

## Aanleg van een demi-installatie voor micro vonkverspaningsmachine

**Citation for published version (APA):**

Schout, A. R. C. (1972). *Aanleg van een demi-installatie voor micro vonkverspaningsmachine*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0297). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1972

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



**technische hogeschool eindhoven**

**laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek**

blz. 1 van 16 blz.

rapport nr. 0297

**rapport van de sectie:** Fysische Bewerkingen

**titel:**

Aanleg van een demi-installatie voor  
micro vonkverspaningsmachine

**codering:**

**auteur(s):**

A.R.C.Schout

**trefwoord:**

Demi-  
installatie

**sectieleider:** Ir.C.J.Heuvelman

**hoogleraar:** Prof.dr.P.C.Veenstra

**samenvatting**

Het waterzuiveringsproces m.b.v.  
ionenwisselaars en richtlijnen voor de  
bediening van de demi-installatie.

**prognose**

**datum:**

30-4-1972

**aantal blz.**

16

**geschikt voor  
publicatie in:**

1. Het produceren van zuiver water m.b.v. ionenwisselaars.

Onzuiver water bevat verontreinigingen in zowel opgeloste als onopgeloste toestand (suspensie).

1.1. De opgeloste stoffen kunnen worden gesplitst in twee groepen:

- a) geïoniseerde stoffen
- b) niet geïoniseerde stoffen.

a) De geïoniseerde stoffen zijn bepalend voor de geleidbaarheid van het water.

Onze eis is vooral het verkrijgen van water met erg kleine geleidbaarheid. Het gevolg is dat de geïoniseerde stoffen uit het water verwijderd moeten worden. Dit gebeurt m.b.v. ionenwisselaars.

Een ionenwisselaar is een in water onoplosbare stof die in staat is om in contact met een waterige oplossing bepaalde ionen uit die oplossing op te nemen tegen afgifte van andere ionen van gelijknamige lading. Als ionenwisselaar worden bepaalde soorten hars gebruikt.

b) De niet geïoniseerde stoffen hebben geen invloed op de geleidbaarheid en hoeven dus niet verwijderd te worden.

1.2. De onopgeloste stoffen worden uit het water verwijderd door gewone filtratie.

Het te zuiveren water is leiding water en over het algemeen bevat dat de volgende ionen:

geïoniseerd :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3^{2+}$   
 $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{CO}_3)^{2-}$

niet geïoniseerd : suiker, olie, plantenresten en silicaten.

2. Het verwijderen van de geïoniseerde stoffen (bedrijfsperiode).

De opgeloste gedeïoniseerde stoffen zitten in het water als positieve en negatieve ionen. Door het water in contact te brengen met de ionenwisselaars worden deze ionen uit het water verwijderd.

De installatie die de beide ionenwisselaars met toe- en afvoerleidingen bevat heet demineralisator of demi-installatie.

Een bepaalde soort ionenwisselaar kan ionen met een bepaalde lading uitwisselen tegen ionen met dezelfde lading.

De ionenwisselaar die in staat is positieve ionen uit te wisselen heet kationenwisselaar ofwel zure ionenwisselaar. De andere ionenwisselaar is in staat negatieve ionen uit te wisselen en heet anionenwisselaar ofwel basische ionenwisselaar.

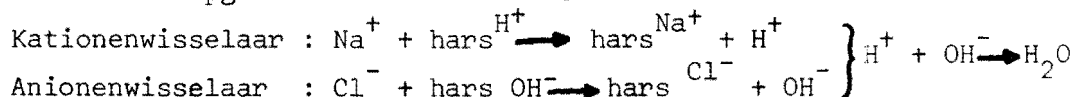
Bij de waterzuivering wordt de kationenwisselaar voor de bedrijfsperiode beladen met  $H^+$  ionen en de anionenwisselaar wordt beladen met  $OH^-$  ionen. Schrijfwijze hars  $H^+$  en hars  $OH^-$ .

Het gevolg is dat de kationenwisselaar tijdens de bedrijfsperiode de positieve ionen uit het water opneemt en hiervoor de  $H^+$  ionen afgeeft. De anionenwisselaar neemt tijdens de bedrijfsperiode de negatieve ionen op en geeft hiervoor de  $OH^-$  ionen af.

De vrijgekomen  $H^+$  ionen en  $OH^-$  ionen reageren tot  $H_2O$ .

Voorbeeld: de reacties die plaats hebben bij het verwijderen van NaCl uit water.

NaCl is in opgeloste toestand  $Na^+$  en  $Cl^-$ .



De  $H^+$ - en  $OH^-$  ionen worden bij waterzuivering uitwisselbare ionen genoemd. De andere ionen heten verontreinigende ionen.

In de bedrijfsperiode wordt het hars langzaam opgeladen met verontreinigende ionen, terwijl de lading uitwisselbare ionen afneemt.

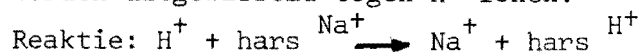
Hierdoor neemt het uitwisselend vermogen af, zodat na een bepaalde tijd een behandeling noodzakelijk is om het uitwisselend vermogen weer op peil te brengen. Deze behandeling heet regenereren.

### 3. Regenereren.

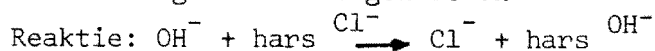
3.1. Hierbij worden de aan het hars gebonden verontreinigende ionen afgegeven en uitwisselbare ionen opgenomen. Het regenereren gebeurt door een regeneratievloeistof met de ionenwisselaar in contact te brengen, waardoor deze de uitwisselbare ionen uit de vloeistof opneemt tegen afgifte van de verontreinigende ionen. De hoeveelheid en concentratie van de regeneratievloeistof is afhankelijk van de gebruikte ionenwisselaar en de omstandigheden. Deze waarden dient de fabrikant op te geven.

### 3.2. De reacties bij het regenereren.

Regenereren van de kationwisselaar m.b.v. zoutzuur (HCl). De aan de kationwisselaar gebonden positieve verontreinigende ionen (bijv. Na<sup>+</sup>) worden uitgewisseld tegen H<sup>+</sup> ionen.



Regenereren van de anionenwisselaar m.b.v. NaOH. De aan de anionenwisselaar gebonden negatieve verontreinigende ionen (bijv. Cl<sup>-</sup> ionen) worden uitgewisseld tegen de OH<sup>-</sup> ionen van het natronloog.



### 3.3. Opspoelen van de ionenwisselaars.

Bij het opspoelen laat men water door de ionenwisselaars stromen. De stromingsrichting is echter tegengesteld aan de stromingsrichting tijdens de bedrijfsperiode.

Het opspoelen dient om de ionenwisselaars, waarvan de korrels tijdens de bedrijfsperiode tegen elkaar aan zijn gaan zitten en zodoende de doorstroming bemoeilijken, weer los te maken. Verder worden de onoplosbare deeltjes die tijdens de bedrijfsperiode tussen de ionenwisselaar-korrels zijn blijven hangen weggespoeld. Er moet erg rustig gespoeld worden om geen harskorrels mee te spoelen.

### 3.4. Uitspoelen van de regeneratie-vloeistof.

Voor de bedrijfsperiode moet de regeneratievloeistof uit de ionenwisselaarkolom gespoeld worden. Dit doorspoelen moet met ongeveer dezelfde snelheid gebeuren als het doorleiden van de regeneratievloeistof.

Voor het opnieuw in bedrijf stellen van de demi-installatie na een regeneratie of onderbreking dient men eerst naar het riool te spoelen tot de gewenste kwaliteit bereikt is.

### 3.5. Stroomrichting van de regeneratievloeistof.

Indien de stroomrichting van de regeneratievloeistof door de ionenwisselaarkolom gelijk is aan de stroomrichting van het water tijdens de bedrijfsperiode, dan spreekt men van gelijkstroomregeneratie. Als deze beide stroomrichtingen tegengesteld zijn dan is het tegenstroomregeneratie. Deze twee regeneratiemethoden geven verschillende resultaten. Als voorbeeld nemen de stroomrichting van het te zuiveren water van boven naar beneden door de ionenwisselaarkolom. Tegen het einde van de bedrijfsperiode zal de ionenwisselaar bovenin de kolom geheel beladen

zijn met verontreinigende ionen. Onderin de kolom zal de ionenwisselaar slechts gedeeltelijk beladen zijn met verontreinigende ionen.

3.5.1. Gelijkstroomregeneratie (fig. 1)

De regeneratievloeistof loopt hierbij ook van boven naar beneden. Het gevolg is dat eerst de verontreinigende ionen in de bovenste laag uitgewisseld worden tegen uitwisselbare ionen. De verontreinigende ionen uit de bovenste laag zakken met de vloeistof mee en de concentratie van deze ionen wordt met het doorlopen van de laag groter. De concentratie uitwisselbare ionen neemt echter af.

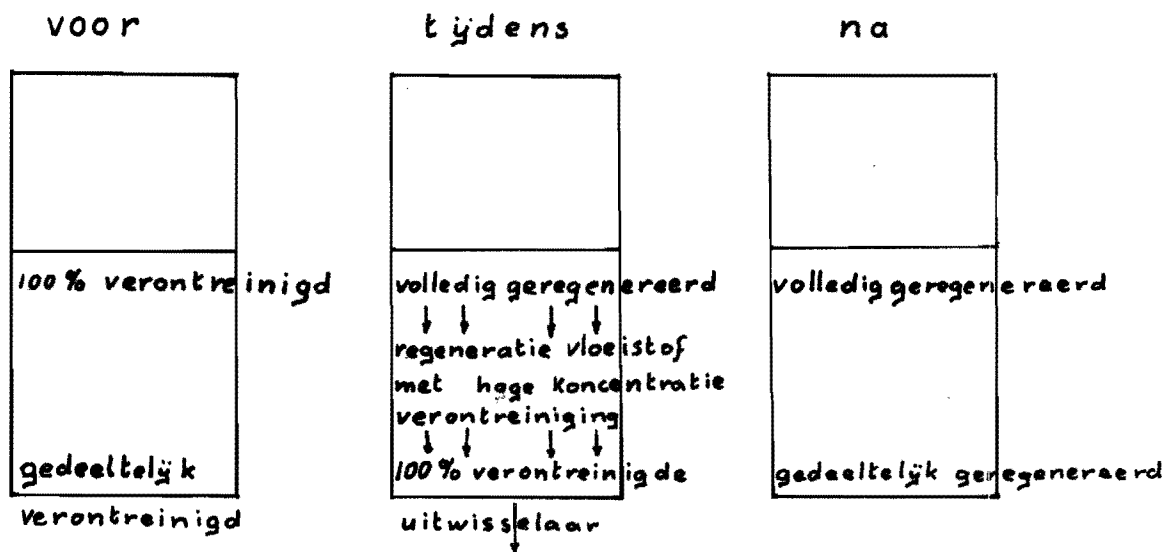


fig. 1

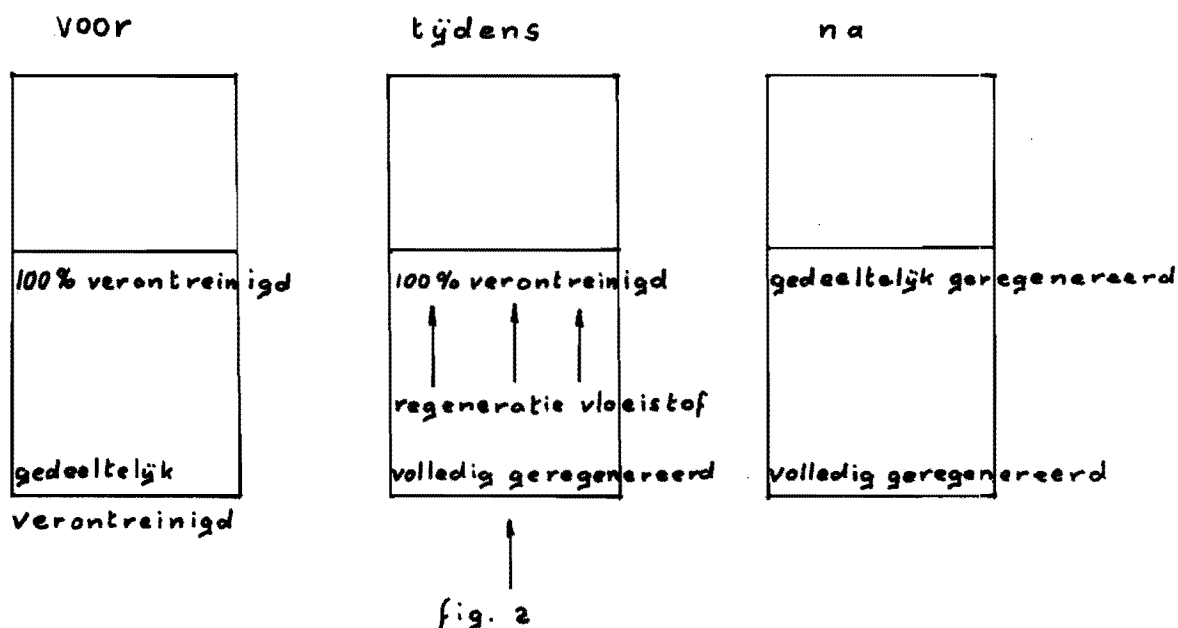
verontreini-  
ionen

Hierdoor worden de in de onderste lagen nog aanwezige uitwisselbare ionen ( $OH^-$  en  $H^+$ ) verdreven en deze laag wordt nu praktisch geheel beladen. Door meer regeneratievloeistof toe te voeren zal ook de onderste laag gedeeltelijk geregenereerd worden. Volledige regeneratie is slechts te bereiken met grote overmaat regeneratievloeistof.

De in de onderste laag achtergebleven verontreinigende ionen worden bij het beging van de bedrijfsperiode verdreven door uitwisselbare ionen afkomstig uit het water dat in de bovenste lagen reeds gezuiverd was.

Hierdoor bevat het behandelde water nog altijd een percentage verontreinigende ionen. Dit percentage noemt men het lek en ligt in de orde van 0,2-2%.

3.5.2. Tegenstroomregeneratie (fig. 2).



De regeneratievloeistof zal eerst de onderste laag volledig regenereren. De volledige regeneratie dringt langzaam door tot de bovenste laag. Het is niet noodzakelijk om deze bovenste laag volledig te regenereren want het te zuiveren water zal volledig kunnen worden gezuiverd in de andere lagen die wel volledig geregeneerd zijn. De tegenstroomregeneratie geeft dus een besparing op regeneratievloeistof. Het belangrijkste voordeel is de vermindering van het lek, normaal is het lek kleiner dan 0,1% bij deze methode.

3.6. Opmerking:

Er dient rekening mee gehouden te worden dat er tijdens de bedrijfs- en regeneratieperiode volumeverandering van de ionenwisselaar voorkomt. Deze volumeverandering is afhankelijk van het type ionenwisselaar en wordt veroorzaakt door de uitwisseling van ionen van verschillende grootte. Het volumeverval is aanzienlijk en bedraagt bij bepaalde uitwisselaars zelfs 100%.

De sterk zure- en sterk basische uitwisselaars zwellen in de regeneratie en krimpen in de bedrijfsperiode. Bij de zwak zure- en zwak basische uitwisselaars is het andersom.

#### 4. Kwaliteit van een ionenwisselaar.

Enkele eigenschappen die de kwaliteit van een ionenwisselaar bepalen:

- 1) uitwisselcapaciteit
- 2) bestandheid tegen chemische en fysische invloeden.

##### 4.2. Uitwisselcapaciteit

Onder de uitwisselcapaciteit van een ionenwisselaar wordt verstaan de hoeveelheid ionen die per liter ionenwisselaar wordt opgenomen tijdens een bedrijfsperiode. Het volume van de ionenwisselaar is gemeten vlak na de regeneratieperiode terwijl de ionenwisselaar onder water zit.

Bij de uitwisselcapaciteit maakt men onderscheid tussen totale uitwisselcapaciteit en praktische- of economische uitwisselcapaciteit. De praktische uitwisselcapaciteit is bereikt zodra het aflopende water niet meer aan de gestelde eisen voldoet.

De totale uitwisselcapaciteit is bereikt als het aflopende water dezelfde geleidbaarheid heeft als het toegevoerde.

Enkel de praktische uitwisselcapaciteit is dus van belang.

Enkele factoren die deze praktische uitwisselcapaciteit beïnvloeden:

- a) samenstelling van het te zuiveren water;
- b) vereiste kwaliteit van het water;
- c) de doorvoersnelheid tijdens de bedrijfsperiode dit i.v.m. de minimale contacttijd tussen het watermolekuul en elke ionenwisselaar. De minimale contacttijd bedraagt  $\pm 3$  minuten.
- d) de specifieke belasting, dit is de per uur doorgevoerde hoeveelheid water per eenheid ionenwisselaar, uitgedrukt in  $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{h}$ ;
- e) hoeveelheid regeneratiemiddel. De hoeveelheid regeneratiemiddel per liter ionenwisselaar is uit economische overwegingen belangrijk. De uitwisselcapaciteit neemt toe met het regeneratieniveau echter niet recht evenredig. Het is belangrijk om het economisch optimum te bepalen.
- f) de concentratie van het regeneratiemiddel. De concentratie heeft weinig invloed op de uitwisselcapaciteit. De optimale concentratie is afhankelijk van het type ionenwisselaar en het regeneratiemiddel.
- g) de manier van regenereren en de omstandigheden (bijv. temperatuur) tijdens het regenereren zijn van invloed. Een temperatuur van 30-50°C heeft een gunstige invloed op de regeneratie van basische ionenwisselaars.



#### 4.2. Bestandheid tegen chemische en fysische invloeden

De ionenwisselaars kunnen aangetast worden door verschillende stoffen zoals oxydatiemiddelen, chloor, waterstofperoxide, kaliumpermanganaat en salpeterzuur.

Deze aantasting van de ionenwisselaars veroorzaakt een vermindering van de capaciteiten en verkorting van de levensduur.

Enkele basische ionenwisselaars worden al erg aangetast door sporen koper of door luchtzuurstof.

De maximale temperaturen waaraan de ionenwisselaars blootgesteld mogen worden:

- a) sterk-zure uitwisselaars ongeveer 120°C
- b) sterk basische " 50 tot 80°C
- c) zwak zure en zwak basische 80 tot 100°C.



## Deel II

Gebruiksaanwijzing bij de demi-installatie die in gebruik is bij de afdeling Werkplaatstechniek, sectie Fysische bewerkingen.

### 5. Gegevens over de installatie.

De demi-installatie is een produkt van Figeo Vlaardingen N.V. (zie fig.3). Het is een demineralisator die bestaat uit 2 gescheiden bedden. Een kolom voor de kationwisselaar en een voor de anionwisselaar, ook wel kation- en anionfilter genoemd.

De kolommen zijn in plexiglas uitvoering en zijn samen met de afsluitbatterij en de leidingen bevestigd op een stalen wandpaneel.

Het regenereren moet met de hand bediend worden.

De uitwisselkapaciteit van de installatie is 11 val per regeneratie. Leidingwater bevat ca. 2,5 val/m<sup>3</sup>, dit betekent dat de hoeveelheid gezuiverd water per bedrijfsperiode ca. 4,4 m<sup>3</sup> is. De maximum capaciteit per uur is 200 l.

Het kationfilter is gevuld met 15 l Amberlite 200 hars. Het regenereren van het kationbed gebeurt met 4,5 kg HCl (30%).

Het anionfilter is gevuld met 25 l Amberlite IRA900 hars. Regenereren met 6,25 kg NaOH (30%).

De konstruktie.

Boven en onder in de kolommen komen 2 leidingen uit (zie fig. 3).

Door bepaalde kranen open of dicht te draaien kunnen de vloeistoffen in de gewenste richtingen door de kolommen stromen.

### 6. De installatie tijdens de bedrijfsperiode.

In deze periode wordt het water gezuiverd, door het door beide kolommen te leiden. Het te zuiveren water is leidingwater. Dit leidingwater stroomt eerst door een filter om de onopgeloste deeltjes die in het water voorkomen (oa. roest) te verwijderen. Indien het filterelement vervuld is wordt dit verwijderd en vervangen door een nieuw. Voor het losdraaien van de houder moet eerst de druk uit het filter gelaten zijn en de toevoerkraan en de kranen 1 en 4 moeten dicht zijn. Na het filter stroomt het water door het kationfilter en dan door het anionfilter.

De stand van de kranen tijdens de bedrijfsperiode.

De volgorde is volgens de stroomrichting van het water tijdens de bedrijfsperiode.

kraan	open	dicht
1	x	
2		x
4		x
8		x
11		x
12	x	
13		x
9	x	
5	x	
6		x
7		x
10		x
14		x
15	x	

Bij het begin van de bedrijfsperiode zal het aflopende water nog niet voldoen aan de gestelde eisen. Het water kan dan via kraan 14 naar het riool stromen. Dit duurt enkele uren. Als het demi-water de gewenste kwaliteit heeft wordt het afgevoerd via kraan 15.

Na een onderbreking in de bedrijfsperiode moet er ook eerst naar het riool gespoeld worden tot de gewenste kwaliteit bereikt is.

## 7. Regeneratieperiode.

7.1. Deze periode begint zodra de kwaliteit van het demi-water onvoldoende is. De harskorrels worden eerst losgemaakt om een goed contact met de regeneratievloeistof mogelijk te maken. Dit losmaken gebeurt door onderin de kolom water toe te voeren en dit via de overloop af te voeren. Dit heet opspoelen. Het opspoelen moet voorzichtig en langzaam gebeuren om het meespoelen van de harskorrels te vermijden. Het is duidelijk zichtbaar of de korrels loskomen of niet.

Bij het opspoelen van het kationbed stroomt het water achtereenvolgens door de kranen 4 - 9 - 12 - 8.

Stand van de kranen bij het opspoelen van het kationfilter:

kraan	open	dicht
1		x
3		x
4	x	
9	x	
12	x	
13		x
11		x
8	x	

Stroming bij het opspoelen van het anionbed, achtereenvolgens via de kranen 4 - 9 - 13 - 10.

Stand van de kranen bij het opspoelen van het anionfilter:

kraan	open	dicht
1		x
3		x
4	x	
5		x
6		x
9	x	
12		x
13	x	
14		x
15		x
10	x	

## 7.2. Het regenereren.

- 7.2.1. De regeneratievloeistoffen worden door overhevelen in de kolommen gebracht. Hiervoor worden de twee vaten die de regeneratievloeistof bevatten een stuk hoger geplaatst dan de uitstroomopening van de afvoer naar het riool. De regeneratievloeistof wordt boven in de kolom ingevoerd, zakt door de hele kolom en stroomt naar het riool. Hoe langer de regeneratievloeistoffen in contact zijn met de harskorrels hoe beter de regeneratie. De opstelling tijdens de regeneratieperiode zie fig. 4. Als regeneratievloeistoffen worden HCl en NaOH oplossingen gebruikt.

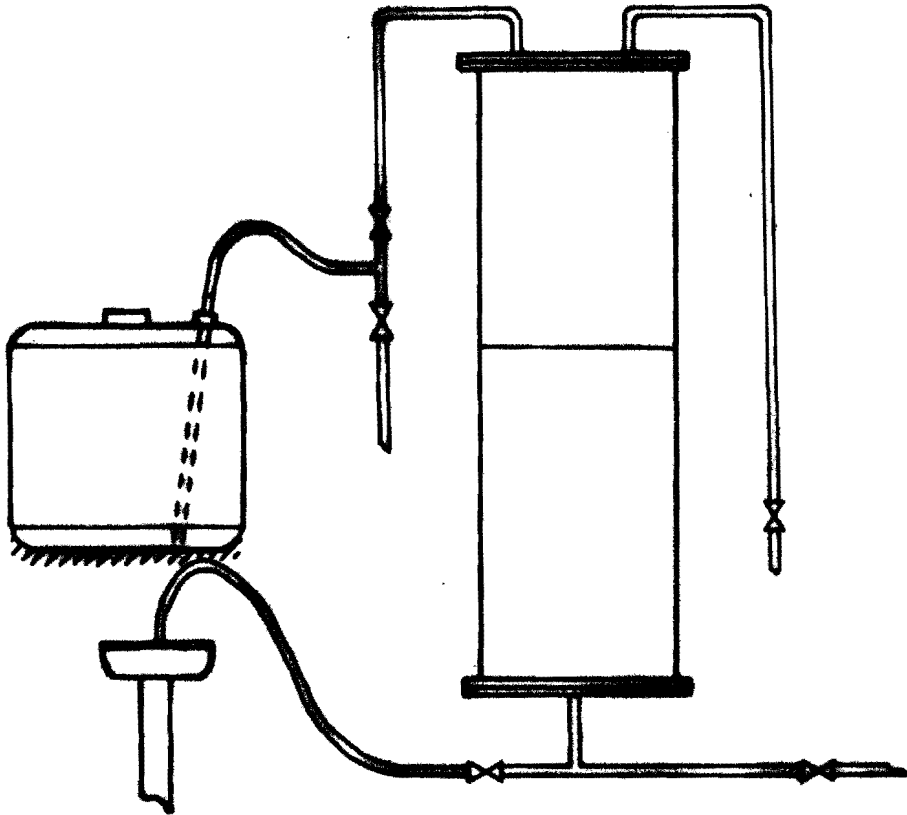


FIG. 4

Deze stoffen zijn sterk bijtende stoffen. Het is daarom aan te bevelen om de vaten zodanig te plaatsen dat ze gemakkelijk en zonder morsen met de regeneratievloeistof gevuld kunnen worden. Het is noodzakelijk om de nodige veiligheidsmaatregelen te treffen. Het gebruik van o.a. zuur- en loogbestendige handschoenen is noodzakelijk.

Verder mogen deze stoffen absoluut niet in aanraking komen met ogen, huid of kleren. Elke druppel die op de kleding komt, behalve op nylon kleding, betekent vernieling.

### 7.2.2. Het kationfilter

Hierin zit 15 l, Amberlite 200, dat geregenereerd wordt met zout zuur (HCl). Er is 4,5 kg 30% HCl voor nodig. Het is aan te bevelen om eerst wat water in het vat te doen en daarna (zonder morsen!) het HCl 30% erin te doen. HCl is een sterk bijtende stof en verspreidt een erg scherpe stank. Voor het hevelen het zoutzuur verdunnen tot een 5%-ige oplossing is aan te raden.

Om te hevelen wordt kraan 11 opengedraaid en de kranen 1 - 3 - 4 - 12 moeten dicht zijn. Er ontstaat nu een onderdruk die via kraan 2 het zoutzuur naar boven in de kolom trekt.

Om goed te regenereren moet het zoutzuur minstens enkele uren in contact zijn met het hars. Het beste is de invoersnelheid zodanig klein te in te stellen (met kraan 2 en 11), dat het enkele uren duurt voor alle zoutzuur in de kolom is. Indien mogelijk het zoutzuur nog een paar uur in de kolom laten, dan pas uitspoelen.

Uitspoelen van het zoutzuur kan het best met demi-water gebeuren. Hiervoor nemen we een vat demi-water en hevelen het op dezelfde manier als het HCl in de kolom. Hierna laten we de kolom zover leeglopen, dat nog alle hars onder water blijft. Het is de bedoeling dat er geen zuur in het anionfilter komt omdat zoutzuur de anionenwisselaar sterk aantast. Er wordt aangeraden 4 à 8 maal het harsvolume aan spoelwater te gebruiken. Spoelen met leidingwater is ook mogelijk, maar de periodecapaciteit wordt er kleiner door.

Na het uitspoelen wordt het hars weer opgespoeld om het opnieuw los te maken en om de onderste laag die het minst geregenereerd is te mengen met de bovenliggende lagen. Dit geeft een vermindering van het lek.

### 7.2.3. Het anionfilter.

Hierin zit 25 l. Amberlite IRA900. Dit wordt geregenereerd met NaOH. Er is ca. 2 kg. 100% NaOH voor nodig. Het oplossen van de NaOH korrels

is het best te verkrijgen in heet water.

De NaOH korrels moeten met kleine hoeveelheden in het hete water gedaan worden om het bruisen en spatten te beperken. Sta op een veilige afstand en houdt er rekening mee dat het een sterk bijtende stof is. Deze NaOH oplossing verdunnen tot ongeveer 5%-ige oplossing.

Bij het hevelen moeten de kranen 7 en 14 open zijn en de kraan 5 - 6 - 10 - 13 - 15 moeten dicht zijn. De regeneratietijd is ook hier minimaal enkele uren. Na het regenereren wordt de NaOH oplossing uitgespoeld op dezelfde manier als bij het kationfilter. Dan wordt het hars nog even opgespoeld en ook deze kolom is dan klaar voor de bedrijfsperiode.

## 8. Het meten van de geleidbaarheid.

Meetapparatuur.

- 1) Philips geleidbaarheidsmeter PR 9501 (zie handleiding)
- 2) meetcel

Instellen van de meter:

De gebruikte meetcel heeft een celkonstante van 1,48. De in te stellen konstante is dan  $\frac{1}{1,48} \times 10^{-3} \text{ s/cm} = 0,765 \times 10^{-3} \text{ s/cm}$ .

Indien deze waarde ingesteld is als de meter op 80 c/s staat, dan moeten we ook meten met deze stand.

De meter moet ook nog met aarde verbonden zijn (zijkant meter) en de kabels die met de meetcel verbonden zijn moeten in de linker aansluitbussen aangegeven met Kx.

De knop rechts boven moet op M staan.

~~De waarde die de meter dan aangeeft is ongeveer de werkelijke waarde.~~

De minimum geleidbaarheid die met deze installatie te bereiken is, is  $5 \text{ à } 10 \times 10^{-6} \text{ s/cm}$ .



Gebruikte literatuur

Water voor de industrie

Uitgave van Krachtwerktuigen 1971

Uitgever Kluwer, Deventer