



Marcel Boorsma, WLN (voorheen Waterlaboratorium Noord)  
 Simon Dost, Waterleidingmaatschappij Drenthe  
 Sjack Klinkhamer, Waterleidingmaatschappij Drenthe  
 Jan Schippers, Global Membrains/UNESCO-IHE

# Beheersen van biofouling in een omgekeerde osmose-installatie

**Het intermitterend doseren, al dan niet gevolgd door inweken van PAA of DBNPA, blijkt een effectieve methode te zijn om biofouling bij omgekeerde osmosemembranen te voorkomen. Als gevolg van ernstige problemen met biofouling dienden de omgekeerde osmose-installaties van een industriewaterinstallatie gedurende de zomermaanden tot twee keer per week te worden gereinigd. Na twee jaar praktijkgericht onderzoek volstaat een reinigingsfrequentie van drie keer per jaar, is de bedrijfsvoering van de installatie zeer stabiel en zijn operationele kosten sterk verminderd.**

**B**èta-Water, een dochteronderneming van de Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD), heeft in 2000 bij Norit Klazienaveen een installatie gebouwd om oppervlaktewater op te werken tot gedemineraliseerd water cq. ketelvoedingswater. Deze installatie onttrekt het voedingswater uit een naast gelegen kanaal en heeft een capaciteit van ongeveer 1.750 kubieke meter gedemineraliseerd water per dag. De zuivering bestaat uit coagulatie, continue zandfiltratie, ultrafiltratie en omgekeerde osmose.

Sinds de installatie functioneert (vanaf 2000), worden de drie omgekeerde osmose-installaties vooral 's zomers bij hoge watertemperaturen geconfronteerd met ernstige (bio)fouling. Dit uit zich in een zeer snelle toename van de drukval over de eerste trap van de installatie. Een hoge frequentie van reinigen, vooral gedurende de zomer, was noodzakelijk om de installatie in bedrijf te houden. Gedurende de eerste jaren waren tot wel 25 reinigingen per RO-installatie per jaar noodzakelijk. Ook dienden de RO-membranen eens per drie jaar te worden vervangen. Dit resulteerde in hoge operationele kosten, geen stabiele bedrijfsvoering en een verminderde leveringszekerheid.

Optimalisatietrajecten die de afgelopen jaren zijn doorlopen, hebben een sterke reductie van het aantal chemische reinigingen bewerkstelligd. Desondanks bleven de problemen met (bio)fouling vooral gedurende de zomer ernstig. Ook de reinigingsfrequentie bleef hoog, namelijk circa twaalf keer per jaar (in de zomer periodiek zelfs wekelijks). Mogelijke oplossingen

om deze vervuiling te voorkomen, zijn het verbeteren van de voorzuivering en/of chemische voorbehandeling van het voedingswater. Bij de laatste wordt gebruik gemaakt van bacteriegroeiremmende middelen.

De afgelopen twee jaar is in het kader van het InnoWater-project 'Optimale membraansystemen, voorkomen/beheersen (bio)fouling' onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om deze vervuiling te voorkomen. In het bijzonder is hierbij gekeken naar het gebruik van een chemische voorbehandeling met bacteriegroeiemmende middelen, omdat dit de grootste kans van slagen had.

## Chemische voorbehandeling

Er zijn twee bacteriegroeiemmende middelen beproefd, te weten een oxiderend middel op basis van perazijnzuur (PAA) en een niet (of nauwelijks) oxiderende stof: DBNPA (of 2,2-dibromo-2-nitripropionamide).

Uitgangspunt bij dit onderzoek was dat deze middelen intermitterend worden gedoseerd. Het doel was inzicht te krijgen in de manier van doseren (intermitterend doseren tijdens een *fresh flush* en intermitterend doseren tijdens bedrijf gevolgd door inweken), de frequentie van doseren, de duur van de dosering en de concentratie van het bacteriegroeiemmende middel op het membraan.

Tijdens het onderzoek is gekeken naar de toepassing op oude maar ook nieuwe omgekeerde osmosemembranen. Hierbij golden als beoordelingscriteria een stabiele bedrijfsvoering (drukval), de reinigings-

frequentie en eventuele schade aan het membraan (een waarneembare hogere zoutpassage).

## Per-azijnzuur

Bij het gebruik van PAA is de kans op onherstelbare membraanschade in principe aanwezig en de manier van doseren essentieel. Schade kan ontstaan door oxidatie van/of chemische reacties met het membraanoppervlak. Temperatuur, zuurgraad (pH) en de aanwezigheid van metalen (vooral ijzer en mangaan) zijn kritisch bij toepassing van PAA. Onder bepaalde condities kan PAA met ijzer en/of mangaan een reactie aangaan, waardoor hydroxylradicalen worden gevormd. Deze radicalen kunnen reageren met het membraanmateriaal, waardoor de zoutretentie kan afnemen.

Om de kans op oxidatie schade zo veel mogelijk te beperken, vindt dosering plaats tijdens een spoeling met permeaat RO en wordt periodiek aanvullend gereinigd, met als doel zoveel mogelijk bovengenoemde metalen te verwijderen. Aangezien perazijnzuur niet door een RO-membraan wordt tegengehouden, wordt het permeaat gedurende de dosering geloosd op het riool. PAA heeft als bijkomend potentieel voordeel dat het mogelijk op het membraan afgezette organische stoffen afbreekt (en daarmee deels vervuiling en nutriënten verwijdert). Mogelijk heeft dit ook een positief neveneffect op al vervuilde membranen.

## DBNPA

Een ander chemische middel waar testen mee zijn uitgevoerd, is DBNPA of 2,2-dibromo-2-nitripropionamide. Het gebruik

hiervan heeft als voordeel dat dit het membraan niet kan aantasten. Aan het te lozen DBNPA-houdend water wordt natriumbisulfiet toegevoegd om het te de-activeren. DBNPA wordt nagenoeg geheel tegen gehouden door omgekeerde osmosemembranen, zodat het permeaat tijdens het doseren in principe niet hoeft te worden geloosd.

Behalve dat is gekeken naar het effect op reeds aanwezige biofouling, is ook onderzocht of een dosering op nieuwe membranen de initiële fase van (bio)fouling kan reduceren.

### Effect van per-azijnzuur op biofouling

Vanaf mei 2007 hebben testen plaatsgevonden met het doseren van per-azijnzuur (PAA). Doseren van PAA resulteert duidelijk in een veel stabielere bedrijfsvoering. De drukval blijft langere tijd zeer stabiel (zie blauwe lijn in afbeelding 1). Daar waar de drukval van de referentie RO-installatie een stijgende trend blijft vertonen (RO 2; bruine lijn). Perioden met extreme (bio)fouling uitgezonderd, lijkt een dosering van eens per twaalf bedrijfsuren tot eens per 24 uur voldoende om de drukval stabiel te houden. Tijdens perioden van extreme (bio)fouling dient de frequentie van doseren te worden verhoogd naar eens per ongeveer zes tot acht uur.

Op al vervuilde RO-membranen lijkt zelfs een dalende trend zichtbaar (blauwe lijn augustus 2007 - november 2008). Dit in tegenstelling tot de drukval op een RO-membraan dat in een parallelle straat, zonder aanpassingen (dosering PAA) in de bedrijfsvoering als referentie heeft gediend (bruine lijn). Direct na het starten van PAA op de referentie RO-installatie (vanaf september 2009), wordt ook hier direct een daling van de drukval zichtbaar.

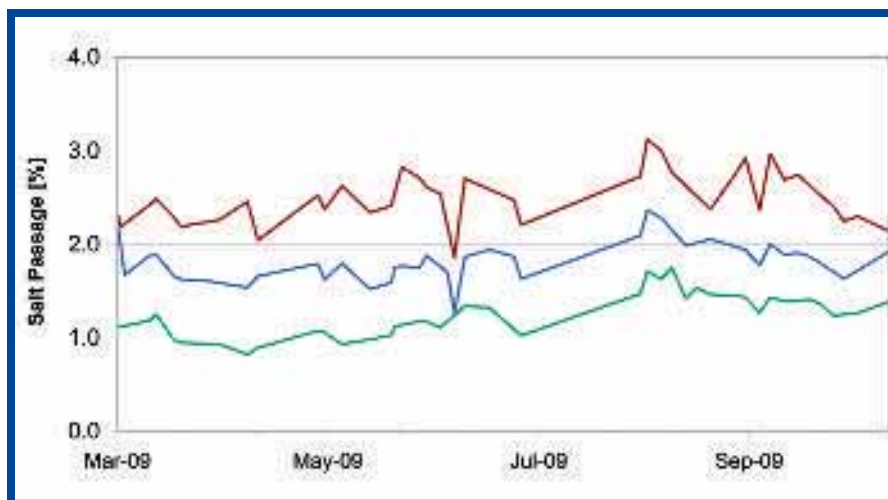
Onder in afbeelding 1 is met driehoeken het aantal reinigingen weergegeven. De dosering van PAA heeft de reinigingsfrequentie sterk gereduceerd, waardoor de exploitatiekosten (arbeid, vervanging kaarsenfilters en chemicaliën) daalden. Gedurende het onderzoek bleek dat voor een stabiele bedrijfsvoering een reinigingsfrequentie van maximaal drie tot vier keer per jaar volstaat (idem vervanging kaarsenfilters). De RO-installatie die als referentiestraat fungeerde, diende ongeveer twaalf keer per jaar te worden gereinigd (in de zomermaanden was de reinigingsfrequentie zelfs wekelijks).

Door de dosering afhankelijk te maken van de watertemperatuur, is een besparing in het verbruik van PAA met tenminste 25 procent mogelijk. Zo blijkt dat in de wintermaanden het gebruik van PAA achterwege kan blijven en in het voor- en najaar een lagere frequentie volstaat.

In het verleden is als gevolg van onjuist gebruik van PAA meerdere malen schade aan membranen geconstateerd. De huidige manier van doseren heeft tot op heden niet geleid tot meetbare schade aan het membraan (controle door membraan-autopsies en het kritisch volgen van de zoutpassage). Een en ander is ook zichtbaar in afbeelding 2, waar de retentie van de RO met PAA (blauw) geen afwijkende retentie



Afb. 1: Genormaliseerde drukval van de RO 1-installatie met PAA-dosering (blauw) en de referentie RO 2 (bruin). Onder het aantal CIP-acties per RO.



Afb. 2: Genormaliseerde zoutpassage van de RO 1-installatie met PAA-dosering (blauw) en de referentie RO 2 (bruin). Groen is de RO 3-installatie met BNPA.

(verslechtering) laat zien vergeleken met de andere twee RO-installaties.

### Effect van DBNPA op biofouling

Nadat in juni 2008 was begonnen met het doseren van DBNPA bleef de drukval nagenoeg stabiel (groene lijn). DBNPA heeft een positief effect op de werking van de RO, terwijl de drukval van de referentie RO (bruin) blijft fluctueren (als gevolg van vervuiling en reinigen). Het verloop van de drukval van de RO met DBNPA (groene lijn) en de referentie RO (bruine lijn) zijn weergegeven in afbeelding 3.

Ook hier is het aantal reinigingen zichtbaar als driehoeken onder in de grafiek. Een opmerkelijke vermindering van de reinigingsfrequentie is eveneens zichtbaar vanaf het moment dat is begonnen met het doseren van DBNPA, namelijk tot drie keer per jaar. De meeste van deze reinigingen waren preventief. De reinigingsfrequentie van de referentie RO-installatie bleef hoog, namelijk twaalf keer per jaar.

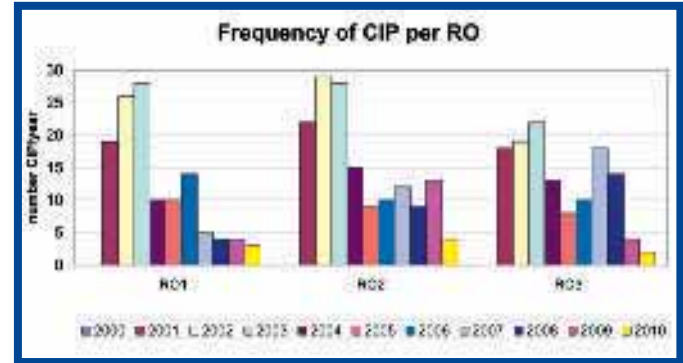
Dosering van DBNPA op nieuwe membranen had tot gevolg dat de drukval direct na opstart stabiel blijft (zie eveneens afbeelding 3, vanaf medio maart 2009). Na verloop van tijd is desondanks een lichte

stijging van de drukval zichtbaar, die wordt toegeschreven aan biofouling. Onderzoek naar de contacttijd toonde aan dat deze diende te worden verlengd (van 30 minuten naar een uur). Sindsdien is de drukval stabiel en de biofouling onder controle. Als gevolg van de verdubbeling van de contacttijd nam het verbruik van DBNPA met 50 procent toe. Vervolgens is de DBNPA-dosering geoptimaliseerd, waarbij een continue dosering is vergeleken met inweken. Hiervoor is een test uitgevoerd met een DBNPA-dosering op twee RO-installaties; één installatie met een dosering van een uur en één installatie waarbij DBNPA gedurende vijf minuten is gedoseerd en vervolgens heeft de oplossing gedurende 55 minuten ingeweekt. De contacttijd van DBNPA in het membraan is in beide gevallen gelijk gehouden (één uur).

Op basis van stabiele bedrijfsvoering (drukval) is geen verschil in werking tussen beide installaties geconstateerd. Het blijkt dat inweken met een DBNPA-oplossing net zo effectief is als een continue dosering, inweken voldoet dus eveneens om biofouling op het membraan tegen te gaan. De contacttijd van DBNPA met het membraan blijft hierdoor gelijk maar er is tot 90 procent minder DBNPA nodig.



Afb. 3: Genormaliseerde drukval van de RO-installatie met DBNPA-dosering (groen) en de referentie RO (bruin). Onder in de figuur het aantal CIP per RO.



Afb. 4: Aantal CIP per RO-installatie sinds 2000, RO 1 met PAA, RO 2 referentie en RO 3 met DBNPA.

## Conclusies

Intermitterend doseren, al dan niet gevolgd door inwerken van PAA of DBNPA, blijkt een effectieve methode om biofouling van omgekeerde osmosemembranen te voorkomen. Een reinigingsfrequentie van maximaal drie keer per jaar volstaat om de permeabiliteit op peil te houden. Deze verlaagde frequentie is een grote verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Ter vergelijking, de referentie-

installatie - waar geen bacterieremmend middel is toegepast - diende ongeveer twaalf keer per jaar te worden gereinigd (in de zomermaanden was de reinigingsfrequentie tijdelijk wekelijks).

Er is geen afname van de retentie geconstateerd die kan worden toegeschreven aan het gebruik van PAA of DBNPA. Het gebruik van PAA of DBNPA waarborgt een zeer aanzienlijk stabielere bedrijfsvoering, waardoor exploitatiekosten zijn verminderd.

Verwacht wordt dat als gevolg van de sterk gereduceerde reinigingsfrequentie, de levensduur van de membranen eveneens met minimaal een jaar kan worden verlengd.