

Ontkleuring van grondwater mogelijk door middel van filtratie over actieve kool in anaëroob milieu

Inleiding

Van de ruim 70 kwaliteitsparameters die in het Waterleidingbesluit worden genoemd is de kleur, naast reuk, smaak en helderheid, een van de weinige die door de consument zelf kan worden waargenomen en waarop hij mede zijn oordeel over de kwaliteit van zijn drinkwater bepaalt.

De kleur kan uit dien hoofde als een belangrijke kwaliteitsindicator worden beschouwd.

Aan de kleurintensiteit is een wettelijk maximum gesteld (zie box op pagina 576).



IR. P. G. J. M. OOSTELBOS
Afd. Kwaliteit
nv Waterleiding Friesland



A. OOST
Afd. Kwaliteit
nv Waterleiding Friesland



DR. M. VAN AMMERS
Afd. Kwaliteit
nv Waterleiding Friesland

Indien deze bovengrens wordt overschreden als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem kan de minister ontheffing verlenen (Waterleidingbesluit, artikel 4, tweede lid).

De enigszins geelbruine kleur die grondwater kan vertonen wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van humuszuren.

Humuszuren zijn weinig gedefinieerde natuurlijke stoffen die in de bodem het grootste gedeelte van het organische materiaal uitmaken. Het zijn organische macromoleculen waarvan de structuur nog steeds niet volledig is opgehelderd. Zij worden daarom gekarakteriseerd aan de hand van een aantal fenomenologische kenmerken [1].

Grondwaters met een hoge kleur worden vooral daar aangetroffen, waar het water via veenlagen infiltreert.

Een voorbeeld hiervan is het grondwater dat door de nv Waterleiding Friesland op pompstation Spannenburg wordt gewonnen. De kleur van het daar gedistribueerde water bedraagt gemiddeld ca. 24 mg/l volgens de Pt/Co-schaal en overschrijdt dus de richtwaarde van het Waterleidingbesluit.

Samenvatting

Humuszuren, die verantwoordelijk zijn voor een te hoge kleurintensiteit van drinkwater, kunnen effectief worden verwijderd door filtratie over actieve kool. Experimenten op semi-technische schaal hebben aangetoond dat deze filtratie kan worden uitgevoerd met ruw grondwater op voorwaarde dat strikt anaërobe omstandigheden worden gehandhaafd.

Hoge ijzergehalten (ca. 10 mg/l) storen in een dergelijke situatie niet.

Bovendien treedt in het filter geen bacteriologische of biologische groei op.

Problemen ten gevolge van het vrijkomen in het filter van gasen (kooldioxyde, methaan) kunnen worden voorkomen door de filtratie onder druk uit te voeren.

Bezwaren

Aan water met een hoge kleur zijn de volgende bezwaren verbonden:

- Esthetisch bezwaar: in wit sanitair is de kleur duidelijk zichtbaar.
- Uit humuszuren worden bij desinfectie met chloor of chloordioxyde gechloreerde koolwaterstoffen gevormd [1].
- Bij desinfectie met chloor of ozon worden stoffen gevormd die bacteriologisch goed afbreekbaar zijn waardoor nagroei in het leidingnet kan optreden.
- Humuszuren kunnen metalen zoals aluminium en lood complex binden.

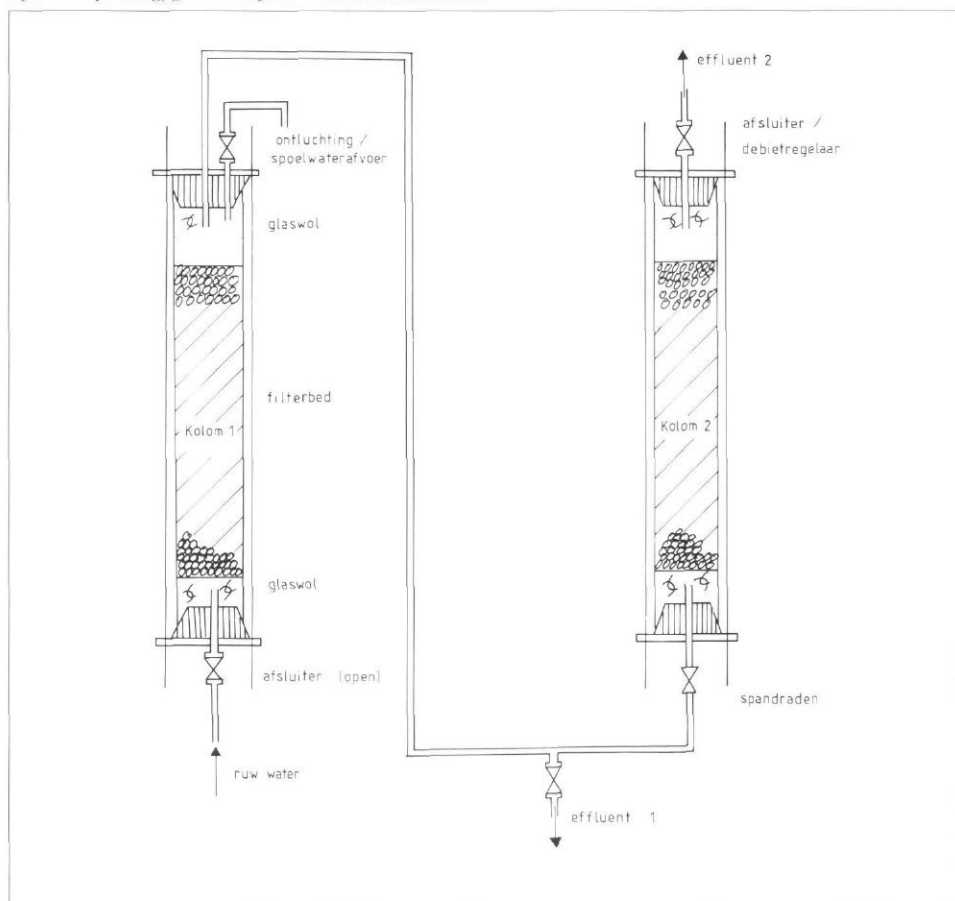
Het esthetische bezwaar is over het algemeen het belangrijkste. Grondwater wordt in Nederland doorgaans niet

gedesinfecteerd, zodat de vorming van haloformen geen probleem is en de humuszuren zelf zijn slecht afbreekbaar, zodat ernstige nagroeiproblemen daardoor niet zullen optreden.

Indien echter desinfectie noodzakelijk zou zijn, bijvoorbeeld bij een bacteriologische besmetting van het water, of bij een eventuele wijziging van de wetgeving verplicht zou worden gesteld, gaan de bovengenoemde bezwaren wel degelijk een rol spelen.

Om deze redenen leek het ons wenselijk om niet te volstaan met het aanvragen van een ontheffing op grond van artikel 4 lid 2a van het Waterleidingbesluit, maar tevens na te gaan welke mogelijkheden er bestaan voor een technisch en economisch

Afb. 1 - Opstelling, gebruikt bij het oriënterend onderzoek.



aanvaardbare verlaging van de kleur. Het onderzoek hiernaar is uitgevoerd op het pompstation Spannenburg.

Methoden

Bij de gebruikelijke zuivering van grondwater (beluchting, snelfiltratie) vermindert de kleur maar weinig. In principe komen voor kleurverwijdering de volgende processen in aanmerking [1, 2, 3, 4, 5]:

- coagulatie;
- oxydatie (chloring of ozonisatie);
- hyperfiltratie;
- ionenwisseling;
- adsorbtie (aan diatomeeënaarde, aluminiumoxyde of actieve kool);
- combinaties van deze processen.

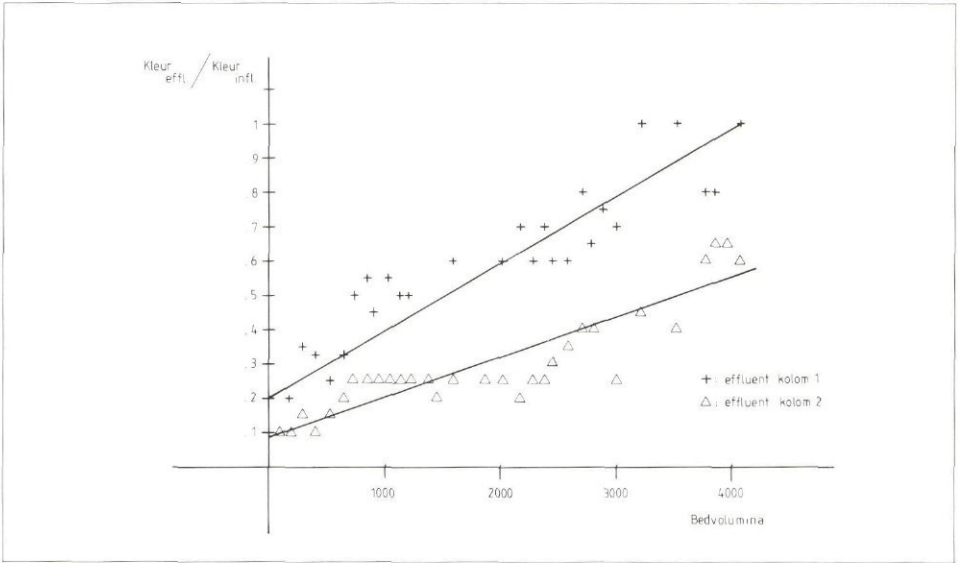
Coagulatie verloopt pas goed bij een lage pH. Voor het sterk gebufferde water van Spannenburg zou dit in de praktijk niet eenvoudig te realiseren zijn. Toepassing van oxydatie veroorzaakt nagroei en bij gebruik hiervoor van chloor worden er haloformen gevormd. Met hyperfiltratie en ionenwisseling heeft men een afvalprobleem. Voor Spannenburg lijkt adsorbtie, en dan met name aan actieve kool, het meest geschikte proces te zijn. De verwijderingsrendementen zijn hoog en er zijn weinig schadelijke neveneffecten. Een bijkomend voordeel is dat behalve humuszuren ook andere organische stoffen, zoals pesticiden en herbiciden kunnen worden geadsorbeerd.

Plaats in de zuivering

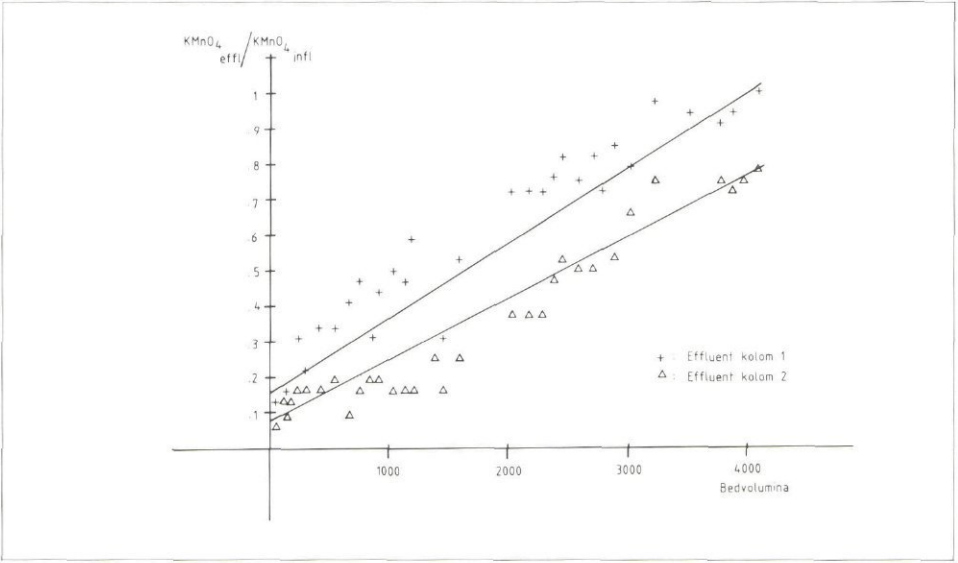
Uit oriënterende proeven aan rein water, die in 1976 in Spannenburg zijn uitgevoerd [6], was gebleken, dat met actieve kool de kleur goed was te reduceren. Een bezwaar was echter dat in het koolfilter een levendige groei van bacteriën en hogere organismen ontstond. Een nadesinfectie en een behandeling met microzeven leek onvermijdelijk, wat de kosten aanzienlijk zou doen stijgen. Om economische redenen is destijds dan ook van koolfiltratie afgezien.

TABEL I – Samenstelling van het ruwe water van Spannenburg.

Kleur	mg/l Pt/Co	30
KMnO ₄ -verbruik	mg/l	30
pH		6,8
Ijzer	mg/l	11
Mangaan	mg/l	0,5
Ammonium	mg/l	2,2
Calcium	mg/l	120
Magnesium	mg/l	8
Natrium	mg/l	16
Waterstofcarbonaat	mg/l	415
Chloride	mg/l	30
Kooldioxyde	mg/l	150
Methaan	mg/l	40



Afb. 2 – Verloop van de dimensieloze kleurintensiteit van effluent 1 (+) en effluent 2 (Δ) na filtratie over actieve kool.



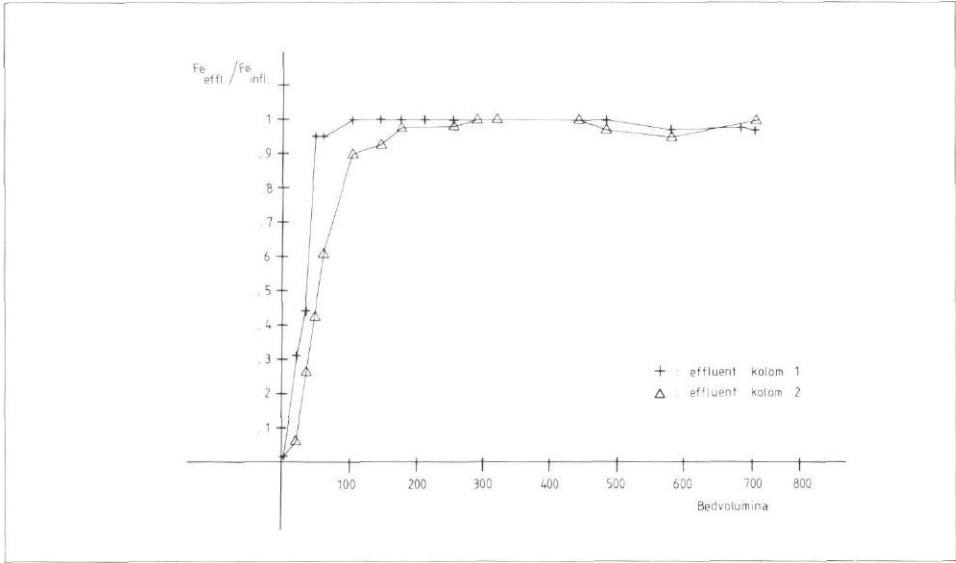
Afb. 3 – Verloop van het dimensieloze kaliumpermanganaatgetal van effluent 1 (+) en effluent 2 (Δ) na filtratie over actieve kool.

Als actieve-koolfiltratie als laatste zuiveringsstap niet aantrekkelijk is, wat kan dan een alternatief zijn? Behalve door een hoge kleur wordt het ruwe grondwater in Spannenburg gekarakteriseerd door hoge gehalten aan ijzer, mangaan, ammonium, calcium, kooldioxyde en methaan (zie tabel I). Het is strikt anaëroob en bevat weinig of geen zwevende bestanddelen. De gedachte kwam naar boven om te onderzoeken of het mogelijk zou zijn om het ruwe grondwater in anaërobe toestand over actieve kool te filtreren. De ijzer- en mangaanverbindingen die bij koolfiltratie van zuurstofhoudend water worden afgefilterd en daardoor de looptijd van het filter nadelig beïnvloeden, zouden zich, bij strikt anaërobe omstan-

digheden, in theorie op dezelfde wijze moeten gedragen als andere oplosbare zouten van bijv. calcium, magnesium en natrium; zij zouden niet aan de kool adsorberen waardoor concurrerende adsorptie niet zou optreden. Bovendien zou in dit anaërobe milieu geen groei van micro-organismen kunnen optreden. Om dit idee te toetsen aan de werkelijkheid zijn een aantal experimenten uitgevoerd die hierna nader zijn beschreven.

Oriënterende experimenten

1. De proefopzet
De opstelling (afb. 1) bestond uit 2 glazen buizen van 1,50 m lengte en 0,05 m inwendige diameter. Beide buizen, die in serie geschakeld zijn, bevatten een filter-



Afb. 4 - Verloop van de dimensieloze ijzerconcentratie van effluent 1 (+) en effluent 2 (Δ) na filtratie over actieve kool.

bed van de koolsoort Norit ROW 0,8s. Na iedere buis kon de druk bepaald worden en konden monsters genomen worden. De proefopstelling werd gevoed met ruw water, waarvan de volumestroom geregeld werd door een afsluiter aan het eind van de opstelling. Van de monsters, die op beide aftap-punten genomen zijn, werd het ijzer-gehalte, de kleurintensiteit, het kalium-permanganaatverbruik en een aantal bacteriologische parameters bepaald.

2. De resultaten

De uitkomsten van het onderzoek zijn samengevat in bijgaande grafieken (afb. 2, 3 en 4).

De kleurintensiteit (afb. 2) zowel als het kaliumpermanganaatverbruik (afb. 3) worden aanvankelijk gereduceerd tot vrijwel nul, waarna ze lineair toenemen met de hoeveelheid behandeld water. Het KMnO_4 -verbruik neemt iets sneller toe dan de kleurintensiteit, daar het KMnO_4 -verbruik slechts voor een ge-deelte bepaald wordt door de aanwezig-heid van humuszuren in het water. Stoffen, die minder goed aan de actieve kool adsorberen, zullen sneller door het filter lopen.

De ijzerconcentratie (afb. 4) is onafhanke-lijk van de hoeveelheid behandeld water: de concentratie van het effluent is gelijk aan die van het influent. De lagere waar-den aan het begin van het proces zijn te wijten aan aanloopmoeilijkheden: de actieve kool is als gevolg van het enorme poriënstelsel moeilijk vooraf anaëroob te maken. De bacteriologische kwaliteit van het effluent van de koolfilters was vrijwel

gelijk aan die van het ruwe water. Groei van enig belang werd niet waargenomen. Het anaëroob bedrijven van actieve-kool-filtratie is dus heel goed mogelijk. De adsorptie aan actieve kool lijkt in anaëroob milieu op dezelfde wijze te verlopen als onder aërobe omstandig-heden. Bij de proeven trad wel een nieuw probleem in het daglicht. Het ruwe water van Spannenburg bevat grote hoeveel-heden opgeloste gassen, voornamelijk kooldioxyde en methaan. Als gevolg van de drukval in het filterbed ontstonden gasbellen in het koolfilter. Constante procesvoering was daardoor onmogelijk.

3. Discussie

Wil actieve-koolfiltratie als eerste stap toegepast kunnen worden op pompstation Spannenburg, dan zal voor dit probleem een uitweg gevonden moeten worden. Er blijken twee reële oplossingen te bestaan:

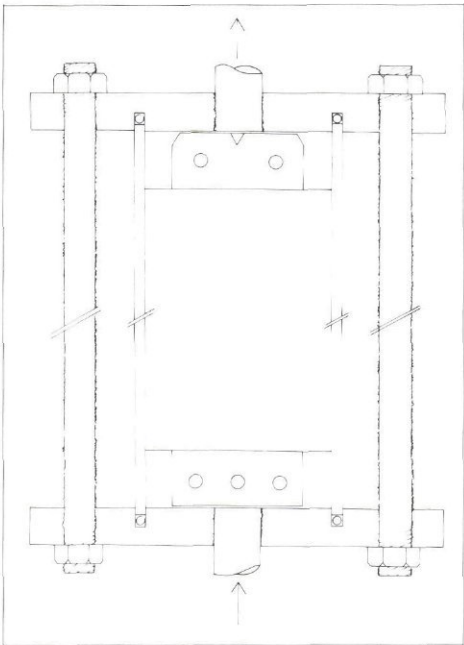
- 1. Het proces in drukfilters uitvoeren.
- 2. Eerst ontgassen, voordat actieve-kool-filtratie wordt toegepast.

De eerste methode is het eenvoudigst te realiseren. Opwaartse zowel als neer-waartse filtratie is mogelijk en het proces kan eenvoudig in het bestaande zuive-ringsproces in Spannenburg worden ingepast.

Methode 2 betekent een extra processtap, namelijk de ontgassing, waardoor zowel de investerings- als de energiekosten hoger zullen uitvallen. Een voordeel van de ontgassing als eerste stap zou kunnen zijn dat het lagere methaangehalte van het te zuiveren water

Kleur en kleurmeting

De intensiteit of sterkte van de kleur van drinkwater wordt bepaald door deze te vergelijken met die van oplossingen van kaliumplatinachloride en cobaltchloride van bekende sterkte. Deze vertonen een voor het oog analoge geelbruine kleur, waarvan de sterkte wordt uitgedrukt in het aantal mg Pt dat deze oplossingen bevatten; de zogenaamde Pt/Co-schaal, nader beschreven in NEN 6413. Er bestaat een goede correlatie tussen de kleursterkte volgens de Pt/Co-schaal en de UV-absorptie bij 254 nm. De meting van de UV-absorptie heeft als voordeel dat ze beter reproduceerbaar is en minder spreiding vertoont. De kleur van het drinkwater mag volgens het Waterleidingbesluit niet hoger zijn dan 20 mg/l volgens de Pt/Co-schaal en behoort volgens de VEWIN-aanbevelingen niet hoger te zijn dan 10 mg/l volgens de Pt/Co-schaal.



Afb. 5 - Drukfilter, gebruikt bij de experimenten onder druk.

misschien een gunstig effect heeft op de bacteriologische gesteldheid van het uitgaande reine water, met name ten aanzien van de nagroeimogelijkheden van aëromonasbacteriën [8]. De aanwijzingen voor een dergelijke relatie zijn op dit moment nog onvol-doende onderbouwd. Vooralsnog is voor onze verdere proeven gekozen voor de eenvoudiger te realiseren koolfiltratie in een drukfilter.

Proeven met drukfilters

- 1. De proefopzet
- Om de voor de koolfiltratie benodigde druk en de drukval over het filterbed als

functie van de snelheid te bepalen, is een nieuwe proefopstelling gebouwd (afb. 5 en 6). De opstelling bestaat uit een buis van doorzichtig plexiglas van 2,50 m lengte en 0,10 m inwendige diameter. Hierin bevindt zich een koolfilter van Norit ROW 0,8s van 2 m lengte. De buis is met behulp van 4 draadstangen ingeklemd tussen 2 roestvrij-stalen flenzen. De volumestroom wordt geregeld door een flowregelaar, die aan het eind van de opstelling geplaatst is, terwijl de druk in het filter geregeld wordt door een reduceerventiel, dat voor het koolfilter is geplaatst. De druk voor en de drukval over het koolfilter wordt gemeten met behulp van 2 drukverschilzenders. De signalen, die deze zenders afgeven, worden geregistreerd door een 2-puntschrijver.

Om het dichtslibben van de flowregelaar door zeer fijne kooldeeltjes te voorkomen is tussen het koolfilter en de flowregelaar een extra filter geplaatst.

2. De resultaten

Uit de experimenten met het drukfilter bleek, dat de in de praktijk benodigde minimale overdruk gelijk was aan de langs thermodynamische weg berekende waarde. Bij een overdruk van minimaal 70 kPa werd geen gas gevormd in het koolfilter.

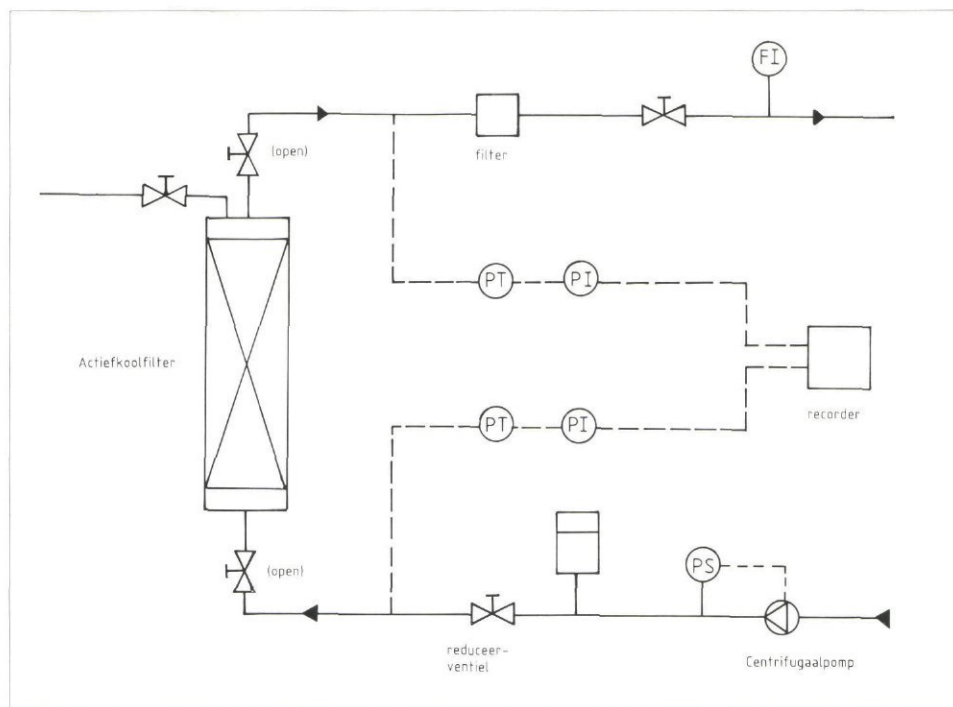
Conclusies

Uit de resultaten van de hiervoor beschreven proeven kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Filtreren van sterk ijzerhoudend grondwater over actieve kool is in anaëroob milieu goed mogelijk. De adsorptie van organisch materiaal verloopt op dezelfde wijze als in aëroob milieu: de kleurintensiteit en het kaliumpermanganaatverbruik van het filtraat nemen lineair toe met de hoeveelheid behandeld water.
- Ijzer- en mangaanzouten worden niet geoxideerd en niet geadsorbeerd.
- In anaëroob bedreven koolfilters kan geen bacteriologische en/of biologische activiteit worden aangetoond.
- Gasvorming in de koolfilters kan worden voorkomen door de filtratie onder druk uit te voeren.
- Nader onderzoek zal op een aantal punten nodig zijn, met name naar de wijze waarop koolfilters voor de in bedrijfstelling zo goed mogelijk anaëroob gemaakt kunnen worden.

Kosten

Op grond van de resultaten van onze experimenten en diverse literatuurgegevens is een kostenraming gemaakt voor het bouwen en bedienen van een



Afb. 6 - Opstelling, gebruikt bij de experimenten onder druk.

actief-koolinstallatie te Spannenburg, waarbij de kleur van het afgeleverde water wordt teruggebracht tot 10 mg/l volgens de Pt/Co-schaal [7]. De gemiddelde jaarproductie van dit pompstation bedraagt 15.10⁶ m³ en de piekbelasting 2.600 m³/h. De investeringskosten zijn hoog (ca. 19 miljoen gulden), omdat rekening gehouden is met de bestaande situatie te Spannenburg waar om esthetische redenen een koolfiltergebouw ondergronds zou moeten worden gebouwd. Een aanzienlijke reductie op deze investeringskosten is mogelijk wanneer met deze aspecten geen rekening hoeft te worden gehouden.

Onafhankelijk van de wijze van afschrijving van de investering zullen de kosten van het drinkwater met minimaal 10 ct/m³ toenemen, toe te schrijven aan de kosten voor energie en voor regeneratie en aanvulling van de actieve kool. Bij deze kostenraming is uitgegaan van een koolfiltratie onder druk. Wanneer de koolfiltratie wordt voorafgegaan door een anaërobe ontgassingsstap zullen de kosten nog met ca. 5 ct. per m³ toenemen. Vooral nog lijkt een kleurverlaging om enkel esthetische redenen nog te duur; er zijn vrijwel geen problemen met de afnemers.

In de toekomst zou deze nieuwe toepassing van actieve-koolfiltratie aantrekkelijk kunnen worden wanneer de kleur van het water nog verder zou toenemen, wanneer tevens pesticiden en herbiciden verwijderd zouden moeten

worden of wanneer er een verplichting zou bestaan om het water te desinfecteren tot aan de kraan van de gebruiker.

Wij zijn prof. Kop (TU Delft) erkentelijk voor zijn stimulerende opmerkingen tijdens de begeleiding van dit onderzoek.

Literatuur

1. Rook, J. J. (1978). *Dissertatie*. Wageningen.
2. Odegaard, H. e.a. (1986). *Advanced techniques for the removal of humic substances in potable water*. Wat. Supply, Vol. 4, Amsterdam, pag. 129-158.
3. Kruithof, J. C. en Leer, R. Chr. van der (1982). *Stand van zaken bij de toepassing van actieve kool voor de drinkwaterbereiding in Nederland*. KIWA-mededeling 64.
4. *Problematiek Haloformen*. KIWA-mededeling 57, 1978.
5. Gilbert, E. (1975). *Einwirkung von Ozon auf Huminsäuren in wässrigen Lösungen*. Vom Wasser (45), pag. 159-178.
6. Ammers, M. van (1982). *De zuivering in het nieuwe Spannenburg*. H₂O (15) 1982, pag. 485.
7. Oostelbos, P. G. J. M. (1988). *Afstudeerverslag*. TU Eindhoven.
8. *Aëromonas in drinkwater*. Verslag KIWA/VWN/RIVM-colloquium d.d. 4 februari 1988.

• • •