



Peter Sjoerdsma, Vitens

Jacques van Paassen, Vitens

Monique Hermans, Messer BV

# Volledige ammoniumomzetting door zuurstofdoserering

Op drinkwaterproductiebedrijf Spannenburg doseert Vitens zuivere zuurstof aan het beluchte ruwe water om een volledige ammoniumomzetting in de voorfilters te bereiken en nagroei in het distributienet te voorkomen<sup>1)</sup>. Deze werkwijze is uniek in Nederland en waarschijnlijk ook uniek in de wereld. Zuurstof in water oplossen lijkt op het eerste gezicht niet moeilijk. Dit is het wel als men zuurstof doseert in een open goot waar het water invalt en men eisen stelt aan het rendement van de zuurstofinbreng. In dit artikel wordt onder meer ingegaan op de manier waarop het uiteindelijk gelukt is om zuurstof in het water op te lossen met een rendement boven de 80 procent.

Spannenburg is het grootste drinkwaterproductiebedrijf van Vitens. Op de locatie wordt op jaarbasis 25 miljoen kubieke meter drinkwater geproduceerd. Het grondwater wordt betrokken uit een tweetal wingebieden (Spannenburg 15 miljoen kubieke meter en Oudega 10 miljoen kubieke meter). De kwaliteit van het grondwater is stabiel, maar het bevat een aantal stoffen in hoge concentraties (zie de tabel).

Om dit water te zuiveren tot drinkwater zijn meerdere processtappen in bedrijf (zie afbeelding 1); waarbij opgemerkt dient te worden dat de ontkleuring door middel van ionenwisseling op het moment van schrijven in de bouwfase is en volgens planning eind dit jaar in bedrijf zal worden genomen.

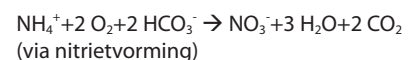
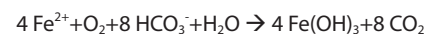
IJzer wordt grotendeels verwijderd in de voorfilters. Tot voor kort werd ammonium in de voorfilters slechts voor een klein deel omgezet in nitraat. Hieraan lagen twee

redenen ten grondslag. De eerste reden was het hoge gehalte aan ammonium in het ruwe water. De tweede reden was de slechte spoelwijze van de voorfilters, waardoor verstopping van de voorfilters ontstond met kortsluitstromen en verminderde ammoniumomzetting als gevolg. Hierover schrijven Jacques van Paassen e.a. uitgebreid in het hiernavolgende artikel.

Doordat het voorfiltraat nog ongeveer twee milligram ammonium per liter bevatte, vindt een groot gedeelte van het nitrificatieproces plaats in de nafilts. Uit onderzoek naar de nafilts bleek dat met name kort na elke spoeling veel biomassa van de nitrificatie (gemeten als ATP) uitspoelde naar de reinwaterkelder en het distributiegebied. In dat distributiegebied is dan ook sprake van ernstige nagroei van *Aeromonas* en dierlijke organismen.

Om de biologische stabiliteit van het drinkwater van productiebedrijf Spannenburg te verbeteren, is onderzoek verricht op zowel proefinstallatieschaal als in praktijkfilters naar optimalisatie van de voor- en nafilts. Om de nagroei in het distributienet te voorkomen, is het doel om de biologie in de nafilts te voorkomen. Dit houdt in dat de nitrificatie volledig in de voorfilters moet plaatsvinden. Dit is niet mogelijk als wordt vastgehouden aan natfiltratie in de voorfilters gecombineerd met intensieve beluchting.

Dit blijkt uit de volgende reactievergelijkingen:

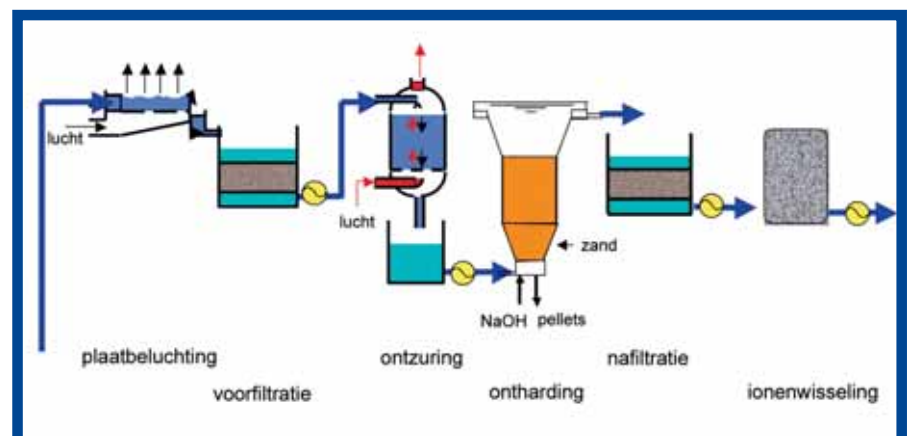


Uit deze reactievergelijkingen blijkt dat de ijzeroxidatie per milligram ijzer 0,14 milligram zuurstof verbruikt en voor de

## Samenstelling van het ruwwater op het productiestation Spannenburg.

parameter	waarde
methaan	40-45 mg/l
ijzer	12 mg/l
mangaan	0,5 mg/l
ammonium	3,3 mg/l
TOC	8 mg/l
kleur	20 mg/l
hardheid	3,5 mmol/l

Afb. 1: Schematisch overzicht van de zuivering te Spannenburg.



ammoniumomzetting 3,6 milligram per milligram  $\text{NH}_4^+$  nodig is. Een volledige ontijzering en ammoniumomzetting in nitraat in het ruwwater van Spannenburg vraagt dus in totaal 13,6 milligram zuurstof per liter. Bij atmosferische omstandigheden en een watertemperatuur van circa 11°C, overeenkomstig het ruwwater in Spannenburg, bedraagt de oplosbaarheid van zuurstof ongeveer 11 milligram per liter (zie afbeelding 2).

### Zuurstofdosering

Reeds tijdens het proefonderzoek zijn twee mogelijkheden geopperd om ondanks de hoge ijzer- en ammoniumconcentraties te komen tot een volledige ijzer- en ammoniumverwijdering.

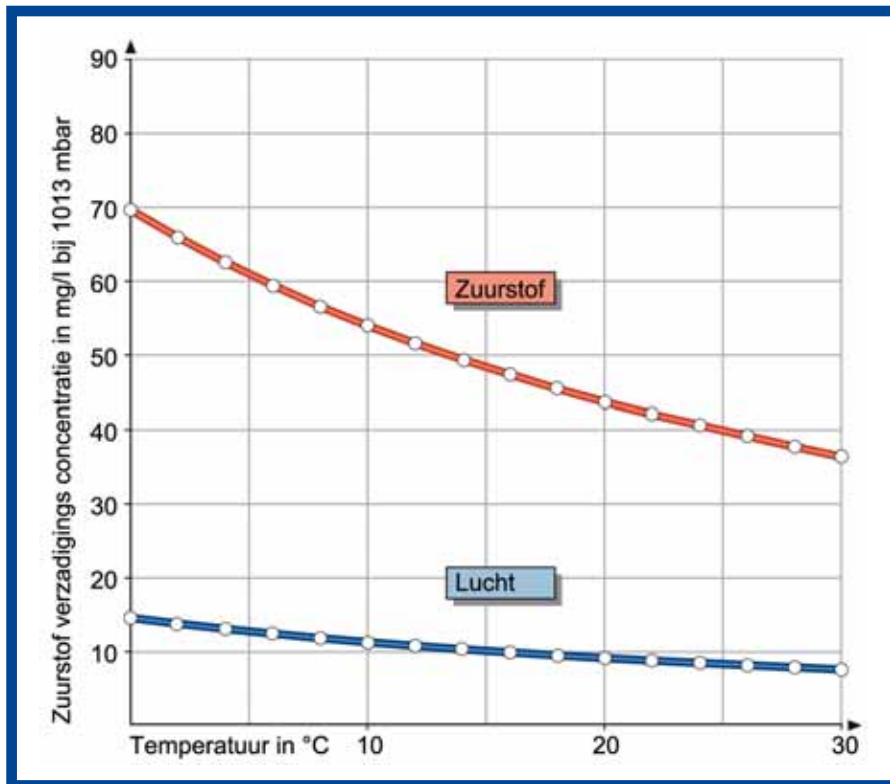
Er zijn twee methoden om het 'tekort' aan zuurstof aan te vullen:

- Door nafiltraat terug te voeren naar de voedingskant van de voorfilters wordt het ammoniumgehalte verdund en is volledige nitrificatie in het natfilter mogelijk;
- Door zuivere zuurstof te doseren, reeds getest in een praktijksituatie in één van de 15 voorfilters.

### Recirculatie van het nafiltraat

De methode van het bypassen van een gedeelte van het nafiltraat naar de voeding van de voorfilters is tijdens het pilot-onderzoek onderzocht. Uit het onderzoek bleek dat een bypasshoeveelheid van 25 procent noodzakelijk is om volledige nitrificatie te bereiken. In de praktijksituatie van Spannenburg met een nominale waterproductie van 2.850 kubieke meter per uur zou dit een bypasshoeveelheid van ruim 700 kubieke meter per uur inhouden. Gelet op de toekomst, waarbij regelmatig piekproducties van 3.640 kubieke meter per uur (de maximale capaciteit van productiebedrijf Spannenburg) kunnen voorkomen, betekent dit een bypass van 900 kubieke meter per uur. Ondanks de verbeterde nitrificatie mogen de nadelen als gevolg van het bypassen niet buiten beschouwing worden gelaten.

**Plaatbeluchtingsruimte met links de verzamelgoot en rechts de voedingsgoot voor ieder van de 15 filters. De luchtingslag in de verzamelgoot is duidelijk zichtbaar.**



Afb. 2: Oplosbaarheid van zuurstof in water.

Het leidingwerk wordt namelijk sterker belast en ingrijpende aanpassingen zullen noodzakelijk zijn. Daarnaast zal door de extra belasting van 25 procent ook een snelheidsverhoging van 25 procent in de voorfilter optreden. Op de lange termijn bestaat dan een risico op verslechtering van de filtratie. Vanwege de genoemde argumenten is deze methode als oplossing voor de praktijkfilters niet verder meegenomen.

### Dosering zuivere zuurstof

De firma Messer is betrokken bij dit deel van het onderzoek vanwege de kennis over het doseren en oplossen van zuurstof. Zuurstofdosering wordt regelmatig toegepast in het

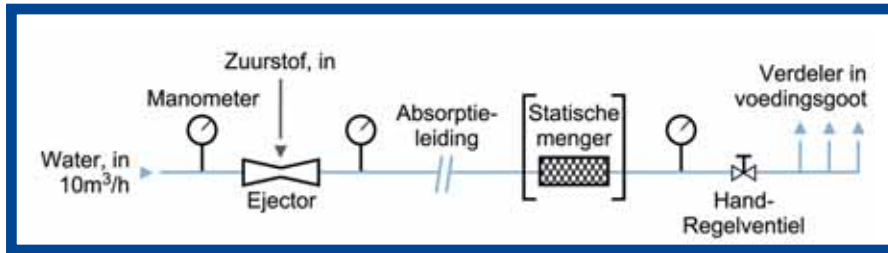
voedingswater voor gesloten snelfilters en kan daar redelijk eenvoudig gerealiseerd worden. In Spannenburg is de hydraulische situatie voor de voorfiltratie echter zodanig dat het oplossen van zuivere zuurstof extra aandacht vraagt.

De voorfiltratie in Spannenburg bestaat uit open snelfilters met een open en vlakke voedingsgoot. Zuurstof oplossen met behulp van eenvoudige bellenverdelers, zoals filterkaarsen of membraanbeluchters, is in deze voedingsgoot met 20 cm waterdiepte niet efficiënt.

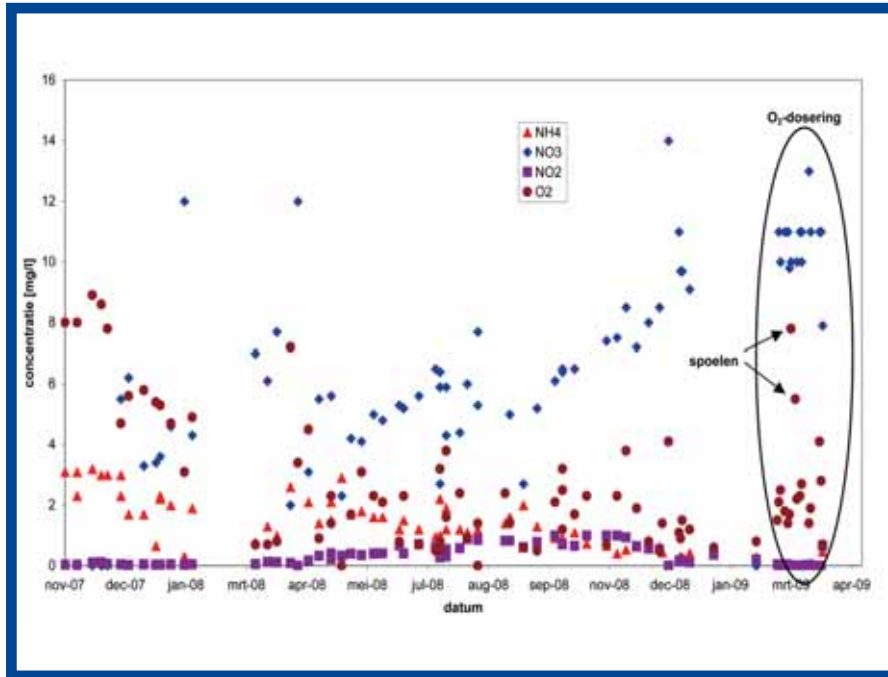
Stroomopwaarts, in het korte traject tussen plaatbeluchters en voedingsgoot, vindt twee keer significante luchtingslag plaats, die

**Overstortbak en voedingsgoot van het testfilter. Luchtingslag ten gevolge van de overstort is duidelijk zichtbaar.**





Afb. 3: Schematische weergave van de zuurstofdosing.



Afb. 4: Filtraatkwaliteit met zuurstof verrijkt ruwwater.

eventueel oververzadigde zuurstof er direct weer uitstript. De eerste luchtinslag is in de verzamelgoot onder de plaatbeluchters. Voordat het water weer volledig ontgast is, vindt de tweede luchtinslag plaats in de voedingsgoot zelf, waar het water via een overstortbak in valt. Zuurstofdosing in zowel de plaatbeluchergoot als in de overstortbak leek op voorhand dus niet zinvol.

Tijdens het onderzoek is wel zuurstofdosing in de overstortbak getest in combinatie met een afdekking/overkapping over de overstortbak en over het eerste deel van de voedingsgoot. De zuurstof werd gedoseerd via een filterkaarsje net boven de bodem van de overstortbak. De waterhoogte in de bak bedroeg 0,7 meter. Een deel van de gedoseerde zuurstof loste direct op. De rest verrijkte de afgedekte 'luchtatmosfeer' in het turbulente gedeelte en bevorderde hier de zuurstofopname. Bij een dosering van vijf milligram per liter was het rendement echter minder dan 20 procent.

Omdat directe zuurstofdosing niet mogelijk was, is de oplossing gezocht in het sterk verrijken van een relatief kleine waterdeelstroom en deze kort voor de filters met de hoofdstroom te mengen. Om in deze deelstroom ongewenste ijzer- en mangaanoxidatie te voorkomen is hier bedrijfswater (= drinkwater) toegepast. In het pilotonderzoek is tien kubieke meter water per uur onder druk verrijkt met één kilo zuurstof

per uur. Bij deze mate van oververzadiging (100 mg/l) wordt normaliter een oxidator (drukreactor) ingezet. Deze is echter alleen voor grotere watervolumenstromen beschikbaar. Voor het pilotonderzoek is de zuurstof daarom met behulp van een injector in het water gedispergeerd. Achter de injector levert een absorptieleiding de benodigde verblijftijd voor het verdere oplossen van zuurstof. Deze deelstroom wordt in de tweede helft van de voedingsgoot, dus na het schuimige gedeelte, met een drievoudige verdeler gemengd met het voedingswater van het betreffende voorfilter. Het gehele systeem is schematisch weergegeven in afbeelding 3.

Om te bereiken dat deze methode van zuurstofinbreng een voldoende hoog rendement heeft, is een aantal aspecten van belang. Ten eerste is een verhoogde druk nodig om voldoende verzadigingsdeficiet voor stoftransport tussen gas en vloeistoffase ter beschikking te stellen. Om een concentratie van 100 milligram per liter te bereiken, wordt in de praktijk met tussen de 400 en 600 kPa overdruk gewerkt. Daarnaast is van belang dat voldoende tijd voor stoftransport ter beschikking staat. Dit wordt door de lengte van de absorptieleiding vastgelegd. Ten derde is belangrijk dat fase scheiding in de absorptieleiding wordt vermeden. Hiervoor wordt de stroomsnelheid in deze leiding duidelijk hoger gekozen dan gebruikelijk. Bij de kleine diameter van de

absorptieleiding levert dit een behoorlijk drukverlies op.

Uiteindelijk is het drukprofiel in de gehele leiding van belang. Bij te grote drukval kan oververzadigde zuurstof weer ontgassen. Voor de verrijking tot 100 milligram zuurstof per liter betekent dit dat een overdruk van minimaal 90 kPa in de gehele leiding tot kort voor de uitgang gehandhaafd dient te worden. De resterende drukval tot atmosferisch vindt plaats in de drievoudige uitstroom in de voedingsgoot.

De uitgang met verdeler wordt zodanig gedimensioneerd, dat direct na drukval het zijstroomwater intensief met het overige water in de voedingsgoot gemengd wordt om zo ontgassing te vermijden.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is de statische menger direct voor het inbrengpunt komen te vervallen. Gebleken is dat enkel de injector genoeg is voor het oplossen van de grote hoeveelheid zuurstof in het bedrijfswater.

Alhoewel het water zijwaarts vanuit de voedingsgoot het filter opstroomt en voedingswater in het eerste deel van de goot niet direct met zuurstofrijk water gemengd raakt, wordt overal in het bovenwater een verhoogde concentratie zuurstof gemeten. De stroming in het bovenwater zelf draagt dus ook nog aan de menging bij.

Met de geschetste testopstelling is gedurende twee maanden een voorfilter voorzien van extra zuurstof. Gedurende deze periode is intensief gemeten om het effect vast te kunnen stellen. In afbeelding 4 zijn de van belang zijnde parameters uitgezet.

Dit overzicht geeft aan dat met toepassing van zuurstofdosing het mogelijk is hoge concentraties ammonium volledig om te zetten in nitraat. Tijdens de periode dat zuurstof is gedoseerd in het voedingswater van het testfilter, is geen ammonium en nitriet aangetoond en is de nitraatconcentratie met twaalf milligram per liter maximaal. Het rendement van de zuurstofdosing is meer dan 80 procent. Dat is gegeven de omstandigheden voldoende hoog. Vitens heeft inmiddels besloten de zuurstofdosing per individueel filter uit te voeren en het alternatief - dosering via een centrale oxidator - buiten beschouwing te laten. Dit houdt dus in dat de praktijkinstallatie wordt uitgevoerd conform het pilotonderzoek.