

Hergebruik van rioolwatereffluent ten behoeve van infiltratie in de Vlaamse duinen

■ Emmanuel Van Houtte Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht
■ Johan Verbauwhede Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht

Inleiding

De Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambact (IWVA) wint zoet water uit de duinen van het westelijke Vlaamse kustgebied. Door de beperkte breedte van de duinengordel en de aanwezigheid van zout water (onder strand en zee in het noorden en onder de polders in het zuiden) moet de duinwateronttrekking zorgzaam gebeuren. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de belangrijke ecologische waarde van het duingebied. Om de waterwinning in deze duinen op een duurzame wijze uit te bouwen werd in juli 2002 gestart met infiltratie door middel van hergebruik (Van Houtte en Verbauwheide, 2005). Daarbij wordt effluent van de nabijgelegen RWZI te Wulpen (in beheer van Aquafin) behandeld met ultrafiltratie en omgekeerde osmose waarna het via een infiltratiepand het grondwaterreservoir onder de duinen van de waterwinning 'St-André' aanvult. Zo wordt jaarlijks gemiddeld 2.078.000 kubieke meter geïnfiltereerd, wat neerkomt op 39% van de lokale drinkwaterbehoefte. De IWVA levert daarmee een belangrijke bijdrage tot integraal waterbeheer en vrijwaart de grondwaterreserves voor de toekomst. De waterkringloop wordt gesloten met minimaal verlies aan kostbaar zoet drinkwater. De IWVA draagt ook zorg voor de andere aspecten van de duingebieden, zijnde recreatie en natuur. De hele waterwinning van St-André wordt sedert 1995 ecologisch beheerd.

Productie van infiltratiewater

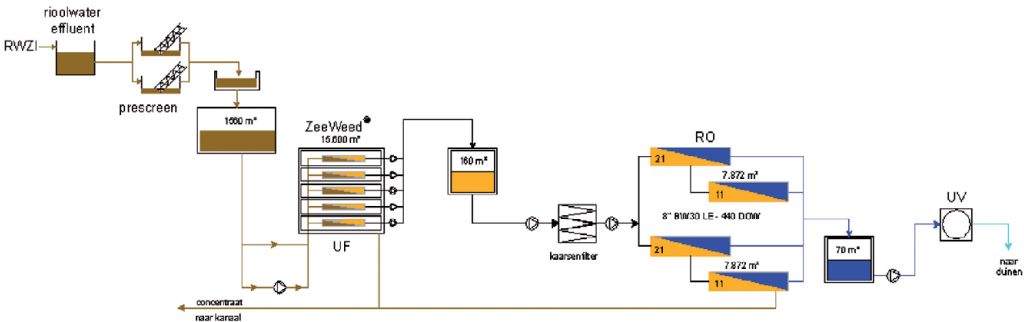
Het rioolwater wordt door de RWZI Wulpen behandeld via voorbezinking, denitrificatie, beluchting en nabezinking. IJzer- of aluminiumzouten worden gedoseerd om het fosforgehalte te beperken. Na een mechanische voorfiltratie (spleten van 1 mm), wordt het RWZI-effluent gebufferd om het verder te behandelen tot infiltratiewater. Dit gebeurt in het waterproductiecentrum WPC Torreele. De opeenvolgende stappen zijn:

- ultrafiltratie in 5 parallelle bekkens waarin ZeeWeed® modules zijn ondergebracht; deze chloorresistente, ondergedompelde membranen filteren van buiten naar binnen; daarbij wordt periodiek lucht langs de membranen gestuurd; het filtraat van de ultrafiltratie komt in een reservoir terecht;
- een kaarsenfilter met poriën van 15 µm;
- omgekeerde osmose met 2 identieke skids waarvan in ieder 32 drukbuizen gevuld zijn met 6 brak water lage energie RO membraanelementen (8" BW 30LE-440 DOW); 21 drukbuizen behoren tot de eerste trap en de 11 overige vormen de tweede trap;
- het filtraat van de omgekeerde osmose wordt eveneens gebufferd en wordt dan na een kleine pH correctie via dosering van natriumhydroxide naar de duinen gepompt;
- een ultraviolet (UV) desinfectie (dosis van 40 mJ/cm²) is standby.

Biofouling en afzetting van neerslag zijn de meest voorkomende problemen bij gebruik van omgekeerde osmose. In Torreele werd gekozen om monochloramine (NH₂Cl) te doseren aan het UF filtraat. Dit gebeurt vóór het UF filtraat reservoir via afzonderlijke dosering van natriumhypochloriet en ammoniumchloride die reageren tot monochloramine. In tegenstelling tot vrij chloor, treedt er bij gebruik van monochloramine geen beschadiging op van de omgekeerde osmose membranen, terwijl het toch een efficiënt middel blijkt om biofouling te voorkomen. Dosering van bisulfiet, aangestuurd via een redoxmeting, dient om eventuele resten van vrij chloor te neutraliseren en biedt een extra bescherming voor de RO membranen.

Neerslagafzetting wordt voorkomen door de combinatie van doseren van een antiscalant en correctie van de zuurtegraad tot pH 7,2.

Figuur 1 toont het proces en in tabel 1 worden de belangrijkste gegevens van Torreele samengevat. Er zijn voorafgaand aan de start van het ganse project verschillende pilotproeven uitgevoerd (Van Houtte et al., 1998, 2000, 2001).



FIGUUR 1: PROCESSHEMA VAN TORREELE

TABEL 1: TORREELE – TECHNISCHE STEEKKAART

RR-Flow connection on branch	Koppeling met SOBEK-1DFLOW module op een Flow tak
Geschiedenis	1997-1999, pilotstudies met verschillende MF/UF systemen en RO membranen op effluent van RWZI Wulpen
Status	Operationeel sinds juli 2002
Ontwerpcapaciteit	2.500.000 m³/jaar
Bronwater	Secondair effluent van RWZI Wulpen
Voorbehandeling	Filtratie met spleten van 1 mm
Membranen	UF: Zenon (ZW500C) maximum flux van 36 h/h.m² RO: Dow (30LE-440) maximum flux van 20 h/h.m²
Ontwerpflux	UF: max van 40 l/h.m² minimum opbrengst 87% RO: max van 20 l/h.m² minimum opbrengst 75%
Voorkomen van biofouling	Dosering van natriumhypochloriet aan effluent en monochloramine aan UF filtraat Om schade aan RO membranen te voorkomen is een redox gecontroleerde dosering van natriumbisulfiet
Voorkomen van neerslag	pH correctie met zwavelzuur en dosering antiscalant aan UF filtraat
Concentraatafvoer	Lozing in kanaal samen met deel van effluent dat niet wordt behandeld in Torreele

De keuze van de technieken is niet toevallig. Wegens de hoge eisen die gesteld worden aan het infiltratiewater, onder andere beperkte aanwezigheid van nutriënten, maar vooral omdat het water na de duinpassage uiteindelijk terug drinkwater wordt, heeft de IWVA gekozen voor een techniek die zowel zouten als nutriënten kan verwijderen en die tevens garant staat voor verwijdering van bacteriën, virussen, alsook kleine organische verbindingen. In navolging van Orange County (Californië), waar men reeds vanaf 1976 water hergebruikt als barrière tegen zoutwaterintrusie, kon omgekeerde osmose dus niet ontbreken. Maar omdat deze membranen zo gevoelig zijn voor vervuiling, werd ultrafiltratie, waarbij de poriën in de orde zijn van 0,1 µm, als voorbehandeling gekozen.

De opbrengst van ultrafiltratie en omgekeerde osmose bedraagt respectievelijk 87 en 75%. De concentraten van beide processen worden gemengd en samen met het deel effluent dat niet wordt ingenomen, in het nabij gelegen kanaal geloosd.

Infiltratie in de duinen

Het effluent, achtereenvolgens gezuiverd met ultrafiltratie en omgekeerde osmose, komt tenslotte 2,5 kilometer verderop in een 1,82 ha groot infiltratiepand terecht in de waterwinning van St-André te Koksijde. Dit pand is ondiep. De oevers zijn ecologisch structuurrijk te noemen.

Het water vult zo de freatische grondwaterlaag aan in deze duinwinning. De terugwinning gebeurt met 112 winputten gelegen ten zuiden en ten noorden van het infiltratiepand. De afstand tussen deze putten en het infiltratiepand varieert van 35 tot 120 m om een maximale spreiding van de verblijftijd in de bodem te bekomen. De filterelementen van deze putten bevinden zich tussen 8 en 12 m diepte en bovenop de terugwinning van het geïnfiltreerde water wordt een extra hoeveelheid grondwater gewonnen. Zo wordt voorkomen dat geïnfiltreerd water buiten het infiltratiegebied zou wegstromen. In tabel 2 zijn de belangrijkste aspecten van het infiltratieproject opgenomen.

TABEL 2: INFILTRATIE IN ST-ANDRÉ – TECHNISCHE STEEKKAART

Geschiedenis	Tussen 1991 en 1996 werden verscheidene infiltratieproeven uitgevoerd.
Doel	Ontwikkeld om duurzame waterwinning in duinen van St-André te verwezenlijken
Status	Operationeel sinds juli 2002
Ontwerpcapaciteit	2.500.000 m³/jaar
Bronwater	Secondair effluent van RWZI Wulpen verder behandeld met ultrafiltratie en omgekeerde osmose
Infiltratie	Via een 18.200 m² groot en open infiltratiepand dat ondiep werd uitgegraven in duinzand; direct contact met de freatisch watervoerende laag
Terugwinning	112 winputten met filterelementen tussen 8 en 12 m diepte
Terugwincapaciteit	3.500.000 m³/jaar, waarvan 1.000.000 m³ natuurlijk grondwater
Behandeling	Beluchting, zandfiltratie en UV desinfectie

De verhoogde drinkwaterproductie gerealiseerd met infiltratie, werd gecompenseerd door een vermindering van de natuurlijke grondwateronttrekking in de beide duinwaterwinningen (tabel 3).

TABEL 3: EVOLUTIE VAN DE VERGUNDE CAPACITEIT IN DE DUINWATERWINNINGEN VAN DE IWVA

Jaar	SINT-ANDRE Natuurlijke winning	Infiltratie ¹	WESTHOEK Natuurlijke winning ²
2000	2.000.000 m³/jaar	–	1.700.000 m³/jaar
2002	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	1.000.000 m³/jaar
2005	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	1.000.000 m³/jaar
2006	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	900.000 m³/jaar
2007	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	800.000 m³/jaar
2008	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	700.000 m³/jaar
2009	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	600.000 m³/jaar
2010	1.700.000 m³/jaar	2.500.000 m³/jaar	500.000 m³/jaar

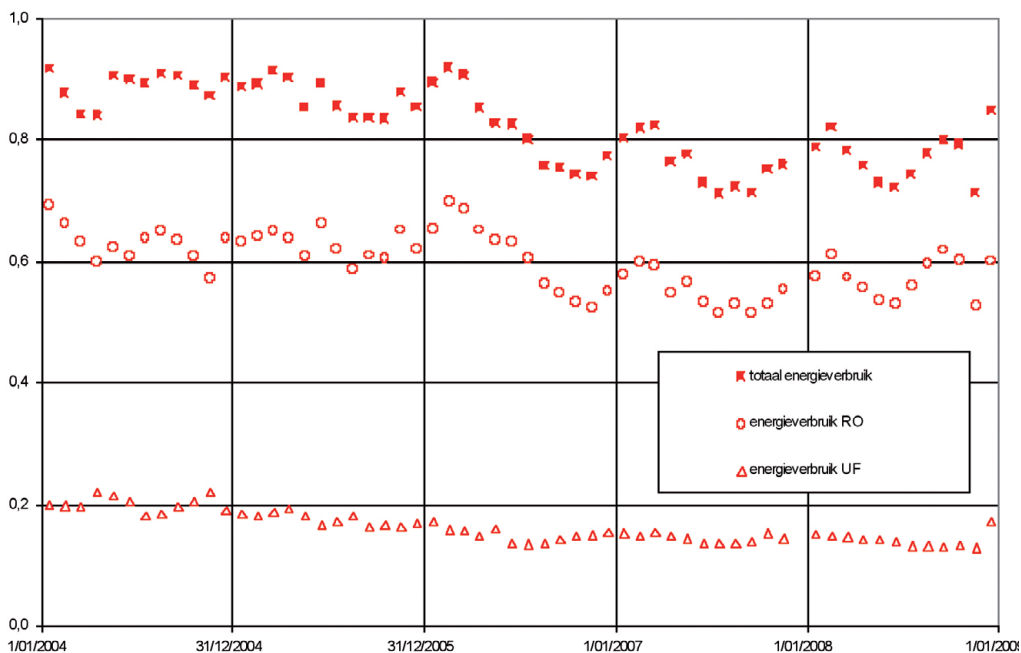
¹ Al het geïnfiltreerde water wordt ook teruggewonnen. ² Winning via 1 zuigput.

De resultaten van Torreele

Tussen 2003 en 2008 werd jaarlijks gemiddeld 2.078.000 kubieke water geïnfiltreerd, ofwel 39% van het drinkwaterverbruik in die periode.

Ultrafiltratie produceert water dat vrij is van bacteriën en zwevende stoffen, een constant lage troebelheid heeft en daardoor uitstekend geschikt is voor verdere behandeling met omgekeerde osmose. De UF membranen worden iedere 8 à 10 minuten teruggespoeld met filtraat waarbij na 30 à 35 spoelbeurten hypochloriet aan het filtraat wordt gedoseerd. Op deze wijze moet de 'maintenance cleaning', waarbij een bekken volledig wordt leeggepompt waarna met chloorhoudend filtraat wordt teruggespoeld, slechts maandelijks worden uitgevoerd. Tot vandaag zijn nog geen ultrafiltratiemembranen vervangen. Membraanbreuk die oorzaak was van een slechte filtraatkwaliteit is nog niet voorgekomen. Om rietjesbreuk op te sporen beschikt de installatie over een druktest die na iedere 'maintenance cleaning' wordt uitgevoerd.

Naast de maandelijks 'maintenance cleaning' worden de membranen nog 2 keer per jaar gedesinfecteerd en gereinigd met citroenzuur. Dit laatste dient om geoxideerd ijzer, vermoedelijk het gevolg van de dosering van ijzerzouten aan de kant van de RWZI, preventief te verwijderen. De jaarlijkse opbrengst van het ultrafiltratiegedeelte bedraagt 87 à 89%. Doordat de beluchting van de ultrafiltratiemembranen werd verminderd van 50 tot 30% van de tijd is er een belangrijke energiebesparing bewerkstelligd (figuur 2). Ook werd de monochloraminedosering verminderd. Initieel was dit constant, maar sedert september 2004 zijn er pauzes waarin niet wordt gedoseerd. Deze pauzes zijn langer naarmate de temperatuur van het water daalt; het risico op biofouling is immers groter naarmate de temperatuur van het water stijgt.



FIGUUR 2: EVOLUTIE VAN HET ENERGIEVERBRUIK IN TORREELE

De goede kwaliteit van het filtraat, samen met de dosering van monochloramine, dragen bij tot de goede werking van de omgekeerde osmose installatie. In december 2008 werd pas de eerste set membranen (2de trap van RO1) vervangen. Dit zal binnenkort ook gebeuren op de tweede skid (RO2).

De omgekeerde osmosemembranen worden gemiddeld iedere 2 à 3 maanden gereinigd. Daarbij wordt een alkalische reiniging steeds afgewisseld met een zure of biocide reiniging. Na deze 2de reiniging worden de membranen steeds opnieuw geconditioneerd door een korte alkalische reiniging. Deze reinigungsstrategie lijkt goede vruchten af te werpen aangezien de genormaliseerde flux nog steeds tot goede waarden terugkeert en de membranen een lange levensduur hebben bereikt. Voor de alkalische en zure reiniging worden generische producten (natriumhydroxide en citroenzuur) gebruikt.

Ook het proces van de omgekeerde osmose werd aangepast teneinde een beter rendement te halen. Waar initieel met 75% opbrengst werd gewerkt, varieerde die vanaf september 2004 in functie van de geleidbaarheid; een lagere geleidbaarheid betekent minder zouten, en dus een lagere kans op neerslagvorming en laat toe met hogere opbrengsten te werken. Op die wijze bedraagt de gemiddelde jaarlijkse opbrengst 77% voor een identieke hoeveelheid energie- en chemicaliënverbruik.

De kwaliteit van het infiltratiewater is uitstekend (tabel 4). De meeste parameters die worden gecontroleerd zijn beneden de detectielimiet. Onderzoek heeft aangetoond dat alle pesticiden en farmaceutische stoffen uit het water worden verwijderd. In de loop van de tijd is er een afname geconstateerd van de zoutverwijdering, wat logisch is, doch deze afname is vrij beperkt en heeft geen negatieve invloed gehad op de kwaliteit van de omgekeerde osmose. Er zijn eisen gesteld aan de minimale zoutverwijdering.

TABEL 4: KWALITEIT VAN INFILTRATIEWATER DAT IN TORREELE WORDT GEPRODUCEERD; GEMIDDELDE WAARDEN MET MINIMA EN MAXIMA TUSSEN HAAKJES

	Parameter	UF filtraat	RO filtraat	Infiltratiewater*
Fysisch	Geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pH Value Total Organische Koolstof (mgC/l) Totale hardheid (mg/l als CaCO_3)	1.136 (486 – 1.574) 7,70 – 8,17 9,6 (4,6 – 11,9) 27,6 (10,0 – 38,0)	25 (10 – 39) 5,50 – 6,62 0,34 <1	45 (12 – 77) 6,22 – 6,85 0,37 <0,5
Chemisch	Chloride (mg/l) Fluoride (mg/l) Sulfaat (mg/l) Nitraat ($\text{mg NO}_3/\text{l}$) Ammonium ($\text{mg NH}_4/\text{l}$) Fosfaat ($\text{mg PO}_4/\text{l}$) Totaal trihalomethanen ($\mu\text{g}/\text{l}$) Totaal pesticiden ($\mu\text{g}/\text{l}$)	209 (66 – 306) 71 (34 – 105) 18,8 (0,2 – 30,0) 0,7 (0,2 – 1,7)	2,9 (<1 – 5,0) 2,5 (0,1 – 4,0) <0,1	3,7 (1,0 – 5,7) <20 <1 2,3 (0 – 4,0) 0,14 (0 – 0,48) <0,75 4,3 (2,6 – 7,0) <0,01
Metalen	Aluminium ($\mu\text{g}/\text{l}$) Arseen ($\mu\text{g}/\text{l}$) Cadmium ($\mu\text{g}/\text{l}$) Chroom ($\mu\text{g}/\text{l}$) Koper ($\mu\text{g}/\text{l}$) Ijzer ($\mu\text{g}/\text{l}$) Lood ($\mu\text{g}/\text{l}$) Mangaan ($\mu\text{g}/\text{l}$) Kwik ($\mu\text{g}/\text{l}$) Nikkel ($\mu\text{g}/\text{l}$) Natrium (mg/l) Zink ($\mu\text{g}/\text{l}$)			<10 <1 <0,5 <2,5 <5 <3 <5 <10 <0,2 <3 10,6 (2,3 – 17,2) <20
Bacteriologisch	Totale Coliformen (/100 ml) E. coli (/100 ml) Enterokokken Telling kolonies 22°C (/ml)	0 0 0 <1	0 0 0 <1	0 0 0 <1

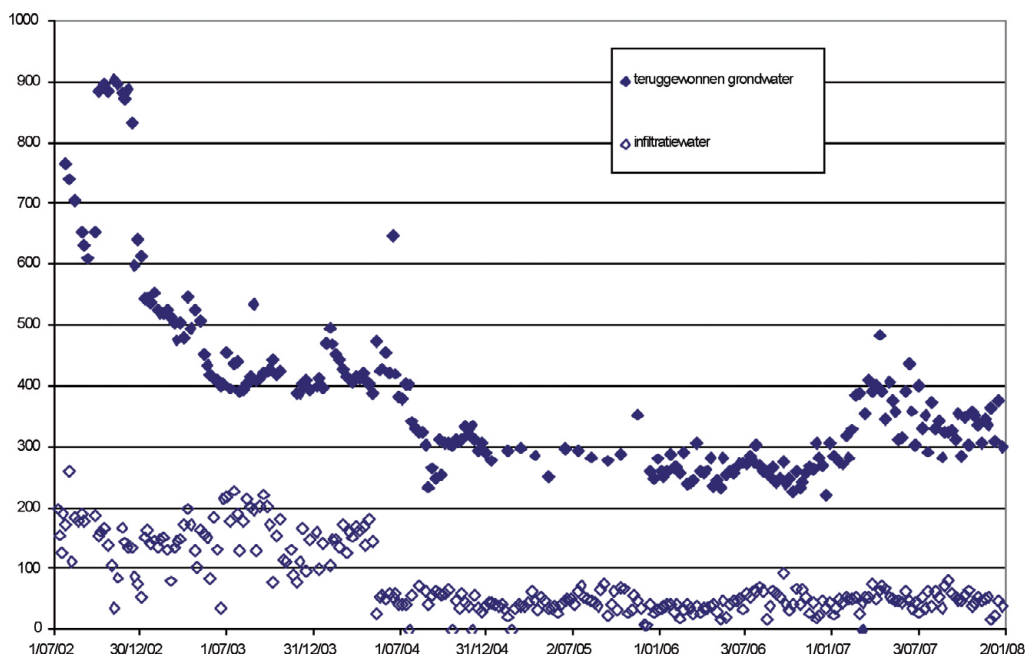
* Infiltratiewater bestaat uit RO filtraat na pH correctie door toevoeging natriumhydroxide

Er wordt veel aandacht besteed aan de bewaking van het systeem. Naast de vele online metingen, voert de operator nog dagelijks handmatige controles uit, waardoor hij heel vertrouwd is met het systeem. Zowel bij de ultrafiltratie als bij de omgekeerde osmose zijn er kritische grenzen ingesteld voor bepaalde parameters, waarbij ingeval van overschrijding de installatie of een deel ervan automatisch wordt gestopt.

De resultaten van infiltratie in de duinen

Sedert de start van de infiltratie is het zoutgehalte in het teruggewonnen grondwater geleidelijk verminderd. Tussen het infiltratiepand en de winputten werd het oorspronkelijk aanwezig duinwater geleidelijk vervangen door geïnfiltreerd water (Verbauwhede et al., 2009). Momenteel is de geleidbaarheid gestabiliseerd rond $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figuur 3). Naast deze afname is er ook een belangrijke afname van de organische belasting, wat samen met het lager zoutgehalte zorgt voor een helder water. Ook het lager ijzergehalte van het teruggewonnen water draagt daartoe bij. De afname van de hardheid, die vooraleer werd geïnfiltreerd ongeveer 35 franse graden bedroeg en nu schommelt rond 15 franse graden, heeft bijgedragen tot een verhoogd comfort voor de gebruikers. Nadelig is dat de temperatuur fluctueert en tot maximaal 18°C hoger is dan in natuurlijk grondwater. Daarom werd een UV behandeling bijgeplaatst op de ingangsdistributie

van de waterwinning St-André. De bodempassage en de spreiding van de winputten zorgt echter voor een belangrijke afvlakking van de temperaturen want die kunnen tijdens de zomer tot 25°C



FIGUUR 3: EVOLUTIE VAN DE GELEIDBAARHEID VAN HET TERUGGEWONNEN GRONDWATER NA INFILTRATIE

oplopen in het infiltratiepand.

Naast de positieve effecten op de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater, heeft de infiltratie ook bijgedragen tot verhoogde grondwaterstanden in de duinwaterwinningen van de Westkust. Dit komt dan weer ten goede aan de natte natuurwaarden in deze gebieden.

Onderzoek met analyse van boor heeft aangetoond dat het infiltratiewater voorkomt in het bovenste deel van de watervoerende laag tussen het infiltratiepand en de winputten. Dit bevestigt de grondwatermodellering. In de zone onmiddellijk buiten de winputten bedraagt het gedeelte infiltratiewater, berekend op basis van de boorisotopen minder dan 4%, wat aantoont dat het grootste deel van het infiltratiewater wordt teruggewonnen (Kloppmann et al., 2008). Op basis van tracertesten en modellering werd ook aangetoond dat de verblijftijd van het water in de bodem minimaal in de orde van 30 dagen ligt, terwijl de gemiddelde verblijftijd 55 dagen is. De bodempassage is voldoende om de gevolgen van hercontaminatie van het infiltratiewater (vogels) teniet te doen, met andere woorden: na ultrafiltratie en omgekeerde osmose is dit de derde barrière tegen bacteriën.

De kwaliteit van het drinkwater

Zoals eerder vermeld is het drinkwater dat nu in de waterwinning St-André wordt geproduceerd veel helderder en minder hard dan voorheen. Uit een interne kwaliteitsenquête uitgevoerd in september 2008 blijkt dat gebruikers die water krijgen afkomstig uit St-André relatief minder ontevreden zijn over de hardheid van het water. En dit is algemeen het punt waarop de Vlaamse drinkwatermaatschappijen het minst goed scoren.

Algemeen reageert het publiek positief ten aanzien van dit project. Dit bleek onder andere uit de grote belangstelling tijdens de opendeurdag van oktober 2007 en de goede reacties van de mensen die deelnemen aan geleide wandelingen in het infiltratiegebied. De IWVA levert veel inspanningen om de resultaten van het project te tonen. Dit gebeurt voornamelijk in het bezoekerscentrum Doornpanne maar ook via folders en de website.

Concentraatafvoer

Het afvalwater van ultrafiltratie en omgekeerde osmose wordt gemengd geloosd, samen met het deel effluent dat niet wordt behandeld. Sedert oktober 2003 loopt een proef met een rietveld om te bestuderen hoe de kwaliteit van het concentraat kan worden verbeterd. De resultaten tonen aan dat het stikstofgehalte voor ongeveer 30% wordt verminderd, alsook de organische belasting (COD). In april 2007 werd een proef gestart waarbij in plaats van riet wilgen worden gebruikt. De bedoeling is om stikstof uit het concentraat te herwinnen (oogsten) in de vorm van biomassa. De eerste resultaten geven aan dat de stikstofconcentratie in het concentraat in dezelfde orde verlaagt als bij een rietveld maar dat bovendien ook het gehalte aan fosfaat vermindert. De proef wordt voortgezet.

Besluit

Waterhergebruik vindt steeds meer ingang en niet langer enkel voor agrarische of industriële doeleinden. Nu er wereldwijd steeds grotere problemen zijn met waterschaarste, mede een gevolg van de klimaatverandering, groeit de interesse voor hergebruik ten behoeve van drinkwaterproductie. De positieve ervaringen van vergelijkbare projecten als die in Torreele, onder andere in Orange County, Singapore (NEWater) en Windhoek (Namibië), helpen zeker om waterhergebruik meer ingang te laten vinden.

De kwaliteit van het drinkwater dat nu in St-André wordt geproduceerd, het resultaat van hergebruik via behandeling van effluent met achtereenvolgens ultrafiltratie en omgekeerde osmose met aansluitend infiltratie, is beter dan voorheen. Dit komt vooral door de grotere helderheid en lagere hardheid wat het comfort voor de gebruiker verhoogt. Ook de technische en economische prestaties van de membraanprocessen zijn goed.

Hergebruik van effluent heeft een belangrijke bijdrage geleverd tot duurzame grondwaterwinning in de duinen van de Vlaamse Westkust en de ervaring leert dat vooral de omgekeerde osmose garant staat voor een kwalitatief hoogstaand infiltratiewater.

Literatuur

- Kloppmann, W., E. Van Houtte, G. Picot, A. Vandenbohede, L. Lebbe, C. Guerrot, R. Millot, I. Gaus en T. Wintgens (2008)** Monitoring reverse osmosis treated wastewater recharge into a coastal aquifer by environmental isotopes (B, Li, O, H); Environmental Science and Technology 2008, 42, pag 8759-8765
- Vandenbohede, A., E. Van Houtte en L. Lebbe (2009)** Water quality changes in the dunes of the western Belgian coastal plain due to artificial recharge of tertiary treated effluent; Applied Geochemistry 24, pag 370-382
- Van Houtte, E., J. Verbauwhe, F. Vanlerberghe, S. Demunter en J. Cabooter (1998)** Treating different types of raw water with micro- and ultrafiltration for further desalination using reverse osmosis; Proceedings Membranes in drinking and industrial water production, Amsterdam, The Netherlands, Desalination Volume 117, vol 1, pag 49-60
- Van Houtte, E., J. Verbauwhe, F. Vanlerberghe en J. Cabooter (2000)** Comparison between different out-to-in filtratie MF/UF membranes; International Conference on Membranes Technology in Water and Wastewater treatment, Lancaster 2000, pag 190 –197
- Van Houtte, E. en F. Vanlerberghe (2001)** Preventing biofouling on RO membranes for water reuse - Results of different tests; AWWA Membrane Technology Conference, San Antonio 2001
- Van Houtte, E. en J. Verbauwhe (2005)** Artificial recharge of treated wastewater effluent enables sustainable groundwater management of a dune aquifer in Flanders, Belgium; 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge Berlin, Germany, 11-16 June 2005.

