



Gilbert Galjaard, PWN

Bram Martijn, PWN

Peer Kamp, PWN

Joop Kruithof, PWN

# Zuiveringsstrategie PWN voor verwijdering organische microverontreinigingen

**Vanaf de oprichting in 1920 bereidt het Noord-Hollandse waterleidingbedrijf PWN drinkwater uit grondwater op de pompstations Laren en Huizen en uit duinwater op de productiebedrijven Castricum, Bergen en Mensink. Na de Tweede Wereldoorlog is de duinwaterwinning uitgebreid en grotendeels vervangen door kunstmatige infiltratie vanuit Watertransportmaatschappij Rijn Kennemerland. De toenemende problemen met microverontreinigingen maakte verdere uitbreiding en aanpassing van de bestaande zuiveringen noodzakelijk. Een overzicht van die aanpassingen bij gelegenheid van de opening van de nieuwe UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-installatie op zuiveringsbedrijf Lagrand (zie pagina 57).**

De grondwaterpompstations Huizen en Laren, waar diep grondwater wordt gewonnen dat geen behandeling behoeft, hebben geen barrières tegen organische microverontreinigingen in het zuiveringsschema. Eind jaren 80 leidde gebruik van de pesticide bromacil voor onkruidbestrijding in spoorrails in het waterwingebied van pompstation Huizen tot lokale problemen. Tijdelijke toepassing van actieve koolfiltratie vormde een afdoende barrière.

Ook de zuivering van het oorspronkelijke duinwater en de open infiltratie vormden geen barrière tegen organische microverontreinigingen. Nadat eind jaren 80 bentazon

(en later atrazin) werd gemeten in het voorgezuiverde water voor de infiltratie, is ook hier actieve koolfiltratie tijdelijk aan het zuiveringsproces toegevoegd. Het effect van de actieve koolfiltratie op de concentratie atrazin is weergegeven in afbeelding 1. Atrazin werd verwijderd tot onder de wettelijke norm voor bestrijdingsmiddelen (0,1 µg/l). Ook andere bestrijdingsmiddelen, zoals pyrazon, werden afdoende verwijderd.

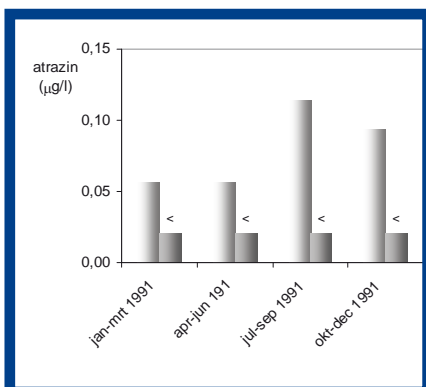
## Directe oppervlaktewaterzuivering

In het originele zuiveringsschema van productiebedrijf Andijk (uit 1968) kwamen geen barrières tegen organische microverontreinigingen voor. In de jaren 70, naar aanleiding van aan het IJsselmeer

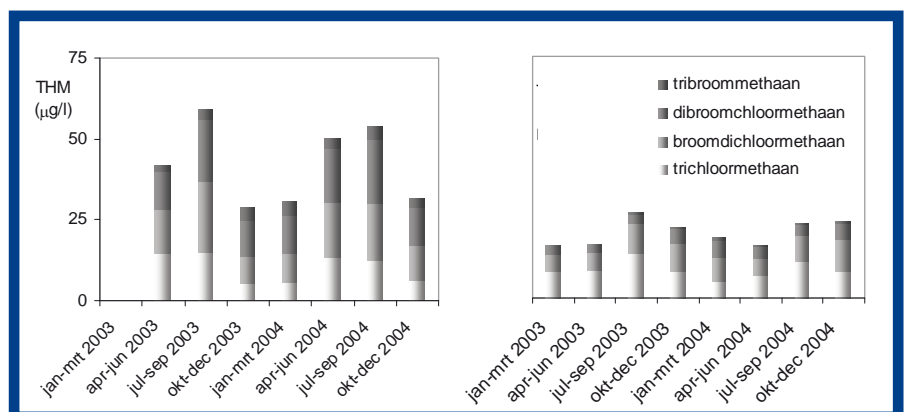
gerelateerde reuk- en smaakproblemen, is in eerste instantie de transportchloring vervangen door chloordioxide. Dit bleek onvoldoende en de zuivering op productiebedrijf Andijk werd uitgebreid met pseudo moving bed actieve koolfiltratie. Dit was een afdoende oplossing voor de bestaande reuk- en smaakproblemen en tegelijkertijd een barrière tegen bestrijdingsmiddelen.

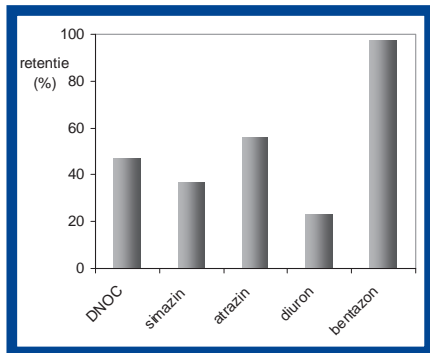
De toepassing van breekpuntschloring leidde tot de vorming van aanzienlijke hoeveelheden trihalomethanen en andere gehalogeneerde koolwaterstoffen. Deze werden jarenlang in voldoende mate verlaagd door de actieve koolfilters (zie afbeelding 2).

**Afb. 1: Concentratie atrazin voor en na de tijdelijke actieve koolfiltratie (WRK-III, 1991).**



**Afb. 2: De concentratie trihalomethanen voor en na actieve koolfiltratie (productiebedrijf Andijk, 2003-2004).**





Afb. 3: Retentie van bestrijdingsmiddelen voor cellulose acetaatmembranen (testbankonderzoek).

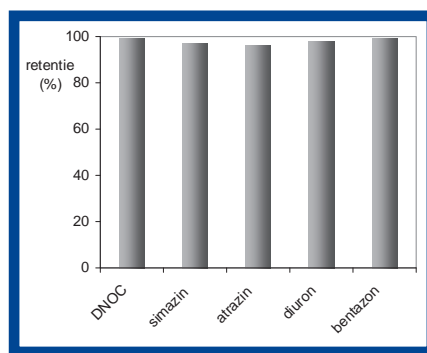
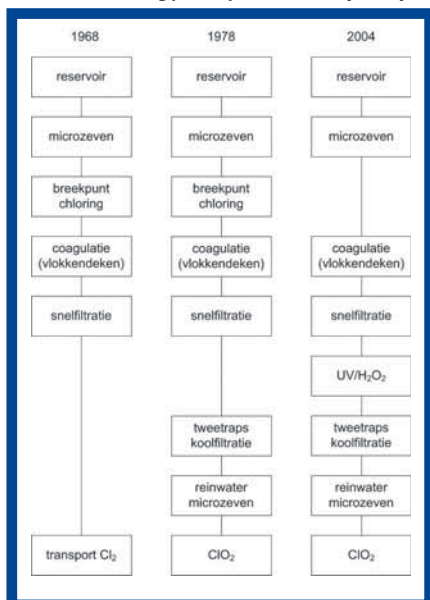
Met de in de jaren 70 geëffectueerde procesuitbreiding voldeed de waterkwaliteit in de jaren 90 nog steeds aan alle wettelijke normen. Toch was verdere zuivering gewenst. Hierbij speelden, naast hardheid en zoutgehalte van het IJsselmeer, de aanwezigheid van pathogene micro-organismen (met name *Giardia* en *Cryptosporidium*) en vooral organische microverontreinigingen een dominante rol. PWN richtte hierbij de aandacht op de toepassing van omgekeerde osmose en geavanceerde oxidatie.

### Toepassing omgekeerde osmose

Jarenlang is de toepassing van omgekeerde osmose onderzocht. De aandacht richtte zich in eerste instantie op de toepassing van cellulose acetaat (CA)-membranen. De verwachting dat eventuele biologische membraanvervuiling beheerst zou kunnen worden met vrij chloor, bepaalde deze keuze. In tegenstelling tot *thin film composite* (TFC)-membranen zijn CA-membranen bestand tegen vrij chloor. Bij de oorspronkelijk geselecteerde voorzuivering, gebaseerd op coagulatie en snelfiltratie, bleek meer membraanvervuiling op te treden dan acceptabel was. Ook bleek de retentie van bestrijdingsmiddelen onvoldoende (zie afbeelding 3).

Om een afdoende barrière tegen bestrijdingsmiddelen te realiseren, werd het proces

Afb. 8: Ontwikkeling proces productiebedrijf Andijk.



Afb. 4: Retentie van bestrijdingsmiddelen voor thin film composite-membranen (testbankonderzoek).

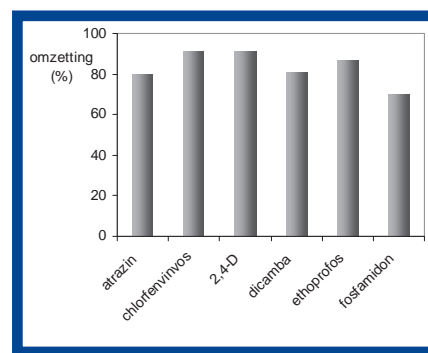
gebaseerd op omgekeerde osmose, ozon, waterstofperoxide en actieve koolfiltratie onderzocht. Dit leidde tot de vorming van zeer hoge bromaatgehalten in het RO-permeaat. Medio jaren 90 is overgestapt op TFC-membranen in combinatie met een uitgebreide voorzuivering gebaseerd op ultrafiltratie. Omgekeerde osmose met TFC-membranen leverde voldoende retentie van bestrijdingsmiddelen (zie afbeelding 4) en de combinatie UF-RO (TFC) vormde tevens een afdoende barrière tegen pathogene micro-organismen. UF-RO (TFC) is op zuiveringsbedrijf Lagrand geïnstalleerd als deelstroombehandeling van het WRK-III-water.

### Toepassing AOP

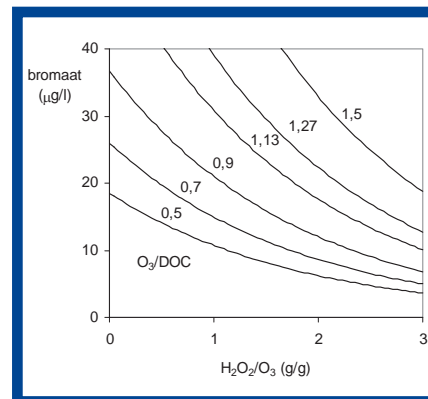
Voor zowel productiebedrijf Andijk als zuiveringsbedrijf Lagrand is de toepassing van geavanceerde oxidatie met ozon en waterstofperoxide onderzocht. Voor productiebedrijf Andijk was de doelstelling een gecombineerde toepassing van desinfectie en omzetting van organische microverontreinigingen, voor zuiveringsbedrijf Lagrand alleen voor de omzetting van organische microverontreinigingen als voorbehandeling van de duinfiltratie. De omzetting van bestrijdingsmiddelen bleek afdoende (zie afbeelding 5), maar de bromaatvorming bij dit op ozon gebaseerde proces bleek onvoldoende beheersbaar (zie afbeelding 6).

Beperking van de bromaatvorming door een verdere verhoging van de verhouding waterstofperoxide en ozon leidde tevens tot een sterke afname van de desinfectiecapaciteit. Omdat voor productiebedrijf Andijk naast een barrière tegen bestrijdingsmiddelen ook een verbeterde desinfectie noodzakelijk was (met name ten aanzien van *Cryptosporidium*), werd overgestapt op UV/waterstofperoxide daar de concentratie waterstofperoxide de desinfectiecapaciteit van UV niet beïnvloedt. Het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-proces gaf een vergelijkbare omzetting van bestrijdingsmiddelen als het O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-proces. Het artikel van Kruijthof *et al* op pagina .. geeft meer details over het onderzoek en ontwikkeltraject voor wat betreft het geavanceerde oxidatieproject.

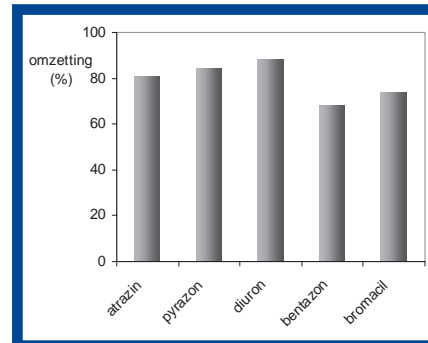
In 2004 is het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-proces op productiebedrijf Andijk geïmplementeerd. De drie processchema's in afbeelding 8 geven de verschillende ontwikkelingsstadia van dit productiebedrijf weer.



Afb. 5: Omzetting van bestrijdingsmiddelen door behandeling met ozon en waterstofperoxide van voorgezuiverd water uit het IJsselmeer (proefinstallatie-onderzoek).



Afb. 6: Bromaatvorming door behandeling met ozon en waterstofperoxide als functie van de verhouding tussen beiden voor diverse ozon/DOC-ratio's (proefinstallatie-onderzoek).



Afb. 7: Omzetting van bestrijdingsmiddelen door behandeling met UV en waterstofperoxide van voorgezuiverd water uit het IJsselmeer (proefinstallatie-onderzoek).

Na aanpassing van productiebedrijf Andijk is de duinfiltratie uitgebreid met een voorzuivering gebaseerd op UV en waterstofperoxide. Deze is gerealiseerd op zuiveringsbedrijf Lagrand naast de al bestaande UF-RO-installatie.

Met de inbedrijfstelling van het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-proces op zuiveringsbedrijf Lagrand beschikt PWN voor de totale drinkwaterproductie over een robuuste niet-selectieve barrière tegen organische microverontreinigingen. Ook de desinfectiecapaciteit is nu in de gehele infrastructuur gewaarborgd.