

VAN STONEHENGE TOT MBR, WAARIN EEN GROOT LAND 'KLEIN' KAN ZIJN



RAPPORT

2004
W02

VAN STONEHENGE TOT MBR,
WAARIN EEN GROOT LAND 'KLEIN' KAN ZIJN

STOWA Studiereis oktober 2003

RAPPORT

2004

W02

ISBN 90.5773.244.0



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEURS Andre van Bentem (DHV Water BV), Ron Corstens (DWR), Jeroen Goverde (HH Hollands Noorderkwartier), Ruud Hekman (ZS Hollandse Eilanden en Waarden), Peter de Jong (Witteveen en Bos BV), Ferdinand Kiestra (Royal Haskoning BV), Robbert van der Kuij (DHV Water BV), Christiaan Kuyper (WS Velt en Vecht), Elbert Majoor (WS Velt en Vecht), Jan Willem Mulder (ZS Hollandse Eilanden en Waarden), Joop Nijholt (WS Regge en Dinkel), Dennis Piron (WS Rivierenland), Berend Reitsma (Tauw BV), Hans Rooze (WS Regge en Dinkel), Ruud Schemen (HH Hollands Noorderkwartier), Philip Schyns (WS Rijn en IJssel), Henry van Veldhuizen (Grontmij Water en Reststoffen BV), Dick de Vente (WS Regge en Dinkel), Paul Versteeg (HH van Rijnland), Ger Verwoert (DWR), Stefan Weijers (WS de Dommel), Ferry de Wilde (HH de Stichtse Rijnlanden)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Jan Willem Mulder (ZS Hollandse Eilanden en Waarden), Philip Schyns (WS Rijn en IJssel), Cora Uijterlinde (STOWA), Stefan Weijers (WS de Dommel)

FOTO OMSLAG Stonehenge; Bron: STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-W-02

ISBN 90.5773.244.0

SAMENVATTING

In de week van 28-31 oktober 2003 hebben vertegenwoordigers van tien Nederlandse waterschappen en vijf adviesbureaus een bezoek gebracht aan drie rioolwaterzuiveringen in Groot-Brittannië die (gedeeltelijk) zijn uitgevoerd als compacte membraanbioreactoren: Lowestoft, Porlock en Westbury. Deze studiereis was georganiseerd door de STOWA in samenwerking met Zenon en Solis (Kubota membranen). In dit verslag zijn de persoonlijke bevindingen beschreven.

De effluenteisen in Groot-Brittannië zijn soepel in vergelijking met de praktijk in Nederland. Er gelden geen stikstof- of fosfaateisen. De redenen om in Groot-Brittannië te kiezen voor een MBR zijn: landschappelijke inpassing, een nulemissie voor geur en een hoge hygiënische kwaliteit. Deze zijn dus afwijkend van de Nederlandse overwegingen voor toepassing van een MBR, waarbij vergaande verwijdering van nutriënten en onopgeloste stoffen wordt nagestreefd.

Ten aanzien van de voorbehandeling is voor Zenon membranen een gaatjesrooster gebruikelijk van 0,75-1 mm. Voor Kubota membranen is dat een rooster van 3 mm. Dat maakt de voorbehandeling iets minder kritisch. De toegepaste netto flux voor beide systemen is vergelijkbaar en varieert, afhankelijk van de omstandigheden, tussen 20 en 40 l/m².h. In vergelijking met een Kubota dubbeldekker configuratie is bij de Zenon ZW500d module half zo veel ruimte nodig.

De reiniging kan voor beide systemen grotendeels geautomatiseerd worden. Het oplossen van een probleem in een MBR vraagt eerder een laptop dan gereedschap. Het belang van training van personeel is veelvuldig onder de aandacht gebracht.

In Nederland staat de MBR met name in de belangstelling wegens de mogelijkheid om vergaand nutriënten en onopgeloste stoffen te verwijderen. Hierbij is een configuratie waarbij de membranen in een aparte membraantank zijn opgesteld benodigd. Met name bij zeer stringente effluenteisen dient hierbij de stikstofverwijdering voor het grootste deel buiten de membraan-tanks plaats te vinden. Ten gevolge hiervan zal de configuratie van de beluchtingstank complexer zijn, met anoxische zones, recirculatiestromen en mogelijk zelfs aanvullende koolstofbrondosering. Er is daarnaast in Groot-Brittannië weinig aandacht geschonken aan de optimalisatie van het energieverbruik. In Nederland zal bovendien in verband met de vergaande stikstofverwijdering de beluchtingsregeling veel kritischer zijn dan de huidige praktijk in Groot-Brittannië.

Eén van de onbekende factoren, waarin de studiereis meer inzicht moest geven, was de betrouwbaarheid en kwetsbaarheid van membranen. Sommige MBR's zijn inmiddels meer dan 5 jaar operationeel. Tijdens het bezoek aan de drie installaties is absoluut aan vertrouwen gewonnen. De werking van de systemen op zich lijkt niet het knelpunt te zijn en ook irreversibele vervuiling van de membranen lijkt geen knelpunt. Echter voor het realiseren van de MTR waarden voor stikstof en fosfaat en voor andere componenten en de beluchterregeling en optimalisatie van het energieverbruik is de situatie Groot-Brittannië niet representatief en blijven er onzekerheden. Ten aanzien van deze laatste punten moet er veel kennis worden gehaald uit de Nederlandse pilotonderzoeken.

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. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

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 behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten 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 vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

VAN STONEHENGE TOT MBR

INHOUD

SAMENVATTING

STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING	1
2	ACHTERGRONDINFORMATIE	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Verschillen tussen Groot-Brittannië en Nederland	2
2.2.1	Inleiding	2
2.2.2	Effluenteisen	2
2.2.3	Wijze van aanbesteding, onderhoud en beheer	3
2.3	Membraansystemen	3
2.3.1	Inleiding	3
2.3.2	Zenon	3
2.3.3	Kubota	5
2.3.4	Vergelijking Zenon en Kubota	7

3	BESCHRIJVING RWZI LOWESTOFT	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Anglian Water	9
3.3	Rwzi Lowestoft	9
3.3.1	Inleiding	9
3.3.2	Voorbehandeling	10
3.3.3	Biologische behandeling	11
3.3.4	Contactstabilisatie	11
3.3.5	Kaldnes/ MBBR	11
3.3.6	Het MBR proces	11
3.3.7	Slibbedrijf	12
3.3.8	Luchtbehandeling	12
3.3.9	Impressie rondleiding	12
4	BESCHRIJVING RWZI PORLOCK	14
4.1	Inleiding	14
4.2	Beschrijving lokatie	14
4.3	Beschrijving van de installatie	15
4.4	Zuiveringsresultaten van de installatie	16
4.5	Chemische reiniging van de membranen	17
4.6	Onderhoud	17
4.7	Ervaringen van de beheerder Wessex Water	18
5	BESCHRIJVING RWZI WESTBURY	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Waarom MBR?	19
5.3	Beschrijving MBR	20
5.4	Reiniging membranen	20
5.5	Impressie bezoek	21
6	ONTWERP MBR'S	22
6.1	Inleiding	22
6.2	Ontwerp MBR's Groot-Brittannië en Nederland	22
7	TECHNOLOGIE	24
7.1	Inleiding	24
7.2	Algemene aspecten MBR	24
7.3	Projecten en ervaringen in Nederland	24
7.3.1	Inleiding	24
7.3.2	Rwzi Maasbommel (Waterschap Rivierenland)	24
7.3.3	Rwzi Hilversum (Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht)	25
7.3.4	Rwzi Ootmarsum (Waterschap Regge en Dinkel)	25
7.3.5	Rwzi Heenvliet (ZHEW)	25
7.3.6	Rwzi Varsseveld (Waterschap Rijn en IJssel)	25
7.3.7	Enkele inzichten verworven uit Nederlands pilotonderzoek:	25
7.4	Bezoek rwzi Lowestoft	26
7.5	Bezoek rwzi Porlock	27
7.6	Bezoek rwzi Westbury	27
7.7	Overige MBR installaties in Groot-Brittannië:	28
7.8	Conclusies	28

8	BOUW	30
8.1	Inleiding	30
8.2	Impressie van de Lowestoft MBR	30
8.3	Globale omschrijving van de Porlock MBR	30
8.4	Globale omschrijving van de Westbury MBR	31
8.5	Het bouwen van een MBR	31
8.6	De MBR installaties in Groot-Brittannië	31
8.7	Onderhoud	32
8.8	Conclusies	32
9	BEHEER	33
9.1	Inleiding	33
9.2	Automatisering	33
9.3	Reiniging	34
9.4	Fysieke belasting personeel/ergonomie	35
9.5	Storingsgevoeligheid en stabiliteit van het proces	35
9.6	Opstart van een installatie	36
9.7	Kennis/training	36
9.8	Energie	36
10	ONDERHOUD	37
10.1	Inleiding	37
10.2	Onderhoud en reiniging van de membranen	38
10.3	Zenon-installaties	38
10.4	Kubota-membranen	39
10.5	Conclusies	39
11	DUURZAAMHEID	41
11.1	Inleiding	41
11.2	Levensduur	41
11.3	Chemicaliën	41
11.4	Energie	42
11.5	Ruimtebeslag	42
11.6	Effluent	42
11.7	Tenslotte	42
12	UITGEBREIDE SAMENVATTING EN DISCUSSIE	43
12.1	Inleiding	43
12.2	Verschillen Britse en Nederlandse MBR's	43
12.3	Technologie en ontwerp membranen van Zenon en Kubota	44
12.4	Bouw, beheer en onderhoud	44
12.5	Duurzaamheid	45
13	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	46
14	VERKLARENDE WOORDENLIJST	47
15	DEELNEMERS STUDIEREIS	53
	BIJLAGEN	

1

INLEIDING

In de week van 28-31 oktober 2003 hebben vertegenwoordigers van tien Nederlandse waterschappen en vijf adviesbureaus een bezoek gebracht aan drie rioolwaterzuiveringen in Groot-Brittannië die (gedeeltelijk) zijn uitgevoerd als compacte MembraanBioReactoren (MBR): Lowestoft, Porlock en Westbury. Daarnaast waren er presentaties van Zenon en Kubota en van de waterkwaliteitsbeheerders die in Nederland betrokken zijn bij de realisatie c.q. voorbereiding van een MBR. Deze studiereis was georganiseerd door de STOWA in samenwerking met Zenon en Solis (Kubota membranen). Deze studiereis heeft veel algemene en specifieke informatie over de MBR, de daarbij behorende membranen en de randvoorzieningen opgeleverd.

Dit rapport is tot stand gekomen door bundeling van diverse bijdragen (afzonderlijke hoofdstukken) van de deelnemers van de studiereis. Deze hoofdstukken zijn in principe afzonderlijk leesbaar. De tekst in de hoofdstukken is zo veel mogelijk gehandhaafd, zodat stijlverschillen zeker merkbaar zullen zijn. De stukken zijn geschreven op basis van leveranciersinformatie, informatie van de rondleiders en de eigen persoonlijke impressie. Met nadruk moet worden vermeld dat het rapport niet de resultaten van een wetenschappelijk onderzoek weergeeft. Enige subjectiviteit is daardoor niet uitgesloten.

De eindredactie is tot stand gekomen in overleg tussen de begeleidingscommissie en de auteurs. Het rapport is voorgelegd aan de leveranciers Zenon en Solis (Kubota). Zij hebben opmerkingen geplaatst op de tekstgedeelten die hun eigen product aangaan. Deze zijn voor zover relevant in de tekst verwerkt.

In dit werkrapport wordt eerst in hoofdstuk 2 achtergrondinformatie gegeven over de verschillen tussen Groot-Brittannië en Nederland met betrekking tot de realisatie en bedrijfsvoering van rwzi's. Daarnaast worden in dit hoofdstuk de twee membraansystemen van Zenon en Kubota besproken, met zowel de overeenkomsten als de verschillen. In de hoofdstukken 3, 4 en 5 worden vervolgens de drie bezochte rwzi's Lowestoft, Porlock en Westbury beschreven. In hoofdstuk 6 wordt het ontwerp van deze MBR's vergeleken met de MBR's die in Nederland worden voorbereid. Vervolgens wordt in de hoofdstukken 7 en 8 ingegaan op de technologische en bouwkundige aspecten. Daarna in de hoofdstukken 9 en 10 worden beheer en onderhoud besproken. De duurzaamheid volgt tenslotte in hoofdstuk 11. Het werkrapport eindigt met in hoofdstuk 12 een samenvatting van en discussie over de in het werkrapport besproken aspecten en met in hoofdstuk 13 een bondig overzicht met conclusies en aanbevelingen. Er is tevens een begrippenlijst bijgevoegd.

2

ACHTERGRONDINFORMATIE

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk zal achtergrondinformatie worden beschreven over de verschillen tussen Groot-Brittannië en Nederland met betrekking tot de realisatie en bedrijfsvoering van rwzi's. Tevens zullen de technische specificaties en achtergronden van de twee membraan-systemen Zenon en Kubota worden vermeld. Voor een goed begrip van de volgende hoofdstukken is deze informatie noodzakelijk.

2.2 VERSCHILLEN TUSSEN GROOT-BRITANNIË EN NEDERLAND

2.2.1 INLEIDING

De verschillen tussen Groot-Brittannië met betrekking tot rwzi's hebben zowel betrekking op de effluenteisen als op de wijze van aanbesteden en het beheer. In deze paragraaf zullen beide aspecten worden beschreven.

2.2.2 EFFLUENTEISEN

In Groot-Brittannië wordt de MBR voornamelijk toegepast om organische verbindingen (BZV) en onopgeloste stoffen (zwevende stof) te verwijderen en gedesinfecteerd effluent te verkrijgen. Hierbij zijn de lozingsseisen voor het permeaat zeer soepel ten opzichte van de Nederlandse eisen. Er moet worden voldaan aan de Europese Norm voor niet-gevoelig oppervlaktewater, hetgeen inhoudt dat BZV moet worden verwijderd tot 25 mg/l, en drogestof tot 30 mg/l. Er gelden vaak geen stikstof- of fosfaateisen. In een enkel geval is er een eis voor ammonium en zeer incidenteel voor fosfaat.

In Nederland staat de MBR met name in de belangstelling wegens de mogelijkheid om vergaand nutriënten en onopgeloste stoffen te verwijderen. In sommige gevallen gaat het hierbij om zeer stringente effluenteisen. Dit betekent dat het geloosde water wat betreft nutriënten overeen moet komen met de MTR eisen voor het ontvangende oppervlaktewater in de zomer: stikstof en fosfaat respectievelijk 2,2 en 0,15 mg/l.

Dat betekent dat het biologische proces in Nederland een veel grotere rol gaat spelen dan in Groot-Brittannië. Denk hierbij aan anoxische compartimenten, beluchtingsregeling, recirculaties, de procescontrole, beïnvloeding van de slibvolume-index (EPS probleem). De afhankelijkheid van meetinstrumenten (zoals nitraat-, ammonium- en zuurstofmetingen) spelen in Nederland een veel grotere rol om het proces in de hand te houden. Er zal dus naast de kennis uit het bezoek in Engeland ook veel kennis moeten worden gehaald uit de Nederlandse pilot-onderzoeken.

2.2.3 WIJZE VAN AANBESTEDING, ONDERHOUD EN BEHEER

De waterschappen in Groot-Brittannië die zijn bezocht, zijn Anglian Water en Wessex Water. Dit zijn geprivatiseerde ondernemingen. De contractors die de MBR's hebben gerealiseerd, komen beide voort uit deze waterschappen. Purac (verbonden aan Zenon) komt voort uit Anglian Water. Aquator (verbonden aan Kubota) komt voort uit Wessex Water. Bij de turn-key realisatie van de MBR's is daarbij geen sprake van een open leverancierkeuze.

De opstart en inbedrijfname vindt plaats door de zogenaamde commissioner. Aanbevolen wordt om hiervoor voldoende tijd te nemen (3-6 maanden). Vaak vindt dit echter plaats onder grote tijdsdruk en gaan er daardoor dingen mis. Vergeleken met Nederland lijkt er in Groot-Brittannië minder aandacht te zijn voor de optimale lay-out, architectuur, conservering en materiaalkeuze.

Ook het onderhoud en de bediening wordt anders ingevuld dan in Nederland. Het (dagelijkse) onderhoud wordt niet gezien als een primaire taak en is niet gericht op duurzaam beheer. Het onderhoud gebeurt correctief. Bij een storing wordt de reparatie direct uitbesteed. In Nederland is men gewend veelal preventief onderhoud te verrichten en daarmee te voorkomen dat een onderdeel kapot gaat. Vanuit de geprivatiseerde wereld is een korte termijn resultaat van belang. Door correctief onderhoud kan op korte termijn een besparing worden gerealiseerd. Op de lange termijn is echter de vraag wat het meeste oplevert. Het is echter een keuze die gemaakt is en sommige constatering, zoals beperkt personeel, beperkte informatie-voorziening, risico's van bypass, minder optimale lay-out en materiaalkeuze moet beschouwd worden in het licht van deze keuze.

2.3 MEMBRAANSYSTEMEN

2.3.1 INLEIDING

Deze paragraaf zal specifiek ingaan op de membranen van de leveranciers Zenon en Kubota. Eerst volgt een beschrijving van de membranen van Zenon (paragraaf 2.3.2) en daarna Kubota (paragraaf 2.3.3). Het hoofdstuk wordt afgesloten met een vergelijking tussen de beide systemen (paragraaf 2.3.4).

2.3.2 ZENON

De firma Zenon is een van oorsprong Canadees bedrijf, dat in Nederland onder andere de zgn. Zeeweed[®]-membranen op de markt brengt. Zenon heeft wereldwijd honderden MBR's gerealiseerd en begeleidt naast het vermarkten ook de implementatie van de filtratie unit. De Zenon membraantechnologie is specifiek ontwikkeld voor projecten groter dan 10 m³/h.

De Zeeweed ultrafiltratiemembranen (poriegrootte 0,04 µm nominaal) zijn gemaakt van een hydrofiële polymeersoort, en hebben een buitendiameter van 2,0 mm. De lengte van de membranen bedraagt 170 tot 200 cm (ZW500a en ZW500c respectievelijk ZW500d). De holle vezelmembranen zijn intern versterkt met een geweven kern.

Deze lange, holle-vezelmembranen worden in bundels verticaal bevestigd tussen twee zgn. "headers", zodat een module ontstaat. Deze modules zijn op hun beurt weer zij-aan-zij gegroepeerd tot een zogenaamde cassette, zie figuur 2.1.

FIGUUR 2.1 DE ZENON MEMBRAANCASSETTE (TYPE ZW500D)

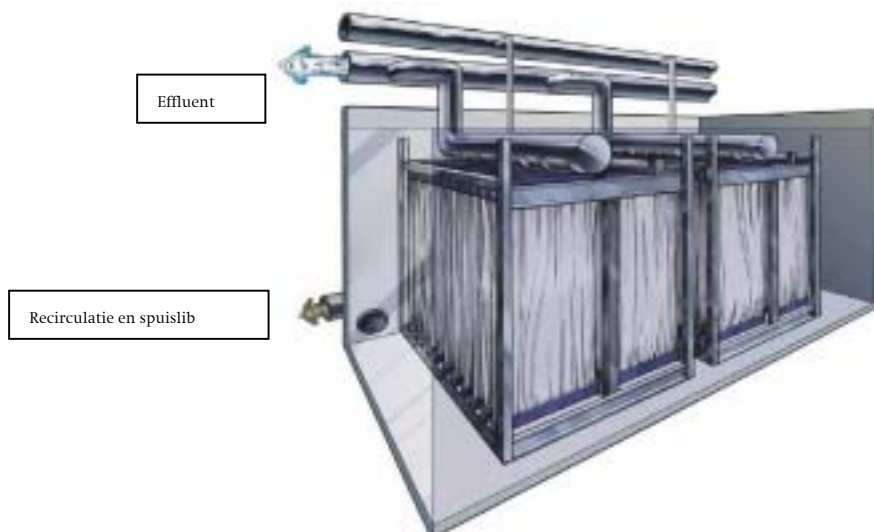


De cassettes zijn de “bouwstenen” die ondergedompeld in de actief-slibtank of in een aparte membraantank worden opgesteld, en met elkaar worden verbonden voor permeaat-onttrekking en luchttoevoer aan de bovenzijde. Tussen de modules wordt enige ruimte gelaten, om watercirculatie mogelijk te maken, en de reinigende werking van de luchtbellen niet te hinderen.

De opbouw van de cassettes is gedurende de jaren steeds in ontwikkeling geweest, zodat de nieuwste types (ZW500d) aanzienlijk grotere debieten kunnen verwerken dan de oudere met als gevolg lagere membraankosten, een lager energieverbruik en een kleiner ruimtebeslag. Het basismateriaal waarvan de membranen zijn gemaakt, is niet veranderd.

Door over deze membranen een gering drukverschil aan te brengen wordt het gezuiverde water (permeaat) door de membraanwand naar binnen gezogen, waarna het via de headers wordt afgevoerd als effluent. Zie figuur 2.2 voor een overzicht.

FIGUUR 2.2 OVERZICHT OPSTELLING ZEEWEED 500D



Om te voorkomen dat de membranen aan de buitenzijde “volgroeien” met actief slib is een grove bellenbeluchting onder de membranen noodzakelijk. Het sliblaagje dat zich tijdens het filtreren opbouwt, wordt hiermee voldoende dun gehouden, en ook grotere deeltjes die zich tussen de membranen kunnen ophopen worden op deze wijze verwijderd. De beluchtingunit bevindt zich op enkele centimeters afstand onder de membranen. Gebleken is dat het niet nodig is om de membranen gedurende 100% van de tijd met deze grove bellen te beluchten, maar slechts gedurende 50% van de tijd. Door via afsluiters de luchtstroom om-en-om te verdelen wordt elk membraanpakket 50% van de tijd belucht, hetgeen een aanzienlijke reductie geeft in de investerings- en exploitatiekosten. Op dit moment wordt dat nog verder geoptimaliseerd, waarbij wellicht nog een verdere reductie van de beluchtingstijden mogelijk is. Zenon claimt een energieverbruik van circa 11 Nm³ per element van 31,5 m², dus een specifiek luchtverbruik van circa 0,35 Nm³/m².h. Het totale energieverbruik (zowel pomp als blowers) van een filtratiesysteem met een ZeeWeed 5000 module ligt op circa 200 - 350 Wh/m³ (afhankelijk van de verhouding RWA of DWA).

Door meerdere malen per dag te “backpulsen” wordt voorkomen dat de filtergaatjes snel verstopten door deeltjes. Bij het backpulsen wordt een hoeveelheid permeaat van binnen uit het membraan naar buiten geperst, waardoor ingroeivende vervuiling grotendeels wordt los gespoeld.

Capillaire membranen zijn relatief gevoelig voor spinselvorming. Dat is het samenklonteren van haar met slibdeeltjes tussen de vezels. In eerste instantie leidt dit tot het ophopen van biomassa in de cassettes, waardoor zij gereinigd moeten worden. Mogelijk kan zelfs beschadiging optreden, maar dat wordt door de leverancier ontkend. Toepassing van Zenon-membranen vereist een goed doordachte voorbehandeling van de influentstroom. Zenon adviseert om het binnenkomende afvalwater via een fijn rooster van 0,75 - 1,0 mm gaatjes te leiden. Hierdoor worden haren en andere mogelijke vervuilende deeltjes in voldoende mate afgevangen.

Bij de MBR in Varsseveld (23.150 ie) is in het ontwerp uitgegaan van een jaarlijkse gebruik van 20 m³ waterstofperoxide (35 %) voor de maintenance clean (35 keer per jaar). Bij deze reinigingen wordt ook citroenzuur gebruikt: 15 m³ (30 %). Voor de recovery clean met NaOCl wordt uitgegaan van 6 maal per jaar en een verbruik van 2 m³ (15 %).

2.3.3 KUBOTA

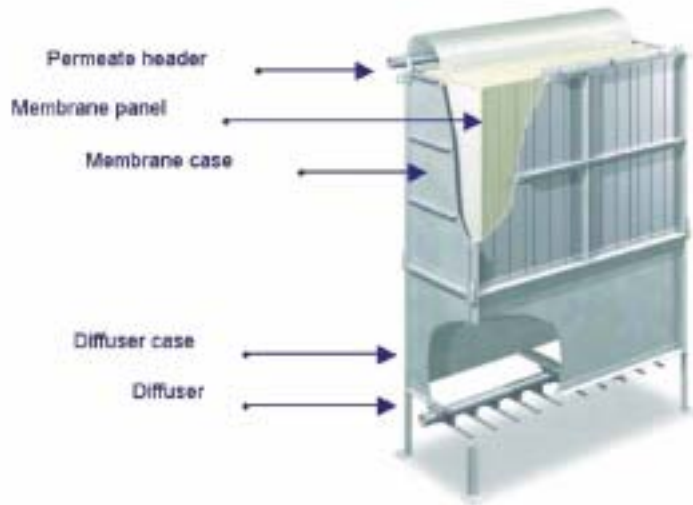
Het Kubota membraan is in 1980 in Japan ontwikkeld. Inmiddels zijn wereldwijd ruim 1.000, installaties gebouwd. In Europa zijn inmiddels ruim 80 installaties gebouwd, grotendeels in Groot-Brittannië. De meeste installaties hebben een capaciteit van 100 tot 2.000 m³/d, de grootste huishoudelijke MBR is die van de rwzi Swanage met een capaciteit van 12.700 m³/d.

Het Kubota membraan is een ondergedompeld plaatmembraan. Het membraan is gemaakt van een gechlorineerd polymeer materiaal dat op beide zijden van een kunststof raam is bevestigd. De gemiddelde poriegrootte van het membraanmateriaal is 0,4 µm, er is daarbij sprake van microfiltratie. Het filtererend oppervlak (beide zijden samen) per plaat is 0,8 m², de afmetingen zijn 1.000 mm x 490 mm x 6 mm.

De afstand tussen de platen is 7 mm, waarbij in een standaard unit 150 of 200 platen zijn opgenomen.

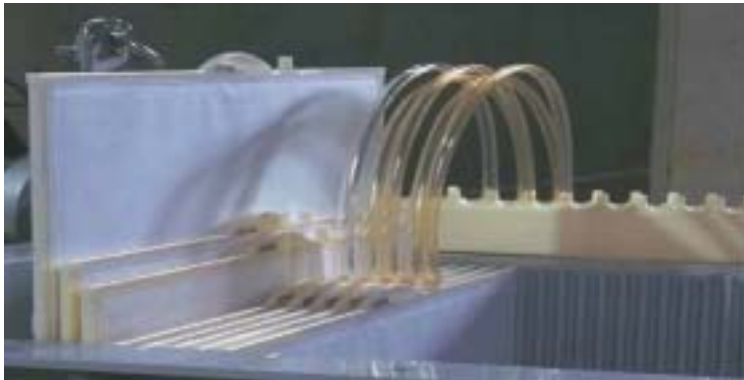
Het Kubota membraansysteem is schematisch weergegeven in figuur 2.3.

FIGUUR 2.3 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE KUBOTA MEMBRAANCASSETTE



Een foto van de Kubota membraanmodule, inclusief permeataafvoer en permeat-header, en membraancassette is weergegeven in figuur 2.4.

FIGUUR 2.4 DE KUBOTA MEMBRAANMODULE



Net als bij andere MBR systemen is bij de Kubota module grove bellenbeluchting benodigd om een cross-flow stroming (dwarsstroom staat loodrecht op de stroomrichting van het permeaat) langs de membranen te bewerkstelligen. Deze cross-flow zorgt ervoor dat de membranen schoon blijven en het ingedikte slib tussen de platen ververs wordt. Daarnaast zorgt de beluchting voor zuurstofinbreng, welke ten goede kan komen aan de biologische processen.

De Kubota installaties in Groot-Brittannië hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- 3 mm voorbehandeling;
- permeaatonttrekking onder gravitatie, met gezamenlijke permeaatpompen in een verzamelleiding;
- 6-maandelijkse in-situ chemische reiniging;
- ontwerpflux van 0,6 tot 1,0 m³/m².d;
- enkeldekker installaties;
- toegepast voor CZV/BZV/SS verwijdering, geen nitrificatie vereist.

Sinds enkele jaren wordt het zogenaamde dubbeldekker concept toegepast. Hierbij zijn twee cassettes boven elkaar geplaatst wat de volgende voordelen oplevert:

- halvering van het benodigde vloeroppervlak;
- energiebesparing door verlaging van de beluchtingscapaciteit, die nodig is voor de reiniging.

Voor Kubota membranen zijn de volgende hoeveelheden reinigingsvloeistof nodig. Per plaat 3 liter wasvloeistof. Een module van 150 platen heeft nodig 450 liter NaOCl (0,5%). Dit komt overeen met 15 liter NaOCl 15%. Voor citroenzuur is het verbruik circa 2 kg 100% per 150 platen (1 of 2 reinigingen per jaar).

Voor een enkeldeck situatie is het specifieke ruimtebeslag 38 m² membraan/m² vloeroppervlak. Double deck 76 m² membraan/m² vloeroppervlak. Deze waarden hebben betrekking op de unit en de benodigde afstand tussen units. Netto is de specifieke ruimtebeslag respectievelijk 99 en 198 m² membraan/m² vloeroppervlak

2.3.4 VERGELIJKING ZENON EN KUBOTA

Om vervuiling van de membranen te voorkomen dient de voorbehandeling bij een MBR intensiever te zijn dan bij gewone actiefslib systemen. De Britse leverancier van Kubota (Aquator) geeft aan dat een 3 mm rooster voldoende is. Zenon daarentegen adviseert voor zijn membranen rooster van 0,75 – 1 mm. Een 0,5 mm rooster wordt als te fijn beschouwd, omdat de vezels van toiletpapier worden tegengehouden (blijkt bij proefnemingen rwzi Hilversum). Overigens is de verwachting dat de CZV (cellulose) niet gemakkelijk beschikbaar komt voor biologische processen, zodat het fijne rooster de stikstofverwijdering niet of nauwelijks negatief zal beïnvloeden. Het zal wel een positief effect hebben op de slibleeftijd.

De algemene mening is dat spleetroosters niet afdoende zijn. De poriën van het rooster dienen in alle dimensies gelijk te zijn (punch hole of mesh screen) en langsstroming (bypass- of shortcutstroming) is ontoelaatbaar omdat de voorbehandeling te allen tijde in orde moet zijn. Algemene conclusie tijdens de reis is dat een goede voorbehandeling noodzakelijk is. Volgens Aquator is een ééntrapscreening voldoende, hoewel dat op de bezochte installaties niet als zodanig was uitgevoerd.

Een roostergoedwasser zorgt voor het behoud van een gunstige BZV aanvoer als die ongunstig wordt beïnvloed door toepassing van de intensieve voorbehandeling. Naast de verwijdering van grove delen en het voorkomen van de terugvoer van haren is de verwijdering van vet een belangrijk aandachtspunt. Vetemulsies kunnen splitsen op het membraan, waarbij het vet achterblijft en de vloeistof het membraan passeert. Andere pro-

bleemstoffen zijn siliconen en Extracellulaire Poly Saccharide (EPS). Hoge pH en hoge zoutconcentraties kunnen scaling veroorzaken (in dat geval is reiniging met zuur nodig). Zowel Zenon als Kubota zijn ondergedompelde cross-flow membranen. Enkele verschillen tussen beide systemen zijn samengevat weergegeven in tabel 2.1.

TABEL 2.1 VERSCHILLEN TUSSEN ZENON EN KUBOTA MEMBRANEN

Onderdeel	Zenon	Kubota
Membraantype	capillair	plaat
Poriegrootte (μm)	0,04	0,4
Geadviseerde afmetingen roostergoedverwijdering (mm)	0,75 - 1	3

De grootte van de gefiltreerde deeltjes wordt overigens niet alleen door de poriegrootte van het membraan bepaald, maar ook door de laag die zich tijdens het filtreren op het membraan vormt, de zogenaamde slibkoek.

Capillaire membranen kan men terugspoelen met filtraat. Voordeel is dat eventuele vervuilingen effectief van het membraanoppervlak worden afgedrukt. Er wordt beweerd dat grotere poriën van de Kubota membranen gevoeliger zouden zijn voor 'pore-blocking' door afbraakproducten van bacteriën. Bij breuk zal een capillair membraan snel dichtslibben door slib. Een plaatmembraan heeft bij beschadiging een groter risico op vervuiling in het systeem achter de membranen. Aquator (leverancier van Kubota in Groot-Brittannië) geeft aan dat ook de spacers/het dragermateriaal van de plaatmembranen snel dichtslibt bij beschadiging. In het effluent is van de breuk bij beide typen systemen in de praktijk niet veel meer terug te zien. Bij breuk en vervuiling van het systeem kan bij beide systemen een plaat (Kubota) of module (Zenon) worden afgeschakeld.

De capillaire membranen van Zenon hebben een groter specifiek oppervlak. Een MBR met capillaire membranen kan daardoor compacter worden gebouwd dan een MBR met plaatmembranen. In vergelijking met een Kubota dubbeldekker configuratie is bij de Zenon ZW500d module half zo veel ruimte nodig.

Daartegenover staat dat bij capillaire membranen in geval van een onvolledige voorbehandeling sneller problemen kunnen optreden met het ophopen van haren en ander vuil tussen de capillairen. Overigens is dit vuil te verwijderen door de elementen uit de actief-slibtanks te nemen en handmatig te reinigen. De plaatmembranen van Kubota zijn iets eenvoudiger te reinigen. Beide leveranciers geven aan dat het reinigen van hun membraansysteem niet arbeidsintensief is.

Beide systemen vereisen een optimale verdeling van de luchtbelletjes over de elementen om ophoping van vuil en slib te voorkomen. Ook een te hoog drogestofgehalte kan slibophoping tussen de membranen veroorzaken en dat moet dus worden voorkomen. De toegepaste netto fluxen voor beide systemen zijn vergelijkbaar en variëren, afhankelijk van de omstandigheden, tussen 20 en 40 $\text{l/m}^2\cdot\text{h}$. Voor de membraanbeluchting claimt Zenon 0,35 $\text{Nm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Kubota geeft aan circa 0,50-0,75 $\text{Nm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ nodig te hebben, uitgaande van het Kubota dubbeldekkersysteem. De reinigingsstrategieën zijn in detail beschreven in paragraaf 9.3.

3

BESCHRIJVING RWZI LOWESTOFT

3.1 INLEIDING

De rwzi Lowestoft is het vlaggenschip van Anglian Water en bestaat uit drie verschillende zuiveringsinstallaties in een grote overdekte hal. Het betreft een proces met contactstabilisatie, een MBBR proces volgens het Kaldnes principe en een MBR. In dit hoofdstuk zal met name de MBR worden behandeld. De andere processen worden globaal besproken.

3.2 ANGLIAN WATER

Het bedrijf Anglian Water levert drinkwater, beheert de riolering en behandelt het afvalwater voor ongeveer vier en een half miljoen inwoners in het oostelijk gedeelte van Groot-Brittannië. Anglian water heeft ruim duizend zuiveringstechnische werken in beheer en er werken ongeveer 3.500 mensen. In het algemeen zijn de lozingseisen vrij ruim in vergelijking met Nederland, als het hygiënisch maar veilig is (zwemwaternorm). Het bedrijf beheert ook een aantal recreatieplassen.

3.3 RWZI LOWESTOFT

3.3.1 INLEIDING

De rwzi Lowestoft heeft een capaciteit van 400.000 i.e. (à 60 g BZV) waarvan 70 % van industriële herkomst is. De installatie is ontworpen door Purac, de eigen contractor van Anglian Water. Het is een demonstratieproject waarbij gekozen is voor drie verschillende compacte zuiveringsprocessen. Het geheel is geplaatst in een compact gebouwde koepelconstructie ofwel "dome" van 160 meter lang en 120 meter breed met een hoogte van 15 meter, zie figuur 3.1. Enkele onderdelen, zoals de nabezinking, bevinden zich buiten de koepel, maar zijn wel volledig afgedekt. Onofficiële cijfers geven voor de investering 150 miljoen euro. Alleen de overkapping kostte al 30 miljoen euro. Alle lucht wordt afgezogen en behandeld, ook de nabezinktanks van de contactstabilisatie, die buiten de "dome" staan, zijn afgedekt.

FIGUUR 3.1

MAQUETTE RWZI LOWESTOFT, "THE DOME"



Circa 65% van de belasting bestaat uit seizoensgebonden industrieel afvalwater, onder andere van de verwerking van erwten. Dit afvalwater wordt voorbehandeld in een anaërobe reactor van het type Interne Circulatie (IC). Deze is vier maanden per jaar in bedrijf. Het afvalwater stroomt door een filterscreen van 3 mm en stroomt vervolgens naar drie lamellenvoorbezinktanks. Vervolgens wordt het voorbezonden afvalwater verdeeld over de drie zuiveringsprocessen.

In de volgende paragrafen worden de verschillende processen beschreven. De meeste nadruk ligt (uiteraard) op de MBR.

3.3.2 VOORBEHANDELING

De voorbehandeling op de rwzi bestaat uit een roostergoedverwijdering (3 mm), gevolgd door een helical spiral lamella separator (spiraalvormige lamellenafscheider), die als compacte voorbezinking functioneert, zie figuur 3.2. Deze tanks hebben een doorsnede van 6 m. Vooral het kleinere af te dekken oppervlak maakt deze separator interessant ten opzichte van een conventionele voorbezinktank. De oppervlaktebelasting kan tot 30 m/h bedragen, hetgeen meer dan een factor 10 hoger is ten opzichte van conventionele voorbezinking. Het afgevoerde slib dikt in tot 6% tot 8% drogestof.

De adviseur Purac heeft normaal gesproken een voorkeur voor een 1 mm rooster in combinatie met het MBR systeem, maar deze bezinkstap geeft in dit geval voldoende afscheiding van grove delen, zodat volstaan kan worden met 3 mm.

FIGUUR 3.2

LAMELLENVOORBEZINKTANK



3.3.3 BIOLOGISCHE BEHANDELING

Voor de biologische behandeling van het afvalwater wordt de stroom gesplitst in 3 stromen:

- 60 % wordt behandeld in de contactstabilisatie installatie. Het retourslib wordt eerst in een tank van 1.000 m³ belucht voordat het wordt gemengd met het voorbezonden afvalwater en verdeeld over twee tanks van ieder 2.400 m³ met een diepte van 6 meter en fijne bellenbeluchting.
- 18 % wordt behandeld in de Kaldnes/ MBBR installatie (8 meter diep). Vervolgens wordt het slib afgescheiden in een DAF.
- 22 % wordt behandeld in de Zenon MBR.

Er vindt alleen BZV verwijdering plaats. Het gezuiverde afvalwater wordt geloosd op de Noordzee.

3.3.4 CONTACTSTABILISATIE

Contactstabilisatie is een vorm van een actiefslibproces, waarbij de beluchtingstijd na het mengen van afvalwater met slib relatief kort is. BZV wordt deels verwijderd door adsorptie aan de slibvlok. Na het bezinken van het slib wordt het retourslib in een re-aëratietank belucht om verder te stabiliseren (de geadsorbeerde organische stof af te breken). Op deze wijze kan de installatie bij dezelfde slibbelasting compacter blijven in vergelijking met een normaal actiefslib proces. Er is geen informatie gegeven over technologische kengetallen. Een globale schatting op basis van de gepresenteerde sheets zou uitkomen op 0,2 kg BZV/kg ds.d.

3.3.5 KALDNES/ MBBR

Bij het moving bed proces van Kaldnes (MBBR: Moving Bed BioReactor) wordt de beluchtingstank gevuld met plastic ringetjes als dragermateriaal. De ringetjes hebben een dichtheid die iets lager is dan water. Samen met een aangegroeide sliblaag is de dichtheid gelijk aan water, en zweven de ringetjes in het water. In het effluent is slechts spuislib aanwezig, retourslib is er niet. Het slib wordt afgescheiden met behulp van DAF units. Er is geen informatie gegeven over technologische kengetallen. Een globale schatting op basis van de gepresenteerde sheets zou uitkomen op 0,25 kg BZV/kg ds.d.

3.3.6 HET MBR PROCES

Door de MBR wordt 46.800 i.e. verwerkt met een maximaal debiet van 590 m³/h. De MBR bestaat uit twee parallelle straten, elk met een inhoud van 1.575 m³. In de 2 tanks samen zitten 50 cassettes in 4 rijen. Totale membraan oppervlak is 22.000 m². De membranen zijn van het type 500a en hebben zowel aan de boven- als onderzijde een aansluiting voor de filtratie. Het type 500a is een ouder type van Zenon, inmiddels zijn de 500c en de 500d op de markt. De tanks zijn 8 meter diep en hebben voor het schoon houden van de membranen een intermitterende beluchting met grove bellen (intermitterend om energie te besparen). Het drogestofgehalte wordt op ongeveer 12 g/l gehouden. Het permeaat wordt zonder pomp door een sifonwerking onder vrij verval onttrokken.

FIGUUR 3.3

PERMEAAT AANSLUITINGEN MEMBRANEN



De membranen worden tijdens het proces teruggespoeld met permeaat. Voor de reiniging met chemicaliën is een aparte diptank aanwezig. Dit is bij de rwzi Lowestoft een handmatige actie. Elke cassette wordt eenmaal per zes maanden gereinigd. Het permeaat wordt op de rwzi deels gebruikt voor proceswater. De MBR heeft geen verschillende compartimenten er vindt dan ook geen recirculatie van slib/water plaats. Wel wordt door middel van een mixer het slib in de tank weer van achteren naar voren gestuurd.

Het ruimtebeslag van de MBR in Lowestoft bedraagt 290 m² membraanoppervlak/m² vloeroppervlak (ZW 500a). Het specifiek oppervlak bedraagt 135 m² membraanoppervlak/m³ module.

3.3.7 SLIBBEDRIJF

Het spuislib van de diverse zuiveringsprocessen plus het primaire slib worden in aparte tanks gemengd en vervolgens gepasteuriseerd. Daarna wordt het vergist en ontwaterd met centrifuges.

3.3.8 LUCHTBEHANDELING

Het uitgangspunt is een geuremissie van nul. Naast de afdekking van de gehele installatie zijn ook het ontvangedeelte, de lamellenvoorbezinktanks en de slibontwatering afgedekt. Deze lucht wordt apart behandeld in ééntraps chemische gaswassers met chloorbleekloog en natronloog met een capaciteit van 50.000 Nm³/h. De rest van de procesonderdelen is ook afgedekt, maar worden niet apart afgezogen. De lucht in de hal wordt twee keer per uur verversd met een debiet van 200.000 Nm³/h en via een koolfilter geëmitteerd. Overigens was er desondanks wel veel geur waarneembaar, maar mogelijk was dit een gevolg van een calamiteit.

3.3.9 IMPRESSIE RONDLEIDING

De volgende punten vielen op:

- Uit commentaar van de rondleider is gebleken, dat de permeabiliteit en de flux niet continu worden gemeten. Het is dus niet exact bekend wanneer reiniging nodig is. De reiniging vindt periodiek plaats in de diptank. In deze tank wordt wel de flux gemeten. Achteraf is dus wel vast te stellen of de reiniging nodig was of niet.
- De membranen staan opgesteld in de beluchtingstanks (geen stikstofeis).

- Er zijn anti-schuimmiddelen aanwezig, omdat schuimvorming vaak voorkomt ten gevolge van industriële lozingen.
- De diptank is een eenvoudige constructie.
- Op de hele rwzi werken 5 personen in dagdienst.
- Er is weinig informatie gegeven over het verbruik van chemicaliën en de werkelijke reinigingsfrequentie.

4

BESCHRIJVING RWZI PORLOCK

4.1 INLEIDING

Porlock is een kleine badplaats op circa 70 kilometer ten westen van Bristol aan kust van Somerset in het Exmoor National Park. Het rioolwater van het dorp met 3.800 inwoners werd voor 1998 niet gezuiverd en na het passeren van een grofrooster van 6 mm geloosd in zee. Het lozen van ongezuiverd rioolwater werd door de beheerder Wessex Water in verband met de functie als badplaats ontoelaatbaar geacht. Bij de systeemkeuze van het type installatie waren de effluentkwaliteit voor met name virussen en bacteriën en het minimale ruimtebeslag doorslaggevend. Bovendien was dit goedkoper dan het toepassen van een lange leiding in zee. In 1998 is de MBR-installatie Porlock in gebruik genomen en werkt sindsdien naar volle tevredenheid van de beheerder. De investeringskosten bedroegen in 1998 circa 6.000.000 euro.

FIGUUR 4.1

MBR INSTALLATIE PORLOCK

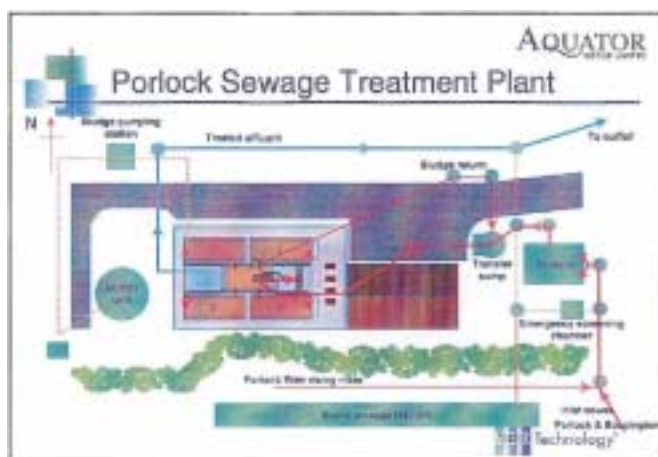


4.2 BESCHRIJVING LOKATIE

De MBR-installatie ligt vlakbij de dorpskern in de buurt van enkele boerderijen. Gezien de ligging en de toeristische functie van het gebied is er voor gekozen om de MBR-installatie zo min mogelijk te laten opvallen in het landschap. Dit uitgangspunt leidde tot een bijzondere vormgeving. De installatie is in een gebouw geplaatst dat in de bouwstijl van de omliggende boerderijen is vormgegeven. De grofroosters zijn in een kelder gebouwd en de slibopslagtanks zijn zo plat mogelijk uitgevoerd. Zie figuur 4.2 voor de lay-out.

FIGUUR 4.2

LAY-OUT RWZI PORLOCK



4.3 BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

Porlock ligt in een sterk hellend gebied. Om de hierdoor veroorzaakte grote regenwateraanvoer af te vlakken is vóór de MBR-installatie een ondergrondse regenwateropvang van 360 m³ gebouwd. Deze regenwateropvang heeft een overstort naar de effluentleiding. In het grofrooster met spleten van 6 mm wordt het grove vuil afgevangen. Dit grofrooster wordt regelmatig met hoge druk en stoom gereinigd om verstopping door vet te voorkomen. Het verwijderde roostergoed wordt met spoelwater naar een cycloon getransporteerd waar het wordt gescheiden en afgevoerd. Het influent passeert vervolgens de fijnroosters (3 mm ronde gaten). Het door dit fijnrooster afgescheiden vuil wordt naar de slibopslag verpompt.

SPECIFICATIES RWZI PORLOCK

- Naam: Porlock Wastewater Treatment Works, Porlock, Somerset, Engeland;
- Vuillast: 3.800 i.e.;
- Hydraulische capaciteit: 1.900 m³/dag;
- Flux over de membranen: 0,75 m³/m².d;
- Type membranen: Kubota, 3.600 stuks, totaal 2.880 m²;
- Investering EURO 6.000.000;
- In bedrijf: sinds februari 1998;
- Beheerder: Wessex Water;
- Ontwerp: Aquator Group Limited;
- Rondleiding: Mr. Keith Brindle en mr Steve Churchouse (Aquator Group Limited);
- Tijdstip bezoek: donderdag 30 oktober 2003;

Hierna komt het rioolwater in de eigenlijke MBR-installatie, zie figuur 4.3. Het water wordt over 4 beluchtingstanks met daarin de membraanunits verdeeld. In elke beluchtingstank staan 6 membraanunits met elk 150 Kubota membraanelementen. Totaal zijn er 3.600 membraanelementen met een totale oppervlakte van 2.880 m². Het debiet van de MBR-installatie bedraagt 1.900 m³/d (90 m³/h). De luchtinblazing voor de reiniging van de membranen vindt plaats door 4 luchtcompressoren. Deze luchtinbreng is tevens voldoende voor de biologische zuiveringsprocessen. Per dag wordt circa 30 minuten de luchtstroom onder de membranen vergroot. De hierdoor veroorzaakte turbulentie voorkomt vervuiling door grotere deeltjes tussen de membranen. Filtratie vindt bij membranen plaats door een

drukverschil over de membranen. Dit drukverschil wordt bij deze Kubota-membranen gecreëerd met behulp van vrij verval over de membranen en heeft een beginwaarde van circa 0,20 m wk. Bij dit systeem zijn dus geen pompen aanwezig die direct aan de membranen zuigen. De flux over de membranen wordt constant op circa $0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ gehouden. Als de flux door vervuiling van de membranen terugloopt, wordt met elektrische afsluiters het gecreëerde vrij verval vergroot zodat de gewenste flux weer wordt bereikt.

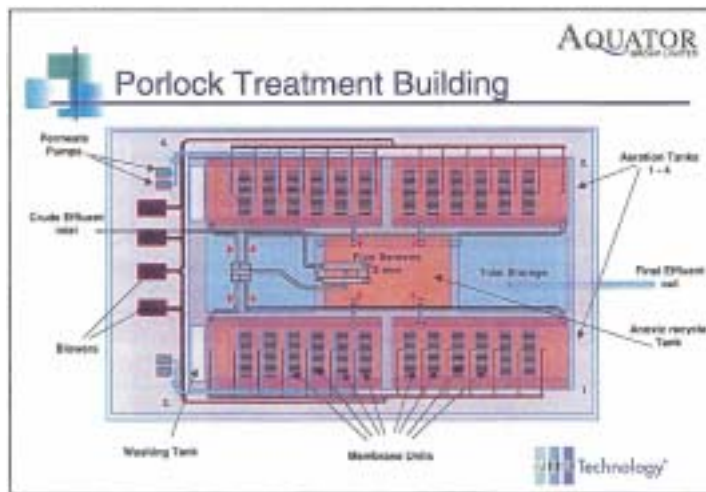
Het slibgehalte in de MBR is 12-18 g/l. Dit heeft tijdens de gebruikperiode gevarieerd van 7 tot 33 g/l. De afvoer van spuislib uit de beluchtingstanks is automatisch en is gebaseerd op een looptijd-wachttijd regeling. Het geproduceerde slib wordt opgeslagen in twee slibopslag-tanks.

Het effluent wordt voordat het wordt geloosd eerst in een “getijdeopslagtank” gepompt. Vanuit deze tank kan het effluent via de effluentleiding onder vrij verval bij hoog water worden geloosd. Hiermee wordt een voor de strandgasten zichtbare lozing van effluent bij laagwater voorkomen.

Bij calamiteiten in de MBR-installatie is er geen andere mogelijkheid om het rioolwater te zuiveren. Het rioolwater zal dan net als de pieklozing het regenwater alleen na passeren van het grofrooster van 6 mm direct worden geloosd in zee.

FIGUUR 4.3

LAY-OUT MBR-INSTALLATIE



4.4 ZUIVERINGSRESULTATEN VAN DE INSTALLATIE

Het zuiveringsresultaat is naar volle tevredenheid van de beheerder. Enkele resultaten zijn:

- BZV5 verwijdering tot waarden gemiddeld kleiner dan 5 mg/l (influent gemiddeld 230 mg/l, maximaal 650 mg/l);
- het effluent bevat gemiddeld 2 mg/l SS (suspended solids). Minimaal < 1 mg/l, maximaal 7¹ mg/l (influent gemiddeld 210 mg/l (max 1.030 mg/l));
- de bacteriologische en virale kwaliteit voldoet aan de zwemwaternorm;
- er zijn geen eisen voor stikstof en fosfaat. Aan de verwijdering van stikstof en fosfaat wordt derhalve geen aandacht besteed.

¹ Er is onvoldoende informatie of deze relatief hoge waarden werkelijk optreden of te wijten zijn aan de meetmethode en de detectiegrens.

4.5 CHEMISCHE REINIGING VAN DE MEMBRANEN

De frequentie van het uitvoeren van onderhoud door chemische reiniging van de membranen is tot op heden minimaal te noemen. In totaal zijn er op deze installatie 8 chemische reinigingen in de laatste 5 jaar uitgevoerd. Voor deze manier van reinigen hoeven de beluchtingstanks niet te worden droog gezet. In een aparte tank met effluent wordt een oplossing van 0,5% NaOCl gemaakt waarmee in situ een membraanunit van 150 membraan-elementen wordt terug-gespoeld. Dit terugspoelen vanuit de tank naar de membranen vindt plaats onder vrij verval. Nadat de NaOCl-oplossing circa één uur heeft ingewerkt in de membranen kan het proces weer worden hervat.

De totale tijd voor deze manier van reinigen bedraagt circa 5 uur per tank van 6 membraan-units. Het reinigingsproces wordt niet volautomatisch uitgevoerd, maar vindt plaats met handbediening. Het moment van het uitvoeren van een chemische reiniging wordt gerelateerd aan het optreden van een verhoogd vrij verval om een gelijke flux over de membranen te handhaven. De beginwaarde van het vrij verval is circa 0,20 m wk en kan door vervuiling van de elementen oplopen tot circa 1,0 m wk. Dit is dan het moment om de chemische reiniging met NaOCl te beginnen. De totale kosten van de chemicaliën voor het reinigen bedragen minder dan 375 euro per jaar (opgave Aquator).

FIGUUR 4.4

KUBOTA MEMBRAANELEMENT



4.6 ONDERHOUD

Tot oktober 2003 zijn bij een tussentijdse inspectie 13 van de 900 membraan-elementen (één straat) niet in orde bevonden, waarvan er 9 beschadigd zijn door verschillende oorzaken (zand en vallen). Vier membranen zijn teruggeplaatst na reiniging. Omdat niet alle membranen visueel zijn geïnspecteerd is het mogelijk dat er meer membranen een nog niet geconstateerde beschadiging hebben. Dit heeft echter tot nu toe niet geleid tot een merkbare verslechtering van de effluentkwaliteit of tot een kleinere flux.

Tot nu toe hebben zich sinds de ingebruikname de volgende drie problemen voorgedaan:

1. door een beschadigd aanvoerriool in Porlock is de MBR-installatie belast geweest door zout zeewater tot een hoeveelheid van 70% van de totale aanvoer. Dit had geen meetbare invloed op het effluent, maar was wel de oorzaak van een slijmhuide op de membranen en daardoor een afnemende flux;
2. door een onjuist ontworpen influentverdeelwerk was er een grote variatie in droge stofgehalten in de 4 beluchtingstanks. Dit is door aanpassingen aan het verdeelwerk verholpen;
3. de uitbraak van mond- en klauwzeer in het najaar van 2000 zorgde er voor dat de installatie enkele maanden niet kon worden bezocht in verband met vee dat op een weiland vóór

de installatie in quarantaine was. In deze periode is in de beluchtingstanks van de MBR-installatie het slibgehalte opgelopen tot 33 g/l. Dit had geen invloed op de membraan-performance en de effluentkwaliteit.

4.7 ERVARINGEN VAN DE BEHEERDER WESSEX WATER

Door de heer Silas Warren van Wessex Water is een persoonlijke impressie gegeven:

- de MBR-installatie Porlock presteert goed;
- de handbediening van de chemische reiniging met NaOCl voldoet goed, gezien de lage frequentie van reinigen. De uitvoering van het systeem kan verbeterd worden. Dit is inmiddels gebeurd bij nieuwe MBR's;
- het aantal membranen dat door beschadiging of vervuiling is uitgevallen, is erg laag;
- geen nieuws uit Porlock is goed nieuws, dat wil zeggen voor de MBR Porlock is weinig aandacht nodig;
- de MBR biedt goede procesresultaten voor kleine en medium installaties (de grotere rwzi Swanage had specifieke knelpunten die samenhangen met de grootte van de installatie);
- aan het opstarten en in bedrijf stellen (commissioning) van een MBR-installatie moet voldoende tijd en aandacht worden besteed. Gedacht moet worden aan 3 tot 6 maanden;
- zorg er voor dat operators op tijd bij het project worden betrokken;
- het oplossen van een probleem in een MBR-installatie vraagt eerder een laptop dan gereedschap.

5

BESCHRIJVING RWZI WESTBURY

5.1 INLEIDING

De rwzi Westbury is opgebouwd uit een conventionele zuiveringsstraat bestaande uit oxidatie-bedden en een MBR gedeelte. De oxidatiebedden waren in een goede staat. De MBR is recent bijgebouwd.

5.2 WAAROM MBR?

Als gevolg van aansluiting en uitbreiding van een zuivelfabriek is de bestaande installatie aangepast. Het zuivel afvalwater wordt op het fabrieksterrein eerst voorbehandeld met een flotatie-unit en pH correctie. Het restant wordt op de rwzi geloosd. Daarnaast zal in de toekomst ook percolaat van een vuilstort op de installatie worden gezuiverd. Dit laatste was nog niet het geval tijdens ons bezoek.

Voor de uitbreiding is gezocht naar een zuiveringsproces dat grote fluctuaties in de vuilvracht eenvoudig kan opvangen. Hierbij is uiteindelijk gekozen voor een MBR. Bijkomend voordeel is het feit dat het effluent van de MBR (BZV/SS/NH₄-N= 5/<5/5) wordt gemengd met het effluent van de conventionele installatie (BZV/SS/NH₄-N= 30/40/10) waardoor het totale effluent een betere kwaliteit heeft dan het effluent van alleen de conventionele installatie (BZV/SS/NH₄-N= 13/20/5). Hiermee worden de effluenteisen gehaald.

In de bedrijfsvoering wordt ook "gespeeld" met het afvalwater. De eerste 54 m³/h van de aanvoer gaan naar de oxidatiebedden omdat deze niet droog mogen vallen. Vervolgens gaat 144 m³/h naar de MBR. De maximale capaciteit van de MBR is begrensd op 52 m³/h per straat (totaal 210 m³/h). De laatste 54 m³/h gaat vervolgens weer naar de oxidatiebedden. Het maximum debiet is dus: 54 + 210 + 52 = 316 m³/h. Op deze wijze probeert men een maximaal effluentresultaat te realiseren. Tijdens het bezoek was er ook een chemicaliëndosering (FeSO₄) voor fosfaatverwijdering. Dat wordt op dit moment geïntroduceerd als proef ten opzichte van aluminiumdosering dat in het ontwerp is aangenomen. De MBR haalt voor fosfaat een effluentkwaliteit van 1,5 mg/l (met ijzerdosering).

FIGUUR 5.1

MBR OP DE RWZI WESTBURY



5.3 BESCHRIJVING MBR

De installatie begint met een ontvangtank waar het afvalwater kan worden gebufferd. Na de buffer wordt het afvalwater behandeld in een rooster (één Huber trommel + één reserve, drie mm gaatjes) en gaat vervolgens door een beluchte zand/vetvangter. In de praktijk blijkt deze echter maar beperkt te functioneren. Dit betekent dat als er een ernstige storing is op het bedrijfsterrein van de zuivelfabriek waarbij het afvalwater ongezuiverd (en zonder dat de voorbehandeling in bedrijf is) wordt geloosd, de voorbehandeling op het eigen zuiveringsterrein niet in staat is om het vet afdoende te verwijderen. Dit heeft echter nog niet geleid tot problemen met de membranen.

Omdat de plaatmembranen relatief veel lucht nodig hebben om verslibbing tegen te gaan wordt vaak gebruik gemaakt van één tank met hierin de membranen. De zuurstofinbreng voor de oxidatie wordt hierbij doorgaans volledig verzorgd door de grove bellenbeluchting voor de membranen. Wegens de te verwachten specifieke influentsamenstelling van Westbury (zuivelindustrie en percolaat) is hier echter sprake van geconcentreerd afvalwater en is gekozen voor een grotere biologie (4 tanks) waarbij slechts 1/3 deel wordt ingenomen door de membranen (per tank 12 sets à 200 platen). Het overige deel wordt intensief belucht met fijne bellenbeluchting.

Het permeaat wordt onder vrij verval afgelaten naar een effluentpompput. In de permeaatleiding van elke straat is een regelklep opgenomen die de permeaatflow stuurt op basis van het vloeistofpeil in de beluchtingstank. Vanuit de membraanruimte wordt actief slib gecirculeerd naar het centrale verdeelwerk, waar het wordt gemengd met influent.

5.4 REINIGING MEMBRANEN

De membranen kunnen (één à tweemaal per jaar) van binnenuit worden gereinigd door vanuit een 650 l voorraadvat onder invloed van de zwaartekracht wasvloeistof (0,5 % NaOCl, bij anorganische precipitaten verdund zuur) via de permeaat-leidingen in te laten stromen. Na de contactperiode wordt de wasvloeistof afgelaten en via een aparte leiding naar de kop van de installatie gevoerd, waar het met het influent wordt opgemengd. De toevoer en afvoer van de wasvloeistof wordt door middel van handmatig bediende kranen gestuurd. De hele procedure vergt ongeveer 1 dag per straat. De permeabiliteit wordt continu gevolgd aan de hand van de transmembraandruk en de flow. Bij schone membranen is de permeabi-

liteit circa 700 l/m².h.bar, bij een flux van 0,5 m³/m².d. Tijdens ons bezoek bedroeg de permeabiliteit circa 350 l/m².h.bar in drie tanks en 500 l/m².h.bar in de vierde (oorzaak niet duidelijk). Bij 250 l/m².h.bar wordt een chemische reiniging toegepast.

5.5 IMPRESSIE BEZOEK

De (MBR) installatie was uitgevoerd als een industriële zuivering. Sober en veel open opstellingen. De aërobe tank zelf was boven maaiveld aangelegd. Aan de zijkant waren de permeaat- en de luchtleidingen goed toegankelijk, maar wel gevoelig voor weersinvloeden en beschadiging. Hier en daar was dat ook zichtbaar. Hier kunnen met de hand de luchtleidingen met het permeaat worden gespoeld, om verstopping met vastgekoekte slibdeeltjes te voorkomen. Deze methode is op de nieuwere Kubota installaties vervangen door eenmaal per dag actiefslib via de nozzles in de luchtleidingen toe te laten, na het openen van een aflatklep aan het eind van de luchtleiding. Hierdoor wordt vastzittend slib losgemaakt.

Tijdens ons bezoek schommelde de zuurstofconcentratie tussen 2 en 4 mg/l. De oorzaak hiervan was een minimaal toerental van de blowers en de niet ideale werking van de constante-drukregeling.

6

ONTWERP MBR'S

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de ontwerpgegevens van de bezochte rwzi's Lowestoft, Porlock en Westbury gepresenteerd en vergeleken met de MBR's die op dit moment in Nederland worden voorbereid: rwzi Varsseveld, Hilversum, Ootmarsum, Heenvliet en Maasbommel.

6.2 ONTWERP MBR'S GROOT-BRITANNIË EN NEDERLAND

De ontwerpgegevens en –uitgangspunten van de zeven locaties staan weergegeven in tabel 6.1. Aanvullend op deze tabel kunnen de volgende opmerkingen worden geplaatst:

- Op de rwzi Porlock was voor de voorbehandeling een buffer in gebruik van 360 m³. Deze buffer werkt als een soort 'voorbezinktank' en beïnvloedt daarmee de aanvoer van zwerende stof naar de voorbehandeling.
- De flux door de Zenon membranen wordt in Lowestoft onder vrij verval gerealiseerd. Doorgaans gebeurt dit bij Zenon installaties met een pomp. De flux door de membranen van de Kubota membranen vindt plaats op basis van vrij verval;
- Redundantie zit bij de installaties in Groot-Brittannië alleen op de membraanstraten (maximale debiet bij n-1). De overige onderdelen zijn bij deze installaties niet redundant uitgevoerd;
- De bedrijfsvoering van de installaties kan grotendeels automatisch verlopen. De halfjaarlijkse reinigingsprocedure bij de bezochte rwzi's gaat echter handmatig. Dit kan ook geautomatiseerd worden. De start van de reinigingsprocedure vindt plaats op basis van Trans Membraan Druk (ofwel TMP) (automatische kleppen, Kubota) of op basis van de flux gekoppeld aan het drukverschil (onttrekkingspompen, Zenon);
- De reiniging van de membranen kan voor zowel Zenon als Kubota handmatig of automatisch worden uitgevoerd. In Lowestoft wordt gebruik gemaakt van een diptank waar de membranen in worden gedompeld. Vervolgens vindt reiniging plaats met chloorbleekloog. Bij de Kubota membranen in Porlock en Westbury vindt de reiniging twee keer per jaar manueel plaats door onder vrij verval de membranen van binnenuit aan de permeatzijde op te vullen met chloorbleekloog en dit een aantal uren te laten inwerken;
- De membraaninstallaties in Porlock en Lowestoft zijn, met het oog op eventuele omgevingshinder (geluid, geur en visueel), in een gebouw gerealiseerd. De installatie in Porlock heeft het uiterlijk van een boerderij (met geurbehandeling).

TABEL 6.1 - ONTWERPASPECTEN MEMBRAANBIOREACTOREN STOWA STUDIEREIS GROOT-BRITTANNIË

Ontwerpparameters	Kubota			Zenon			Heenvliet	Ootmarsum
	Porlock	Westbury	Hilversum (pilot)	Lowestoft	Varsseveld	Maasbommel		
Debiet - gemiddeld, m ³ /d - maximaal, m ³ /h Membraanoppervlak (m ²) Aantal i.e.	1.900 - 2.880 3.800	2.930 - 7.680 -	1.600	7.248 590 22.000 44.000	5.000 755 20.160 23.150	100 20 440 5.700	- 100 - (hybride)	- 150 - (hybride)
Voorzuivering: Filtertype Poriegrootte (mm)	Screen(gaatjes) 3	Screen(gaatjes) 3	Trommelfilter 0,75	Screen+lamellen 3	6 mm screen+ ZV + 0,8 mm zeef	Trommelfilter 0,8	screen (gaatjes) 3 mm	- -
Biologie: Drogestofgehalte (g/l) Slibbelasting (kg BZV/kg ds.d)	12 – 18 -	15 0,06		- -	10 0,04	9 – 11 0,04	10 0,045	- -
Membranen: Ontwerpflux netto (l/m ² .h) Maximale flux netto (l/m ² .h) Transmembraandruk (bar) Onttrekkingspompen (ja/nee) Backpulsen (ja/nee) Beluchttingscapaciteit (Nm ³ /m ³) Reinigingsmethode Recovery cleanfrequentie (x/jr) Maintenance clean frequentie (x/jr) Chemicaliënverbruik (€/jr) Chemicaliënverbruik (€/m ² /jr) Capaciteit in netto m ² mem./m ² vloer Spec opp (m ² mem./m ² moduul)	16 31 0,05 – 0,12 Nee, wel mogelijk Nee, niet mogelijk 0,75 handmatig 1 – 2 0 - 0,14 198 80	19 27 0,05 – 0,12 Nee, wel mogelijk Nee, niet mogelijk 0,75 handmatig 2 0 - - 198 80		26 31 0,1 – 0,5 Nee, wel mogelijk Ja 0,5 handmatig met diptank 0 - - 290 (500a) 135 (500a)	35 46 0,1 – 0,5 ja ja 0,35 automatisch 0 39 4.800 0,24 412 (500d) 162 (500d)	32 45 0,1 – 0,5 Ja Ja 0,8 Automatisch 0 52 1.000 2,3 350 (500c) 195 (500c)	- - - - - - 2 - - - - -	- - - - - - - - - -
Chemicaliën denitrificatie	Geen denitrificatie	Geen denitrificatie	Azijnzuur	Geen denitrificatie	Niet nodig	Acetol	niet nodig	-
Effluenteisen: P-totaal, mg/l N-totaal, mg/l			<0,15 <2,2		<0,15 <5	<0,15 <2,2	<0,15 < 2,2/5	<0,15 <4

7

TECHNOLOGIE

7.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de technologische aspecten van de bezochte MBR installaties. Met het oog op opschaling van MBR wordt aandacht besteed aan de aspecten vereiste capaciteit, prestatie-eisen, behaalde prestaties, voorbehandeling, membraanlevensduur en -vervanging, beluchting, regeling en waar relevant andere technologische aspecten.

In de volgende paragrafen worden eerst algemene aspecten van MBR installaties besproken. Vervolgens wordt ingegaan op Nederlandse MBR projecten die op de eerste avond van de excursie zijn gepresenteerd. Daarna komen de drie bezochte installaties aan de orde en tenslotte volgen algemene conclusies.

7.2 ALGEMENE ASPECTEN MBR

Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 2.3.4 waar de membranen van Zenon en Kubota (grotendeels) op basis van leveranciersinformatie worden vergeleken. Daarnaast is bekend dat de MBR een hoger energieverbruik heeft dan een conventioneel systeem door toepassing van grove bellenbeluchting om ophoping van vuil in het membraan te voorkomen. Eventueel kan fijne bellenbeluchting voor de biologie met hogere zuurstofgehalten worden toegepast. Hierbij moet rekening worden gehouden met een ongunstige alfa-factor wegens de hoge slibconcentraties. Optimalisatie kan worden bereikt door membranen discontinu te beluchten. Vooralsnog wordt dit alleen bij Zenon membranen toegepast. In Groot-Brittannië leek optimalisatie van het energieverbruik niet echt een aandachtspunt.

7.3 PROJECTEN EN ERVARINGEN IN NEDERLAND

7.3.1 INLEIDING

Bij aanvang van het programma zijn Nederlandse projecten en ervaringen toegelicht. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

7.3.2 RWZI MAASBOMMEL (WATERSCHAP RIVIERENLAND)

In Maasbommel is een pilotinstallatie MBR met Zenon membranen geplaatst met een capaciteit van 500 i.e. en 20 m³/h. De MBR zal worden vergeleken met het bestaande omloopstelsel, dat is voorzien van nageschakelde zandfiltratie (een filter met Fe dosering en een filter met koolstofbron). Doel is het behalen van MTR kwaliteit (voor stikstof en fosfaat). De regeling is zeer belangrijk. Er treden pieken op, waardoor de MTR niet continu gehaald wordt. Als oorzaak wordt genoemd de korte verblijftijd in de MBR, door het kleine volume ten opzichte van een conventionele actief-slibinstallatie.

Het slib in de MBR installatie vormt geen goede slibvlokken. De oorzaak is waarschijnlijk het type pompen. De huidige pompen worden daarom vervangen door een type met een lager aantal omwentelingen per tijdseenheid en een open waaier.

7.3.3 RWZI HILVERSUM (HOOGHEEMRAADSCHAP AMSTEL, GOOI EN VECHT)

In de toekomst zal de rwzi verplaatst worden en daarvoor zal een beperkte oppervlakte beschikbaar zijn. Ook vormgeving en landschappelijke inpassing en de effluentkwaliteit zijn daarbij overwegingen. Het effluent moet gaan voldoen aan zogenaamde stuwvalwaterkwaliteit (eisen gaan nog verder dan MTR voor stikstof en fosfaat). Toepassing van MBR-technologie is overigens nog niet besloten. De pilot MBR verwerkt gemiddeld 1,5 m³/h en maximaal 5 m³/h. De MBR is uitgevoerd met Kubota plaatmembranen (2x75 stuks).

7.3.4 RWZI OOTMARSUM (WATERSCHAP REGGE EN DINKEL)

Rwzi Ootmarsum loost op een zogenaamde waterparel. Er zal een vergaande zuiveringstechniek worden gerealiseerd, met de volgende streefwaarden: N _{totaal}: 4 mg/l, NH₄-N: 0,8 mg/l, P _{totaal}: 0,15 mg/l. Er is een hybride variant bedacht met maximale flexibiliteit. De MBR installatie wordt parallel bedreven met het actiefslibstelsysteem. Tussen de MBR en de actiefslib installatie wordt een buffer geplaatst, uitgevoerd als voorbezinktank. Op deze wijze kan ook bij RWA een groot deel van de biologische belasting in de MBR worden behandeld. Verdere geplande maatregelen zijn een zandfilter achter de conventionele installatie, en een stabilisatievijver voor ecologisering van het effluent.

7.3.5 RWZI HEENVLIET (ZUIVERINGSSCHAP HOLLANDSE EILANDEN- EN WAARDEN)

Er is een MBR gepland met een capaciteit van circa 2.500 ie en 100 m³/h om de kwaliteit van het effluent te verbeteren. Er is gekozen voor plaatmembranen, de leverancier was ten tijde van de excursie nog niet geselecteerd. In eerste instantie zal de MBR parallel aan de carrousel gaan functioneren om de effluentkwaliteit te vergelijken (MTR in effluent niet nodig). Daarna worden de biologische systemen gekoppeld, en ontstaat één biologisch systeem met 2 uitgangen, te weten de membraanfiltratie en de nabezinking. De nabezinking wordt alleen tijdens RWA aangesproken. In een laatste onderzoeksfase worden mogelijkheden voor MTR onderzocht door een lagere belasting op de MBR.

7.3.6 RWZI VARSSEVELD (WATERSCHAP RIJN EN IJSSEL)

De installatie in Varsseveld wordt de eerste full scale installatie in Nederland voor huishoudelijk afvalwater, en heeft een demo functie. De installatie wordt uitgevoerd met Zenon membranen, en zal in bedrijf worden genomen eind 2004. De capaciteit bedraagt 23.150 ie en 755 m³/h.

7.3.7 ENKELE INZICHTEN VERWORVEN UIT NEDERLANDS PILOTONDERZOEK:

Eén van de belangrijkste aspecten bij de MBR is het functioneren van de biologie. Een slecht werkende biologie geeft het risico op de vorming van EPS. Dat is Extracellulair Poly Saccharide, een kleverige substantie die in dat geval kan ontstaan. Hierdoor kunnen de prestaties van membranen negatief worden beïnvloed. Er kan dus niet worden gesproken over het functioneren van membranen zonder dat daar andere aspecten van de MBR bij betrokken worden.

Door koekfiltratie op het membraan zal de transmembraandruk (TMP) toenemen. Dit is echter een andere situatie dan een vervuiling van het membraan zelf. De term transmembraandruk is feitelijk geen goede term om het functioneren van de membranen weer te

geven. Het gaat om het membraan inclusief de slibkoek. Uit het onderzoek is verder nog gebleken dat de slibvlok kan worden beschadigd door de intensieve beluchting en door pompen. Ook dit veroorzaakt vorming van EPS, en een verslechtering van de membraanprestaties.

7.4 BEZOEK RWZI LOWESTOFT

De rwzi Lowestoft is in bedrijf sinds januari 2002. In hoofdstuk 3 wordt de rwzi Lowestoft al uitgebreid beschreven. In het onderstaande wordt op een aantal bijzondere aspecten ingegaan. De installatie heeft een ontwerpcapaciteit van ca 400.000 ie (stedelijk afvalwater 33 %, industrieel 67 %) en ca 3.000 m³/h. Het overschot aan RWA wordt direct op zee geloosd. De installatie diende landschappelijk te worden ingepast, met een nulemissie voor geur. De effluenteisen zijn soepel in vergelijking met de praktijk in Nederland. Er moet worden voldaan aan de Europese Norm voor niet-gevoelig oppervlaktewater, hetgeen inhoudt dat BZV moet worden verwijderd tot 25 mg/l, en drogestof tot 30 mg/l. Er gelden geen stikstof- of fosfaateisen.

In de MBR (46.800 ie, ca 22 % van het stedelijk en voorgezuiverde industriële afvalwater) treden in het weekeinde met regelmaat problemen op door pieklozingen van detergents door een groot levensmiddelenbedrijf (factor twee groter dan in de prognose). In het ontwerp zou men voor de wandhoogte achteraf meer ruimte voor schuimvorming opnemen. De installatie heeft een speciale ontluchtings/drukconstructie/verticale buis om waterslagverschijnselen/lucht in de membranen te voorkomen. De voorbehandeling van de MBR is niet kritisch omdat er voorbezinking wordt toegepast. Kennelijk zijn bij voorbezinking voor Zenon membranen 3 mm roosters voldoende. Of 3 mm roosters kunnen worden toegepast zonder voorbezinking kan op basis van het bezoek niet worden vastgesteld.

De MBR is uitgevoerd met Zenon membranen van het type 500a. In totaal zijn 50 cassettes geplaatst voor een hydraulische doorzet van 590 m³/h. De maximale flux wordt hiermee geschat op 31 (590*1000/(50*380)) l/m².h. De installatie is niet uitgevoerd met een maintenance clean "in air" of met een 'clean in place' principe. Er is wel een maintenance clean in het slib zelf door periodiek een backpulse met chemicaliën te geven. Bij een recovery clean worden de elementen handmatig uit de tank getakeld en in een diptank geplaatst, waar met chemicaliën wordt gereinigd. Bij MBRs met Zenon membranen wordt steeds vaker in situ reiniging toegepast.

De beluchting van de membranen vindt intermitterend plaats (10 sec. aan, 10 sec. uit). Deze methode is bedoeld om energie te besparen.

Permeaat wordt onttrokken onder invloed van de zwaartekracht. De afvoer wordt geregeld met behulp van een regelklep. De installatie kent wel terugspoelpompen, zodat het kostenvoordeel van het ontbreken van permeaatpompen gering is.

Kengetallen van de membranen, zoals TMP, permeabiliteit, etc waren niet beschikbaar. Ook gegevens over het functioneren van de biologie waren niet beschikbaar. Het was oorspronkelijk de bedoeling dat de MBR 6 maanden per jaar, namelijk alleen in de zomer in bedrijf zou zijn, gedurende de periode met de belastingpiek van de industrie. Momenteel is de MBR het gehele jaar in bedrijf. Het permeaat wordt benut voor water ten behoeve van de luchtbehandeling. Hierdoor wordt op drinkwater bespaard.

De installatie is gebouwd als een vlaggenschip, met technologische vernieuwingen en veel aandacht voor compacte technieken. De installaties bleken echter dusdanig te worden bedreven dat de technologische mogelijkheden niet optimaal worden benut, noch worden onderzocht. Verder kan worden afgevraagd waarom deze technieken worden gekozen voor een situatie waarbij er nauwelijks eisen worden gesteld aan de effluentkwaliteit.

7.5 BEZOEK RWZI PORLOCK

De rwzi Porlock is de oudste MBR in Groot-Brittannië voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater en is ruim 5 jaar in bedrijf. Zie voor een uitgebreide beschrijving hoofdstuk 4. De installatie is gebouwd voor 3.800 ie en 1.900 m³/d. Het surplus aan regenwater wordt via een bypass en een buffer rechtstreeks in zee geloosd. Dit gebeurt met name in de winter.

Er zijn effluenteisen voor BZV (40 mg/l) en zwevende stof (60 mg/l), niet voor stikstof en fosfaat. De reden voor het plaatsen van een MBR is voornamelijk gelegen in de wens om een goede hygiënische kwaliteit te realiseren. Overigens wordt ammonium wel in redelijke mate verwijderd. Ook van de verwijdering van coliformen en van bacteriofagen (een maat voor virusverwijdering) zijn goede resultaten gepresenteerd (log 6 resp. log 4 reductie).

Voorbehandeling bestaat uit een rooster van 6 mm. In het MBR gebouw staat vervolgens een rooster van 3 mm. De roosters zijn uitgevoerd met gaten. Deze voorbehandeling is voor zover gepresenteerd voldoende gebleken voor het Kubota systeem. De fijnroosters zelf waren niet te zien vanwege schuimvorming die ook hier optrad. De verdeling van het influent over de vier straten verloopt via een verdeeltank. De verdeling van het influent verliep overigens niet ideaal door de te kleine afmetingen.

De opgegeven maximale netto flux bedraagt 0,75 m³/m².d, overeenkomend met 31,3 l/m².h. Geschat wordt dat de gemiddelde netto flux ongeveer de helft hiervan is.

Er wordt in de tank een slibconcentratie nagestreefd van 10 tot 18 g/l. Regelmatig wordt echter een hogere concentratie bereikt. Dat is niet kritisch, zie paragraaf 4.6. In het ontwerp van de Porlock MBR is er relatief weinig ruimte in de tanks naast de membraancassettes. Aquator gaf aan dat deze ruimte te krap is en dat tegenwoordige ontwerpen ruimer worden gemaakt zodat betere stromingsprofielen ontstaan.

Onttrekking van permeaat gebeurt onder vrij verval. De hoogte van het vloeistofniveau in de verdeeltank bepaalt het permeaatdebiet via regelkleppen. De permeaatverzamel leiding wordt vervolgens op niveau gehouden door het water te verpompen.

Recent zijn de membranen van één straat na 5 jaar visueel geïnspecteerd en zo nodig vervangen. Relatief weinig platen moesten worden vervangen. Cijfers van Aquator over alle door hun geïnstalleerde MBR installaties laten zien dat na 5 jaar circa 1% beschadigd is en vervangen moet worden.

7.6 BEZOEK RWZI WESTBURY

De rwzi Westbury is voorzien van een MBR voor een gedeelte van het afvalwater. De MBR staat parallel aan een oxidatiebedinstallatie. Zie voor een uitgebreide beschrijving hoofdstuk 5. Het gemeenschappelijke effluent moet voldoen aan eisen voor BZV (13 mg/l),

zwevende stof (20 mg/l) en $\text{NH}_4\text{-N}$ (5 mg/l). In alleen het MBR effluent wordt tevens een eis gesteld voor P_{totaal} (1,5 mg/l). Deze wordt gerealiseerd door middel van chemische fosfaatverwijdering. Het influent van de MBR bestaat deels uit geconcentreerd industrieel afvalwater van een zuivelfabriek. De gegarandeerde effluentkwaliteit voor de MBR is 5 mg/l voor zowel BZV, zwevende stof als ammonium. De waarde voor zwevende stof lijkt hoog voor een MBR, maar is gerelateerd aan de detectiegrens.

De voorbehandeling bestaat uit een 6 mm rooster, een 3 mm rooster (gaten, type Huber,) en een beluchte zandvang. De vetafscheiding hierin is niet volledig. Dit geeft geen ernstige problemen in de MBR.

De ontwerpcapaciteit van de MBR installatie bedraagt 50.000 ie en het maximale ontwerpdebiet bedraagt 5.000 m³/d (210 m³/h). Gemiddeld wordt 3.536 m³/d (150 m³/h) behandeld. Het gemeten debiet afgelopen jaar bedraagt 2.930 m³/d. Deze belasting is inclusief het water dat van de slibverwerking afkomstig is. Van de BZV belasting is 2/3 afkomstig van de zuivelfabriek.

De MBR bestaat uit 4 tanks met elk een binnenafmeting van 30*4*5 m en met elk 12 cassettes van 200 platen waarmee het totaaloppervlak 7.680 m² bedraagt. De piek netto ontwerpflux bedraagt 27 l/m².h en de netto gemiddelde ontwerpflux 19 l/m².h. De gerealiseerde gemiddelde flux over de membranen bedroeg 16 l/m².h (gemiddeld).

De influentverdeelput is in Westbury groter uitgevoerd dan in Porlock, met als resultaat dat de verdeling over de straten goed is (in tegenstelling tot de verdeling in Porlock).

Naast de grove bellenbeluchting voor de membranen is in de biologie fijne bellenbeluchting geplaatst om voldoende zuurstofinbreng in de biologie te realiseren. Deze beluchtings-elementen zijn ophaalbaar.

7.7 OVERIGE MBR INSTALLATIES IN GROOT-BRITANNIË:

Er zijn inmiddels meer dan 15 stedelijke MBR's operationeel in de Groot-Brittannië. De meeste hebben een capaciteit van 500 – 1.500 m³/d. De twee grootste hebben elk een capaciteit van ca 12.000 m³/d (Swanage en Glasgow).

7.8 CONCLUSIES

Eén van de onbekende factoren was de betrouwbaarheid en kwetsbaarheid van membranen. Tijdens het bezoek aan de drie installaties is door de lange termijn ervaringen absoluut aan vertrouwen gewonnen. De werking van de systemen op zich lijkt niet het knelpunt te zijn en ook irreversibele vervuiling van de membranen lijkt geen knelpunt.

Ten aanzien van de voorbehandeling is op grond van bezochte installaties slechts in beperkte mate een uitspraak te doen of één stap van 3 mm voldoende is. De Zenon installatie werkte met voorbezinking, waarmee in dit geval de voorbehandeling minder kritisch is. Zonder voorbezinking adviseert Zenon roosters van 0,75-1 mm. Een rooster van 3 mm lijkt voldoende als voorbehandeling voor de Kubota membranen.

Inspectie na 5 jaar wordt handmatig uitgevoerd. In Westbury moet een kraanwagen besteld worden, indien membraancassettes worden uitgetakeld. Voor de 24 modules in deze rwzi

wordt geschat dat dit ca één mensmaand kost. Voor een grote rwzi van circa 250.000 i.e. wordt dit geschat op circa 6 mensmaanden.

De bezochte MBR's hebben alle een relatief gunstige RWA/DWA verhouding van circa twee, doordat ofwel een deel wordt behandeld (Lowestoft en Westbury) ofwel doordat het meerdere wordt gebypassed (Porlock, Lowestoft). In dit opzicht zijn de bezochte rwzi's niet helemaal representatief voor de Nederlandse situatie waar deze verhouding hoger ligt en ook alles (tot een groot deel) behandeld moet worden. De biologische belasting van de rwzi Westbury vertoonde overigens volgens Aquator wel grote fluctuaties.

Er is weinig aandacht geschonken aan de optimalisatie van het energieverbruik. In Nederland zal in verband met de vergaande stikstofverwijdering de beluchtingsregeling veel kritischer zijn. De algemene indruk is dat membranen zelf niet zozeer het probleem zijn. Chemische reiniging is op grote schaal geen groot probleem, omdat dit grotendeels automatisch in-situ uit te voeren is. Een punt van aandacht zijn nog de inspectie en eventuele vervanging na circa 5 jaar: hoe dit te doen voor een grootschalige rwzi. Verder is voor het realiseren van MTR met betrekking tot stikstof en fosfaat en andere componenten de situatie Groot-Brittannië niet representatief en zal veel kennis moeten worden gehaald uit de Nederlandse pilotonderzoeken.

8

BOUW

8.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de bouwaspecten van de drie bezochte MBR installaties beschreven. De drie rwzi's zijn qua bouw en techniek verschillend opgezet.

8.2 IMPRESSIE VAN DE LOWESTOFT MBR

De MBR met Zenon membranen is in een overdekte hal geplaatst en ziet er aan de buitenkant indrukwekkend uit. Architectonisch een hoogwaardig kostbaar ontwerp. Op het moment van bezoek was er geuroverlast ondanks het ruim bemeten ventilatiesysteem, waarschijnlijk als gevolg van een calamiteit.

De roostergoedverwijdering staat vertikaal centraal opgesteld. De membraantanks zijn afgedekt met de permeaatleidingen bovenop de membraantank. Deze bevinden zich boven de afdekking en dat is niet gebruikelijk. Voor de chemische reiniging is een aparte schoonmaaktank (diptank) ingericht.

Wat tijdens de rondleiding opvalt, is het gebruik van verschillende materialen bijvoorbeeld voor het leidingwerk, HDPE, PVC, RVS en gietijzer door elkaar toegepast in één en dezelfde leiding.

Er is weinig coating van onderdelen aanwezig wat hier en daar al heeft geleid tot roestvorming. Bovendien oogt het hier en daar wat rommelig. Dit past ook in de manier van werken zoals in Groot-Brittannië wordt toegepast, zie paragraaf 2.2.3.

Waar in het ontwerp over nagedacht is, zijn de verschillende afvalwaterstromen die op de installatie worden verwerkt. De samenstelling en de continuïteit van de stromen zijn tamelijk verschillend, huishoudelijk, industrieel en seizoengebonden. Er is gekozen voor een aparte behandeling van de verschillende afvalwaterstromen waardoor een zo optimaal mogelijke behandeling mogelijk is.

8.3 GLOBALE OMSCHRIJVING VAN DE PORLOCK MBR

De kleine Kubota MBR installatie is niet ruim maar wel efficiënt opgezet. De bediening- en schakelruimte is overzichtelijk en apart van de installatie gehouden. De grofvuil roostergoed-installatie heeft een doorlaat van 3 mm (gaatjes).

Ook hier betreft het een membraantank in een overdekte behuizing waar alle membraan platen/cassettes vrij eenvoudig met een bovenloopkraan verwijderd kunnen worden met een stevig los opgelegde afdekking. Het leidingwerk is goed bereikbaar en de blowers staan logisch opgesteld. Het onderhoud en beheer zijn goed georganiseerd en uitgevoerd.

De rwzi Porlock is gebouwd in een beschermd gebied, nabij een toeristisch strand. Om deze redenen zijn de uitgangspunten bij het ontwerp totaal anders geweest dan bij Lowestoft. Het uiterlijk van de installatie diende op te gaan in de omgeving en het effluentlozingspunt diende de toeristen niet te storen. Het lijkt alsof het nette uiterlijk van de installatie zich ook heeft vertaald in het inwendige van de installatie. Het oogt strak, netjes en efficiënt.

8.4 GLOBALE OMSCHRIJVING VAN DE WESTBURY MBR

De voorbehandeling van de Kubota MBR als onderdeel van de rwzi Westbury bestaat uit twee Huber trommelzeven, hoog, dicht naast elkaar opgesteld (doorlaat van 3 mm). De trommelzeven met een beluchte gootzand-vanger met de grofvuilcontainers zijn onderhoudstechnisch moeilijk bereikbaar. De MBR is bovengronds zonder afdekking goed en overzichtelijk gebouwd. Deze MBR is industrieel gebouwd en inmiddels een jaar oud. Aan architectuur is niet gedacht. Het lijkt alsof met de beschikbare ruimte niet optimaal is omgegaan, maar dat is kennelijk ook niet nodig. Mogelijk speelt de Britse bouwwijze hierbij een rol (par 2.2.3).

8.5 HET BOUWEN VAN EEN MBR

De keuze van het type membraan is voor het ontwerp van de gehele zuivering van belang. Het holle buismembraan van Zenon is het meest compact met een voorbehandeling van 0,75-1,0 mm en een regelmatige chemische reiniging. Het plaatmembraan van Kubota is minder compact maar vereist een minder kritische voorbehandeling van 3 mm. Deze verschillende uitgangspunten vereisen dat in een vroeg stadium van het definitief ontwerp een keuze gemaakt wordt voor het membraantype en met welke fabrikant/leverancier het ontwerp in besteksfase wordt uitgewerkt.

De volgende aspecten zijn bij de keuze van belang:

- RWA/DWA verhouding en mate van gewenste redundantie;
- voorbehandeling, grofvuilverwijdering met doorlaat 0,75 tot 3 mm;
- inpassing in de te verbouwen c.q. nieuw te bouwen rwzi;
- dimensionering en compactheid van de membraantank;
- benodigde chemische reiniging en chemicaliënopslag en -verbruik;
- wijze van en de benodigde membraanbeluchting;
- gewenste mate van automatisering en bediening;
- garantie, rol en kennis van de leverancier;
- investeringskosten (zowel membraan als periferie);
- membraanmateriaal en levensduur;
- energieverbruik.

8.6 DE MBR INSTALLATIES IN GROOT-BRITANNIË

Door de Britse bouwwijze (par 2.2.3) is er een korte bouwperiode en dat is bij de MBR installaties in Lowestoft en Westbury bouwtechnisch terug te vinden. Hierdoor lijkt het alsof de lay-out in Groot-Brittannië minder aandacht krijgt dan in Nederland. Leidingwerk, kabelbanen, en hijsvoorzieningen zijn in de MBR van Lowestoft minder efficiënt aangelegd. De installatieonderdelen zijn niet uniform geconserveerd. In de MBR van Westbury zijn bij het

leidingwerk verschillende materialen op een onlogische wijze gecombineerd (bijvoorbeeld RVS en PVC). De MBR van Porlock ziet er zowel civieltechnisch als elektro-mechanisch prima uit.

8.7 ONDERHOUD

In Groot-Brittannië wordt het onderhoud anders uitgevoerd dan in Nederland. De nadruk ligt meer op correctief onderhoud dan op preventief onderhoud. Daardoor is er minder personeel beschikbaar. Tijdens het bezoek zijn deels ontmantelde (in bedrijf zijnde) apparaten waargenomen. Ook hier en daar lag gereedschap en was de loopruimte geblokkeerd. Dat geeft voor bezoekers een wat minder veilige indruk. In Nederland wordt daarmee anders omgegaan.

8.8 CONCLUSIES

Bouw en onderhoud gebeurt in Groot-Brittannië anders dan in Nederland. Het is een meer turn-key en industriële bouwwijze. Onderhoud is meer correctief en op afroep dan preventief. Daardoor is er minder geoptimaliseerd en met minder oog voor detail en afwerking uitgevoerd. Het is sterk korte termijn gericht en oogt minder duurzaam. Porlock is hierop overigens een uitzondering. In Nederland zal het onderhoud en beheer geïntegreerd in het ontwerp worden meegenomen. Er zullen veel meet- en regelvoorzieningen worden toegepast, zeker bij de eerste Nederlandse MBR installaties, waarin nog veel ervaring moet worden opgedaan en geoptimaliseerd moet worden.

9

BEHEER

9.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de specifieke beheersaspecten besproken. Het is bekend dat bij het toepassen van de MBR techniek een aantal beheersaspecten afwijken ten opzichte van het beheer van een conventionele installatie. Hierbij moet o.a. gedacht worden aan :

- Automatisering.
- Storingsgevoeligheid en stabiliteit van het proces.
- Opstart van een installatie.
- Reiniging.
- Kennis/training.
- Energieverbruik.

9.2 AUTOMATISERING

Een groot verschil tussen een conventionele zuivering en een MBR is de noodzaak tot reinigen van de membranen. In het verleden waren delen van de reiniging handmatig of semi-automatisch. De tendens die de leveranciers aangeven is, dat de reiniging in steeds grotere mate wordt geautomatiseerd.

In de praktijk blijkt dat een SCADA systeem op een MBR eveneens onmisbaar is om een MBR goed te kunnen beheren. Tijdens de excursie is meer dan eens door de sprekers aangegeven dat er een groot verschil bestaat tussen “de zichtbaarheid van het proces” van een conventionele installatie ten opzichte van een MBR. In de MBR zijn de membranen in het water-slib mengsel gedompeld en is er dus niets zichtbaar. Om de werking van het systeem te kunnen beoordelen is er informatie uit het proces nodig. Door het plaatsen van verschillende signaalgevers kan er door het SCADA een trend zichtbaar worden gemaakt. Voorbeeld: om te bepalen of het noodzakelijk is of de MBR installatie chemisch gereinigd moet worden (recovery clean), zijn trends van onder andere de hoeveelheid permeaat ten opzichte van de transmembraandruk een goede graadmeter. De maintenance clean is er primair om de membranen schoon te houden, en om de recovery cleans uit te stellen. Als het effect van relaxatie (Kubota) of backpulse (Zenon) in de tijd gezien steeds minder verbetering van de flux te zien geeft, is het noodzakelijk om te reinigen. Uiteraard is de ontwerpflux hierin maatgevend.

Buiten de bekende eigenschappen van een SCADA, zoals storingsregistratie en visualisatie van het proces, is in een SCADA systeem ook de historie van de individuele MBR cassette goed te registreren als deze in een diptank moet worden gespoeld (zoals bijvoorbeeld voor de Zenon membranen op de MBR van Lowestoft). Dit heeft als voordeel dat ook hier in de tijd de prestatie van de individuele cassette gemakkelijk is te monitoren.

De MBR's in Porlock en Westbury draaien grotendeels onbemand en worden één tot twee keer per week bezocht. Tijdens de MKZ crisis is de installatie van Porlock gedurende enkele maanden niet bezocht. De installatie heeft daarbij vrijwel zonder problemen gefunctioneerd, zie paragraaf 4.6. En dat terwijl het bedienen op afstand niet het beleid van Wessex Water is. Men is van mening dat door het bedienen op afstand de veiligheid mogelijk in gevaar komt, omdat niet altijd kan worden gezien of er ook iemand ter plaatse aan een apparaat aan het werk is. De installatie van Lowestoft is echter dermate omvangrijk (zie hoofdstuk 3) dat hier in dagdienst vijf beheerders aanwezig zijn.

9.3 REINIGING

De wijze, intensiteit en de frequentie van het reinigen verschilt per type membraan. Hieronder wordt aangegeven hoe de reiniging werkt:

Merk	Zenon				
Reiniging	Frequentie	Duur (per tank)	Actie	Chem. nodig?	
Backpulse	1x per 5-10 minuten	20-40 sec.	Permeaat terugpompen in de membraanunit	nee	
Maintenance cleaning (met lege MBR tank (kan ook in volle tank) *	1 x per 2 weken lege tank	22-70 min. (excl leeg-pompen)	pomp MBR tank leeg backpulse met reinigingsvloeistof (30 sec) met NaOCl (500 ppm) wachten (1-5 min.) Herhaal dit 6 keer met NaOCl Flush met permeaat (2 min.) herhaal de backpulse en wachttijd met citroenzuur(1.000 ppm, bij hoge hardheid of Fe dosering ivm P-verwijdering)	ja	
Recovery cleaning(in situ) *	1x per 4-6 maanden	6-12 h	permeaat uitzetten en blijven beluchten MBR tank leegpompen backpulse reinigingsvloeistof tot de MBR tank half vol is MBR tank aanvullen met permeaat laat de membranen staan voor 6-12 uren	ja	

*= gebeurt niet in Lowestoft, omdat de installatie daartoe niet is uitgerust

Merk	Kubota				
Reiniging	Frequentie	Duur (per tank)	Actie	Chem. nodig?	
Flushen beluchtings-systeem	1x per d	1-2 min.	lucht door de beluchtingselementen naar aparte afvoer sturen, waardoor via venturi-werking de slibaangroei in de gaatjes van de grove beluchtingselementen wordt weggespoeld (permeaat is afgesloten)	nee	
Relaxatie	1x per d	15-30 min.	permeaat afsluiten en zwaarder beluchten	nee	
Chemische reiniging	1x per 6 maanden	1,5-2 uren	stop permeaat en beluchting vul membraancassettes met reinigingsop-lossing wachten (1 h) laat reinigingsvloeistof uit units lopen flush units voor 30 minuten	ja	

Alle schoonmaak procedures, behalve de diptank procedure van Zenon, zijn volledig te automatiseren. Het is echter zinvol om de reinigingscycli die tussenpozen hebben van meer dan drie maanden te overwegen deze semi-automatisch uit te voeren. Aspecten die hierin een rol spelen:

- het rendement op de benodigde investeringen,
- faalkansen van onderdelen die niet frequent worden gebruikt.

Ten behoeve van het inspecteren en reinigen van cassette is een hijsvoorziening zinvol als gebruik wordt gemaakt van een diptank, de MBR installatie binnen is geplaatst of als men in verband met onderzoek regelmatig de membranen wil inspecteren.

Uit de praktijk van Wessex Water en Anglian Water is gebleken dat het om problemen te voorkomen belangrijk is om na opstart van een installatie direct de reinigingscycli toe te passen.

9.4 FYSIEKE BELASTING PERSONEEL/ERGONOMIE

Een MBR hoeft fysiek niet meer belastend te zijn voor de medewerkers dan een conventionele installatie. Het is echter belangrijk dat bij hijswerkzaamheden de juiste middelen ter beschikking staan. Tevens dient er rekening gehouden te worden met de mogelijkheid om de membranen schoon te spuiten na verwijdering uit de MBR tank.

Het is van belang om in het ontwerptraject rekening te houden met de bereikbaarheid van de apparatuur, met name omdat er doorgaans meer componenten nodig zijn in een MBR dan in een conventionele installatie. In figuur 9.1 is te zien dat het bordes en de beluchtingsafsluiters op elkaar zijn afgestemd.

FIGUUR 9.1 BORDES EN BELUCHTINGSAFSLUITERS IN WESTBURY



9.5 STORINGSGEVOELIGHEID EN STABILITEIT VAN HET PROCES

De bouwers en beheerders van de in Groot-Brittannië bezochte installaties verklaren dat de MBR processen robuust zijn. Storingen in het proces hebben weinig effect op de slib- en effluentkwaliteit. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de effluenteisen anders zijn dan in Nederland. Een belangrijke randvoorwaarde voor de stabiliteit van de membraanperformance is dat de onderhoudsvorschriften van de leverancier strikt worden opgevolgd.

9.6 OPSTART VAN EEN INSTALLATIE

Bij een MBR is het belangrijk dat als laatste in het bouwproces de membranen worden geplaatst. Daarna moet vóór het opstarten de installatie goed wordt gereinigd. Alle achterblijvende vervuiling kan een risico op beschadiging en/of vervuiling van de membranen vormen.

Tijdens opstart (en ook bij normaal bedrijf) moet goed worden gecontroleerd dat de rooster-goedverwijdering goed werkt en dat er geen “lekstromen” kunnen ontstaan buiten de roostergoedverwijdering om (zoals bijv. een bypass, kieren of spleten). Hierdoor kunnen er verontreinigingen in de MBR komen die kunnen leiden tot vervuiling en/of beschadiging. .

De opstart van een MBR is niet wezenlijk anders dan bij een conventionele installatie. Bij de installaties die zijn bezocht, is bij de opstart entslib gebruikt. Het eenvoudigst kan dit op één tank worden ingezet. Als het slib in die tank voldoende kwaliteit en kwantiteit heeft, kan het worden gebruikt voor de volgende tanks.

Bij testen door DHV in Nederland is gebleken dat het 14 dagen duurt voordat geënt slib een MBR kwaliteit heeft. Dit wordt veroorzaakt door de vorming van EPS (staat voor extracellulair polysaccharide). Tijdens dit proces vindt schuimvorming plaats en daar dient de installatie uiteraard op gebouwd te zijn (voldoende ruimte tussen waterniveau en rand van de tank) en moet een voldoende voorraad (door de leverancier goedgekeurd) anti-schuim aanwezig zijn. De ervaringen in Groot-Brittannië hebben geleerd dat de opstart van een MBR (na enten) 6 tot 8 weken in beslag neemt, afhankelijk van de grootte van de installatie. Daarbij is het belangrijk dat er voldoende tijd voor de opstart wordt gereserveerd, ook in verband met het opleidingstraject van de operators.

9.7 KENNIS/TRAINING

De training van personeel voor het beheren en onderhouden van een MBR vergt bijzondere aandacht. Dit is tijdens de excursie meerdere malen uitdrukkelijk aan de orde geweest. Zoals al eerder is aangegeven speelt het SCADA systeem een belangrijke rol. De procesvoerder kan het proces alleen beheren via het SCADA systeem en is daardoor meer een operator zoals dat in de industrie gebruikelijk is. Dit betekent een andere benadering van het proces en blijkt voor menig procesvoerder een cultuuromslag. Dit stelt eisen aan de training. De mensen die met de MBR gaan werken, moeten gemotiveerd zijn om met SCADA te werken en moeten vroeg bij het project betrokken worden. Dit kan door de volgende maatregelen:

- betrek de verantwoordelijke operators bij de bouw van de MBR;
- zorg dat ze vóór de inbedrijfname al een basis opleiding MBR hebben gehad;
- zorg dat de leverancier van de MBR een goed trainingsplan heeft, waarin alle aspecten aan bod komen;
- betrek de verantwoordelijke operators bij de inbedrijfname;
- zorg voor procesondersteuning van de operators na de inbedrijfname;

9.8 ENERGIE

Tijdens de excursie is de mogelijkheid geboden om het momentane energieverbruik van de MBR te noteren. Deze zijn:

- Lowestoft : onbekend.
- Porlock : 76 kW/3800 i.e.
- Westbury : 230 kW/50.000 i.e. (inclusief oxidatiebedinstallatie).

Deze getallen mogen niet als absolute getallen worden beschouwd, maar er ontstaat wel een idee van de orde van grootte van het energieverbruik.

10

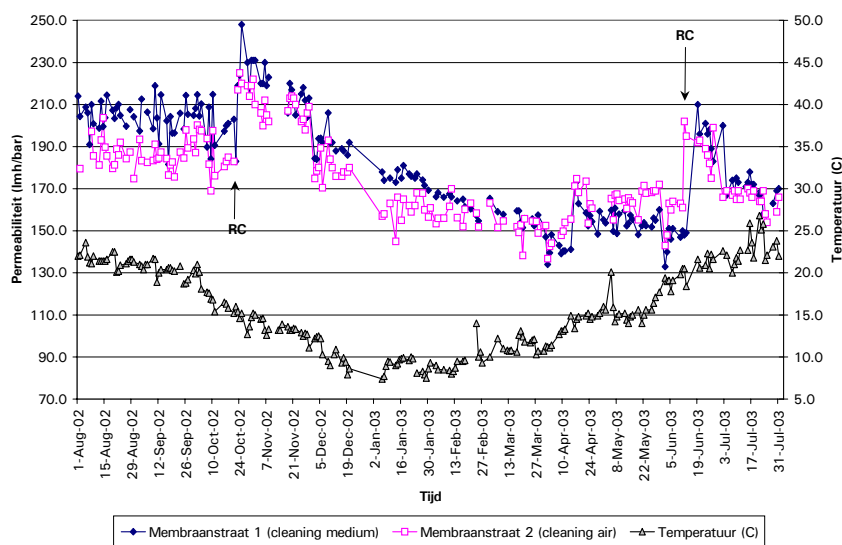
ONDERHOUD

10.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt het benodigde onderhoud voor MBR's beschreven. Met betrekking tot het onderhoud aan een membraanbioreactor dient onderscheid gemaakt te worden tussen de installatieonderdelen, welke ook in een conventionele installatie voorkomen en de membraan-units. Voor de eerstgenoemde onderdelen is er niets bijzonders, maar geldt gewoon het gebruikelijke onderhoud.

Voor de membraanunits geldt dat het volgen van de toestand van de membranen, via de trends op het BBS cruciaal is. Voor het (onderkennen van) onderhoud is meer een laptop nodig dan een gereedschapskist. Dit betekent wel een cultuuromslag voor de traditionele klaarmeesters. Een groot aantal specifieke beheeraspecten kunnen geautomatiseerd worden (in Groot-Brittannië was dit overigens maar beperkt het geval), zoals het reinigen/spoelen van de membranen, het meten van de doorlaatbaarheid (permeabiliteit) en het regelen van het debiet van het permeaat (=effluent) bij wisselende omstandigheden (RWA/DWA). De automatisering brengt ook flink wat extra meet- en regelapparatuur met zich mee, wat (meer) onderhoud vergt. Op basis van de trends van de permeabiliteit van de membranen kan de mate van vervuiling van de membranen worden bepaald. Het belangrijkste onderhoud aan de membranen is dan ook de reiniging. In figuur 10.1 is een voorbeeld van het permeabiliteitsverloop weergegeven. Tevens zijn daarin de uitgevoerde reinigingen (RC) vermeld.

FIGUUR 10.1 VOORBEELD VAN HET PERMEABILITEITSVERLOOP OP DE PILOT-INSTALLATIE TE MAASBOMMEL



10.2 ONDERHOUD EN REINIGING VAN DE MEMBRANEN

Voorwaarde voor het goed functioneren van de membranen is uiteraard een goed ontworpen voorbehandeling. Langs/tussen de membranen moet voldoende turbulentie aanwezig zijn om slibophoping en verstoppingen te voorkomen. Het beluchtingssysteem van de membranen moet derhalve in goede staat gehouden worden.

Door de Air Cycling van Zenon wordt een goede reiniging van de beluchtingsbuizen gecreëerd. Iedere 10 seconden worden de beluchtingsgaten gevuld met slib, waarna dit er even later uitgespoten wordt. Sinds dit toegepast wordt, is geen vervuiling van het beluchtingssysteem meer waargenomen.

In de eerste systemen van Kubota werd het beluchtingssysteem wekelijks met drinkwater of permeaat doorgeblazen. Later is hiervoor een systeem ontwikkeld waarbij actief slib in de beluchtingsbuis stroomt en daarmee aangekoekt slib verwijdert. Wekelijks dient visueel gecontroleerd te worden of het beluchtingspatroon regelmatig is.

Het onderhoud aan de membranen beperkt zich tot het chemisch reinigen. Hierbij wordt verschil gemaakt tussen een onderhoudsreiniging en een intensieve reiniging.

10.3 ZENON-INSTALLATIES

Bij de meeste Zenon-installaties wordt circa twee tot drie keer per jaar een intensieve reiniging uitgevoerd, waarbij of:

- De membraancassettes één voor één uitgehesen worden en nadat ze zijn schoongespoten, circa 6-12 uur in een aparte tank met chemicaliënoplossing worden gehangen.
- Een membraancompartiment eerst wordt leeggepompt, en daarna wordt gevuld met chemicaliënoplossing, zodat de membranen 6-12 uur kunnen weken.

Bij Zenon-membranen kan er ook voor gekozen worden om onderhoudsreinigingen toe te passen. Hiermee wordt beoogd de permeabiliteit van de membranen op een hoog niveau te houden, door regelmatig (één maal per één à drie weken) een reiniging uit te voeren, waarbij lage chemicaliënconcentraties en korte inwerktijden worden toegepast. Hiermee kan de frequentie van de intensieve reiniging verlaagd worden. Dit wordt overigens pas recent toegepast. Hierbij is alleen een koppeling van de chemicaliënpompen aan de PLC benodigd (geen extra kleppen).

De membranen worden teruggespoeld met een chemicaliënoplossing. Dit kan zowel plaatsvinden in een gevuld membraancompartiment, als in een leeggepompt membraancompartiment.

Het chemisch reinigen doet enige aanslag op de levensduur van de membranen. Het is dan ook zaak om alleen de door de leverancier goedgekeurde chemicaliën te gebruiken en dan uiteraard in de zo laag mogelijke effectieve concentraties.

Als de meest recente ontwerpinzichten gevolgd worden en er wordt onderhoudsreinigen toegepast, dan verwacht men voor de Zenon-membranen een levensduur van circa 10 jaar. Daarnaast kan het regelmatig schoonmaken van de installatie-onderdelen als gevolg van schuimvorming nodig zijn. Om schuimvorming zoveel mogelijk te beperken worden ook

wel anti-schuimmiddelen gebruikt. Hierbij dient er op gelet te worden dat geen middelen met siliconen worden toegepast!

10.4 KUBOTA-MEMBRANEN

Bij Kubota membranen vindt geen onderhoudsreiniging plaats. De reinigingsbehoefte is beperkt tot het circa twee keer per jaar intensief reinigen. Periodiek dient een visuele onderhoudscontrole plaats te vinden van de membraanunits. Hiertoe dient de membraantank gedeeltelijk leeggepompt te worden, zodat in ieder geval de permeaataansluitingen zichtbaar zijn. Verder dient na circa vijf jaar een volledige visuele inspectie van alle membraanplaten plaats te vinden. Bij voorkeur dient dit plaats te vinden net na een intensieve reiniging. Hiertoe dient de membraantank te worden leeggezet en worden de membraanplaten afgespoeld met drinkwater. Indien de platen beschadigingen vertonen, dienen deze vervangen te worden. Uitgaande van ervaringen te Porlock en van overige door Aquator ontworpen installaties, wordt verwacht dat de Kubota membranen in ieder geval meer dan 5 jaar meegaan.

In figuur 10.2 is een foto van een Kubota-plaat weergegeven. Na inspectie bleek dat de plaat niet vervangen hoefde te worden. Deze is vier jaar in bedrijf geweest. Het oppervlak is nog behoorlijk schoon.

FIGUUR 10.2 FOTO VAN KUBOTA MEMBRAAN NA VIER JAAR IN BEDRIJF



10.5 CONCLUSIES

Voor het goed functioneren van de membranen is het van belang dat de voorgeschakelde onderdelen goed functioneren.

Uiteraard geldt voor een groot aantal installatieonderdelen (pompen, kleppen, blowers, meetapparatuur, etc), welke ook in een conventionele installatie voorkomen het gebruikelijke onderhoud.

Zoals reeds vermeld in de vorige hoofdstukken gaan de geprivatiseerde waterorganisaties in Groot-Brittannië anders om met onderhoud dan in Nederland de gewoonte is. In Nederland

zouden er voor zo'n complexe installatie als Lowestoft eerder 15-20 personen in dienst zijn dan de 5 personen die nu in dagdienst aanwezig zijn. Het beperkte preventieve onderhoud heeft tot gevolg dat tijdens het bezoek de indruk bestond dat de installatie eerder 5 jaar dan ruim 1,5 jaar in bedrijf was.

Het is zaak de klaarmeesters, het wachtdienst doend personeel en de onderhoudsdienst van een adequate opleiding te voorzien. Het is tevens wenselijk dit personeel vroegtijdig bij het project (ontwerp, bouw) te betrekken. In Groot-Brittannië gebeurde dat vooral tijdens de opleveringsfase waarin ook de start-up plaatsvindt. Kennisoverdracht vindt dan plaats via "on the job training" door ervaren MBR-operators. In Nederland zijn er al opleidingen op het gebied van bediening van MBR-installaties (Stichting Wateropleidingen). Met name bij het werken met chemicaliën dient logischerwijze de nodige aandacht aan het veiligheidsaspect te worden besteed.

Indien de tijdens de studiereis genoemde ontwerpadviezen van de leveranciers/adviseurs bij de realisatie van een membraanbioreactor ter harte worden genomen kan met goed opgeleid, goed gemotiveerd personeel een langdurig betrouwbaar functionerende membraanbioreactor met vertrouwen tegemoet worden gezien.

11

DUURZAAMHEID

11.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de duurzaamheid van de MBR's besproken. Hierbij wordt aandacht besteed aan:

- Levensduur.
- Chemicaliën.
- Energie.
- Ruimtebeslag.
- Effluentkwaliteit.

11.2 LEVENSDUUR

Membranen hebben vooralsnog een kortere levensduur en meer onderhoud nodig dan conventionele toepassingen voor slibwaterscheiding (nabezinktank). De verwachte levensduur is vijf tot tien jaar. Beide membraansystemen hebben inmiddels referenties van MBR installaties met een levensduur in de orde van de verwachte levensduur (> 5 jaar).

De levensduur van membranen is afhankelijk van de voorbehandeling. Het is heel belangrijk om bijvoorbeeld haren en vezels te verwijderen voordat deze bij het membraan komen. Voor het Zenon systeem kan dit leiden tot grote kluiten van vervuiling op de membraanpakketten, waardoor de capaciteit van de membranen kan afnemen. Om dit te voorkomen zijn er fijnroosters nodig, waarbij ook het type rooster van belang is. Dit houdt in dat er met de conventionele roosters onvoldoende verwijdering plaatsvindt (gaatjesroosters in plaats van spleetroosters).

11.3 CHEMICALIËN

Het kan zijn dat de indruk bestaat dat voor het reinigen van membranen veel chemicaliën nodig zijn. Echter voor de bezochte installaties gaat het naar inschatting om slecht enkele m³ chemicaliën per jaar. Het kost minder dan 1 eurocent per m³ behandeld afvalwater, hetgeen in drinkwatertermen verwaarloosbaar is.

Over het algemeen wordt gebruik gemaakt van Natriumhypochloriet en Citroenzuur of Oxaalzuur. Omdat met name chloor verbindingen niet erg goed zijn met betrekking tot volksgezondheid en milieu, wordt momenteel gezocht naar andere middelen en methodes voor reiniging van membranen (bijvoorbeeld bij de MBR Varsseveld de toepassing van waterstofperoxide).

11.4 ENERGIE

Het energieverbruik van een MBR met ondergedompelde membranen is vooralsnog hoger dan het energieverbruik van een conventionele installatie. De ingebrachte lucht ten behoeve van de reiniging van de membranen wordt slechts voor een deel effectief gebruikt voor het biologische proces. Daarnaast zijn de verschillende ondergedompelde systemen nog zodanig in ontwikkeling dat het energieverbruik naar verwachting nog verder omlaag kan. Kubota doet dit onder meer door gebruik te maken van het 'Double-deck' systeem. Zenon maakt gebruik van het 'air-cycling' systeem, waarbij de luchtinbreng intermitterend wordt bedreven. In beide gevallen kan de hoeveelheid lucht daardoor worden beperkt. De verwachting is dat de ontwikkeling op dit gebied voorlopig nog verdere verbeteringen geeft.

Als gevolg van de hogere slibconcentraties in een MBR is de alfa-factor (verhouding tussen luchtinbreng in slib en schoon water) circa 0,5-0,6. De zuurstofinbreng kost daardoor meer energie dan in een conventioneel systeem met een alfa-factor van 0,7-0,9.

11.5 RUIMTEBESLAG

Het benodigde oppervlak en de benodigde ruimte per m² membraanoppervlak wordt steeds kleiner. Zowel Zenon (ZW 500d) als Kubota (Double Deck) hebben ontwikkelingen in die richting. Bij gelijke diepte is het ruimtebeslag van een MBR is een factor 4-6 kleiner dan een conventionele beluchtingstank met nabezinking.

11.6 EFFLUENT

Het voordeel van membranen is dat er veel meer zwevende stof wordt afgevangen dan met een nabezinktank. Wat niet door de membranen kan, komt niet in het effluent. Het produceren van effluent met een betere kwaliteit, met name de vracht onopgeloste bestanddelen, leidt tot een duurzamer watermilieu.

Omdat het toepassen van membranen voor slib-waterscheiding hergebruik van afvalwater voor verschillende doeleinden dichterbij brengt, is het systeem op termijn duurzamer te noemen. Water kan meerdere malen achtereenvolgend gebruikt worden.

Hierbij moet worden gewezen op de alternatieven die voorhanden zijn in de vorm van nageschakelde technieken, zoals zandfiltratie of membraanfiltratie op effluent.

11.7 TENSLOTTE

Alles overziende is de conclusie dat de toekomstige ontwikkelingen op het gebied van MBR zullen uitwijzen wat de uiteindelijke duurzaamheid is. Verschillende milieucompartimenten moeten tegen elkaar worden afgewogen. Op het moment kan dit nog niet concreet worden aangegeven.

In de beschouwing van duurzaamheid dient tevens de totale levensloop van membranen in vergelijking van conventionele systemen bekeken worden. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een LCA (Levenscyclus analyse) worden gedaan.

12

UITGEBREIDE SAMENVATTING EN DISCUSSIE

12.1 INLEIDING

De studiereis heeft een goed beeld gegeven van de toepassing van de MBR. De effluenteisen en de bouwcultuur in Groot-Brittannië zijn echter zodanig verschillend van de Nederlandse situatie dat eigenlijk alleen over de membraansystemen zelf en de voorbehandeling betrouwbare representatieve informatie is verkregen.

Het beschikbare grondoppervlak voor rwzi's is vaak klein, zodat dit in een compacte installatie plaats moet vinden (Porlock). Dit leidt tot een zeer eenvoudige configuratie bestaande uit één beluchtingstank waarin tevens de membranen zijn geplaatst. In de Britse installaties levert de membraanbeluchting een significant deel van de zuurstofinbreng. Verder viel op dat er weinig membranen uitvallen door beschadiging. De zuiveringsprestaties van de MBR's waren goed. Schuimvorming treedt op bij opstart en door calamiteuze lozingen van industrieel afvalwater.

Het inzicht en vertrouwen in de MBR is door de studiereis wel toegenomen. De strengere effluenteisen in Nederland zijn van invloed op het ontwerp en de bedrijfsvoering van een MBR-installatie. Daardoor zijn de Britse MBR's niet in alles representatief en blijven er onzekerheden. Ten aanzien van deze laatste punten moet veel kennis worden gehaald uit de Nederlandse pilotonderzoeken.

In dit hoofdstuk worden de verschillende onderwerpen die in het onderhavige werkrapport zijn besproken samengevat en kort bediscussieerd. In het volgende hoofdstuk zullen eindconclusies en aanbevelingen worden gegeven.

12.2 VERSCHILLEN BRITSE EN NEDERLANDSE MBR'S

Bij het bezoek aan de rwzi's viel op dat er veel verschillen zijn met de Nederlandse situatie. In Groot-Brittannië wordt de MBR voornamelijk toegepast om BZV en zwevende stof te verwijderen en gedesinfecteerd effluent te verkrijgen. In Nederland staat de MBR met name in de belangstelling vanwege de mogelijkheid om vergaand nutriënten en zwevende stof te verwijderen, soms zelfs tot MTR waarden. Dat betekent dat het biologische proces in Nederland een veel grotere rol gaat spelen dan in Groot-Brittannië. De waterschappen in Groot-Brittannië zijn geprivatiseerde ondernemingen. Anders dan in Nederland is er gekozen voor een hoge tijdsdruk bij opstart en bij inbedrijfname en alleen onderhoud achteraf toe te passen. Daar wordt in Nederland anders mee omgegaan.

12.3 TECHNOLOGIE EN ONTWERP MEMBRANEN VAN ZENON EN KUBOTA

Zowel Zenon als Kubota zijn ondergedompelde cross-flow membranen. Zenon heeft capillaire ultrafiltratiemembranen en Kubota heeft plaat microfiltratiemembranen. De toegepaste netto flux voor beide systemen is vergelijkbaar en varieert, afhankelijk van de omstandigheden, tussen 20 en 40 l/m².h. Voor de membraanbeluchting van Zenon is circa 0,35 Nm³/m².h (ZW 500d) benodigd, voor Kubota circa 0,50-0,75 Nm³/m².h benodigd, uitgaande van het Kubota dubbeldekkersysteem.

Er is weinig aandacht geschonken aan de optimalisatie van het energieverbruik. Daar is dus geen informatie over beschikbaar. Er is ook geen informatie over het chemicaliënverbruik uit de praktijk. Inzichten over technologie en ontwerp van MBR is met name verkregen op het gebied van de membranen zelf en de voorbehandeling.

Een voordeel van Zenon membranen is een kleiner ruimtebeslag. In vergelijking met een Kubota dubbeldekker configuratie is bij de Zenon ZW500d module half zo veel ruimte nodig. Het is echter de vraag hoe relevant dit is in vergelijking met de veel meer ruimte vragende conventionele systemen. De compactheid van de capillaire membranen heeft ook een keerzijde: gevoeligheid voor roostergoed. Voor de capillaire membranen wordt door de leverancier een voorbehandeling van 0,75-1 mm geadviseerd, terwijl bij de plaatmembranen wordt uitgegaan van 3 mm. Hoewel Zenon beweert dat deze fijne filtratie niet strikt noodzakelijk is (met voorbezinking in Lowestoft is 3 mm voldoende), maakt deze fijnere filtratie het proces van roostergoed handling wel gevoeliger. De meningen hierover zijn overigens verdeeld. Voor de totale productie (slib + roostergoed) maakt het echter niets uit. Een roostergoedwasser is zinvol om de hoeveelheid roostergoed te verminderen en BZV te sparen voor het proces. Een bypass is uitgesloten omdat daarmee de membranen worden vervuild en uiteindelijk zelfs beschadigd. De werking van de membranen is gevoelig voor vet, emulsies en siliconen. Hoge pH en zouten kunnen scaling veroorzaken.

Het slibgehalte in de MBR's wordt doorgaans ingesteld tussen 10 en 20 g/l. Zelfs bij extremen van 30 g/l blijft de effluentkwaliteit goed. De gemiddelde netto flux varieert van 20-30 l/m².h. Het maximum is circa 50 l/m².h. De transmembraandruk varieert van 0,1-0,5 bar. De flux door de Zenon membranen wordt doorgaans met een pomp gerealiseerd, die van de Kubota membranen op basis van vrij verval.

Op basis van het bezoek is gebleken dat de betrouwbaarheid en kwetsbaarheid van de membranen geen knelpunt is. Ook de irreversibele vervuiling van de membranen is geen knelpunt. Halfjaarlijkse chemische reiniging vindt grotendeels handmatig plaats. Inspectie na 5 jaar wordt handmatig uitgevoerd. Redundantie zit bij de Britse installaties alleen op de membraanstraten, waarbij de membraanunits wegens de noodzaak tot reinigen (N+1) zijn uitgevoerd. De overige onderdelen zijn bij deze installaties niet redundant uitgevoerd.

12.4 BOUW, BEHEER EN ONDERHOUD

Door de geprivatiseerde markt in Groot-Brittannië is de bouwwijze behoorlijk afwijkend van de Nederlandse, zie paragraaf 12.2. Om de werking van de MBR goed te kunnen beoordelen zijn SCADA trends onmisbaar. Uit de ervaringen in Groot-Brittannië lijkt het er op dat storingen in het proces weinig effect hebben op de slib- en effluentkwaliteit. Door de vergaande stikstofverwijdering in Nederland zal de procescontrole bij ons echter kritischer zijn. Een belangrijke randvoorwaarde voor de stabiliteit van de membraanperformance is

dat de onderhoudsvorschriften van de leverancier strikt worden opgevolgd (tijdens opstart en normaal bedrijf). Te allen tijde moeten “lekstromen” buiten de roostergoedverwijdering om worden voorkomen. De opstart van een MBR is vergelijkbaar met een conventionele installatie.

De opstart van een MBR (na enten) neemt 6 tot 8 weken in beslag. Er moet voldoende tijd zijn voor opleiding operators, ook met betrekking tot beheer en onderhoud. Meer dan eens wordt benadrukt, dat het zaak is de klaarmeesters, het wachtdienst doend personeel en de onderhoudsdienst van een adequate opleiding te voorzien. Het is tevens wenselijk dit personeel vroegtijdig bij het project (ontwerp, bouw) te betrekken.

12.5 DUURZAAMHEID

De toekomstige ontwikkelingen en verfijningen op het gebied van MBR zullen uitwijzen wat de uiteindelijke duurzaamheid is. Verschillende milieucompartimenten moeten tegen elkaar worden afgewogen. Op het moment kan daar nog niet zoveel over worden gezegd.

13

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste conclusies en aanbevelingen die zijn voortgekomen uit de studiereis in Groot-Brittannië beschreven. Deze zijn relevant voor de Nederlandse situatie en van belang voor de projecten die op dit moment in Nederland worden voorbereid:

- Zowel de capillaire membranen van Zenon als de plaatmembranen van Kubota zijn in de praktijk beproefde betrouwbare membraansystemen. Er treedt weinig uitval van deze membranen op.
- De fluxen en benodigde beluchting van de twee membraansystemen zijn vergelijkbaar.
- De membranen van Zenon hebben een kleiner ruimtebeslag, tot circa de helft van het benodigde ruimtebeslag van de Kubota membranen.
- Voor de membranen van Zenon wordt geadviseerd om bij ruw (niet voorbezonken) afvalwater uit te gaan van een roostergoedverwijdering met gaatjes van 0,75-1 mm (met voorbezinking is 3 mm mogelijk). Voor de membranen van Kubota is het advies uit te gaan van gaatjes van 3 mm zowel voor ruw als voor voorbezonken afvalwater. Een bypass van het fijnrooster is uitgesloten, omdat daarmee de membranen kunnen worden beschadigd.
- Voor het beheer van MBR's zijn SCADA trends van de permeabiliteit onmisbaar.
- Een tijdelijk te hoog slibgehalte heeft weinig effect op de slib- en effluentkwaliteit.
- Het energie- en chemicaliëngebruik zijn bij de MBR's in Groot-Brittannië onduidelijk gebleven.
- Bij het ontwerp, de realisatie en de bedrijfsvoering moet rekening worden gehouden met schuimvorming. Dat betekent een extra hoge rand op de AT en (de juiste) anti-schuimmiddelen toepassen om schuimvorming te verminderen.
- De klaarmeesters, het wachtdienstpersoneel en de onderhoudsdienst moeten van een adequate opleiding worden voorzien. Het is tevens wenselijk dit personeel vroegtijdig bij het project (ontwerp, bouw) te betrekken.

14

VERKLARENDE WOORDENLIJST

ALFA-FACTOR

De zuurstofinbreng door een beluchtingsysteem wordt bemoeilijkt door afvalstoffen in het afvalwater en (hoge) gehalten aan actief slib. De alfafactor geeft de verhouding aan tussen de zuurstofoverdracht in afvalwater/actiefslibmengsel en de zuurstofoverdracht in schoon water

BACKFLUSH

Terugspoeling. Periodieke omkering van de permeaatstroom door het membraan (van de schone naar de vuile zijde) met als doel de verwijdering van vervuiling van het membraanoppervlak

BACKPULSE

Zie backflush

BACTERIOFAAG

Virus voor bacteriën

BBS

Beeldscherm Bedienings Systeem

CAKE FILTRATION

Koekfiltratie. Filtratie door een uit slibvlokken en macromoleculen bestaande poreuze filterkoek op het membraanoppervlak. De filterkoek wordt opgebouwd door permeaat onttrekking door het membraan waardoor concentratieverhoging plaatsvindt van de gesuspendeerde deeltjes en macromoleculen op het membraanoppervlak.

CAPILLAIRE MEMBRAAN

Zie holle vezel membraan

CASSETTE

Zie membraancassette

CLEANING IN PLACE

(CIP) Reinigingssysteem waarbij de te reinigen onderdelen binnen de procesconfiguratie, dus zonder uitbouw, kunnen worden gereinigd

CIP TANK

Opslagvat voor permeaat om het spoelen van de membranen mogelijk te maken

COLIFORMEN

Darmbacteriën

COMMISSIONING

Engelse term voor het proces van opleveren en opstarten

CONTACT-STABILISATIE

Compact actief-slibproces voor verwijdering BZV door adsorptie, waarbij afbraak plaatsvinden door beluchten van retour-slib

CROSS-FLOW

Dwarsstroom. Een term die gebruikt wordt om de vloeistofstroom parallel aan het membraanoppervlak aan te duiden. Deze dwarsstroom staat loodrecht op de stroomrichting van het permeaat (in tegenstelling tot dead end filtratie, waarbij de stromingsrichting en filtratierichting hetzelfde zijn)

DAF

Dissolved Air Flotation: fysisch-chemische zuivering voor verwijdering vet en zwevende stof door middel van flotatie (opdrijven)

DESINFECTIE

Behandeling van afvalwater, bijvoorbeeld door middel van membraan-filtratie, om het aantal pathogene micro-organismen tot onder vast-gestelde grenzen te laten afnemen

DIPTANK

Aparte tank waarin membraancassettes worden ondergedompeld voor een recovery cleaning

DOUBLE-DECK

Dubbeldekkersysteem

DUBBELDEKKERSYSTEEM

Twee boven elkaar geplaatste membraancassettes

EPS

Extracellulair Poly Saccharide, kleverige substantie die kan ontstaan bij slecht werkende biologie, waardoor de werking van het membraan wordt gehinderd

FILTRAAT

Het gefilterde slib-watermengsel, ook permeaat genoemd

FLUSHEN

Lucht door de beluchtingselementen naar aparte afvoer sturen, waardoor via venturiwerking de slibaangroei in de gaatjes van de grove beluchtingselementen wordt weggespoeld (permeaat is afgesloten)

FLUX

De flux geeft de hoeveelheid van een vloeistof ('permeaat') aan die per tijdseenheid door een membraanoppervlak kan worden geleid. De flux wordt uitgedrukt als (l/m².h). De verkregen waarde voor de permeaatflux is o.a. afhankelijk van de drukval over het membraan (TMP = trans membraan druk), temperatuur en de membraanvervuiling. Er is een bruto, netto en maximale flux

FOOTPRINT

Ruimtebeslag

HOLLE VEZEL MEMBRAAN

Membraan in de vorm van een rietje, waarbij het water van buiten naar binnen stroomt

HYBRIDE

Combinatie van conventioneel actiefslib en MBR in één proces

HYDROFIEL

Wateraantrekkend, membraan eigenschap. Tegengestelde van hydro-foob

HYDROFOOB

Waterafstotend, membraan eigenschap. Tegengestelde van hydrofiel

IC REACTOR

Interne Circulatie reactor, anaërobe reactor

IN SITU

Op locatie. Reiniging op de plaats waar de membranen zich in het proces bevinden

INTENSIEVE REINIGING

IC. Een reiniging die er op gericht is om het membraan weer de oorspronkelijke permeabiliteit terug te geven. IC's vinden plaats met een lage frequentie in tegenstelling tot de MC's (onderhoudsreiniging)

KALDNES-PROCÉDÉ

Afvalwaterzuivering met biofilm op plastic ringen, variant van het MBBR proces

KOEKFILTRATIE

Zie cake filtration

KUBOTA

Leverancier van plaatmembraansystemen

MAINTENANCE CLEANING

MC. Zie onderhoudsreiniging

MBBR

Moving Bed Bio Reactor, biofilm proces

MBR

Zie membraanbioreactor

MEMBRAAN

Een filter met kleine poriën, dat onder andere wordt toegepast om actief slib en gezuiverd effluent van elkaar te scheiden

MEMBRAANBIOREACTOR

MBR. Gesuspenseerd actief-slibstelsysteem waarbij de scheiding van actiefslib en het gezuiverde effluent plaatsvindt met behulp van membranen in plaats van door bezinktanks

MEMBRAANCASSETTE

Zij-aan-zij gegroepede membraanmodules. Een cassette kan in zijn geheel worden uitgetakeld

MEMBRAANMODULE

kleinste unit in een cassette, waarin de membranen verbonden zijn met de permeatafvoer. Uit een cassette kan een module handmatig worden verwijderd

MEMBRAANTANK

MT. De ruimte waarin zich de membraanunits bevinden

MICROFILTRATIE

Filtratie door membranen met een poriediameter van 0,1-1 µm

MKZ CRISIS

Mond en Klauw Zeer crisis, veeziekte

MTR

Maximaal Toelaatbaar Risico. Een in de Vierde Nota waterhuis-houding gedefinieerde minimum waterkwaliteit. O.a. voor stikstof en fosfaat is de MTR gesteld op respectievelijk 2,2 mg Ntotaal/l en 0,15 mg Ptotaal/l in de zomer

ONDERHOUDSREINIGING

Dit is een reiniging van de membranen die op reguliere basis plaatsvindt. Deze reiniging heeft hoofdzakelijk een preventief karakter om hardnekkige vervuiling van het membraanoppervlak te voorkomen of te bestrijden

PERMEAAT

Benaming voor het product dat door een membraan stroomt en wordt afgevoerd. Het effluent van een membraaninstallatie. Ook filtraat genoemd

PERMEABILITEIT

De permeabiliteit ($l/m^2 \cdot h \cdot bar$) is de membraanflux gedeeld door de transmembraandruk (TMP) over het membraan. De permeabiliteit van een membraan is een maat van de weerstand, die het membraan biedt aan het water dat door het membraanoppervlak stroomt onder invloed van de drijvende kracht (transmembraandruk TMP), die op het water wordt uitgeoefend

PLAATMEMBRAAN

Membraan in de vorm van twee platen met stroming van het filtraat van buiten naar binnen

PLC

Programmable Logic Controller, hardware en (programmeerbare) software waarmee een proces kan worden bestuurd

POREBLOCKING

Verstoppen van de poriën in het membraan door deeltjes in de slibkoek

PUNCH HOLE

Porie

RECOVERY CLEAN

Zie Intensive Clean

RELAXATIE

Ontspanning. Met ontspanning of relaxatie wordt bedoeld dat in actief bedrijf de membranen gedurende een bepaalde tijd zonder (noemenswaardig) drukverschil over het membraan worden bedreven. Dit heeft een reinigend effect op het membraan

RWZI

Rioolwaterzuiveringsinstallatie

SCADA

Systeem met PLC en BBS, waarmee het proces visueel kan worden gevolgd en beheerst

SCREEN

Rooster of zeef om de grove delen te verwijderen

SLIBKOEKFILTRATIE

Door de laag slib die zich op het membraan afzet, wordt de filterende werking van het membraan versterkt

SLIBLEEFTIJD

De hoeveelheid slib (kg ds) gedeeld door de hoeveelheid verwijderd slib (kg ds/d) door spui of effluent. De hoeveelheid slib wordt bepaald door het totale reactorvolume, inclusief de membraantanks, maar exclusief de anaërobe zones. Slibleeftijd is hiermee de tijd die het slib ter beschikking heeft om zich volledig te vervangen

SOLIS

Leverancier Kubota membranen

TRANS MEMBRAAN DRUK

TMP. De TMP is de drukval over het membraan, tussen de actiefslibzijde (concentraat) en de permeatzijde. De TMP is de drijvende kracht waardoor de filtratie door de membranen plaatsvindt. Het drukverschil kan worden gerealiseerd door de actiefslibzijde op overdruk te brengen of door aan de permeatzijde een onderdruk aan te brengen

ULTRAFILTRATIE

UF. Filtratie van deeltjes groter dan 0,005 μm . Membranen hebben een poriegrootte van 0,01-0,1 μm

VENTURI-WERKING

Door een stroomversmalling, treden snelheidsverschillen op met een reinigende werking als gevolg

ZENON

Leverancier capillaire membranen

15

DEELNEMERS STUDIEREIS

Deelnemers STOWA-excursie MBR-installaties Groot-Brittannië 28 t/m 31 oktober 2003

1 André van Bentem	DHV-water
2 Ron Corstens	Dienst Waterbeheer en Riolering
3 Jeroen Goverde	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Rwzi Beverwijk
4 Ruud Hekman	Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
5 Peter de Jong	Witteveen + Bos
6 Ferdinand Kiestra	Royal Haskoning
7 Kees de Korte	Dienst Waterbeheer en Riolering
8 Robbert van der Kuij	DHV-water
9 Christiaan Kuyper	Waterschap Velt en Vecht
10 Elbert Majoor	Waterschap Velt en Vecht
11 Jan Willem Mulder	Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
12 Joop Nijholt	Waterschap Regge en Dinkel
13 Dennis Piron	Waterschap Rivierenland
14 Hans Pluim	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
15 Berend Reitsma	TAUW
16 Henry van Veldhuizen	Grontmij
17 Hans Rooze	Waterschap Regge en Dinkel
18 Ruud Schemen	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
19 Philip Schyns	Waterschap Rijn en IJssel
20 Cora Uijterlinde	STOWA
21 Dick de Vente	Waterschap Regge en Dinkel
22 Paul Versteeg	Hoogheemraadschap van Rijnland
23 Ger Verwoert	Dienst Waterbeheer en Riolering
24 Stefan Weijers	Waterschap de Dommel
25 Ferry de Wilde	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

BIJLAGE 1

FOTOCOLLAGE