

## SUMMARY

**Diatomite filtration**

Diatomite filtration is the process of removing suspended matter from water or other liquids by passing it through a thin layer of diatomaceous earth. It is to be considered as a physical process which can be used when the clarity of the product has to be of the highest order.

A short description is given of the characteristics of diatomaceous earth, of the different types of diatomite filters and of the filtration process.

Diatomite filters are used for the purification of beverages, in the chemical and pharmaceutical industry, at mobile units for military and civil defence water supply purposes, for swimming pool water filtration and occasionally also in the drinking water industry. More study and research with regard to diatomite filtration is recommended.

## Diatomeeënfilters

### 1. Inleiding

Het verwijderen van zwevende bestanddelen uit water of uit andere vloeistoffen met behulp van filtreerpoeders kan als een vrijwel zuiver fysisch procédé worden beschouwd. Het is een werkwijze welke met succes kan worden toegepast indien hoge eisen worden gesteld aan de zuiverheid van het filtraat.

Kenmerken voor filtreerpoeders en de wijze waarop zij worden gebruikt zijn:

— de fijnheid van het filtermateriaal waardoor het mogelijk is deeltjes met afmetingen van één micron of minder af te filtreren zonder dat daarbij andere hulpmiddelen — waarbij in de eerste plaats kan worden gedacht aan coagulantia — behoeven te worden gebruikt;

— het geringe volumegewicht van het materiaal als gevolg van het grote poriënvolume, waardoor het materiaal gemakkelijk in een vloeistofstroom kan worden medegevoerd;

— het gebruik van het materiaal in uiterst dunne lagen, d.w.z. in lagen van slechts enkele millimeters dikte, waardoor de mogelijkheid ontstaat om in een beperkte ruimte een groot filterend oppervlak onder te brengen;

— het feit dat het filterbed tijdens het filtratieproces wordt opgebouwd en dat het filtermateriaal nadat het door vervuiling onbruikbaar is geworden, wordt afgevoerd om door nieuw te worden vervangen.

Bij de verwijdering van zwevende bestanddelen uit water met behulp van

filtratiepoeders doen zich biologische noch chemische processen voor. Er is derhalve ook geen sprake van het min of meer langdurig moeten laten inwerken van het filtermateriaal. Evenmin kunnen moeilijkheden ontstaan door een geleidelijke algehele vervuiling van de filterbedden. Beide zijn dit onderwerpen welke bij de tot dusver in de waterzuiveringstechniek toegepaste zandfiltratie soms veel aandacht vergen.

Voor verschillende doeleinden worden verschillende soorten filtreerpoeders in de handel gebracht. Het eerst toegepaste, het meest bekende en bij de zuivering van water nog steeds het meest gebruikte materiaal is diatomeeënaarde of kiezelgoer. Daarom zal in deze les in hoofdzaak aan dit materiaal aandacht worden geschonken.

Aangezien de meeste deelnemers aan de vacatiecursus nog onbekend zijn met de onderhavige methode van waterbehandeling, zal ermede worden volstaan in het navolgende enige algemene beschouwingen te geven over het onderwerpelijk filtermateriaal, over de wijze waarop en de installaties waarin het wordt gebruikt alsmede over de verschillende toepassingsmogelijkheden.

### 2. Eigenschappen van diatomeeënaarde

Diatomeeënaarde is samengesteld uit de microscopisch kleine skeletjes van afgestorven kiezelwieren of diatomeeën. Het materiaal bestaat grotendeels uit kiezelzuur hetwelk uit het omringende water werd opgenomen.

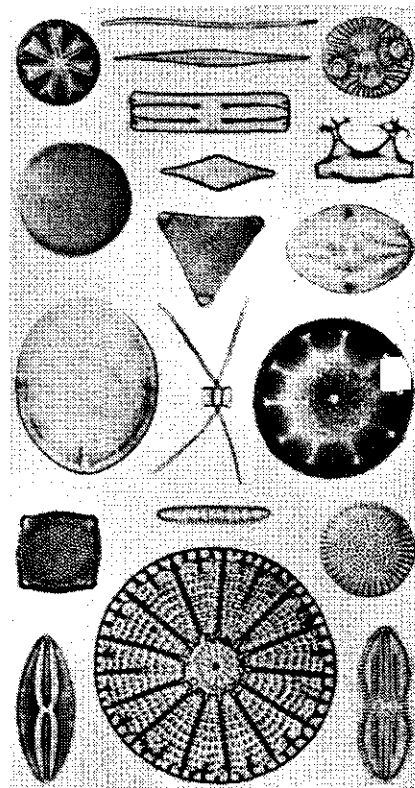
Voorals tijdens het Mioceen hebben zich in sommige wateren diatomeeën massaal ontwikkeld. Na hun afsterven zakten de overblijvende skeletjes naar de bodem waar zij soms enkele honderden meters dikke lagen hebben ge-

vormd. Op sommige plaatsen zijn bij een latere rijzing van de bodem de lagen weer boven water gekomen. Zij worden thans gewonnen. Vooral in Californië komen rijke lagen voor. Ook elders in de wereld — onder meer in Duitsland, Frankrijk en Kenia — worden exploitabele lagen aange-

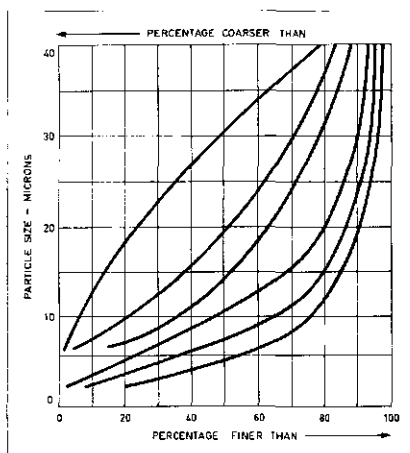
troffen. De meeste lagen zijn in zeewater afgezet; daarnaast zijn ook lagen bekend welke zich in zoetwater hebben gevormd.

Karakteristiek voor diatomeeënaarde is de grote verscheidenheid aan vor-

Afb. 1 - Enkele kiezelzuur-skeletjes zoals die in diatomeeënaarde worden aangetroffen.



\*) 20e Vacatiecursus in Drinkwatervoorziening, gehouden door de Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde van de T.H. Delft, op 4 en 5 januari 1968. Les no. 6.



Afb. 2 - „Zeef”krommen van diatomeeënaarde.

men van de kiezelzuurskeletjes waaruit het is opgebouwd. Afb. 1 geeft daarvan een indruk.

Voordat het materiaal in de handel wordt gebracht ondergaat het verschillende bewerkingen waarbij het onder meer wordt gedroogd, gemalen, naar grootte gesepareerd en soms ook gecalcineerd.

De ijle structuur van de skeletjes maakt dat het materiaal een gering volumegewicht heeft en een groot poriënvolume. Door één van de leveranciers van het onderhavige materiaal wordt opgegeven dat het volumegewicht van de droge stof omstreeks 0,17 bedraagt bij een poriënvolume van ca. 93 %. Mede door deze eigenschappen heeft diatomeeënaarde een groot absorberend vermogen en kan het ongeveer drie keer zijn gewicht aan water opnemen voordat het uitvloeit.

De fijnheid van het materiaal blijkt uit afb. 2 waarop de „zeef”krommen van de door één van de Amerikaanse producenten in de handel gebrachte soorten diatomeeënaarde zijn aangegeven.

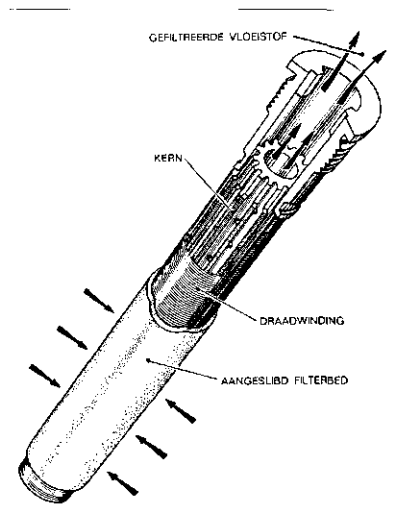
Uit afb. 2 blijkt dat bij de fijnste soort diatomeeënaarde de grootte van de deeltjes over het algemeen ligt tussen 2 en 20 micron met een gemiddelde van ca. 7 micron en bij de grofste soort tussen 13 en 45 micron met een gemiddelde van omstreeks 35 micron. Diatomeeënaarde van de onderhavige herkomst bestaat voor omstreeks 90% uit zuiver kiezelzuur, voor ongeveer 4% uit aluminiumoxyde en voor de rest uit andere oxyden. Het kan ten opzichte van de vloeistoffen welke voor filtratie in aanmerking komen, als chemisch inert worden beschouwd. Met de fijnste soorten diatomeeën-

aarde kunnen, zelfs als zij in laagdikten van slechts enkele millimeters worden toegepast, nog deeltjes met een grootte van 0,1 à 0,2 micron worden afgefilterd; bij de grovere soorten worden nog deeltjes van 1 à 2 micron tegengehouden. Om te beseffen wat voor deeltjes dit zijn moge één van de vorige vacatiecursussen in herinnering worden gebracht tijdens welke dr. Molt erop heeft gewezen dat bij deeltjes groter dan ongeveer 1 micron kan worden gesproken van een grofmechanische suspensie waarvan de deeltjes kunnen worden afgefilterd. Bij deeltjes met afmetingen van ongeveer 1 millimicron tot ongeveer 1 micron is sprake van een colloïdale oplossing. In een dergelijke oplossing kunnen de deeltjes, in afhankelijkheid van de grootte van hun zetapotential, elkaar afstoten waardoor de vorming van grotere conglomeraties wordt voorkomen [1].

Onder omstandigheden kunnen de kleur en de troebelheid van vloeistoffen voor een belangrijk deel worden veroorzaakt door in colloïdale toestand verkerende deeltjes. De ervaring wijst uit dat in dergelijke gevallen door een uiterst fijne filtratie als waarvan bij het gebruik van diatomeeënaarde sprake is, de troebelheid vrijwel geheel kan worden verwijderd en ook de kleur kan worden verbeterd.

Bij een filtratie over diatomeeënaarde kunnen ook sommige bacteriën worden tegengehouden. Hunter, Bell en Henderson hebben op dit gebied proeven met coli-bacteriën verricht waarover in JAWWA is gerapporteerd [2]. De afmetingen van coli-bacteriën liggen tussen 1 en 5 micron. Bij de bovengenoemde proeven bleek dat bij de filtratie over de fijnere soorten diatomeeënaarde de coli-bacteriën voor vrijwel 100 % werden afgefilterd en bij de grovere soorten nog voor een belangrijk percentage.

Uit een oogpunt van economie, waaronder in het kader van dit betoog kan worden begrepen het verkrijgen van zo lang mogelijke filterlooptijden binnen het raam van een aanvaardbaar geachte filterweerstand, verdient het uiteraard aanbeveling zo grof mogelijk filtermateriaal toe te passen. Welk materiaal nog juist aanvaardbaar is en welke filtratiesnelheid daarbij moet worden aangehouden zal veelal door proeven met filtreerpoeiers van verschillende fijnheid moeten worden vastgesteld. Het kan wenselijk zijn daarvoor van een proeffilterinstallatie op semi-technische schaal ge-



Afb. 3 - Filterkaars.

bruik te maken. Ook komt het wel voor dat op praktijk-schaal wordt geëxperimenteerd.

### 3. Constructie diatomeeënfilters

In de handel is een grote verscheidenheid aan diatomeeënfilters van zeer uiteenlopende typen en constructies verkrijgbaar.

In beginsel bestaan de installaties uit:

- een aantal filterelementen welke bestemd zijn om als dragers voor de diatomeeënaarde dienst te doen;
- een filterketel of een filterbak waarin de filterelementen worden ondergebracht.

De filterelementen moeten zodanig zijn geconstrueerd dat bij het filtratieproces de diatomeeënaarde wordt tegengehouden.

Bij de filterelementen kan een onderscheid worden gemaakt tussen twee hoofdtypen, te weten filterkaarsen enerzijds en filterplaten anderzijds.

**Filterkaarsen** — de naam zegt het al — hebben een cilindrische vorm. Teneinde het gefiltreerde water te kunnen afvoeren zijn zij van binnen hol. Aanvankelijk werden keramische kaarsen toegepast. Deze hadden evenwel het bezwaar dat zij vrij snel verstopten en dan moeilijk waren te reinigen. Al spoedig is dan ook overgegaan tot het gebruik van roestvrij stalen kaarsen. Een eenvoudige uitvoering van een dergelijke kaars bestaat uit een geperforeerde roestvrij stalen buis waaromheen een zeer fijn metaalweefsel is aangebracht. Door een andere firma worden kaarsen in de handel gebracht welke bestaan uit een op een speciale wijze gefiltreerde holle kern waar-

omheen spiraalsgewijze op zodanige wijze een draad van Monel-metaal is gewonden, dat tussen de opeenvolgende windingen een nauwe spleet wordt vrijgehouden (zie afb. 3).

Weer een ander type roestvrij stalen filterkaars bestaat uit een holle kern waaromheen een groot aantal van nokjes voorziene plaatjes wordt gelegd. De nokjes zijn daarbij zodanig geprofileerd dat de overblijvende openingen een snelle vorming van de filterkoek mogelijk maakt zonder dat daarbij veel diatomeeënarde verloren gaat.

**Filterplaten** zijn als regel samengesteld uit filterdoek of filtergaas hetwelk op zodanige wijze ter weerszijden van een ondersteuningsconstructie wordt aangebracht dat de gefiltreerde vloeistof door het inwendige van het filterelement kan worden afgevoerd. Ook van dit soort filterelementen is in de handel een grote verscheidenheid verkrijgbaar.

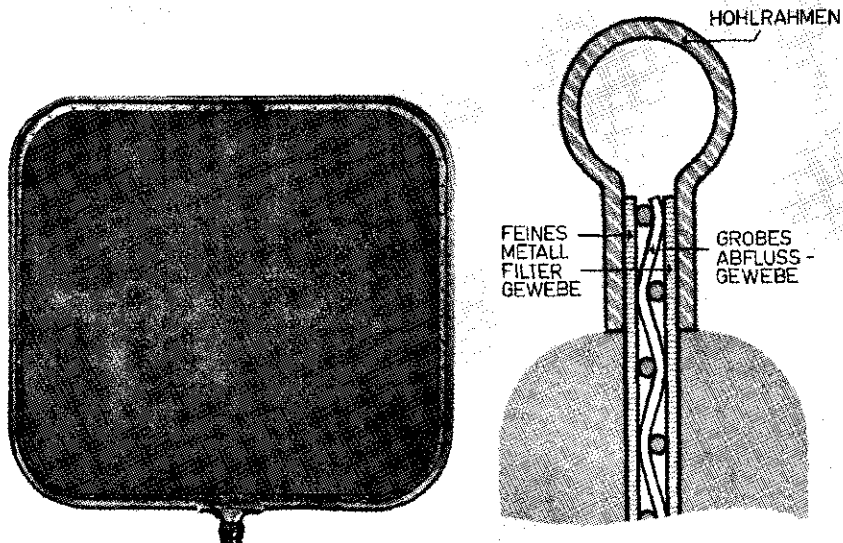
Filterdoeken worden meestal vervaardigd van nylon of van een andere kunststof; filtergaas meestal van roestvrij staal.

De filterplaten moeten op zodanige wijze zijn geconstrueerd dat de plaat zelve noch het daarop aangebrachte doek of gaas kan worden vervormd door de daarop als gevolg van de geleidelijk toenemende filterweerstand optredende krachten. Afb. 4 geeft een indruk van de constructie van een door een Amerikaanse firma in de handel gebrachte filterplaat.

Zoals reeds vermeld moeten de filterelementen in een filterketel of in een filterbak worden aangebracht. Daarbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen twee typen installaties, te weten:

a. **Drukfilters**, d.w.z. geheel gesloten, meestal van staal vervaardigde filterketels waar de vloeistof onder druk doorheen wordt geperst; deze filters zijn derhalve enigszins te vergelijken met de gesloten zandfilters welke in de waterleidingtechniek worden toegepast. De afb. 5, 6 en 7 geven een indruk van verschillende uitvoeringsvormen. Afb. 5 heeft betrekking op een kaarsenfilter. De beide andere afbeeldingen hebben betrekking op platenfilters; het type dat op afb. 6 is weergegeven wordt hoofdzakelijk voor industriële doeleinden toegepast; dat op afb. 7 voor kleine openbare en privé zwembaden.

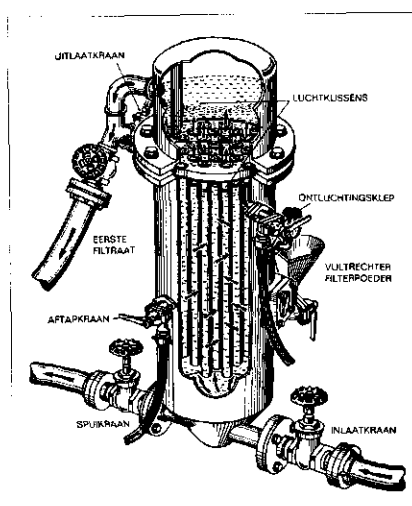
b. **Vacuümfilters**, d.w.z. open, van staal, beton of van kunststof vervaardigde filterbakken waaruit de



Afb. 4 - Filterplaat.

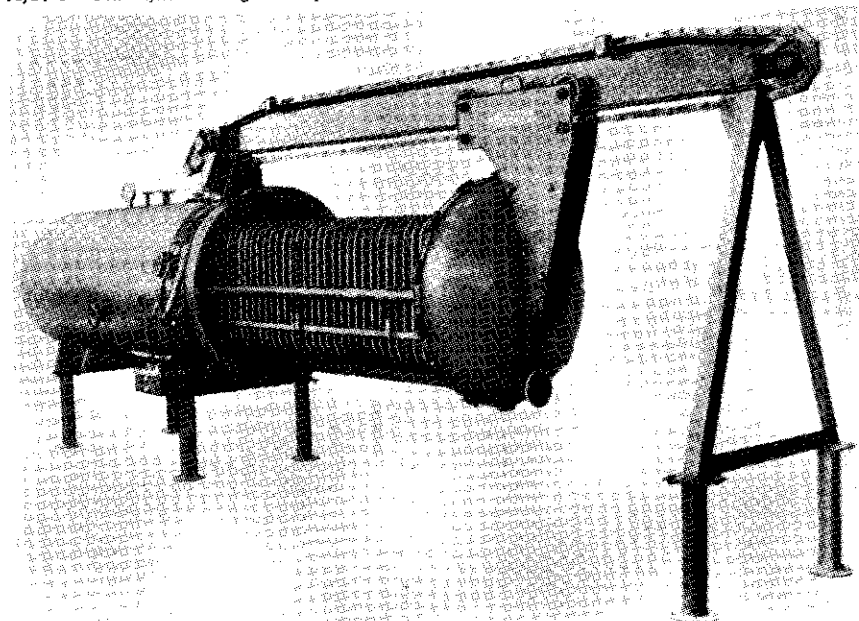
vloeistof, na het passeren van de filterelementen, wordt weggezogen en waarin de aanvoer van het water zodanig wordt geregeld dat de bovenwaterstand steeds op hetzelfde niveau wordt gehouden; deze filters zijn dus enigszins te vergelijken, met de in de waterzuiveringstechniek toegepaste open zandfilters met constante bovenwaterstand. Afb. 8 geeft een beeld van een eenvoudig type vacuümfILTER waarin filterkaarsen zijn toegepast.

Het filtratieproces begint met het aanbrengen van de z.g. grondlaag. Daartoe wordt in de filterketel of in de filterbak met de te zuiveren vloeistof een zekere hoeveelheid diatomeeënarde gebracht. Dit mengsel wordt eerst enige tijd rondgepompt. Aanvan-



Afb. 5 - Kaarsenfilter.

Afb. 6 - Platenfilter van grote capaciteit.



kelijk passeert nog een deel van de diatomeeënaarde de filterelementen. Geleidelijk wordt echter een filterkoek opgebouwd, die op den duur alle zwevende deeltjes tegenhoudt.

Hoe lang de vorming van de filterkoek duurt hangt af van de fijnheid van het filtreerpoeder, van de viscositeit van de vloeistof en van de filtratiesnelheid in relatie tot de grootte van de openingen van de zeefplaten of van de filterkaarsen. Als deze openingen relatief groot zijn ten opzichte van de deeltjesgrootte van het filtreerpoeder worden aan het poeder soms wel asbestvezels toegevoegd om het zodoende een iets grovere structuur te geven zonder dat zulks van invloed is op het zuiveringseffect.

Zodra het filtraat voldoende helder is geworden — om dit te kunnen controleren wordt veelal in de afvoerleiding een verlicht kijkglas aangebracht — kan met het normale filtratieproces worden begonnen.

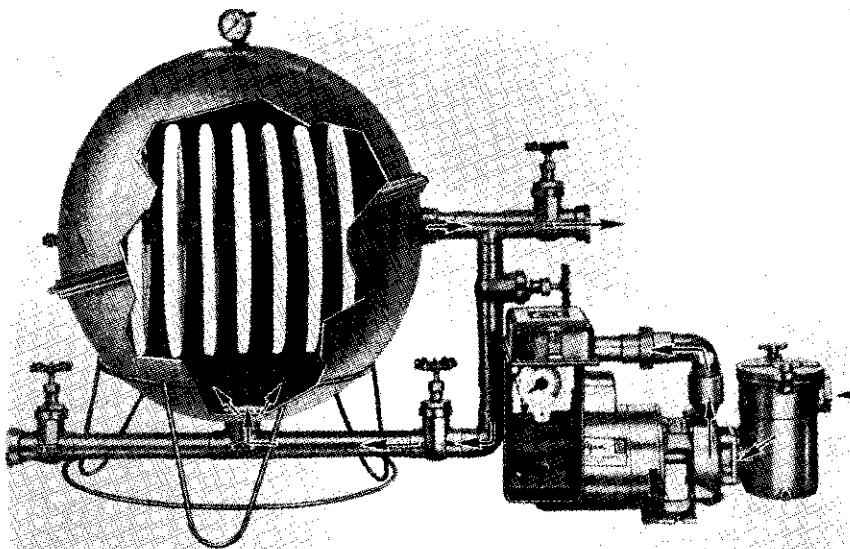
De vorming van de grondlaag wordt in het Duits „anschwemmen” genoemd; in Engeland en de VS wordt over het aanbrengen van een „precoat” gesproken.

De hoeveelheid diatomeeënaarde welke nodig is voor de vorming van de grondlaag, bedraagt 0,5 à 0,75 kg per m<sup>2</sup> filteroppervlak. Daarmede kan een grondlaag met een dikte van 1,5 à 2 mm worden gevormd.

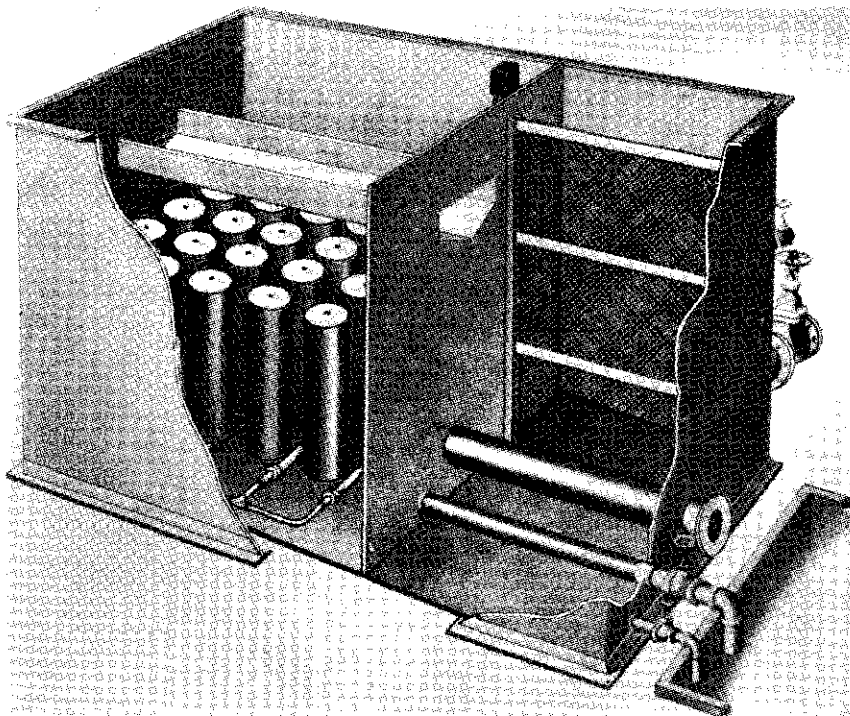
Afhankelijk van de omstandigheden worden filtratiesnelheden van 1 tot 10 m/uur toegepast; bij de filtratie van waterige vloeistoffen bedraagt de gebruikelijke filtratiesnelheid 2,5 à 5 m/uur.

Tijdens het filtreren zullen de in de vloeistof aanwezige zwevende bestanddelen zich voornamelijk tegen de buitenkant van de diatomeeënaarde afzetten. Dit kan aanleiding geven tot een vrij snel oplopen van de weerstand van het filter. Daarom wordt veelal continu een kleine hoeveelheid diatomeeënaarde aan de te behandelen vloeistof toegevoegd. Zodoende wordt een geleidelijk dikker wordende filterlaag gevormd die de poreuze eigenschappen van de grondlaag behoudt en die het mogelijk maakt de filterlooptijd aanzienlijk te verlengen. In engels-sprekende landen wordt deze continue toevoeging van filtreerpoeder met „bodyfeed” of „filteraid” aangeduid. Afb. 9 geeft daarvan een indruk; de afgefilterde zwevende verontreinigingen zijn gelijkmatig verspreid over de geleidelijk in dikte toenemende filterkoek.

Over de hoeveelheid filtreerpoeder,



Afb. 7 - Platenfilter van kleine capaciteit.

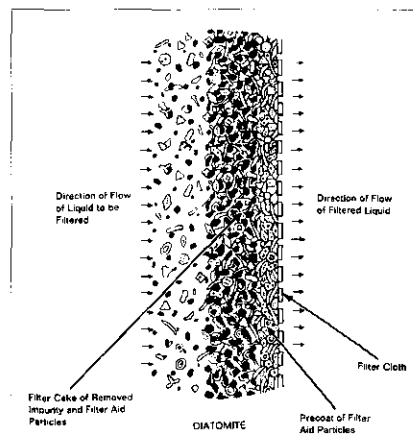


Afb. 8 - Vacuumfilter met filterkaarsen.

welke bij een bepaalde installatie en gegeven een bepaalde te behandelen vloeistof, continu moet worden toegevoegd om een zo economisch mogelijke bedrijfsvoering te verkrijgen, zijn vooral door Baumann en enkele van zijn medewerkers uitvoerige studies verricht [3, 4 en 5].

Een filterperiode komt teneinde als de filterweerstand zo hoog is opgelopen dat geen economisch bedrijf meer mogelijk is. Soms kan het oplopen van de filterweerstand mede het gevolg zijn van een te veel samenpersen van de filterkoek. Daarbij is te bedenken dat in een filterkoek van nog geen

Afb. 9 - Filterkoek bij continue toevoeging van filterpoeder.



centimeter dikte weerstanden van 5 tot 10 meter waterkolom of nog meer kunnen optreden.

Bij een te hoog opgelopen filterweerstand moet de gehele filtravulling worden verwijderd en door nieuw materiaal worden vervangen.

Aan de wijze waarop de filterkoek wordt verwijderd moet bijzondere aandacht worden geschonken.

Als de pomp wordt stilgezet, valt meestal een groot deel van de filterkoek vanzelf naar beneden.

Om een volledige verwijdering te verkrijgen wordt voorts nog met water teruggespoeld. Soms wordt daarbij met behulp van in het bovenste deel van de filterketel samengeperste lucht, een „terugspooelstoot” gegeven. Dit is onder meer het geval met het op afb. 5 aangegeven kaarsenfilter.

#### 4. Toepassingen

De toepassingsmogelijkheden van filterpoeders zijn over een groot gebied verspreid. Zij kunnen in vijf groepen worden verdeeld.

##### 4.1. *Levenmiddelenindustrie.*

Eén van de oudste toepassingen van filterpoeders is in de suikerindustrie, waar diatomeeënaarde wordt gebruikt voor de filtratie van suikersappen. Daarmee werd reeds in de jaren tussen 1920 en 1930 begonnen. Later hebben filterpoeders ook toepassing gevonden voor de filtratie van wijn, bier, frisdranken, spijsoeliën, azijn en dergelijke vloeistoffen waarbij aan de zuiverheid van het produkt hoge eisen worden gesteld.

##### 4.2. *Overige toepassingen in de industrie en in bedrijven.*

Filterpoeders worden zowel in de chemische industrie als in de pharmaceutische industrie toegepast, zoals b.v. bij de bereiding van kunstharsen, titaanwit en van bepaalde produkten in de petrochemische industrie.

Onder deze categorie van toepassingsmogelijkheden kan mede worden gerekend het ontoliën van het condensaat van stoomketels, voor welk doel speciale filterpoeders in de handel worden gebracht.

##### 4.3. *Militaire waterzuiveringsinstallaties.*

Voor de watervoorziening van troepen te velde zijn gedurende de tweede wereldoorlog mobiele waterzuiveringsinstallaties ontwikkeld, waarbij eveneens van diatomeeënaarde gebruik wordt gemaakt.

Deze installaties hadden boven de

aanvankelijk toegepaste zandfilters het voordeel van een veel scherper filtratie. Dit is vooral van belang met het oog op het verwijderen van cysten van amoeben waaraan in subtropische en tropische gebieden alle aandacht moet worden geschonken. Bij de vrij hoge filtratiesnelheden, welke wel dienen te worden toegepast in de voor het gebruik te velde bestemde zandfilters, worden dergelijke cysten in onvoldoende mate tegengehouden.

Een tweede belangrijk voordeel van diatomeeënfilters voor mobiele waterzuiveringsinstallaties is het aanmerkelijk geringere gewicht in vergelijking tot zandfilters.

Na de oorlog is ook hier te lande overgegaan tot het aanschaffen van een aantal verplaatsbare waterzuiveringsinstallaties voor militaire doeleinden. De aangeschafte installaties hebben een capaciteit van 5 tot 10 m<sup>3</sup> per uur. Zij zijn zodanig ingericht dat het water een voorbehandeling kan ondergaan in de vorm van coagulatie met bezinking. Daardoor is het mogelijk van vrij sterk met zwevende stoffen bezwangerd oppervlaktewater goed drinkwater te maken. De hygiënische betrouwbaarheid wordt verkregen door een chloring. Als interessante bijzonderheid kan in dit verband nog worden vermeld, dat het chloor ter plaatse wordt bereid door electrolyse van keukenzout.

Opgeloste radioactieve verontreinigingen kunnen in deze installatie uiteraard niet uit het water worden verwijderd. Daartoe zouden deze installaties moeten worden uitgebreid met daarvoor geschikte ionenwisselaars.

Toen bij de in 1966 plaats gevonden hebbende overstromingsramp in Florence de gehele watervoorziening van die stad was gestoord, is met de onderhavige installaties nuttig werk kunnen worden verricht door het installeren van enkele z.g. waterpunten waar de bewoners van de getroffen stad in de periode tot het herstel van de openbare drinkwatervoorziening, water van goede kwaliteit konden halen.

Ook de Organisatie Bescherming Bevolking beschikt over een aantal verplaatsbare waterzuiveringsinstallaties waarmede in geval van nood drinkwater voor de bevolking kan worden bereid. De voor het onderhavige doel aangeschafte installaties zijn echter niet uitgerust met de mogelijkheid tot een voorbehandeling van het water in de vorm van een coagulatie. Dientengevolge kunnen zij alleen worden gebruikt voor de zuivering van niet al te

sterk met zwevende stoffen bezwangerd oppervlaktewater.

Bij het onverhoopt optreden van langdurige storingen in de openbare drinkwatervoorziening zullen de installaties op aanvraag, met bedienend personeel, ter beschikking van de gemeentelijke autoriteiten kunnen worden gesteld. Voor de distributie van het gezuiverde water zullen deze autoriteiten echter zelf moeten zorgdragen.

Voordat destijds tot aanschaffing van de verplaatsbare waterzuiveringsinstallatie werd overgegaan, zijn door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, in nauwe samenwerking met de betrokken militaire autoriteiten, op verschillende plaatsen in Nederland proeven verricht met enkele toen beschikbare proefinstallaties.

Ook daarbij is toen gebleken dat de filterlooptijd in belangrijke mate kon worden verlengd door een continue toevoeging van diatomeeënaarde tijdens de filtratie. Voorts kon in sommige gevallen een verbetering van de kleur, reuk en smaak worden verkregen door de diatomeeënaarde te vermengen met een zekere hoeveelheid actieve kool.

In een later stadium zijn nog een aantal speciale filterpoeders onderzocht. In eerste aanleg zijn proeven gedaan met een mengsel van diatomeeënaarde, aluminiumsulfaat en nog enkele andere componenten zoals dat door een Duitse firma in de handel werd gebracht.

Hiermede werden verrassend goede resultaten bereikt. Aangezien dit materiaal echter zeer kostbaar was en, evenals normale diatomeeënaarde, uit het buitenland moest worden aangevoerd, is tevens nog een onderzoek ingesteld naar de toepassingsmogelijkheden van enkele hier te lande verkrijgbare materialen. Bij proeven bleek dat zowel met houtmeel als met vlieg-as aanvaardbare zuiveringsresultaten konden worden verkregen.

Bij installaties als waarvan hier sprake is, welke slechts een beperkte capaciteit behoeven te hebben en welke alleen maar onder bijzondere omstandigheden behoeven te worden gebruikt, speelt de economie maar een beperkte rol. Het is dan ook minder belangrijk of pompen met een verhoudingsgewijs hoge opvoerhoogte moeten worden toegepast of dat de filterlooptijd zo kort is dat elke 4 uur nieuw filterpoeder moet worden aangebracht. Belangrijk is het slechts dat drinkwater van een aanvaardbare kwaliteit kan worden verkregen.

In dit opzicht liggen de verhoudingen

geheel anders bij de hierna te noemen toepassingsmogelijkheid van diatomeeënfilters waarbij aan de economie juist bijzonder veel aandacht moet worden geschonken.

#### 4.4. Zuivering van zwembadwater.

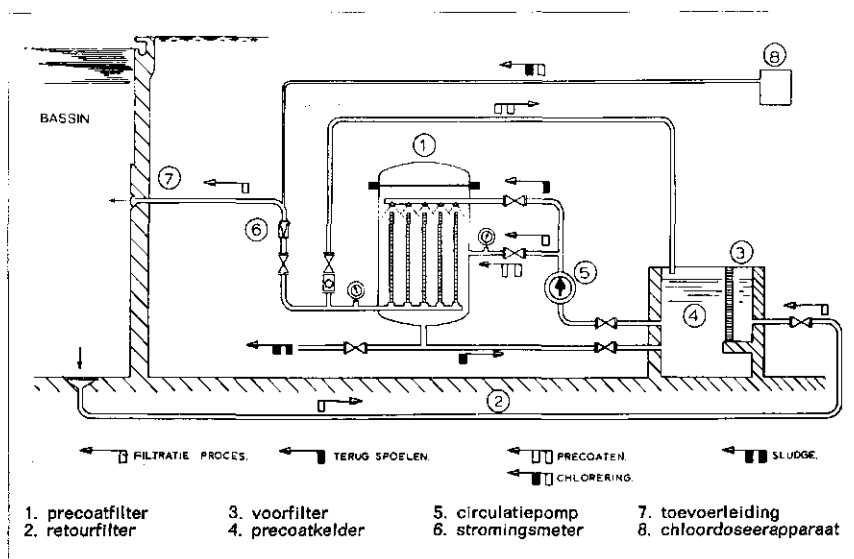
Na de laatste wereldoorlog is, in eerste aanleg in de Verenigde Staten, het gebruik van filtreerpoeders voor de zuivering van zwembadwater sterk naar voren gekomen. Bekend mag worden verondersteld dat aan de hoedanigheid van het water in circulatiebaden bijzonder hoge eisen worden gesteld, niet alleen wat betreft de hygiënische betrouwbaarheid, doch tevens met betrekking tot de kleur en het doorzicht. Als gewoon leidingwater, dat aan alle eisen van goed drinkwater voldoet, in een zwembassin wordt gebracht, is het onder omstandigheden mogelijk dat het water er gelig uitziet en dat het doorzicht betrekkelijk gering is. Slechts door een verder gaande zuivering waarvoor het water een aantal malen over een filterinstallatie moet worden rondgepompt, kan de kwaliteit worden verbeterd.

Aanvankelijk zijn diatomeeënfilters toegepast in installaties van beperkte capaciteit, zoals voor privé zwembaden en voor kleine openbare zweminrichtingen, waarbij noch de kosten voor het verbruik van diatomeeënaarde, noch die van hogere stroomverbruik een belangrijke rol speelden.

Na een aantal kinderziekten is de constructieve uitvoering van dit soort filters zodanig gewijzigd en verbeterd dat zij thans ook voor grotere installaties worden gebruikt. De opvoerhoogte van de pompen behoeft daarbij nauwelijks groter te zijn dan die van de pompen welke bij gesloten zandfilters worden toegepast. Voorts kan het verbruik aan diatomeeënaarde binnen redelijke grenzen worden gehouden.

In Europa zijn vooral in Zwitserland, Frankrijk en Nederland reeds een niet onaanzienlijk aantal zwembaden, zowel kleine als grote, met diatomeeënfilters uitgerust. Bij de meeste van deze installaties bedraagt de lineaire filtratiesnelheid 5 à 8 m/uur; de hogere snelheden worden aangehouden naarmate de installaties verder zijn geautomatiseerd.

Het zou thans te ver gaan om uitvoerig op de voor- en nadelen van deze filters t.o.v. de vroeger algemeen toegepaste zandfilters in te gaan. Er moge mede worden volstaan met erop te wijzen dat in de praktijk is gebleken, dat met dit type installaties



Afb. 10 - Schema waterbehandelingsinstallaties Flevoparkbad Amsterdam.

zeer goede resultaten kunnen worden verkregen en dat het niet nodig — en ook niet gewenst is — om aan het te zuiveren water coagulatiemiddelen toe te voegen, welke noodzaak bij tal van zandfilters wel aanwezig is.

Afb. 10 geeft het schema van de waterzuiveringsinstallatie bij het in 1967 in gebruik genomen Flevoparkbad te Amsterdam. Het in deze openluchtzweminrichting opgestelde diatomeeënfilter heeft een diameter van 1,90 m en een filtercapaciteit van 450 m<sup>3</sup> per uur [6]. Had men dezelfde capaciteit willen onderbrengen in gesloten zandfilters met de veelal gebruikelijke lineaire filtratiesnelheid van omstreeks 20 m per uur, dan zouden 8 van dergelijke ketels of 3 ketels met een diameter van 3,0 m nodig zijn geweest. Bij de onderhavige installatie zijn nog speciale voorzieningen getroffen om het gebruik van diatomeeënaarde zoveel mogelijk te beperken. Daartoe wordt bij een te hoog opgelopen weerstand het filtermateriaal niet direct naar het riool afgevoerd doch in het z.g. tussenbassin teruggebracht. Vervolgens wordt met hetzelfde materiaal een nieuwe filtercyclus begonnen. Het bij de eerste cyclus tegengehouden vuil, hetwelk zich in hoofdzaak tegen het buitenoppervlak van de filterkoek had afgezet, wordt dan met de diatomeeënaarde vermengd. Uiteraard zal daardoor bij elke volgende cyclus de beginweerstand hoger zijn dan bij het gebruik van niet of minder vervuild materiaal. Ook zal de filterlooptijd steeds korter worden. In de praktijk is het echter mogelijk gebleken hetzelfde filtermateriaal zes tot acht keer te gebruiken alvorens de begin-

weerstand zo hoog wordt en dientengevolge de filteromlooptijd zo kort dat tot een algehele vervanging moet worden overgegaan.

Indien het zuiveringsbedrijf op de bovenomschreven wijze wordt gevoerd kan worden gerekend met een verbruik van 3 tot 7 gram diatomeeënaarde per bezoeker, waarmee een bedrag van 0,25 tot 0,6 cent is gemoeid.

Het herhaald gebruiken van dezelfde filtervulling heeft echter ook een bezwaar. Doordat de verontreinigingen door het hele filtermateriaal worden verspreid, bestaat de mogelijkheid dat deze ook met de zeefplaten of met de filterkaarsen in aanraking komen. Aangezien de verontreinigingen mede min of meer kleverige substanties bevatten, zoals b.v. huidvetten of zonnebrandolie, is het niet bij voorbaat uitgesloten dat zij tot verstopping van de filterelementen aanleiding kunnen geven.

Daarom is het herhaald gebruik van dezelfde filtervulling alleen maar mogelijk in die gevallen waarin de zeefplaten gemakkelijk kunnen worden gereinigd. Bij de op afb. 10 aangegeven installatie worden de roestvrij stalen platen dan ook elke keer, nadat de filterkoek is afgestoten, met krachtige waterstralen schoongespoten.

Indien filterdoeken van nylon of van andere synthetische vezels worden gebruikt, zoals bij de meeste uit de Verenigde Staten afkomstige installaties het geval is, is het niet mogelijk het doek schoon te spuiten. Bij deze installaties dient dus telkenmale een nieuwe filtervulling te worden aangebracht. In de Verenigde Staten

wordt dit geen overwegend bezwaar geacht, aangezien de diatomeeën-aarde daar relatief goedkoper is dan hier te lande. Het systeem van het herhaald gebruik van hetzelfde filtermateriaal wordt daar dan ook vrijwel niet toegepast.

#### 4.5. Bereiding van drinkwater

Volgend op de ontwikkeling van diatomeeënfilters voor militaire doeleinden en voor de zuivering van zwembadwater, zijn — vooral in de Verenigde Staten — verschillende installaties tot stand gekomen voor de behandeling van voor de openbare drinkwatervoorziening bestemd water. In het begin zijn daarmee verschillende moeilijkheden en ook teleurstellingen ondervonden, die het gevolg waren van onvoldoende inzicht in de grondslagen van deze methode van waterbehandeling. Dit was voor het bestuur van de American Water Works Association reden om een studiegroep te vormen, die de toepassingsmogelijkheden van diatomeeënfilters nader moest onderzoeken en richtlijnen moest opstellen voor een verantwoorde opzet van dit type installaties. De studiegroep heeft in 1964 een zeer lezenswaardig rapport uitgebracht, aangevuld met een uitgebreide literatuurdocumentatie [7].

Het rapport begint met een overzicht te geven van alle installaties die tot eind 1963 in de Verenigde Staten voor de openbare watervoorziening tot stand waren gekomen. Het waren er in totaal 85 waarvan er 73 werden gebruikt bij de zuivering van oppervlaktewater en 12 bij de zuivering van grondwater.

Van deze 85 installaties waren er inmiddels al weer 12 buiten bedrijf. De meeste daarvan hadden als proefinstallatie dienst gedaan of waren als tijdelijke voorziening bedoeld geweest. Over het algemeen hadden de installaties een capaciteit van minder dan 200 m<sup>3</sup>/uur; zij dienden derhalve voor de voorziening van betrekkelijk kleine gemeenschappen. Ook uit een recente publicatie over dit soort installaties in de staat New York blijkt dat de capaciteit van de daar aanwezige 29 installaties vrijwel steeds geringer is dan de zojuist genoemde 200 m<sup>3</sup>/uur [8].

De meeste installaties voor de zuivering van oppervlaktewater dienen voor de behandeling van water dat slechts in beperkte mate is verontreinigd; bij slechts enkele installaties is de verontreiniging zowel door algen als door andere zwevende bestanddelen, zoda-

nig dat tot een voorbehandeling in de vorm van een coagulatie moest worden besloten.

Bij de ontijzering van grondwater is een voorbehandeling in de vorm van een chlorering of een aeratie uiteraard altijd noodzakelijk om de opgeloste ijzerverbindingen in een affiltreerbare vorm te brengen.

De filtratiesnelheid bij voor de openbare watervoorziening bestemde installaties ligt meestal tussen 2,5 en 5 m/uur.

Meer in de buurt is reeds 20 jaar geleden een aanmerkelijke grotere installatie gemaakt. De waterleiding van Brussel heeft n.l. in 1948 haar in het Maasdal gelegen grondwaterpompstation Yvoir-Champale aangevuld met een station voor de zuivering van Maaswater. Aan dit station, dat slechts bij verbruikspieken in bedrijf behoefde te worden gesteld, werden de volgende eisen gesteld:

— het moest snel in bedrijf kunnen worden genomen en zo nodig 12.000 m<sup>3</sup> gezuiverd water per dag kunnen leveren;

— het moest gering zijn van afmetingen daar het uit een oogpunt van landschapsbescherming ondergronds moest worden gebouwd, waarbij het tevens van belang was de bouwkosten zo laag mogelijk te houden.

Aangezien het pompstation slechts nu en dan in bedrijf zou worden gesteld, werd het niet als een bezwaar gevoeld

dat de bedrijfskosten relatief hoog zouden zijn.

In eerste aanleg werd het water gezuiverd door:

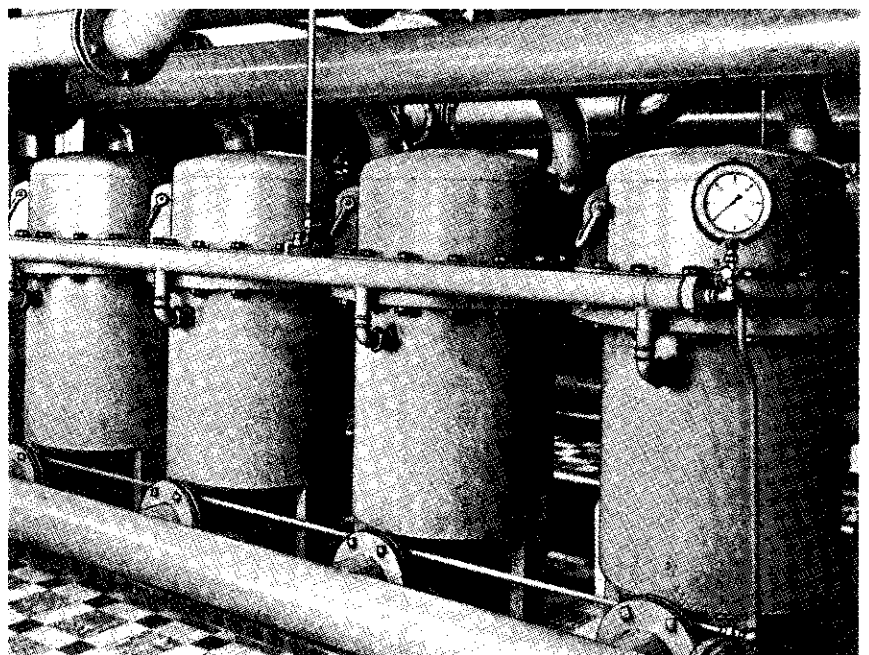
- een behandeling met aluminiumsulfaat;
- een snelfiltratie over grof zand of grind;
- een eindfiltratie over diatomeeën-aarde.

De aan een publicatie van de Brusselse Intercommunale Watermaatschappij ontleende foto van de voor het laatstgenoemde doel opgestelde kaarsenfilters is hieronder als afb. 11 overgenomen [9].

Toen in 1964 de onderhavige voorziening continu in bedrijf moest worden genomen, werd besloten het rendement daarvan op te voeren. Daartoe is een z.g. clarifloculator aangebracht waarmee het water reeds vóór de filtratie kan worden uitgevlokt en geklaard. Dit had mede het gevolg dat de capaciteit van de voorziening met 50 % kon worden opgevoerd tot 18.000 m<sup>3</sup> per etmaal.

De diatomeeënfilters bleven in bedrijf. Hoewel de filtratiesnelheden aanmerkelijk zijn opgevoerd is het resultaat van een voorbehandeling zodanig dat de looptijd van de filters aanmerkelijk is verlengd. Thans kan verscheidene dagen met één filtervulling worden gewerkt zonder dat tijdens het filtreren extra diatomeeën-aarde hoeft te worden toegevoegd. De vraag zou naar voren kunnen

Afb. 11 - Diatomeeënfilters Pompstation Yvoir-champale.



## DE VERONTREINIGING VAN DE OHIO-RIVIER

worden gebracht of een dergelijke nabehandeling dan nog wel nodig is om water te verkrijgen dat aan de gestelde eisen voldoet. Maar hoe dan ook, de mening kan worden gedeeld van de directie van het betrokken bedrijf, die filtratie over diatomeeënnaarde voor sommige gevallen een interessante methode vindt, welke het mogelijk maakt water te verkrijgen dat perfect is gefiltreerd.

In Brussel waar het water eerst nog een voorbehandeling ondergaat, wordt het als een verfijningsmethode beschouwd, in de Verenigde Staten wordt het, zoals reeds vermeld, bij zwak door zwevende bestanddelen verontreinigd water als enige filter gebruikt.

De reeds eerder genoemde Amerikaanse commissie heeft over de toepassingsmogelijkheden van diatomeeënfilters onder meer de volgende algemene uitspraken gedaan:

1e met diatomeeënaardefilters kunnen op doeltreffende wijze zwevende bestanddelen uit water worden verwijderd waarbij de helderheid van het geproduceerde water zeker gelijk, zo niet beter, is dan bij een zandfiltratie;

2e de opzet van de installaties en de eventuele noodzaak een voorbehandeling toe te passen, is afhankelijk van de aard van de te verwijderen zwevende en colloïdale bestanddelen waarbij proeven op semi-technische schaal nodig zijn om deze opzet te kunnen vaststellen;

3e een zeer belangrijke factor bij het ontwerpen van de installaties is een doeltreffend „body feed” of „filter aid system”, zijnde de apparatuur waarmee tijdens de filtratie continu een kleine hoeveelheid diatomeeënaarde aan het te zuiveren water wordt

toegevoegd; een dergelijke toevoeging wordt niet alleen noodzakelijk geacht om de filterlooptijd te kunnen verlengen, maar meer nog omdat rekening schijnt te worden gehouden met de mogelijkheid van het ontstaan van scheurtjes in de „precoat” of grondlaag.

Hierin ligt een zwak punt van dit type zuiveringsinstallatie waarop ook in het rapport van de Amerikaanse commissie wordt gewezen: de enige barrière tussen het ongezuiverde en het gezuiverde water vormt een slechts enkele millimeters dikke laag filtermateriaal: een laag die op zichzelf vrij kwetsbaar is en waarvan de goede filterende werking slechts verzekerd schijnt te kunnen worden door deze voortdurend in dikte te laten groeien. Daarom zou kunnen worden gesteld, dat de filtratie met behulp van diatomeeënaarde een methode voor de verwijdering van zwevende bestanddelen uit water is, waarvoor bij de bereiding van drinkwater alleen maar onder bijzondere omstandigheden toepassingsmogelijkheden aanwezig zijn. Aan deze vorm van fysische waterzuivering zou kunnen worden gedacht als het gaat om een nabehandeling met het doel om, zoals de heer Leeftang in zijn inleiding heeft gesteld, het water „aangenaam” te maken b.v. door het verwijderen van sporen ijzerroest of van resten mangaan uit water dat op zichzelf reeds aan de gebruikelijke aanleidingwater gestelde eisen voldoet.

Een nadere bestudering van de mogelijkheden welke de toepassing van diatomeeënfilters zowel voor de bereiding van drinkwater als voor de zuivering van zwemwater biedt, eventueel aangevuld door het nodige spuurwerk, verdient echter wel aanbeveling.

In het laatste nummer van de vorige jaargang van dit tijdschrift (no. 26, blz. 614-615) besprak ik het boek van Cleary „The Orsanco Story”, handelende over de activiteiten van de Ohio River Valley Water Sanitation Commission (Orsanco) bij de bestrijding van de verontreiniging van deze rivier. Mijn aandacht werd nu gevestigd op een artikel van Drapkin en Erlich in de Wall Street Journal van 17-3-69 met als titel „The dirty Ohio”, dat een aanmerkelijk minder gunstig beeld geeft van de situatie dan bij lezing van het boek van Cleary werd verkregen.

Verscheidene grote industriële bedrijven lozen nog grote hoeveelheden schadelijke afvalstoffen (o.a. ijzeroxide, afvalolie) op de rivier; daarbij komen dan nog belangrijke quanta van niet of onvoldoende (alleen mechanisch) gezuiverd huishoudelijk afvalwater uit gemeentelijke rioeringen en tenslotte grote hoeveelheden zwavelzuur uit verlaten kolenmijnen, waarvan de onschadelijkmaking wellicht meer zou kosten dan deze mijnen ooit hebben opgebracht.

Volgens de schrijvers zit het knelpunt hierin, dat Orsanco feitelijk toch nog over te weinig bevoegdheden beschikt om door het voorschrijven van passende maatregelen aan de verontreiniging paal en perk te stellen. Orsanco is hierbij nog in hoge mate afhankelijk van de activiteiten van de besturen van de oeverstaten, die ongaarne regelingen treffen welke een ongunstige invloed op de industrievestiging zouden hebben. Daar komt nog bij, dat tot dusver aan de industrieën geen financiële faciliteiten, b.v. in de vorm van belastingvermindering, worden geboden als zij tot de zuivering van hun afvalwater overgaan. Gemeenten genieten daarentegen voor de zuivering van het huishoudelijke afvalwater wel subsidie, die over de laatste twintig jaar gemiddeld 21 % van de stichtingskosten heeft bedragen. De zuivering van het gemeentelijke afvalwater is evenwel over het algemeen thans nog geenszins voldoende. De meeste gemeenten hebben alleen mechanische zuiveringsinstallaties; slechts enkele beschikken over een volledige (biologische) zuivering, welke naar de huidige maatstaven in alle gevallen zou moeten worden verlangd. De hoge uitgaven voor andere doeleinden (o.a. de oorlog in Vietnam) beperken de federale middelen voor de bestrijding van de waterverontreiniging, hetgeen de voortgang in de bouw van afvalwaterzuiveringsinstallaties belemmert. Hoewel in de afgelopen jaren reeds voor ca. 1 miljard \$ in dergelijke installaties werd geïnvesteerd, zullen volgens schatting van federale autoriteiten nog zeker 2 miljard \$ nodig zijn om een voldoende zuiverheidsgraad van het Ohio-water te bereiken.

v. S.

## Literatuur

1. Molt, E. L., „Coagulation”, 14de Vacantie Cursus Drinkwatervoorziening.
2. Hunter, J. V., Bell, G. R. and Henderson, C. N., „Coliform Organisation Removals by Diatomite Filtration”, JAWWA 1967, 1160 e.v.
3. Baumann, E. Robert, Cleasby, John L. and La Freuz, Robert L., „A Theory of Diatomite Filtration”, JAWWA 1962, 1109 e.v.
4. Baumann, E. Robert, Cleasby, John L. and Morgan, Paul E., *Theoretical Aspects of Diatomite Filtration* Wat. & Sew. Works 1964, 229, 290, 331 e.v.
5. Dillingham, J. H., Cleasby, J. L. and Baumann, E. R., *Optimum Design and Operation of Diatomite Filtration Plants*, JAWWA 1966, 657 e.v.
6. *Het nieuwe Flevoparkblad te Amsterdam*, Gids voor Bad- en Zweminrichtingen, 1967, 613 e.v.
7. Task Group 2710 P, *Diatomite Filters for Municipal Use*, JAWWA, 1965, 157 e.v.
8. Samuel Syrotynski, *Experiences with Diatomite Filtration in New York State*, JAWWA, 1967, 867 e.v.
9. Brusselse Intercommunale Watermaatschappij, *Win-, Aanvoer- en Distributieinstallaties*, 1966.