

Filterpoeders en diatomeeënaarde*

Inleiding

Filterpoeders worden veel gebruikt in de voedingsnijverheid, maar in de drinkwaterbereiding blijft hun aanwending beperkt. Eén van de redenen hiervoor is wellicht dat ze eerder voor beperkte debieten geschikt zijn die kleiner zijn dan deze die in de drinkwatervoorziening worden gevraagd. De filtratiemethode is ontstaan uit de filtratie op diatomiet of diatomeeënaarde tijdens de tweede wereldoorlog. Ze heeft sterk ingang gevonden bij de zuivering van het water van zwembaden, waarbij slechts een gedeelte



W. J. MASSCHELEIN
Directeur bij de Brusselse
Intercommunale Water-
maatschappij

van het water wordt behandeld, en waar een tijdelijk uitvallen van de filtratie kan worden geduld. Dit is in tegenstelling met de noodzakelijke fiabiliteit voor de zuiverheid van drinkwater. Ook dient vermeld dat bij de bouw van filter-poederinstallaties niet altijd degelijke conceptieprincipes werden gevolgd. Aanbevelingen voor een goed design worden dienaangaande in hoofdstuk 4 toegelicht. Thans bestaan in de Verenigde Staten van Amerika een duizendtal installaties voor drinkwaterbehandeling door deze methode.

1. Poeders en poederfiltratie

1.1. Het begrip poeder heeft betrekking op de korrelgrootte van een materiaal: de diameter van poeders is steeds kleiner dan 150 μm . Bij hogere diameters gewaagt men van een granulaat. Het technisch gebruik van poeders bij de drinkwaterbereiding onderstelt:

- een keuze en karakteriseren van een filterpoeder, ook soms hulpmiddel genoemd;
- een keuze van een steunlaag;
- operationele principes en parameters voor design;
- kost- en benefit-evaluatie.

1.2. Filtratie op poeders wordt hoofdzakelijk in twee verschillende omstandigheden aangewend:

- bij de verfijnde nabehandeling van oppervlaktewater, gezuiverd door conventionele technieken;
- bij de directe behandeling van ruw water o.a. uit spaarbekkens met het oog op het opvangen van piekverbruiken. In dit geval

wordt eventueel tot filtratie op diatomiet overgegaan om economische redenen, vermits deze piekbedrijven minder renderend zijn wanneer ingericht op basis van conventionele methoden.

Beide technieken worden bij de Brusselse Intercommunale Watermaatschappij toegepast, respectievelijk te Yvoir-Champale en te Spontin.

1.3. Filterpoeders zijn:

1.3.1. Diatomeeënaarde of *diatomiet*.

Het betreft bijna zuiver SiO_2 in de vorm van skeletten van afgestorven diatomeeën. In voldoende zuivere toestand is het materiaal chemisch inert. Het verbruikt o.a. geen chloor en veroorzaakt ook geen hinderlijke smaak. Het poeder vertoont een inwendige porositeit in de orde van 100 tot 200 m^2/g BET oppervlakte. De granulometrie wordt verder besproken, maar enkel materiaal met een korrelgrootte kleiner dan 100 micrometer en met gemiddelde diameters tussen de 10 en 50 micrometer komt in aanmerking. Door de inwendige porositeit is het poeder licht d.w.z. het heeft een laag litergewicht (bvb. 0,4 kg/l). Ook kan het poeder, dank zij de principes van dieptefiltratie, in zekere mate hydraulische schommelingen opvangen. Diatomiet is derhalve verreweg het belangrijkste *filterpoeder*, aangewend in de drinkwaterbereiding.

1.3.2. *Mikrozand*, met gelijkaardige korrelgrootte, onderscheidt zich van diatomiet door een veel hoger litergewicht (ongeveer 1,5 i.pl.v. 0,4). Het levert dus een veel kompakter filterlaag op en, vooral bij de filtratie van betrekkelijk onzuivere waters, een veel kortere filtercyclus dan met diatomiet. Het gebruik van mikrozand in de waterbehandeling blijft beperkt tot zwembaden en eventueel tot de versnelling van de vlokvorming (kiemvorming bij de precipitatie).

1.3.3. Van het gebruik van *asbestvezels* wordt thans afgezien op basis van algemeen hygiënische bedenkingen; mogelijke kankerwekkende eigenschappen van chrysoliet.

1.3.4. *Cellulosevezels* vertonen een tamelijk hoge hydratatiegraad: 80 tot 90 % vocht. Daardoor ontstaat een zekere zwelling van het filtermateriaal. De specifieke weerstand (zie hoofdstuk 2) is derhalve hoger dan bij diatomiet. Hoewel hygiënisch onberispelijk zijn deze poeders, om economische redenen (200 BF/kg), minder geschikt voor de bereiding van drinkwater. Nochtans dient vermeld dat het materiaal zich uitstekend gedraagt als grondlaag. Als vlokkingshulpmiddel vergemakkelijkt het de daaropvolgende filtratie. De uitgeputte massa is brandbaar en dus gunstig voor slibverwerking.

1.3.5. *Houtpoeder* bezit dezelfde voordelen als cellulosevezels maar vermits het reageert met chloor is het praktisch onbruikbaar voor drinkwaterbehandeling. Als toevoeging bij de slibfiltratie op vacuümtrommels kan het eventueel aangewend worden. Lignine-onzuiverheden zijn echter bedenkelijk voor smaakbezwaren en mogelijke vorming van chloorverbindingen.

1.3.6. *Magnesium* verbetert de filtratie op diatomeeënaarde soms aanzienlijk o.a. bij ontijzering en bij het verwijderen van mangaan (1).

1.3.7. *Gyroliet* (gecalcineerd calciumsilikaat) levert bemoedigende resultaten maar het gebruik ervan blijft nog steeds in een experimenteel stadium (2).

1.3.8. *Puimsteen* of vergelijkbaar geëxpandeerd graniet (bijv. *perliet*) is een mogelijke concurrent voor diatomiet. Het materiaal vertoont een litergewicht van 20 à 39 % onder dit van diatomiet, hetzij 0,3 kg/l . Deze parameter kan praktisch naar believen veranderen naargelang van de bereidingsvoorwaarden. De specifieke weerstand is vergelijkbaar met deze van diatomiet en de compressie bij filtratie is geringer dan deze van diatomiet.

1.3.9. *Poederkool* als actieve of niet geactiveerde kool komt in aanmerking voor filtratie. Niet geactiveerde kool is iets grover dan diatomiet of perliet d.w.z. dat het een gemiddelde diameter van 80 tot 150 μm heeft. Het materiaal is speciaal geschikt voor de filtratie van alkalische vloeistoffen die siliciumdioxide kunnen in oplossing brengen. Bij de bereiding van drinkwater wordt het minder aangewend. Direct gebruik van poederkool (granulometrie 10-140 μm) geeft doorslag door de septa van de filters. Voorts is de laagdikte bij de filtratie op poeder onvoldoende om, gezien de korte verblijfsduur van het water hierin, kinetisch een voldoende adsorptierendement te bereiken. Het aanwenden van poederkool in de sliblaag van een opwaarts doorstroomde bezinkingstank bij coagulatie-flocculatie kan in zekere mate beschouwd worden als een adsorptief filtratieproces. Dit proces valt echter buiten het kader van dit betoog. Filtratie op speciaal bereide materialen die poederkool bevatten zijn in ontwikkeling en worden in een andere bijdrage besproken tijdens deze cursus (3).

1.3.10. *Calciet* of calciumcarbonaat in poedervorm komt minder in aanmerking vermits de porositeit sterk afneemt met toenemende laagdikte.

1.3.11. Adsorptieve poeders zoals *bleek-aarde*, *bentoniet* en *kaolien* laten geen directe filtratie toe wegens hun kleine

* Lezing gehouden voor de Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek - TH Delft 1979.

korrelgrootte: 10-50 μm . Ze kunnen mogelijk worden gebruikt als toevoegmiddel bij de filtratie.

1.3.12. *Slijm* mag wellicht als het eerste filtermateriaal in poedervorm worden beschouwd. Door het weerhouden van de kleinere deeltjes op de poederlaag wordt de filtratie geleidelijk verfijnd. Het betreft hier een typische oppervlaktefiltratie.

1.3.13. De verschillende filtratiepoeders kunnen o.a. bijgestaan worden door *hulpmiddelen* zoals bijv. *polyelectrolieten* of *vlokkingshulpmiddelen*. Wanneer chloor aangewend wordt kan echter de doelmatigheid hiervan afnemen. IJzer of aluminiumzouten als coagulens kunnen de efficiëntie van de filtratie verhogen.

1.4. De steunlaag

De filtersepta moeten uit corrosievrij materiaal bestaan. Zowel strakke als flexibele structuren worden aangewend maar de eerste verdienen de voorkeur. Het risico voor vervorming en kraken van de filterkoek is dan steeds geringer. De verschillende materialen die hiervoor in aanmerking komen vertonen voor- en nadelen.

1.4.1. *Poreuse keramiek*, aluminiumsilikaat of siliciumcarbide zijn geschikt, maar over het algemeen echter te breekbaar.

1.4.2. *Gesinterde metalen* uit roestvrijstaal of Iconel met een poriënopening van 3 tot 165 μm laten een afdoende verwijdering toe. Het risico voor *verstopping* is echter groot.

1.4.3. *Geperforeerde platen* uit roestvrijstaal zijn onvoldoende daar de kleinste poriënopening ongeveer 75 μm bedraagt. Het zijn echter goede steunlagen voor filterdoeken uit textiel die dan het eigenlijke septum uitmaken.

1.4.4. *Metalen cilindres* omweven door draad uit monel maken de vervaardiging mogelijk van filterkaarsen met een poriënopening vanaf 5 μm en hoger. Over het algemeen wordt een opening tussen de draden van 40 á 50 μm voorzien. Het is dus het filterpoeder zelf dat de eigenlijke porositeit van de steunlaag bepaalt, terwijl de filterkaars als een zeef ageert.

1.4.5. *Metalen weefsels* in roestvrijstaal (AISI 316 kwaliteit is vereist bij chlorering van het water), zijn thans beschikbaar met een mechanische opening tot 5 μm . De meest gebruikte voor flexibele filterkaarsen zijn van het 'linnentype' met schering en inslag van gelijke draaddikte. Een inwendige steun is verzekerd door een helicoidale veer. Bij filterdoeken in roestvrijstaal wordt meestal op de 'satijne' of 'saaije' methode met

versterkte schering beroep gedaan. Door de flexibiliteit van de weefsels kunnen schommelingen van 1 tot 10 optreden in de openingen. Ook is het weefsel vatbaar voor verstoppingen.

1.4.6. *Poreuse plastics* zijn thans beschikbaar in PE, PTFE, PVC en PU. De opening van de poriën kan tot enkele μm dalen. Dunne lagen (ongeveer 10 μm dikte) zijn beschikbaar. Tot op heden blijft hun praktische toepassing bij de filtratie van drinkwater beperkt.

1.4.7. *Textielweefsels* worden dikwijls aangewend samen met metalen steunplaten. De meest gebruikte weefsels bij plaatfilters zijn polyester, polyamiden zoals nylon en polypropyleen. Verdere bespreking ervan valt buiten dit kader. In de literatuur vindt men de nodige gegevens dienaangaande (4).

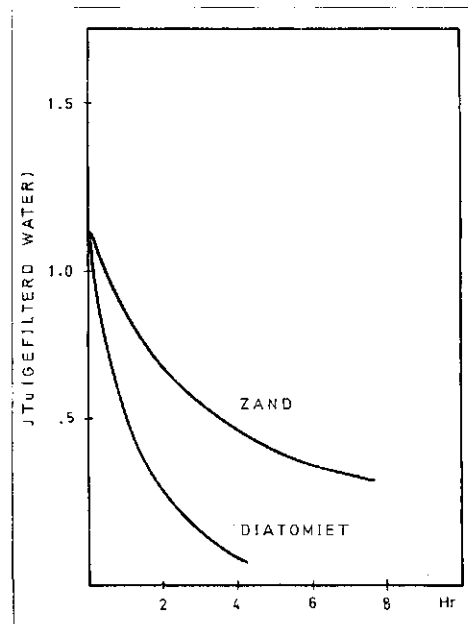
1.4.8. *Papier* als zodanig wordt op industriële schaal bij de drinkwaterbereiding niet toegepast. Op huishoudelijke schaal komt het meer en meer voor, eventueel in samenhang met actieve koolpoeders o.a. voor ontchloring. Normaal zijn de poriënopeningen hierbij geringer dan 1 μm , en in ieder geval dan 5 μm .

1.4.9. *Kaarsfilters* bestaande uit geagglomerd diatomiet komen ook op de markt voor. Het betreft hier holle cilindres die o.a. autoclaveerbaar zijn. De normale werkdruk blijft beperkt tot 25-30 g/mm². Het mogelijk debiet per filter blijft beperkt tot 310⁻⁴ m³/s bij een belading van ongeveer 1.4 mm/s.

1.5. Kwaliteitsobjectieven voor de filtratie op diatomiet

1.5.1. De oorsprong van de filtratie van drinkwater op diatomiet is het verwijderen van *pathogene kiemen* in het water voor de troepen tijdens de tweede wereldoorlog. In tegenstelling tot zandfilters worden ook *kysten van amoeben* zoals Entamoeba histolytica afdoende verwijderd (5). Ook *virusen* zoals o.a. de bacteriofaag T₂ worden onderschept met een rendement van 75 tot 95 %. Voorbehandeling van het poeder met polyelectrolieten verhoogt het rendement (6). De verwijdering blijkt te geschieden tijdens de filtratie door de poederlaag eerder dan door toevoegen van poeder aan het ruw water of 'body-feed' (7). *Colivorm-bacteriën* worden ook afdoende tegengehouden. Dit effect wordt o.a. verbeterd door de aanwezigheid van ijzer dank zij een gelijktijdige uitvlokking.

1.5.2. Ook *grotere organismen* zoals crustaceae en larven hiervan worden verwijderd, zoals bijv. Copepoda en Diaptomus (8).



Afb. 1 - Turbiditeitsverbetering.

1.5.3. *Colloïden* die kleur en troebelheid veroorzaken worden verwijderd met een rendement van respectievelijk 50-60 % en 95-98 % (9). In dit opzicht is diatomiet meer efficiënt dan mikrozand.

Dit wijst op een adsorptieve werking van diatomiet t.o.v. zand. Ook hier wordt de werking verhoogd door de bereiding van de poeders met polyelectrolieten.

1.5.4. *Algen en ééncelligen* worden direct geëlimineerd door filtratie op diatomiet (10). Deze werking geschiedt ten koste van een snelle toename van het ladingsverlies.

1.5.5. *Ontijzering en verwijdering van mangaan* geschieden op bevredigende wijze. Concentraties onder 0,05-0,1 ppm worden bereikt. Deze werking wordt onder meer bevorderd door toevoeging van polyfosfaten o.a. voor de verwijdering van mangaan. In variante kan kaliumperman-ganaat, dank zij oxydatie volgens de klassieke mechanismen, de precipitatie van opgelost mangaan bevorderen (11). Bij een pH-waarde van het gefiltreerd water tussen 7,4 en 7,9 bedraagt het rendement voor de verwijdering van mangaan 80 tot 85 %.

1.5.6. *Ontharding* door precipitatie met kalk kan door na-filtratie op diatomiet zeer efficiënt geschieden. Echter dient rekening gehouden met een versnelde toename van het ladingsverlies en een overeenkomstig verkorte filtercyclus (1). Door de vorming van een neerslag van MgO bij hogere pH-waarden wordt o.a. ook de eliminering van *bacteriën* bevorderd (5).

1.5.7. *Radioisotopen* worden gedeeltelijk geadsorbeerd met filtratie op diatomiet (12).

2. Natuur, samenstelling en karakteristieken van diatomiet

2.1. Natuur van diatomiet

2.1.1. Diatomeënaarde, diatomiet of ook nog Kieselguhr is een fossiel gesteente bestaande uit afgestorven diatomeeën. Het komt voor in de meeste klei- en kalkafzettingen. Om een renderende exploitatie ervan mogelijk te maken dienen die afzettingen voldoende zuiver te zijn en de geologische formaties dik genoeg.

2.1.2. Diatomeeën behoren tot het plantenrijk en meer bepaald tot de Pheophyceta of bruinalgen. Door de phycopheïne die ze bevatten wordt chlorofyl gecamoufleerd. De *phycopheïne* lost op in zacht water.

Ze vertonen alle eigenschappen van de eencelligen: kern, protoplasma . . . enz. Het skelet bestaat praktisch uit zuiver siliciumdioxide niettegenstaande de celmembranen van de levende organismen uit cellulose bestaan.

Zoals de groene planten kunnen diatomeeën zich met mineralen voeden in aanwezigheid van zonlicht. Levende diatomeeën komen dan ook slechts voor tot op diepten waar het zonlicht nog doordringt.

2.1.3. Diatomeeën leven zowel in zacht als in zout water. Hun groei is echter veel belangrijker in zout water. Een concentratie van 1,25 % zout en meer bevordert de groei sterk. Bij 3,25 % zout grijpt er een optimale ontwikkeling van zeediatomeeën plaats.

De soorten die in slibhoudend water van meren en vijvers leven ('Sapropel') leveren niet homogene afzettingen, die minder in aanmerking komen voor uitbating als filterpoeders vermits ze veel onzuiverheden bevatten.

Stoller heeft geschat dat ongeveer 7,2 % van de oppervlakte van alle zeeën met diatomeeën bezet is. Een intens cultuurgebied is de Sargassozee, waar tot 200.000 cellen per waterkolom van 1 m² voorkomen. Een fossiele laag is uitbaatbaar vanaf een dikte van 5 tot 10 m. De winplaats in *Lompoc* (Californië) bereikt zelfs een laagdikte van meer dan 400 m.

2.1.4. In diatomiet komen skeletten en brokstukken voor die afstammen van een groot aantal soorten (minstens 200). De

voornaamste zijn de naald- en de schijfvormigen.

— Naaldvormige: *Nitzschia*, *Synedra*, *Thalassionema* en *Thalassiothrix*.

— Schijfvormige: *Actinoptochus*, *Arachnoidiscus*, *Aulacodiscus*, *Auliscus* en *Coscinodiscus*.

Het percentage naaldvormige varieert tussen de 15 en de 85 %.

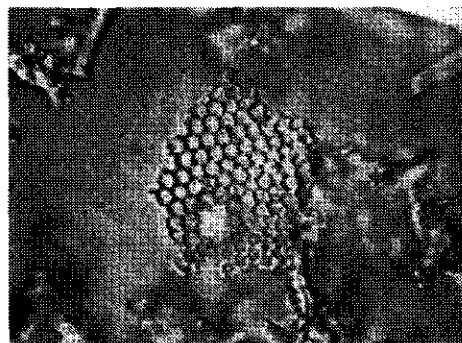
2.1.5. Via microscopisch onderzoek kan de diversiteit van de verschillende soorten waaruit het diatomiet bestaat worden bepaald. Dit gebeurt best na wassen in geconcentreerd zwavelzuur en naspoeling met water. Men brengt vervolgens een druppel suspensie op een steunplaatje, dat met een dekplaatje wordt overstreken. Een andere methode bestaat erin het water uit te dampen en het monster in cederolie te dispergeren en te onderzoeken door immersie. De aan te wenden vergroting ligt over het algemeen tussen 150 en 200.

Uit de literatuur (13) blijkt dat de mogelijke filtreersnelheid afneemt bij toename van het percentage schijfvormigen.

2.2. Samenstelling van diatomiet

2.2.1. Het gehalte Si O₂ kan schommelen tussen 85 en 95 %. De filtererhulpmiddelen, die de voedingsrijverheid gebruikt, werden over het algemeen gecalcineerd. Calcinatië ontbindt het resterend organische materiaal, verkalkt de carbonaten en dampet het water uit.

2.2.2. Naast het Si O₂ bevat diatomiet meestal enkele anorganische oxyden. Typische analyses vermeld in bekende merken zijn in de tabel hierna weergegeven. *De pH-waarde aan de oppervlakte is*



ongeveer 7 à 8 maar kan tot 10 olopen.

2.2.3. Het gloeiverlies wordt bepaald door verhitting bij 980-1000 °C.

2.2.4. Bij de onzuiverheden komt slechts arseen voor dat gevaarlijk is voor de gezondheid. Het maximum-gehalte blijft onder 10 mg As/kg poeder.

2.3. Karakteristieken van diatomiet

2.3.1. De algemene fysische eigenschappen van diatomiet zijn als volgt voor ongebruikte poeders:

Smeltpunt: 1500-1600 °C (indien onzuiver: 1200-1300 °C mogelijk)

Weekmakingspunt: 1100 °C

Allotropische wijzigingen: 870-875 °C

Brekingsindex: 1,44-1,46

Specifieke warmte: ≈ 1 kJ/kg

Specifiek gewicht: 2,35

Schijnbare dichtheid:

— vochtig: 310-380 kg/m³

— droog: 180-270 kg/m³

Externe oppervlakte: 1 à 2 m² per gram

Porositeit: 75-85 %.

(Opmerking: de dichtheiten worden berekend op basis van een eenheidsgewicht droog poeder. Voor de bepaling van de *schijnbare dichtheid van het droog poeder*, of het *litergewicht* gaat men als volgt te werk: het volume van een gegeven gewicht poeder wordt bepaald na inbrenging in een volumetrische cilinder onder gestandaardiseerde trillingsvoorwaarden zoals ASTM-D2854-70 of DIN 53194.

De natte dichtheid wordt als volgt bepaald: 1 g monster wordt in een centrifugeerbuisje geplaatst en bevochtigd met gedistilleerd water. Na het bekomen van een suspensie vult men het buisje tot 14 ml totaal volume. De centrifugatie wordt aan 30 toeren per sec. uitgevoerd gedurende 300 sec en het volume sediment tot op 0,05 ml afgelezen.)

2.3.2. Elektrische eigenschappen van diatomiet

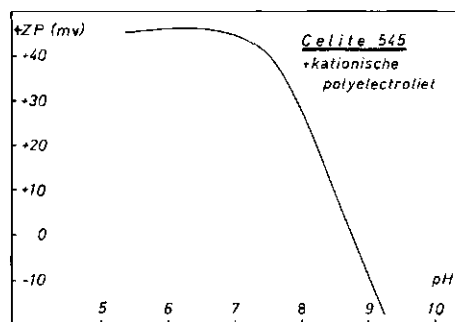
Diatomiet vertoont een negatieve *Zeta-potentiaal* met waarden begrepen tussen 25 en 50 mVolt (14, 15). Via toevoeging van minder dan 0,1 g/m³ cationische *polyelectrolyten* aan het te filteren water ontstaat eventueel een positieve lading. Als alternatief kan men 5 g diatomiet dispergeren in 250 ml oplossing van *polyelectrolyet* aan

TABEL - Bestanddelen in % gewichtsandelen.

Produkt	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	Ca O	Mg O	K ₂ O + Na ₂ O	H ₂ O	Gloeiverlies
Celite 535 (IJsland)	89,8	0,8	2,8	0,37	2,1	6,9	0,6	2,3	—	0,1
Celite 545 (Spanje)	86,4	2,6	0,3	0,05	0,36	1,1	0,35	2,7	—	0,16
Filtercel (bruto, USA)	85,2	3,8	1,5	0,2	—	0,5	0,6	1,2	4	3
Supercel (USA)	91	4,1	1,6	0,2	—	0,6	0,6	1	0,5	0,4
Primisil 741 (Frankrijk)	90,7	3,6	1,78	0,5	0,05	0,55	0,4	0,95	—	0,15
Sil-flo 443 (Perliet)	76	14	0,06	—	—	0,44	0,04	7,5	—	1,9
Codaflow PR-H-4 (Perliet)	74,4	15,35	0,43	—	—	0,44	1,53	4,26	0,43	2,11

20 g/m³. Na 15 min. mengen is de maximale adsorptie bereikt. De Zeta-potentiaal blijft afhankelijk van de pH-waarde van het water.

Een positief geladen filtreermassa heeft de eigenschap de waterkwaliteit van het gefiltreerde water te verbeteren door het weerhouden van kolloïdale deeltjes dank zij het mechanisme van wederzijdse koagulatie. Dit effect komt o.a. tot uiting bij de verwijdering van kleur, bacteriën en ook van virussen (6). Het filterhulpmiddel kan een Zeta-potentiaal van + 43 mV bereiken (15). Ook meer konventionele koagulenten zoals aluminium en ijzorzouten, werden beschreven als mogelijke hulpmiddelen om de elektrische lading van natuurlijk diatomiet om te doen slaan (16).



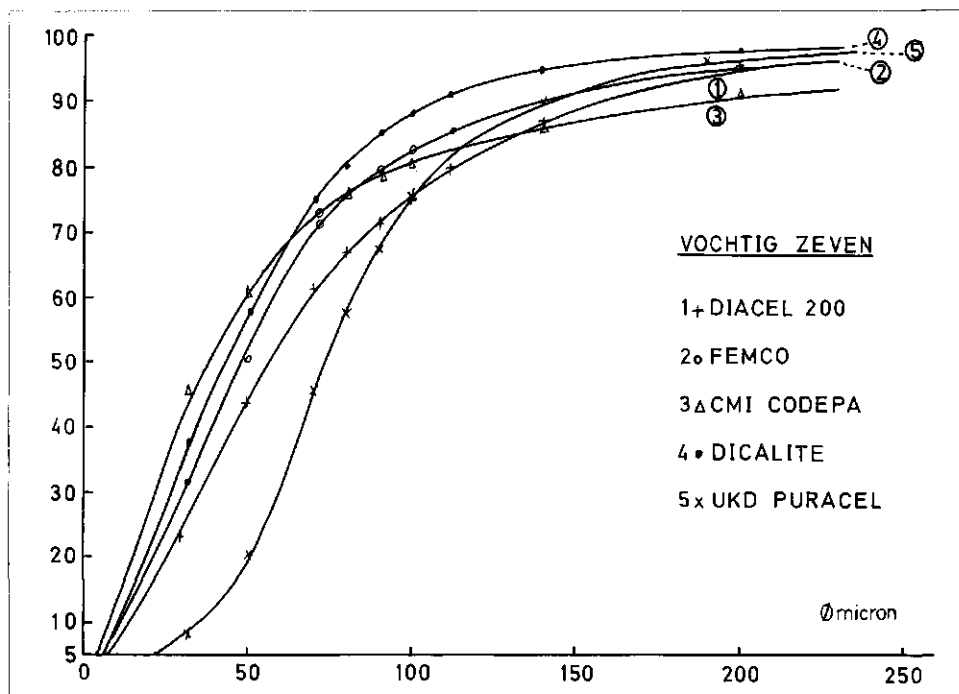
Afb. 2 - Zeta-potentiaal van diatomiet.

Dit effect kan o.a. van toepassing zijn bij de vlokkenfiltratie: wanneer door overdosering al het ingebrachte aluminium- of ijzorzout niet uitgevlokt en bezonken wordt. De verwijdering van het positief geladen coagulens geschiedt dan op het positief geladen diatomiet. Bij continue dosering kan echter een ladingsinversie op de filterkoek optreden. De kwaliteitsverbetering van het gefiltreerd water die door de aanwending van elektrische geïnverseerde poeders mogelijk is, is ook gedeeltelijk toe te schrijven aan de hydratatie van de afgezette kationen o.a. aluminium- en ijzorzouten. Hierdoor wordt o.a. de permeabiliteit vermindert.

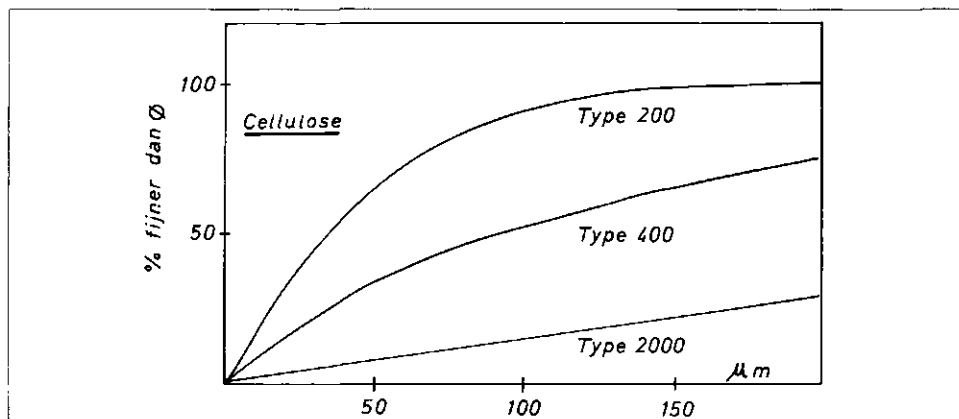
2.3.3. Granulometrie van het diatomiet

De korrelgrootte van diatomiet kan een overwegende rol spelen bij de filtratie: zij bepaalt de aanvangspermeabiliteit van de filterlaag en daardoor ook o.a. de kwaliteitsverbetering bij het begin van de filtercyclus.

De bepaling van de korrelgrootte van fijne poeders brengt moeilijkheden met zich mee, vooral door het agglutinatierschijnsel. De bepaling geschiedt dan ook meestal door een sedimentatieproef zoals voor de grondanalyse (bijv. de ASTM methode D 422 varianten 39, 63 en 61T). Hierbij wordt een monster in water gedispergeerd. De agglomeratie van de deeltjes wordt vermeden



Afb. 3a - Granulometrie volgens de natte zeefmethode.

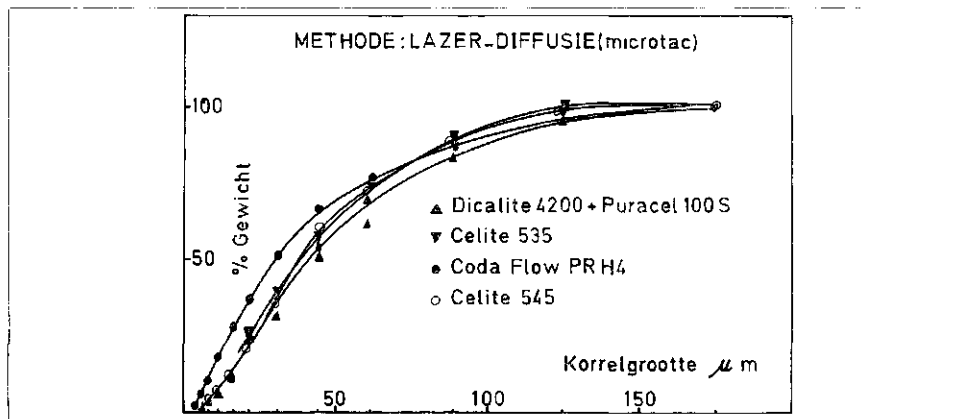


Afb. 3b.

door de toevoeging van een dispersiemiddel. Hiervoor komen natriumsilicaat of natriumhexametafosfaat in aanmerking. De dispersie gebeurt het best onder inblazing van lucht gedurende 5 min. aan een druk van 3.500 kg/m². Deze methode beperkt de degradatie van de poederkorreltjes die door mechanische roeders veroorzaakt wordt. Na dispersie wordt de densiteit van de suspensie van tijd tot tijd gemeten met een hydro-metrische balans. Door toepassing van de wet van Stokes worden de afmetingen van de deeltjes afgeleid in functie van de relatieve bezinkingssnelheid. Voor de meest representatieve bepaling wordt 20 tot 30 kg per m³ ingezet. Typisch verhinderde sedimentatie treedt op vanaf 40-50 kg/m³. Het resultaat wordt zoals bij zeefproeven uitgedrukt in % gewicht fijner dan . . . in functie van het log van de deeltjesdiameter. De bepaling van de deeltjesgrootten

met een Coulter-counter laat een meer nauwkeurige bepaling van korrelgrootten van de deeltjes kleiner dan 100 μm toe. Ook hier wordt echter een dispersiemiddel zoals bijv. CTAB aangewend om interferentie door agglutinatie te vermijden.

Het droogzeven geeft aanleiding tot overschatting van de afmetingen. Het natzeven blijft echter, hoewel minder nauwkeurig dan de reeds vermelde technieken, een aanvaardbare methode voor de praktische keuze van de poeders om volgende redenen. Een zeeftoestel is in de bedrijven steeds beschikbaar. In tegenstelling tot voorgaande technieken wordt geen dispersiemiddel aangewend waardoor geen voorconditionering van de korreloppervlakte nodig is. In de natte zeefmethode laat men water door een dunne laag diatomiet sijpelen wat op relatieve basis het dichtst de bedrijfsomstandigheden benadert.



Afb. 4 - Granulometrie volgens Lazerdiffusie.

Zeven in een luchtstraal-apparaat (zoals bijv. Engelsmann-type) erodeert de diatomeënkorrels. Deze methode is toepasselijk op houtmeel- en op cellulosepoeders. Typisch voor de cellulosepoeders die mogelijke ingang kunnen vinden bij de waterfiltratie zijn de kurven in afb. 3 b. Lazer-lichtdiffusie gebaseerd op de voorwaartse diffusie is thans het meest betrouwbaar middel (Microtac van Leeds & Northrup). De apparatuur is echter duur.

2.3.4. De permeabiliteit van een laag diatomiet speelt een fundamentele rol bij de filtratie.

Dienaangaande geldt de functie van p^3

Kozeny-Carmen (17): $\frac{X}{(1-p)^2}$ waarin p de

(volume)-porositeit is. Uit proefnemingen blijkt dat bij drukwijzigingen tussen 500 en 70.000 kg/m² geen beduidende veranderingen optreden in de porositeit van diatomiet. Het is dan ook een praktisch onsamendrukbaar filtermateriaal in tegenstelling tot andere middelen zoals cellulose bijv.

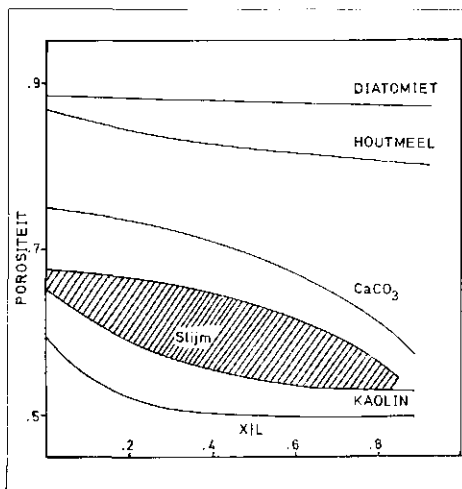
Hutto (17) heeft in dit verband de porositeit

bepaald via de formule $\frac{X}{L}$ m.a.w. het

specifiek gewicht van diatomiet gedeeld door de laagdikte van het filtermateriaal. Voor houtpoeder wordt de relatieve afname van de porositeit aan de oppervlakte van de filterlaag toegeschreven aan de afzetting van 'uitgevlokt' poeder aan de oppervlakte.

Deze interpretatie, en ook de verschillende waarden van porositeit die in de literatuur worden vermeld (17) hebben ons ertoe aangezet, in samenwerking met de h. Genot, meer aandacht te besteden aan de hydratatie-mogelijkheden van de filterpoeders, die in het station van Spontin bij de BIWM (zie later), werden aangewend.

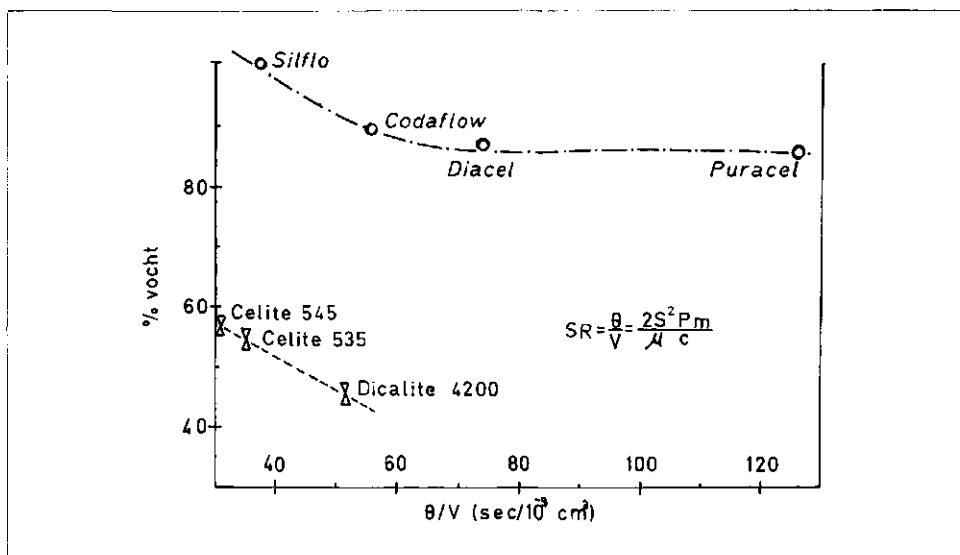
Als test werd een eenheidsgewicht, bijv. 4 g poeder in gedistilleerd water gedispergeerd



Afb. 5 - Porositeitsfuncties van het filtermateriaal.

en gedurende een nacht gehydrateerd. Vervolgens werd de suspensie gefiltreerd op glasvezelfiltermembranen en bij 5.000 kg/m² vacuüm juist drooggezogen. Daarna werd het nat monster afgewogen en het resultaat als volgt uitgedrukt:

Afb. 6 - Invloed van watergehalte op de specifieke weerstand.



$$\% \text{ vocht} = \frac{(\text{gewicht nat} - \text{gewicht droog}) 100}{\text{gewicht droog}}$$

Ideaal vertegenwoordigt dit percentage het hydratatie-water of het geadsorbeerd water door opvulling van de inwendige poriën. Anderzijds werd ook de specifieke weerstand van een filterkoek gemeten (op relatieve basis): op 4 g poeder werd 1 l ruw Maaswater (station Tailfer) gefiltreerd bij een overdruk van 500 kg/m². Hier stelt men een duidelijk onderscheid vast tussen het gedrag van diatomiet en andere middelen.

De praktische 'permeabiliteit' van de filterlaag (K₃) kan bepaald worden als het ladingsverlies (H), in m, gedeeld door het debiet (Q) in m³/sec. m² en het gewicht poeder per laagoppervlakte (W) in kg/m². De volledige vergelijking volgens Baumann houdt ook rekening met bijvulling: $H = K_3 Q W + H_2$ (H₂ is te wijten aan bijvulling).

In de beginvoorwaarden is enkel K₃ van betekenis als fysische karakteristiek van het materiaal. Typische waarden voor standaard-diatomiet liggen in de orde van 0,6 tot 1.2 10⁻² sec./kg. Bij fijnere poeders kunnen waarden tot 3 10⁻² sec./kg voorkomen.

Deze poeders zijn bij de drinkwaterbereiding praktisch onbruikbaar (16). Ook de afzettingen op de korreloppervlakte kan soms de K₃-waarde doen stijgen tot onaanvaardbare cijfers. In dit opzicht dient echter een groot onderscheid gemaakt tussen de verschillende polyelectrolyten.

2.3.5. Voor de adsorptieve eigenschappen van diatomiet werd nog geen representatieve test ontwikkeld. Het bleken van een suikeroplossing wordt echter soms door producenten vermeld.

3. Praktische uitvoeringsmogelijkheden van filtratie op diatomiet

3.1. Diatomeefilters bestaan als druk- en als vacuümfilters. De eerste worden gebruikt tot drukverschillen van 15 à 20 g/mm², de laatste bij 4 à 7 g/mm².

3.1.1. De drukfilters kunnen uit kaars- of uit plaatfilters bestaan.

Bij de *kaarsfilters* worden cilindrische elementen vertikaal in het water opgehangen. De filtratie geschiedt van buiten de kaars naar binnen toe. Hierbij, alsook bij andere filters, is het van groot belang dat het steunmateriaal van de septa niet te sterk vervormt onder invloed van de druk. Vaste kaarsen omweven met moneldraden hebben dan ook de voorkeur. Weefsels in roestvrij staal op een veerstructuur zijn in dit opzicht minder betrouwbaar. De eerste worden meestal teruggespoeld dank zij een luchtschok (de zogenaamde *air-bump*) van binnen de kaars naar buiten. Daardoor wordt het afgezet poeder losgemaakt. Daarna geschiedt de spoeling met water in omgekeerde zin. Bij de soepele septa in kaarsvorm worden de poeders soms losgeschud door op- en neerwaartse bewegingen van het ophangvlak.

Plaatfilters voor diatomietfiltratie onder druk bestaan meestal uit klassieke persfilters met vierkantig of cirkelvormig kader. Op de filterdoeken wordt het diatomiet voorafgaandelijk aangezwommen. Na uitputting van de cyclus door toename van het ladingsverlies kan de reiniging op verschillende manieren geschieden:

— Droogreinen door mechanisch schrapen van de filterkoek.

— Natreinigen door lossproeien van de uitgeputte filterkoek (dit geschiedt meestal op cirkelvormige platen die men aan een draaiende beweging onderwerpt tijdens de spoeling).

— Natreinigen door terugspoelen met water onder druk wordt minder toegepast.

3.1.2. *Vacuümfilters* in gesloten uitvoering zijn gelijkwaardig aan de drukfilters hierboven vermeld. Het enige onderscheid bestaat erin dat het water door onderdruk doorheen de filterdoek en septa aangezogen wordt in plaats van er doorheen gestuwd. Een mogelijk onderscheid is echter de *open constructiewijze* waarbij de filterelementen zichtbaar blijven. Ook kunnen de septa een vlakke structuur behouden en daardoor gemakkelijker te reinigen en te inspecteren zijn (12).

Trommelfilters onder vacuüm zijn zeer efficiënt bij de diatomietfiltratie. De aanwending ervan blijkt echter beperkt te

blijven tot de slibverwerking eerder dan tot de filtratie van drinkwater.

3.2. *De steunlaag of septum* moet aan een zeker aantal vereisten voldoen waarvan enkele reeds vroeger besproken zijn. Benevens de nodige mechanische weerstand, een aangepaste porositeit en een corrosiebestendigheid moet een *homogene afzetting* van de filterpoeders op het hele oppervlak van de septa gewaarborgd zijn. De hydraulische gelijkmatige verdeling van het poeder over alle septa is een belangrijk onderdeel van een goed ontwerp. Als richtlijn voor septa wordt voorgesteld dat het ladingsverlies van een *zuiver septum* bij maximale filtreersnelheid niet hoger mag zijn dan *50 mm waterkolom*. Vooral bij vacuümfiltratie is het opstapelen van *gasbellen* op het septum te vermijden. Electrolytische corrosie is een van de meest frekwente moeilijkheden bij metalen septa.

3.3. *De laagdikte van het afgezette diatomiet* op het zuiver septum mag de afstand tussen de septa niet overbruggen. De meeste filters zijn gebouwd met een afstand tussen de zuivere septa in de orde van grootte van 2 tot 2,5 cm (1 inch) (8). Bij een verse poederlaag afgezet op het septum mag het ladingsverlies niet meer dan *350 mm WK* bedragen bij maximaal waterdebiet. De praktische laagdikten van het filtermateriaal kunnen schommelen tussen 1,2 en 3,5 mm. Hierbij mag geen beduidende overbrugging tussen de filterseptata optreden (18). De minimum-hoeveelheid diatomiet hierbij nodig is ongeveer 500 g/m² filteroppervlak (19). Als richtwaarde kan echter 1 tot 1,5 kg/m² gelden (20). Als mogelijke maximale waarde mag 3 kg/m² aangezien worden (1). Het is nodig het diatomiet vooraf goed te bevochtigen vóór het aanzwemmen ten einde een onregelmatige structuur te vermijden. Dit punt wordt later besproken.

3.4. *Als klassieke filtreersnelheid wordt* gemiddeld 0,7 mm s⁻¹ (2,5 m/u) aangenomen (18). Variaties tussen 0,3 mm s⁻¹ (21) en 12,5 mm s⁻¹ zijn echter in de literatuur vermeld. De filtratie op poeder kan derhalve min of meer als een conventionele filtratie aangezien worden. Fundamentele onderscheiden zijn echter laagdikte en korrelgrootte. Het filtermechanisme is veel meer dit van een oppervlaktefiltratie dan van een dieptefiltratie. De hydraulische schommelingen spelen dan ook een belangrijke rol bij de normale werking van dit soort filters. In de stations van de BIWM zijn de filtreersnelheden te Lienne: 0,56 mm/sec. (2 m/u.), en te Yvoir-Champale: 1,4 mm/sec. (5 m/u.).

4. Richtlijnen bij het ontwerpen van de filtratie op diatomiet en andere poeders

Het volstaat niet over een goed poeder en een aangepaste filter te beschikken bij de filtratie op diatomiet. Het ontwerp moet ook degelijk uitgewerkt zijn.

4.1. Diatomietfiltratie vraagt regelmatige reinigingsperiodes. Indien de productie doorlopend moet gehandhaafd blijven zal dus ieder station *minimum twee parallelle filters* bevatten of parallelle batterijen van meerdere filters.

4.2. Volgende *instrumentatie* is te voorzien voor een veilige bedrijfsvoering (18):

— Meting van het ladingsverlies van iedere filter of filterreeks afzonderlijk.

— Een debietmeting per filter met zo mogelijk totalisering.

— Een meting van de hoeveelheid diatomiet of ander filterpoeder die in het systeem ingebracht wordt.

— Indien mogelijk een bestendige controle van de kwaliteit van in- en effluent.

4.3. Bij filtratie van ruw water ligt de gemiddelde duur van een *filtercyclus* tussen 12 en 10 uur. Bij veiligheidsfiltratie van vooraf op zand gefilterd water of bij de behandeling van zwembadwater mag men een filtercyclus van 24 à 48 uur verwachten met een ladingsverlies van minder dan 1 kg/cm². Het reinigen en terug in werking stellen vergt 20 tot 30 minuten. Tijdens deze periode wordt de productie van de betrokken eenheid onderbroken. Een tegenstroomspoeling met water is echter van heel korte duur, 2 à 3 min. Het verbruik aan waswater blijft normaal onder 1 % van de productie. Bij de conceptie van de dieptefiltratie dient men ook rekening te houden met het losmaken van het afgezet poeder door de zgn. 'air-bumping'- of 'autopact'-techniek. De filterkuip moet immers bestand zijn tegen een *overdruk van 200 %* t.o.v. de bedrijfsdruk, om de drukstoot voor het losmaken van de poeders op te vangen. De methode, uiteraard voorzien bij filtratie onder druk, maakt besparing van het filterpoeder mogelijk.

4.4. Het goed verloop van de filtratie hangt van een zeker aantal hydraulische factoren af. Deze hebben voornamelijk betrekking op het insluiten van lucht en op het afbreken van de poeders in suspensie, alsook op de mengvoorwaarden voor het bereiden van de suspensie.

4.4.1. Het diatomiet moet *vooraf bevochtigd worden*. Deze operatie geschiedt in een tank voorzien van een langzaam roerwerk (bijv. $G \leq 20 \text{ sec.}^{-1}$ bij minder dan 4 tpm). Soms wordt ook gebruik gemaakt van

kamers met spatplaten. De concentratie van de suspensie wordt over het algemeen onder de 15 % gewicht gehouden. De eerste of beginafzetting belooft ongeveer 500 tot 750 g/m². De bevochtiging vóór de eerste afzetting geschiedt uiteraard met zuiver water. Voor de bijvoeding wordt soms ruw water aangewend. Om het diatomiet in suspensie te houden is een minimum snelheid van 7 cm/sec. noodzakelijk. De praktische waarde kan 4 á 5 maal hoger zijn.

4.4.2. Het *transfer* van de suspensie moet gebeuren zonder insluiting van lucht, zoniet kan dit belangrijke nadelen met zich meebrengen:

Indien cavitatie van de pomp optreedt wordt een hydraulische schok verwekt en valt het poeder van de septa af. Dit brengt over het algemeen later onregelmatige bezetting van de septa teweeg.

Ook kan erosie van de poeders optreden bij dispersie door lucht (22).

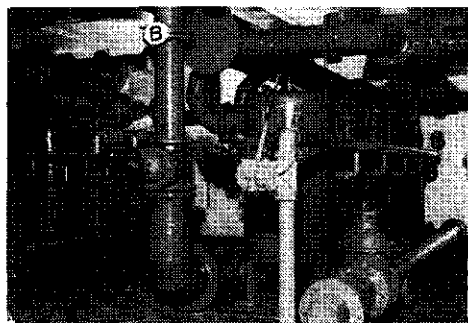
Wanneer lucht afgezet wordt op de septa of ingesloten is in de poederlaag wordt het aanvankelijk ladingsverlies te hoog of kan door drukwijzigingen een gedeelte van het poeder losvallen bij het ontsnappen van ingesloten gas.

4.4.3. De *transportleidingen* voor diatomiet in suspensie moeten zo kort en rechtlijnig mogelijk gehouden worden om ongewenste afzetting te vermijden. In dit opzicht gelden volgende snelheden als richtlijn: 5 mm voor 15 ml/s; 25 mm voor 50 ml/s; 50 mm voor 90 ml/s. Voor het transport van diatomiet in suspensie worden centrifugaalpompen aangeraden en gebruikt tot op een waarde van 5 tot 10 % van het nominaal debiet. Dankzij deze methode wordt abrasie van het poeder vermeden.

4.4.4. De *bijvoeding* van diatomiet aan het ruw water dient bij voorkeur te gebeuren door dosering van een suspensie van het poeder, via een elleboog van 90 of 45° en een buislengte van 5 à 6 m voor de inlaat van de filters.

4.4.5. Enkele typische voorbeelden van

Afb. 7 - Diatomiefilters te Yvoir-Champale.



Afb. 8 - Poederfilters te Spontin (Lienne).

praktische schikkingen worden hierna weergegeven waaronder de installaties van Yvoir-Champale en van Spontin (Lienne) van de BIWM.

4.4.6. Wanneer diatomiefilters ingezet worden als veiligheids- of verfijnde zuivering kunnen soms kruisverbindingen tussen in- en uitkomend water voorkomen. Deze zijn natuurlijk uit de boze wanneer het filtratie van ruw water betreft. Ook mag het water dat vrijkomt bij de bezetting met poeder niet met het gefiltreerd water vermengd worden. Het dient ofwel afgevoerd ofwel teruggeleid te worden naar de voedingstank.

4.4.7. Het *slib* van de filtratie omvat potentieel slechts stoffen voortkomend uit ruw water en silica van het diatomiet. Het betreft dus zwevende stoffen eerder dan verontreinigers.

Technisch is het zeer belangrijk dat het wassen of losschudden van de poeders de *septa geheel vrij maakt*, zoniet bestaat de mogelijkheid voor geleidelijke vervuiling van de septa en ook voor onregelmatige bezetting bij de volgende cyclussen (Deze verwikkeling komt regelmatig voor, vooral bij soepele kaarsfilters). Het slib van diatomiefiltratie draineert goed en is uitstekend geschikt voor landaanvulling. Afvoer in de openbare riolering kan gevaar voor opstopping met zich brengen. Derhalve moet de concentratie van het slib tot onder 2 kg/m³ beperkt blijven. De snelheidslimiet voor transport zonder beduidende sedimentatie ligt in de orde van 25 mm/s.

Alle klassieke ontwateringssystemen: centrifugatie, persfilters, trommelfilters onder vacuüm, enz., zijn geschikt voor de behan-

deling van het slib. Volgens de literatuur (23) zijn volgende technische toepassingen ook mogelijk: opvullingsmiddel voor daken, keramiek, bakstenen of asfaltproducten, schuurmiddelen.

5. Operationele parameters

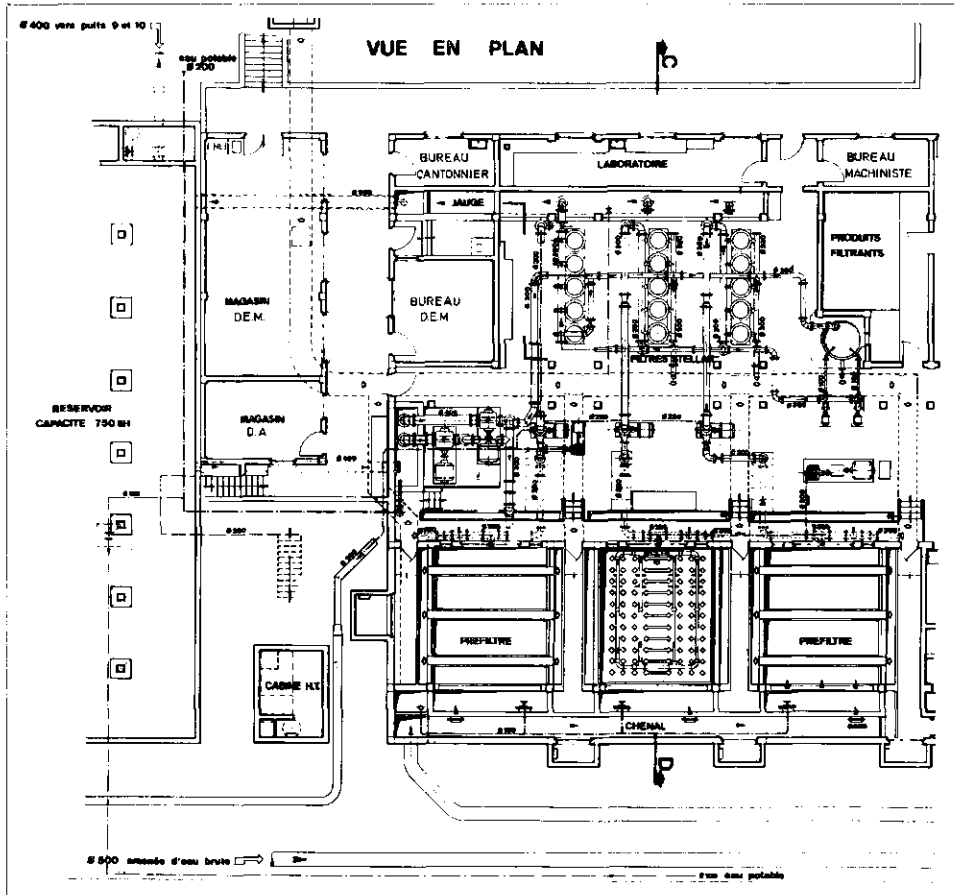
De praktische gegevens vermeld in deze sectie steunen o.a. op de ondervinding opgedaan in de installaties van Yvoir-Champale (I) en van Spontin (Lienne) (II) van de BIWM. De werking van deze stations is hierna geïllustreerd.

5.1. Bij de filtratie van ruw water zoals in (II) op soepele septa uit metalen weefsel blijft het ladingsverlies best beperkt tot maximaal 10 g/mm² zoniet kan er vervorming van de septa optreden. Hieruit volgt ongelijkmatige afzetting van het filterpoeder na een paar cyclussen.

5.2. Bij een gegeven laag filterhulpmiddel neemt het ladingsverlies kwadratisch in functie van de tijd of van het gefiltreerd volume toe. Experimentele curven illustreren deze evolutie (zie afb. 11 bij bezetting van 1 kg/m² septum). Bij filtreersnelheden van 0,7-0,8 mm/s tot 2,5-3 m/u neemt de bedrijfstijd min of meer lineair af, terwijl bij hogere filtreersnelheden een afvlakking van deze parameter plaatsgrijpt.

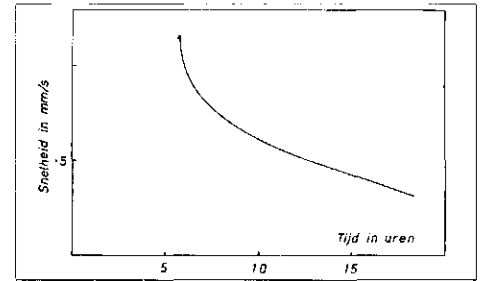
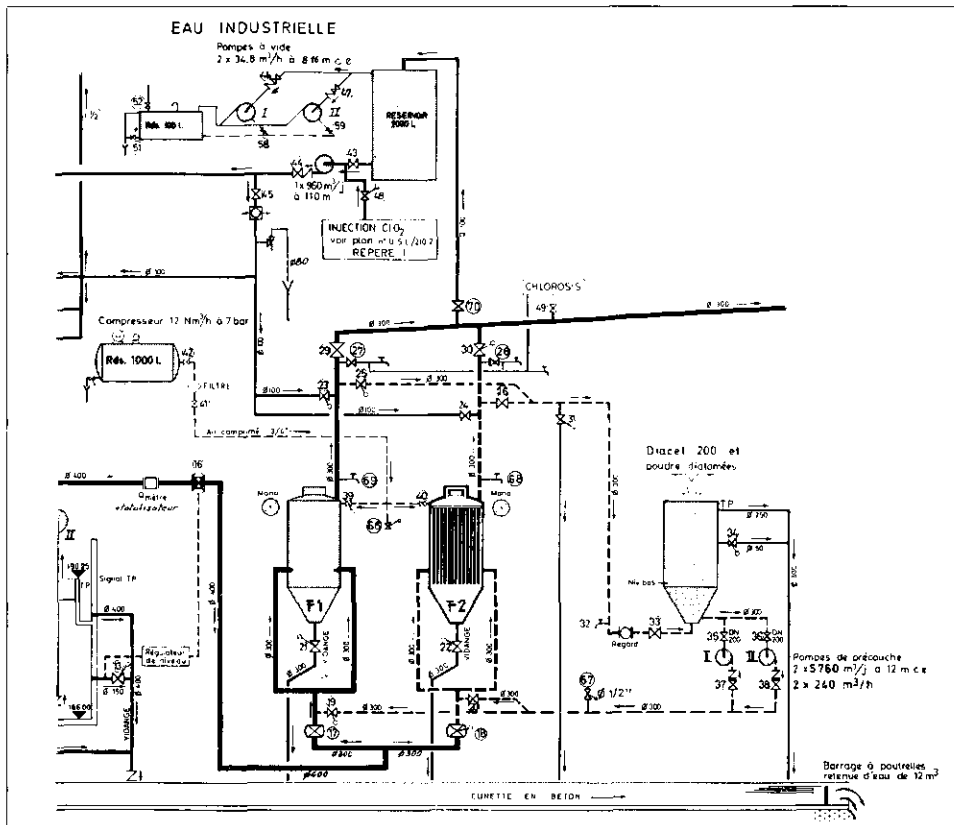
5.3. Anders gezegd het volume geproduceerd water per filteroppervlakte is functie van het ladingsverlies.

5.4. Door *bijvulling* van het filtermedium (body-feed) kan de opstopping van de filter-

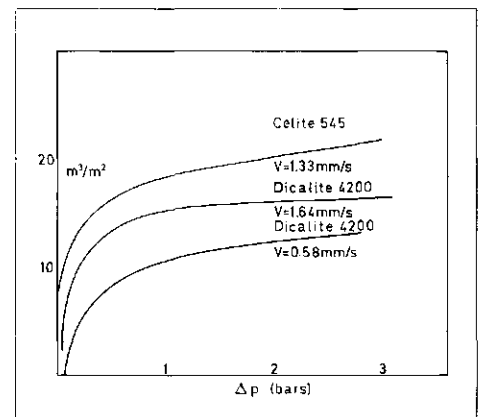


Afb. 9 - Schema van het station (gedeeltelijk) te Yvoir-Champale.

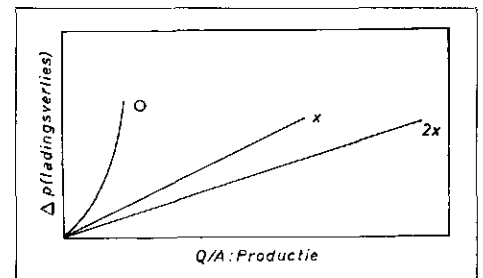
Afb. 10 - Station te Spontin (Lienne).



Afb. 11 - Evolutie van de bedrijfstijd in functie van de filtreersnelheid.



Afb. 12 - Productie in functie van het ladingsverlies.

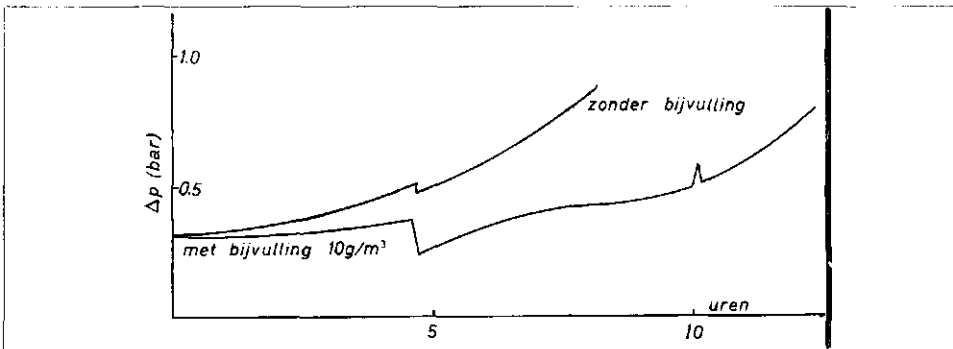


Afb. 13 - Ideale evolutie van het ladingsverlies met of zonder bijvulling.

laag vertraagd worden. Tevens wordt het ladingsverlies dan een lineaire functie van de tijd (zie afb. 13, schematisch volgens Baumann (16)). Een optimaal rendement wordt in de praktijk slechts zelden benaderd vooral wanneer de kwaliteit van het ruw water aan schommelingen onderhevig is.

5.5. Bijzondere aandacht verdient het systeem 'autopact-recoat' (24). Dit wordt bijna dagelijks angewend in het station (I) voor de verfijnde filtratie na de snelle zandfiltratie. Voor de 'autopact' wordt perslucht in de filter gebracht (kraan 16) als de watertoevoer onderbroken is. Geleidelijk ontstaat dan een toestand zoals in afb. 15 b.

De afsluiter wordt geopend en door de plotse ontspanning van het luchtkussen in het filterelement wordt het poeder losgeschud van de septa. Na deze operatie kan



Afb. 14 - Praktische evolutie van de filtercyclus met en zonder bijvulling (station Spontan-Lienne).

het poeder hetzij afgevoerd, hetzij terug op de septa afgezet worden.

Door het systeem van de "autopact-recoat" wordt het gebruik van de filterpoeders aanzienlijk verlengd (zie afb. 16). Onmiddellijk na de operatie dient het water echter afgevoerd te worden daar troebelheid optreedt.

Een ander typisch voorbeeld uit (I) is in afb. 17 weergegeven. Bij het wassen van de

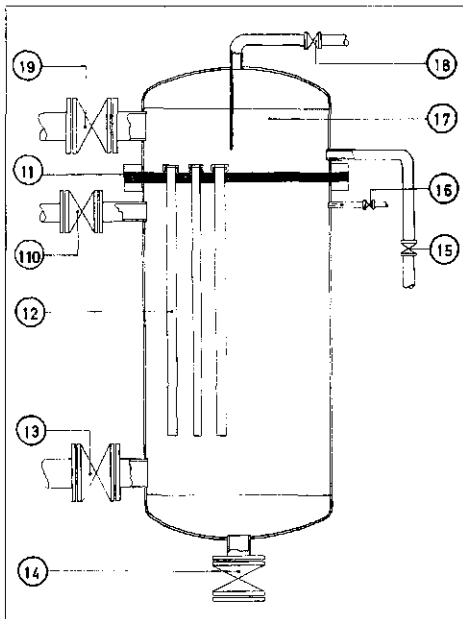
voorfilters op zand (2,2 mm/s) wordt, in dit piekstation, een 'autopact' ingeschakeld waardoor het poeder langer kan worden gebruikt.

5.6 Beide filters onderscheiden zich door de druk waaraan de septa zonder vervorming kunnen weerstaan en die 10 (soepele) en 30 (vaste) g/mm² bedraagt.

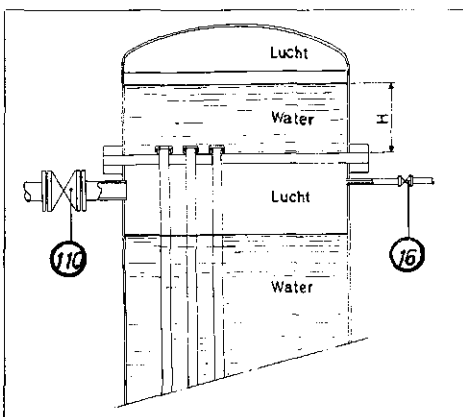
5.7. De concentratie van de suspensie op de septa moet onder de 15 % gewicht blijven om volledige hydratatie toe te laten. Best

wordt gewerkt met een concentratie van maximaal 25 à 30 kg per m³ water. 500 g/m² wordt als een normale bezetting van de septa beschouwd. Belangrijker is echter dat de bezetting een regelmatige laagdikte vertoont. Als richtlijn wordt een schommeling van minder dan 10 % aangegeven. Dit scheidt soms problemen bij de soepele septa vooral wanneer ijzer en mangaan in het water aanwezig zijn. Overbrugging van de zones tussen de septa is uit den boze. In die zones wordt doorstroming verhinderd en treden barsten in de filterlaag op.

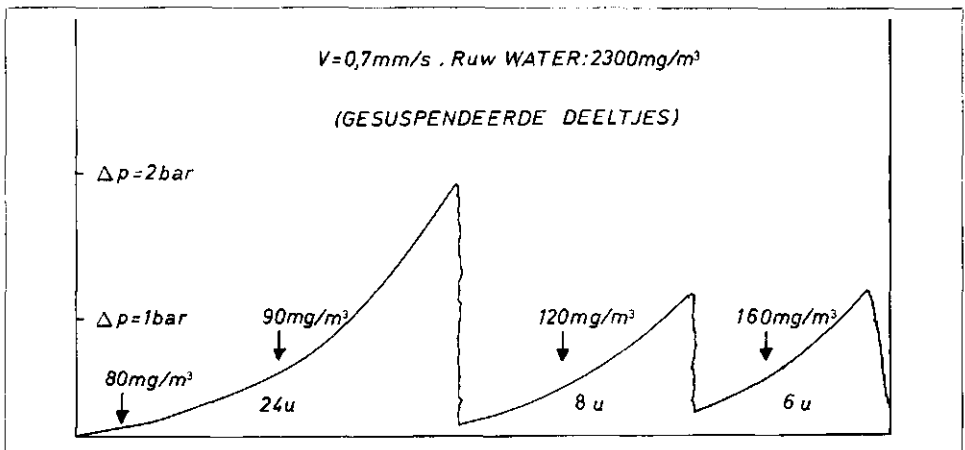
5.8. Wanneer barsten in de filterlaag niet te vermijden zijn gebruikt men best het systeem met bijvulling. Dit kan, bij voorkeur, geschieden door het bijdoseren van een diatomietsuspensie met een concentratie van 2,5 tot 5 % in het te filtreren water. Is dit niet mogelijk dan moet gezorgd worden voor een goede menging van het poeder in het ruw water. De bijdosering kan tot 100 g diatomiet per uur en per m² filteroppervlak oplopen. Dit gebeurt frekwenter bij soepele septa dan bij vaste.



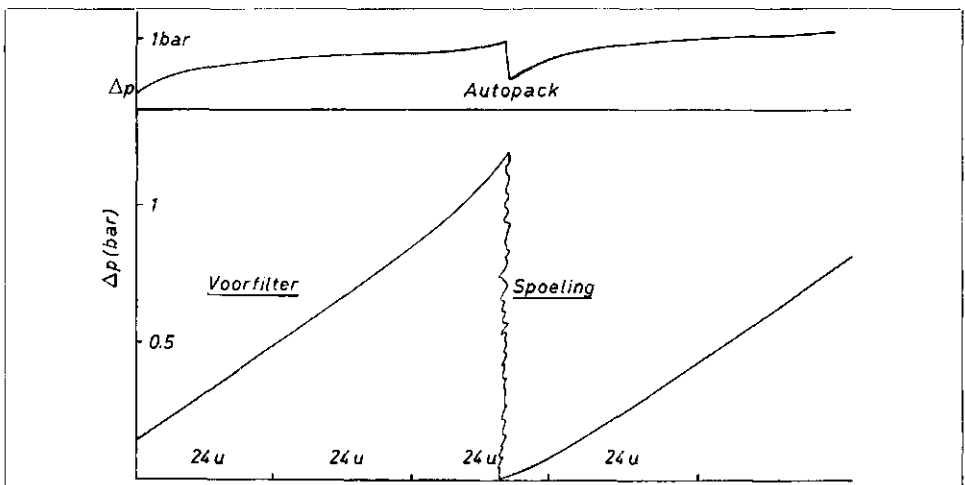
Afb. 15 a en b - Schematische voorstelling van het 'autopack'-systeem.



Afb. 16 - Effect van de 'autopack' op looptijd en waterkwaliteit (station te Yvoir).



Afb. 17 - Koppeling: wassen van voorfilter-autopack van diatomeeënfiler (station te Yvoir).



5.9. *Het reinigen van de septa* moet minstens eenmaal per jaar gebeuren. Bij filtratie van ruw water kan een onderhoud om de twee à drie maanden nodig zijn. Bij de BIWM geschiedt ze na iedere produktie-campagne bij de jaarlijkse piekperiode:

— eerst worden de septa droog mechanisch afgeborsteld;

— soms is een verdere mechanische reiniging door afborstelen in water nodig. Deze operatie moet grondig gebeuren, vooral bij de vaste septa die omweven zijn door draden uit monel. (Afsproeien met water onder druk blijkt enkel efficiënt te zijn bij septa uit filterdoeken),

— septa uit corrosievrij materiaal, bij voorkeur staal van de kwaliteit AISI 316, kunnen met 2 à 3 % gew. HCl behandeld worden om slecht oplosbare zouten te verwijderen. Daarna is een grondige afspoeling met water nodig,

— de reiniging wordt best beëindigd door onderdompelen in een oplossing van verdund bleekwater (10 g/m³ actief chloor) gedurende ongeveer 30 min. De septa worden daarna droog bewaard.

(Bij de filtratie is best een minimum-concentratie restchloor van 0,1 g/m³ in het water aanwezig om slijmvorming door bacteriëngroei op te septa te voorkomen).

6 Raming van de kosten

6.1. In tegenstelling met andere filtermedia wordt diatomiet evenals andere filterpoeders bestendig opgebruikt en vervangen. In de drinkwatersector blijken geen gevallen beschreven van regeneratie van het vervuild diatomiet. Hoewel theoretisch mogelijk schijnt dit proces praktisch te stuiten op het verminderen door afbraak van de korrelgrootte van de deeltjes.

De eerste prijsfaktor van dit filtratieproces is dus de inkooprij van de poeders. Op de Belgische markt schommelt de prijs tussen 9 en 13 F/kg (hetzij 0,6 à 0,9 f) naargelang van de herkomst en de bestelde hoeveelheid. Het wit diatomiet is ongeveer 10 % duurder dan de standaardkwaliteit. Deze laatste volstaat voor de filtratie van drinkwater.

Bij de eindbehandeling van voorgefilterd water (Yvoir-Champale) schommelt de nodige hoeveelheid tussen 1 en 2 g per m³ geproduceerd water naargelang van de lengte van de cyclus, hetzij 0,01 à 0,02 F/m³. Bij de behandeling van ruw water hangt de kostprijs van het filterpoeder meer direkt af van de kwaliteit van het ruw water. Bij de behandeling van het water van de steengroeve van Lienne met een concentratie aan gesuspendeerde deeltjes tussen 5 en 15 g/m³, schommelde de gebruikte hoeveelheid diatomiet tussen 15 en 30 g/m³ behandeld water, hetzij 0,16 tot 0,32 F/m³. Bijdosering verlengt de filtercyclus maar de kostprijs

van het gebruikte poeder verandert hierdoor niet; wel vermindert de personeelsbezetting.

Als vergelijkingspunt: de kostprijs van de reagentia voor de behandeling in een volledige schema (coagulatie, desinfectie, adsorptie op poederkool en ozonisatie) zoals dit van het station van Taiifer, schommelt tussen 0,6 en 0,8 F/m³. De kosten van diatomiet zijn dus belangrijk en de bij de BIWM is de techniek dan ook eerder bestemd voor 'piekbedrijven'.

De voordosering (precoat), van een cellulosefilterhulpmiddel heeft als resultaat de filtercyclus te verlengen via een zekere dieptefiltratie. Het inzetten van 100 g cellulose per m² septum bij 1 kg/cm² waterdruk geeft een laagdikte van ongeveer 1 mm. De kostprijs is echter hoog (± 200 F/kg). Dit materiaal verlengt essentieel de filtercyclus en voorkomt vooral verstopping van de septa.

6.2. Wat de investeringen betreft: voor normale oppervlaktesnelheden van ongeveer 5 m/h bedraagt de globale kostprijs van de filterinstallatie op diatomiet ongeveer 50 % van deze voor conventionele snelle zandfiltratie. Op de normale bedrijfskapaciteit omgerekend bekomt men dan een kostprijs per m³ van circa 0,3 F (basisprijs investering van de installatie: 1.000 F/m³/dag). Deze kosten kunnen natuurlijk sterk toenemen bij niet permanente werking.

6.3. Alhoewel in de literatuur soms gewag wordt gemaakt van geautomatiseerde filtratie op diatomiet, blijft, volgens onze ondervinding, de methode onvoldoende betrouwbaar voor onbemande werking voor drinkwaterbehandeling. De personeelsbezetting bij de BIWM bedraagt dan ook 5 mandagen voor een produktie van 20.000 m³/dag bij de filtratie van ruw water. Voor België bedraagt deze faktor dan ongeveer 0,5 F/m³ (750.000 × 5 : 7.300.000) bij een theoretische werking op volledige capaciteit. Bij de nafiltratie van voorbehandeld water mag deze parameter op de helft van voornoemde waarde geraamd worden. Ook kan de bouw van grotere stations deze kostenfaktor met 50 % verlagen.

6.4. *Energiekosten* belopen maximaal deze voor het oppompen van het water tot 1 of tot 3 kg/cm² druk. Ze liggen dus in de orde van 0,03 tot 0,1 F/m³.

6.5. *Onderhouds- en algemene kosten* zijn marginaal wanneer ze berekend worden op basis van de bedrijfskapaciteit (in de orde van 0,05 F/m³). Ze zijn sterk afhankelijk van de werkverdeling van de onderhoudsploegen over het ganse waterleidingsbedrijf.

7. Besluiten en aanbevelingen

7.1. Onder de filtratietechnieken op poeders

komt bij de bereiding van drinkwater praktisch slechts diatomiet in aanmerking.

7.2. In de Verenigde Staten van Amerika wordt gewag gemaakt van een duizendtal stations, die de filtratie op diatomiet aanwenden voor de bereiding van drinkwater. In Europa heeft de methode minder ingang gevonden.

7.3. De filters bestaan zowel als drukfilters als vakuümfilters. Deze laatste hebben het voordeel directe visuele waarneming van het gedrag van de septa tijdens de werking toe te laten. In Europa heeft men weinig praktische ondervinding met drukfilters, waarbij dan nog kaarsfilters gebruikelijker zijn dan plaatfilters. Deze laatste worden eerder aangewend bij de slibindikking dan bij de filtratie van water.

7.4. De keuze van het geschikte poeder gebeurt eerder empirisch, door het gebruik in het bedrijf zelf. De bepaling van de korrelgrootten vraagt immers veel werk en daarbij een gespecialiseerde apparatuur. De natte zeefmethode levert ongeveer representatieve resultaten op.

7.5. De septa voor kaarsfilters kunnen een rigide of een flexibele structuur hebben. De eerste voldoen tot bij een bedrijfsdruk van 30 g/mm², de laatste tot 10 g/mm².

7.6. De filtratiesnelheden blijven deze van 'n conventionele snelle zandfiltratie. Door de structuur zelf van de kaarsfilters is de bezette grondoppervlakte veel geringer dan bij zandfilters. De investeringen bedragen dan ook slechts 50 % van deze voor de zandfiltratie.

7.7. De bedrijfskosten zijn tamelijk hoog en filtratiestations op diatomiet dienen doorlopend voor controle bemand te worden. Als conclusie kan dus gelden dat de techniek eerder aangepast is aan 'piekbedrijven' dan aan permanent werkende stations alhoewel dit laatste mogelijk is.

7.8. De filtratie op diatomiet levert normaliter volgende kwaliteitsverbeteringen op:

7.8.1. Verwijdering van parasieten, larven, macroscopische wezens en algen.

7.8.2. Halvering van het bacteriënaantal wanneer geen chloor aangewend wordt. Volledige eliminatie bij het gelijktijdig aanwenden van 0,1 ppm vrij chloor. Virussen worden met circa 50 % verwijderd.

7.8.3. De concentratie aan vaste stoffen en gesuspendeerde deeltjes wordt tot onder de 100 mg/m³ gebracht.

7.8.4. IJzer en mangaan worden teruggebracht tot onder de limiet van 20 à 50 mg/m³, maar dit geschiedt ten koste van de

werkingsduur van de poeders en de septa.

7.8.5. Filtratie op diatomiet behoedt voor doorslag van vlokken in geocoaguleerd water. De methode is dan ook toepasbaar in een coagulatie-filtratie-systeem. Bij de aanwending van polyelektrolieten worden ook virussen praktisch volledig geëlimineerd.

7.8.6. Opgeloste zware metalen worden door adsorptie slechts bij het begin van de cyclus verwijderd, vermits de laagdikte onvolgende is om deze werking te bestendigen. Ook worden opgeloste organische verbindingen praktisch niet geadsorbeerd. Het chemisch zuurstofverbruik en de UV-extinctie wordt door deze filtratie praktisch niet gewijzigd.

7.8.7. Het water wordt best gechloreerd om biologische werking met mogelijke gasontwikkeling in de filter te vermijden. De aanwezigheid van gassen in de poederlaag verhindert immers de normale werking van de filters. Ook kan biologische slijmvorming schaden aan de structuur van de septa.

8. Literatuur

1. G. J. Coogan, *Jawwa*, 54, 1507 (1962).
2. F. B. Hutto, *Chem. Eng. Progress.*, 53, 328 (1957).
3. S. Norman: *Pulverkohle* (Lezing Postakademie cursus 1979), Delft.
4. D. B. Purchas, *Filtration & Separation*, 6, 465 (1965).
5. R. W. Mc Indoe, *Water & Wastes Eng.*, pp. 48 (1969).
6. Th. S. Brown, J. F. Malina & B. D. Moore, *Jawwa*, 66, 98 (1974).
7. Th. S. Brown, J. F. Malina & B. D. Moore, *Jawwa*, 66, 735 (1974).
8. S. Syrotynski, *Jawwa*, 59, 867 (1967).
9. G. R. Bell, *Water & Water Eng.*, 72, 482 (1968).
10. Anonym, *Effluent & Water Treatment Journal* pp. 235 (1963).
11. F. J. Costabile & Ch. H. Perron, *Jawwa*, 63, 230 (1971).
12. H. N. Armbrust, *W.S.W.*, pp. 197 (1960).
13. A. B. Cummins, *Ind. Eng. Chem.*, 34, 403 (1942).
14. E. R. Baumann, J. L. Cleasby & P. E. Morgan, *W.S.W.*, pp. 331 (1964).
15. Ch. S. Oulman & E. R. Baumann, *Jawwa*, 56, 1047 (1964).
16. Ch. S. Oulman, D. E. Burns & E. R. Baumann, *Jawwa*, 56, 1233 (1964).
17. F. B. Hutto, *Chem. Eng. Progress*, 53, 328 (1957).
18. G. R. Bell, *Jawwa*, 54, 1241 (1962).
19. Anonym, *Jawwa*, 57, 157 (1965).
20. M. E. Depauw, *Trib. Cebedeau*, 343-344, 329 (1972).
21. F. J. Costabile & Ch. H. Perron, *Jawwa*, 63, 230 (1971).
22. J. H. Dillingham & E. R. Baumann, *Jawwa*, 56, 793 (1964).
23. Anonym, *Jawwa*, 62, 507 (1970).
24. M. Costello, *Swimming Pool Age*, 6, 66 (1966).

Chemische industrie: fosfatennota is vaag

De fosfatennota zit vol tegenstrijdigheden. Het stuk is bovendien vaag over de kwaliteit die de wasmiddelen krijgen en over de gevolgen op het milieu. Dit schrijft de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie aan de Vaste Kamercommissie voor milieuhygiëne. De vereniging is het eens met het pleidooi in de nota voor het bouwen van een derde trap bij zuiveringsinstallaties die de fosfaten uit alle bronnen kan wegnemen. Daarom vindt de vereniging het onlogisch dat de bewindslieden willen dat de industrie fosfaatvrije wasmiddelen maakt. Dat is volgens de VNCI dan niet nodig. De vereniging vindt dat de bewindslieden er al te gemakkelijk van uit gaan dat binnen enkele jaren fosfaatvervangende stoffen zijn ontwikkeld die geen schade aan mens en milieu veroorzaken of even gemakkelijk zijn te verwijderen door de derde trap. Tenslotte pleit de VNCI ervoor snel te beginnen met de bouw van die derde trap (ANP).

Abonnementsprijzen H₂O in 1980

Een abonnement op H₂O gaat in 1980 f 88,40 kosten, inclusief 4 % btw (ongewijzigd). Voor het buitenland wordt dat (incl. btw) f 118,—.

Studiedag 'Waterbeheersing in landelijke gebieden'

De Studiekring voor cultuurtechniek, deel uitmakend van het Koninklijk Genootschap voor Landbouwwetenschap, organiseert in samenwerking met de Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO op 15 november a.s. in Utrecht een najaarsbijeenkomst over 'De waterbeheersing in landelijke gebieden'. Het programma luidt als volgt: *Afvoerberekeningen in het kader van de waterbeheersing*, prof. dr. W. H. van der Molen, voorzitter van de werkgroep; *Gebruik van modellen*, ir. E. Schultz, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders; *Ontwerp en berekening*, ir. H. M. A. Kempen, Landinrichtingsdienst; *Toekomstige ontwikkeling van de waterbeheersing*, ir. J. W. van den Berg, Heidemij; *Wat nu? Een reactie op de werkzaamheden van de werkgroep*, ir. H. J. Colenbrander, Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO. Opgave geschiedt door betaling van f 30,— aan de secretaris-penningmeester van de studiekring, p/a postbus 91, 9200 AB Drachten (betaalcheque, betaalkaart), en wel vóór 8 november.

Tevens kan tegen betaling van f 10,— het rapport 'Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden' worden besteld. Inlichtingen: ir. S. A. de Boer, tel. (05120) 12246.

Agenda

14 november 1979, Wageningen: Corrosiedag 'Corrosie en corrosiebestrijding in de bouw'. Inl.: Secretariaat NCC, p/a Verfinstituut TNO, Postbus 2003, 2600 AE Delft, tel. (015) 569330, tst. 2497.

15 november 1979, Utrecht: Bijeenkomst 'Richtlijnen voor het berekenen van landelijke afwateringsstelsels'. Inl.: Studiekring voor Cultuurtechniek, Zuiderdwarsvaart 72, 9203 JB Drachten, tel. (05120) 12246.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

NVA-symposium 'Beheer en onderhoud rioolstelsels'

Op 26 november a.s. houdt de NVA een door programmagroep 2 georganiseerd symposium in het jaarbeurs congresgebouw (Beatrixgebouw) te Utrecht over het onderwerp 'Beheer en onderhoud van rioolstelsels'.

Deelname aan het symposium is alleen mogelijk door overschrijving van f 32,— op de postgiro 1008472 van het secretariaat van de NVA, postbus 70, 2280 AB Rijswijk, vóór 19 november a.s. onder vermelding van 'Symposium NVA 26 november'.

De kosten van deze dag zijn inclusief consumpties en lunch.

Het dagprogramma is globaal als volgt: 9.30 uur Ontvangst.

10.00 uur Opening, lezingen met projectie van dia's en film.

Einde dagprogramma 16.15 uur.

De lezingen worden verzorgd door:

ir. H. F. Kaltenbrunner, Belang van beheer en onderhoud;

ir. K. Bakker, Rationeel leidingbeheer;

ing. G. P. Kuiper en ing. P. v. d. Dussen, Juridische en organisatorische zaken bij rioolbeheer;

ing. E. H. van Zadelhoff, Beheer en onderhoud van rioolgemalen;

drs. J. F. Miranda, Kosten van beheer en onderhoud;

ing. R. Ywema, Film met inleiding.