Waters -
Handleiding
proefinstallatie

BTO-s

Meeting of Waters - Handleiding proefinstallatie

BTO | November 2015

Opdrachtnummer

400375

Projectmanager

Drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

Opdrachtgever

BTO – Speerpuntonderzoek Vitens

Kwaliteitsborger(s)

dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)

dr. J.R.G. (Joost) van Summeren, S. (Sidney) Meijering

Verzonden aan

Vitens (Eelco Trietsch, Marije Ijszenga, Bas Rietman)

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

dr. Joost van Summeren
T 030-6069667

E Joost.van.Summeren@kwrwater.nl

Keywords

Proefinstallatie

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



Watercycle
Research
Institute

BTO | November 2015 © 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.

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Toelichting op het ontwerp van de installatie	4
3	Handleiding bediening installatie	6
3.1	Stap 1 - Inschakelen installatie	6
3.2	Stap 2 - Vullen van de voedingsvaten	7
3.3	Stap 3 - Ontluchten van pompen	7
3.4	Stap 4 - Afsluiters in de goede positie zetten	8
3.5	Stap 5 - Patronen inlezen en experiment uitvoeren.	8
3.6	Stap 6 - Installatie uitschakelen	9
4	Storingslijst	10
5	Aansturing van voeding- en verbruikpunten	12
5.1	Regelen van verbruik- en leveringspunten	12
5.2	Starten van experimenten starten vanuit stationaire toestand	12
5.3	Doorlaatgroottes van de regelbare afsluiters	12
6	Voorstel voor experimenten met de proefinstallatie	14
6.1	Inleiding	14
6.2	Onderzoeksthema's op netwerkniveau	14
6.3	Onderzoek op huishoudelijk niveau	15
6.4	Inrichting experimenten	17
6.5	Aanbevelingen	17
7	Literatuur	18

1 Inleiding

Voor het speerpuntonderzoek Meeting of Waters heeft KWR in opdracht van Vitens een proefinstallatie ontworpen en gebouwd.

De installatie is opgeleverd op maandag 16 november 2015 en staat in de Vitens Innovation Center proefhal in Noardburgum. Op 26 november 2015 is de kennisoverdracht van KWR naar Vitens gepland. In het kader van de kennisoverdracht worden in dit rapport de volgende zaken besproken:

- Toelichting op het ontwerp (Hoofdstuk 2)
- Praktische bediening van de installatie (Hoofdstuk 3)
- Storingslijst voor mogelijke technische storingen en oplossingen (Hoofdstuk 4)
- Aansturing van de installatie (Hoofdstuk 5)
- Voorstel voor experimenten met de proefinstallatie (Hoofdstuk 6)

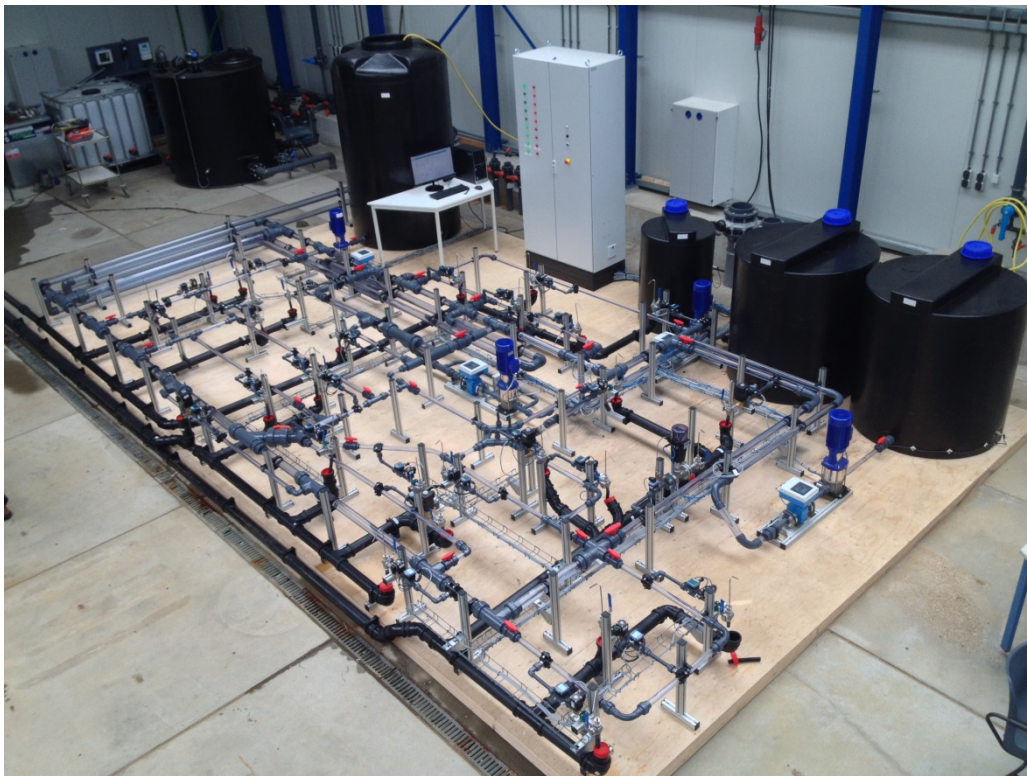
Er wordt in dit rapport verwezen naar enkele aanverwante documenten die zullen worden meegeleverd met de kennisoverdracht:

- Rapport BTO 2014.041 "Meeting of Waters - Ontwerp van een proefinstallatie voor drinkwatertransport in de Vitens Innovation Playground" (Van Summeren 2014)
- SMART Handleiding mengeffecten (uitleg van aansturing van experimenten via een web-gebaseerd platform) (Desmaray 2015)
- Bouwtekening van de proefinstallatie op A2 formaat
- Overzicht van gebruikte componenten en materialen
- Handleiding pomp

2 Toelichting op het ontwerp van de installatie

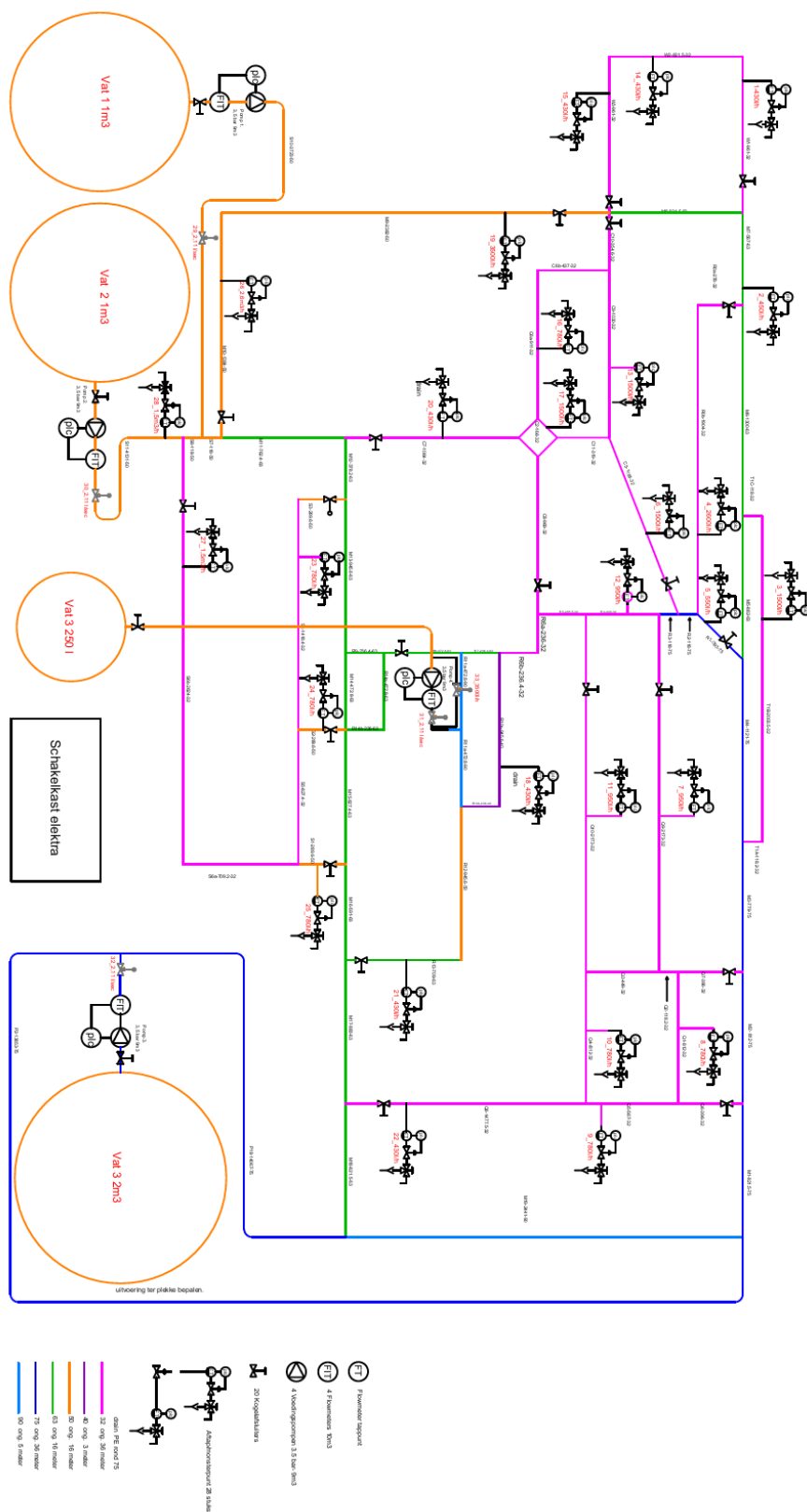
Het ontwerp van de proefinstallatie (schaalmodel van een deel van het Vitens Innovation Playground leidingnet) is in detail beschreven in (Van Summeren 2014). Het ontwerp is gebaseerd op een schalingsanalyse met als doel om de resultaten in de proefinstallatie vertaalbaar te laten zijn naar de werkelijkheid. Hierbij is rekening gehouden met hydraulische processen (turbulentie, schuifspanning, deeltjeshoogte en turbulente diffusie). De installatie is ontworpen voor onderzoek naar mengeffekten, maar niet voor microbiologische experimenten en menging op kruisingen.

Op basis van een schalingsanalyse is gekozen voor de volgende dimensionering ten opzicht van het werkelijke VIP-leidingnet: 1:846 voor leidinglengtes, 1:10 voor leidingdiameters, en 1:900 voor de tijdschaal.



FIGUUR 1. PROEFINSTALLATIE IN DE VIC PROEFHAL TE NOARDBURGUM.

Een ontwerp-tekening van de installatie zoals in Figuur 2 zal in A2 formaat worden meegeleverd tijdens de kennisoverdracht. Ook wordt er een overzicht van geleverde componenten en materialen meegeleverd.



FIGUUR 2. ONTWERPTEKENING VAN DE PROEFINSTALLATIE.

3 Handleiding bediening installatie

3.1 Stap 1 - Inschakelen installatie

Kijk of er geen lekkages zijn aan het systeem en of er geen onregelmatigheden te zien zijn.

Indien alles goed is kan de hoofdschakelaar om worden gedraaid. Deze bevindt zich aan de linkerkant van de besturingskast (Figuur 3).

Draai de hoofdschakelaar zodat de installatie onder spanning komt te staan.



FIGUUR 3. HOOFDSCHAKELAAR (LINKERZIJDE BESTURINGSKAST).

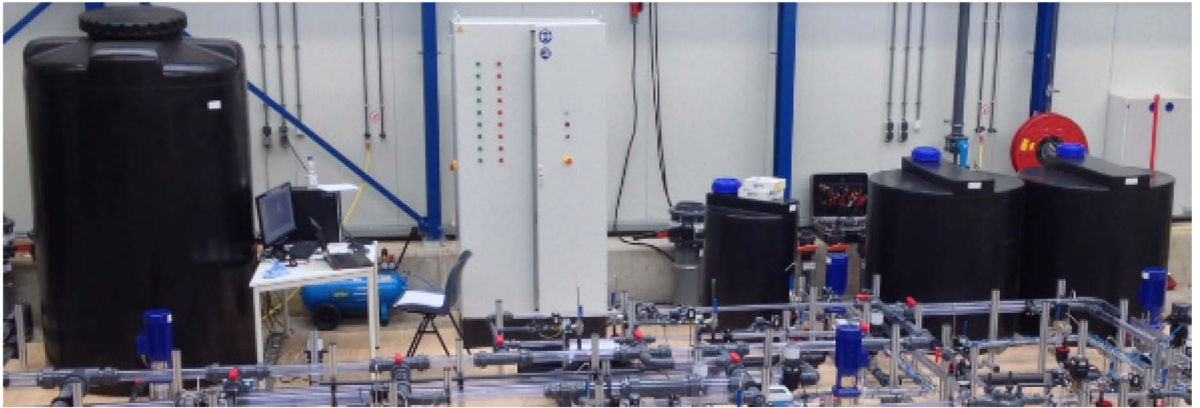
Controleer of er perslucht aanwezig is. Dit kun je zien aan de Indicatie leds (Figuur 4) .



FIGUUR 4 INDICATIE-LEDLAMPEN (VOORKANT BESTURINGSKAST).

3.2 Stap 2 - Vullen van de voedingsvaten

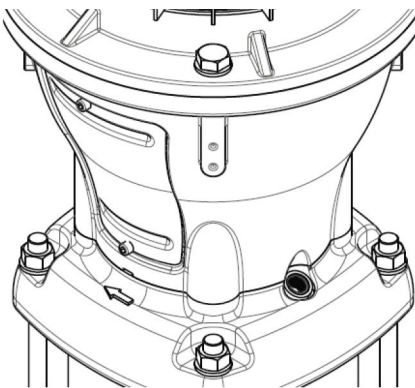
Vul de voedingsvaten (Figuur 5) met water zodat ze voldoende water bevatten om één of meerdere experimenten uit te voeren. Zorg er voor dat bij het vullen van de vaten er geen vuil mee de tank in gaat. Het gevolg van vervuiling is dat de tappunten zullen verstopen.



FIGUUR 5. OVERZICHT VAN DE 4 VOEDINGSVATEN (ZWARTE TANKS). VAN LINKS NAAR RECHTS: VAT VOOR HET MODELLEREN VAN LEVERING VANUIT NOARDBURGUM (2 M^3), REINWATERKELDER DE GREUNS ($0,25 \text{ M}^3$), EN DE TWEE VATEN VANAF SPANNENBURG VIA OPJAGER WIRDUM ($2 \times 1 \text{ M}^3$).

3.3 Stap 3 - Ontluchten van pompen

Voor het ontluchten van de pompen wordt verwezen naar de Handleiding Pompen.



3.4 Stap 4 – Afsluiters in de goede positie zetten

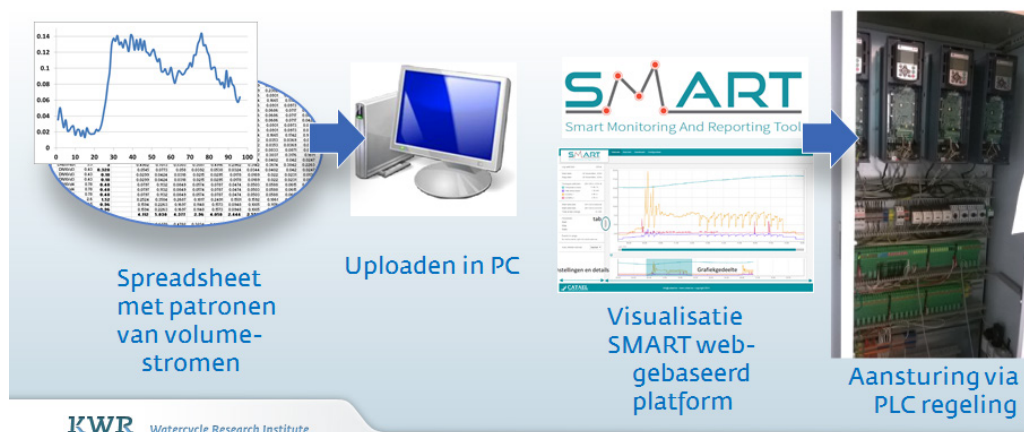
De manuele afsluiters in het systeem zijn te herkennen aan de rode heldels (Figuur 6). Deze dienen in de juiste positie te worden gezet.



FIGUUR 6. MANUELE AFSLUITER.

3.5 Stap 5 – Patronen inlezen en experiment uitvoeren.

Een dashboard-achtige omgeving (SMART platform) wordt gebruikt voor het inlezen van patronen voor variabel waterverbruik of -levering (Figuur 7). Ook zijn met de webtool experimentvariabelen in te stellen en is het experiment te starten. Voor deze handelingen wordt de lezer verwezen naar de SMART Handleiding menueffecten (Desmaray 2015) .



FIGUUR 7 . SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET INLEZEN VAN PATRONEN IN HET WEB-GEBASEERDE PLATFORM SMART EN AANSTURING VIA DE BESTURINGSKAST VAN DE ACTUATOREN IN DE INSTALLATIE.

3.6 Stap 6 – Installatie uitschakelen

Na afloop van het experiment wordt de installatie uitgeschakeld met de rode hoofdschakelaar (Figuur 8).



FIGUUR 8. HOOFDSCHAKELAAR (LINKERZIJDE BESTURINGSKAST).

4 Storingslijst

ER BRANDEN GEEN LEDS OP DE BESTURINGSKAST.

- Is de voeding aangesloten?
- Zijn de zekering of de aardlek uitgeschakeld

DE POMPEN DRAAIEN WEL MAAR ER WORDT GEEN WATER HET SYSTEEM INGEpomPT.

- Zijn de voedingsvaten gevuld met water
- Is de pomp ont lucht
- Zijn de afsluiters in de goede positie geplaatst

DE TAPPUNTEN REAGEREN NIET OF NIET VOLLEDIG

- Zijn de parameters in het programma goed ingevuld
- Is er iets op het scherm van het tappunt te zien
- Is er perslucht aanwezig, sommige tappunten werken niet als er geen perslucht aanwezig is
- Staan alle afsluiters in de juiste positie
- Indien het tappunt wel reageert maar er geen water uit komt dan is de afsluiter mogelijk verstopt. Om deze schoon te maken moeten de specificaties van de afsluiter worden geraadpleegd.

TIJDENS DE TEST STOPPEN SOMMIGE POMPEN.

- Mogelijk laag niveau van de voedingstank bereikt waardoor de pomp wordt uitgeschakeld.
- Mogelijk dat de parameters zo zijn ingevuld dat alle of sommige pompen als druk pomp zijn ingesteld. Indien de druk in het systeem dan wordt bereikt dan stoppen de pompen en zullen ze niet meer opstarten omdat andere pompen het systeem voldoende op druk houden.

HET WATER SPIJT LANGS DE SLANGEN VAN DE TAPPUNTEN OMHOOG TIJDENS DE TEST.

- De waterafvoer kan het af te voeren water niet snel genoeg afvoeren.
- Afvoer nakijken of deze verstopt zit of wat de oorzaak is dat het water niet weg kan.

VISUELE ALARMMELDINGEN (LED-LAMPEN OP BESTURINGSKAST)

- Luchtdrukbeveiliging: indien er geen perslucht op het systeem staat, kan het experiment niet starten.
- Te laag niveau in tanks (pomp stopt, en start niet meer op gedurende het experiment)
- Voor het keldervat wordt het hoog- en laag niveau weergegeven. (Voor de andere vaten alleen het laag-niveau).

- Pompen: aan-/uitstand wordt weergegeven
- Procesdruk:
 - o Laag: Als het experiment start wordt gecontroleerd of de druk voldoende snel een ingesteld niveau bereikt. Indien dat niet gebeurt ,stopt het experiment.
 - o Hoog: Melding van te hoge procesdruk.

5 Aansturing van voeding- en verbruikpunten

5.1 Regelen van verbruik- en leveringspunten

Voor een snelle en nauwkeurige regeling zijn alle verbruik- en leveringspunten uitgerust met een combinatie van flowmeter, regelbare (magnetische) afsluiter en een controller. De controllers maken gebruik van een Proportional-Integral-regeling. De instellingen hiervan bepalen hoe de afsluiters de gewenste variabele patronen volgen.

Deze opzet is getest in de werkplaats van KWR (individuele verbruikspunten) en in de VIC proefhal (volledige systeem). Hieruit is gebleken dat de gelogde waarden de gewenste waarden nauwkeurig volgen. Figuur 9 toont een representatief testresultaat. Tijdens de betreffende test was de gehele installatie in gebruik was met tijdsafhankelijke verbruiken en leveringen.



FIGUUR 9. VOORBEELD VAN GEWENSTE (BLAUWE CURVE) EN GEMETEN (BRUINE CURVE) VOOR EEN VERBRUIKSPUNT IN DE PROEFINSTALLATIE. OP DE HORIZONTALE AS STAAT DE TIJD MET TICKMARKS ELKE 4 SECONDEN. OP DE VERTICALE AS STAAT HET VERBRUIK IN LITERS PER SECONDE.

5.2 Starten van experimenten starten vanuit stationaire toestand

Opstarteffecten aan het begin van een experiment kunnen de metingen negatief beïnvloeden, bijvoorbeeld door het plots openen van afsluiters waardoor een drukgolf ontstaat die de regeling op andere locaties verstoort. Er wordt daarom aanbevolen om te werken met een opstartperiode van enkele seconden (alle patronen de initiële waarden toekennen). Vanuit de zo gecreëerde stationaire situatie kan dan het experiment aanvangen met minimale opstarteffecten.

5.3 Doorlaatgroottes van de regelbare afsluiters

Voor de regelbare afsluiters bij de tappunten is gekozen voor verschillende doorlaatgroottes (die de maximum volumestromen per tappunt bepalen). Belangrijk daarbij is dat een

afsluiter zowel een volumestroom bovengrens heeft (maximum doorlaat) als een ondergrens (volumestroom waarbij nog nauwkeurig kan worden gemeten). In de berekende verbruiken op de tappunten (die het totale verbruik van een buurt of wijk representeren) zit enige variatie. De keuze voor afsluiters weerspiegelt deze variatie. Binnen de grenzen van wat mogelijk is, is zo veel mogelijk experimenteerruimte gecreëerd: elk tappunt kan een in de tijd variërend patroon bevatten en er kan ook gevarieerd worden met bijvoorbeeld gem.dag/max.dag/geen verbruik scenario's. In de keuze is zo goed mogelijk rekening gehouden met zowel de experimenteervrijheid als de praktijksituatie. Bij erg laag verbruik (bijvoorbeeld verbruik tijdens de nacht) kan de regeling voor sommige locaties onnauwkeurig worden. Dit resulteert in onregelmatig openen en sluiten van de afsluiter.

6 Voorstel voor experimenten met de proefinstallatie

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een eerder opgestelde memo van KWR (3 december 2014). Hierin worden experimenten met de VIP-proefinstallatie voorgesteld. Daarbij worden de volgende aspecten geadresseerd:

- Openstaande vragen m.b.t. waterkwaliteit in het distributienet
- Benodigde experimenten om de onderzoeksvragen te beantwoorden
- Randvoorwaarden aan de proefinstallatie

6.2 Onderzoeksthema's op netwerkniveau

6.2.1 Verspreiding van stoffen en water in het netwerk

- Onderzoeksvragen
 - Hoe verdeelt het water van verschillende voedingen zich over het leidingnet? Hoe veel menging vindt er plaats op het grensvlak?
 - Wat is de invloed hierop van sturing (productie en kelder), afsluiterstanden en verbruikspatronen? En wat zijn de gevolgen van falende productie, lekverlies en reparaties en zijn deze herkenbaar op basis van sensorgegevens?
 - Hoe lang kan een waterpakket in het netwerk verblijven ten gevolge van de aanwezigheid van één of meer pendelzones?
- Experimenten
 1. Definieer relevante vraagpatronen, sturingen en afsluiterstanden waarmee een gewenst stromingspatroon wordt gerealiseerd (inclusief eventuele pendelzones)
 2. Controleer of deze hydraulische situatie daadwerkelijk wordt gerealiseerd door het visueel volgen van gekleurde tracerstoffen door het netwerk.
 3. Installeer op voldoende relevante locaties sensoren voor de in het experiment te gebruiken tracerstof (bijvoorbeeld keukenzout met geleidbaarheidsmeters).
 4. Voer volgens van tevoren vastgestelde scenario's deze tracerstof toe en volg de ontwikkelingen van de concentratie met de sensoren door de tijd heen.
- Randvoorwaarden
 - Kleur-, troebelheids-, of waterkwaliteitssensoren voor herkenning van watertypen. Ook visuele waarnemingen kunnen nuttig zijn bij het bepalen van grensgebieden.
 - Representatieve productiepatronen, verbruikspatronen en afsluiterstanden.

6.2.2 Verspreiding van besmettingen

- Onderzoeksvraag
 - Hoe hangt de verspreiding van een verontreiniging af van de locatie, het starttijdstip en de duur van de verontreiniging?
 - Hoe gevoelig is de verspreiding voor sturing, verbruikspatronen en afsluiterstanden?
- Experimenten
 1. Realiseer een gewenst stromingspatroon en controleer dit door tracerstoffen visueel te volgen

2. Installeer voldoende sensoren
 3. Voeg een tracerstof toe volgens van tevoren vastgestelde scenario's met verschillende bronlocatie, starttijd en duur van de verontreiniging.
 4. Volg de ontwikkelingen van de concentratie met de sensoren door de tijd heen.
- Randvoorwaarden
 - Kleur, troebelheids- en/of WQ-meters voor het detecteren van verontreinigingen
 - Mogelijkheid tot injectie van verontreinigingen op diverse plaatsen in het leidingnet.

6.2.3 Testen van sensornetwerken en meetbaarheid van verontreinigingen

- Onderzoeksvragen
 - Hoe reageren sensoren op verontreinigingen waarvan de concentratie varieert als gevolg van splitsende en weer samenkomende waterstromen en afneemt door turbulente diffusie?
 - En hoe verandert de meetbaarheid in samenspel met andere operationele waterkwaliteitsveranderingen (zoals het pendelen van voedingsgebieden)?
 - Hoe presteren sensornetwerken die zijn geoptimaliseerd voor verschillende doelstellingen (bijvoorbeeld detectiesnelheid, nauwkeurige bronbepaling, of meervoudige sensordetectie)?
 - Hoe reageren verschillende typen sensoren (per soort of in combinatie)?
- Experimenten
 1. Realiseer een aantal gewenste stromingspatronen en controleer deze door tracerstoffen visueel te volgen
 2. Installeer sensoren op locaties die zijn bepaald door een optimalisatie-algoritme. Experimenteer met verschillende (combinaties van) sensortypen.
 3. Voeg een tracerstof toe volgens van tevoren vastgestelde scenario's. Varieer de concentratie van de verontreiniging.
 4. Volg de concentratie met de verschillende sensornetwerken door de tijd heen.
 5. Optioneel: Bereken brongebieden om het presteren van de sensornetwerken te bepalen.
- Randvoorwaarden
 - Gebruik van sensorlocaties bepaald met een optimalisatie-algoritme.
 - Optioneel: Gebruik een backtracing-algoritme in combinatie met hydraulisch model voor berekenen van brongebieden.
 - Optioneel: Voldoende flowmeters om stromingspatronen berekend met een hydraulisch model te controleren

6.3 Onderzoek op huishoudelijk niveau

De proefinstallatie is ontworpen om stofverspreiding in de VIP te simuleren. Daarmee is het primaire en secundaire netwerk te onderzoeken. Een aantal interessante onderzoeksvragen spelen zich echter af in het tertiaire net. Het is daarom interessant om te zien of de proefinstallatie bruikbaar is als wijkmodel.

Laten we daarom "doen alsof" de installatie niet langer de VIP voorstelt, maar een wijkmodel met ca. 100 huishoudens. Dan moeten we uitgaan van andere karakteristieke maten van het werkelijke wijkmodel: bijvoorbeeld een leidinglengte van 300 m (i.p.v. 22 km), diameter 100 mm (i.p.v. 500 mm) en tijdschaal 1 uur (i.p.v. 1 dag). In de proefinstallatie liggen de leidinglengtes en -diameters uiteraard vast, maar we hebben de vrijheid om de tijdschaal in

de experimenten anders in te stellen. Als we de schalingsanalyse opnieuw uitvoeren, dan blijkt dat het mogelijk is om de transportprocessen (turbulentie, turbulente diffusie, Rouse-getal, schuifspanning) binnen de eerder vastgestelde tolerantiegrenzen te modelleren. Hiervoor moeten we de experimenteertijd verlengen van 100 naar 200 seconden. Dan representeert 1 seconde experimenteertijd ongeveer 20 seconden in werkelijkheid. Op deze manier is het in principe mogelijk om de onderstaande zaken generiek te onderzoeken. Hierbij moet opgemerkt worden dat de opstelling qua leidingstructuur niet is ontworpen als wijk en dus afwijkt wat betreft leidingstructuur en afnemende diameters in een vertakt netwerk.

6.3.1 Invloed van stochastische verbruikspatronen

- Onderzoeksvragen
 - Wat is de invloed van stochastische verbruikspatronen op snelheden en verblijftijden in het netwerk?
 - En tot op welke schaal (bv. straat- of wijkniveau) is dit nog merkbaar?
- Experimenten
 1. Definieer stromingspatronen. Ken daarbij aan de tappunten stochastische verbruikspatronen toe voor (een aantal) huishoudens.
 2. Installeer voldoende flowmeters voor een nauwkeurige bepaling van snelheidspatronen.
 3. Volg de snelheidspatronen door de tijd en analyseer tot op welke schaal (straat, wijk) de stochastiek van invloed is op snelheden en verblijftijden.
- Randvoorwaarden
 - SIMDEUM-berekeningen om stochastische verbruikspatronen te berekenen.
 - Voldoende flowmeters.
 - Optioneel: Programmatuur voor een statistische analyse van de flowmetingen.

6.3.2 Deeltjesaccumulatie, bruinwaterklachten en de invloed van een vertakt of vermaasd netwerk

- Onderzoeksvragen
 - Waar in het net accumuleren deeltjes?
 - Hoe hangt de zelfreiniging van het net samen met de leidingnetstructuur (vertakt of vermaasd)?
 - Idem voor afhankelijkheid van dagelijkse normale en maximale stroomsnelheden
 - Wat betekent dit voor spuistrategieën en streefstructuren?
- Experimenten
 1. Definieer een standaard sturingsscenario (bv. constante druk op Noordburgum en constante volumestroom uit Spannenburg) en verbruikspatronen.
 2. Voeg deeltjes toe aan het water (bijvoorbeeld slib uit spuiwateren bepaal daarvan de verdeling van de korrelgrootte).
 3. Definieer een aantal vertakte en een vermaasde leidingnetwerken door de afsluiterstanden handmatig in te stellen
 4. Volg in de tijd waar de deeltjes van verschillende grootte accumuleren of weer opwervelen, en of er bed load transport plaatsvindt.
- Randvoorwaarden
 - NB. De afnemende diameters van een zelfreinigend netwerk en de topologie die hoort bij een stratenpatroon zijn moeilijk precies te realiseren, omdat de proefinstallatie is ontworpen voor de gehele VIP. Dit maakt het

voor dit thema wellicht moeilijk om de resultaten direct naar de praktijk te vertalen.

- Verontreinigingsmateriaal met bekende (verdeling van) korrelgroottes
- Sensoren om real-time deeltjes in het water te meten (bijvoorbeeld met een deeltjesteller en monstername met putdop).

6.4 Inrichting experimenten

- Inrichting van het experimenten gebeurt grotendeels met bijgeleverde programmatuur (instellingen experimentduur, sturingstype (druk-, flow-geregeld), vraagpatronen en leveringspatronen).
- Flow- en drukmetingen worden tijdens het experiment automatisch opgeslagen als tijdreeks voor elke sensor.
- Installatie van specifieke sensoren is nodig voor bepaalde experimenten.
- De inhoud van de reservoirs en reinwaterkelder in de proefinstallatie dient te worden gekozen op basis van de totale modeltijd.

6.5 Aanbevelingen

De hierboven beschreven, summier beschreven, experimenten bieden perspectief op het ophelderen van diverse onbekenden in het gedrag van (water in) distributienetwerken. Om zoveel mogelijk nieuwe kennis uit deze experimenten te halen, doen wij de volgende aanbevelingen:

- Uitvoering van de verschillende experimenten in een zodanige volgorde dat er een graduele opbouw van ervaringen en een graduele uitbouw van complexiteit plaatsvindt. Hierdoor kent ieder volgend experiment niet teveel nieuwe uitdagingen, en wordt bij ieder volgend experiment geprofiteerd van de eerder opgedane ervaring. Hiertoe bevelen wij de aangegeven volgorde aan (thema 1, 2, 3, 4 en 5).
- Voorzichtigheid is geboden bij de twee onderzoeksthema's op wijkniveau (4 en vooral thema 5). Het ontbreken van een realistisch stratenpatroon en afnemende diameters, maakt een directe vertaling naar de praktijk lastig.
- Wetenschappelijke begeleiding van de detailuitwerking van de experimentopzet en -uitvoering. Dit kan gebeuren door KWR, bijvoorbeeld in het kader van Speerpuntonderzoek.
- Ook kan KWR een brugfunctie vervullen naar ander laboratorium-onderzoek met opstellingen voor het distributienet (University of Sheffield, TU Delft).

7 Literatuur

Desmaray, T. (2015). Handleiding mengeffecten SMART - Smart Monitoring And Reporting tool, CATAEL bvba.

Van Summeren, J., Meijering, M., Hijnen, W., Beverloo, H., Van Thienen, P. (2014). Meeting of Waters : Ontwerp van een proefinstallatie voor drinkwatertransport in de Vitens Innovation Playground.