

TOEPASBAARHEID STANDAARD FILTRATIETEST



RAPPORT

2011
23

TOEPASBAARHEID STANDAARD FILTRATIETEST
OPTIMALISATIE EN ONTWERP VAN DISCONTINUE ZANDFILTRATIE
MET EEN STANDAARD FILTRATIETEST

RAPPORT

2011

23

ISBN 978.90.5773.536.3



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS

Ronnie Berg (TAUW bv)
Peter van der Pijl (TAUW bv)
Nico Wortel (Grontmij Nederland B.V./ NW Water Consultancy)
Stefan Geilvoet (Grontmij Nederland B.V.)
Rob Lodder (Grontmij Nederland B.V.)
Marijn Kunst (Grontmij Nederland B.V.)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Cora Uijterlinde (STOWA)
Ruud van Dalen (Waterschap Veluwe)
Leo van Efferen (Waterschap Zuiderzeeland)
Dennis Piron (Waterschap Rivierenland)
Victor Claessen (Waterschap De Dommel)
Erik Rekwinkel (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
Erik Koreman (PWN)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-23

ISBN 978.90.5773.536.3

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

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

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

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

TOEPASBAARHEID STANDAARD FILTRATIETEST

INHOUD

	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	DOELSTELLINGEN EN UITGANGSPUNTEN	3
3	BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE	4
3.1	Beschrijving standaard discontinue filtratietest	4
	3.1.1 Filterkolom	4
	3.1.2 Flocculatie	5
	3.1.3 Kolomdiameter	5
	3.1.4 Dosering	6
	3.1.5 Filternozzle	6
	3.1.6 Filterspoelen	7
4	AWZI'S ALMERE EN DRONTEN	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Resultaten	9
	4.2.1 Algemeen	9
	4.2.2 Bovenwaterstand	11
	4.2.3 Drukopbouw filter	11
4.3	Waterkwaliteit	13
4.4	Aantal spoelingen bij filtratiesnelheid	14
5	RWZI LAND VAN CUIJK	18
5.1	Beschrijving praktijkinstallatie RWZI Land van Cuijk	18
5.2	Testresultaten standaard filtratietest	20
	5.2.1 Testverloop	20
	5.2.2 Terugspoelfrequentie	25
	5.2.3 Weerstandsopbouw	25

	5.2.4	Evaluatie van de resultaten	26
	5.2.5	Aanbevelingen optimalisatie filtratiekolom	27
5.3		Prestaties praktijkinstallatie RWZI Land van Cuijk	28
	5.3.1	Filterprestaties	28
	5.3.2	Filterlooptijden	29
5.4		Evaluatie prestaties standaard filtratietest en praktijkinstallatie	30
	5.4.1	Weerstandopbouw	31
	5.4.2	Filtraatkwaliteit	31
5.5		Filtermodellering	32
5.6		Conclusies en aanbevelingen	33
	5.6.1	Conclusies	33
	5.6.2	Aanbevelingen	33
6		RWZI HARDERWIJK	35
	6.1	Proefopstelling	35
	6.2	Resultaten	37
	6.2.1	Dubbellaagsfiltratie	37
	6.2.2	Automatic back wash filtratie	37
	6.3	Fosfaatverwijdering in het filter	39
	6.3.1	Filteropbouw	39
	6.3.2	Fosfaatverwijdering in het dubbellaagsfilter	40
	6.3.3	Fosfaatverwijdering in het automatic backwash filter	41
7		VERGELIJKING VAN DE MEETPERIODES	43
	7.1	Conclusies meetperiode AWZI Almere en AWZI Dronten	43
	7.2	Conclusies meetperiode Land van Cuijk	43
	7.3	Vergelijking met meetperiode rwzi Harderwijk	43
	7.3.1	Filtermedia	44
	7.3.2	Fosfaat	44
	7.3.3	Standtijden of aantal spoelingen per dag	44
	7.4	Standtijden versus waterkwaliteit	44
8		TOEPASBAARHEID	45
	8.1	Inleiding	45
	8.2	Inzicht in functioneren van bestaande filters	45
	8.3	Ontwerptrajecten	45
	8.4	Aanbestedingen	45
9		CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	47
	9.1	Conclusies	47
	9.2	Aanbevelingen	47
	9.2.1	Standaard filtratietest	47
	9.2.2	Modellering	48
		BIJLAGEN	
	1	ZANDBEDFILTRATIE	49
	2	BEMONSTERING STATEN AWZI DRONTEN	51
	3	BEMONSTERING STATEN AWZI ALMERE	53

1

INLEIDING

Momenteel wordt op veel plaatsen in Nederland gedacht over, voorbereidingen getroffen voor, proefonderzoek uitgevoerd naar filtratie van de afloop van de nabezinktanks. Er is al een aantal installaties gerealiseerd en er is ervaring opgedaan met semi-technische installaties (5-10 m³/h). Op basis van een onderzoek met semi-technische installaties kan een relatief veilig ontwerp voor een full scale installatie worden gemaakt. Zo'n proefonderzoek geeft een redelijk representatief beeld, maar kent vier grote nadelen:

- hoge kosten, zowel in investeringen als in tijdsbesteding;
- geringe optimalisatiemogelijkheden;
- vaak beperkte resultaten vanwege veel praktische problemen;
- evaluatie van de resultaten achteraf.

Vaak wordt een proefonderzoek overgeslagen en een ontwerp gemaakt op basis van aannames: een veilige (lage) filtratiesnelheid en een conventionele filterbedopbouw. Daarentegen wordt ook een relatief hoge filtersnelheid in aanbiedingen gehanteerd. Dit resulteert in een kleinere filterinstallatie en een grotere slagingskans bij aanbesteding maar ook met een hoger risico wat betreft bedrijfsvoering en filtraatkwaliteit.

Het risico van niet voldoen aan een kwaliteitseis ligt vaak bij de aannemende partij. Dit heeft als nadelen:

- Hogere aanneemsom (risicoafdekking) dan strikt noodzakelijk is.
- Risicoaanvaarding bij een winnende aannemer en gesteggel achteraf.

Om genoemde nadelen te ondervangen heeft Waterschap Zuiderzeeland (ZZL), in samenwerking met Waterschap Veluwe en Waterschap Rivierenland een standaard filtratietest laten bouwen (zie Hoofdstuk 3) waarin op kleine schaal de filtratieprocessen worden uitgevoerd en direct on-line gemonitord. Een dergelijke testmethode is in de drinkwaterwereld al langer (hoewel niet gestandaardiseerd) in gebruik. Aanpassingen (zoals filterbed vervangen, vlokstandigheden aanpassen) zijn gemakkelijk (makkelijke handling, kleine volumina), gegenereerde data staan op elk moment van de dag ter beschikking vanachter elke aangemelde PC en kunnen direct worden besproken, waardoor feed back snel is. De voorafgaande coagulatie kan gemakkelijk worden ingesteld op bijvoorbeeld de omstandigheden in een te optimaliseren of te controleren/ontwerpen filter. De kosten van een dergelijk onderzoek bedragen een fractie van die van semitechnisch onderzoek.

De eerste standaard filtratieopstelling is gevalideerd op RWZI Harderwijk en bleek tot dezelfde ontwerpgrondslagen te leiden als met de semitechnische opstelling. Tevens werden een aanzienlijk grotere hoeveelheid data verzameld waardoor een risicoanalyse voor het ontwerp aanzienlijk wordt vergemakkelijkt.

In een vervolgonderzoek is het testfilter in gezet naast een aantal bestaande installaties om daarmee ervaring op te doen door het verzamelen van voldoende gegevens om het testfilter als representatief proeffilter aan te merken. Oogmerk was in eerste instantie fosfaatverwijdering.

In deze rapportage worden de bevindingen van eerder onderzoek op de rwzi's Almere, Dronten gepresenteerd, alsmede de resultaten van recente testen op RWZI Land van Cuijk. Van de testen op rwzi Harderwijk zijn de resultaten ook beknopt weergegeven om een totaal beeld te hebben van de aanwezige informatie.

In de recente testopstelling op RWZI Land van Cuijk is het testfilter ingezet om een vergelijking te maken met de praktijkinstallatie (tweede trap) zandfiltratie voor fosfaat verwijdering. De test installatie is daarbij onder voor zover mogelijk vergelijkbare procescondities bedreven met als doel om vast te stellen of de standaard filtratietest representatieve resultaten oplevert, vergelijkbaar met die van de praktijkinstallatie.

Mogelijk kunnen de resultaten van de standaard filtratietest aanwijzingen geven voor optimalisatie van de bedrijfsvoering van de bestaande praktijkinstallatie.

In Bijlage 1 is een korte beschrijving opgenomen van de karakteristieken van zandbedfiltratie.

2

DOELSTELLINGEN EN UITGANGSPUNTEN

Voorafgaand aan het onderzoek zijn de volgende doelstellingen gedefinieerd:

- opstellen van een goede omschrijving van de testopzet en uitvoering;
- het aantonen van de representativiteit van de testresultaten voor de praktijkinstallatie;
- het genereren van kennisregels omtrent goede (niet te veilige) ontwerpen voor nabehandeling van effluent voor P-verwijdering;
- optimalisatie van bestaande praktijkinstallatie op RWZI Land van Cuijk;
- overdracht van kennis over filtratieprocessen aan procesoperators.

Door het bereiken van deze doelen kan op basis van de uit te voeren testen:

- een optimaler ontwerp worden gemaakt voor een willekeurige filterinstallatie;
- de “veiligheidsmarge” in het ontwerp verlaagd worden en daarmee de risicoafdekking;
- een betere technisch en economisch bedrijfsvoering van filtratie worden verkregen;
- het algemene kennisniveau zowel van technologen als operators verhoogd worden;
- de kennis bij de implementatie van de KRW-maatregelen worden toegepast;
- sneller meer valide data worden verzameld, mede ten behoeve van een update van het “Handboek Filtratie; STOWA 2006-21”.

De doelstellingen zijn in praktische zin vertaald in een één op één vergelijking van de prestaties van de testkolom met de prestaties van de praktijkinstallatie op RWZI Land van Cuijk. Het onderzoek is daarop gericht geweest en heeft de nodige aanknopingspunten opgeleverd voor verdere optimalisatie van de praktijk installatie. Voorts heeft de analyse van de dataset van de praktijkinstallatie het inzicht in de huidige bedrijfsvoering en de mogelijkheden voor optimalisatie vergroot.

Voorts zijn deze resultaten vergeleken met eerdere testruns op andere locaties, te weten de rwzi's Almere, Dronten en Harderwijk.

3

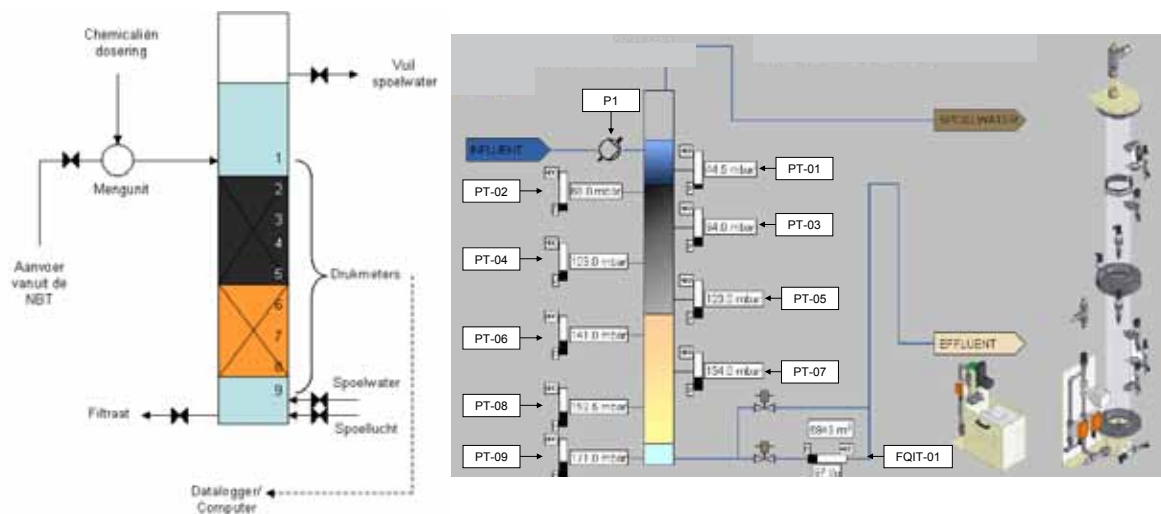
BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

3.1 BESCHRIJVING STANDAARD DISCONTINUE FILTRATIETEST

3.1.1 FILTERKOLOM

Voor het uitvoeren van filtertesten met de afloop van de nabezinktank is een filterkolom ontworpen. De randvoorwaarden zijn dat de kolom handzaam is, gemakkelijk verplaatsbaar is en weinig personele aandacht nodig heeft door vergaande automatisering. De filterkolom is uitgevoerd met een discontinu dubbellaagsfilter. Een dergelijke minifilterkolom staat model voor in de toekomst te realiseren filterinstallaties op het te onderzoeken water. Het filter wordt gevoed met geflocculeerd water omdat alleen zo zeer lage fosfaat gehalten in het filtraat kunnen worden gehaald. Verondersteld wordt dat een vertaalslag naar een praktijkinstallatie dubbellaagse (discontinue) filtratie redelijk te maken is. Een schematische weergave van de kolom is weergegeven in figuur 3.1.1.

FIGUUR 3.1.1 SCHEMATISCH OVERZICHT VAN DE STANDAARD FILTRATIETEST



Het filter is gemaakt van doorzichtig PVC en heeft een inwendige diameter van 150,7 mm. Daarnaast is het filter dubbellaags gepakt met een antraciet en zand. Antraciet heeft een grotere korrelgrootte (en hogere porositeit (50%)) maar een lagere dichtheid dan zand. De door de flocculatie ontsane grotere vlokken worden ingevangen in het antraciet, terwijl de kleinere vlokken juist worden ingevangen in de zandlaag. Om te bepalen waar de meeste drukopbouw in het filter plaatsvindt zijn negen druksensoren op verschillende hoogtes in de kolom geplaatst. Bij een maximaal toelaatbare drukopbouw wordt het filter gespoeld met lucht en water (conform STOWA 26-2006 niet tegelijkertijd) om de verontreinigingen te verwijderen. Het vuile spoelwater verlaat de kolom aan de bovenzijde.

3.1.2 FLOCCULATIE

Na de snelle menging van het vlokmiddel in een mengunit worden de gedestabiliseerde deeltjes door middel van flocculatie tot affiltreerbare delen gevormd. In de standaard filtratietest vindt de flocculatie plaats in een slang van gekalibreerde diameter en lengte. Deze slang voorziet in die mengenergie en reactietijd (G-waarde en GT-waarde) die als optimale waarden uit bekeerglasexperimenten zijn gevonden. Met behulp van de rekenregels voor G-waarden en een aantal normaal voorkomende filtersnelheden is voor diverse diameters en leidinglengtes de flocculatieslang doorgerekend. De uitkomsten staan in Tabel 3.1.1

TABEL 3.1.1 G-WAARDEN IN S-1 ONDER DIVERSE OMSTANDIGHEDEN FILTRATIESNELHEDEN

Filtratiesnelheid (m/h)	Diameter ø 20 mm	Diameter ø 22 mm	Diameter ø 25 mm
8	44	31	20
10	62	44	27
12	82	58	36
15	114 *	80	50

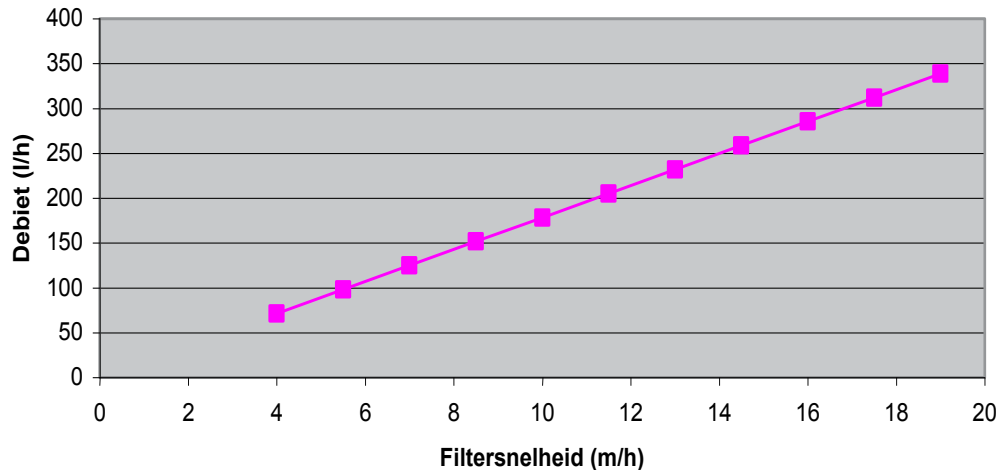
* Zeker te hoog

Op basis van ervaring met het flocculeren van de afloop van de nabezinktank is gekozen voor een diameter die tussen de 22 en 25 mm ligt. De lengte van de slang is circa 40 m gekozen. Hierbij wordt het product GT-waarde van circa 10.000 vastgesteld. Na het verlaten van de flocculatieslang mag er geen vernauwing, haakse bocht of waterval in de aanvoer naar het filtermedium voorkomen om vlokafbraak te voorkomen. Invoer in de kolom vindt plaats vlak onder het bovenwateroppervlak. Bij een lager voedingsdebiet en dus een lagere filtersnelheid zullen eerder wat grotere vlokken worden gevormd die wat hoger in het filterbed (antraciet) worden afgezet. Bij een hoger debiet zullen door de hogere energie-inbreng wat kleinere dieper afgezette vlokken worden gevormd. Ook in het bovenwater van de kolom gaat het flocculatieproces door. Afhankelijk van bovenwaterstand (variërend in de tijd) en debiet komen G-, en GT waarden tot stand. De G- en GT-omstandigheden van slang en kolom samen vormen het totale vloksysteem. Gezien de relatief korte benodigde vloktijd voor fosfaat verwijdering die in vele testen is vastgesteld kan de lengte van de slang mogelijk (flink) korter zijn.

3.1.3 KOLOMDIAMETER

Bij de keuze van de kolomdiameter voor een testkolom is de handelbaarheid van groot belang, de diameter is uit dit oogpunt zo klein mogelijk. De wandinvloed (weinig filtratieweerstand tussen filtermedium en gladde kolomwand) is dan echter groot. Een praktische minimummaat voor een proefkolom is 50 x de kleinste korreldiameter van het filtermedium. Ook is gekeken naar andere proefopstellingen op afvalwater- en drinkwatergebied. Hier wordt vaak een kolomdiameter van 90 mm gebruikt voor kleine opstellingen en diameters van ø 280 – ø 700 mm voor vaste opstellingen. De diameter van ø 90 mm wordt op basis van bovenstaand criterium als te klein beoordeeld. De keuze valt op een buis met een inwendige diameter van 150,7 mm. Het filteroppervlak bedraagt 1,78 dm². Bij een aantal normale filtersnelheden is het te verwerken debiet in de tabel uitgezet. Met deze waarden kunnen componenten, dosering en flocculatie worden berekend. Een bredere range is in de grafiek uitgezet.

FIGUUR 3.1.2 DEBIET ALS FUNCTIE VAN DE FILTRATIESNELHEID



3.1.4 DOSERING

Op basis van de debieten en de normaal geachte doseringen aan in eerste instantie aluminium vlokmiddel (voorbeeld hier: Sachtoklar met 65 mg/ml Al-ion) van maximaal 4 mg/l Al-ion wordt het volgende berekend:

TABEL 3.1.2 DOSERING POLYALUMINIUMCHLORIDE (AL IN ML/H BIJ EEN 1:10 VERDUND PRODUCT, 6,5 MG AL/ML)

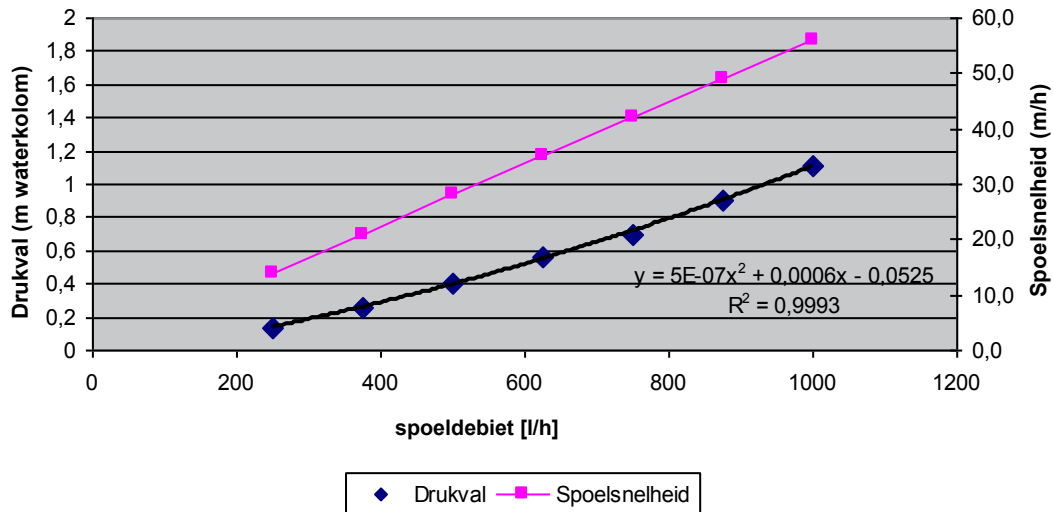
Filtersnelheid (m/h)	Debiet (l/h)	Dosis 1 mg/l Al (ml/h)	Dosis 2 mg/l Al (ml/h)	Dosis 4 mg/l Al (ml/h)
8	143	22	44	88
10	178	27	55	110
12	214	33	66	132
16	267	44	88	176

De gekozen pompcapaciteit gaat tot 400 ml/h. Meestal is het gebruikelijk minimaal 10% van de capaciteit aan te houden als minimum debiet, wat neerkomt 40 ml/h. Bij de lagere debieten (filtersnelheden) of lagere doseringen kan het vlokmiddel 1:20 worden verdund.

3.1.5 FILTERNOZZLE

De bodemplaat van het filter wordt voorzien van een filternozzle. Tijdens de filtratie (0,15 – 0,3 m³/h) is de weerstand laag. Tijdens het spoelen (0,5 – 0,9 m³/h, 8 – 15 l/min) is de weerstand 0,5 – 1 m waterkolom. Gekozen is voor een kleine nozzle die normaliter voor monsternamen wordt gebruikt. De spleetwijdte is met 0,2 mm aan de krappe kant met het oog op vervuiling van de nozzle. Tijdens het wisselen van zand is de nozzle preventief schoongemaakt.

Een flow-drukdiagram is opgenomen in de figuur 3.1.3. Tevens is opgenomen de spoelsnelheid in het filter bij een bepaald spoeldebiet. Deze spoelsnelheid is afhankelijk van het filtermateriaal en ligt normaal gesproken tussen de 20 en 50 m/h.

FIGUUR 3.1.4 DE DRUKVAL ALS FUNCTIE VAN HET SPOELDEBIET IN L/H (FILTER NOZZLE TYPE E, FILTEROPPERVLAK = 1,78 M²)

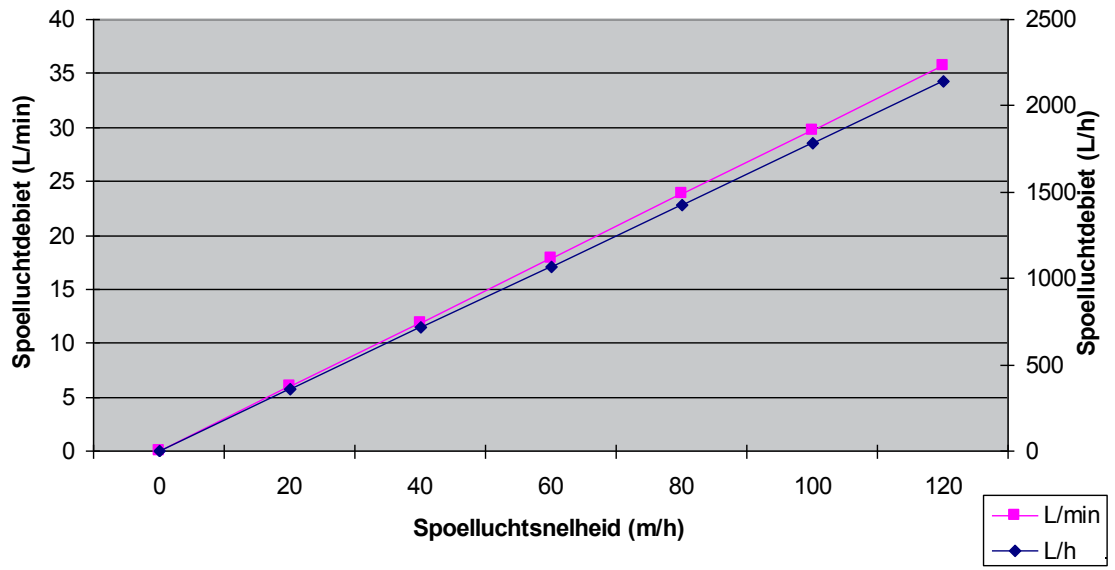
3.1.6 FILTERSPOELEN

Voor het spoelen stijgt de bovenwaterstand met circa 1 m. Dit is dus ook de stijging van de filterbedweerstand over de gehele hoogte. Van deze drukstijging is 20 - 30 cm toe te schrijven aan de weerstandsopbouw in de grensvlakken tussen de verschillende media. Dat betekent dat 70 - 80% van de drukstijging in het filterbed zelf plaatsvindt, hierin worden de slibdeeltjes over de gehele hoogte van het filterbed worden afgevangen.

Aangezien een relatief kleine hoeveelheid slib juist in deze voor verstopping gevoelige grensvlakken tot relatief grote weerstand kan leiden, volgt hieruit dat een zeer grote hoeveelheid slib juist in de filterlagen wordt afgezet. Door optimalisatie van het filter kan evenwel een duidelijk langere looptijd worden bereikt. Te denken valt aan verhogen van de antracietlaag, verbeteren van de korrelgrootte verdeling van zowel zand als kool, vergroten van de diverse korreldiameters (voor zover mogelijk in verband met de kwaliteit van het filtraat), verhogen van de maximaal toelaatbare bovenwaterstand en aanpassingen in het coagulatiesysteem. Deze aanbevelingen konden uitsluitend onderbouwd worden opgesteld door de filtratie / drukmeting -tests met de standaard filtratietest.

Conform STOWA 26-2006 (Handboek Filtratie) wordt het dubbellaagsfilter opgespoeld met eerst spoelwater (filtraat), dan uitsluitend lucht en vervolgens na enige verdrijving van de achtergebleven lucht, nagespoeld met alleen spoelwater. Afhankelijk van de filterbedsamenstelling is de spoelsnelheid met water 30-60 m/h. De spoelluchtsnelheid bedraagt dan 70-90 m/h. Conform figuur 3.1.5. is het luchtdebiet dan 1200 - 1600 l/h (20-26 l/min)

FIGUUR 3.1.5 HET SPOELLUCHTDEBIET ALS FUNCTIE VAN DE SPOELLUCHTSNELHEID (FILTERKOLOM MET DIAMETER 150,7 MM)



4

AWZI'S ALMERE EN DRONTEN

4.1 INLEIDING

Waterschap Zuiderzeeland (ZZL) heeft, in samenwerking met Waterschap Veluwe en Waterschap Rivierenland, een filter gebouwd waarmee op kleine schaal een zandfiltratie uitgevoerd kan worden. Op deze standaard filtratietest zijn diverse meters (druk en debiet) geplaatst welke online gemonitord worden.

In een vervolgonderzoek is op grotere schaal de standaard filtratietest in gezet naast een aantal bestaande praktijkinstallaties, om daarmee ervaring op te doen door het verzamelen van voldoende gegevens om de standaard filtratietest als representatief proeffilter aan te merken.

In dit hoofdstuk worden de bevindingen van het onderzoek op AWZI Almere en AWZI Dronten gepresenteerd. De standaard filtratietest is in de periode tussen 6 juli 2007 en 25 augustus 2008 in bedrijf geweest op AWZI Almere en AWZI Dronten. De geregistreerde gegevens van de druksensoren en debietmeter zijn van de website www.telecontrolnet.nl gehaald. Deze gegevens zijn in een Excel-sheet bewerkt. In figuur 3.1.1 is de standaard filtratietest schematisch weergegeven.

4.2 RESULTATEN

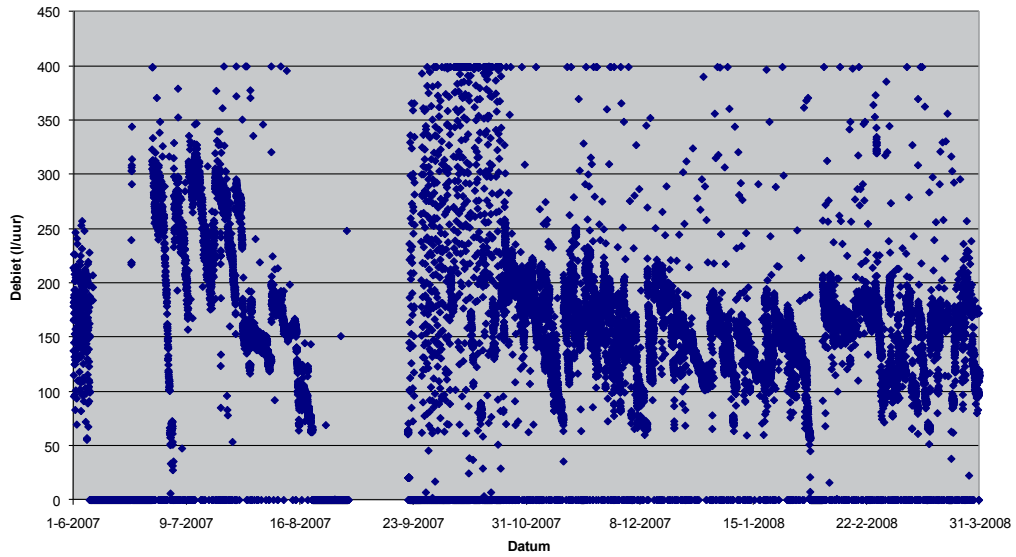
4.2.1 ALGEMEEN

De standaard filtratietest is met zand en hydroanthraciet gevuld. De vullinghoogte is 75 cm zand (onderste gedeelte) en 50 cm hydroanthraciet (bovenste gedeelte). De fractieverdeling is respectievelijk 0,7 – 1,25 mm en 1,6 – 2,8 mm.

Ten behoeve van de chemische defosfatering wordt aluminium (Sachtoklar) toegevoegd. De dosering staat standaard ingesteld op circa 2,0 mg Al/l.

In de periode 1 juli 2007 tot en met 31 maart 2008 is het filter geplaatst op AWZI Dronten. In deze periode is het filter enkele malen buiten bedrijf geweest. In figuur 4.2.1 zijn de gemeten debieten weergegeven. De gemeten debieten variëren tussen de 50 en 400 liter per uur. Met het oppervlak van de standaard filtratietest (0,018 m²) levert dit een respectievelijke minimale en maximale filtratiesnelheid van 3 tot 22 m/h.

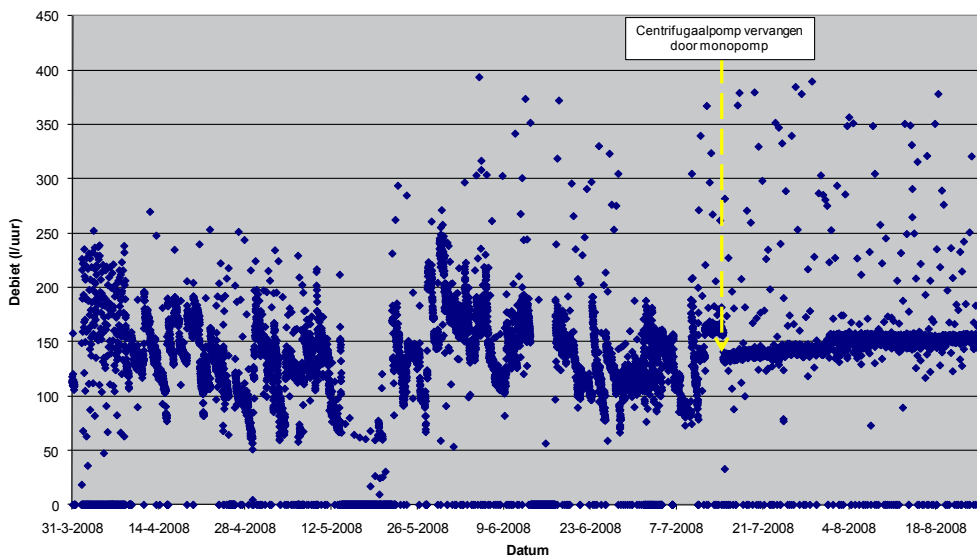
FIGUUR 4.2.1 GEMETEN DEBIETEN IN PERIODE 01-06-2007 TOT EN MET 31-03-2008, STANDAARD FILTRATIE TEST GEPLAATST OP AWZI DRONTEN



Op 31 maart 2008 is het filter verplaatst van AWZI Dronten naar AWZI Almere. Tot aan 10 juli 2008 varieert het debiet van circa 50 tot 250 liter per uur. Dit levert respectievelijk een filtratiesnelheid van 3 tot 14 m/h.

In beide perioden was de filtratiesnelheid continu ingesteld op 10 m/h (~ 187 l/h). In de figuren 4.2.1 en 4.2.2 is echter te zien dat de gemeten debieten tijdens een filtratierun teruglopen. Dit werd veroorzaakt door de tegendruk van het stijgende waterniveau in het filter. Omstreeks 10 juli 2008 is de centrifugaal pomp vervangen door een wormpomp. Hierna is tijdens de filtratietesten het debiet stabiel gebleven. De filtratiesnelheid bedroeg in deze periode circa 8 m/h (~ 150 l/h).

FIGUUR 4.2.2 GEMETEN DEBIETEN IN PERIODE 31-03-2008 TOT EN MET 25-08-2008, STANDAARD FILTRATIE TEST GEPLAATST OP AWZI ALMERE

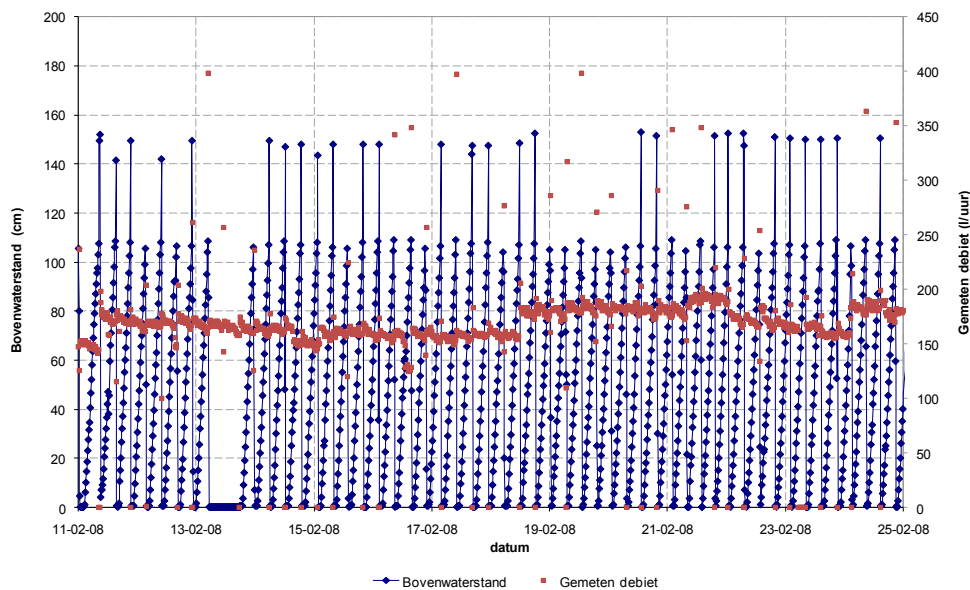


4.2.2 BOVENWATERSTAND

Aan de hand van de drukmetingen kan de bovenwaterstand van het filter bepaald worden. Bij een op te geven bovenwaterstand dan wel filtratietijd wordt het filter teruggespoeld. In figuur 4.2.3 is de bovenwaterstand in de periode van 11 tot en met 25 februari 2008 weergegeven. In het figuur is te zien dat de ingestelde bovenwaterstand voor terugspoeling nabij de 110 cm ligt.

In de beschouwde periode (van figuur 4.2.3) werd de standaard filtratietest bedreven met variërende filtratiesnelheden van circa 9 m/h tot 11 m/h (circa 168 – 206 l/h). Het aantal spoelingen per dag varieerde tussen de 3 en 5 spoelingen per dag met een bijbehorende standtijd van 5 uur tot 13 uur.

FIGUUR 4.2.3 BOVENWATERSTAND IN PERIODE 11-02-2008 TOT EN MET 25-02-2008



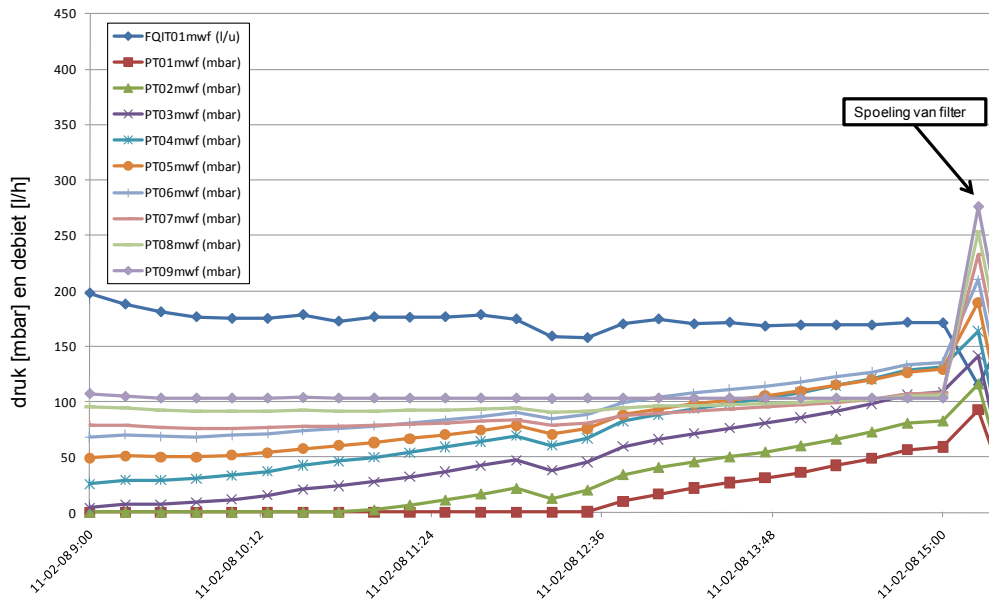
4.2.3 DRUKOPBOUW FILTER

Figuur 4.2.4 presenteert de drukmetingen van één filtratietest op 11 februari 2008. De filtratiesnelheid in deze periode betrof circa 10 m/h. In figuur 4.2.4 is te zien dat:

- de laag gelegen druktransmitters (PT 07 tot en met PT 09) een constante druk meten;
- de hoger gelegen druktransmitters een druk toename meten;
- de eerste druktransmitter in de zandlaag (PT06) alle druktransmitters overstijgt (bij deze druktransmitter treedt dus duidelijk een vervuilingslaag op).

Doordat de lager gelegen druktransmitters nauwelijks druk toename meten, betekent dit dat er (op deze datum) in het lager gelegen gedeelte nauwelijks vervuiling wordt afgevangen. De vervuiling wordt juist in het bovenste gedeelte van het filter afgevangen. Hierdoor is er nagenoeg geen sprake van dieptefiltratie, maar alleen koekfiltratie. In vergelijking met de andere meetdata, waar ook de waterkwaliteit is gemeten, zijn de drukopbouw en standtijd van het filter gelijk.

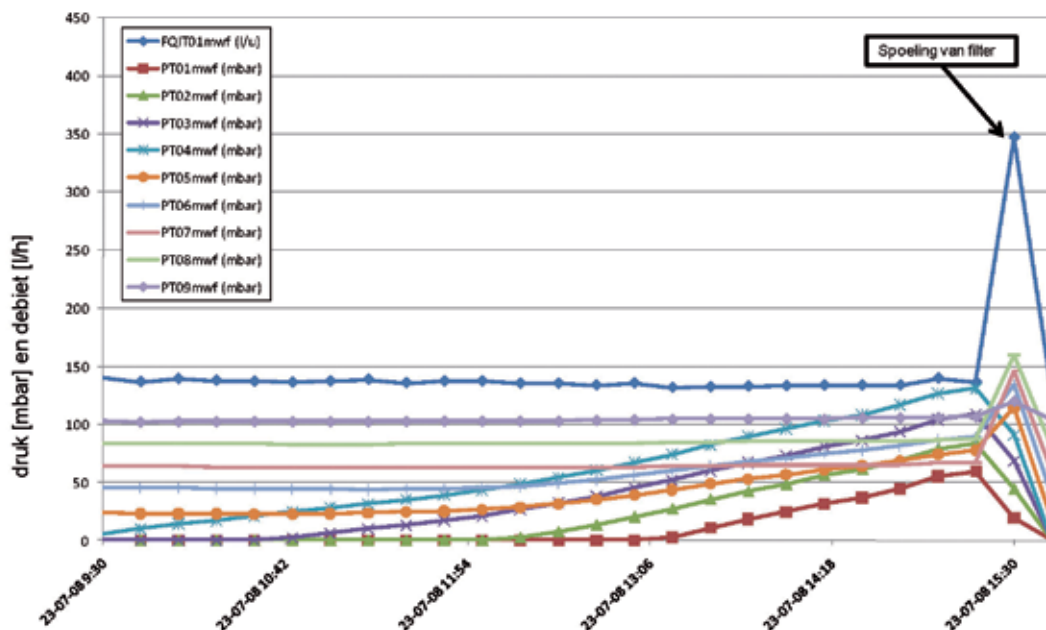
FIGUUR 4.2.4 DRUKOPBOUW VAN FILTER OP DATUM 11-02-2008



Als de voorgaande filtratietest vergeleken wordt met een filtratietest op AWZI Dronen (datum 23 juli 2008), is te zien dat de drukopbouw in het filter gelijk is (drukopbouw in het bovenste gedeelte van het filter). De vervuiling wordt echter hier op een hoger niveau in het filter afgevangen. Dit terwijl de filtratiesnelheid ook bij deze filtratietest 10 m/h is.

In figuur 4.2.5 is te zien dat druk als eerst toeneemt bij PT-04 daarna druktoename van PT03, PT02 en PT01. Doordat de druk alleen toeneemt in het bovenste gedeelte is er nagenoeg geen sprake van dieptefiltratie in het zand, maar alleen dieptefiltratie in het hydroanthraciet. In vergelijking met de andere meetdata, waar ook de waterkwaliteit is gemeten, zijn de drukopbouw en standtijd van het filter gelijk.

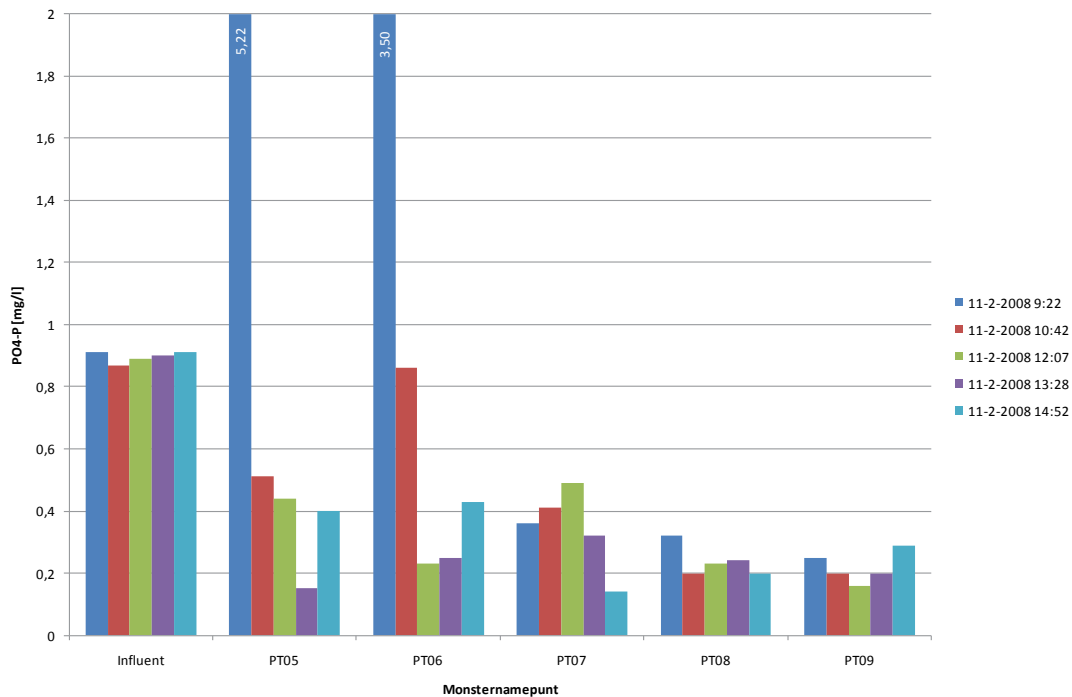
FIGUUR 4.2.5 DRUKOPBOUW VAN FILTER OP DATUM 23-07-2008



4.3 WATERKWALITEIT

Op 11 februari en 23 juli 2008 is de standaard filtratietest op meerdere punten bemonsterd. Een overzicht van de analyseresultaten zijn in figuren 4.3.1 en 4.3.2 opgenomen, voor de volledige analyseresultaten wordt verwezen naar de bijlage. Naast het fosfaat kan de werking van de standaard filtratietest beïnvloed worden door onopgeloste bestanddelen. Voor beide zuiveringen geldt dat de onopgeloste bestanddelen in de afloop nabezinktank nagenoeg gelijk liggen (<8 mg/l).

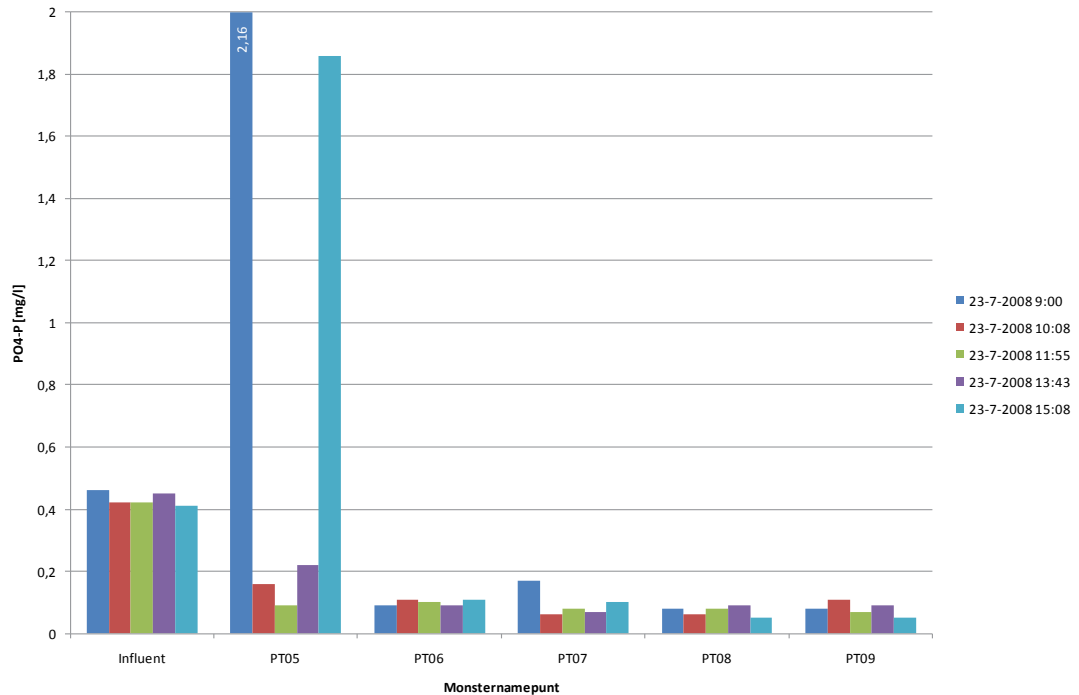
FIGUUR 4.3.1 WATERKWALITEIT 11 FEBRUARI 2008 (STANDAARD FILTRATIE TEST GEPLAATST OP AWZI DRONTEN)



In voorgaand figuur is te zien dat op 11 februari 2008 het gehalte in het influent van het filter circa 0,9 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$ bedraagt. Na filtratie bedraagt het gehalte circa 0,2 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$. Dit betekent dat circa 80% is afgevangen. Opvallend is dat voor de eerste meting (donkerblauwe balk) het gehalte $\text{PO}_4\text{-P}$ relatief hoog ligt (> 3 mg/l). Het is mogelijk dat er een pieklozing uit de nabezinktank heeft plaatsgevonden. Vooralsnog worden deze twee metingen als onbetrouwbaar beschouwd.

Op 23 juli 2008 is in vergelijking met 11 februari 2008 het gehalte in het influent van het filter lager. In deze periode ligt het gehalte op circa 0,4 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$. Na filtratie ligt het gehalte op circa 0,1 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$. Dit betekent dat circa 80% is afgevangen. Opvallend is dat ook bij deze filtratietest bij PT05, bij twee monsternames, hoge gehalten zijn gemeten. Wellicht was hier ook sprake van een pieklozing uit de nabezinktank. Vooralsnog worden deze twee metingen als onbetrouwbaar beschouwd.

FIGUUR 4.3.2 WATERKWALITEIT 23 JULI 2008 (STANDAARD FILTRATIE TEST GEPLAATST OP AWZI ALMERE)



Een vergelijking van de gepresenteerde resultaten in paragraaf 4.2 en 4.3 levert op dat het volgende in overeenstemming met elkaar is:

- filtratiesnelheid (beide 10 m/h);
- drukopbouw (beide in het bovenste gedeelte van het filter);
- standtijd van het filter (beiden circa 6,5 uur);
- verwijderingsrendement (beide 80% verwijdering).

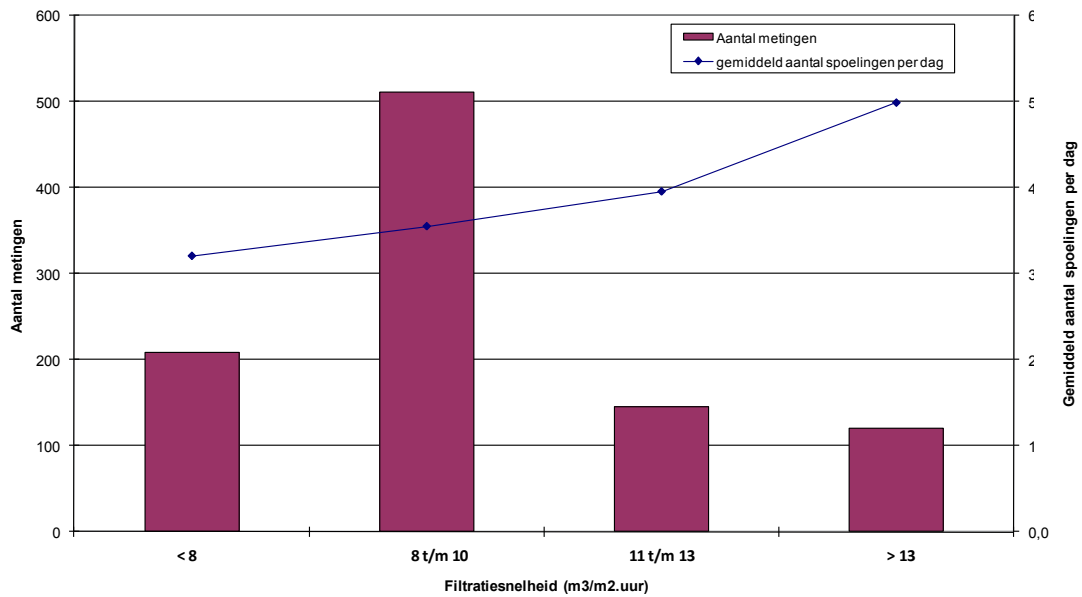
4.4 AANTAL SPOELINGEN BIJ FILTRATIESNELHEID

Van de gehele testperiode in Almere en Dronten zijn de filtratiesnelheden, spoelingen en standtijden bepaald. Gekozen is om alle metingen bij elkaar te nemen, dit vanwege het feit dat er nagenoeg geen ander beeld gecreëerd wordt indien deze afzonderlijk worden weergegeven.

De daadwerkelijke filtratiesnelheid is door de continue terugloop van het debiet gedurende de filtratietest lastig te bepalen. In navolgende figuren staat de filtratiesnelheid voor het gemeten debiet voordat er een spoeling plaatsvindt. Om de nauwkeurigheid te verhogen is een splitsing gemaakt tussen de filtratiesnelheden. De filtratiesnelheden kleiner dan 8 m/h, 8 tot en met 10 m/h, 11 tot en met 13 m/h en groter dan 13 m/h zijn bij elkaar genomen.

Figuur 4.4.1 presenteert een samenvatting van alle metingen. Op de x-as zijn de filtratiesnelheden uitgezet, op de linker y-as de aantal metingen (balken) bij de filtratiesnelheid en op de rechter y-as de gemiddelde aantal spoelingen per dag (blauwe lijn).

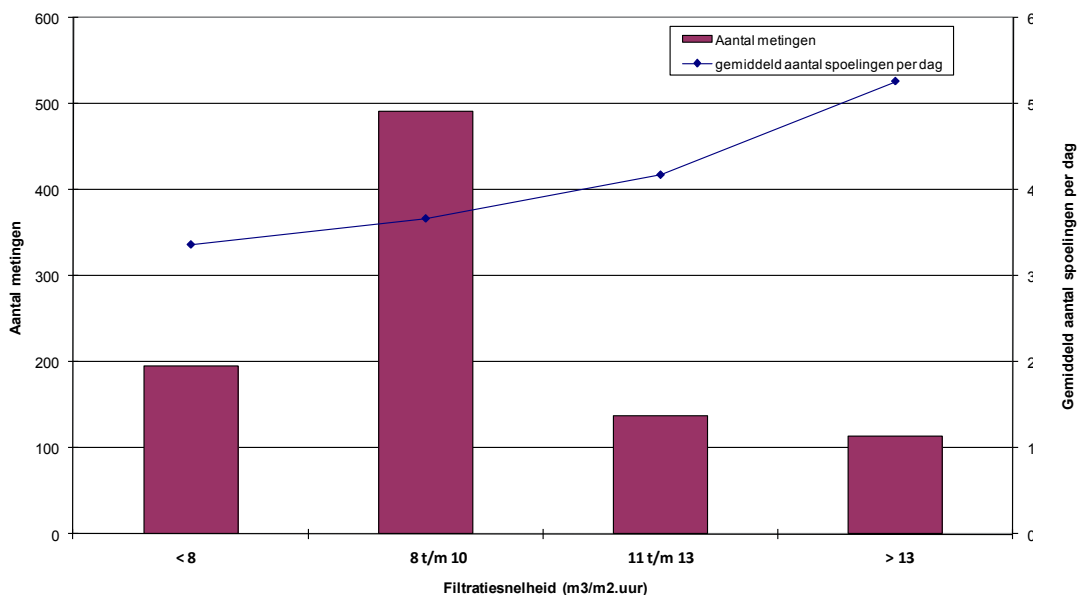
FIGUUR 4.4.1 FILTRATIESNELHEDEN VERSUS AANTAL METINGEN EN GEMIDDELD AANTAL SPOELINGEN PER DAG, INCLUSIEF MEETDATA LANGE LOOPTIJDEN



In de figuur is te zien dat de meeste metingen zijn uitgevoerd bij de filtratiesnelheden van 8 tot en met 10 m/h. Het aandeel van deze metingen is circa 50 % op het totaal. Er is een licht stijgende lijn te zien in het aantal spoelingen per dag. Als bijvoorbeeld de filtratiesnelheid van 8 naar 13 m/h wordt verhoogd, dan nemen de aantal spoeling per dag toe van circa 3,5 naar 4 spoelingen. Verdere verhoging leidt tot een hogere spoelfrequentie.

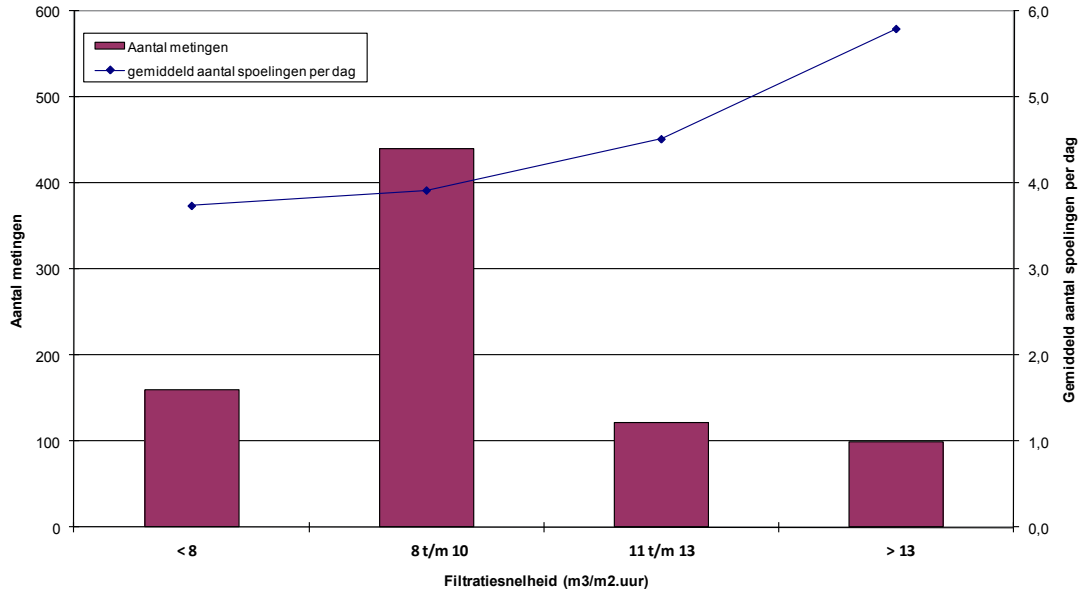
Bij aanvang van de testen op Dronten zijn relatief lage filtersnelheden aangehouden (7-8 m/h). Deze tests besloegen circa 2/3 van de tijd. Opgemerkt is dat bij de zeer lange looptijden, van 12 tot 24 uur, de tests zo goed als altijd zonder vlokmiddel zijn uitgevoerd. Het filter spoelt dan automatisch op tijd zonder dat relevante drukopbouw heeft plaatsgevonden. De standtijden van de standaard filtratietest groter dan 24 uur en 12 uur zijn in navolgende figuren buiten beschouwing gelaten. Figuren 4.4.1 en 4.4.2 presenteren een samenvatting van de metingen met een standtijd kleiner dan respectievelijk 24 uur of 12 uur.

FIGUUR 4.4.2 GEMIDDELD AANTAL SPOELINGEN PER DAG BIJ VERSCHILLENDE FILTRATIESNELHEDEN EXCLUSIEF STANDTIJDEN GROTER DAN 24 UUR



Het totaal aantal metingen met spoeling betrof circa 1.000. Wanneer de standtijden van de standaard filtratietest groter dan 24 uur buiten beschouwing gelaten worden, dan zijn er circa 950 metingen verricht. Door de lange standtijden van het filter buiten beschouwing te laten neemt het aantal spoelingen per dag in iets toe.

FIGUUR 4.4.3 GEMIDDELD AANTAL SPOELINGEN PER DAG BIJ VERSCHILLENDE FILTRATIESNELHEDEN EXCLUSIEF STANDTIJDEN GROTER DAN 12 UUR



Indien de standtijden van de standaard filtratietest groter dan 12 uur buiten beschouwing gelaten worden, dan zijn er circa 850 metingen verricht. Door de lange standtijden van het filter buitenbeschouwing te laten neemt het aantal spoelingen per dag in verder toe. Bij een filtratiesnelheid van bijvoorbeeld 8 m/h ligt het aantal spoelingen per dag op circa 4. Door de filtratiesnelheid te verhogen naar bijvoorbeeld 13 m/h neemt het aantal spoelingen per dag toe naar circa 4,5.

Tabel 4.4.1 presenteert een detaillering van de gegevens van figuur 4.4.3. In deze tabel is te zien dat naarmate het aantal metingen toeneemt de spreiding tussen de aantal spoelingen per dag afneemt. Bij filtratiesnelheden van 8 tot en met 10 m/h is het verschil tussen de percentielen 2,1 spoelingen per dag. Terwijl bij 11 tot en met 13 m/h het verschil 4 spoelingen per dag bedraagt. Om de mate van nauwkeurigheid te vergroten dienen de tests bij de verschillende filtratiesnelheden langdurig te worden uitgevoerd. Voor een representatieve proefperiode zijn er minimaal 500 metingen nodig. Bij deze frequentie is de spreiding tussen de metingen acceptabel. Als uitgegaan wordt dat het filter gemiddeld circa 4 spoelingen per dag heeft, bedraagt de tijdsduur van de proefperiode per filtratiesnelheid circa 125 dagen. In dit tijdsbestek wordt de standaard filtratietest ook onderworpen aan eventuele fluctuaties in waterkwaliteit in het influent van het filter.

TABEL 4.4.1 DETAILLERING VAN GEGEVENS BEHOREND BIJ FILTRATIESNELHEDEN EXCLUSIEF STANDTIJDEN GROTER DAN 12 UUR

Filtratiesnelheid [m ³ /m ² .uur]	Gemiddeld aantal spoelingen	10-percentiel van aantal spoelingen	90-percentiel van aantal spoelingen	Aantal metingen
< 8	3,7	2,4	6,4	160
8 t/m 10	3,9	2,7	4,8	440
11 t/m 13	4,5	2,4	6,4	122
> 13	5,8	2,7	9,6	99

5

RWZI LAND VAN CUIJK

5.1 BESCHRIJVING PRAKTIJKINSTALLATIE RWZI LAND VAN CUIJK

De nabehandeling van effluent van de nabezinktank bestaat uit een tweetraps-filtratie. In de eerste trap vindt denitrificatie plaats met acetol dosering. In de tweede trap vindt vergaande fosfaatverwijdering plaats door Al-dosering.

Daarvoor wordt een deelstroom van het nabezonken effluent (dat geloosd wordt op de Laar-akkerse Loop) gefiltreerd om de gemiddelde concentratie fosfaat-P van 1,5 mg/l te verlagen tot een waarde < 0,2 mg/l P. Gemiddeld dient circa 1 miljoen m³ per jaar (gedurende de zomermaanden) aanvullend gedefosfateerd te worden door tertiaire zandfiltratie. Met een gemiddelde dagvolume filtraat van 8.000 m³/dag betekent dit de installatie circa 125 dagen per jaar in bedrijf is.

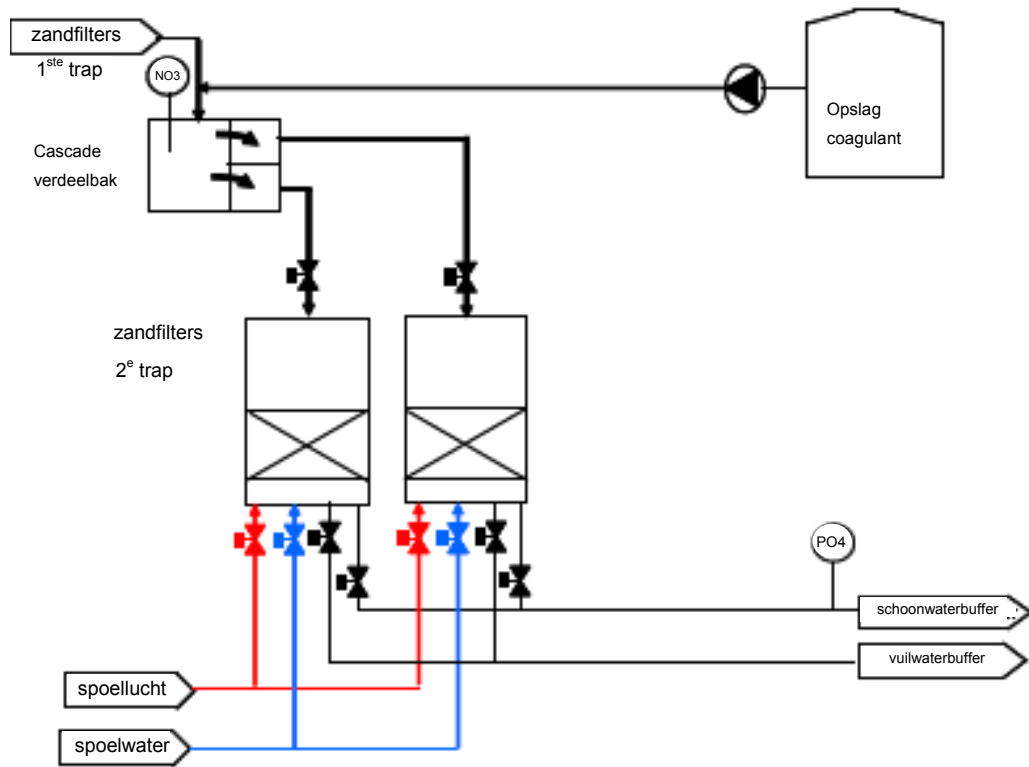
In dit onderzoek is de standaard filtratietest parallel geschakeld aan de tweede trap van de praktijkinstallatie. De praktijkinstallatie op RWZI Land van Cuijk is schematisch weergegeven in figuur 5.1.1. De installatie bestaat uit twee parallel bedreven discontinue dubbellaags filters uitgevoerd in beton. De filters zijn in een van de bestaande uit bedrijf zijnde beluchtingsbassins gebouwd.

De filters worden bedreven met oplopende bedweerstand. De bovenwaterstand varieert daarbij tussen 0,4 m en 1,0 m.

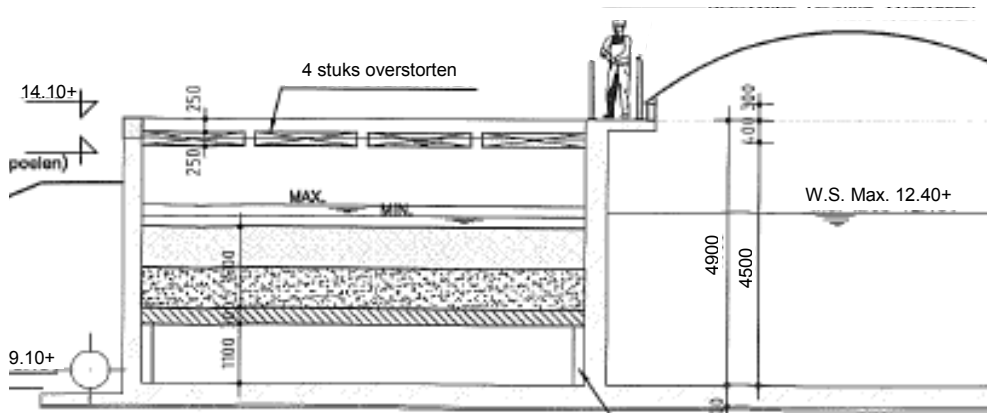
Het vlokmiddel (Al, merknaam PAX-14, Kemwater) wordt gedoseerd ter hoogte van het verdeelwerk, bovenstrooms van de cascade waarin de initiële menging grondig plaatsvindt. Vanuit het verdeelwerk wordt het water gravitair naar de zandfilters van de tweede trap geleid. De snelle menging en initiële flocculatie wordt doorgezet in de aanvoerbuizen naar beide filters, waarna het flocculatieproces grotendeels in het bovenwater plaatsvindt. Een matige turbulentie wordt bereikt door het gecoaguleerde water tangentieel boven het filterbed in te voeren onder waterniveau.

Elke aanvoerleiding heeft een diameter van Ø 250 mm. Bij een debiet van 180 m³/h per buis is de stroomsnelheid circa 1 m/s en de G-waarde 200 s⁻¹.

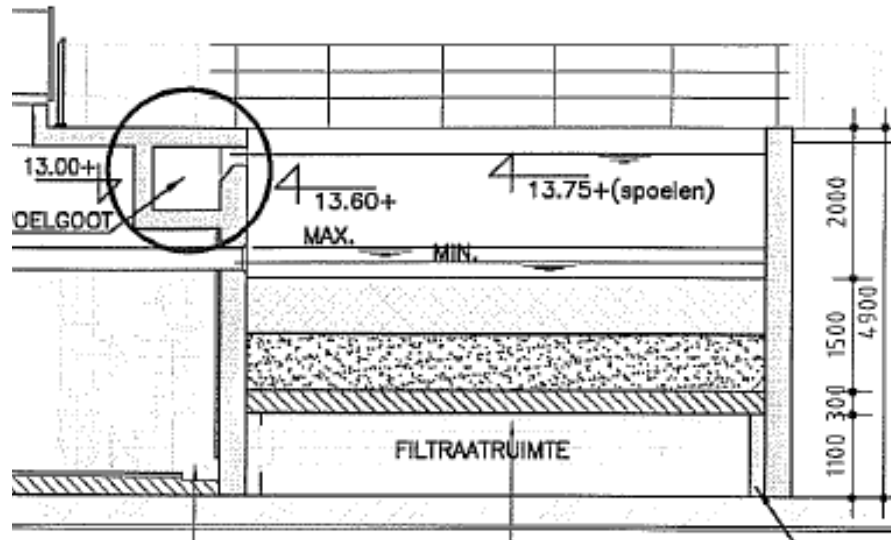
FIGUUR 5.1.1 SCHEMA ZANDFILTRATIE RWZI LAND VAN CUIJK, FOSFAATVERWIJDERING



FIGUUR 5.1.2 DOORSNEDE ZANDFILTRATIE, NEERWAARTS DOORSTROOMD, DUBBELLAAGS



FIGUUR 5.1.3 DOORSNEDE ZANDFILTRATIE, POSITIE SPOELGOOT



De ontwerpgrondslagen van de praktijkinstallatie zijn samengevat in tabel 5.1.1.

TABEL 5.1.1 ONTWERPGRONDSLAGEN

Parameter	Waarde	Toelichting
Aanvoerdebiet, nominaal (m ³ /h)	360	Nominaal
Aantal	2	
Afmetingen per filter (m ²)	27,7	l x b = 4 x 6,9 m
Hydraulische belasting (m/h)	6,5	nominaal
Bedopbouw		
Antraciet (m)	0,75	1,2 – 2,0 mm
Zand (m)	0,75	0,6 – 1,0 mm

5.2 TESTRESULTATEN STANDAARD FILTRATIE TEST

5.2.1 TESTVERLOOP

De testresultaten die zijn behaald met de standaard filtratietest zijn onderverdeeld in een aantal testperiodes. Elk van die periodes wordt hieronder toegelicht. Alleen in de laatste periode is met exact hetzelfde filtermateriaal gewerkt als aanwezig in de praktijkinstallatie. In de daaraan voorafgaande periode is ander filtermateriaal toegepast, met min of meer dezelfde, waarschijnlijk iets fijnere, zeefcurve als die van de praktijkinstallatie.

De aandacht is voornamelijk gericht op de kwantitatieve analyse van de vergelijking standaard filtratietest – praktijkinstallatie: een vergelijking van looptijden en weerstandsopbouw. De kwalitatieve analyse is voornamelijk uitgevoerd door de data van de praktijk installatie te evalueren, zie paragraaf 5.3.

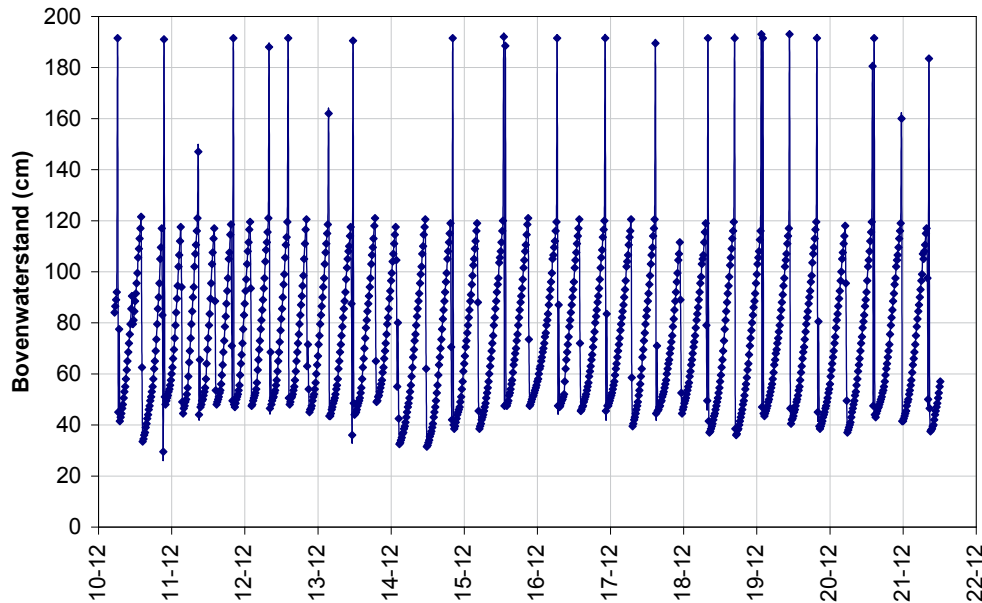
10-21 december 2009

In deze periode is de filterkolom onder constante hydraulische condities bedreven en is er sprake van een constante vlokmiddeldosering:

- filtratiesnelheid: 5 m/h;
- vlokmiddeldosering: 2,8 mg/l Al³⁺;
- terugspoelcriterium: bovenwaterstand van 1,2 m.

De filterkolom heeft over een periode van 10 dagen stabiel gedraaid. Ondanks de constante operationele omstandigheden varieert de looptijd tussen de spoelingen toch tussen 5 en 9 uur.

FIGUUR 5.2.1 SPOELFREQUENTIE EN VERLOOP BOVENWATERSTAND



Uit figuur 5.2.1 is te herleiden dat er 34 spoelingen in 11,5 dag plaatsvinden, dit is ongeveer 3,0 spoelingen per dag. De gemiddelde looptijd bij Al-dosering van circa 2,8 mg/l is 8 uur.

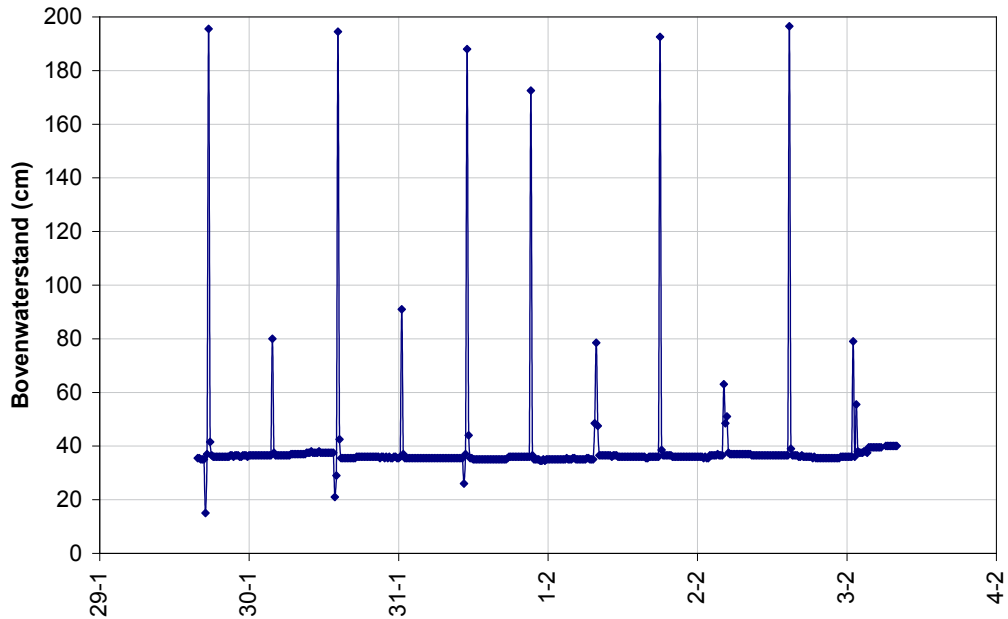
In de beschouwde periode werd het praktijkfilter eveneens bedreven op een filtratiesnelheid van circa 5 m/h en bedroeg het aantal spoelingen per dag circa 6, met een corresponderende looptijd van 4 uur. Dat is korter dan de vastgestelde looptijd van de standaard filtratietest. Dit is mogelijk toe te schrijven aan het fijnere filtermateriaal in praktijkinstallatie.

Op 21 december 2009 heeft een calamiteit plaatsgevonden met het acetol doseersysteem van het eerste denitrificerende zandfilter. Als gevolg hiervan is de bedrijfsruimte waarin de standaard filtratietest stond opgesteld bijna een maand niet toegankelijk geweest. Bovendien is de chemicaliëndosering in de praktijkinstallatie stopgezet.

18 januari – 3 februari 2010

Vanaf 18 januari was de bedrijfsruimte weer toegankelijk. De filterkolom is weer opgestart, met vergelijkbare omstandigheden als in het praktijkfilter (gelijke stroomsnelheid en geen chemicaliëndosering). Door het niet doseren van chemicaliën vindt totaal geen weerstandsoopbouw plaats. De filterkolom spoelt automatisch terug na 12 uur looptijd omdat de kritische bovenwaterstand niet bereikt wordt. We veronderstellen dat ook na 24 uur niet veel drukopbouw zal plaatsvinden (mede op basis van eerdere tests bij Waterschap Zuiderzeeland). In deze periode spoelen de beide praktijk filters gemiddeld 1 keer per 24 uur terug op basis van het bereiken van de kritische bovenwaterstand. Dit duidt erop dat in de praktijkinstallatie sprake is van minder optimale procescondities bij ongevlokt water: veronderstellingen zijn bijvoorbeeld: ander (fijner) filtermateriaal, kortsluitstromingen, geen goede debietsverdeling met als gevolg een versnelde weerstandsoopbouw over het filter.

FIGUUR 5.2.2 VERLOOP LOOPTIJDEN PROEFKOLON PERIODE 30 JANUARI – 3 FEBRUARI 2010



4-22 maart 2010

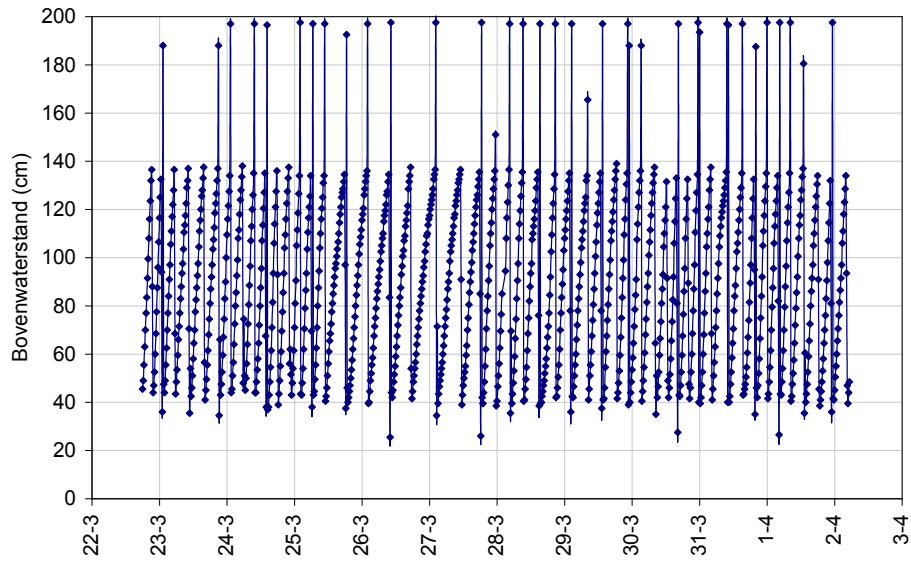
De filterkolom is weer opgestart met een filtratiesnelheid gelijk aan die in het praktijkfilter (6 m/h), maar met een zeer hoge dosering (12 mg Al³⁺/l). Er zijn operationele problemen met de filterkolom, door resetting van de druksensoren en het spoelprogramma. De filterkolom blijkt terug te spoelen op tijd in plaats van op kritische bovenwaterstand. In deze periode treden weer veel storingen op aan de aanvoerpomp, waardoor geen bruikbare data zijn gegenereerd.

22 maart – 2 april 2010

Vanaf 22 maart is de filterkolom voor een langere periode stabiel bedreven op basis van kritische bovenwaterstand. (filtratiesnelheid 6 m/h, dosering 12 mg Al³⁺/l). Ondanks de constante en stabiele operationele omstandigheden treden er aanzienlijke variaties op in de looptijden, variërend tussen 3 en 8,5 uur (gemiddeld ruim 4 uur), zie figuren 5.2.3 en 5.2.4. Op 2 april treedt opnieuw een storing op aan de aanvoerpomp. De grote variaties in looptijden zijn niet te vergelijken met de gegevens van de praktijkinstallatie, omdat die installatie niet operationeel is geweest in deze periode. De bruikbaarheid van de data van de filterkolom voor vergelijkingsdoeleinden is daardoor beperkt. Als mogelijke oorzaken voor de grote variaties in looptijden worden genoemd:

- De conditionering van het water bovenstrooms van het filter: een goede menging en vlokvorming (met een gecontroleerde energie-inbreng) is essentieel voor het coagulatie en flocculatieproces. Het resultaat kan zijn het voorkomen van pinflocs en/of vlokken dat tot aanzienlijke koekfiltratie op beide grensvlakken in de filterkolom (intrede antraciet en antraciet – zand) kan leiden.
- Het optreden van kortsluitstromingen in de filterkolom.
- De zeer hoge dosering aan vlokmiddel, de daarbij gepaard gaande pH-verlaging en mogelijk daardoor verslechterende coagulatie / flocculatie condities

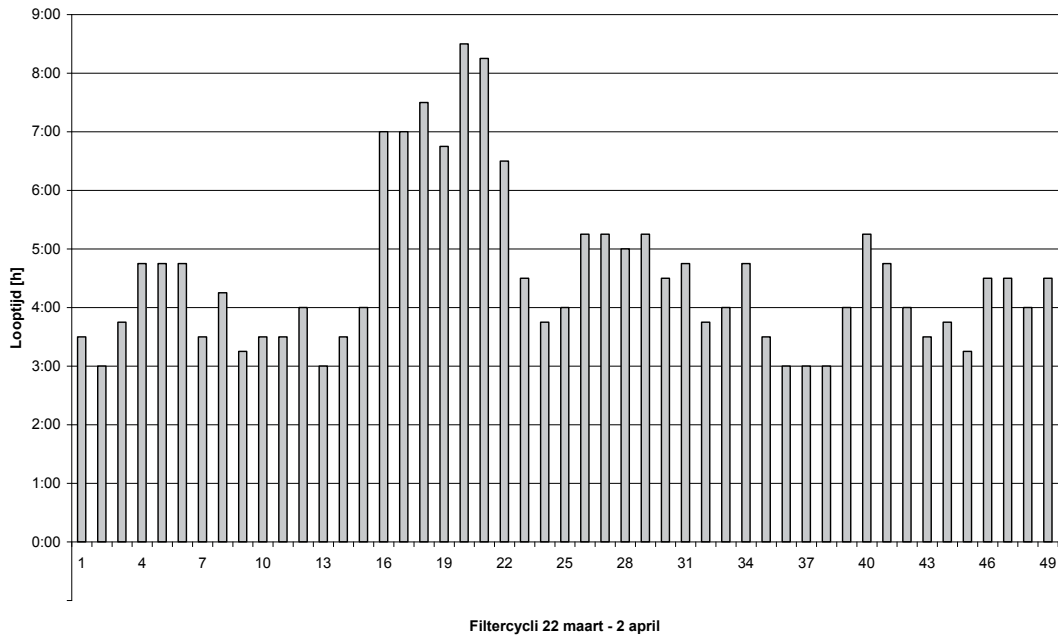
FIGUUR 5.2.3 VERLOOP LOOPTIJDEN FILTERKOLOM, PERIODE 22 MAART – 2 APRIL 2010



TABEL 5.2.1 LOOPTIJDEN FILTERKOLOM, PERIODE 22 MAART – 2 APRIL 2010; (VOLGNUMMER / DATUM / STARTTIJD); BEHORENDE BIJ FIGUUR 5.2.4

1	22 maart	18:00	14	25 maart	2:30	27	28 maart	15:30	40	31 maart	4:30
2	22 maart	21:45	15	25 maart	6:45	28	28 maart	21:00	41	31 maart	10:30
3	23 maart	1:45	16	25 maart	11:00	29	29 maart	3:00	42	31 maart	15:30
4	23 maart	5:45	17	25 maart	19:00	30	29 maart	8:30	43	31 maart	20:30
5	23 maart	11:15	18	26 maart	2:15	31	29 maart	13:45	44	1 april	0:15
6	23 maart	16:15	19	26 maart	10:45	32	29 maart	18:45	45	1 april	5:00
7	23 maart	21:45	20	26 maart	17:45	33	29 maart	23:15	46	1 april	8:30
8	24 maart	1:30	21	27 maart	3:00	34	30 maart	3:30	47	1 april	13:45
9	24 maart	6:30	22	27 maart	11:30	35	30 maart	9:00	48	1 april	18:45
10	24 maart	10:15	23	27 maart	19:00	36	30 maart	13:00	49	1 april	23:45
11	24 maart	14:30	24	27 maart	23:45	37	30 maart	17:00			
12	24 maart	18:15	25	28 maart	5:15	38	30 maart	20:30			
13	24 maart	23:00	26	28 maart	9:30	39	31 maart	0:15			

FIGUUR 5.2.4 STAAFDIAGRAM VERLOOP LOOPTIJDEN FILTERKOLON, PERIODE 22 MAART – 2 APRIL 2010



7 april – 4 mei 2010

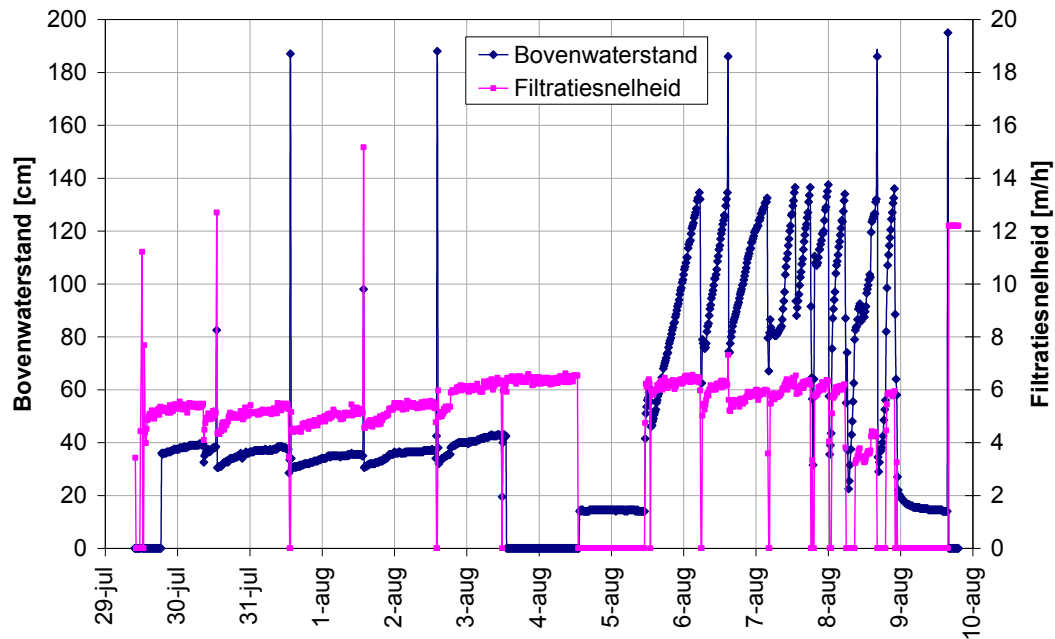
Bij gelijkblijvende dosering (12 mg/l Al) is de invloed van een verhoogde filtratiesnelheid op de terugspoelfrequentie na te gaan. Vanaf dit moment steken er echter problemen de kop op met de chemicaliën doseerinstallatie. De chemicaliënpomp levert een onregelmatig en vooral te laag debiet (waarschijnlijk als gevolg van verstoppingen in het leidingwerk). Pogingen om de doseerpomp en het leidingwerk te reinigen baten niet. Begin mei is de bedrijfsruimte (en de filterkolom) weer afgesloten in verband met herstelwerkzaamheden aan de acetol doseerinstallatie. De filterkolom is daarom uitgeschakeld en eerst weer eind juli opgestart.

29 juli – 9 augustus 2010

Op 29 juli is de filterkolom opnieuw opgestart. Het aanvoerpunt naar de filterkolom is verlegd naar een plaats na het aluminium doseerpunt van het praktijkfilter (afloop cascade na menging), zodat de karakteristieken van het voedingswater in de filterkolom identiek zijn aan die in het praktijkfilter. Daarnaast is ook het filtermateriaal in de kolom vervangen door filtermateriaal uit het praktijkfilter, zodat ook de samenstelling van het filterbed voor beide filters gelijk is. Tenslotte is de filtratiesnelheid in beide filters gelijk gesteld (ca. 5 m/h). Het verloop van de bovenwaterstand en de filtratiesnelheid zijn weergegeven in figuur 5.2.5.

In de eerste week na de opstart werden geen chemicaliën gedoseerd in het praktijk filter. Dit is duidelijk terug te zien in de meetresultaten; omdat er geen vlokvorming optreedt, vindt er nauwelijks weerstandsopbouw plaats. Op 5 augustus is de dosering in het praktijk filter hervat (exacte dosering onbekend, maar geschat 2 – 4 mg/l). Als gevolg hiervan vindt er ook weer een weerstandsopbouw in de filterkolom plaats. In eerste instantie is de looptijd circa 8 uur, daarna loopt deze sterk terug tot 3 à 4 uur. Verdacht is dat de bovenwaterstand na terugspoelen niet daalt tot de gebruikelijke 40 cm, maar tot circa 80 cm. Dit is een indicatie dat het terugspoelen niet naar behoren is verlopen. Op 9 augustus is door een storing in het praktijk filter (eerste trap continu filter) de aanvoer stopgezet. Hierdoor is ook de aanvoer naar de filterkolom onderbroken en is de aanvoerpomp naar de filterkolom drooggelopen. Als gevolg hiervan is de stator van de pomp doorgebrand en is het filtratieproces stopgezet.

FIGUUR 5.2.5 VERLOOP BOVENWATERSTAND EN FILTRATIESNELHEID, PERIODE 29 JULI – 9 AUGUSTUS 2010



5.2.2 TERUGSPOELFREQUENTIE

Door de calamiteit met het acetol doseersysteem en het stopzetten van de aluminiumdoserings in het praktijk filter loopt een representatieve vergelijking met de filterkolom spaak. Uiteindelijk zijn er 4 meetdagen geweest waarbij de spoelfrequenties van beide filters vergeleken kunnen worden. In deze 4 meetdagen zijn 9 filtratie- en spoelcycli gemonitord. Op basis hiervan kunnen geen conclusies worden getrokken over de representativiteit van de filterkolom voor de praktijkinstallatie.

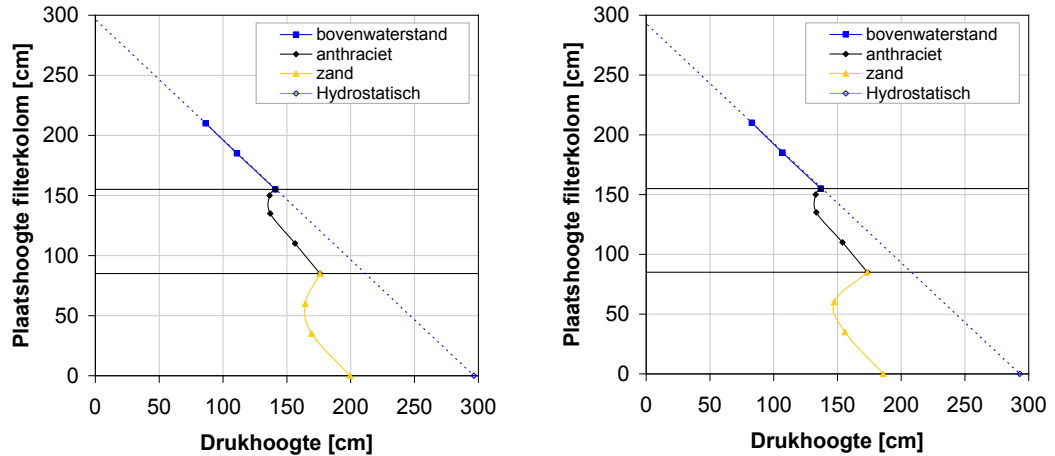
5.2.3 WEERSTANDSOPBOUW

De resultaten laten zien dat bij constante operationele omstandigheden (voor filtratiesnelheid, dosering, terugspoelregime, kritische bovenwaterstand) aanzienlijke variaties optreden in looptijd in de filterkolom. Eerder is aangegeven dat dit mogelijk kan worden gerelateerd aan de kwaliteit van het water na denitrificatie en coagulatie / vlokvormingscondities bovenstrooms van het filter. Ook de tussenschakeling van de monopomp na de coagulatie kan enige invloed op de vlokvorming hebben.

Op basis van de drukmetingen over de verschillende hoogtes van het filterbed is op te maken dat de looptijd vooral wordt bepaald door de drukopbouw in de bovenste deel van de zandlaag, zie figuur 5.2.6. Dit is te relateren aan de relatief fijne zandfractie: 0,6 – 1,0 mm.

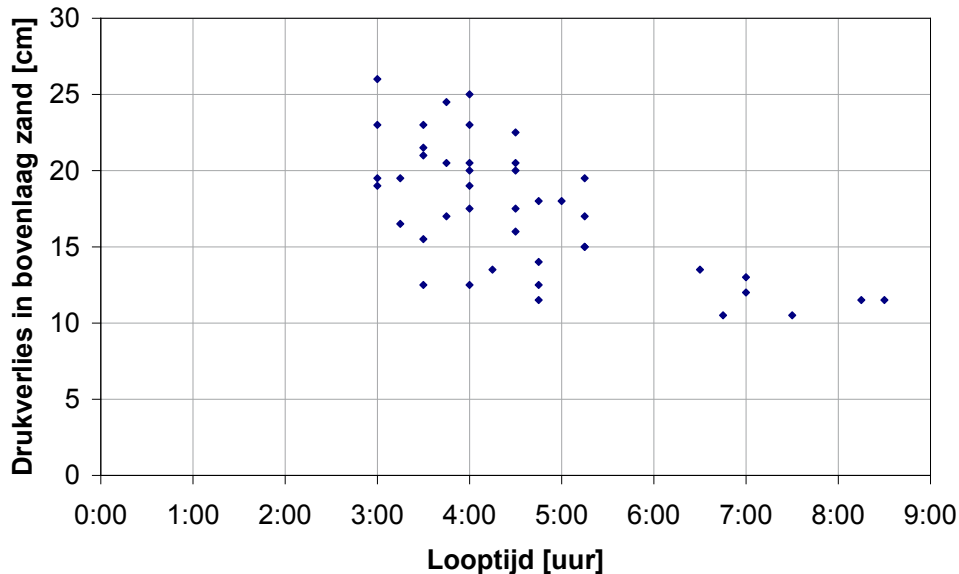
Ook in de antracietlaag vindt de drukopbouw voornamelijk plaats in de top van het filtermateriaal, maar de drukopbouw in het antraciet heeft minder effect op de looptijd dan die in het zand. Naar schatting is van de drukopbouw op de twee scheidingsvlakken 25% toe te schrijven aan het grensvlak met water en 75% aan het zand/kool scheidingsvlak.

FIGUUR 5.2.6 LINDQUIST DIAGRAM: LINKS: LOOPTIJD 3 U, RECHTS LOOPTIJD 8 U BIJ BEREIKEN KRITISCHE BOVENWATERSTAND



In figuur 5.2.7 is de specifieke drukval bij intrede in het zandbed weergegeven. Bij de kortere looptijden van 3 – 5 uur is de drukval daar gemiddeld significant hoger (factor 2) dan die bij de langere looptijden van 7 – 9 uur en draagt het in belangrijke mate bij aan het verkorten van de looptijd. Dit zou aanzienlijk kunnen worden verbeterd door een iets grovere zandfractie toe te passen, bijvoorbeeld de fractie: 0,75 – 1,25 mm.

FIGUUR 5.2.7 LOOPTIJD VERSUS DRUKVERLIES IN HET BOVENSTE DEEL VAN HET ZANDBED, PERIODE 22 MAART – 1 APRIL



5.2.4 EVALUATIE VAN DE RESULTATEN

Uit de resultaten van het onderzoek aan de filterkolom, zijnde de drukopbouw gegevens van circa 100 filtercycli onder diverse omstandigheden wat betreft dosering en wateraanvoer is de volgende analyse gemaakt:

- De looptijd in de filterkolom is vooral afhankelijk van de drukopbouw in de scheidingslaag van het zand en de anthraciet. Hierover kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:
 - De drukopbouw in de anthracietlaag is te gering, doordat te weinig zwevende stof afgevangen. Dit kan duiden op een onvoldoende vlokvorming in het bovenstaande water, waardoor relatief kleine vlokken diep kunnen penetreren in het anthraciet van

het filterbed en tot de drukval leiden op het grensvlak antraciet – zand. Doordat er geen kwaliteitsmetingen over de hoogte van het filterbed voorhanden zijn, kan bovenstaande niet worden gekwantificeerd.

- Het zandbed is relatief fijn: 0,6 – 1,0 mm filtermateriaal; overwogen kan worden om hier voor een iets grovere zandfractie toe te passen.
- Mogelijk is de antracietlaag niet hoog genoeg.
- Verondersteld wordt dat er in te geringe mate sprake is van dieptefiltratie (vlokking-filtratie versus vlokken filtratie), waardoor koekfiltratie op beide scheidingsvlakken de drukval beheerst.
- Bij een constante bedrijfsvoering wat betreft stroomsnelheid, chemicaliëndosering, terugspoelregime, kritische bovenwaterstand en samenstelling van het filterbed treden toch aanzienlijke verschillen op in de looptijden van de filterkolom. Deze verschillen kunnen alleen toe te schrijven zijn aan verschillen in de eigenschappen van het al dan niet gecoaguleerde filtreren water. Ook hier zal dus de grootte van de gevormde vlokken en de parameters die hier invloed op hebben van belang zijn (dosering, vlokmiddel, turbulentie/G-waarde bij coagulatie, tijdsduur en G-waarde tijdens flocculatie, temperatuur, fosfaat-, zwevende stofgehalte, pH en organisch stofgehalte).

5.2.5 AANBEVELINGEN OPTIMALISATIE FILTRATIEKOLOM

- De filtratiekolom bevat (slechts) één nozzle in de bodem. Bij terugspoeling blijkt dat onderin de kolom een dode zone ontstaat waarvan het zand niet wordt opgewoeld (zowel tijdens lucht- als waterspoeling). Hierdoor kan zwevende stof ophopen in de onderste zandlaag, welke de looptijd van het filter hoogst waarschijnlijk negatief beïnvloedt. Uitbreiding van het aantal nozzles of een ander type met iets lagere weerstand tijdens filtratie verdient dus aanbeveling.
- Door het spoelen is de nozzle beschadigd / versleten geraakt. Inbedding in bijvoorbeeld 8 cm filtergind Ø 5 mm beschermt de nozzle (tevens aanbeveling Waterschap Zuiderzeeland).
- Het functioneren van de filterkolom is sterk gerelateerd aan het functioneren van de beschouwde praktijk installatie, met name wat betreft de aanvoer van het voedingswater. De beschikbaarheid van voedingswater is in de praktijk niet altijd gegarandeerd. Een droogloopbeveiliging op de aanvoerpomp is dan ook een vereiste om schade te voorkomen.
- De vlokvorming is een cruciaal onderdeel van het filtratieproces. Echter, deze parameter is in de filterkolom moeilijk te beïnvloeden. Wel kan door middel van het invoegen van extra slanglengte de vlokkingstijd verlengd worden of door het kiezen van een kleinere diameter slang het energieniveau in zowel slang als bovenwater worden verhoogd, maar het is niet mogelijk de initiële mengenergie bij dosering van de chemicaliën te beïnvloeden. Dit dient dus op voorhand een hoog genoeg energieniveau te kennen. Een hoog genoeg energieniveau wordt beschreven als een G-waarde $> 500 \text{ s}^{-1}$ of een valhoogte $> 0,5 \text{ m}$.
- Het functioneren van het filtratieproces is een wisselwerking tussen de looptijd (drukopbouw) van het filter en de filtraatkwaliteit gedurende een filtratiecyclus (doorslag gedurende de filtratierun). In de huidige configuratie van de kolom wordt enkel continue (online) informatie gelogd over de drukopbouw in het filter en niet over de filtraatkwaliteit.

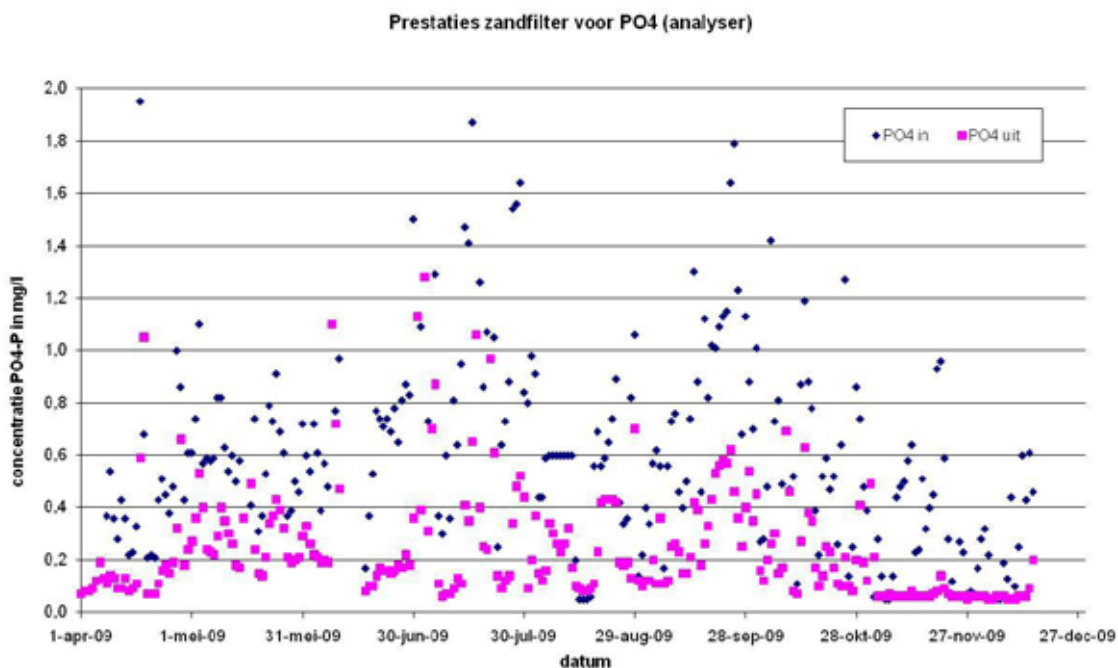
5.3 PRESTATIES PRAKTIJKINSTALLATIE RWZI LAND VAN CUIJK

De beschikbare dataset van de praktijkinstallatie is geëvalueerd in het kader van het onderzoek. Een samenvatting van de bevindingen is hieronder weergegeven.

5.3.1 FILTERPRESTATIES

Het filter is primair uitgelegd op fosfaat verwijdering. In figuur 5.3.1 zijn de in- en uitgaande P concentraties weergegeven. De installatie is op min of meer constante hydraulische condities bedreven (filtratiesnelheden van circa 6,5 m/h). Nadere analyse van de resultaten laten een aanzienlijke spreiding zien, (zie tabel 5.3.1 en figuur 5.3.2) tussen de gegevens van het laboratorium en die van de analyser.

FIGUUR 5.3.1 FILTERPRESTATIES VOOR P VERWIJDERING (PERIODE APRIL – DECEMBER 2009)

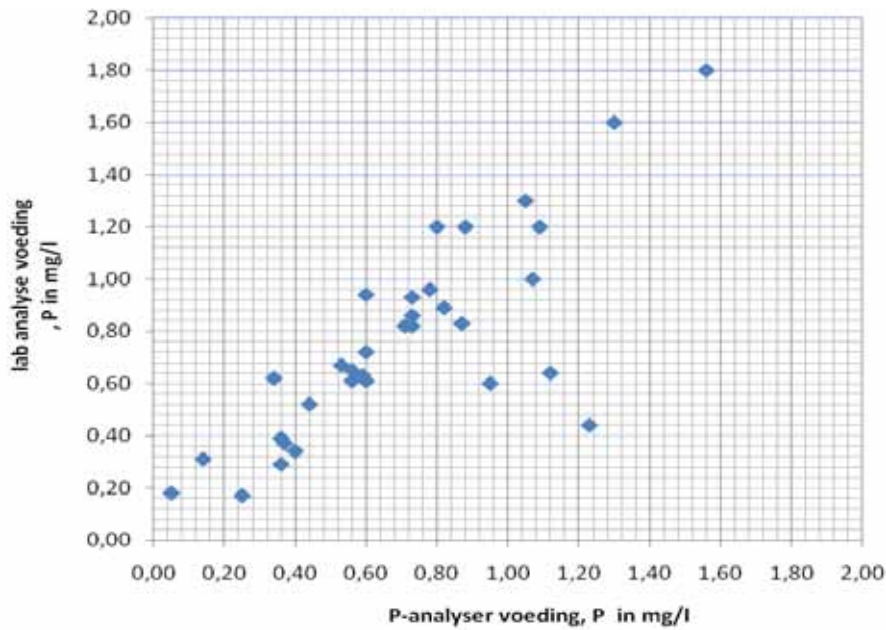


TABEL 5.3.1 RENDEMENTEN P VERWIJDERING (PERIODE APRIL – DECEMBER 2009)

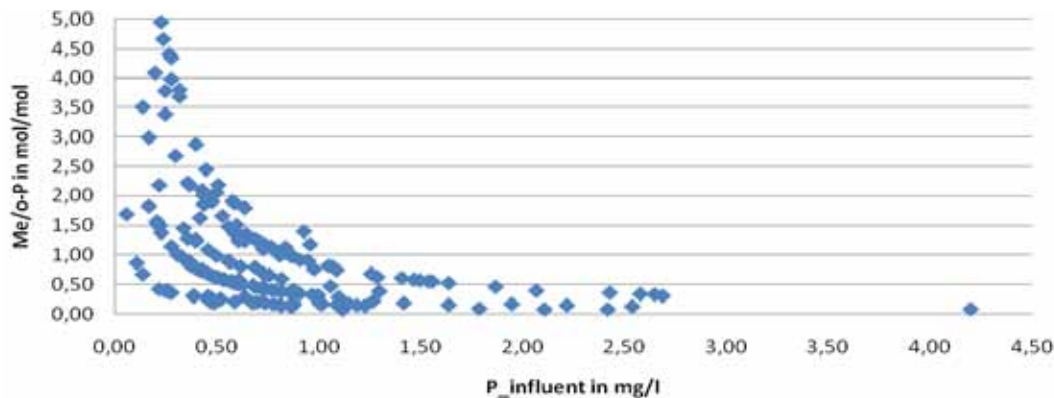
	Laboratorium metingen opgelost P			Analyser metingen opgelost P		
	In	Uit	%	In	Uit	%
Gemiddelde	0,77	0,20	77	0,68	0,26	63
10-percentiel	0,30	0,05		0,18	0,06	
90-percentiel	1,27	0,46		1,25	0,49	

De dosering van vlokmiddelen wordt gestuurd op de data van de online P-analyser voor de voeding naar het filter. Geconstateerd wordt een zeer grote spreiding in de specifieke dosering van het vlokmiddel, uitgedrukt in Me/o-P ratio (mol/mol), zie figuur 5.3.3. Met name in het werkgebied 0,5 – 1,0 mg/l P varieert de ratio tussen 0,1 en 2 mol/mol. Hieruit blijkt dat een Me / P-ratio geen goede stuurparameter is voor een coagulatieproces op relatief laag P-belast water.

FIGUUR 5.3.2 AFWIJKING TUSSEN ANALYSERESULTATEN P-ANALYSER EN LABORATORIUM DATA



FIGUUR 5.3.3 ME/O-P RATIO IN FUNCTIE VAN DE VOEDINGSCONCENTRATIE O-P (P-ANALYSER DATA)

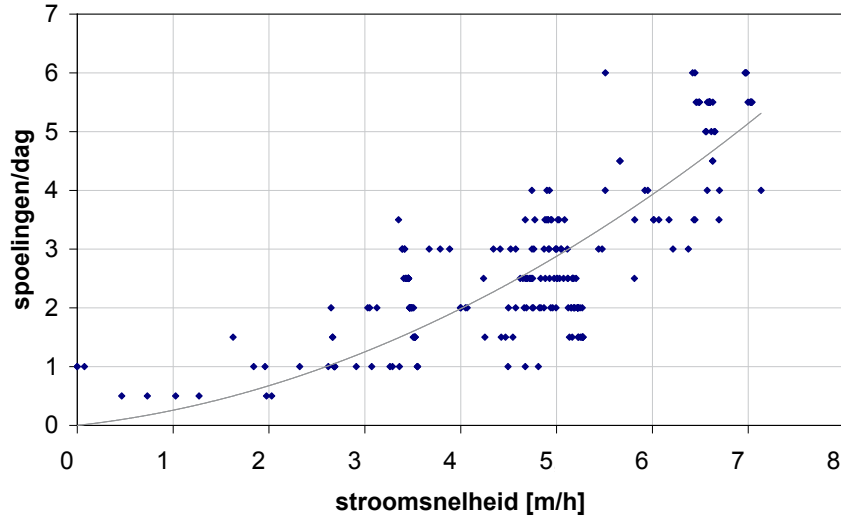


5.3.2 FILTERLOOPTIJDEN

De spoelfrequentie kan worden gerelateerd aan de filtratiesnelheid, zoals geïllustreerd in figuur 5.3.4. De figuur toont een aanzienlijke spreiding; de oorzaak van de spreiding is niet nader onderzocht in het kader van het onderzoek, maar kan onder andere gerelateerd worden aan de grote spreiding in specifieke dosering van vlokmiddelen, zoals aangegeven in figuur 5.3.3.

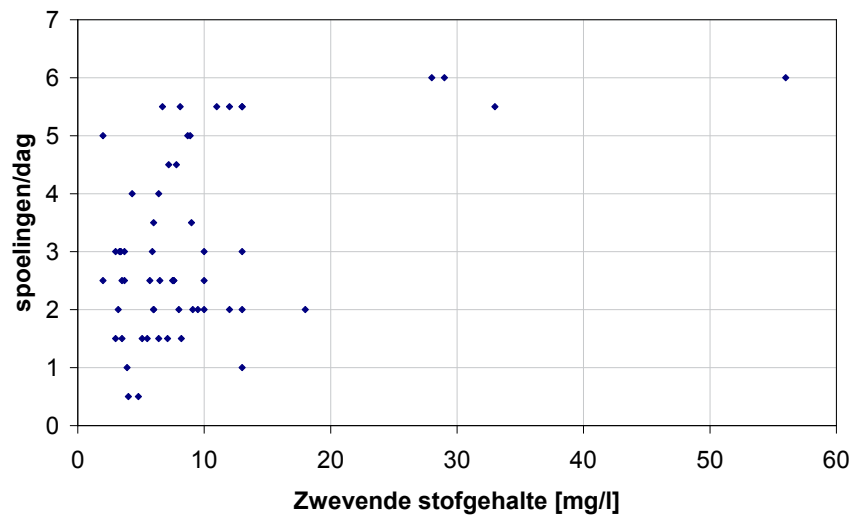
Bij de ontwerp-filtratiesnelheid van 6,5 m/h is de gemiddelde looptijd van de filters 5,3 uur. In het ontwerp was gerekend op een looptijd van 6 uur (4 maal per dag spoelen).

FIGUUR 5.3.4 FILTERLOOPTIJDEN IN FUNCTIE VAN DE FILTRATIESNELHEID (PRAKTIJKFILTER, DATA APRIL – DECEMBER 2009)



Ook de relatie tussen het zwevende stofgehalte in het voedingswater en het aantal terugspoelingen is zwak. Bij de hoogste zwevende stofgehalten vinden inderdaad de meeste spoelingen plaats, maar bij gangbare waarden (< 10 mg/l) varieert het aantal spoelingen sterk.

FIGUUR 5.3.5 RELATIE SPOELFREQUENTIE EN ZWEVENDE STOFGEHALTE IN DE FILTERTOEVOER (DATA APRIL – DECEMBER 2009)



5.4 EVALUATIE PRESTATIES STANDAARD FILTRATIE TEST EN PRAKTIJKINSTALLATIE

Vergelijking van de resultaten van de testkolom met die van de praktijkinstallatie is bemoeilijkt door allerlei praktische randvoorwaarden, die het onderzoek hebben beïnvloed. Toch is het mogelijk om een aantal conclusies te trekken, die relevant zijn voor de evaluatie van de prestaties van de praktijkinstallatie.

5.4.1 WEERSTANDOPBOUW

De weerstandopbouw van de praktijkinstallatie is in de meeste gevallen hoger dan de gemeten weerstandopbouw over de standaard filtratietest. Dit heeft de volgende consequenties:

- De praktijkinstallatie wordt (noodgedwongen) bedreven met een kortere looptijd.
- Een kortere looptijd betekent dat meer spoelwater wordt verbruikt.
- Door de kortere looptijd wordt de verhouding inlooptijd/looptijd nadelig beïnvloed, zodat de gemiddelde verwijderingsrendementen voor fosfaat (bij dezelfde vlokmiddeldosering) omlaag gaan. Op basis van het bovenstaande is de effectiviteit van de vlokmiddeldosering dus niet optimaal.

Een globale evaluatie van de inrichting van de praktijkinstallatie in het licht van bovenstaande leert het volgende:

- De spoelwaterafvoergoot is gelegen aan de kopse zijde van de filtereenheden en de afstand tot de achterwand is relatief groot; dit betekent dat de vuilafvoer bij terugspoelen niet gelijkmatig over het filteroppervlak zal plaatsvinden. Het resultaat is dat een deel van het filterbed bij aanvang van de volgende filterrun niet 100% gereinigd kan zijn.
- De spoelwaterafvoergoot is relatief hoog gepositioneerd ten opzichte van de bovenzijde van het filterbed (2,35 m). Dit betekent dat de afvoer van vuil bij terugspoelen bemoeilijkt wordt. Inspectie van de filterbodem is gewenst om uit te sluiten dat sprake is van kortsluitstromingen bij terugspoelen.
- Inspectie van de filterbodem is gewenst om uit te sluiten dat sprake is van kortsluitstromingen bij terugspoelen.

5.4.2 FILTRAATKWALITEIT

In de praktijkinstallatie vindt de vlokvorming merendeels plaats in het bovenwater. De bovenwaterstand varieert tussen 0,4 m (direct na spoelen) en 1,0 m (indicatie voor starten spoelen). Met een filtratiesnelheid van 6,5 m/h betekent dit een ontwerpverblijftijd van respectievelijk 3,7 en 9 minuten. Daarbij wordt aangetekend dat hier tijdens de looptijd in de tijd mildere vlokvormingscondities voorkomen, omdat er geen constante maar aflopende energie-inbreng (vlokvormingsenergie) is. Dit kan bij aanvang van de filtercyclus leiden tot de vorming van pinflocs, die (deels) door het filter heen kunnen slaan. Analyse van de effluentkwaliteit voor opgelost fosfaat en de variaties daarin tijdens een filterrun kunnen hiervoor een indicatie zijn. Op basis van de analyserdata van het filtraat wordt een gemiddelde concentratie gemeten van 0,26 mg/l P met een variatie van 0,06 mg/l P (10%iel onderwaarde) en 0,49 mg/l P (90%iel). Deze laatste waarde is hoog en geeft aanleiding te zoeken naar coagulatie- en filtratie-optimalisatie.

De vlokmiddeldosering vindt plaats als functie van het o-P-gehalte van de P-analyser in de voeding van de praktijkinstallatie. Vergelijking van de meetwaarden van deze P-analyser met de waarden van het laboratorium laat significante onderlinge verschillen zien. Dit impliceert dat mogelijk sprake kan zijn van onder of overdosering, met alle consequenties van dien voor de filterprestaties. Bijsturen van de vlokmiddeldosering zo mogelijk op basis van de o-P-waarde in het filtraat is mogelijk een optimalisatieslag. Geadviseerd wordt een correlatie vast te stellen tussen de resultaten van de analyser en de labgegevens. Ook is de stabiliteit van het signaal van de P-analyser van belang.

5.5 FILTERMODELLERING

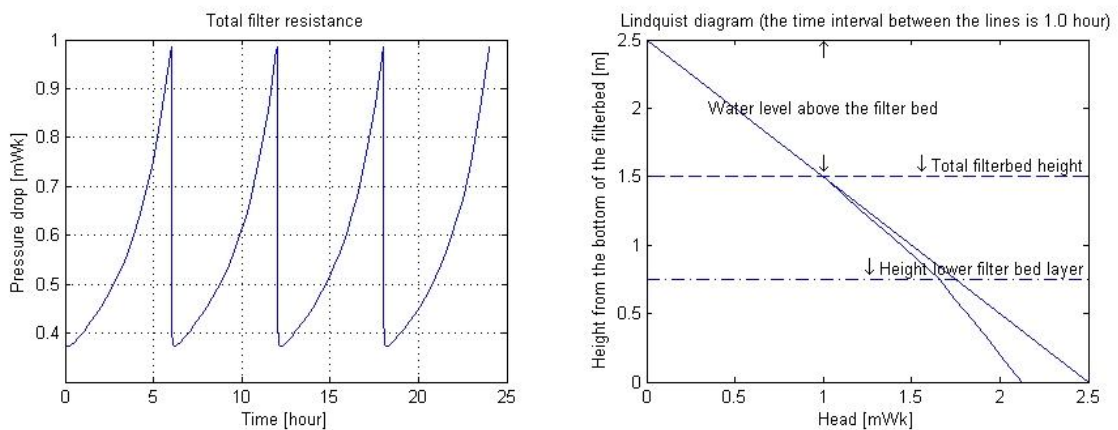
In overleg met de Technische Universiteit Delft (Prof. L.C. Rietveld) is beschouwd in hoeverre het filtratieproces kan worden gesimuleerd door middel van het programma Stimela (www.stimela.com). Dit blijkt mogelijk en biedt als zodanig perspectieven om datasets op een eenduidige wijze te calibreren en valideren. De simulatie in Stimela gaat uit van een dubbel-laags zandfilter, neerwaarts doorstroomd en opgebouwd uit een antraciet – zandlaag. Het type af te vangen vlokken en zwevende stof is te karakteriseren en als ingangsparameter in te brengen. Als voldoende data kunnen worden verzameld kan daarmee een eenvoudig en betrouwbaar instrument worden aangeboden voor het ontwerpen van een tertiaire filtratie-stap voor fosfaatverwijdering.

Bij wijze van voorbeeld zijn met behulp van de data van de praktijkinstallatie van Land van Cuijk enkele simulaties doorgevoerd. Zo'n simulatie is weergegeven in figuur 5.5.1. Daarbij is uitgegaan van de actuele operationele gegevens van de installatie. De simulatie richt zich op het berekenen van de looptijden en weerstandsopbouw en kan daarbij de effecten van diverse parameters, zoals filtermateriaal, bedhoogte, vlokkenkarakteristieken, temperatuur doorrekenen en kwantificeren. Daarnaast bevat het programma een kwalitatieve component, zodat ook de indicatieve filterrendementen kunnen worden vastgesteld.

De TU Delft heeft onlangs een samenwerking geïnitieerd met de Universiteit van Gent voor het onderbrengen van Stimela in het WEST platform.

De belangrijkste input parameters zijn zwevendestofgehalte, filteropbouw en chemicaliëndosering.

FIGUUR 5.5.1 PROCESSIMULATIE PRAKTIJKINSTALLATIE TWEDE TRAP TERTIAIRE FILTRATIE RWZI LAND VAN CUIJK



Uit de processimulatie blijkt een looptijd van circa 6 uur te volgen. De drukval over top- en scheidingslaag wordt in het model lager berekend dan in de praktijk het geval is.

5.6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van het uitgevoerde onderzoek waarbij onder diverse omstandigheden circa 100 filterruns zijn geanalyseerd, kunnen de volgende conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan.

5.6.1 CONCLUSIES

FILTERKOLOM VS. PRAKTIJKINSTALLATIE

- De looptijd in de filterkolom is vooral afhankelijk van de drukopbouw in de bovenste laag van het zand. Er is mogelijk slechts in beperkte mate sprake van dieptefiltratie, mede als gevolg van een onvoldoende vlok Vorming. Er is echter voldoende doorslag door de antracietlaag om de scheidingslaag te verstoppen. Ondersteunende kwaliteitsgegevens zijn niet voor handen.
- De proefresultaten geven geen constant beeld in termen van looptijden en weerstandsoopbouw. Deze verschillen zijn mede toe te schrijven aan de conditionering vooraf en (wellicht) de mogelijkheid van kortsluitstromingen in de kolom.
- De weerstandopbouw van de praktijkinstallatie is in de meeste gevallen hoger dan de gemeten weerstandsoopbouw over het testfilter. Dit heeft negatieve consequenties voor de operationele bedrijfsvoering van de installatie.
- Een te fijn filtermateriaal, onvolledig spoelen en een te lage antraciethoogte kunnen een oorzaak zijn van de weerstandsverschillen.

STANDAARD FILTRATIETEST

- Een geautomatiseerd standaard filtratietest genereert per dag aanzienlijk meer analyseerbare data dan een handmatig bedreven semitechnische installatie.
- Vervangen van filtermateriaal en nozzles is eenvoudig en relatief snel.

5.6.2 AANBEVELINGEN

STANDAARD FILTRATIETEST

- De filtratiekolom bevat (slechts) 1 nozzle in de bodem. Bij terugspoeling blijkt dat onderin de kolom een dode zone ontstaat waarvan het zand niet wordt opgewoeld (zowel tijdens lucht- als waterspoeling). Uitbreiding van het aantal nozzles verdient dus aanbeveling. Tevens kunnen de nozzles ingebed worden in een laagje filtergind om slijtage te vertragen.
- Het functioneren van de filterkolom is sterk gerelateerd aan het functioneren van de beschouwde praktijk installatie, voornamelijk wat betreft de aanvoer van het voedingswater. De beschikbaarheid van voedingswater is in de praktijk niet altijd gegarandeerd. Een droogloopbeveiliging op de aanvoerpomp is dan ook een vereiste om schade te voorkomen.
- De vlok Vorming is een cruciaal onderdeel van het filtratieproces. Echter, deze parameter is in de filterkolom met oplopende bovenwaterstand moeilijk te beïnvloeden. Om beter inzicht te krijgen in de invloed van het vlok kingsproces op het filtratieproces zou het mogelijk moeten zijn om dit proces te kunnen sturen/regelen.
- Het functioneren van het filtratieproces is een wisselwerking tussen de looptijd (drukopbouw) van het filter en de filtraatkwaliteit gedurende een filtratiecyclus (doorslag gedurende de filtratierun). In de huidige configuratie van de kolom wordt enkel continue (online) informatie gelogd over de drukopbouw in het filter en niet over de filtraatkwaliteit. Tijdens een onderzoek moet de kwaliteitsmeting een hoge prioriteit krijgen.

PRAKTIJKINSTALLATIE

- De praktijkinstallatie kan op een aantal punten verbeterd worden om een hoger filterrendement, een lager spoelwaterverbruik en een langere looptijd te bereiken; aandachtspunten daarbij zijn:
- De spoelwaterafvoergoot is gesitueerd aan de kopse zijde van de filtereenheden; dit betekent dat de vuilafvoer bij terugspoelen niet gelijkmatig over het filteroppervlak zal plaatsvinden. Het resultaat is dat een deel van het filterbed bij aanvang van de volgende filterrun niet 100% gereinigd is.
- De spoelwaterafvoergoot is relatief hoog gepositioneerd ten opzichte van de bovenzijde van het filterbed (maar liefst 2,35 m). Dit betekent dat de afvoer van vuil bij terugspoelen bemoeilijkt wordt.
- Inspectie van de filterbodem is gewenst om uit te sluiten dat sprake is van kortsluitstromingen bij terugspoelen.
- Er is conform ontwerp geen constante vlokvorming in het bovenwater van het filter; de verblijftijden zijn na start van een filterrun oplopend en er is een afnemende energie-inbreng voor de vlokvorming. In de praktijk dient te worden beoordeeld of –en zo ja– hoe deze situatie te verbeteren is.
- De afwijking tussen de lab-metingen en de veldmetingen voor opgelost fosfaat zijn naar onze mening aan de hoge kant. Nadere analyse naar deze afwijkingen is zinvol om over/onderdosering te voorkomen.
- Me/o-P doseerverhoudingen zijn niet constant bij dezelfde P concentraties in de voeding; de besturing dient hierop aangepast te worden om over/onderdosering te voorkomen. (wordt op mg/l of op Me/P influent gedoseerd. Bijsturing op basis van filtraatmeting)

MODELLERING

- Het fysisch chemisch filtratieproces is goed te modelleren; eerste vingeroefeningen met Stimela (TU Delft) laten zien dat dit toegevoegde waarde kan bieden, aanvullend op de Standaard Filtratietest.
- Voorgesteld wordt om de modellering ter hand te nemen op basis het verzamelen van datasets van bestaande praktijkinstallaties in Nederland (bijvoorbeeld: Kaatsheuvel, Steenwijk, Harderwijk etc.) om daarmee een praktisch instrument te maken voor procesontwerpen en –optimalisaties.

6

RWZI HARDERWIJK

6.1 PROEFOPSTELLING

De standaard filtratietest is ingezet op de RWZI Harderwijk in de periode juli – augustus 2007. Daar was reeds een semitechnisch onderzoek naar filtratie van de afloop van de nabezinktanks uitgevoerd (oktober 2005 – juni 2006). Tijdens dat laatste onderzoek is op beperkte schaal data handmatig verzameld. Bekend was dat een goed resultaat was verkregen bij een dosering van 2 mg/l Al, een vloktime van enkele minuten en filterbedhoogten tussen de 1,8 en 1,2 m. In het eerste geval is met het testfilter een normale dubbellaagsfiltratie gesimuleerd. In het tweede geval het automatic backwash filter, een filtertype met relatief geringe filterbedhoogte en geringe hydraulische belasting (filtersnelheid). Op basis van het eerdere proefonderzoek zijn de volgende ontwerpparameters voor een praktijkinstallatie vastgesteld (Zie tabel 6.1.1)

TABEL 6.1.1 ONTWERPGRONDSLAGEN FILTRATIE AFLOOP NABEZINKTANK RWZI HARDERWIJK

	Filterbedsamenstelling	Filterbedhoogte	Filtersnelheid (m/h)	Bovenwaterstand (cm)
Dubbellaagsfilter	Zand 0,75-1,25 mm, Hydroanthraciet 1,6-2,4 mm	Zand 1 m, Hydroanthraciet 1 m	10 max 12 bij spoelen	50 - 70
Dynasandfilter	Zand 0,75-1,25 mm	Zand 2 m	12	100
Automatic BWF	zand 0,75-1,25 mm, Aktieve Kool Darko 12 x 20: 1,4-2,6 mm	Zand 0,75 m, Aktieve kool 0,5 m	6	100

Bij het opstellen van de proefopzet voor de standaard filtratietest is de uitkomst van het proefonderzoek uit 2005 – 2006 als hulpmiddel gebruikt. De daadwerkelijke instellingen zijn ook aangepast aan de gevonden uitkomsten tijdens de beproevingen van de standaard filtratietest.

De volgende proefopzet voor het filteronderzoek is gehanteerd:

TABEL 6.1.2 OPZET FILTERONDERZOEK AFLOOP NABEZINKTANKS RWZI HARDERWIJK 2007

Periode	Filtersnelheid (m/h)	Hoogte hydroanthraciet (cm) / korrelopbouw (mm)	Hoogte zand (cm) / korrelopbouw (mm)	Bovenwaterstand (cm)
1 juli - 24 juli	10-17	80 / 1,6 - 2,5	100 / 0,75 - 1,25	50 -70
27 juli – 9 aug	8 - 10,5	50 / 1,6 - 2,5	70 / 0,75 - 1,25	100

De bedrijfsomstandigheden zijn zo gekozen dat ze zouden lijken op de bedrijfsomstandigheden bij de vorige filtertests. Wat betreft coagulatieomstandigheden is dat gelukt met een G-waarde van rond de 40 s⁻¹.

Uit de vergelijking van tabel 6.1.1 en 6.1.2 valt op dat de gekozen filtersnelheid bij het bedrijven van het filter in de “automatic back wash modus” aan de hoge kant is. Toch worden goede looptijden behaald. In het eerste onderzoek is actieve kool gebruikt (Darko 12 x 20) en in de standaard filtratietest is hydroanthraciet gebruikt. De actieve kool heeft een grotere spreiding in de korrelgroottes dan de hydroanthraciet. De bovenwaterstanden zijn in beide onderzoeken gelijk gehouden. Hierbij wordt aangetekend dat de bovenwaterstand bij het dubbellaagsfilter aan de lage kant is, echter de configuratie van filter en spoeltank in de semi-technische tests liet niet meer ruimte toe.

In tabelvorm zijn de overeenkomsten en verschillen opgenomen in tabel 6.1.3.

TABEL 6.1.3 OVEREENKOMSTEN EN VERSCHILLEN FILTRATIE TESTS AFLOOP NABEZINKTANK RWZI HARDERWIJK

	Dubbellaagsfilter Semi-technisch 2005-2006	Automatic back washfilter Semi-technisch 2005-2006	Standaard filtratietest 2007
Vlokmiddeldosering (mg/l Al-ion)	2,0	2,0	2,0
Filterbedsamenstelling	Zand 0,75-1,25 mm, Hydroanthraciet 1,6-2,4 mm	zand 0,75-1,25 mm, Actieve Kool Darko 12 x 20: 1,4-2,6 mm	Zand 0,75-1,25 mm, Hydroanthraciet 1,6-2,4 mm
Filterbed-hoogte	Zand 1 m, Hydroanthraciet 0,8 m	Zand 0,75 m, Actieve kool 0,5 m	Zand 1 m, Hydroanthraciet 0,8 m Zand 0,70 m, Actieve kool 0,5 m
Filtersnelheid (m/h)	10 max 12 bij spoelen	6 – 7	10 – 17 8 – 10,5
Bovenwaterstand (cm)	50 - 70	100	50 – 70 100
Watertemperatuur (°C)	10 – 12	10 – 12	17

Te onderzoeken onderwerpen met de standaard filtratietest waren:

- correlatie tussen looptijd en filtersnelheid;
- indringingsdiepte van de P-totaal in het filterbed;
- de filtraatkwaliteit.

Looptijd en drukopbouw zijn gemonitord via de website www.controlnet.nl. De looptijd wordt handmatig afgelezen uit de automatisch gegenereerde drukopbouwprofielen

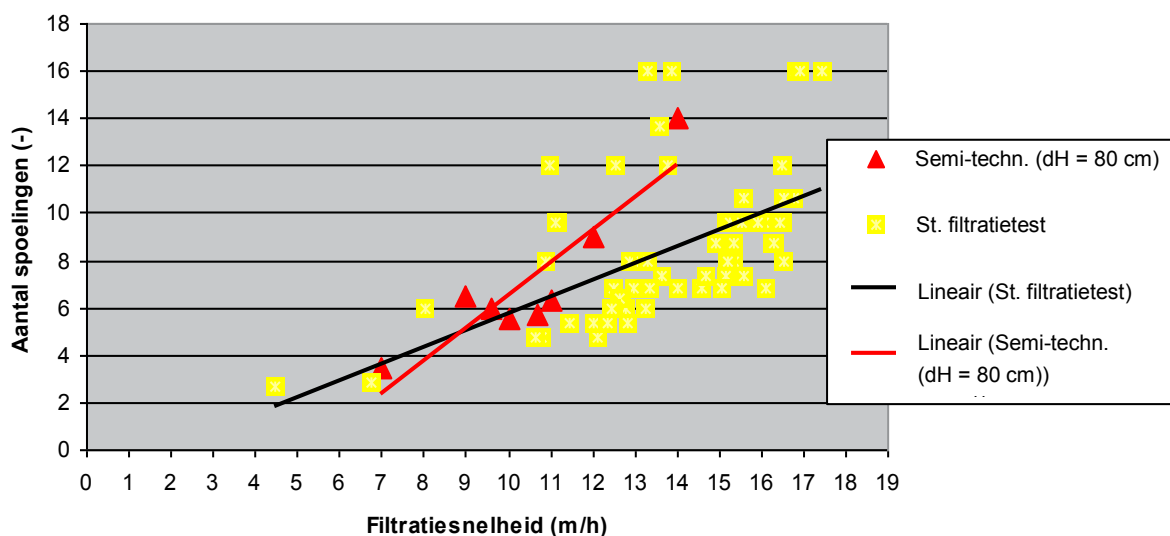
6.2 RESULTATEN

De resultaten van de testen met de standaard filtratietest zijn onderverdeeld naar de bedrijfsomstandigheden van de twee filtertypen, te weten dubbellaags filter en automatic backwash filter. De interpretatie van de resultaten zijn gebaseerd op expert judgement en labanalyses.

6.2.1 DUBBELLAAGSFILTRATIE

Uit de gelogde data (filterbedhoogte 1,8 m) is handmatig vastgesteld wat de looptijden tussen twee spoelingen waren bij de diverse debieten. Deze zijn in grafiek uitgezet en afgezet tegen de enkele gegevens uit de semi-technische tests in de periode oktober 2005 - april 2006. Uit deze looptijden is het aantal spoelingen per dag af te leiden. Dit is een aardige maat voor het ontwerp van een installatie op maximum debiet. In het algemeen wordt een looptijd onder maximale omstandigheden van 4-6 uur (4 - 6 spoelingen per dag) als minimum ervaren.

FIGUUR 6.2.1 VERGELIJKING SPOELFREQUENTIE STANDAARD FILTRATIE TEST / SEMI-TECHNISCH DUBBELLAAGS FILTER



Hoewel de puntenseries op het eerste gezicht niet geheel correleren en statistische diagnose niet direct relevant lijkt, kan wel worden geconcludeerd dat in beide gevallen:

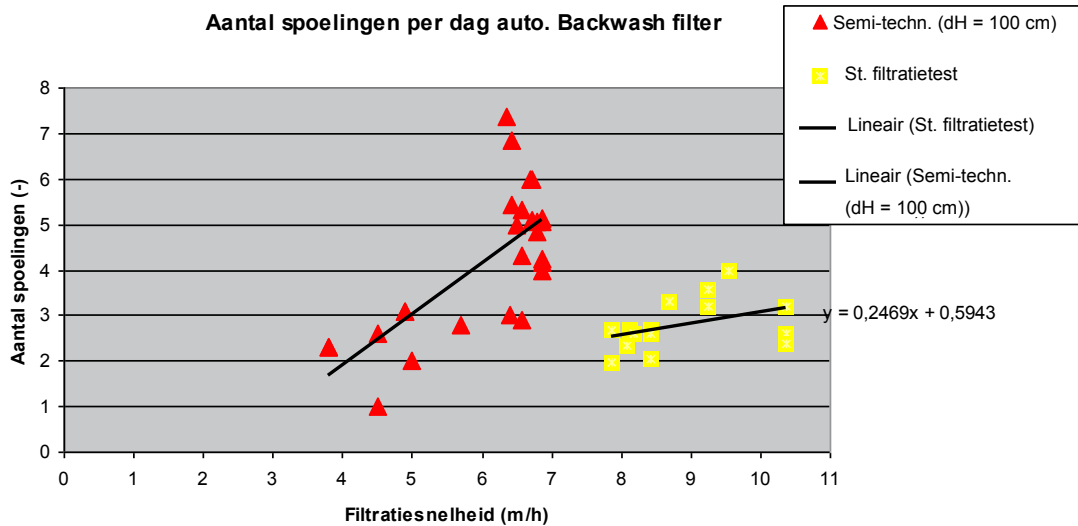
- de enkele handmatig verkregen semitechnische punten binnen de automatisch gegenereerde puntenwolk vallen;
- in beide gevallen een filtersnelheid van 10 m/h wordt gekozen waarbij gedurende een korte tijd 12 m/h (gedurende een spoeling) toelaatbaar is;
- het aantal spoelingen kan flink verschillen: bij één en dezelfde filtersnelheid, bijvoorbeeld 12 m/h, kunnen zowel 5 als 12 spoelingen per dag voorkomen;
- bij een toekomstig onderzoek veel meer datapunten bij lagere snelheden moeten worden gegenereerd om ook in dit belangrijke gebied voldoende inzicht in de looptijd te krijgen;
- de stijging van de bovenwaterstand is lineair in de tijd, hetgeen wijst op een juiste keuze van de hydroanthraciet.

6.2.2 AUTOMATIC BACK WASH FILTRATIE

Uit de gelogde data van de standaard filtratietest (filterbedhoogte 1,2 m) is handmatig vastgesteld wat de looptijden tussen twee spoelingen waren bij de diverse debieten. Deze zijn in grafiek uitgezet en afgezet tegen de enkele gegevens uit de semitechnische tests in de relatief korte periode mei - juni 2006. Uit deze looptijden is het aantal spoelingen per dag af te leiden. Dit is een aardige maat voor het ontwerp van een installatie op maximum debiet. In het alge-

meen wordt een looptijd onder maximale omstandigheden bij dit type filter van 8-12 uur (2-3 spoelingen per dag) als minimum ervaren. De lopende brug heeft nogal wat tijd nodig (2 uur) om een filtercel geheel te reinigen. In 2006 zijn handmatig een 6-tal looptijden uit de (weinig) timeraflezingen gedestilleerd. Deze oude data zijn opnieuw bewerkt om zoveel mogelijk gegevens uit deze tests te halen. De gegevens zijn geplot in Figuur 6.2.2.

FIGUUR 6.2.2 VERGELIJKING SPOELFREQUENTIE STANDAARD FILTRATIETEST / SEMI-TECHNISCH ABW- FILTER



Uit de figuur valt op te maken dat beide dataseries niet goed correleren. In 2006 was sprake van aanzienlijke kortere looptijden dan in 2007, terwijl de toelaatbare drukval over de beide filters gelijk was (circa 1 meter waterkolom). De gehanteerde filtersnelheden in het proeffilter zijn 1,5 maal zo hoog als in het semitechnische filter.

Hiervoor dient een verklaring te worden gevonden in de verschillen van de filters en de mogelijke kwaliteitsveranderingen in het aangevoerde water. De gebruikte toplaag was in 2006 actieve kool Darko 12 x 20, met een korrelgrootteverdeling 1,4 - 2,6, terwijl de nu gebruikte kool een korrelgrootteverdeling had van 1,6 - 2,4, een veel gunstiger frequentieverdeling. In 2006 bleek ook dat de drukval over de toplaag de looptijdbepalende factor was. Uit toen uitgevoerde zeefcurves van deze toplaag bleek deze gewoon goed binnen de specificaties te liggen. Ook was in de periode in 2006 geconstateerd dat de toplaag volledig verslijmd was. De indruk bestond dat restpolymeer uit de afloop van de nabezinktank hierin een rol speelde.

Worden de gevonden datapunten geplot in de grafiek met gegevens van de testkolom als dubbellaagsfilter, zijn de resultaten daar goed mee in lijn. Hiermee is aangetoond dat de huidige testgegevens bij de huidige filteropbouw en waterkwaliteit een consistent geheel vormen. De verschillen met vroegere tests zijn eerder gelegen in een minder goed gekozen koolmedium en een water met sterk verstoppende eigenschappen ten tijde van de semitechnische tests.

6.3 FOSFAATVERWIJDERING IN HET FILTER

6.3.1 FILTEROPBOUW

Om een filter zo laag mogelijk te bouwen (voordeel in investeringen- en energieverbruik) is kennis nodig over de diepte waarop voldoende fosfaat in een filter wordt verwijderd. In de tests uit 2006 was dit een aantal keren vastgesteld op zo een 40 – 60 cm, waarbij de looptijd niet echt van invloed was. Dit komt omdat de filters altijd spoelden op het bereiken van de maximale verschilddruk. Interessant is om een filter zo uit te leggen dat de verschilddruk wel leidend is voor het spoelen, en wel vlak voordat doorslag optreedt. Zo is het filter zo klein mogelijk en het spoelwaterverbruik zo laag mogelijk. Tijdens de test zijn op vier data bemonsteringen over de hoogte van het filter uitgevoerd. Op 20 juli is bemonsterd in de opstelling als dubbellaagsfilter. Op 30 juli, 6 en 7 augustus in de opstelling als automatic backwash filter. In onderstaande tabel zijn de monsterpunten aangegeven en op welke plaats in bovenwater, kool of zand (en filtraat) ze zijn geplaatst. De dubbellaagsfiltermodus heeft een hoogte van 180 cm en de automatic backwash filter modus een hoogte van 120 cm. In tabel 7.3.1 zijn opgenomen in de linkerkolom de hoogte van de monsterpunten boven het filtraatmonsterpunt. In de tweede kolom de opbouw van het dubbellaagsfilter en in de derde kolom de opbouw van het automatic backwash filter.

TABEL 6.3.1

MONSTERNAMPUNTEN

Hoogte boven filtratiemonsterpunt	Opbouw dubbellaagsfilter	Opbouw ABWF
210	8	8
185	7	7
160	6	6
135	5	5
110	4	4
85	3	3
60	2	2
35	1	1
0	F	F

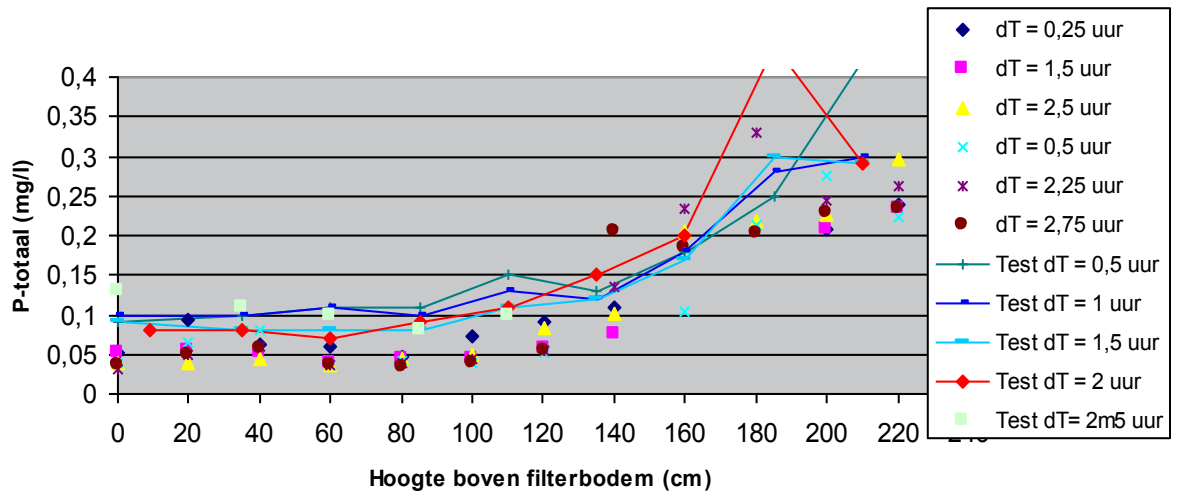
Legenda

bovenwater	kool	zand	filtraat
------------	------	------	----------

De data van de metingen uit 2006 zijn verkregen op andere monsterpunthoogtes. Hiermee is bij het maken van de grafieken rekening gehouden.

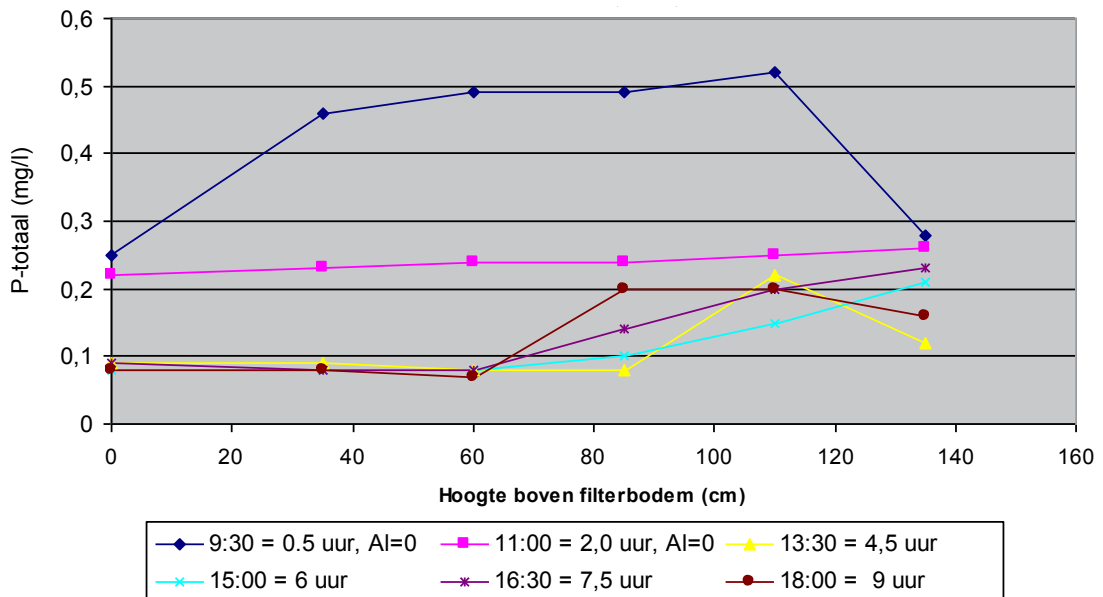
6.3.2 FOSFAATVERWIJDERING IN HET DUBBELLAAGSFILTER

FIGUUR 6.3.3 FOSFAATVERWIJDERING IN STANDAARD FILTRATIETEST EN SEMITECHNISCH DUBBELLAAGS FILTER
(22 MEI EN 1 JUNI 2006 FILTERSNELHEID = 11 M/H; 20 JULI 2007 FILTERSNELHEID= 15 M/H)



In de grafiek staan de getekende punten voor de vroeger verzamelde data en de getrokken lijnen voor de data uit het testfilter. De ingaande fosfaatgehalten zijn in beide gevallen laag en liggen rond de 0,25 mg/l P-totaal, hetgeen al zeer lage waarden zijn. De filtersnelheid in het verleden lag 25% lager dan die van het testfilter. Als overeenkomst zien we dat in beide gevallen na zo een 60 cm kooldiepte de meeste fosfaat is verwijderd. Als verschil valt op dat het testfilter circa 0,05 mg/l P-totaal meer in het filtraat heeft waarbij de absolute waarden tussen de 0,05 en de 0,1 mg/l P-t liggen. Dit is een klein verschil verklaarbaar uit waterkwaliteitsverschil in de meetperiode en eventueel een grotere (kortsluit) invloed van de veel kleinere diameter. Op zich zijn conclusies gelijklopend. Beide filters voldoen gemakkelijk aan 0,15 mg/l voor P-totaal.

FIGUUR 6.3.4 FOSFAATVERWIJDERING IN STANDAARD FILTRATIETEST EN AUTOMATIC BACKWASH FILTER; (6 AUG. 2007; FILTERSNELHEID= 10,3 M/H)

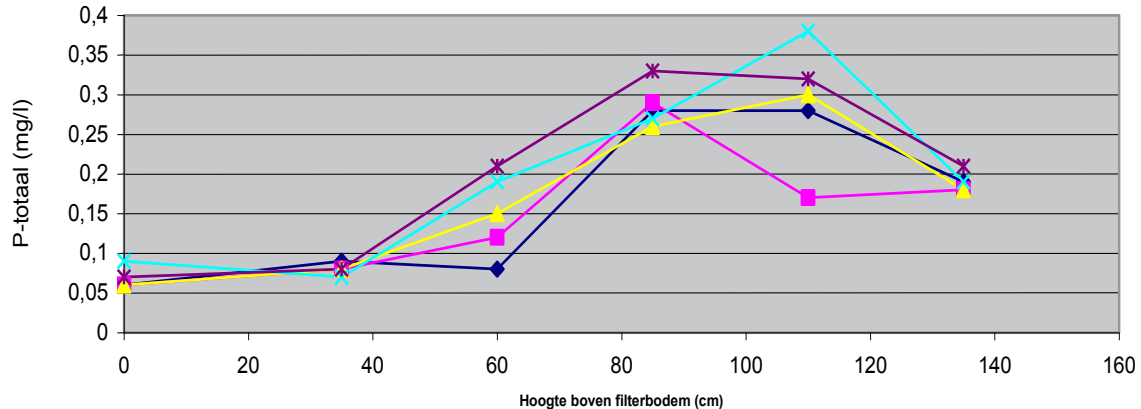


6.3.3 FOSFAATVERWIJDERING IN HET AUTOMATIC BACKWASH FILTER

Bij de metingen in het lagere filter wordt geconstateerd dat het bij het uitvallen van de vlok-middeldosering grote doorslag optreedt en dat bij inschakelen ervan direct verbetering optreedt, zoals figuur 6.3.4 toont.

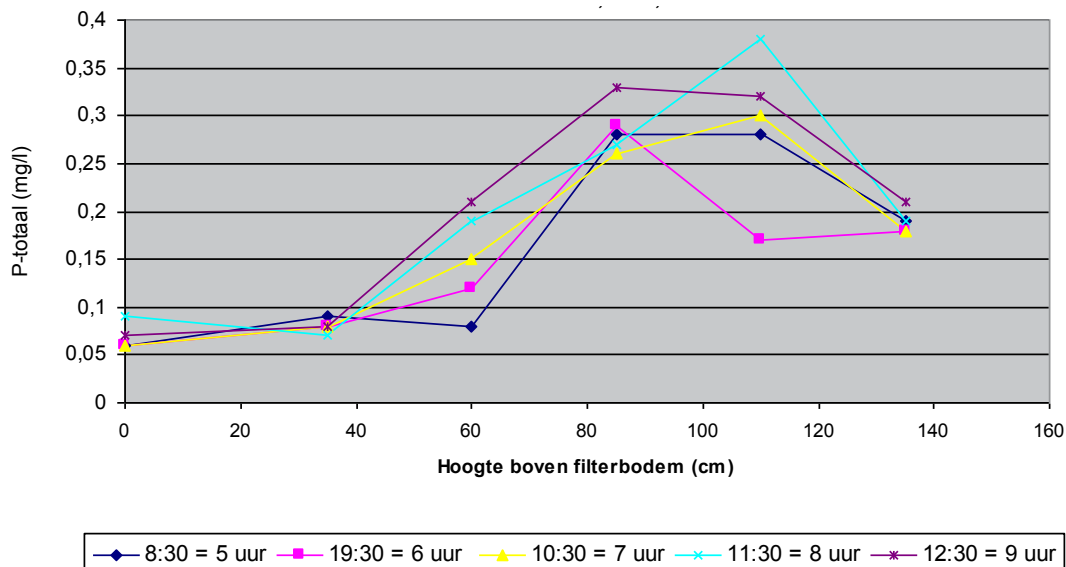
Ook hier ligt het P-t gehalte rond (onder) de 0,1 mg/l en is na 50 cm de fosfaat verwijderd voor zover dat kan. Op 7 augustus is een tweede meting in deze modus gedaan en globaal wordt eenzelfde resultaat bereikt, zoals aangegeven in onderstaande figuur.

FIGUUR 6.3.5 FOSFAATVERWIJDERING IN STANDAARD FILTRATIE TEST AUTOMATIC BACKWASH FILTER (7 AUG. 2007; FILTERSNELHEID = 10,1M/H)



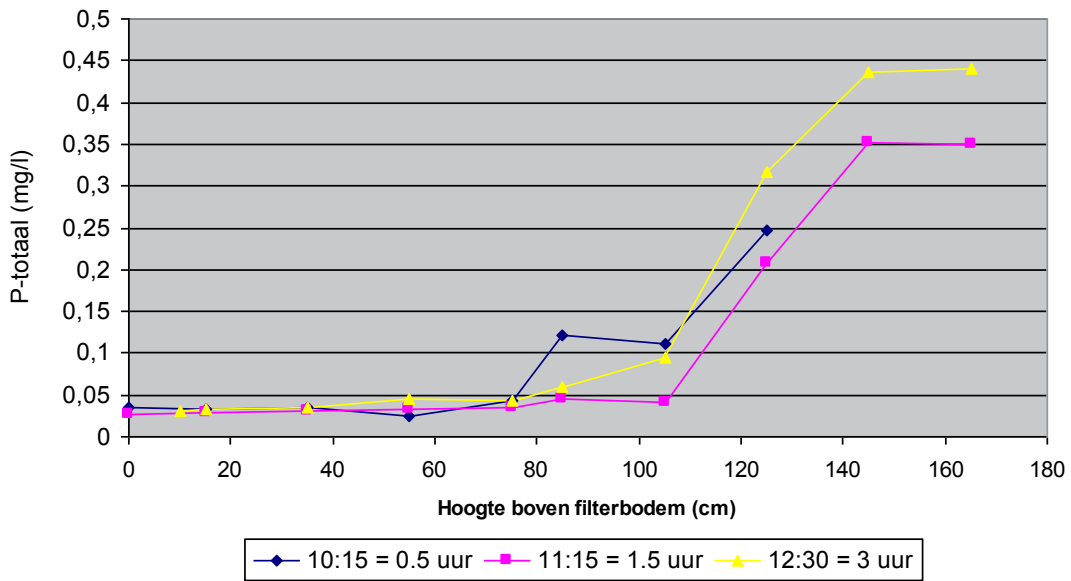
Ook hier ligt het P-totaal gehalte tussen de 0,05 en de 1,0 mg/l. Een vergelijking met de eerder verkregen gegevens uit 2006 geeft een zelfde oordeel als eerder, namelijk dat in de standaard filtratietest uiteindelijk een net iets minder kwalitatief resultaat wordt bereikt. Hierbij is van belang dat de toenmalige filtratiesnelheid aanzienlijk lager was dan die in 2007, namelijk 6 m/h ten opzichte van de huidige 10,1 m/h.

FIGUUR 6.3.6 FOSFAATVERWIJDERING IN STANDAARD FILTRATIE TEST EN AUTOMATIC BACKWASH FILTER (7 AUG. 2007; FILTERSNELHEID = 10,1 M/H)



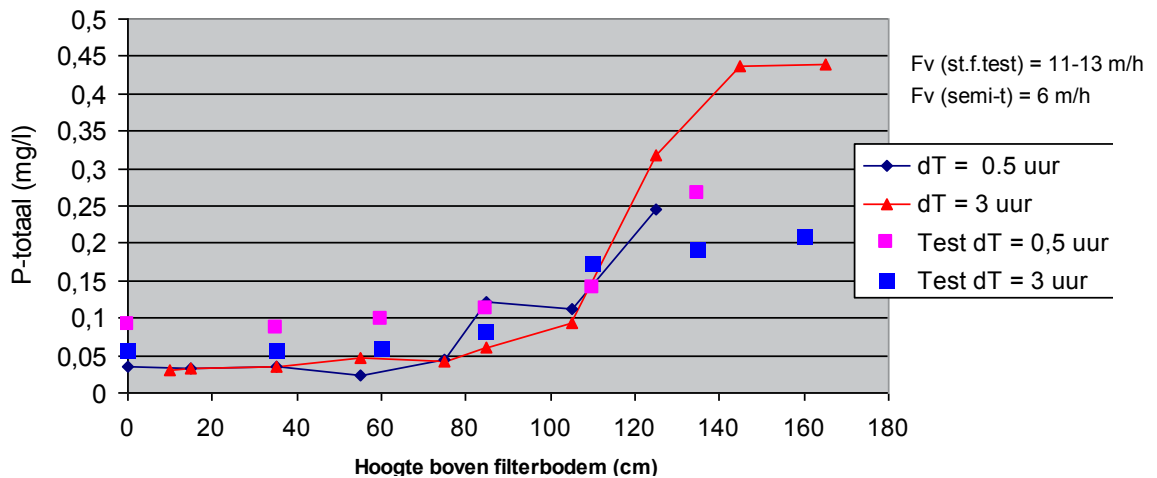
Ter vergelijking is hieronder opgenomen de P-totaal meting bij lagere filtersnelheid uit 2006.

FIGUUR 6.3.7 FOSFAATVERWIJDERING IN SEMI-TECHNISCH AUTOMATIC BACKWASH FILTER (2006; FILTERSNELHEID = 6 M/H)



Enkele van de lijnen zijn geplot in figuur 6.3.8.

FIGUUR 6.3.8 FOSFAATVERWIJDERING IN STANDAARD FILTRATIETEST EN SEMITECHNISCH AUTOMATIC BACKWASH FILTER (ABWF = DOORGETROKKEN LIJN)



Op circa 50 cm diepte is de fosfaat verwijderd. Gemakkelijk kan worden geconcludeerd dat een filter met een filterlaag van zo een 60 cm wel kan voldoen. Het is dan wel belangrijk om te realiseren dat tijdens de monsternames de fosfaatconcentraties nogal laag waren. De dosering aan aluminium was derhalve relatief hoog ten opzichte van de fosfaat. Echter deze dosering is eerder nodig om de vlokking goed te laten verlopen dan om de fosfaat te verwijderen, daarvoor is ruim genoeg vlokmiddel aanwezig.

7

VERGELIJKING VAN DE MEETPERIODES

7.1 CONCLUSIES MEETPERIODE AWZI ALMERE EN AWZI DRONTEN

- Het aantal spoelingen per dag is afhankelijk van meerdere parameters. Het aantal spoelingen per dag wordt ondermeer beïnvloedt worden door de kwaliteit van het afvalwater, filtratiesnelheid en prestatie van vlokvorming. Door de constante variaties in dan wel waterkwaliteit (= ook vlokvorming) en filtratiesnelheid is het beeld niet eenduidig. Wel kan gezegd worden dat bij een hogere filtratiesnelheid de aantal spoelingen per dag toeneemt.
- Uit de uitwerking van de meetdata blijkt dat de berekende gemiddelde spoelingen per dag geen exponentiële toename kent, maar lijkt het meer op een lineaire toename. Het aantal metingen is echter bij de hogere filtratiesnelheden wel relatief beperkt (< 100 metingen, < 10 % van het totaal). Bij hogere filtratiesnelheden is de spreiding in de metingen te hoog (10 %tiel 2 tot 3 spoelingen per dag, 90 %tiel 9 tot 10 spoelingen per dag). Om deze reden is bij de hogere filtratiesnelheden geen eenduidige conclusie te trekken.
- Uit de drukopbouwanalyse in het filter is gebleken dat de vervuiling grotendeels wordt afgevangen in het middelste (PT04/PT05) tot bovenste gedeelte (PT01) van het filter. Het onderste gedeelte van het filter laat nagenoeg geen toename in druk zien. Dit betekent dus ook geen verwijdering. Hieruit is af te leiden dat er slechts in beperkte mate sprake is van dieptefiltratie.
- Door gedurende een langere periode het proeffilter op een locatie te gebruiken, wordt inzicht verkregen in de stabiliteit van het filtratieproces. Op de locaties Dronten en Almere is gebleken dat het filtratieproces zeer stabiel is.

7.2 CONCLUSIES MEETPERIODE LAND VAN CUIJK

- De looptijd in de filterkolom is vooral afhankelijk van de drukopbouw in de bovenste laag van het zand. Er is slechts in beperkte mate sprake van dieptefiltratie, mede als gevolg van een onvolledige vlokvorming.
- De proefresultaten geven geen constant beeld in termen van looptijden en weerstandsopbouw. Deze verschillen zijn mede toe te schrijven aan de conditionering vooraf en (wellicht) de mogelijkheid van kortsluitstromingen in de kolom.

Gezegd kan worden dat de conclusies van de meetperiode AWZI Almere, AWZI Dronten in samenhang zijn met de conclusies van de meetperiode Land van Cuijk.

7.3 VERGELIJKING MET MEETPERIODE RWZI HARDERWIJK

Eerdere ervaring met het proeffilter zijn opgedaan op rwzi Harderwijk. In deze proefperiode zijn twee verschillende type filters gebruikt (dubbellaags en automatic back wash filtratie). De vergelijking tussen rwzi Harderwijk en AWZI Almere en Dronten richt zich alleen op de tests met het dubbellaags filter.

7.3.1 FILTERMEDIA

De filtermedia van beide filtratietests komen overeen met elkaar overeen. De vulling hoogte is bij Harderwijk echter hoger. Omdat de verwijdering voornamelijk in het bovenste gedeelte van het filter plaatsvindt, treedt er meer drukopbouw op en wordt meer fosfaat afgevangen.

7.3.2 FOSFAAT

Uit de fosfaatanalyseresultaten blijkt echter dat het onderste gedeelte van het testfilter Harderwijk nagenoeg geen fosfaatverwijdering laat zien. Toch kan een redelijke vergelijking worden gemaakt. In hoofdlijnen is in de testperiode een fosfaatverwijdering van circa 80% behaald. Dit komt met elkaar overeen. Opgemerkt moet echter worden dat bij Harderwijk P-totaal is geanalyseerd en bij Almere en Dronten alleen het ortho-fosfaat.

7.3.3 STANDTIJDEN OF AANTAL SPOELINGEN PER DAG

Bij de vergelijking van de filtratiesnelheden liggen de filtratiesnelheden van Harderwijk hoger dan die van Almere en Dronten. Veel van de metingen zijn uitgevoerd bij filtratiesnelheden $> 11 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$. Bij AWZI Dronten en Almere is dit het tegenovergestelde. Het aantal spoelingen per dag bij filtratiesnelheden tussen 11 en $13 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$ ligt voor Dronten en Almere tussen de 2,5 en 6,5 spoelingen per dag. De spreiding waarbinnen de spoelingen zijn gemeten op Harderwijk ligt ook binnen deze range. Bij verhoging van de filtratiesnelheid neemt het aantal spoelingen per dag toe tot circa 7 tot 10. De gemeten spreiding voor Almere en Dronten ligt op 3 tot 10. Hoewel de spreiding bij Almere en Dronten groter is, kan geconcludeerd worden dat het aantal spoelingen per dag redelijkerwijze met elkaar overeen komt.

7.4 STANDTIJDEN VERSUS WATERKWALITEIT

De waterkwaliteit van het influent en effluent tijdens de meetperiode op AWZI Dronten en Almere zijn 9 maal bepaald. Bij de filtratietesten en waterkwaliteiten zijn de verwijderingrendementen van fosfaat, de drukopbouw in het filter en de standtijden van het filter gelijk. Op RWZI Land van Cuijk zijn geen waterkwaliteitmetingen uitgevoerd. De drukopbouw in het filter en de standtijden van het filter liggen daarentegen wel in lijn met de meetperiode van AWZI Dronten en Almere.

Op rwzi Harderwijk zijn diverse waterkwaliteitmetingen uitgevoerd. De filtratiesnelheid ligt in deze testperiode veelal hoger en de filterhoogte is ook afwijkend. Om deze reden is een vergelijking lastig te maken. Wel kan gezegd worden dat de verwijdering eveneens plaatsvindt in de bovenste laag van het filter en dat het verwijderingrendement in lijn ligt met de verwijderingrendementen van de meetperiodes op de hiervoor beschreven locaties.

8

TOEPASBAARHEID

8.1 INLEIDING

Het gebruik van het standaard filtratietest leidt tot een duidelijk inzicht in standtijd en drukopbouw over een zandfilter met praktijkinfluent. Indien geen vlokmiddelen gebruikt worden heeft dit op AWZI Dronten en AWZI Almere niet geleid tot significante drukopbouw over het filter in de bandbreedte van filtratiesnelheden die getest zijn. Na een lange looptijd ontstaat een geleidelijke doorslag van vaste stof in het filtraat. Naar verwachting geldt dit voor het merendeel van de rwzi's in Nederland.

Uit de ervaring die is opgedaan in de onderzoeken is een aantal belangrijke bevindingen gemaakt met betrekking tot de toepasbaarheid van de Standaard Filtratietest. Hieronder worden deze toegelicht.

8.2 INZICHT IN FUNCTIONEREN VAN BESTAANDE FILTERS

Het uitvoeren van een proef met de standaard filtratietest geeft het bedienend personeel inzicht in de bedienings- en onderhoudsinspanning. Tevens wordt de gevoeligheid van het filtratieproces voor verandering in procesomstandigheden duidelijk. Hiermee wordt een betere technische en economische bedrijfsvoering van de filtratie verkregen.

Het algemene kennisniveau zowel van technologen als operators binnen de bedrijfstak wordt op een hoger plan gebracht en de aandacht voor dit proces wordt ingebed in de bedrijfsvoering.

8.3 ONTWERPTRAJECTEN

Waterschappen kunnen de standaard filtratietest gebruiken om te bepalen óf een zandfilter een oplossing biedt voor hun afvalwaterbehandeling. Door met de ontwerpparameters te variëren kunnen zij vaststellen of hun effluent geschikt is voor een dergelijke oplossing. Het toepassen van de kennis is een hulpmiddel bij de implementatie van de KRW. Hiermee kan bijvoorbeeld worden bepaald tot welke concentraties een effluent gezuiverd kan worden.

8.4 AANBESTEDINGEN

Bij aanbestedingen kan, mits daar rekening mee is gehouden in de planning, de standaard filtratietest worden gebruikt om te verifiëren of de aangeboden variant voldoende goed resultaat zal opleveren. Door de standaard filtratietest op te bouwen als de voorgestelde variant, kan met effluent uit de nabezinktanks op voorhand worden geverifieerd of deze variant de beoogde resultaten zal bereiken.

Bij Design & Construct contracten is het verstandig om grenzen te stellen aan de ontwerpgrondslagen voor de aan te bieden filters. Het filtratieproces is voor de verschillende uitvoeringsvormen niet fundamenteel verschillend. Met behulp van de standaard filtratietest kunnen gerichte ontwerpgrondslagen worden vastgelegd, waarop de aannemers hun ontwerpen kunnen uitwerken.

Onenigheid tussen Waterschap en aannemer kan worden voorkomen, dan wel gemakkelijker opgelost.

9

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

9.1 CONCLUSIES

Uit de ervaring die is opgedaan uit het onderzoek kunnen een aantal generalisaties worden gedestilleerd.

- De inzet van de standaard filtratietest kan tot een duidelijk inzicht in de standtijden leiden. Voorwaarde is wel dat er voldoende metingen uitgevoerd worden.
- Indien geen vlokmiddelen gebruikt worden leidt dit in Dronten en Almere, en naar verwachting voor het merendeel van de rwzi's in Nederland, niet tot significante drukopbouw over het filter. Dit leidt uiteindelijk tot doorslag van vaste stof naar het filtraat.
- Het uitvoeren van een proef met het proeffilter geeft het bedienend personeel duidelijk inzicht in de bedienings- en onderhoudsinspanning. Tevens wordt hiermee de gevoeligheid van het filtratieproces voor verandering in procesomstandigheden duidelijk.
- Om de effectieve filtratiecapaciteit van een zandfilter met vlokmiddeldosering op een acceptabel niveau te houden bevelen wij aan de filtratiesnelheid niet boven de 10 m/h te kiezen.
- Het filtratieproces is voor de verschillende uitvoeringsvormen niet fundamenteel verschillend. Het filtratieresultaat zal bij gelijke ontwerpgrondslagen tot een vergelijkbaar resultaat leiden.
- De standaard filtratie test is een goede methode om risico's te beperken, aanbevolen wordt om voorafgaand aan een aanbesteding onderzoek met de standaard filtratietest te doen.

9.2 AANBEVELINGEN

9.2.1 STANDAARD FILTRATIE TEST

- De filtratiekolom bevat (slechts) één nozzle in de bodem. Bij terugspoeling blijkt dat onderin de kolom een dode zone ontstaat waarvan het zand niet wordt opgewoeld (zowel tijdens lucht- als waterspoeling). Uitbreiding van het aantal nozzles verdient dus aanbeveling. Tevens kunnen de nozzles ingebed worden in een laagje filtergrind om slijtage te vertragen.
- Het functioneren van de filterkolom is sterk gerelateerd aan het functioneren van de beschouwde praktijk installatie, voornamelijk wat betreft de aanvoer van het voedingswater. De beschikbaarheid van voedingswater is in de praktijk niet altijd gegarandeerd. Een droogloopbeveiliging op de aanvoerpomp is dan ook een vereiste om schade te voorkomen.
- De vlokvorming is een cruciaal onderdeel van het filtratieproces. Echter, deze parameter is in de filterkolom met oplopende bovenwaterstand moeilijk te beïnvloeden. Om beter inzicht te krijgen van de invloed van het vlokingsproces op het filtratieproces zou het mogelijk moeten zijn om dit proces te kunnen sturen/regelen.

- Het functioneren van het filtratieproces is een wisselwerking tussen de looptijd (drukopbouw) van het filter en de filtraatkwaliteit gedurende een filtratiecyclus (doorslag gedurende de filtratierun). In de huidige configuratie van de kolom wordt enkel continue (online) informatie gelogd over de drukopbouw in het filter en niet over de filtraatkwaliteit. Tijdens een onderzoek moet de kwaliteitsmeting een hoge prioriteit krijgen.
- Voor een representatieve proefperiode zijn er minimaal 500 metingen nodig. Bij deze frequentie is de spreiding tussen de metingen acceptabel. Bij gemiddeld 4 spoelingen per dag bedraagt de tijdsduur van de proefperiode per filtratiesnelheid circa 125 dagen. In dit tijdsbestek wordt de standaard filtratietest ook onderworpen aan eventuele fluctuaties in waterkwaliteit in het influent van het filter.

9.2.2 MODELLERING

- Het fysisch chemisch filtratieproces is goed te modelleren; eerste vingeroefeningen met Stimela (TU Delft) laten zien dat dit toegevoegde waarde kan bieden, aanvullend op de standaard filtratietest.
- Voorgesteld wordt om de modellering ter hand te nemen op basis het verzamelen van datasets van bestaande praktijkinstallaties in Nederland (bijvoorbeeld: Kaatsheuvel, Steenwijk, Harderwijk etc.) om daarmee een praktisch instrument te maken voor procesontwerpen en -optimalisaties.

BIJLAGE 1

ZANDBEDFILTRATIE

BESCHRIJVING EN THEORIE VAN ZANDBEDFILTRATIE

[bron: STOWA 2006-21 FILTRATIETECHNIEKEN RWZI'S]

Bij zandbedfiltratie worden de deeltjes >1 tot $1,5 \mu\text{m}$ verwijderd uit de waterfase terwijl het water door poriën tussen de mediumdeeltjes stroomt. Processen als zeefwerking, sedimentatie, adhesie, fysisch/chemische adsorptie en biologische activiteit kunnen hieraan ten grondslag liggen.

Belangrijk onderscheidend kenmerk bij filtratie is de filtratiesnelheid, ook wel filtersnelheid, hydraulische belasting of oppervlaktebelasting van een filter genoemd. Bij zandbedfiltratie ligt de snelheid waarmee het water door het filterbed gaat meestal tussen de 5 en $30 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (= m/h). Voor filters die stikstof en/of fosfaat verwijderen is het maximum normaliter 20 m/h .

Er zijn verschillende typen of uitvoeringsvormen van bedfiltratie als nageschakelde techniek beschikbaar, die ieder een eigen doel en werking hebben. Snelle zandfiltratie is de meest voorkomende vorm van filtratie. Het filterbed bestaat uit zandkorrels met diameters tussen de $0,5$ en 5 à 6 mm . Er zijn zowel neerwaarts als opwaartse doorstroomde filters. Het neerwaarts doorstroomde filter is veelal als discontinu filter uitgevoerd, waarbij het filter periodiek van beneden naar boven wordt gespoeld en waar bij de ingevangen verontreinigingen worden verwijderd. Het opwaarts doorstroomde filter is vaak uitgevoerd als continu filter waar een continue spoeling van een deel van het filtermedium plaatsvindt, waardoor het filter niet uit bedrijf hoeft te worden genomen en er geen sprake is van een loop- en spoeltijd.

Verscheidenheid in filters ontstaat ook door het toegepaste filtermedium. In een enkellaagsfilter wordt veelal zand toegepast. In multimedia- of meerlaagsfilters is dit meestal een combinatie van antraciet (grove fractie) en zand (fijne fractie). De verscheidenheid in het type en grootte van het filtermateriaal en de opbouw daarvan in het filter heeft invloed op de werking en bedrijfsvoering van het filter. Eigenschappen zoals korrelgrootte, uniformiteit, poriegrootte en adsorptiecapaciteit van het filtermateriaal spelen daarbij een rol.

Met een multimedia-filter kan met een fijne en een grove fractie een hoog afscheidingrendement met een groot vuilbergend vermogen worden gecombineerd.

Twee belangrijke fenomenen bij filtratie in relatie tot het filtermateriaal zijn koekfiltratie en diepfiltratie. Bij koekfiltratie zal door toepassing van (te) fijn filtermateriaal bijna alle vervuiling worden afgevangen in het bovenste deel van het filter. Tegenover de (sterke) weerstandverhoging en daarmee verkorting van de looptijd staat dat juist hele kleine deeltjes goed worden afgevangen.

Bij diepfiltratie wordt de vervuiling gelijkmatig over het filterbed afgevangen. De poriën van het filter verstopen niet snel en wanneer het vuilfront de onderkant van het discontinu filter bereikt, dient met terugspoelen begonnen te worden.

Biologische verwijdering van stikstofcomponenten door nitrificatie en/of denitrificatie is een belangrijk proces dat met filtratie als nageschakelde techniek kan worden gecombineerd. De benodigde biomassa is in de regel aanwezig als biofilm in een bed met korrels tot enkele millimeters doorsnede. Bij nitrificatie wordt de ingaande waterstroom van zuurstof voorzien; bij denitrificatie wordt een koolstofbron toegevoegd. Een gebruikelijk uitvoering van nitraatverwijdering in een nageschakeld filter is het opwaarts doorstroomde continue filter. Het ligt in de verwachting dat in het hoofdproces, het actiefslibstelsysteem, voorrang wordt gegeven aan een zo volledig mogelijke nitrificatie, zodat de nabehandeling zich slechts op nitraatverwijdering hoeft te richten.

Nageschakelde filtratie voor deeltjesverwijdering wordt vaak gecombineerd met precipitatie en coagulatie/flocculatie (vlokvorming) waarbij aan het water ijzer- of aluminiumzouten worden toegediend, waardoor verontreinigingen, bijvoorbeeld fosfaat, binden in de vorm van een neerslag, die vervolgens wordt verwijderd.

Wanneer de filtraatkwaliteit te laag wordt of wanneer de bedweerstand te hoog wordt, zal een discontinue filter teruggespoeld worden met lucht en/of water. Bij een continue filter zal de spoelintensiteit worden geïntensiveerd door de continu onttrekking en wassing van vervuild zand te laten toenemen. Spoelwater is bij beide filtersystemen in principe filtraat. In tegenstelling tot continue filtratie is bij discontinue filtratie een spoelwaterreservoir noodzakelijk. Bij continue filtratie is wel een grotere spoelwaterhoeveelheid benodigd.

In de afvalwaterbehandeling kan het spoelwater, dat een veel hogere vervuilingsgraad heeft dan de afloop van de nabezinktank, in het algemeen in het hoofdproces; de waterlijn, worden teruggeleid, eventueel via een spoelwaterreservoir.

Voor de terugvoer komen diverse plaatsen in de waterlijn in aanmerking, zoals het ontvangstwerk, de voorbezinktanks, de toevoer of afloop van de actiefslibtanks. Diverse overwegingen spelen hierbij een rol.

Voor alle plaatsen geldt dat de hydraulische belasting van het nabezinkproces wordt verhoogd. Dit kan bij maximale aanvoeromstandigheden leiden tot een (hydraulische) overbelasting van de waterlijn.

BIJLAGE 2

BEMONSTERING STATEN AWZI DRONTEN

Bemonsteringsstaten proef opstelling zandfiltratie AWZI Dronten (PO4-totaal)

Datum	tijd	influent	effluent	pt-01	pt-02	pt-03	pt-04	pt-05	pt-06	pt-07	pt-08	pt-09	verw. rend.
7-11-2007	09.20	1,28	0,53										58,6
7-11-2007	10.55	1,28	0,369		influent = bestaande monsterkast effluent								71
7-11-2007	12.40	2,38	0,338										85,8
7-11-2007	14.10	1,53	0,655		effluent = pt-08 op het zandfilter								57
7-11-2007	15.55	2,34	0,545										76,7
14-11-2007	10.45	3,87	2,61										32,5
14-11-2007	11.50	3,71	1,22										67,1
14-11-2007	13.40	2,66	0,692										74,7
14-11-2007	15.05	2,13	0,48										77,5
14-11-2007	16.30	2,03	0,463										77,2
22-11-2007	07.25	3,41	1,62										52,5
22-11-2007	08.53	3,31	1,18		kortere looptijd zandfilter ivm vlokken uitspoeling flocculator								64,3
22-11-2007	10.54	3,51	1,5										57,2
27-11-2007	08.55	3,93						2,54	1,70	3,42	1,21	0,91	76,8
27-11-2007	10.55	3,39						2,90	1,52	1,63	1,02	0,894	73,6
27-11-2007	13.35	3,63						2,95	2,08	1,31	0,943	0,896	75,3
27-11-2007	15.05	3,68						3,21	2,97	2,39	1,52	1,06	71,2
27-11-2007	16.50	3,65						2,17	2,22	1,91	1,54	1,22	66,5
!!!!!! Al deze waarden, die hierboven staan, zijn PO4 totaal waarden en niet PO4-P waarden !!!!! Hieronder staan wel PO4-P waarden.													
6-12-2007	11.45	0,792						3,29	0,75	2,58	0,362	0,181	
6-12-2007	13.00	0,831						2,01	0,694	0,086	0,097	0,083	
6-12-2007	14.10	0,871						1,77	1,16	0,226	0,161	0,105	
6-12-2007	16.05	1,49						0,412	0,678	0,271	0,334	0,207	
11-2-2008	09.22	0,911						5,22	3,5	0,359	0,316	0,253	
11-2-2008	10.42	0,874						0,514	0,863	0,411	0,201	0,203	
11-2-2008	12.07	0,886						0,441	0,229	0,493	0,227	0,157	
11-2-2008	13.28	0,898						0,15	0,25	0,323	0,236	0,2	
11-2-2008	14.52	0,911						0,399	0,432	0,143	0,204	0,294	

Opmerking: waarden zijn in mg/l

BIJLAGE 3

BEMONSTERING STATEN AWZI ALMERE

Bemonsteringsstaten proef opstelling zandfiltratie AWZI Almere (PO4-P)

Datum	tijd	influent	effluent	pt-01	pt-02	pt-03	pt-04	pt-05	pt-06	pt-07	pt-08	pt-09	verw. rend.
5-6-2008	10.07	0,967	0,144		influent = bestaande monstercast effluent								85,1%
5-6-2008	11.02	0,968	0,189										81,1%
5-6-2008	12.00	1,14	0,177		effluent = pt-08 op het zandfilter								84,5%
5-6-2008	13.09	0,99	0,171										82,7%
5-6-2008	13.58	1,02	0,17		verwijderings rendement = influent t.o.v. pt-08								83,3%
23-7-2008	09.00	0,457						2,16	0,091	0,166	0,083	0,079	81,8%
23-7-2008	10.08	0,423						0,162	0,11	0,059	0,061	0,111	85,6%
23-7-2008	11.55	0,417						0,093	0,104	0,076	0,078	0,072	81,3%
23-7-2008	13.43	0,446						0,221	0,094	0,072	0,092	0,085	79,4%
23-7-2008	15.08	0,412						1,86	0,113	0,096	0,053	0,049	87,1%
14-8-2008	9:00	0,418						0,084	0,103	0,091	0,106	0,079	74,64
14-8-2008	10:30	0,354						0,069	0,071	0,079	0,065	0,061	81,64
14-8-2008	11:30	0,377						0,058	0,074	0,059	0,062	0,051	83,55
14-8-2008	12:30	0,422						0,083	0,084	0,062	0,062	0,059	85,31
14-8-2008	13:30	0,461						0,057	0,07	0,051	0,069	0,056	85,03

Opmerking: waarden zijn in mg/l

