

MBR Varsseveld: van effluent naar permeaat

Sinds december 2004 draait de eerste fullscale membraanbioreactor (MBR) van Nederland op de rwzi Varsseveld. De overgang van conventioneel naar MBR bracht veel veranderingen voor de bedrijfsvoering met zich mee. Gebruikte men voor januari 2005 nog de vertrouwde kretten nabezinker, oppervlaktebelasting en draaikrans, nu zijn permeabiliteit, flux en transmembraandruk de dagelijks gebruikte termen. Desondanks functioneert de installatie naar tevredenheid; de behaalde effluentkwaliteit verbeterde sterk.

De membraanbioreactor van rwzi Varsseveld verschilt in een groot aantal opzichten van zijn voorganger, een conventionele actiefslibinstallatie.

De installatie

De voorbehandeling van de oude installatie bestond slechts uit een zandvang, waarin alle grove bestanddelen verwijderd dienden te worden. Eventueel drijvend materiaal werd pas door het duikschot in de nabezinktank tegengehouden. De voorbehandeling van de MBR is veel uitgebreider en bestaat achtereenvolgens uit een fijnrooster (6 mm), een beluchte zand/vetvang en microzeven (0,8 mm). De fijnroosters en microzeven zijn compleet redundant uitgevoerd, zodat onder alle omstandigheden verwijdering van vaste bestanddelen en zelfs haren plaatsvindt. Bypass van deze onderdelen is niet mogelijk, zodat de membranen te allen tijde maximaal beschermd worden.

De beluchtingstank van de oude installatie bestond uit een hoogbelast systeem met puntbeluchters. De biologie van de MBR is laagbelast en de zuurstofinbreng vindt plaats door middel van bellenbeluchting. De biologische processen zijn in principe in beide systemen hetzelfde. Doordat echter een hoger drogestofgehalte toegepast kan worden, is de installatie veel compacter gebouwd. In beide gevallen vindt/vond chemische fosfaatverwijdering plaats. Vanwege de relatief korte hydraulische verblijftijd (HRT) in de MBR en de hoge

zuurstofconcentratie in de membraan-tanks dient de sturing van de biologische processen anders te verlopen. Daartoe is de beluchtingstank als een omloopsysteem (met hoge recirculatie) met een separate voordennitrificatietank uitgevoerd. Voor de beluchtingsregeling wordt gebruik gemaakt van een online ammonium- en nitraatmeting.

De scheiding van het gezuiverde water uit het slib vindt plaats in de membraantanks. Het totale membraanoppervlak bedraagt 20.160 m², verdeeld over vier straten. De aansturing van de straten vindt plaats op basis van het niveau in de beluchtingstank. Onder DWA-omstandigheden zijn maximaal twee straten in bedrijf. Om het drogestofgehalte in de membraantanks niet te veel op te laten lopen, wordt vanuit de beluchtingstank slib gerecirculeerd over de membraantank. Om aanhechting van slibdeeltjes aan de membranen te voorkomen, wordt turbulentie rond de membranen gecreëerd middels grove bellenbeluchting. Tevens wordt tijdens de onttrekking regelmatig permeaat met een hoger debiet teruggepoeld om de poriën schoon te spoelen.

De grootste verschillen tussen de oude en nieuwe installatie zijn samengevat in tabel 1.

Resultaten

De resultaten van de eerste 20 maanden bedrijfsvoering van de membraanbioreactor op rwzi Varsseveld zijn erg bevredigend. De installatie heeft, voor zowel de effluentkwaliteit als de algemene werking van de

installatie, naar tevredenheid gefunctioneerd.

Effluentkwaliteit

In tabel 2 zijn de jaargemiddelden van de effluentkwaliteit van rwzi Varsseveld weergegeven. Hieruit wordt duidelijk dat het effluent aanzienlijk verbeterde sinds de inbedrijfname van de MBR in december 2004.

De streefwaarde van 5 mg N_{totaal}/l in het effluent wordt in de zomer ruimschoots gehaald. Ook in de winter wordt deze waarde nauwelijks overschreden. Het gemiddelde stikstofgehalte in de maanden mei t/m augustus 2006 bedroeg slechts 2,2 mg/l, waarmee gedurende deze vier maanden aan de MTR-norm is voldaan.

Het eerste halfjaar na de opstart van de MBR is onderzocht in welke mate biologische fosfaatverwijdering plaatsvindt. Hoewel de installatie geen aparte anaërobe zone heeft, is aangetoond dat toch biologische fosfaatverwijdering optreedt. Het verloop van de effluentconcentratie van P_{totaal} is weergegeven in afbeelding 1. Het relatief hoge influent fosfaatgehalte van de rwzi (16 mg/l) leidde zonder ijzerdosering in de eerste maanden na opstart tot een gemiddelde concentratie P_{totaal} in het effluent van 4-5 mg/l. Na een half jaar is begonnen met het doseren van ijzerzout. De dosering is langzaam opgevoerd naar uiteindelijk 1,2 mol Fe/mol P_{influx} waarmee de streefwaarde van 0,15 mg P_{totaal}/l behaald wordt.

Tabel 1. Verschillen tussen oude en nieuwe installatie

	conventioneel	MBR
voorbehandeling	zandvang	- fijnroosters (6mm) - beluchte zand/vetvang - microzeven (0,8 mm)
biologie		
- volume (m ³)	3.500	3.000
- slibbelasting (kg BZV/(kg ds.d))	0,08	0,03
- HRT (h) (DWA/RWA)	23/6	18/5
- slibgehalte (kg/m ³)	3,5	10
scheiding slib/water	nabezinktank	membraantanks
- volume totaal (m ³)	1.050	680
- grondoppervlak (m ²)	615	200

Tabel 2. Effluentkwaliteit MBR Varsseveld (in mg/l)

	conventioneel 2004	MBR-installatie 2005	2006 (t/m oktober)
CZV	42	23	21
BZV	4,9	1,2	1,1
NH ₄ -N	-	0,2	0,3
N _{Kj}	12,0	0,9	1,0
NO ₃ -N	4,2	2,8	2,0
N _{totaal}	16,2	3,7	3,0
P _{totaal}	1,4	2,9	0,18
P _{ortho}	-	2,7	0,15
zwevende stof	7,8	0	0

Permeabiliteit

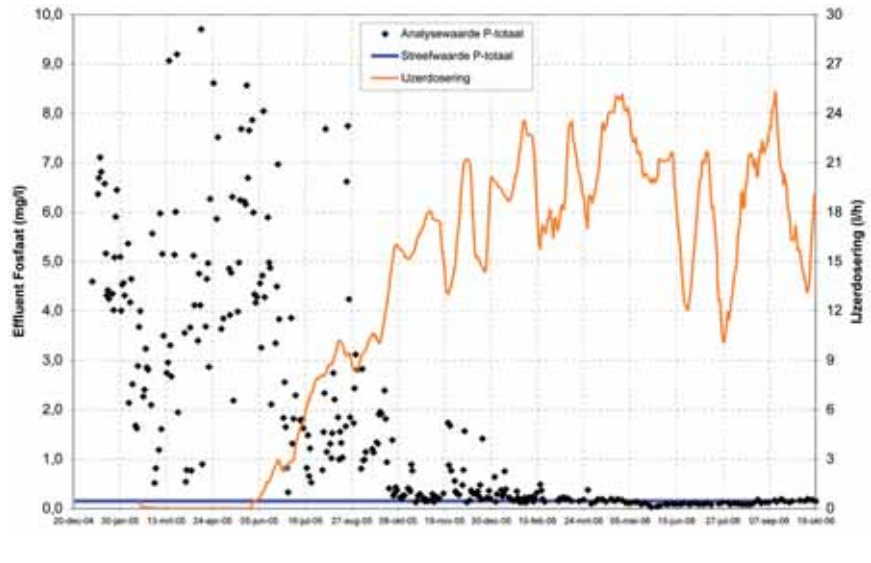
In afbeelding 2 is het verloop van de netto flux, de permeabiliteit en de processtemperatuur voor één van de membraanstraten weergegeven. Alle straten kennen een dergelijk verloop. Een opvallende periode betreft de maanden februari en maart 2005. Vlak na opstart van de MBR daalde de permeabiliteit relatief snel. De oorzaak hiervan was de aanwezigheid van een industrieel polymeer in het afvalwater, welke verkleving van de membranen veroorzaakte. Na intensieve reiniging van de membranen in april 2005 en het separaat afvoeren van deze influentcomponent is de permeabiliteit gestegen tot het beginniveau. Sindsdien is de (temperatuurcorrecte) permeabiliteit relatief stabiel gebleven.

Een daling van de permeabiliteit trad voornamelijk op bij hoge fluxen en lage processtemperaturen ($<10^{\circ}\text{C}$), maar ook tijdens de droge zomer van 2006 met lage influentdebieten en hoge processtemperaturen lijkt de permeabiliteit op een lager niveau te liggen. De gemeten permeabiliteit is echter niet alleen een maat voor de membraanweerstand, maar voor de weerstand in het gehele permeaatsysteem. Met name luchtinsluiting in de permeaatleiding heeft invloed op deze weerstand. Ontluchting van de permeaatleiding functioneert het beste bij hoge debieten. Aangezien hoge debieten nauwelijks voorkwamen in deze zomerperiode, lijkt accumulatie van lucht in de permeaatleiding de oorzaak van de schijnbare permeabiliteitsdaling. Onder invloed van hogere debieten kwam de permeabiliteit na de droge periode weer terug tot een hoger niveau. Om accumulatie van lucht in de permeaatleiding te voorkomen, is afgelopen september de ontluchting van het systeem geoptimaliseerd. Nadat de ijzerdosering langzaam opgevoerd werd, begon de anorganische vervuiling van de membranen toe te nemen. Hiertoe is de reinigingsprocedure aangepast, waardoor de soort en intensiteit van de reiniging beter afgestemd kunnen worden op de soort vervuiling.

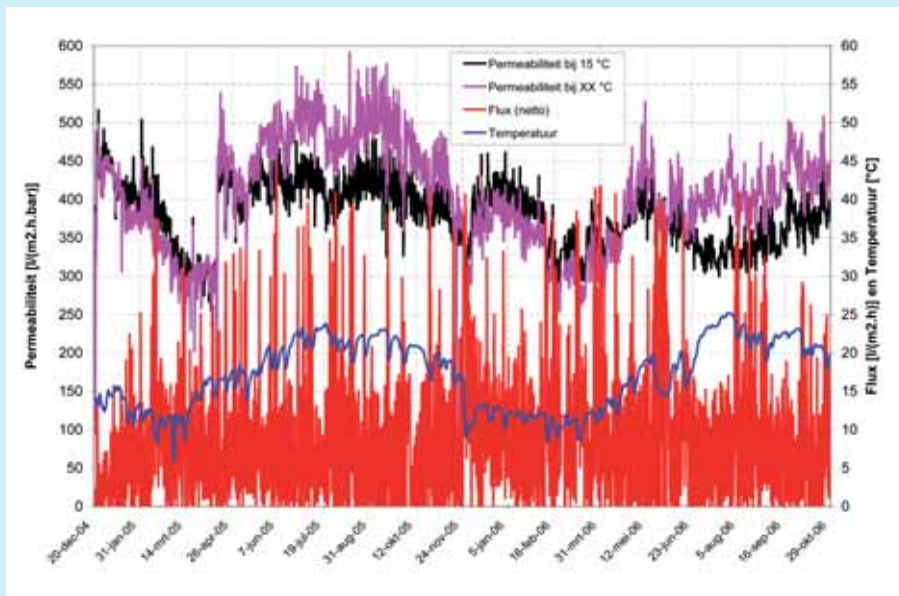
Door optimale procesomstandigheden en het wekelijks uitvoeren van een onderhoudsreiniging is de permeabiliteit door deze optimalisaties na anderhalf jaar zonder intensieve reiniging nog steeds stabiel tussen 300 en 400 $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$.

Bedrijfservaringen

Een membraanbioreactor brengt andere bedrijfsvoeringsproblemen met zich mee dan een conventioneel actiefslibstelsel. Zo geeft het rioolwater bij een hevige regenbui de grootste zorgen. Vooral aan het begin bevat het rioolwater dan zoveel grove vervuiling dat de fijnroosters, de vetafscheider en met name de microzeven het zwaar te verduren krijgen. Ook aan het eind



Afb. 1: Verloop concentratie P_{totaal} in het effluent



Afb. 2: Permeabiliteitsverloop van één van de membraanstraten

van de regenbui, wanneer de buffer van het gemaal leeggepompt wordt, kan bezonken materiaal op de bodem tot problemen leiden. Hiertoe zijn verschillende optimalisaties aan de voorbehandeling doorgevoerd, zodat ook tijdens deze pieksituaties de voorbehandeling zonder problemen blijft functioneren.

Een juiste afstemming tussen de werking van de roostergoedinstallatie en de microzeven bleek hierbij noodzakelijk. De zevende werking van het roostergoed op het stappenrooster draagt in grote mate bij aan de ontlasting van de microzeven. In eerste instantie was de procesregeling van de fijnroosters net zoals bij veel conventionele rwzi's, dat wil zeggen dat bij het bereiken van een inschakelniveau het rooster één stap maakte. Indien het waterniveau voor het rooster vervolgens verder steeg tot het hoge niveau, werd het rooster compleet schoongedraaid. Door de zeer grote influentfluctuaties op de rwzi Varsseveld kwam dit regelmatig

voor, waardoor de microzeven onnodig zwaar belast werden met extra onopgeloste stoffen. Na aanpassing van de regeling, waardoor de stappen van het fijnrooster geleidelijker verlopen, wordt deze zwaardere belasting nu zoveel mogelijk voorkomen.

Tevens is de werking van de microzeven geoptimaliseerd. Er zijn twee straten van verschillende typen microzeven aanwezig: een compact draaiende trommelzeef en een stationaire zeef waarbij het zeefgoed met borstels uit de zeef verwijderd wordt. Vergroting van het zeefoppervlak en toepassing van een sproeisysteem en een schroef in de zeefgoedafvoerleiding hebben de werking van de trommelzeef verbeterd. Bij de stationaire zeef is een noodoverloop naar de terreinriolering op de zeefgoedafvoerleiding aangebracht om de afvoer van zeefgoed uit de zeef zeker te stellen. Ook zijn de borstels van deze zeef vervangen door een ander type om de waterafvoer met het zeefgoed te verminderen.



De rioolwaterzuiveringsinstallatie van Varsseveld

Al deze aanpassingen hebben geresulteerd in een stabielere voorbehandeling van het afvalwater. Desondanks is de als reserve geplaatste microzeefcapaciteit hard nodig tijdens pieksituaties. In de praktijk wordt bij regen de reservestelling van zowel de fijnroosters als de microzeven gebruikt en is dus geen redundantie meer aanwezig.

De biologie heeft over het algemeen zeer goed gepresteerd. De effluenteisen voor stikstof zijn ruimschoots gehaald en de fosfaatverwijdering is conform planning geleidelijk naar het gewenste niveau gebracht. Het ijzerdoseerpunt is echter in maart van dit jaar verplaatst naar aanleiding van een toename van anorganische vervuiling op de membranen. Het ijzer wordt sindsdien gedoseerd in de uitstroming van de membraantanks. Hier vindt de meeste menging plaats en dit is tevens het punt dat het verst van de membranen is verwijderd. Een MBR is gevoeliger voor de vorming van een drijfslaag (vettig materiaal, licht slib) dan een conventioneel systeem. Deze drijfslaag kan tot grote problemen leiden in de bedrijfsvoering. Doordat de online analysers op deze drijfslaag blijven drijven, kunnen deze niet meer goed functioneren, waardoor de beluchterregeling ontregeld raakt. Naast een verslechterde effluentkwaliteit stimuleert een ontregelde beluchting verdere toename van de drijfslaag. De drijfslaagvorming dient daarom voorkomen te worden. Hiervoor is een drijfslaagruimer in de beluchtingstank aanwezig. Desondanks is tot drie keer toe een forse drijfslaag (van meer dan een meter) ontstaan die over de rand van de beluchtingstank stroomde. Om dit probleem te voorkomen zijn in oktober 2005 sproeiopstellingen geïnstalleerd waarmee de drijfslaag kan worden bestreden. De drijfslaagvorming blijft echter een belangrijk punt van aandacht bij de bedrijfsvoering van een MBR.

Ook de membraaninstallatie functioneert goed. Een optimale bedrijfsvoering is hier echter wel bij van belang. Doordat echter elke dag vier megabytes aan data wordt verzameld, worden de prestaties van de complete installatie nauwkeurig vastgelegd. Aan de hand hiervan kan de besturing worden aangepast zodat een zo optimaal mogelijke werking van de installatie wordt verkregen. De optimum flux kan bijvoorbeeld verhoogd of verlaagd worden naar aanleiding van het permeabiliteitsverloop. Een hogere optimum flux is gunstig voor het energieverbruik. De werking van de membranen dient hier echter niet negatief door beïnvloed te worden. De membranen dienen belucht te worden wanneer de membraanstraat in bedrijf is om turbulentie in het systeem te creëren. Hierdoor wordt slibophoping tussen de membranen voorkomen. Deze beluchting kan op twee verschillende manieren uitgevoerd worden: via aircyclong of sequentiële beluchting. Bij aircyclong vindt wisseling van de luchtinbreng plaats tussen de cassettes onderling, bij sequentiële beluchting binnen één cassette. Aircyclong zorgt voor grotere turbulentie binnen de cassette, maar draagt daardoor ook bij aan grotere krachten op de membraancassettes. Door de toepassing van aircyclong zijn lekkages ontstaan in de membraanophanging. Om deze lekkages te voorkomen, is er vooralsnog voor gekozen sequentiële beluchting toe te passen. Tevens is de ophanging van de membraanmodules verstevigd. Er zullen testen worden uitgevoerd om te bepalen of door middel van deze versteviging alsnog aircyclong kan worden toegepast.

Evaluatie

Een belangrijk verschil tussen een membraanbioreactor en een conventionele installatie

is dat bij een conventionele installatie het water altijd via de nabezinktank afgevoerd kan worden, ongeacht de kwaliteit. Bij een membraanbioreactor daarentegen moet al het afvalwater door de membranen de zuivering verlaten. Dit gaat echter niet zonder meer vanzelf. Een optimale procesvoering is hierbij van belang. Daarentegen is het effluent te allen tijde van goede kwaliteit.

Na de hectische opstartperiode zijn sinds een paar maanden de werkzaamheden weer tot normale proporties teruggekeerd. De werkzaamheden zijn echter wel intensiever in vergelijking met een conventionele installatie. Vooral de analyse van gegevens van verscheidene procesonderdelen, de uitgebreide voorbehandeling en de inspectie en reiniging van de membranen dragen bij aan de extra tijdsbesteding. Tevens vraagt het opslaan en verpompen van de verschillende chemicaliën meer aandacht. Om een reëel beeld te kunnen geven van de personeelsinzet ten opzichte van een installatie met vergelijkbare effluentkwaliteit is een vergelijking gemaakt tussen rwzi Varsseveld en rwzi Ruurlo, die bestaat uit een conventionele zuivering met nageschakelde zandfilters. Uit deze vergelijking kwam naar voren dat de extra personeelsinzet op de MBR Varsseveld maximaal 50 procent bedraagt. Naast de dagelijkse werkzaamheden wordt ook veel tijd besteed aan het ontvangen en rondleiden van vele geïnteresseerden. In het eerste jaar hebben meer dan 2.500 mensen vanuit een groot aantal verschillende landen een bezoek gebracht aan de rwzi en aanvragen voor bezichtiging komen nog steeds regelmatig binnen. Op deze manier worden de ervaringen op de MBR Varsseveld gedeeld en is het een echte demonstratieinstallatie.

Niels Nijman (DHV)
Jacques van Someren, Huib Lammers,
Frank Jansen en Ellen Hanzens (Waterschap Rijn en IJssel)