

## SUMMARY

### Technological aspects of the water purification plant Baanhoek

Chemical results are given of the phases in the purification process of the plants with a capacity of 1200 m<sup>3</sup>/h. The most important processes are:

- self purification of the water of the river Rhine in a reservoir;
- coagulation with ferrichloride and softening with lime to a hardness of 3 mg eq/l (= 9° D);
- upflow filtration followed by downflow filtration;
- ozonisation to give the water good smell and taste.

# Technologische aspecten van het filterstation Baanhoek te Dordrecht

## Inleiding

De technologie van het zuiveren van rivierwater tot drinkwater wordt de laatste jaren steeds gecompliceerder, gezien de toenemende verontreinigingen van het oppervlakte water door industriële producten. Het is daarom van belang bij verschillende stadia in het zuiveringsproces van het filterstation Baanhoek stil te staan.

## Bacteriologische en fysisch-chemisch voorzuivering

Het filterstation betreft het water van de rivier de Rijn, dat via de Waal, de Merwede en het Wantij in het spaarbekken belandt. Het spaarbekken „De kleine Rug” biedt het water momenteel een verblijftijd van nog slechts 25 dagen. Daar een verblijftijd van ongeveer 100 dagen gewenst is, is het plan „De grote Rug” ontworpen en in uitvoering genomen. Na voltooiing van deze uitbreiding zal het rivierwater ten minste de genoemde tijd in het spaarbekken verblijven.

In het spaarbekken wordt ferrosulfaat (2 mg Fe<sup>2+</sup>/l) gedoseerd, met het doel het fosfaatgehalte te verlagen, zodat een explosieve algengroei wordt vermeden. Het vrijwel direct tot ferri geoxydeerde ferrosulfaat doet tevens dienst als coagulatiemiddel in het bekken. Het bezinken van slib is echter niet het belangrijkste proces, dat plaatsvindt. De bacteriologische zuivering of zelfreiniging is naast de voorraadvorming het voornaamste aspect van het spaarbekken. Deze bacteriologische zuivering is uiterst belangrijk, daar het rivierwater organische stoffen van o.a. industriële herkomst bevat, waarvan het niet geheel zeker is, dat ze door de chemische zuivering kwantitatief verwijderd of onschadelijk gemaakt worden. De belangrijkste reden, dat de bovengenoemde kennis ontbreekt, is het feit, dat het aantal organische stoffen, dat zich in het Rijnwater bevindt, zeer groot is, de concentratie van elke stof zeer laag en wisselend. Een volledig onderzoek naar de verontreinigingen van het Rijnwater is zelfs met de modernste apparatuur een uiterst moeizame en welhaast onmogelijke zaak. Een veiligheids-

factor als een spaarbekken waarvan de werking weliswaar niet volledig bekend is, is gezien de mogelijkheid van het aanwezig zijn van schadelijke stoffen in het water dan ook onontbeerlijk. Bovendien kan de inneming van rivierwater voor langere tijd onderbroken worden, wanneer de rivier duidelijk verontreinigd is door giftige stoffen in hogere concentraties.

## Fysisch-chemische zuivering

Na uitgebreide experimenten met proefinstallaties met een capaciteit van 100 en 200 m<sup>3</sup> per uur, is tot het volgende zuiveringsschema voor het filterstation Baanhoek besloten.

1. dosering chloor
2. dosering ferrichloride  
kalk  
coagulatiemiddel
3. „upflow”-filtratie
4. „downflow”-filtratie
5. ozonisatie
6. dosering chloor

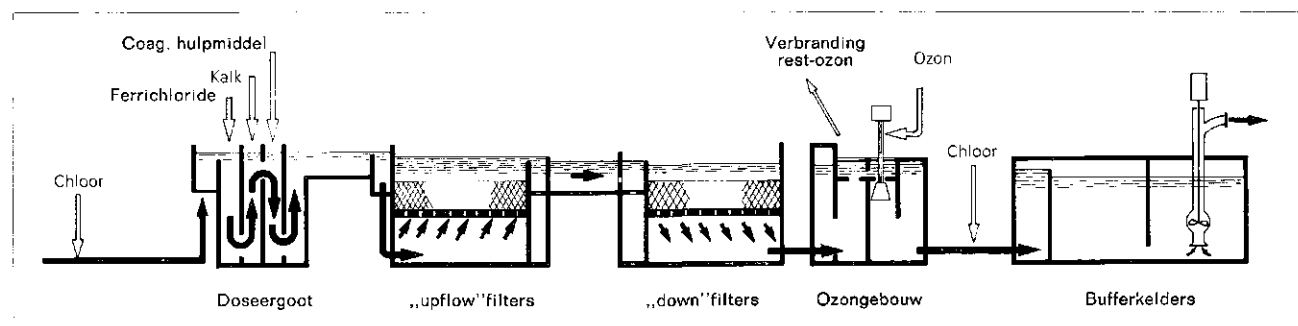
### 1. Dosering chloor

Het is vooral in de zomermaanden noodzakelijk gebleken om aan het spaarbekken onttrokken water chloor te doseren. De belangrijkste reden hiervoor is de aanwezigheid van kleine waterdiertjes, zoals watervlooien en algen welke in staat zijn door de coagulatiefase heen te slippen. Een verblijf van ongeveer een half uur in water met een chloorgehalte van 1 à 2 mg/l is voor deze organismen voldoende funest gebleken, zodat ze volledig worden verwijderd.

### 2. Dosering ferrichloride, gebluste kalk en coagulatiemiddel

Na de chloordosering wordt ferrichloride (10 mg Fe<sup>3+</sup>/l) en gebluste kalk (circa 100 mg/l) toegevoegd. De combinatie

Schema waterbehandeling.



ferrichloride-kalk is gekozen met het oog op de mogelijkheid het water op eenvoudige wijze te kunnen ontharden.

De coagulatie met aluminiumzouten vereist een pH van 7 of lager om effectief te kunnen zijn. Ontharding bij deze pH is ondenkbaar. Ferrizouten daarentegen verdragen gemakkelijk een pH van 9 à 10 zonder dat de coagulatie minder effectief wordt.

Het rivierwater heeft momenteel een hardheid van 4 à 5 mg eq/l zodat een ontharding wenselijk is. Een extra kalkdosering zorgt voor een ontharding tot ca. 3 mg eq/l. De tijdelijke hardheid is dan gekomen op ca. 0,5 mg eq/l.

In de wintermaanden wordt een coagulatiehulpmiddel toegevoegd, zodat de daling van de productiecapaciteit van de „upflow” filters door een lagere temperatuur van het water, wordt gecompenseerd.

### 3. „Upflow”-filtratie

De gevormde vlok welke slib, organische stoffen (micro-organismen ferrihydroxyde en calciumcarbonaat bevat, wordt in 8 „upflow” filters gevangen. Elk filter heeft een oppervlakte van 36 m<sup>2</sup> en is gevuld met ongebroken zand (2 tot 3 mm) gevuld tot een hoogte van 1,30 m. De schijnbare lineaire snelheid is 4,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h bij een productie van 1200 m<sup>3</sup>/h. Elk filter wordt na 8 productie-uren gespoeld. Tijdens het spoelen van een filter blijft de productie van 1200 m<sup>3</sup>/uur gehandhaafd, zodat de lineaire snelheid in de filters dan oploopt tot 4,8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h uur, hetgeen de kwaliteit van het effluent niet blijkt te beïnvloeden.

Er wordt gespoeld met water en lucht en daarna met water alleen. Voor het spoelwater wordt gehoord spaarbekkenwater gebruikt. Na het spoelproces gaat het water 15 minuten naar het riool.

Afb. 1, waarin is weergegeven het KMnO<sub>4</sub> verbruik per liter water als functie van de tijd na de beëindiging van het spoelproces, motiveert deze tijd.

Op het moment dat een filter gespoeld wordt, heeft dit ca. 150 kg slib — berekend als droge stof — gevangen.

Een indruk van de kwaliteit van het effluent geven afb. 2 en afb. 3, waarin resp. de kleur (ongefiltreerd) en het Fe-gehalte (mg/l) als functie van de tijd zijn weergegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat de onderbreking van het productieproces, welke toevallig tussen 3 en 3½ uur na het spoelen optrad, de kwaliteit van het effluent niet nadelig heeft beïnvloed. Tijdens het (proef)productie bedrijf, waarin de automatisering van het filterstation werd voltooid, is dan ook zonder bezwaar een intermitterend bedrijf gevoerd, waarvan dagelijks ongeveer 16 uur productie.

### 4. „Downflow”-filtratie

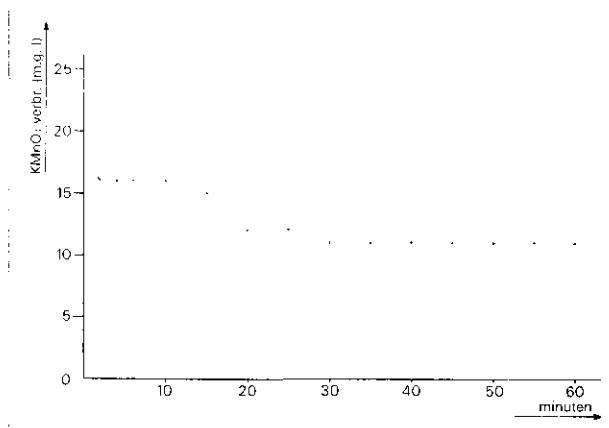
Ondanks het feit dat het effluent van de „upflow” filters reeds een goede kwaliteit heeft, is het uit een oogpunt van goede bedrijfszekerheid nodig dubbele filtratie toe te passen. De nafiltratie vindt plaats in 6 filters met een oppervlakte van 36 m<sup>2</sup>. Deze zijn gevuld met gebroken zand (2 tot 5 mm) tot een hoogte van 1,30 m. De schijnbare lineaire snelheid in de filters is 5,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Na drie productiedagen wordt een filter met reinwater gespoeld.

Afb. 4 en 5, waarin is weergegeven de kleur en het Fe-gehalte als functie van de tijd na het spoelen, geven een indruk van de kwaliteit van het effluent. Hieruit is tevens te zien, dat het spoelen van de „upflow”-filters geen nadelige invloed heeft op de kwaliteit van het filtraat van de downflowfilters.

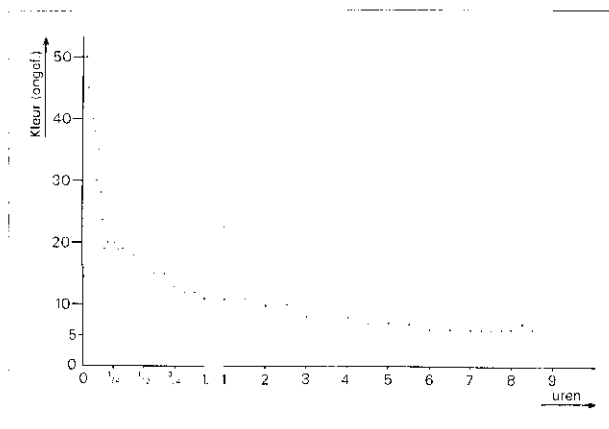
### 5. Ozonisatie

Het filtraat van de „downflow”-filters wordt met ozon (2 à 3 mg/l) behandeld. De ozonisatie wordt toegepast ter oxydatie van reuk- en smaakstoffen, ter verlaging van de kleur en het KMnO<sub>4</sub>-verbruik en als desinfectiemiddel.

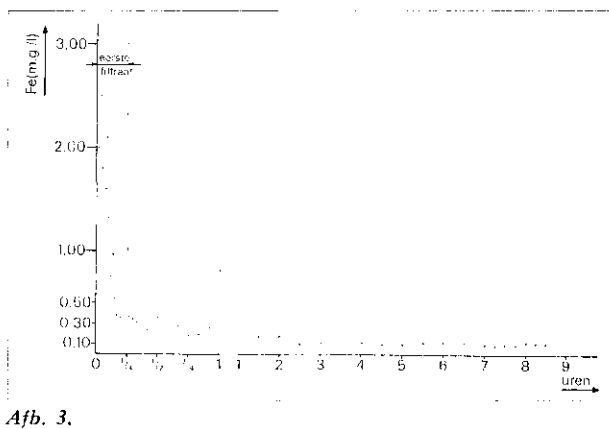
Recente onderzoeken door Cyril Gomella (La Tribune du CEBEDEAU 20, 287, 1967 pp 397-413) bevestigen deze werking terwijl tevens werd vastgesteld, dat fenolen-naphtolen



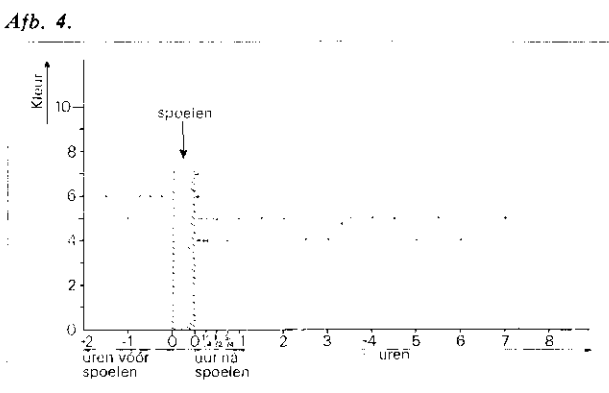
Afb. 1.



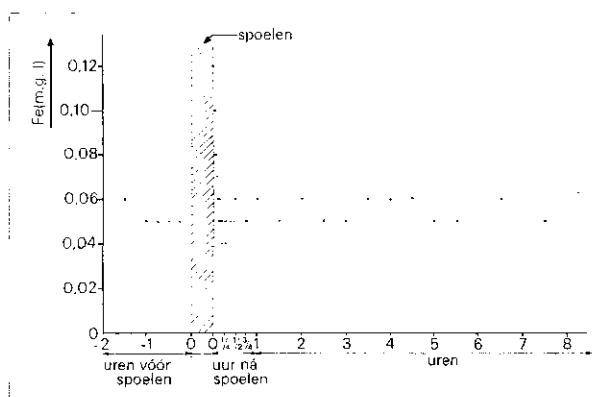
Afb. 2.



Afb. 3.



Afb. 4.



Afb. 5.

etc. en detergenten als ABS nagenoeg volledig worden afgebroken door ozon. Een dosering van 3 mg ozon per mg ABS is voldoende.

Cyril Gomella toonde tevens een uitstekende steriliserende werking aan, hetgeen bekend was van de aan het station Oranjelaan bestaande ozonisatie, terwijl het in het filterstation Baanhoek opnieuw is gebleken.

Uit eigen onderzoek bleek, dat een gehalte van 2 mg  $\text{NO}_2$ -per liter na ozonisatie tot nul gereduceerd wordt, hetgeen tijdens bijzondere bedrijfsomstandigheden zeer goed van pas kan komen. Een volledige vervanging van chloor door ozon stuit helaas op de eigenschap van ozon, vrij snel te ontleden in zuurstof, zodat het aan het water in het distributienet geen bescherming meer biedt.

Ozon kost ongeveer 35 Wh per gram gedoseerd  $\text{O}_3$ , hetgeen neerkomt op een bedrag van f 0,006 per  $\text{m}^3$  water. Daarnaast kunnen de kapitaalslasten met het onderhoud gesteld worden op f 0,007 per  $\text{m}^3$ , zodat de totale kosten van ozonisatie ca. f 0,013 per  $\text{m}^3$  bedragen.

#### 6. Dosering chloor

Nadat het water geozoniseerd is, kan er nog eens chloor aan het water worden toegevoegd. Daardoor is het mogelijk bij calamiteiten het leidingnet direct vanuit het filterstation Baanhoek te voeden, hoewel normaliter het produktiewater naar het produktie-pompstation Oranjelaan wordt gepompt, waar het wordt gemengd met onthard grondwater (verhouding 2 : 1).

#### Resultaten van de zuiveringsstadia (augustus 1968)

De volgende tabel geeft een indruk van de kwaliteitsverandering van het water in de verschillende onderdelen van de zuivering. De gegeven analyse-resultaten zijn het gemiddelde van de maand augustus 1968, verkregen tijdens (proef)produktiebedrijf. In deze periode werd de produktie dagelijks gedurende circa 8 uur onderbroken.

De gegeven waarden zijn uitgedrukt in de gebruikelijke eenheden (hardheid in mg eq/l).

#### Overzicht zuivering

	Wantij	sjaarbekken	na „upflow” filtratie	na „downflow” filtratie	na ozonisatie
kleur	22	22	12	6	5
$\text{KMnO}_4$ verbr.	30	28	11	10	9
Hardheid	4,7	4,4	3,2	3,2	3,2
Fe	0,90	0,45	0,20	0,07	0,07
Mn	0,12	0,10	0,00	0,00	0,00
$\text{O}_2$	4,9	10,5	8,8	9,0	9,0
$\text{NH}_4+$	1,5	0,5	0,2	0,1	0,1
$\text{HCO}_3-$	155	132	30	30	30
Cl-	125	130	150	150	150

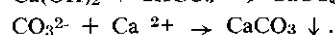
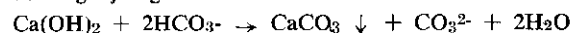
Bij de resultaten betreffende kleur,  $\text{KMnO}_4$ -verbruik en  $\text{O}_2$ -gehalte moet het volgende opgemerkt worden:

De kleur van het water evenals het  $\text{KMnO}_4$ -verbruik worden tengevolge van de ozonisatie één eenheid lager; nu is het verband tussen kleur en oxydeerbaarheid afhankelijk van de samenstelling van het water en daardoor moeilijk vast te leggen, zeker voor de lagere waarden. Voor de verlaging van het  $\text{KMnO}_4$ -verbruik kunnen we zeggen dat 1 mg  $\text{KMnO}_4$  overeenkomt met 0,25 mg  $\text{O}_2$ , zodat bij een dosering van 2,5 mg  $\text{O}_3$  (Ozon) per liter dit een verlaging van maximaal 3 mg  $\text{KMnO}_4$  per liter geeft, daar een molecule  $\text{O}_3$  één actief zuurstofatoom bezit. Ook zullen met  $\text{O}_3$  zeker oxydaties optreden, welke niet plaatsvinden bij de uitvoering van de analyse van het  $\text{KMnO}_4$ -verbruik.

Het  $\text{O}_2$ -gehalte neemt door de ozonisatie in het filterstation niet toe. De reden hiervan is, dat het water reeds nagenoeg verzadigd is aan zuurstof. In het waterleidingbedrijf Oranjelaan is gebleken, dat water met een laag  $\text{O}_2$ -gehalte (2-4 mg  $\text{O}_2$ /l) zeer goed belucht kan worden door de toegepaste ozonbegassers (6-8 mg  $\text{O}_2$ /l).

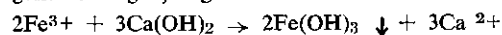
De resultaten van de ontharding van het water laten zich met de volgende vergelijkingen goed verklaren. Voor een eenvoudige opzet nemen we aan dat het water slechts  $\text{HCO}_3$ -ionen bevat (en geen  $\text{CO}_3^{2-}$  of  $\text{CO}_2$ ).

In dit geval kost ontharding van 1 mg eq hardheid volgens de vergelijkingen:



één mg eq  $\text{HCO}_3$ -ion.

Hierbij komt dan nog dat het flocculatiemiddel  $\text{FeCl}_3$  volgens de vergelijking



per mg ferri 2,2 mg  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  vergt, waardoor 0,06 mgeq  $\text{Ca}^{2+}$  worden geïntroduceerd, hetgeen bij een dosering van 10 mg ferri/l neerkomt op 0,6 mg eq hardheid per liter. Een verdere berekening leert, dat het mogelijk is het aangeboden water theoretisch te ontharden van 4,4 mg eq/l tot 2,8 mg eq/l, hetgeen ca. 100 mg kalk per liter vergt. De  $\text{HCO}_3$ -ionen (tijdelijke hardheid in dit geval) zijn op dat moment geheel verbruikt.

Indien het water een hogere blijvende hardheid krijgt dan, moet indien dat voor de ontharding gewenst is, kalk en soda gedoseerd of ionenwisseling toegepast worden.

De kosten aan kalk van de geschetste ontharding bedragen f 0,01 per  $\text{m}^3$  water; de investeringskosten bedragen slechts enkele tienden van centen per  $\text{m}^3$ .

#### Slot

Hoewel het filterstation in de maand augustus nog niet volledig was voltooid, zijn de resultaten toch goed te noemen. Na de voltooiing van de automatiek, de optimalisering van het proces en de ingebruikname van het uitgebreide spaarbakken wordt verwacht dat de kwaliteit van het geproduceerde water voor wat de smaak, kleur en  $\text{KMnO}_4$ -verbruik betreft nog verbetering zal ondergaan.