



## Geschiktheid Integrated Permeate Channel (IPC) membranen voor de behandeling van filterterugspoelwater

**BTO2011.102(s)**  
**September 2011**



Watercycle Research Institute

# Geshiktheid Integrated Permeate Channel (IPC) membranen voor de behandeling van filterterugspoelwater

**BTO2011.102(s)**  
**September 2011**

© 2011 KWR

Alle rechten voorbehouden.

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



# Colofon

**Titel**

Geschiktheid Integrated Permeate Channel (IPC) membranen voor de behandeling van filterterugspoelwater

**Opdrachtnummer**

B111577-009

**Onderzoeksprogramma**

BTO Waterbehandeling

**Projectmanager**

Jan Post/Dirk Vries

**Opdrachtgever**

CvO

**Kwaliteitsborger**

Maarten Nederlof

**Auteurs**

Danny Harmsen, Bas Hof, Emile Cornelissen

**Verzonden aan**

Dit rapport is selectief verspreid onder medewerkers van BTO-participanten en is verder niet openbaar.



# Inhoud

<b>Inhoud</b>		<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>3</b>
1.1	Achtergrond/aanleiding	3
1.2	Doel	4
<b>2</b>	<b>Materialen en methoden</b>	<b>5</b>
2.1	IPC test opstelling	5
2.2	Membranen	6
2.3	Experimentele set-up	6
2.4	Analyses	7
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b>	<b>9</b>
3.1	Resultaten MF membraan	9
3.2	Resultaten UF membraan	10
3.3	Discussie	11
<b>4</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>
4.1	Conclusies	13
4.2	Aanbevelingen	13
<b>Literatuur</b>		<b>15</b>
I	Kalibratie debietmeter	17
II	Debiet en druk registratie tijdens de IPC testen	19
III	Foto's IPC testen	21

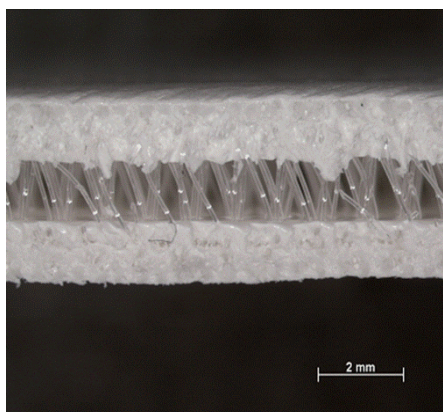


# 1 Introductie

## 1.1 Achtergrond/aanleiding

Membranen worden steeds meer toegepast bij de zuivering van afvalwater in zogenaamde membraan bioreactoren (MBR). Vergeleken met conventionele afvalwaterbehandeling, is de waterkwaliteit van MBR effluent beter en de footprint van de zuivering kleiner. De membranen die worden gebruikt in MBRs hebben verschillende configuraties, zoals holle vezels, capillaire membranen en vlakke plaat membranen. De gebruikte membranen zijn meestal MF of UF membranen. Vervuiling van de membranen door de het actieve slib in de MBR is een van de grootste problemen van de MBR technologie. Daardoor zijn de membraanfluxen relatief laag en de kosten hoger dan conventionele afvalwaterbehandelingstechnieken (althans voor huishoudelijk afvalwater).

De huidige vlakke membranen die worden gebruikt in membraan bioreactoren bestaan uit meerdere lagen (bv. membraan, spacer en support). De maximale terugspoeldruk wordt onder andere bepaald door de structurele integriteit van de membranen. Bij de huidige membranen is de maximale terugspoeldruk vaak beperkt. De beperkte hechting van de membraanlagen aan de ondersteunende laag zorgt ervoor dat de terugspoeling gelimiteerd is tot een bepaalde druk, bijvoorbeeld 0,15 bar voor de gelamineerde MBR membranen (Bio-Cel) van Microdyn-Nadir (volgens informatie van het bedrijf zelf).



*Figuur 1 Een microscopische afbeelding van een IPC membraan*

Er is een nieuw membraan ontwikkeld door de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) en bij de start van het onderzoek vermarkt door AGFA Gevaert. Bij dit membraan, een zogenaamd 'Integrated Permeate Channel' (IPC) membraan, wordt het membraan als coating op beide zijden van een spacer aangebracht (zie Figuur 1). Het membraan wordt hierdoor verstevigd door de spacer, die door het productieproces onderdeel wordt van het membraan. Een prototype van dit type membraan met poriën van maximaal  $0,3 \mu\text{m}$  (MF) en een oppervlak van  $0,096 \text{ m}^2$ , liet in de eerste tests met actief slib (MLSS  $18,5 \text{ g/l}$ ) tot een flux  $35 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  een vergelijkbare performance zien als een Kubota A4 flat sheet membraan (gemeten met de kritische flux methode bepaald met stapsgewijze flux verhoging [Le Clech, Jefferson *et al.*, 2003]). Bij een flux van  $60 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  was de benodigde druk een factor 2,5 lager voor het nieuw ontwikkelde membraan ten opzichte van het Kubota membraan [Doyen, Mues *et al.*, 2010]. Terugspoelingstesten met siliconen olie (viscositeit 50 maal water) lieten zien dat pas bij een druk van 4,5 bar de membraanlaag van het nieuw ontwikkelde membraan van de spacer los begon te komen [Doyen, Mues *et al.*, 2010]. Dit membraan kan dus bij hogere druk worden teruggespoeld wat een voordelig effect heeft op de hydraulische reiniging van de membranen en een meer stabiele procesvoering oplevert.



Het is de bedoeling van dit project om te onderzoeken of het nieuwe IPC membraan (MF en UF) toepasbaar is voor processen in de drinkwaterzuivering, bijvoorbeeld voor directe behandeling van oppervlaktewater en behandeling van terugspoelwater van zandfilters. De bedrijfsvoering van deze membranen zullen worden vergeleken met meer conventionele UF/MF membranen [van Paassen *et al.*, 2009] in de drinkwaterzuivering. Op basis van de relatief grote poriën (0,3 µm) van het MF membraan wordt op voorhand verwacht dat de nieuwe IPC membranen onvoldoende verwijdering van diverse verontreinigingen (oa. deeltjes, virussen en bacteriën) zullen vertonen zonder gebruikmaking van extra technieken. Dit geldt ook voor de meer conventionele MF membranen, bij MF is de combinatie met coagulatie daarom vaak noodzakelijk om voldoende verwijdering van diverse verontreinigingen te verkrijgen. Voor het UF IPC membraan wordt een betere verwijdering van verontreinigingen verwacht. In de uitvoering beperkt het onderzoek zich tot testen op spoelwater van snelfilters.

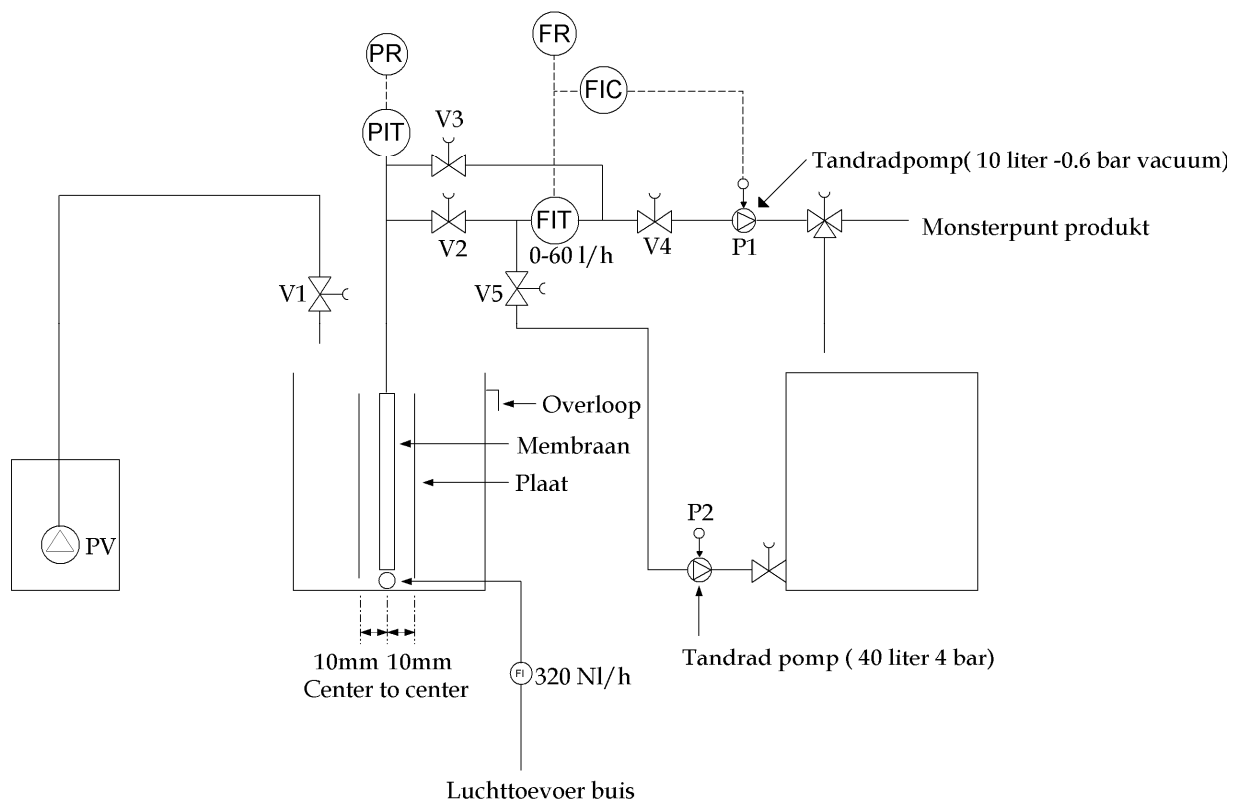
## **1.2 Doel**

Een verkennend onderzoek naar de toepasbaarheid van de nieuwe (IPC) membranen voor terugspoelwater-behandeling. Gebruik makend van een prototype MF en UF (IPC) membraan.

## 2 Materialen en methoden

### 2.1 IPC test opstelling

Voor het uitvoeren van het onderzoek is een nieuwe membraan opstelling gebruikt. Deze opstelling is speciaal voor de uit te voeren testen ontworpen door de afdeling installatiebouw van KWR. De opstelling is schematisch weergegeven in Figuur 2. Tevens is een foto van de installatie te zien in bijlage III Figuur 7.



Figuur 2 Schematische weergave IPC opstelling

Het te testen water wordt vanuit een tank, inclusief roerder, via een dompelpomp (PV, Barwig dompelpomp type 03, 12 l/min) in een transparante perspex bak gebracht. De dompelpomp is zo ingesteld dat het voedingsdebiet nagenoeg hetzelfde is als het productdebiet (tijdens uitgevoerde testen 10 l/uur). Het membraan bevindt zich in het midden van de bak (inhoud ongeveer 50 liter). Er bevindt zich een overstort in de bak om overtollig testwater te verwijderen. Aan beide zijden van het membraan op een afstand van 10 mm zijn schotten geplaatst. Deze schotten zijn geplaatst om een membraan configuratie te simuleren die wordt toegepast bij ondergedompelde plate and frame membraansystemen (hierbij worden meerdere membranen naast elkaar gebruikt). Het is mogelijk om het membraan van onderuit te beluchten. De afstand tussen de luchtbus en de onderkant van het membraan is 15 cm. Het luchtdebiet wordt gemeten met behulp van een luchtdebietmeter (Henrichs, KDI-1/4" NPT, 0-0,32 Nm<sup>3</sup>/h). Het te testen water wordt door het membraan gezogen via een tandradpomp (P1, Heukelom tandradpomp 0,11 ml/omw) aan de productzijde van het membraan. Het product wordt vervolgens opgevangen in een vat. Voor het vat bevindt zich een driewegkraan die het mogelijk maakt om het product in een apart monstervat op te vangen. Voor terugspoelen van het membraan wordt het productwater gebruikt. Het water wordt teruggespoeld met behulp van een terugspoelpomp (P2,

Heukelom tandradpomp 0,68 ml/omw). Aan de productzijde van het membraan bevindt zich een drukmeter (E&H CerabarT PMC131, -1 – 9 bar) en een debietmeter (Tecfluid M21 0-60 l/h). Tijdens filtratietesten is de dompelpomp altijd in gebruik. Deze wordt tijdens testen, indien nodig, bijgesteld zodat het niveau in de bak gelijk blijft. Tijdens de productie van het membraan is pomp P1 in gebruik en zijn de kleppen V2 en V4 open (zie Figuur 1). V3 en V5 staan dicht. Tijdens de terugspoeling is pomp P2 in gebruik en zijn de kleppen V3 en V5 open. V2 en V4 staan dicht. Het product- en terugspoel debiet en de druk na het membraan worden gelogd (1x per minuut) met behulp van een datalogger (Phoenix ILC 170).

## 2.2 Membranen

Tijdens de in dit rapport beschreven testen zijn er 2 prototype membranen getest van AGFA Gevaert. Het gaat om A4 testmodules. Er is 1 microfiltratie (MF) en 1 ultrafiltratie (UF) module getest.

MF module:

MF5300 (1) (220710VDS92001PVP) met een gemiddelde poriegrootte van 0,2  $\mu\text{m}$ , een porositeit van 25% en een membraan oppervlakte van 0,09  $\text{m}^2$ . Reinwaterpermeabiliteit is 5300  $\text{l}/\text{m}^2 \cdot \text{uur} \cdot \text{bar}$ .

UF module:

UF960 (3) (220710VDS92001UF PES) met een gemiddelde poriegrootte van 0,05  $\mu\text{m}$ , een porositeit van 25% en een membraan oppervlakte van 0,09  $\text{m}^2$ . Reinwaterpermeabiliteit is 960  $\text{l}/\text{m}^2 \cdot \text{uur} \cdot \text{bar}$ .

## 2.3 Experimentele set-up

De testen zijn uitgevoerd met het terugspoelwater van de snelfilters van Pb. Spannenburg (Vitens). Het water is in een RVS tank (600 l) vanuit Spannenburg richting KWR getransporteerd. De testen zijn met dezelfde batch water op 2 opeenvolgende dagen uitgevoerd. In de periode tussen de testen in werd het water continu geroerd en bewaard bij omgevingstemperatuur ( $\pm 15\text{-}20\text{ }^\circ\text{C}$ ). Tijdens de testen zijn er twee type membranen getest (zie 2.2 voor de specificaties). Ieder membraan is gedurende 6 uur getest, de testcondities zijn beschreven in Tabel 1.

Voordat de membranen in de installatie werden geplaatst, werden deze, gedurende enkele minuten, gespoeld met gefiltreerd (van Borselen, 1  $\mu\text{m}$  meltblown filters) drinkwater Nieuwegein. Vervolgens is het membraan in de opstelling geplaatst en aangesloten. Daarna werd de opstelling gevuld met het terugspoelwater en werd de beluchting (0,125  $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) gestart. Nadat de opstelling was gevuld met spoelwater is de test gestart. Tijdens filtratie en terugspoeling vindt er beluchting plaats. Verder wordt de tank met het terugspoelwater van Pb. Spannenburg continu geroerd (180 rpm). Testen vonden plaats onder de volgende condities (Tabel 1). In bijlage III, Figuur 9 is te zien hoe de bak wordt gevuld tijdens de test met de UF module. Hierbij werd gestuurd op een constante flux door de membranen (druk loopt op, versus constante druk mode waarbij flux daalt).

Tabel 1 Condities tijdens IPC testen

test	Membraan	Cyclus						aantal cyclus
		Productie			terugspoeling			
		debiet $\text{l}/\text{uur}$	duur min	Beluchting $\text{Nm}^3/\text{h}$	debiet $\text{l}/\text{uur}$	duur seconde	beluchting $\text{Nm}^3/\text{h}$	
1	1	10	60	0,125	30*	30	0,125	6
2	2	10	60	0,125	30*	30	0,125	6

\* Dit komt overeen met een flux van 111  $\text{l}/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$  (oppervlakte membraan is 0,09  $\text{m}^2$ ).

De drukopbouw en het productdebiet zijn gedurende de test geregistreerd met behulp van een data logger (frequentie 1x per minuut). Verder is tijdens de terugspoeling de druk handmatig geregistreerd.

## 2.4 Analyses

Alle analyses zijn uitgevoerd door het LMC lab van KWR volgens standaard procedures. De volgende analyses zijn uitgevoerd voor iedere test.

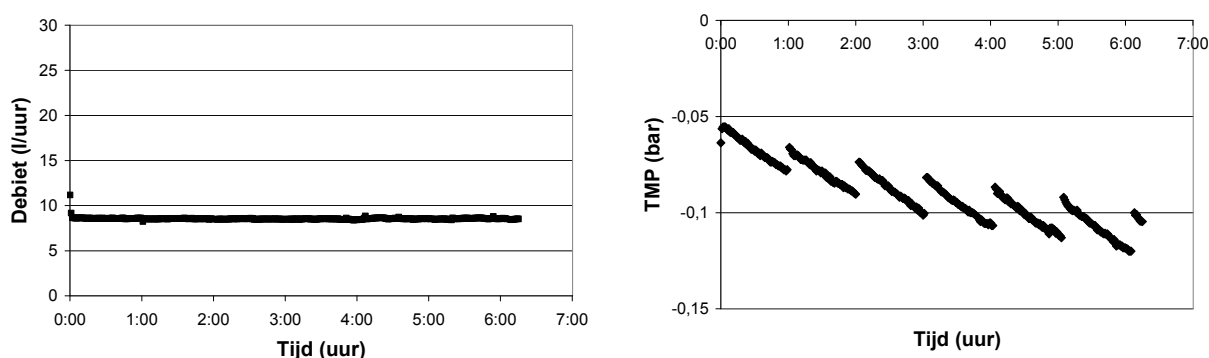
Fe (totaal), troebelingsgraad, en TOC. Er werden 3 monsters genomen van het testwater in de membraanopstelling (in de perspex bak) en 3 monsters van het product. In totaal gaat het om 12 monsters (6 voor de testen met het MF membraan en 6 voor het UF membraan) voor Fe (totaal), troebelingsgraad, en TOC. Voor het monster van het testwater is er aan het begin, in het midden en aan het eind van een cyclus een monster genomen en van de 3 monsters is een mengmonster gemaakt. Het permeaat is gedurende 1 hele filtratiecyclus opgevangen en hiervan werd een monster genomen. Monsternamen vond plaats in de 2<sup>de</sup>, 4<sup>de</sup> en 6<sup>de</sup> cyclus.. Tevens is de temperatuur van de voeding op gezette tijden gemeten.



# 3 Resultaten en discussie

## 3.1 Resultaten MF membraan

Het MF membraan is gedurende 6 uur getest (6 cycli). Om het uur vond er gedurende 30 seconde een terugspoeling plaats (zie paragraaf 2.3 voor alle instellingen). Om te checken of de debietmeter het juiste debiet aangaf is de debietmeter gekalibreerd. De kalibratie is beschreven in bijlage I. Er bleek een systematische afwijking in de debietmeter te zitten van 13,2%, hiervoor zijn alle resultaten (MF en UF) na afloop van de metingen gecorrigeerd. De drukmeter is niet gecheckt omdat dit technisch niet mogelijk was. Aangezien de drukmeter direct van de fabrikant kwam en deze de drukmeter ook heeft gecheckt en gekalibreerd is er aangenomen dat de meter de juiste waarde aangeeft. Het geregistreerde debiet en de transmembraandruk (TMP) tijdens productie zijn weergegeven in Figuur 3. In bijlage II, Figuur 5 zijn debiet en de TMP weergegeven gedurende de gehele test. Tijdens de testen was het gemiddelde debiet 8,6 l/uur. Dit komt overeen met een flux van  $95 \text{ l/m}^2 \cdot \text{uur}$ . De temperatuur tijdens de testen was  $14,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Het gemiddelde terugspoeldebiet was 29,6 l/h waarbij de gemiddelde druk 0,23 bar was (gebaseerd op 6 waarnemingen). Na de test bevond zich over het gehele membraanoppervlak een roodbruine afzetting/slurrie die makkelijk te verwijderen was met behulp van water en/of een doekje. Een foto van de MF module na de test is te zien in bijlage III, Figuur 8.



Figuur 3: Debiet en TMP tijdens productie bij test met MF membraan

Op basis van de TMP registratie (Figuur 3) kan worden geconcludeerd dat er geen sprake was van een stabiele bedrijfsvoering. Zoals verwacht neemt de TMP af naar mate er langer wordt geproduceerd. Na een terugspoeling komt de TMP niet terug op zijn oude waarde van het begin van de productie in de vorige cyclus. Dit duidt op toenemende vervuiling van de membranen. Aangezien de uitgevoerde test van korte duur is valt er niets te zeggen over de mate van vervuiling op langere termijn en of deze blijvend is. Wel kan er worden gesteld dat er geen sprake is van een stabiele bedrijfsvoering onder de geteste condities. Om te kijken of een stabiele bedrijfsvoering mogelijk is, is aanvullend onderzoek nodig. Er kan worden gekeken naar hogere terugspoelsnelheden, de maximale druk van 4 bar is namelijk nog lang niet bereikt, een lagere flux of de mogelijkheid van het voorbehandelen van het testwater. Hiermee wordt het nieuw ontwikkelde membraan minder aantrekkelijk ten opzichte van reeds bestaande systemen.

De voeding en het product na MF is geanalyseerd, op troebelingsgraad, TOC en ijzer, op verschillende momenten tijdens de test met de MF module. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2. Met behulp van de resultaten is de verwijdering door de MF module berekend (zie Tabel 2).

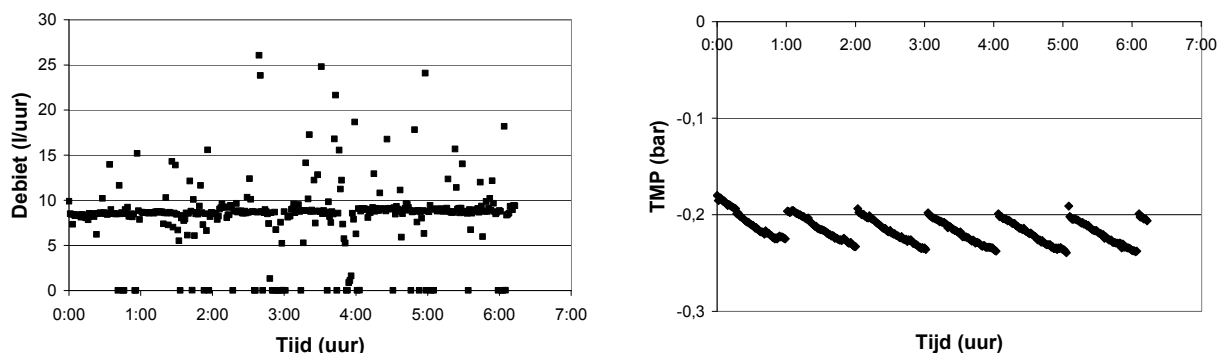
Tabel 2: Analyse resultaten en verwijdering MF module test

	troebelingsgraad			TOC			ijzer totaal		
	voeding		product verwijdering	voeding		product verwijdering	voeding		product verwijdering
	FNE	FNE	%	FNE	FNE	%	FNE	FNE	%
2 <sup>de</sup> cyclus	580	0,36	99,94	23	17	26,1	81	0,04	99,95
4 <sup>de</sup> cyclus	650	0,1	99,98	25	12	52,0	95	0,03	99,97
6 <sup>de</sup> cyclus	715	0,37	99,95	12	9,4	21,7	100	0,12	99,88

Gebruik makend van de MF module vindt er gedurende de geteste periode een verlaging van de troebelheid van 99,9% plaat. Ook wordt ijzer voor 99,9% verwijderd. Gemiddeld wordt 33% ± 16% van de TOC verwijderd. Bij TOC wordt overigens geen significante verwijdering van TOC verwacht, blijkbaar is een deel van het TOC gebonden aan deeltjes.

### 3.2 Resultaten UF membraan

Ook het UF membraan is gedurende 6 uur getest (6 cycli). Om het uur vond er gedurende 30 seconde een terugspoeling plaats (zie paragraaf 2.3 voor de instellingen). Het geregistreerd debiet en de TMP tijdens productie zijn weergegeven in Figuur 4. In bijlage II, Figuur 6 zijn het debiet en de TMP weergegeven gedurende de gehele test. Tijdens de testen was het gemiddelde debiet 8,3 l/uur. Dit komt overeen met een flux van 92 l/m<sup>2</sup> .uur. De temperatuur tijdens de testen was 16,9 °C. Het gemiddelde terugspoeldebiet was 26,2 l/h waarbij de gemiddelde druk 0,54 bar was (gebaseerd op 10 waarnemingen). Na de test bevond op verschillende plekken van membraanoppervlak een roodbruine afzetting/ slurrige die, net als bij de MF module, makkelijk te verwijderen was met behulp van water en/of een doekje. Foto's van beide zijden van de UF module na de test zijn te zien in bijlage III, Figuur 10.



Figuur 4 Debiet en TMP tijdens productie bij test met UF membraan

Gedurende de test was het debiet niet stabiel. Gedurende de gehele tijd fluctueerde het debiet waarschijnlijk als gevolg van de luchttoevoer richting het membraan. Wel werd het vooraf gestelde debiet gemiddeld gehaald. Het was niet mogelijk om het debiet probleem tijdens de test op te lossen. De TMP registratie werd niet beïnvloed door de fluctuaties van het debiet. Op basis van de TMP registratie (Figuur 4) kan worden geconcludeerd dat de er wel sprake was van een stabiele bedrijfsvoering. Net als bij de test met de MF module neemt de TMP af naar mate er langer wordt geproduceerd. Echter na een terugspoeling komt de TMP terug op zijn oude waarde van begin productie vorige cyclus. Het lijkt erop dat er geen blijvende vervuiling op het membraan achterblijft onder de geteste condities. Aangezien de uitgevoerde testen van korte duur waren valt er niets te zeggen over de mate van blijvende vervuiling voor beide membraanmodules onder praktijkomstandigheden, hiervoor zijn testen nodig gedurende langere tijd waarbij ook membraanreinigingen worden meegenomen. De voeding en het product na UF is geanalyseerd op troebelingsgraad, TOC en ijzer, op verschillende momenten tijdens de test met de UF module. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3. Met behulp van de resultaten is de verwijdering door de UF module berekend (zie Tabel 3).

Tabel 3 Analyse resultaten UF module test

	troebelingsgraad			TOC			ijzer totaal		
	voeding	product	verwijdering	voeding	product	verwijdering	voeding	product	verwijdering
	FNE	FNE	%	FNE	FNE	%	FNE	FNE	%
2 <sup>de</sup> cyclus	1480	0,12	99,99	48	32	33,3	210	0,05	99,98
4 <sup>de</sup> cyclus	1500	0,12	99,99	52	19	63,5	220	0,05	99,98
6 <sup>de</sup> cyclus	1670	< 0,10	99,99	54	16	70,4	235	0,03	99,99

Gebruik makend van de UF module vindt er gedurende de geteste periode een verlaging van de troebelheid van 99,9% plaats. Ook wordt ijzer voor 99,9% verwijderd. Gemiddeld wordt 56% ± 20% van de TOC verwijderd. Zoals verwacht wordt, vanwege de kleinere poriën, er meer verwijderd met het UF membraan dan met het MF membraan en is de productkwaliteit beter.

### 3.3 Discussie

Om een antwoord te krijgen op de vraag of de geteste membraanmodules geschikt zijn voor het toepassen van filterspoelwater-behandeling en/of oppervlaktewater behandeling, zijn de resultaten vergeleken met resultaten van eerder onderzoek door Vitens [van Paassen *et al.*, 2009]. Tijdens het onderzoek van Vitens zijn gedurende meer dan 3 maanden, 6 MF/UF membraansystemen getest op spoelwater van Pb. Wierden (Vitens). De gemiddelde samenstelling van het spoelwater is weergegeven in Tabel 4. De samenstelling van het spoelwater gebruikt tijdens de huidige testen had een andere samenstelling dan het water gebruikt tijdens het onderzoek door Vitens. Het spoelwater bevatte een 2 à 3x hogere concentratie aan ijzer en de troebelingsgraad was ook een factor 2-3 hoger (Tabel 2 en Tabel 3).

Tabel 4 Gemiddelde samenstelling spoelwater ps. Wierden [van Paassen *et al.*, 2009]

Troebelingsgraad	FNE	340
TOC	mg /l	10,9
IJzer	mg/l	65

Tijdens onderzoek uitgevoerd door Vitens is er gesteld dat de geteste membranen aan de volgende criteria moeten voldoen.

- Stabiele procescondities
- Logverwijdering bacteriën/virussen > 4
- Troebelingsgraad productwater < 0,1 FNE
- IJzergehalte productwater < 0,03 mg/l

Aangezien tijdens de IPC testen de logverwijdering van bacteriën/virussen niet is bepaald wordt deze niet verder meegenomen in de vergelijking van de resultaten.

Van de 6 geteste membranen door Vitens waren er 3 zogenaamde submerged membranen (1x MF (Kubota), 2x UF (Inge en Trisep (spiraSep membraan))). Deze membranen zijn qua bedrijfsvoering vergelijkbaar met de tijdens dit onderzoek geteste membranen. De flux tijdens de testen lag tussen de 35 – 55 l/m<sup>2</sup>\*h. Deze was beduidend lager dan de flux tijdens de IPC membraan testen (92 – 95 l/m<sup>2</sup>\*h). Verder zijn bij de testen van Vitens de membranen gedurende een langere tijd (3 maanden of langer) getest (inclusief (chemische) reiniging zoals voorgesteld door de leveranciers van de betreffende membranen) waardoor een beter inzicht wordt verkregen in de blijvende vervuiling. De 3, door Vitens geteste, membranen voldeden aan de gestelde eisen wat betreft troebelingsgraad en ijzerverwijdering. Kijkend na de resultaten van de IPC membranen is dit met name bij het MF- membraan niet het geval. Voor het MF membraan ligt de troebelheid tussen de 0,1 en 0,36 FNE, en het ijzergehalte tussen de 0,03 – 0,12 mg/l. Het UF membraan presteert beter maar voldoet ook niet helemaal aan de gestelde criteria.



Troebelingsgraad (<0,10 – 0,12 FNE), ijzergehalte (0,03 – 0,05 mg/l). Aangezien het te behandelende spoelwater tijdens de IPC testen 2 a 3x zo hoger concentraties aan ijzer en troebelingsgraad bevatten kan echter wel worden gesteld dat de verwijdering goed is (en waarschijnlijk vergelijkbaar met de door Vitens geteste membranen).

Wat betreft de bedrijfsvoering, tijdens de testen uitgevoerd door Vitens bleek dat er maar bij 1 membraan, namelijk het membraan van Inge, sprake was van een stabiele bedrijfsvoering. De andere twee membranen (Kubota en Trisep) voldeden niet aan de gestelde criteria. Dit was te wijten aan de installatie, niet aan de membranen. Ook tijdens de IPC testen waren er problemen met het bedienen van de installatie van, met name, de toepassing van het UF membraan. Tijdens de productie van de UF module was er een continue fluctuatie te zien in het debiet. Wel was de TMP stabiel waardoor er toch sprake was van een stabiele bedrijfsvoering van het membraan.

Kijkend naar de criteria opgesteld door Vitens kan worden vastgesteld dat met name het geteste MF membraan niet voldoet aan de eisen. De resultaten van het UF-membraan komen wel dicht in de buurt van deze eisen en zijn daarom hoopvol te noemen. Er dient bovendien te worden aangetekend dat de testen maar van korte duur waren en het niet mogelijk was de bedrijfsvoering te optimaliseren. Verder was het aangeboden spoelwater van zodanige samenstelling (hogere vuillast vergeleken met het spoelwater gebruikt tijdens het onderzoek door Vitens) dat wellicht mag worden gesteld dat de behaalde verwijdering (> 99,9% voor troebelheid en ijzer) van het UF membraan een voldoende signaal is voor het goed functioneren van het membraan.

# 4 Conclusies en aanbevelingen

## 4.1 Conclusies

- Op basis van de TMP registratie kan worden geconcludeerd dat de er sprake was van een stabiele bedrijfsvoering bij de test met de MF module. Bovendien voldeed de verwijdering van verontreinigingen niet aan de criteria opgesteld door Vitens. Daarmee is het MF IPC membraan onder de huidige condities niet geschikt als alternatief voor bestaande MF systemen op spoelwater.
- Op basis van de TMP registratie kan worden geconcludeerd dat de er sprake was van een stabiele bedrijfsvoering bij de test met de UF module. Wel varieerde het productdebiet gedurende de gehele test. De kwaliteit van het product voldoet bijna aan de gestelde criteria. Gezien het feit dat relatief hoge concentraties in het voedingswater aanwezig waren zijn de resultaten vergelijkbaar met bestaande UF systemen.
- Aangezien de uitgevoerde testen van korte duur waren valt er niets te zeggen over de mate van blijvende vervuiling voor beide membraanmodules, hiervoor zijn testen nodig gedurende langere tijd waarbij ook membraanreinigingen worden meegenomen.
- Door de relatief hoge flux is met name het UF membraan mogelijk een aantrekkelijk alternatief voor bestaande systemen. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig in de vorm van duurproeven.

## 4.2 Aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde verkennende testen kan geen duidelijke uitspraak worden gedaan over de toepasbaarheid van de nieuwe (IPC) membranen voor terugspoelwater-behandeling. Daarvoor waren de testen te kort. Het verdient de voorkeur om de testen te herhalen gedurende een langere periode van enkele maanden. Hiervoor dient de bedrijfsvoering wel te worden geoptimaliseerd zodat er een stabiele productdebiet mogelijk is door de UF module. Verder kunnen er testen worden uitgevoerd waarbij wordt gekeken naar hogere terugspoelsnelheden, de maximale druk van 4 bar is namelijk nog lang niet bereikt. Een lagere flux of de mogelijkheid van het voorbehandelen van het testwater.

Verder is het aan te bevelen om testwater te nemen met nagenoeg dezelfde samenstelling als het testwater gebruikt tijdens de vergelijkingstest uitgevoerd door Vitens. Hierbij dient ook een voorbehandelingstap voor het MF-membraan te worden meegenomen. Dit is nodig omdat op basis van de relatief open poriestructuur (0,3  $\mu\text{m}$ ) mag worden verwacht dat de nieuwe MF IPC membranen onvoldoende verwijdering van diverse verontreinigingen zullen vertonen zonder gebruikmaking van extra technieken. Combinatie met bv. coagulatie is daarom voor MF noodzakelijk om voldoende verwijdering van diverse verontreinigingen te verkrijgen. Bedenk hierbij wel dat er ook alternatieven voor handen zijn die waarschijnlijk goedkoper zijn. Voor het UF membraan is een voorbehandelingstap waarschijnlijk niet nodig.

Huidige stand van zaken ontwikkeling IPC membranen door Vito/AGFA:  
AGFA heeft het IPC-project stopgezet om budget en inspanningen op andere projecten met beter economisch potentieel in te zetten. Er wordt geprobeerd om de IPC membranen te valoriseren via derden, die het product verder kunnen ontwikkelen en commercialiseren. Dit onder licentie van Vito (contact: Wim Doyen). Zolang niet duidelijk is of het membraan daadwerkelijk op de markt komt, zijn aanvullende testen niet zinvol.



# Literatuur

- Doyen, W., W. Mues, et al. (2010). "Spacer fabric supported flat-sheet membranes: A new era of flat-sheet membrane technology." Desalination **250**(3): 1078-1082.
- Le Clech, P., B. Jefferson, et al. (2003). "Critical flux determination by the flux-step method in a submerged membrane bioreactor." Journal of Membrane Science **227**(1-2): 81-93.
- Van Paassen, J.A.M., Bakker, S.M., Borger, K.J.(2009). "Re-use of Backwash Water by Membrane Filtration: Parallel Pilot Tests of 6 MF/UF Membranes" 8. Aachener tagung wasser und membranen 27-28 oktober 2009: W6-1-W6-10.



# I Kalibratie debietmeter

Om te controleren of de geregisterde debiet juist is. Is de debietmeter gekalibreerd. 100 ml oplossing is opgevangen in een maatcilinder. De tijd nodig voor het opvangen van 100 ml oplossing is gemeten met behulp van een stopwatch. De resultaten zijn in weergegeven.

*Tabel 5 Kalibratie debietmeter*

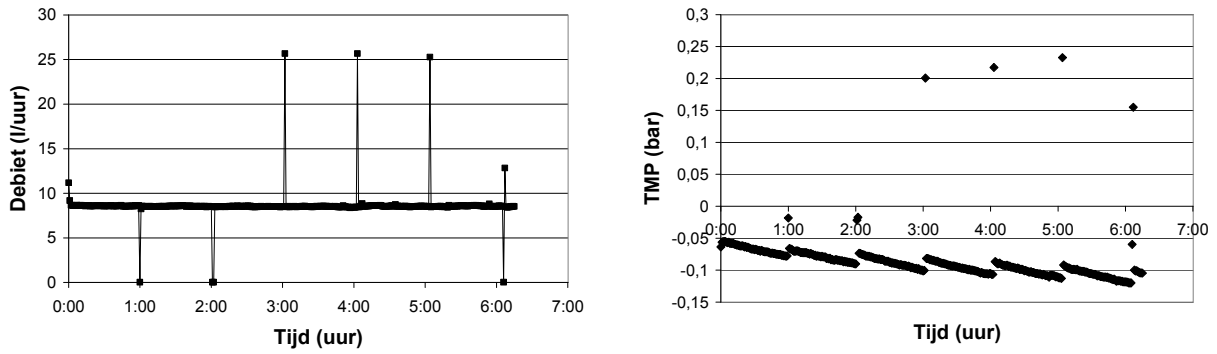
<b>tijd</b>	<b>s</b>	41	41	41
<b>volume</b>	<b>ml</b>	100	100	100
<b>flow</b>	<b>l/uur</b>	8,78	8,78	8,78
<b>geregistreeerde flow</b>	<b>l/uur</b>	<b>10,2</b>	<b>10,2</b>	<b>10,2</b>
<b>afwijking</b>	<b>%</b>	13,9	13,9	13,9

**gemiddelde afwijking            13,9 %**

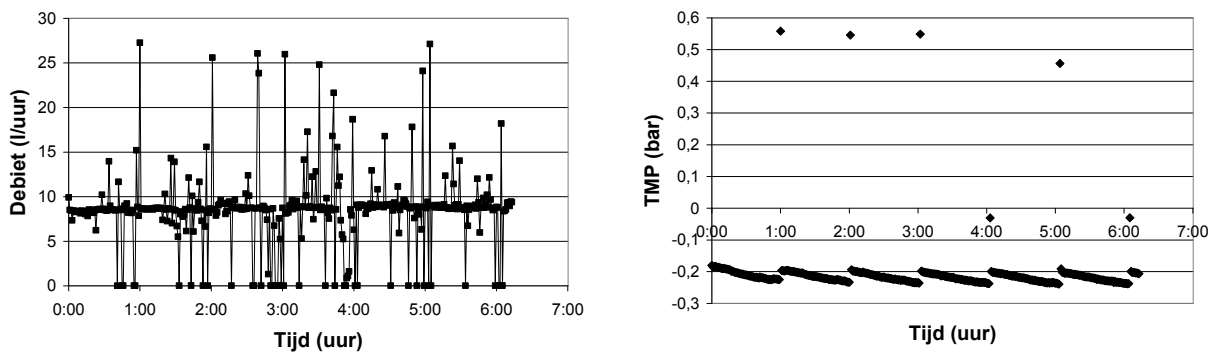
De resultaten tijdens de testen zijn gecorrigeerde voor de afwijking van 13,9%.



## II Debiet en druk registratie tijdens de IPC testen



Figuur 5 Debiet en druk registratie tijdens test met MF membraan



Figuur 6 Debiet en druk registratie tijdens test met UF membraan





### III Foto's IPC testen



*Figuur 7 IPC installatie*



*Figuur 8 MF module na test*



*Figuur 9 Vullen bak voor test met UF module*



*Figuur 10 UF module na test*

