



Jan Willem Mulder, Evides Industriewater
 Piet de Boks, Evides Industriewater
 René de Jager, Norit Process Technology
 Albert Veraart, Waterschap Zeeuws-Vlaanderen

MBR rwzi De Drie Ambachten voorbeeld van ketensluiting met de industrie

Vanaf 2001 gebruikte Evides Industriewater zeewater voor de productie van demiwater voor Dow Chemicals in Terneuzen. Hiertoe is microfiltratie, gevolgd door omgekeerde osmose (RO) toegepast. Sinds 2007 is overgeschakeld van zeewater naar gezuiverd afvalwater, afkomstig van de rioolwaterzuiveringsinstallatie De Drie Ambachten van Waterschap Zeeuws-Vlaanderen. Met het gebruik van gezuiverd afvalwater is een jaarlijkse besparing gerealiseerd van 5.000 mWh aan energie en 500 ton aan chemicaliën.

De rwzi heeft een ontwerpcapaciteit van 77.500 i.e. (à 54 gram BZV) en is ontworpen voor een effluentkwaliteit van 10 mg/l voor N-totaal en 2 mg/l voor P-totaal. Vanuit hydraulische en waterkwaliteitsoverwegingen heeft het waterschap besloten de installatie uit te breiden. Tegelijk bestaat bij Evides de noodzaak om de microfiltratie ten behoeve van de demiwaterproductie te vervangen. De microfiltratie is inmiddels acht jaar in bedrijf. Als gevolg van het gebruik van zeewater in de periode 2001-2007 is de installatie aan sterke corrosie en vervuiling onderhevig geweest¹⁾. Daarnaast dient de aanvoer van gezuiverd afvalwater te stijgen van 300 naar 620 kubieke meter per uur, zodat de twee voor de productie van demiwater aanwezige RO-straten beide volledig voor hergebruik van effluent kunnen worden ingezet.

Evides en Waterschap Zeeuws-Vlaanderen hebben besloten om de rwzi uit te breiden met een membraanbioreactor (MBR). Op deze manier wordt voldaan aan de gewenste uitbreiding van de rwzi, en kan tegelijk de microfiltratie worden geamoveerd. Het membraangedeelte van de MBR vervangt daarbij namelijk de functie van de bestaande microfiltratie. Deze ketensamenwerking creëert toegevoegde waarde, door extra productie van hoogwaardige grondstof voor demiwater en beperking van de lozing in vergelijking met een situatie waarbij beide partijen een eigen project zouden realiseren.

Ontwerp MBR

Voor het ontwerp van de MBR zijn twee parameters van belang: de biologische capaciteit en de hydraulische capaciteit (zie tabel 1).

Een permeaatdebiet van 620 kubieke meter per uur van de MBR kan bij voeding met 20 procent van het afvalwaterdebiet alleen tijdens maximale aanvoer bij RWA worden gerealiseerd. Om ook bij DWA aan de permeaatvraag te kunnen voldoen, zou een groter aandeel van het afvalwater in de MBR behandeld moeten worden. Nadeel hiervan is echter dat dan ook het biologische deel van de membraanbioreactor voor een grotere capaciteit ontworpen zou moeten worden.

De verdeling van het debiet enerzijds en van de biologische belasting anderzijds is een vraagstuk voor alle hybride MBR-systemen. Het debiet naar de membranen wordt bij voorkeur zo constant mogelijk gehouden. Dit dilemma is op verschillende wijzen opgelost in de hybride MBR-installaties van Heenvliet en Ootmarsum^{2),4),5),6),7),8)}.

Om de biologische belasting naar de MBR constant te houden en tegelijk de permeaatproductie te verhogen, onafhankelijk van de DWA- en RWA-aanvoer, wordt er in Terneuzen voor gekozen om effluent van de conventionele nabezinktank bij te voegen in de MBR. Met behulp van deze effluentsuppletie kunnen de biologische en de hydraulische belasting worden losgekoppeld. In afbeelding is dit schematisch weergegeven.

Pilotonderzoek

Het bijvoegen van effluent aan een MBR vanuit de conventionele nabezinktank (effluentsuppletie) is een nieuwe toepassing, waarvan nog geen referenties bekend zijn. Het effect van deze procesvoering op de

Tabel 1: Ontwerpgegevens hybride MBR.

	conventioneel	MBR	totaal
capaciteit rwzi (ie)			77.500
afloop voorbezinktank			
aanvoer (%)	80	20	100
DWA (m ³ /uur)	600	150	750
RWA (m ³ /uur)	2.480	620	3.100
CZV (kg/d)	5.336	1.334	6.670
BZV (kg/d)	1.776	444	2.220
Nkj (kg/d)	592	148	740
P-totaal (kg/d)	88	22	110

membranfiltratie is onbekend. Het effluent zal colloïdale deeltjes bevatten, die in membranfiltratie zullen worden tegengehouden. Het toevoegen van deze deeltjes in grote hoeveelheden zou potentieel tot versnelde membraanvervuiling kunnen leiden. Deeltjes worden namelijk vaak in verband gebracht met membraanvervuiling. Onbekend is daarom of het bijmengen een verminderde membraanprestatie teweeg kan brengen. Anderzijds kunnen deeltjes in het actiefslib van de MBR ingevangen worden. Om het effect van de toevoeging van nabezinktank effluent te onderzoeken, is een pilotonderzoek uitgevoerd.

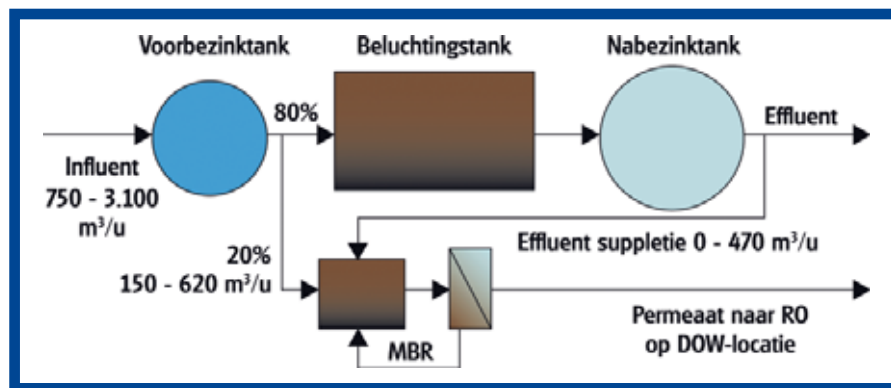
De pilotinstallatie is uitgerust met membranen van Norit (X-flow Airlift). Deze zullen tevens in de praktijkinstallatie worden toegepast. Ze staan buiten het actiefslibstelsysteem opgesteld. Met dit Airliftstelsysteem is praktijkervaring opgedaan op de rwzi Ootmarsum, waarbij een continue flux wordt gehaald van $50 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{uur})$ en een piekflux van $65 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{uur})$ ^{2),4)}. Deze flux is hoger dan de flux in andere MBR-referenties, die variëren van tien tot circa $25 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{uur})$. Met de proefinstallatie is effluentsuppletie bij verschillende verhoudingen toegepast.

Het pilotonderzoek is uitgevoerd in verschillende perioden met verschillende effluentsuppletieverhoudingen. Het totale debiet naar de membranfiltratie werd constant gehouden. Om de slibbelasting constant te kunnen houden, is het volume van het actiefslibstelsysteem gevarieerd. Om praktische redenen was het reduceren van het volume in de perioden met veel effluentsuppletie alleen mogelijk door de anoxische zone buiten bedrijf te stellen. De stikstofverwijdering is in deze perioden geregeld door intermitterende beluchting. Ter ondersteuning van de denitrificatie is een externe koolstofbron gedoseerd. Deze is afkomstig van een frisdrankenindustrie en wordt ook in de praktijkinstallatie toegepast. Ten behoeve van fosfaatverwijdering is ijzerchloride gedoseerd (zie voor de instellingen tabel 2).

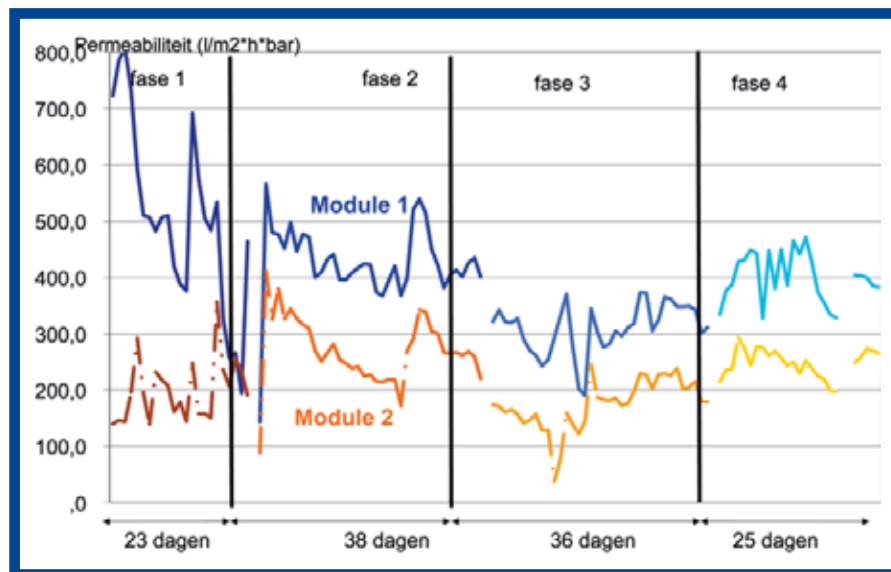
Resultaten

De prestaties van het actiefslibproces staan samengevat in tabel 3. Over het algemeen zijn de resultaten conform verwachting. De fosfaatconcentratie werd gestuurd op 2 mg/l . Wat met name opvalt, is een achterblijvende denitrificatie. Deze hangt samen met een te hoog zuurstofgehalte door de terugvoer van een zuurstofrijke stroom vanaf de beluchte membranfiltratie en de (te) grote capaciteit van de beluchting bij afschaling van de bioreactor, met name gedurende de fasen 3 en 4. Verder was de intermitterende beluchting moeilijk regelbaar. Overigens was de prestatie van het biologische proces niet de belangrijkste onderzoeksvraag. Verdere optimalisaties moeten in de praktijkinstallatie worden gevonden.

De membraanprestaties zijn beoordeeld op basis van de permeabiliteit. In afbeelding 2 staat de permeabiliteit (genormaliseerd naar 15°C) van de beide membraanmodules weergegeven. Afbeelding 3 toont de behaalde flux. Module 1 was bij aanvang



Afb. 1: Processchema hybride MBR op rwzi De Drie Ambachten.



Afb. 2: Permeabiliteit van de beide membraanmodules genormaliseerd naar 15°C .

nieuw. Dit veroorzaakte een initiële daling van de permeabiliteit. Module 2 had een veel langere gebruikshistorie en had daardoor een lagere permeabiliteit. Membranen werden gemiddeld eens per 3,5 week gereinigd. De reinigingsfrequentie was over de gehele onderzoeksperiode gelijk.

Ter ondersteuning heeft de TU Delft filtreerbaarheidsmetingen uitgevoerd met behulp van de DFCM-methode³⁾. Uitgaande van hetzelfde slibmonster is dit slib gemengd met overloopwater van de nabezinktank, permeaat of met mengsels daarvan. Bij alle metingen werd een gelijke slibconcentratie aangehouden. In afbeelding 4 zijn de resultaten weergegeven. Waarden onder

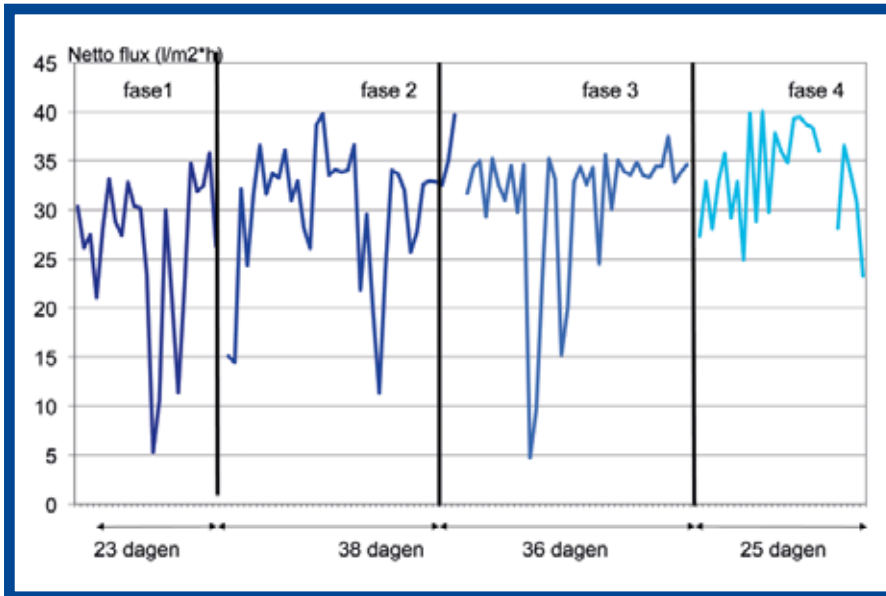
de 1 kunnen worden beschouwd als goed filtreerbaar. Alle metingen gaven een goed filtreerbaar slib.

Discussie

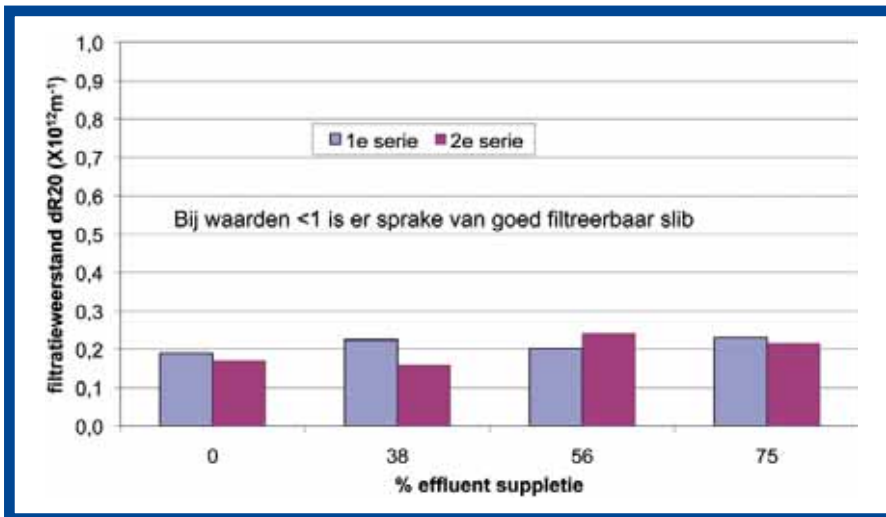
Het belangrijkste doel van de pilot was onderzoek naar het effect van effluentsuppletie op de membraanprestaties. Het verloop van de permeabiliteit was hiervoor de belangrijkste indicator. De permeabiliteit was in deze periode zeer variabel; van een tendens over de fasen heen was echter geen sprake. Op basis van de pilotresultaten kan worden aangenomen dat effluentsuppletie mogelijk is met behoud van de membraanprestaties. Dit beeld wordt bevestigd door de metingen met de DFCM-methode. Extra

Tabel 2: Instellingen gedurende de diverse onderzoeksfasen.

	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4
afvalwater: effluent	100:0	67:33	50:50	23:77
nitrificatievolume (m^3)	7	5	--	--
totale volume bioreactor (m^3)	16	11	8	6
drogestofconcentratie (g/l)	10,4	10,7	9,3	11,7
slibbelasting ($\text{g BZV/g ds}^*\text{d}$)	0,046	0,046	0,051	0,029
membraanmodules	2	2	2	2
totaal membraanoppervlak (m^2)	58	58	58	58
bruto flux ($\text{l}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	40	40	40	40
netto flux ($\text{l}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	32	32	32	32



Afb. 3: Netto daggemiddelde membraanflux.



Afb. 4: Resultaten filtreerbaarheidsonderzoek DFCM-methode.

colloïdale deeltjes, die verondersteld worden aanwezig te zijn in het suppletiewater, leiden niet tot membraanverstopping. Deze deeltjes worden dus ingevangen in het actiefslib of het slib vormt een extra filtratielaag op het membraanoppervlak, waardoor de deeltjes het membraan niet bereiken. De prestaties in de bioreactor zijn conform verwachting en als zodanig niet geoptima-

liseerd. De tegenvallende prestaties van de denitrificatie hangen samen met de beperkingen in de opzet van de pilotinstallatie. Bij toepassing van effluentsuppletie werden zowel het influentdebiet als het volume van de bioreactor verkleind. Hierdoor was sprake van overbeluchting, waardoor het moeilijk was anoxische omstandigheden te creëren. Bovendien werd dit extra bemoeilijkt

Tabel 3: Resultaten bioreactor.

	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4
CZV-in (mg/l)	359	370	358	283
CZV-permeaat (mg/l)	43	29	35	28
verwijdering (%)	88	92	90	90
Nkj (mg/l)	50	40	51	45
Nkj-permeaat (mg/l)	2,6	3,0	2,8	3,1
NO ₃ -N-permeaat (mg/l)	15,0	7,1	13,2	13,6
verwijdering Nkj (%)	95	92	94	93
verwijdering N-totaal (%)	63	76	69	63
P-totaal (mg/l)	9,1	6,9	6,2	6,0
P-totaal permeaat (mg/l)	4,9	0,7	0,8	1,7
verwijdering P-totaal (%)	46	89	86	71

door de zuurstofrijke retourstroom vanuit de beluchte Airliftmembranen. Het risico van overbeluchting bij de toepassing van effluentsuppletie is in de praktijk niet geheel uit te sluiten, omdat het produceren van meer permeaat een groter membraanoppervlak en derhalve meer beluchting betekent. De verwachting is evenwel dat dit door toepassing van een aparte denitrificatietank en door optimalisatie van de instellingen beheersbaar zal zijn. Wel zal de zuurstofhuishouding een belangrijk aandachtspunt blijven, al was het maar om het energieverbruik te minimaliseren. Geconcludeerd kan worden dat de opzet van de MBR in Terneuzen door de resultaten van de pilotinstallatie wordt onderschreven. De MBR is een vorm van ketensamenwerking, die meerwaarde kan creëren ten opzichte van de situatie dat Evides en Waterschap Zeeuws-Vlaanderen hun installaties onafhankelijk van elkaar zouden aanpassen.

LITERATUUR

- 1) Agtmaal J., H. Huiting, P. de Boks en L. Paping (2007). Four years of practical experience with an integrated membrane system treating estuary water. Desalination 205, pag. 26-37.
- 2) Borgerink R., H. Schonewille, J. Buitenweg en D. de Vente (2008). Hybride-MBR Ootmarsum presteert boven verwachting. H₂O nr. 19, pag. 17-19.
- 3) Evenblij H., S. Geilvoet, J. van der Graaf en H. van der Roest (2005). Filtration characterisation for assessing MBR performance: three cases compared. Desalination 178, pag. 115-124.
- 4) Futselaar H., H. Schonewille, D. de Vente en I. Broens (2007). Norit Airlift MBR: side-stream system for municipal waste water treatment. Desalination 204, pag. 1-7.
- 5) Mulder J-W. (2009). Operational experiences with the hybrid MBR Heenvliet, a smart way of retrofitting. Final MBR workshop. IWA, Berlin 31-3-09/1-4-09.
- 6) Mulder J-W., F. Kramer en E. van Sonsbeek (2005). Hybrid MBR - the perfect upgrade for Heenvliet. Research to establish optimal process parameters and minimum costs for future MBR installations. H₂O MBR special 3, pag. 66-68.
- 7) STOWA (2009). Ervaringen met de hybride MBR Heenvliet. Rapport 2009-35.
- 8) STOWA (2009). Ervaringen met de hybride MBR Ootmarsum. Rapport 2009-36.

De pilotinstallatie.

