

## **Van ‘Proof of Principle’ naar Full Scale**

Ziekenhuizen, verpleeg- en verzorgingstehuizen zijn locaties waar relatief veel geneesmiddelen door patiënten en bewoners worden gebruikt. Ziekenhuisafvalwater vormt een significante bron van microverontreinigingen zoals antibiotica, cytostatica en röntgencontrastmiddelen. Ook geneesmiddelen worden in een geconcentreerdere vorm aangetroffen. Dit komt door een lagere verdunningsgraad in vergelijking met huishoudelijk afvalwater. Met een geavanceerde zuivering op semi-technische schaal is het afvalwater op het terrein van het Reinier de Graaf Gasthuis te Delft vergaand ontdaan van alle microverontreinigingen. Het vrijkomende zuiveringsslib wordt vergist; het vrijkomende gas wordt in energie omgezet.

### **HET PRINCIPE**

Pharmafilter is een integraal concept voor de optimalisatie van verzorging, afvalverwerking en zuivering van afvalwater in ziekenhuizen. Iedere verpleegafdeling krijgt een of meerdere vermalers (Tonto's) die onder meer etensresten en eenmalig te gebruiken po's en urinalen verwerken. Deze laatste producten zijn speciaal ontwikkeld en van biologisch afbreekbaar materiaal geproduceerd.

Het afval wordt vermalen en samen met het afvalwater van douches, wasbakken en toiletten via de bestaande riolering van het ziekenhuis naar een vergisting- en zuiveringsinstallatie geleid. Op deze wijze wordt in het ziekenhuis een hygiënisch, logistiek en financieel voordeel behaald. Het afvalwater met het vermalen afval kan echter niet meer direct op de gemeentelijke riolering worden geloosd en wordt daarom gescheiden en verder ter plaatse gezuiverd en verwerkt.

Bacteriën zetten in een vergister het organisch afval om in biogas, dat door middel van een gasmotor de lokale zuiveringsinstallatie van energie voorziet. Het met relatief veel medicijnen belaste afvalwater wordt gezuiverd tot schoon water, een wereldprimeur voor het Reinier de Graaf Gasthuis in Delft, het Hoogheemraadschap van Delfland en Stichting Toegepast Waterbeheer (STOWA).

In de periode van april tot en met september 2008 is bij dit ziekenhuis een proefinstallatie bedreven die model staat voor het waterzuiverings- en slibvergistingsonderdeel van het totale reinigings- en zuiveringsconcept. Het betrof een ‘Proof-of-Principle’ om te onderzoeken of de geselecteerde installatieconfiguratie en de vooraf vastgestelde bedrijfsvoering daadwerkelijk kunnen functioneren. Doel was om bioplastics tezamen met keukenafval en primair slib uit het hoofdriool te vergisten onder thermofiele condities en het verwijderen van microveront-

reinigingen uit dit afvalwater. Op basis van de analyses en de ervaringen met de technische bedrijfsvoering is geconstateerd dat het 'Proof-of-Principle' geslaagd was. Mede op basis van dit onderzoek zijn de ontwerpen gemaakt voor een tweetal full scale (afval)waterinstallaties bij ziekenhuizen in Delft en Zwolle. In dit artikel wordt de opbouw van de full scale installatie en de uitkomsten van het proefonderzoek beschreven.

In april 2010 is begonnen met de bouw van de Delftse installatie (figuur 1), welke sinds oktober 2010 in gebruik is.



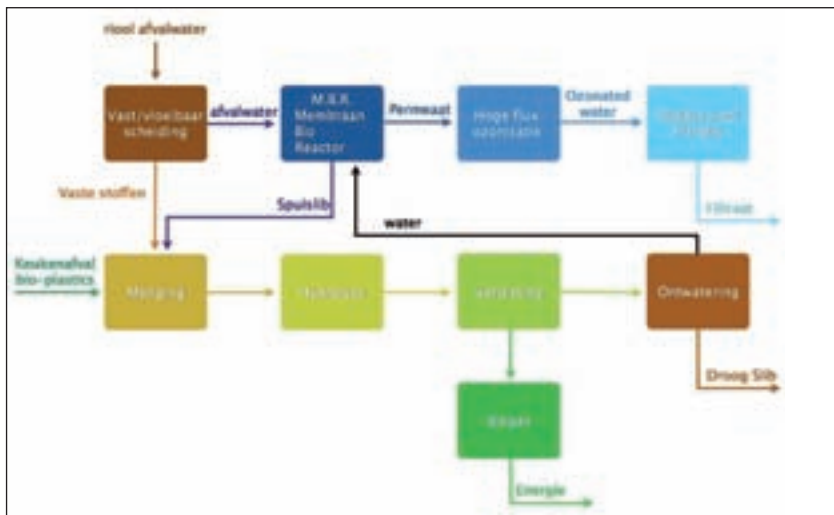
*Figuur 1: Full scale pharmafilter*

## **HET PROEFONDERZOEK**

In de waterzuivering en het vergistingsstelsel worden verschillende processtappen doorlopen. Voor de behandeling van het afvalwater van het ziekenhuis is uitgegaan van een biologische voorzuivering met een nageschakelde combinatie van geavanceerde oxidatie in de vorm van onder meer ozonisatie en een biologisch actief koolfiltratie. De biologische voorzuivering bestaat uit een MembraanBioReactor (MBR) op basis van ultrafiltratie.

Vast afval wordt doormiddel van hydrolyse en vergisting omgezet in biogas voor de productie van warmte en elektriciteit. In figuur 2 is een flowdiagram weergegeven van de hele zuiveringstrein inclusief voorbehandeling, zoals gehanteerd tijdens de proef periode en bijna ongewijzigd full scale geïmplementeerd. Hier worden de bioplastics en keukenafval aangevoerd via het rioolstelsel in plaats van handmatige dosering.

Het afvalwater vanuit het ziekenhuisriool wordt nu verzameld in een ontvangstput in de zuivering, waarna het over een roostergoedverwijdering wordt geleid. In tabel 1 is de samenstelling van het ziekenhuisafvalwater ten tijde van de proef zoals dat na voorbezinken aan de membraanbioreactor werd gevoed, weergegeven.



*Figuur 2: Flowdiagram zuiveringinstallatie proefonderzoek*

*Tabel 1: Gemiddelde samenstelling ziekenhuisafvalwater (n =6 – 20)*

| Gemiddelde influent samenstelling MBR | Concentratie (mg/l) |
|---------------------------------------|---------------------|
| Biochemisch zuurstofverbruik (BZV)    | 213                 |
| Chemisch zuurstofverbruik (CZV)       | 485                 |
| Stikstof Kjeldahl als N               | 73,1                |
| Som nitraat en nitriet als N          | 1,5                 |
| Fosfor totaal als P                   | 9,2                 |
| Orthofosfaat als P                    | 7,4                 |
| Chloride                              | 256                 |
| Ammonium als N                        | 55,7                |
| Barium                                | 1519                |
| Cadmium                               | 1,5                 |
| Chroom                                | 24,4                |
| Koper                                 | 140                 |
| Nikkel                                | 14,4                |
| Lood                                  | 12,2                |
| Zink                                  | 123                 |
| Kwik                                  | 0,1                 |
| Arseen                                | 1,1                 |

In het proefonderzoek zijn er, behalve de normale afvalwaterparameters, ook een aantal medicijnen, röntgencontrastmiddelen en diverse hormoonverstorende parameters gemeten. Deze metingen zijn uitgevoerd tijdens een zestal meetsessies onder diverse procescondities wat betreft debiet, verblijftijden en ozondoseringen. Van de 40 geanalyseerde medicijnen zijn er bij de diverse meetrondes 18 aangetroffen die boven de detectielimiet in het voorbezonden afvalwater aanwezig waren. Per test zijn er gemiddeld 12 stoffen boven de detectielimiet gemeten. Tabel 2 geeft een overzicht van deze gemeten medicijnen.

Tabel 2: Overzicht concentraties medicijnresten ( $\mu\text{g/l}$ )

| Naam medicijn   | Test 1 | Test 2 | Test 3 | Test 4 | Test 5 | Test 6 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bezafibraat     | 0,03   | 0,04   | -      | -      | -      | -      |
| Carbamazepine   | -      | 0,36   | -      | 0,89   | 0,38   | -      |
| Coffeine        | 930    | 920    | 780    | 340    | -      | 2100   |
| Cyclofosfamide  | 2,2    | 1,1    | 5,3    | -      | 4,5    | 7,60   |
| Diclofenac      | 1,6    | 1,4    | 1,5    | 2,4    | 1,5    | 1,80   |
| Erythromycine   | -      | 2,4    | 5,4    | -      | -      | -      |
| Fenofibraat     | 0,39   | -      | -      | -      | -      | -      |
| Fenoprofen      | 0,03   | -      | -      | -      | -      | -      |
| Gemfibrozil     | 13     | 9,9    | 11     | 0,14   | -      | 4,50   |
| Ibuprofen       | 16     | 8      | 12     | 5,1    | 3,1    | 4,60   |
| Ketoprofen      | -      | -      | -      | 0,8    | -      | -      |
| Metoprolol      | -      | 2,3    | 1,7    | 3,6    | 2,3    | 17     |
| Primidon        | -      | -      | -      | 0,46   | 1,5    | -      |
| Naproxen        | 21     | 11     | 11     | 14     | 14     | 34     |
| Nafclicine      | -      | 0,05   | -      | -      | -      | -      |
| Sulfamethoxazol | 6,1    | 0,62   | 1,6    | 7,1    | 5,5    | 5,40   |
| Tolfenaminezuur | -      | -      | 0,04   | -      | -      | -      |
| Trimethoprim    | 6,2    | 1,6    | 3,4    | 4,3    | 6,7    | 10     |

De membraanbioreactor in combinatie met ozon en actief kool verwijderde de zuurstofbindende stoffen met circa 99%, hetgeen hoog is voor een zuiveringsproces op biologische en fysisch-chemische basis. In de membraanbioreactor wordt het overgrote deel van deze stoffen biologisch omgezet en dit is nodig ook om zeer hoge ozondoseringen te voorkomen.

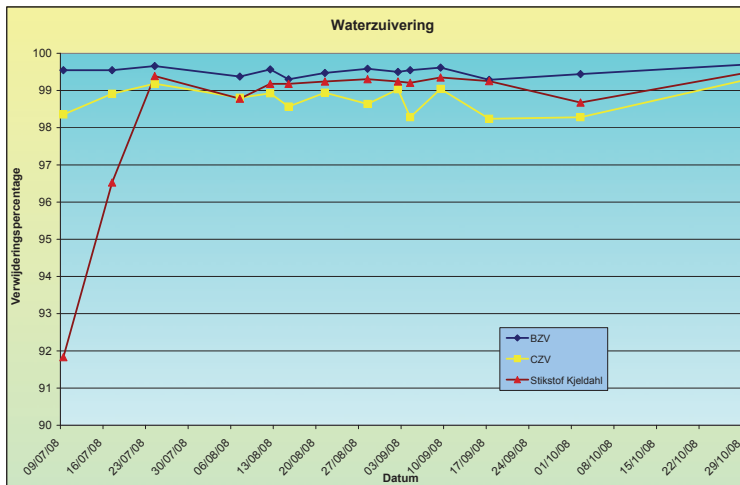
In tabel 3 en figuur 4 staan de gemiddelde waarden weergegeven van de verwijderingsrendementen van een aantal standaard gemeten parameters. De bioreactor was niet ontworpen om biologisch P te verwijderen, desalniettemin werd gemiddeld 50% en maximaal 70% verwijderd.

Tabel 3: Gemiddeld verwijderingsrendement

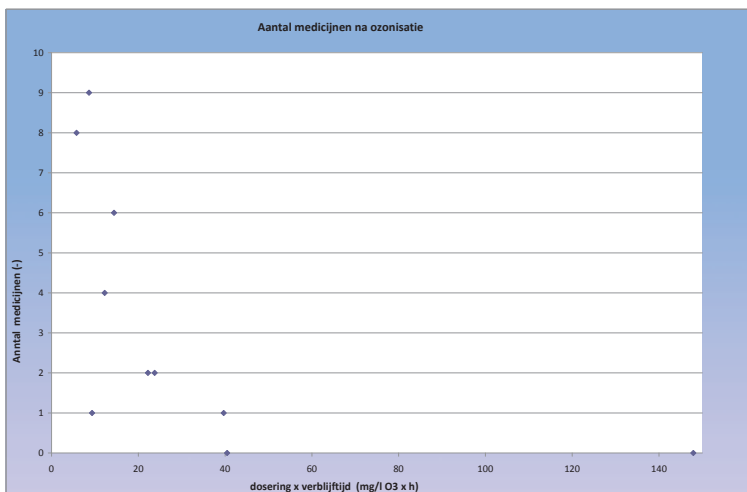
| Parameter           | Rendement (%) |
|---------------------|---------------|
| BOD                 | 99,9          |
| COD                 | 98            |
| Stikstof Kjeldahl   | 98            |
| Fosfor totaal als P | 50            |

### Medicijnverwijdering:

Per test zijn er van de 18 gemeten stoffen gemiddeld 12 stoffen boven de detectielimiet te meten in het voorbezonden afvalwater. In het permeaat van de membraan bioreactor is, zoals bekend van communale zuiveringen al een flinke reductie bereikt hoewel er gemiddeld over alle tests nog 9 medicijnen meetbaar zijn, maar wel in aanzienlijk lagere concentraties dan in het influent. In alle geval-



*Figuur 3:  
Zuiveringsren-  
dementen voor  
BZV, CZV en  
Nkj*

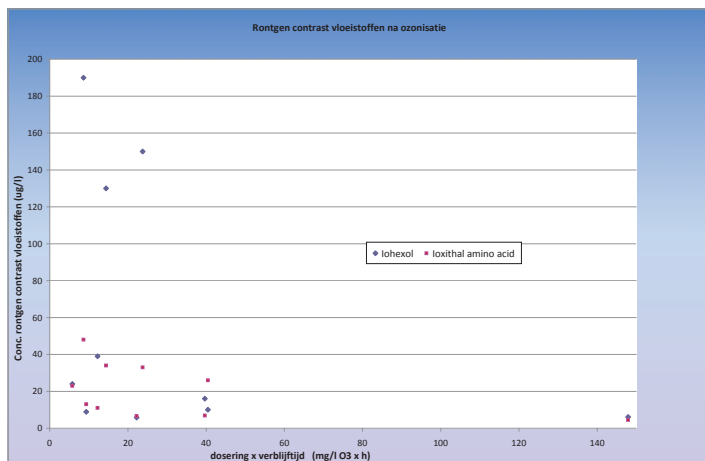


*Figuur 4: Aan-  
tal meetbare  
medicijnen na  
ingestelde ozon  
dosering en ver-  
blijftijd*

len zijn in het filtraat van de actieve kool filtratie geen medicijnen aangetroffen boven de detectielimiet (0,01 µg/l). Op basis van de aangetroffen waarden wordt geconcludeerd dat de geanalyseerde medicijnen gemiddeld voor >98% door het proces worden geëlimineerd. Bij aanvang van het project is verondersteld dat de proefopzet geslaagd genoemd kan worden als de medicijnen voor meer dan 80% worden verwijderd, hetgeen hier dus ruimschoots is gehaald. Een belangrijke bijdrage aan de hoge eliminatie is het gebruik van een ozon-installatie die ontworpen is om hoge concentraties ozon in het water te brengen: de zogenaamde hoge-flux-ozonreactor. In test 6 is geëxperimenteerd met een vijftal ozondoseringen bij verschillende verblijftijd zodat voor deze stoffen 10 uitkomsten zijn verkregen. In figuur 4 is aangegeven dat bij een zekere dosis en verblijftijd (c. t. t - waarde) het aantal nog enigszins meetbare medicijnen flink afneemt. De concentratie van deze laatste resten is zo laag dat ze nog wel aantoonbaar zijn, maar niet meer kunnen worden gekwantificeerd.

### Verwijdering röntgencontrastmiddelen:

De 10 geanalyseerde röntgencontrastmiddelen kwamen meestal beneden de detectielimiet in het ruwe afvalwater voor. Twee stoffen waren in hoge waarden aanwezig, te weten Iohexol en Ioxithal aminezuur. Deze stoffen worden door de gehele zuivering met een rendement van meer dan 99,99% verwijderd tot altijd beneden de detectielimiet ( $< 0,01 \mu\text{g/l}$ ). Ook hier speelt de ozon een grote rol. Net als bij de medicijnen wordt ook hier een hoge eliminatie bereikt door de hoge-flux-ozon reactor. In figuur 5 is aangegeven dat bij een bepaalde c.t-waarde de concentratie aan meetbare röntgen contrastmiddelen sterk afneemt.



*Figuur 5: Concentratie meetbare röntgen contrast vloeistoffen na ingestelde ozon dosering en verblijftijd*

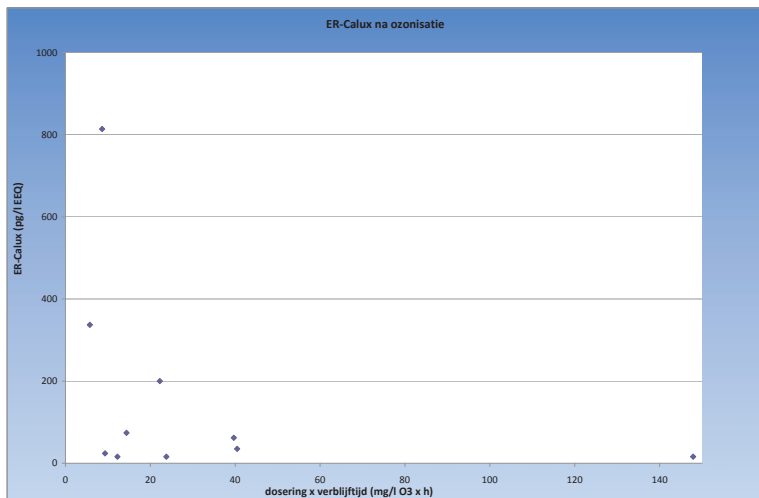
### Hormoonverstorende activiteit:

Omdat door afbraak en omzetting van medicijnen metabolieten ontstaan, die buiten het meetprogramma vallen, is de over-all hormoonverstorende activiteit van de diverse waterstromen gemeten. Diverse soorten van hormoonverstorende groepen stoffen worden gedetecteerd via de ER-Calux, AR-Calux en GR-Calux. Deze activiteit was van ingaand voorbezonden afvalwater, zoals verwacht, zeer hoog en van uitgaand geozoniseerd en actief koolgefiltreerd water zeer laag. Het filtraat van de installatie gaf waarden aan tot beneden de kwantificeerbaarheid maar meestal zelfs beneden de detectielimiet. De ranges van waarden bij de diverse tests zijn opgenomen in tabel 4.

*Tabel 4: Ranges influent ( $\mu\text{g/l}$ )*

| Parameter | Eenheid                | Modelparameter     | Range ( $\mu\text{g/l}$ ) | Detectielimiet ( $\mu\text{g/l}$ ) |
|-----------|------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------------|
| ER-Calux  | $\mu\text{g/l}$ E-EQ   | 17-beta-Estradiol  | 250 – 780                 | 0,016                              |
| AR-Calux  | $\mu\text{g/l}$ DHT-EQ | Dihydrotestosteron | 0,68 – 0,75               | 0,0005                             |
| GR-Calux  | $\mu\text{g/l}$ DEX-EQ | Dexamethasone      | 0,26 – 0,38               | 0,007                              |

Net zoals bij de medicijnen en röntgencontrastmiddelen wordt ook hier een hoge eliminatie verkregen door de ozon reactor. In figuur 6 is de afname van de ER-Calux aangegeven.

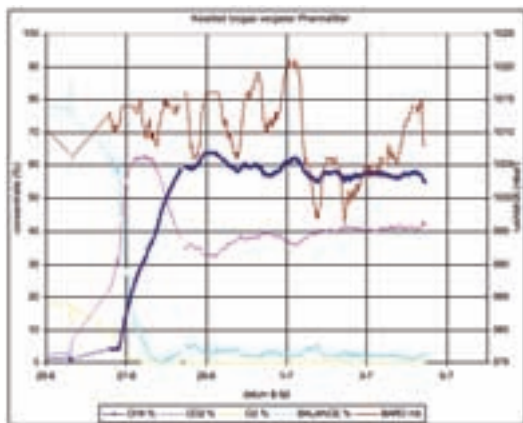


*Figuur 6:  
Afname ER-  
Calux na  
ingestelde ozon  
dosering en ver-  
blijftijd*

## Vergisting

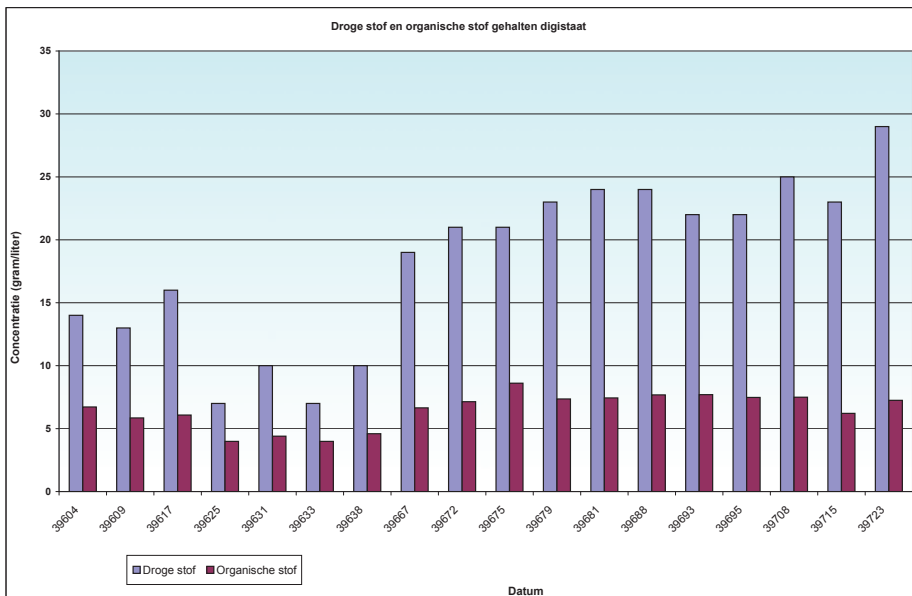
Een onderdeel van de proef was het bedrijven van een vergistingssysteem waarin onder meer bioplastic moet worden afgebroken. In een meng- en hydrolysetank werd gemalen bioplastic, keukenafval en primair slib uit de riolering gebracht. Automatisch werd dit mengsel in de vergister gevoerd. Deze moest onder thermofiele condities werken om de afbraak van diverse soorten gebruikt bioplastic te garanderen.

In deze anaerobe vergisting worden door microbieel organisch-biologisch materiaal in afwezigheid van zuurstof, nieuwe biomassa, water en biogas geproduceerd. Het biogas bevat een methaangehalte van circa 58%. De opstart van de gasproductie is te zien in figuur 7, en de kwaliteit ervan blijft nagenoeg constant gedurende de testperiode. De vergisting is in staat het aangeboden materiaal te vergisten onder thermofiele omstandigheden en voldoende (theoretisch berekend) gas te produceren.



*Figuur 7: Opstart biogasproductie*

De aangeboden voeding (droge stofgehalte van circa 10% w/w met een organische stofgehalte van circa 80%) was dunner dan verwacht, waardoor de gehele vergisting op een drogestofgehalte van 3% werd bedreven, terwijl meer dan 4% was aangenomen. Door groei van nieuwe biomassa neemt de hoeveelheid droge stof toe en blijft het gehalte aan organische stof vrijwel constant (figuur 8). De productie van biogas kwam snel op gang doordat er gebruik is gemaakt van entslib komend van een bestaande thermofiele vergisting.



Figuur 8: Droge - en organische stofverloop digistaat

## CONCLUSIES NA PROOF OF PRINCIPLE

Na de inbedrijfstelling van de gehele proefinstallatie in april/mei 2008 heeft deze redelijk betrouwbaar gedraaid. Procestechnisch heeft het concept uitstekend gefunctioneerd. Technisch zijn enkele mankementen aan de proefopstellingen verholpen. Op basis van bedrijfsvoering en het aantal afgesproken en uitgevoerde analyses wordt het volgende geconcludeerd:

1. De membraanbioreactor heeft goed gefunctioneerd, behoudens enkele lekkages. Hieruit is wel gebleken dat het uit de Hybride MBR van Ootmarsum afkomstige entslib zich snel instelt op het aangeboden materiaal.
2. In de installatie worden de micro- en macroverontreinigingen vergaand verwijderd.
3. De vergisting is in staat het aangeboden materiaal te vergisten onder thermofiele omstandigheden en voldoende (theoretisch berekend) gas te produceren.
4. De 'Proof of Principle' van het vergistings- en waterzuiveringsdeel kan op basis van alle meetgegevens en analyses als zeer geslaagd worden beoordeeld.



## VAN 'PROOF OF PRINCIPLE' NAAR FULL SCALE INSTALLATIE

Vanuit de 'Proof of Principle' zijn de ontwerpgrondslagen voor een opgeschaalde installatie vastgesteld en verder uitgewerkt. Na meer dan een jaar voorbereiding is er in februari 2010 gestart met de paalfundering van de full scale bouw op het ziekenhuisterrein in Delft. In april startte de opbouw en in oktober van hetzelfde jaar is de installatie in gebruik genomen en wordt het eerste afval en rioolafvalwater verwerkt en gezuiverd. Resultaten van de zuivering worden geanalyseerd door het Hoogheemraadchap van Delfland. In de volgende maanden zullen meetsessies plaatsvinden op een veelheid aan parameters waaronder een uitgebreid medicijnenpakket, hormoonverstorende activiteit en bio-essays.

De waterzuivering heeft een footprint van circa 380 m<sup>2</sup> en kan per uur circa 13 m<sup>3</sup> afvalwater behandelen en dagelijks 3 m<sup>3</sup> slib. De installatie is opgebouwd uit de volgende hoofdcomponenten.

### Roostergoedverwijdering

De roostergoedverwijdering bestaat uit een kettingrooster met een minimale doorlaat. De roterende schrapperbladen verwijderen het vuil, welke door het rooster is tegengehouden uit het afvalwater en brengen dit omhoog tot en met de afstort in een centrale schredder. Deze schredder is geïnstalleerd om de vaste delen die door het riool zijn gespoeld verder te verkleinen. Na het kettingrooster wordt het afvalwater opgepompt en over een vetvanginstallatie en micro drumfilter geleid. De vetvang heeft een klein volume maar wel met een grotere capaciteit. De vetvang wordt pas geleegd als deze voor 90% gevuld is, terwijl de huidige vetvang al bij 15% vulling geleegd moet worden. Micro drumfilters zijn efficiënte en betrouwbare trommelfilters voor het scheiden van zwevende deeltjes en organisch materiaal uit vloeistoffen en in dit geval ingezet om haren uit het afvalwater te verwijderen. De membranen in het MBR systeem worden zoveel mogelijk beschermd tegen vet en haren.

### Membraan BioReactor (MBR)

In de bioreactor wordt de dunne fractie van het rioolwater continu toegevoegd en worden met name organische verbindingen verwijderd om de nageschakelde technieken te beschermen en optimaal te laten functioneren. Het systeem is opgedeeld in meerdere compartimenten (anaeroob, anoxisch en aeroob) om het afvalwater vergaand te zuiveren en door recirculatie biologische fosfaat verwijdering mogelijk te maken. Hierbij is tevens de mogelijkheid opgenomen om chemische fosfaat verwijdering toe te passen om tot zeer lage gehalten in het schone water te komen. De lucht in de biologische reactor wordt ingebracht door middel van blowers en membraanshotels die op de bodem van de reactor zijn gemonteerd.

Het spuislib zal tijdelijk worden opgeslagen in een slibbuffer. In deze buffer vindt bezinking van het spuislib plaatst, waarna het bezonken slib verder wordt verwerkt in de vergister en het supernatant wordt teruggepompt naar de reactor.

De MBR-skid is uitgevoerd met ultrafiltratiemembranen die buiten de reactor staan opgesteld (figuur 9). Door adsorptie aan het slib en mogelijk enige biologische afbraak zal al een deel van de geneesmiddelen verdwijnen uit de

waterstroom. Door de kleine molecuulgrootte van geneesmiddelen en röntgen-contrastmiddelen zullen deze door micro- en ultrafiltratie niet worden tegengehouden, tenzij deze stoffen geadsorbeerd zijn aan zwevende stof. Het concentraat wordt teruggepompt naar de reactor en het permeaat wordt opgeslagen in een permeaatbuffer. De membraanskid is uitgevoerd als onderzoeksunit om de meest optimale bedrijfsvoering van de membranen vast te kunnen stellen en bestaat uit twee onafhankelijk werkende units.

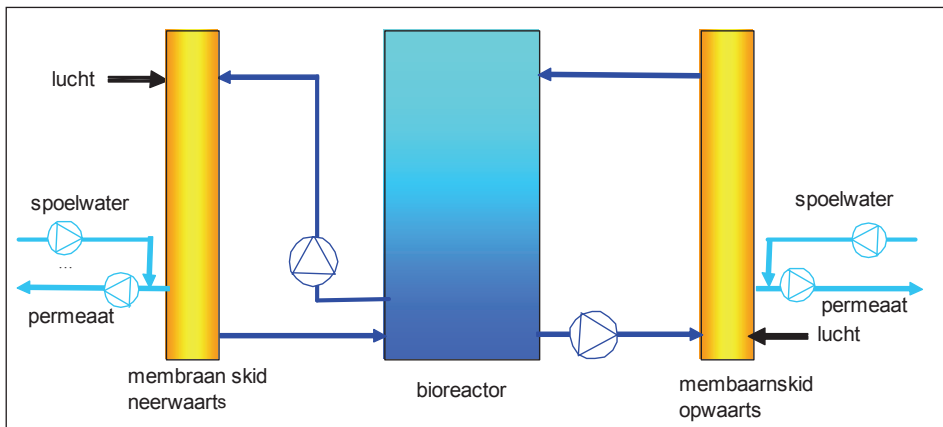


*Figuur 9: Membraanskid*

De ene helft heeft een slib- en injectielucht doorstroming van onder naar boven. Via een luchtverdeelsysteem krijgt elke membraanbuis evenveel lucht. De andere helft maakt gebruik van het downflowprincipe dat naar verwachting minder energie zal gebruiken door een lager debiet van zowel recirculatieslib als lucht. Figuur 10 toont een principetekening van het dubbele systeem. Figuur 11 geeft een aantal details van de luchtvoorziening.

### **Hoge flux oxidatie met ozon**

Vanuit de permeaatbuffer wordt een gedeelte van het permeaat verder behandeld door een oxidatie stap met ozon. Deze technologie is slechts toegepast op lab- en pilotschaal op o.a. afvalwaterstromen die behandeld waren door een MBR. Uit het 'Proof of Principle'-onderzoek is vastgesteld welke ozondosering ranges benodigd zijn, aangezien dit afhankelijk is van de fysische en chemische eigenschappen van het ziekenhuisafvalwater en de prestaties van de voorgeschakelde membraanbioreactor. De full-scale dimensioneringsgrondslagen van met name de duurste gedeelten van de installatie zoals de ozongenerator en injectie, zijn hierdoor goed duidelijk geworden. De benodigde dosis aan ozon is meer dan het oplosbaarheidsproduct ervan, zodat door onder meer een recirculatiesysteem voldoende ozon kan worden ingebracht. De contacttank is voorzien van een aantal



*Figuur 10: Principeschets membraanskid*



*Figuur 11: Luchtinjectiesysteem; links luchtinjectie onder, rechts boven*

compartimenten om propstroomcondities te benaderen en daarmee de hoeveelheid afgas te verminderen. Ozon wordt geïnjecteerd in een dubbel venturistelsysteem. Deze kunnen onder redelijke condities van injectie en oplossen op diverse recirculatie debieten draaien: laag, middel en hoog. Uiteraard is doel van het onderzoek de recirculatie zo laag mogelijk te brengen uit oogpunt van energiebesparing. In de laatste compartimenten is nog in een AOP-injectiemogelijkheid (AOP = geavanceerde oxidatie) voorzien.

### **Actief kool filtratie**

De ozon zal niet alle geneesmiddelen en andere microverontreinigingen verwijderen en enkele zelfs omzetten in metabolieten met eveneens ongunstige milieu-eigenschappen. Ook kunnen metabolieten gevormd worden die meer toxisch zouden kunnen zijn dan de uitgangsstof, hoewel hiervan in het proefonderzoek niets is gebleken. Als extra laatste stap wordt actief kool toegepast om door de ozonisatie heen gekomen (resten) van geneesmiddelen, afbraakpro-

ducten en hormoonverstoorders en organische verbindingen te adsorberen. De actieve-koolinstallatie bestaat uit twee vast bed kolommen die met verschillende koolsoorten zijn gevuld. De beide kolommen worden neerwaarts doorstroomd bedreven en beurtelings periodiek met filtraat teruggespoeld.



*Figuur 12: Ozon injectiesysteem*

### **Luchtafzuiging en -behandeling**

Een aantal procesonderdelen van de installatie verspreiden geur en mogelijke ziektekiemen zoals de afgaslucht van de bioreactor ( $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ). De kans op besmetting rond de installatie zou hierdoor kunnen bestaan. Hiervoor is een luchtafzuiging en -behandeling geïnstalleerd die naast geurverwijdering ook desinfecterend werkt op basis van een sterk oxidatieve plasmastap, zodat de omgeving niet blootgesteld kan worden aan potentiële ziekteverwekkers. In totaal zal  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$  aan lucht worden onttrokken en worden behandeld op basis van deze doorontwikkelde plasma technologie.

### **Hydrolyse en thermofiele vergisting proces**

In de vergisting wordt vergistbaar materiaal uit het afvalwater afgebroken. Dit betreft keukenafval, zwevende fractie, bioplastics enz. Vóór de vergisting is een hydrolyse/mengtank geplaatst. De hydrolyse en menging van de diverse afvalstoffen vindt plaats voordat de slurrie in de vergister wordt gepompt. Hierdoor wordt het gevoelige proces van de thermofiele vergisting zo min mogelijk verstoord. Tevens wordt hierdoor de kortsluitstroming in dit soort systemen verminderd, zodat zo min mogelijk niet uitgegist materiaal uit de vergister wordt afgevoerd. De hydrolysetank is complete mix en de vergister heeft een naar boven toe lager wordende energie-inbreng zodat uit het bovenliggende aftappunt zoveel mogelijk volledig uitgegist materiaal wordt afgevoerd.

Tijdens de anaerobe vergisting wordt door de methanogene bacteriën biogas gevormd. Wanneer de vergisting goed werkt bestaat biogas ongeveer uit 60-70% methaan en 30-40% koolstofdioxide. Naast deze hoofdbestanddelen van biogas zijn ook 2% andere gassen aanwezig zoals waterstofsulfide en ammoniak. Soms zijn ook nog minieme hoeveelheden waterstofgas, stikstofgas en zuurstof aanwezig. Het uit de vergisting geproduceerde biogas wordt boven de vloeistof onder

geringe overdruk in een gassysteem gebracht en gezuiverd. Van daaruit wordt het gas verbrand in een gasmotor om energie op te wekken. Het betreft bij vollast totaal circa 60 kW, waarvan 40 kW warmte die gebruikt wordt voor de verwarming van de installatie. Er wordt dan een productie van elektriciteit gehaald van 22 kW wat voldoende is om nu voor 50% en in de toekomst bij optimalisatie voor 70% in de eigen energiebehoefte te voorzien. Het digistaat van de vergister wordt uit veiligheidsoverwegingen volledig gedesinfecteerd door middel van verhitting. Het gedesinfecteerde digistaat wordt opgeslagen in een buffer en periodiek per as afgevoerd naar een eindverwerker.

## TENSLOTTE

In Europa is grote belangstelling voor de micro-verontreinigingen in afvalwater en de invloed ervan op het watermilieu. Binnen dit project worden een groot aantal relevante microparameters geanalyseerd, bio-essays uitgevoerd en andere invloeden van deze parameters gemeten. Het project wordt financieel gesteund onder meer door STOWA en de subsidies vanuit KRW-2009 en Life+. Een kleine afvalwaterzuivering is ten opzichte van een normale grote communale zuivering duur per m<sup>3</sup> te zuiveren afvalwater. Zeker als membraantechnologie, ozonisatie en actieve koolfiltratie daar onderdeel van uitmaken. De te kapitaliseren voordelen in het ziekenhuis wegen hier tegen op. Bovendien wordt een zeer goede kwaliteit water met diverse gebruiksmogelijkheden geproduceerd (koelen, spoelen enz.) en neemt het infectierisico in het ziekenhuis af.

*Erwin Koetse en Nico Wortel, Pharmafilter*

*Marije Paardekooper, Hoogheemraadschap van Delfland*

### Literatuur

- Derksen, J.G.M., J.H. Roorda & D. Swart, 2007; *Verg(h)ulde pillen: onderzoek naar de emissie van geneesmiddelen uit ziekenhuizen*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Utrecht. STOWA-rapport 2007-03.
- Koetse, E., Wortel, N.C., Van den Berg, E., September 2010, 'Pharmafilter: Decentralized treatment of source separated hospital waste and wastewater' contribution for the Reader of the 4th European Water and Wastewater Management Conference & Exhibition, 27-28th September 2010, The Royal Armouries, Leeds
- Wortel, N.C., Koetse, E., Van den Berg, E., March 31, 2010; *Toepassing van het Pharmafilter concept voor behandeling van ziekenhuisafvalwater, bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus Nieuwe sanitatiesystemen, een perspectief voor de 21e eeuw*, Stichting Postacademisch onderwijs, Wageningen
- Wortel, N.C., Koetse, E., Evenblij, H., Van den Berg, E., March 12, 2010; 'Pharmafilter: Decentralized treatment of source separated hospital waste and waste water', Advanced Workshop 'Novel wastewater treatment concepts from The Netherlands', Technical University Delft.
- Roorda, J.H., J.G.M. Derksen & N.C. Wortel, 2008; *Challenging conventional sanitation options for health care units*. IWA Sanitation Challenge May 19-21 2008, Wageningen; Theme 4 – Sanitation concepts and knowledge gaps – Pathogens and micropollutants; no. 98b.