

Flotatie

Voordracht uit de 29e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Nieuwe zuiveringstechnieken', die op 6 en 7 januari 1977 aan de TH Delft werd gehouden.

blijft proefonderzoek gewenst om tot een goed ontwerp van een filter te komen.

Literatuur

1. 19e Vakantiecursus in drinkwatervoorziening, 5 en 6 januari 1967, TH Delft: a. K. J. Ives: 'The physical and mathematical basis of deep bed filtration'; b. drs. A. Boes: 'Graf naar fijn filtratie'.
2. Veröffentlichungen des Bereichs und des Lehrstuhls für Wasserchemie; Heft 5: 'Filtration'. Technische Hochschule Karlsruhe 1971.
3. State of the Art of Water Filtration, Committee Report. JAWWA, vol. 64, Oktober 1971, no. 10 part 1.
4. Corstjens, G. H. Berekening van opwaartse doorstroming en het terugspoelen van filterbedden. TH Delft, H₂O (5) 1972, nr. 25.
5. Susumu Kawamura. Design and Operation of High-Rate Filters - Part 1, JAWWA October 1975. Part 2, JAWWA, November 1975. Part 3, JAWWA, December 1975.
6. Bos, ir. R. H. M., Bennekom, C. A. van, en Visser, J. K. Menging in dubbellaagsfilters: oorzaken en gevolgen. H₂O (9) 1976, nr. 16.
7. Lathouder, ir. A. de, Enkele aspecten van dubbellaagsfiltratie met zand en anhraciet. H₂O (9) 1976, nr. 19.
8. Mohanka, S. S., Theory of Multilayer filtration. Journal Sanitary Engineering Division. December 1969 SA6.
9. Ray, W. J. F. Recent advances in Methods of Filtration. General Report 2, 10th IWSA Congress 1974, Brighton.
10. Knoppert, ir. P.L., 'Ozon als Oxidations- und Flockungshilfsmittel'. Erfahrungen beim Einsatz von Ozon in der Trinkwasseraufbereitung; Wasserfachliche Aussprachetagung des DVGW und VGW vom 10. bis 12. März 1971 in Wiesbaden.

Hoewel flotatie als vlokverwijderingssysteem bij coagulatie van oppervlaktewater sinds 1960, met name in de Scandinavische landen, wordt toegepast, is het systeem in Nederland sinds korte tijd sterk in de belangstelling geraakt bij de waterleidingbedrijven.

In december 1974 is op initiatief van de Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant te Breda, door medewerkers van Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant, Watermaatschappij Zuid-West Nederland te Goes en Drinkwater-



IR. M. J. VAN MELICK
adjunkt-directeur.
Ingenieursbureau
Brabo-Groenewout BV, Breda

leiding te Rotterdam een studiereis gemaakt naar enkele Zweedse flotatie-installaties. De reis werd georganiseerd door Werkspoor Water Amsterdam BV en Apparatkemiska te Stockholm.

Vanaf december 1974 tot dit ogenblik is er in Nederland een geweldige hoeveelheid informatie en ervaring op laboratoriumschaal en op semi-technische schaal verzameld, terwijl tevens een gedegen studie van de buitenlandse praktijkervaringen is gemaakt.

Zo heeft er in 1975 in opdracht van de Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant een onderzoek plaats gevonden op semi-technische schaal met Biesboschwater door de Drinkwaterleiding te Rotterdam. In die periode werd de KIWA-werkgroep 'Flotatie' in het leven geroepen.

Via deze werkgroep, waarin belangstellende waterleidingbedrijven en de Technische Hogeschool Delft vertegenwoordigd zijn, vindt er een gekoördineerde aanpak van de flotatieonderzoekingen plaats.

Eind 1975 is de proefinstallatie overgenomen door de Drinkwaterleiding te 's-Gravenhage en geïnstalleerd te Brakel, waar proefnemingen met Andelse Maaswater plaats vinden.

In juni 1976 werd door de voltallige KIWA-werkgroep de Water Research Centre-conferentie over flotatie te Felixstowe Engeland bijgewoond.

Deze activiteiten hebben inmiddels bijgedragen tot het gereedkomen van het ontwerp van het waterzuiveringsbedrijf van de Waterleidingmaatschappij Noord-West Brabant, dat te Zevenbergen geprojecteerd is voor de zuivering van Biesboschwater. Volgens planning zal per 1 januari 1979 drinkwater door dit zuiveringsbedrijf geleverd moeten gaan worden.

Hoewel flotatie reeds sinds 1964 in Amerika — en sinds een kortere tijd ook in Nederland en andere West-Europese landen — wordt toegepast bij de behandeling van afvalwater, zal ik mij, gezien het thema van deze vakantiecursus, zoveel mogelijk beperken tot de aspecten van flotatie bij de zuivering van oppervlaktewater.

I. Wat is flotatie?

Het begrip flotatie kan worden omschreven als volgt:

— de verplaatsing van gesuspendeerde deeltjes vanuit een vloeistof naar het vloeistof — gas (of lucht) — scheidingsvlak, waarbij gebruik kan worden gemaakt van een schijnbare of werkelijke geringe dichtheid van de gesuspendeerde deeltjes.

Een voorbeeld van natuurlijke flotatie is de verwijdering van olie uit water.

Olie heeft een kleinere dichtheid dan water. Flotatie kan ook worden bewerkstelligd door kunstmatig lucht- of gasbellen te laten hechten, waardoor de te verwijderen stoffen een schijnbare dichtheid verkrijgen, die kleiner is dan de dichtheid van de vloeistof. Flotatie met behulp van belaanhechting is een veel toegepaste techniek op velerlei gebied.

Een uitgebreide beschrijving van al deze technieken zal worden opgenomen in een mededeling, welke momenteel wordt voorbereid door de KIWA-werkgroep 'Flotatie'. Als wij ons beperken tot de behandeling van water, dan kunnen we stellen, dat de natuurlijke flotatie wordt toegepast bij de behandeling van bepaalde typen industrieel afvalwater.

Bij natuurlijke flotatie wordt een bekken van boven naar beneden doorstroomd met een lage snelheid.

Deze uitvoering is vaak toegepast bij vet-afscheiders en olieafscheiders.

De drijvende stoffen stijgen tengevolge van hun geringe dichtheid naar het wateroppervlak, terwijl het water onder door een duikschot het bekken verlaat.

Het wateroppervlak kan geheel of gedeeltelijk met een drijfslag zijn bedekt.

Bij behandeling van oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van de methode van de belaanhechting.

Volgens deze methode wordt een overmaat aan lucht- of gasbellen in het te behandelen water gebracht.

Tengevolge van botsingen en verklevingen tussen de lucht- of gasbellen en de gesuspendeerde deeltjes zullen de deeltjes naar het oppervlak van het water worden gedreven.

Bij flotatie met behulp van lucht-inblazen gaat het meestal om een verbetering van de natuurlijke flotatie, die verbeterd wordt, doordat in de vloeistof luchtbellen met

doorsneden van enkele mm's worden gebracht.

De lucht kan bijvoorbeeld met behulp van poreuze elementen of roterende begassers worden ingeblazen, waarbij middelgrote luchtballen ontstaan.

Hierbij ontstaat tevens plaatselijk een verhoogde turbulentie, welke voor de verdeling van de luchtballen zorgdraagt.

De grootte van de luchtballen zal echter zo klein moeten zijn, dat verkleving met te floterende deeltjes mogelijk is.

De luchtballen hebben bij deze methode diameters die in de orde van grootte van $1.000 \mu\text{m}$ zijn.

In het algemeen wordt door de waterleidingdeskundigen het begrip 'flotatie' gehanteerd voor dat proces, waarbij met *microluchtballen* wordt gewerkt.

De toepassingen die hiervan bekend zijn kunnen we weer onderverdelen in groepen, die genoemd worden naar de manier van het inbrengen van de lucht- of de gasballen, te weten: *dissolved-air flotatie* en *elektroflotatie*.

Dissolved-air flotatie; hiervan is onderscheid te maken tussen onderdrukflotatie en overdrukflotatie.

Bij *onderdrukflotatie* wordt in de flotatie-tank een vacuum aangelegd. Lucht en gasen die in het water zijn opgelost, komen hierdoor vrij in de vorm van zeer kleine belletjes.

Deze methode is erg duur en wordt ook weinig toegepast. Bovendien onttrekt men zuurstof aan het te behandelen water. Veel meer toepassingen van flotatie bij de behandeling van water vinden plaats met behulp van *overdrukflotatie*.

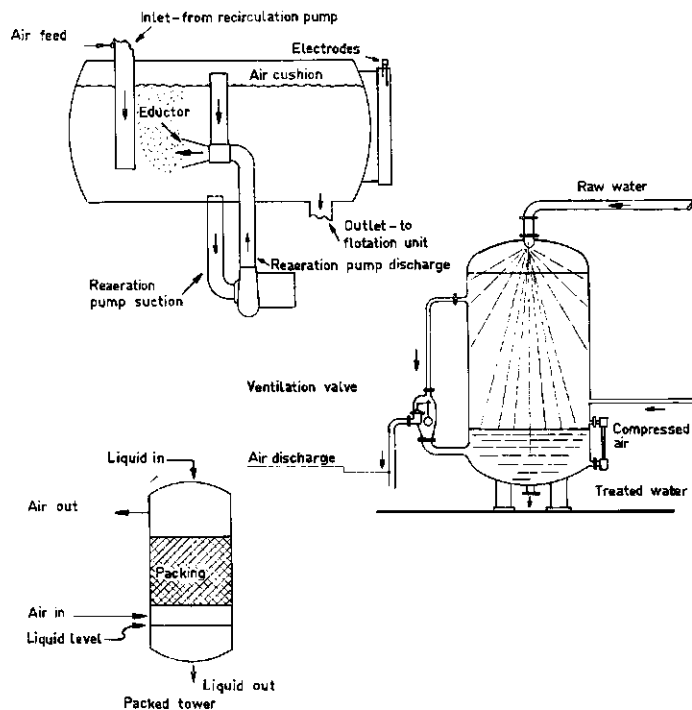
Hierbij wordt een gedeelte van het behandelde water onder druk in contact met lucht gebracht en vervolgens verzadigd tot 100% of een gedeelte daarvan in een zogenaamde saturatie-eenheid. De saturatie wordt meestal uitgevoerd met een druk die ligt tussen 2,5 en 8 ato en met een deelstroom die 10% of minder van de te behandelen waterstroom is.

Wanneer de deelstroom wordt gemengd met de hoofdstroom, die zich onder atmosferische druk bevindt, zal een bepaalde hoeveelheid opgeloste lucht vrijkomen in de vorm van fijne luchtballen.

De diameters van deze luchtballen zijn gelegen tussen 5 en $100 \mu\text{m}$. In het algemeen zal de hoeveelheid lucht, die in de vorm van luchtballen nodig is voor flotatie, liggen tussen enkele ml's en circa 20 ml lucht per liter te behandelen water.

Deze hoeveelheid lucht geeft het water een melkachtig wit uiterlijk. In afb. 1 zijn enkele toegepaste saturatiesystemen schematisch weergegeven.

Een variant van deze methode is, dat de te

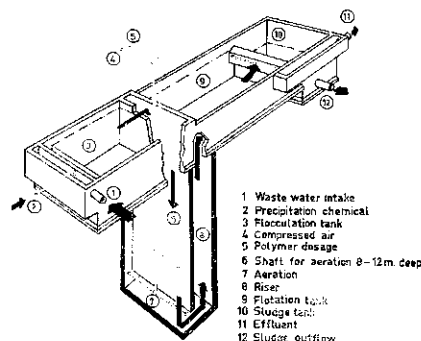


Afb. 1.

behandelen waterstroom een diepe schacht met een diepte van 8 m of zelfs meer passeert, terwijl onder in de schacht lucht wordt ingeblazen via een spuitstuk of keramische elementen (afd. 2).

Elektroflotatie is een uitvoeringsvorm waarbij gasballen met diameters in de orde van grootte van $1 \mu\text{m}$ ontstaan, door elektrolyse van het water. Ondergedompelde elektroden worden hierbij onder een elektrische spanning gezet, zodat uiterst fijne waterstof- en zuurstofballen ontstaan. Het stroomverbruik bij deze methode is hoger dan bij de dissolved-air methode. Toepassingen van elektroflotatie zijn tot nu toe dan ook beperkt gebleven tot zeer kleine flotatie-eenheden.

Afb. 2.



II. Waar wordt flotatie bij waterzuivering toegepast?

In de Scandinavische landen wordt voor de industrie- en drinkwaterbereiding en ook voor afvalwaterzuivering, het flotatieproces op vele plaatsen toegepast. Sinds het begin van de zestiger jaren zijn in deze landen tientallen installaties ontworpen en gebouwd. Diverse installaties hebben een capaciteit van minder dan $200 \text{ m}^3/\text{h}$, maar ook veel installaties zijn voor capaciteiten van 500 tot $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ uitgelegd.

In Engeland is door WRC gedurende vier jaar geëxperimenteerd met een proefinstallatie van $8 \text{ m}^3/\text{h}$. Sinds de zomer van 1976 zijn een vijftal installaties, elk met de capaciteit van $2.300 \text{ m}^3/\text{dag}$, en enigszins verspreid over Engeland in bedrijf genomen. Vanuit Zuid-Afrika wordt via publikaties in tijdschriften melding gemaakt van aldaar uitgevoerde experimenten op het gebied van algenuitwijdering door middel van flotatie. In Amerika (VS) wordt flotatie toegepast voor de indikking van slib afkomstig uit de diverse trappen van afvalwaterzuiveringsinstallaties. Een twintigtal namen van zuiveringsstations zijn bekend. In Duitsland wordt bij mijn weten bij de afvalwaterzuiveringsinstallatie Grosslappen van München flotatie toegepast in plaats van nabezinking.

Tallose installaties voor de zuivering van industrieel afvalwater zijn reeds lang in gebruik in binnen- en buitenland in diverse

vormen en uitvoeringen. Te noemen zijn bijvoorbeeld de toepassingen van olie- en vetafscijders. In de papier- en textiel-industrie wordt flotatie toegepast met als doel terugwinning van grondstoffen.

III. Toepassing van de flotatietechniek bij de drinkwaterbereiding

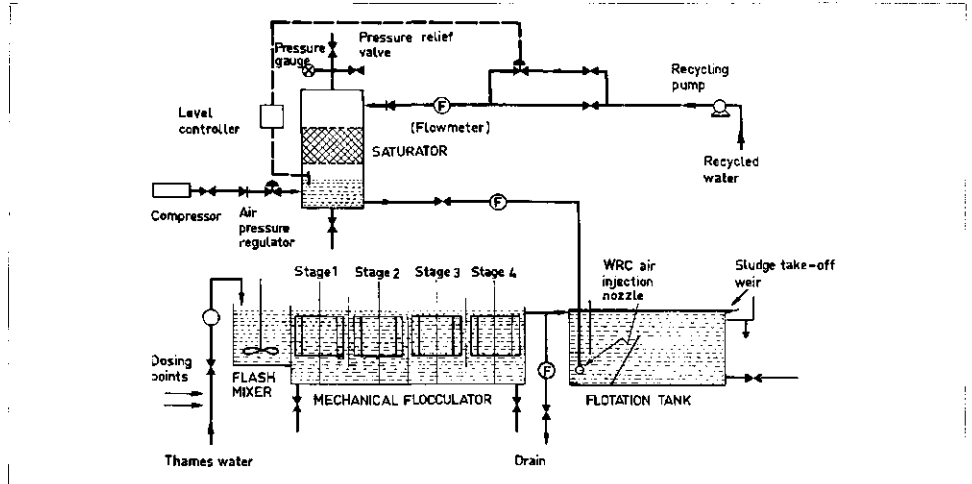
Bij de huidige stand van de techniek dient flotatie voor de drinkwaterbereiding als een onderdeel van het coagulatieproces gezien te worden.

Nadat zwevende stoffen, troebele bestanddelen en een deel van de organische stoffen met behulp van ijzer- of aluminiumhoudende vlokmiddelen tot vlokken gevormd zijn, is het tot op heden gebruikelijk deze vlokken tot bezinking te brengen of door middel van filtratie te verwijderen. Dit kan in diverse uitvoeringsvormen plaats vinden, zoals sedimentatiebassins, vlokkendekens, platenafscijders en vlokkingsfilters. Flotatie is nu het proces, waarbij de vlokken met behulp van luchtaanhechting tot drijven worden gebracht, en de dissolved-air methode wordt gevolgd.

Het Water Research Centre in Engeland verricht sinds 1970 onderzoek aan flotatie zowel op laboratoriumschaal als op proef-fabriekschaal (1,8 en 8 m³/h). Sinds juni 1976 zijn in Engeland vijf flotatie-installaties in bedrijf. De capaciteiten van deze installaties zijn gelijk, namelijk 2.300 m³/dag. Deze installaties worden dan ook beschouwd als proefinstallaties waarmee het semi-technische onderzoek aan flotatie een voortzetting vindt onder auspiciën van het WRC. De voortzetting van dit onderzoek achtte men medio 1976 noodzakelijk alvorens men zou kunnen besluiten om over te kunnen gaan tot het bouwen van grote praktijkinstallaties, omdat uitsluitend met één type water, namelijk Theemswater, was geëxperimenteerd. De vijf semi-technische installaties zijn daarom op verschillende plaatsen in Engeland gesitueerd. Een drietal in de buurt van Felixstowe en ressorterende onder de Anglian Water Authority. Een volgende installatie in de nabijheid van Bristol en ressorterende onder de Severn-Trent Water Authority. De vijfde installatie is geplaatst in de buurt van Arnfield en ressorterend onder de North-West Water Authority. Op deze wijze hoopt men in Engeland informatie te verzamelen over de invloed van de verschillende watertypen op het flotatieproces bij de coagulatie.

Tijdens het WRC-symposium zijn de volgende ervaringen met de Engelse flotatie-installaties gepresenteerd.

De menging van het vlokmiddel Al₂(SO₄)₃ (5 à 10 mg/l) vindt plaats in een snel-menger met een verblijftijd van 1 minuut. Het vlokmiddel wordt voor de inlaat van de



Afb. 3.

snelmenger gedoseerd. Reeds is vastgesteld dat bij het buiten bedrijf stellen van deze snelmenger geen verslechtering van de kwaliteit van het behandelde water optreedt. Op dit aspect zal later worden teruggekomen.

De vlokvorming vindt plaats in drie vlok-vormingskompartimenten met een totale verblijftijd van 12 min. bij de capaciteit van 2.300 m³/dag.

In vier van de vijf installaties hebben de flotatie-bassins de afmetingen van 3,60 m breed, 2,40 m lang en 1,20 m diep. De vijfde installatie heeft de afmetingen, respectievelijk 2,40 m, 3,60 m en 1,80 m.

De vlokvormingskompartimenten zijn door

open kanalen verbonden met de flotatie-bassins.

In afb. 3 en 4 is de WRC-installatie schematisch weergegeven. Bij de inlaat van het flotatiebassin wordt via een bepaald aantal parallel geschakelde nozzles per strekkende meter het met lucht gedeeltelijk verzadigde water (saturatiewater) ingevoerd. De door het WRC ontwikkelde en toegepaste nozzle-systeem wordt aangeduid met 'WRC Injection Nozzles'. In afb. 5 is een dergelijke nozzle weergegeven.

Per strekkende meter van de flotatiebak worden circa drie nozzles geplaatst. Volgens mededelingen van WRC-medewerkers zijn voor verschillende debieten aangepaste nozzle-openingen noodzakelijk. In de WRC-nozzles bevinden zich geen beweegbare onderdelen.

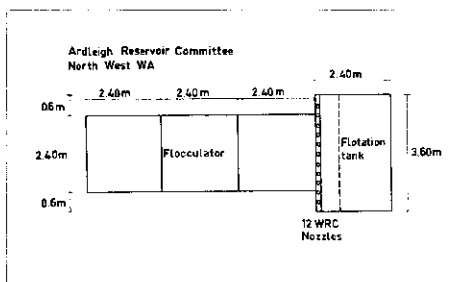
Het te recirkuleren water wordt meestal onttrokken na de filtratie om de kans op vervuiling van het saturatie- en het nozzle-systeem door vlokkenmateriaal zo klein mogelijk te houden.

De saturatie in het WRC-systeem vindt plaats in een gepakte kolom, waarin het gerecirkuleerde water in tegenstroom met lucht in contact wordt gebracht.

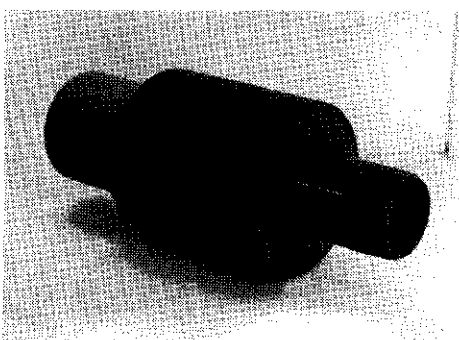
De gebruikelijke recirkulatie-percentages hebben 6 à 8 % bedragen, terwijl de toegepaste drukken in de saturatieketel van 3,5 ato tot 5,2 ato de meest optimale flotatie-resultaten hebben opgeleverd.

De laagste restgehalten van het oorspronkelijk gedoseerde vlokmiddel (Fe³⁺ of Al-zout) na de flotatie, welke zijn bereikt bij de WRC-experimenten, bedragen 0,5 à 1,5 mg/l. Opmerkelijk is, dat de laagste waarden in het effluent, zowel voor het aluminium als voor de troebelheid, werden verkregen bij de hoogste toegepaste toeren-tallen van de roerwerken in de vlok-vormingsinstallaties, bestaande uit drie of vier kompartimenten.

Afb. 4.



Afb. 5.



Vlokhulpmiddelen zijn niet gebruikt bij de flotatie-installaties en worden ook niet nodig geacht, in tegenstelling tot de ervaringen met de parallel lopende praktijkinstallatie, waarmee rest-Al-gehalten na sedimentatie van lager dan 2 mg/l niet konden worden bereikt.

Het rest-Al-gehalte na flotatie en filtratie was een faktor 3 à 4 lager dan het gehalte na sedimentatie en filtratie.

De aan het wateroppervlak in het flotatiebassin drijvende sliblaag wordt via een overstort aan het einde van het bassin afgevoerd. Toepassingen van schraapmechanismen en afromers boven de sliboverstortrand zijn uitgetest door het WRC. Zowel met deze hulpapparatuur als ook zonder deze voorzieningen zijn droge stofgehalten van 3 à 6 % voor het afgeroomde slib bereikt.

Een flotatie-systeem, dat sinds de zestiger jaren wordt toegepast in de Scandinavische landen en zeer veel gelijkenis toont met het Engelse systeem, is het zogenaamde AKA-systeem (afb. 6).

(AKA: Apparatkemiska AB te Stockholm). Het enige wezenlijke verschil van het AKA-systeem met het WRC-systeem is het AKA-nozzle type, welke in het verleden zijn uitgevoerd als naaldventielen met een uitstroomtuit (afb. 7). Bovendien zijn de afmetingen van het flotatiebassin enigszins afwijkend.

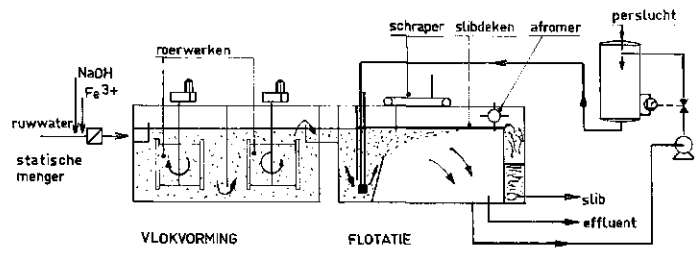
Het aantal nozzles per strekkende meter over de breedte van het flotatiebassin bedraagt 3 à 5 stuks.

De in de praktijk toegepaste saturatiedruk bedraagt circa 7 ato, met een recirkulatiepercentage van 10 % ten opzichte van de te behandelen waterstroom. De karakteristieke afmetingen van deze flotatiebassins zijn: diepte circa 1,80 m en lengte circa 3,50 m, terwijl breedten tot 15 m zijn toegepast. De oppervlaktebelasting in deze installaties ligt in de buurt van 10 à 11 m³/m²/h.

In december 1974 ben ik in de gelegenheid geweest een drietal flotatie-installaties van dit type te bezichtigen in Zuid-Zweden. Bezocht zijn een tweetal drinkwaterproductiebedrijven in Charlottteberg en Amotfars, met elk de productiecapaciteit van 100 m³/h, en een proceswaterproductiebedrijf van de pulp- en papierfabriek Uddeholnas AB in Skoghall met de productiecapaciteit van 600 m³/h. Het meest opvallende dat wij tijdens het bezichtigen van deze installaties hebben kunnen waarnemen, was de zeer goede verwijdering van de aluminiumvlokken door middel van de flotatie.

Bij deze drie flotatie-eenheden bedroeg het restaluminiumgehalte in het flotatie-effluent circa 0,2 mg/l.

Ten aanzien van dit resultaat dient vermeld te worden dat de menging van het alumi-



Afb. 6.

niumzout als vlokmiddel en de natronloog voor pH-korrektie plaats vond in statische mixers. Het effect van een dergelijke statische menging is beschreven in KIWA-mededeling nr. 39 'Praktijk van de Vlokvorming'. Bovendien werd de vlokvorming uitgevoerd in drie of vier vlokvormingskompartimenten met afnemende roerintensiteiten; vlokhulpmiddelen bleken overbodig te zijn.

In Skoghall werd de flotatie parallel toegepast naast een twee-lagen sedimentatie-eenheid (oppervlaktebelasting: 2 m³/m²/h). In beide gevallen werd de vlokvorming uitgevoerd in vier kompartimenten. Ondanks de toepassing van het vlokhulpmiddel geactiveerd silicium, dat voor de sedimentatie nodig werd geacht, was het rest-aluminiumgehalte na sedimentatie circa 10 à 11 maal hoger dan na flotatie, waarvoor geen vlokhulpmiddel nodig bleek te zijn.

Bij beide installaties bedroeg de vlokvormingstijd 45 minuten. Deze vlokvormingstijd voor zowel de sedimentatie als de flotatie was gekozen op basis van het gegeven, dat

deze tijd nodig bleek te zijn voor het sedimentatieproces.

Met dit AKA-systeem zijn reeds gedurende circa 1,5 jaar experimenten uitgevoerd in Nederland, zoals verderop zal worden beschreven.

Tijdens het WRC-symposium in juni 1976 is door de firma A. B. Purac, Zweden, het systeem 'Flofiltratie' gepresenteerd (afb. 8). Door deze firma, die eveneens sinds de zestiger jaren flotatiesystemen heeft ontwikkeld, is de bodem van het flotatiebassin uitgevoerd als een conventioneel zandfilter of een meerlagenfilter. De bedrijfsvoering van het flo(tatie)-filter hoeft, volgens persoonlijke mededelingen van de medewerkers van genoemde firma, niet afwijkend te zijn ten opzichte van de bedrijfsvoering van een gescheiden flotatie-eenheid en filtratie-eenheid.

De toegepaste oppervlakte belastingen voor deze flotatie-systemen zijn gelegen tussen 6 en 10 m³/m²/h.

Zoals bekend liggen deze oppervlakte belastingen in dezelfde range als de normaal voor zandsnelfilters en meerlagenfilters toegepaste filtersnelheden.

Door de presentator van dit onderwerp, B. Rosen van de firma A. B. Purac, zijn tijdens het WRC-symposium bijzonder weinig ontwerpgegevens bekend gemaakt. Een voorbeeld werd gesteld, namelijk een waterzuiveringsbedrijf in Finland, met een filteroppervlak van 4 x 45 m² en een bijbehorend oppervlak van 4 x 57 m² voor het flotatiebassin. De verwijdering van de drijvende slibdeken kan bij dit systeem plaatsvinden door verhoging van de waterpiegel tijdens het terugspoelen van de filters of door continu werkende schrapers. Als groot voordeel van deze flofiltratie werd vermeld: de aanzienlijke besparingen op de investeringskosten.

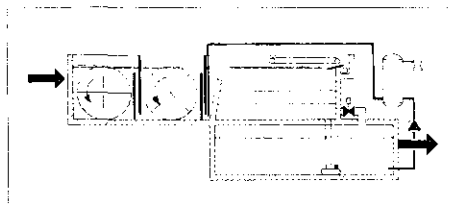
IV. Nederlandse bevindingen

In de zomermaanden van 1975 ben ik als DWL-medewerker in Rotterdam in de gelegenheid geweest, om een vier maanden durend onderzoekprogramma door te werken met een flotatie-installatie en bijbehorende vlokvormingsinstallatie, die was

Afb. 7.



Afb. 8.



ontworpen op basis van het AKA-systeem, overeenkomstig het schema van afb. 6.

In afb. 9 is een fotografische opname van deze proefinstallatie weergegeven.

Dit onderzoek is indertijd uitgevoerd in opdracht van de NV Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant en mede onder begeleiding van de KIWA-kommissie Vlokvorming en Vlokverwijdering.

De belangrijkste karakteristieken van deze proefinstallatie waren:

- statische menging,
- twee vlokvormingskompartimenten,
- acht nozzles van het type naaldafsluiter,
- afmeting flotatiebassin: 3,5 x 1 x 1,80 m,
- dissolved-air-methode met werkdruk circa 7 ato.

Uitgaande van ruwwater, dat na een transportchloring vanuit de Biesboschspaar-bekken werd aangevoerd, is een coagulatie met 8 à 10 ppm Fe³⁺, zonder vlokhulpmiddel en met een pH-korrektie, toegepast. De belangrijkste resultaten uit dit onderzoek zijn geweest:

— De effluentkwaliteit, uitgedrukt in Fe mg/l, na flotatie werd nauwelijks beïnvloed door wijzigingen in de hydraulische belasting in de flotatiebak.

De doorzet is gevarieerd van 30 tot 60 m³/h, hetgeen korrespondeert met de oppervlaktebelasting van 8,6 respectievelijk 17,2 m³/m²/h en met de mesbelasting van respectievelijk 30 en 60 m³/m¹/h.

— Wijzigingen in het recirkulatiepercentage tussen 3,5 % en 10 % van de hoofdstroom gaf eveneens geen merkbare kwaliteitsverschillen voor het flotatie-effluent te zien. Beneden 3,5 % was wel een duidelijke invloed merkbaar.

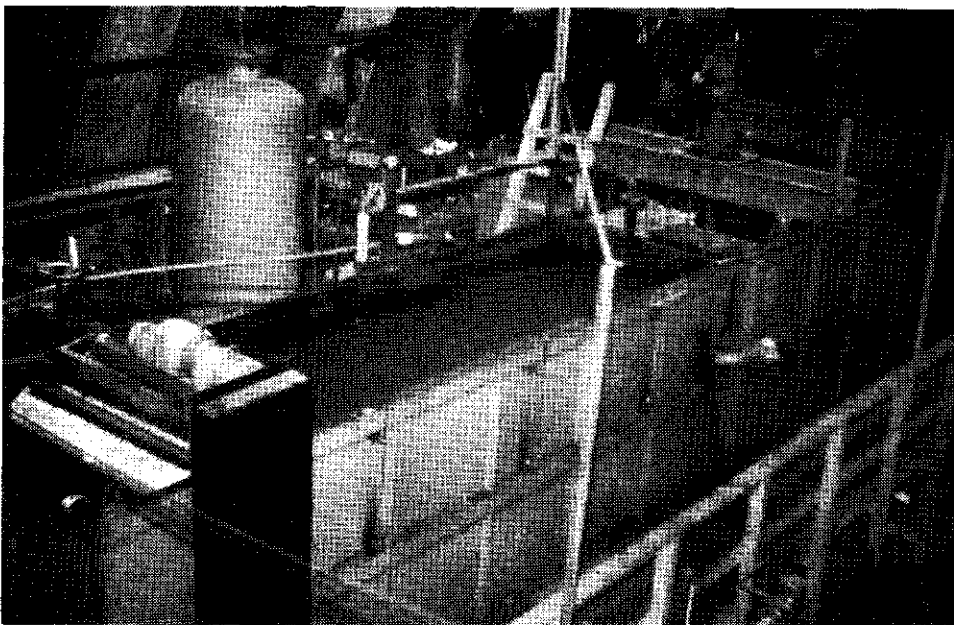
— De slibstroom kon worden gereduceerd tot 0,2 à 0,3 % van de hoofdstroom, mits gebruik werd gemaakt van de schrapers.

— Zeer frappant was de konstatering, dat het aantal vlokvormingskompartimenten wel een duidelijke invloed op de kwaliteit van het flotatie-effluent heeft vertoond.

Met twee vlokvormingskompartimenten bedroeg het Fe-gehalte in het flotatie-effluent 0,7 à 1,4 mg/l, afhankelijk van de andere procesomstandigheden; na buiten bedrijfstelling van één der beide kompartimenten, bedroeg het Fe-gehalte in het flotatie-effluent 1,9 à 2,6 mg/l, dus een faktor 2 à 3 hoger.

Zonder gebruikmaking van de vlokvormingskompartimenten steeg het Fe-gehalte na flotatie tot waarden van 5 mg/l en hoger.

— Bovendien bleek dat de vlokvormingstijd, welke is gevarieerd van 8 min. tot 22 min., nauwelijks een invloed heeft vertoond op de effluentkwaliteit na flotatie.



Afb. 9.

Op basis van deze proefresultaten met het Biesboschwater heeft de Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant eind 1975 besloten een drinkwaterproduktiebedrijf te ontwerpen, waarbij inmiddels voor de flotatie de volgende parameters zijn gehanteerd:

- mesbelasting: 49 m³/m¹/h.
- oppervlaktebelasting: 14 m³/m¹/h.
- recirkulatie: 8 % bij 7 ato werkdruk.
- drie vlokvormingskompartimenten met verblijftijd minimaal 16 minuten.

Op het moment van deze besluitvorming, heeft de Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant het onderzoekprogramma stopgezet, omdat men in de wetenschap verkeerde, dat het flotatieonderzoek zou worden voortgezet met dezelfde proefinstallatie door de Duinwaterleiding 's-Gravenhage, in samenwerking met het KIWA en de TH Delft, met Andelse Maaswater.

De mogelijkheid van verfijning van de onderzoekresultaten en eventuele nadere onderzoeken bleef dus voortbestaan. De invloed van lage watertemperaturen, de flotatieslibkarakteristieken, varianten van het type nozzle, etc. moesten nog worden vastgesteld of worden onderzocht.

Hiervan is dan ook door de Waterleidingmaatschappij Noord-West-Brabant in het afgelopen jaar vruchtbaar gebruik gemaakt. Het ontworpen zuiveringsbedrijf is geprojecteerd in de gemeente Zevenbergen. In februari 1977 kon met de bouw worden gestart. Volgens planning zal het zuiveringsstation 1 januari 1979 in gebruik worden genomen.

Met de proevenseries, die tot januari 1977

door de DWL 's-Gravenhage zijn uitgevoerd met Andelse Maaswater, zijn de proefresultaten welke door mij en mijn toenmalige medewerkers van de DWL Rotterdam zijn verkregen met Biesboschwater en met dezelfde proefinstallatie, gereproduceerd. Overige interessante proefresultaten, die met de proefinstallatie te Brakel zijn verkregen, zijn:

— de beste flotatieresultaten worden verkregen met de hoogste roerintensiteiten, die bij de vlokvorming konden worden ingesteld. ($G = 63 \text{ sec}^{-1}$ voor elk kompartiment)

— bij lagere watertemperaturen is het droge stofgehalte van het flotatieslib lager (bij 3°C - circa 1,2 %) dan bij hogere temperaturen (bij 22°C - circa 4 gew.%).

— wanneer het aantal nozzles van 8 per m¹ wordt teruggebracht tot 4 stuks per m¹, neemt het Fe-gehalte in het flotatie-effluent toe met slechts 0,1 à 0,2 mg/l.

Het programma voor het toekomstig onderzoek aan flotatie, welke met de proefinstallatie te Brakel onder auspiciën van de Duinwaterleiding te 's-Gravenhage en de KIWA-werkgroep wordt uitgevoerd, bevat ondermeer:

— Bedrijfszekerheid van het flotatieproces en de optimalisatie van de procesparameters.

— Onderzoek naar de betrouwbaarheid van de mechanische en regel-technische apparatuur voor het oplossen van de lucht in de recirkulatiestroom.

— Varianten van nozzle-systemen worden uitgetest.

— Verwerking van het flotatieslib met en

	Horizontale bezinking	Platen-afscielders	Flotatie
Installatie			
a. Oppervlakte belasting m ³ /m ² /h	1 - 3	15 - 24	10 - 20
b. Ruimtebeslag	—	+	+++
Exploitatie			
a. Bereikbaarheid van de onderdelen	+	— +	+ +
b. Onderhoud	+	— +	+
c. Energieverbruik	+	+	— —
d. Chemicaliënverbruik	+	+	+ +
Prestaties			
a. Vlokvormings			
— tijd (min.)	25 - 30	25 - 30	8 - 16
— aantal kompartimenten	4	4	3
b. Rendement	+	+	+ +
c. % d.s. slib	<1 %	<6 %	<8 %

TABEL I.

zonder een tweede flotatietrap voor de slib-indikking.

— Aantal vlokvormingskompartimenten.

V. Waarom flotatie?

Om een antwoord te kunnen geven op deze vraag is een vergelijking gemaakt tussen de horizontale bezinking in ronde of rechthoekige bekkens, platenafscielders en de flotatie als vlokvrijmakingssystemen bij de coagulatie.

Naar aanleiding van tabel I dienen de volgende opmerkingen gemaakt te worden. Bij platenafscielders is de diepte van de waterbakken 2 m of meer. Als directe slib-indikking wordt toegepast, is de benodigde diepte al gauw circa 4 meter.

Voor de directe slibindikking bij flotatie is geen extra volume vereist, terwijl de diepte van de flotatiebassins beperkt kan worden tot 1,80 m of wellicht nog minder.

Flotatiebassins worden uitgevoerd als ondiepe bekkens met een relatief klein oppervlak, waarin zich nagenoeg geen onderdelen bevinden.

Onderhoud, met name het schoonspuiten ter verwijdering van bezonken materiaal zal daardoor ook gemakkelijk uitvoerbaar zijn. Het energieverbruik is bij flotatie duidelijk hoger. Als het recirkulatiepercentage 10 % bedraagt bij een lucht-oplosdruk van 7 ato, is het extra energieverbruik hiervoor circa 30 Wh/m³, in kosten uitgedrukt is dit circa 0,3 cent per m³ te behandelen water.

Blijkens de ervaringen in Engeland is echter te verwachten, dat met een lager energieverbruik en met een lager recirkulatiepercentage de flotatie met succes is toe te passen.

Het chemicaliënverbruik is bij flotatie lager dan bij sedimentatie. Tot nu toe is gebleken dat geen vlokhulpmiddel nodig is, wanneer flotatie wordt toegepast. Wij kunnen nu reeds stellen, dat de vlokmiddeldosis even-

eens lager dan bij sedimentatie kan zijn.

De mate van de besparingen zijn voor Nederlandse omstandigheden nog niet exact vastgesteld kunnen worden, evenals de meest geschikte verwerkingsmethode voor het gefloeteerde slib, waarbij voor verdere indikking zeer waarschijnlijk eveneens geen chemicaliën nodig zullen zijn.

Aangetoond is reeds dat de verwijdering van algen effectiever plaats vindt door middel van flotatie, maar zoals gebleken is uit diepgaand onderzoek aan de TH te Delft, uitgevoerd door ir. Willardt, is voor voldoende verwijdering van de algen een adequate coagulatie altijd een vereiste. Door flotatie alleen blijft de verwijdering ver beneden het gewenste niveau.

Wellicht zal het echter niet zo kunnen worden, dat de besparingen op het chemicaliënverbruik de extra energiekosten zullen kunnen dekken.

De vlokvorming voor flotatie in het coagulatieproces moet volgens mijn overtuiging tot doel hebben: het verkrijgen van individueel waarneembare vlokken met een zo uniform mogelijke vlokgrootteverdeling.

Gezien de blijkens de praktijkervaringen benodigde kortere vlokvormingstijden en het kleiner aantal vlokvormingskompartimenten behoort een besparing op bouwkosten tot de realiteit.

Blijkens de praktijkervaringen in Zweden is het mogelijk een zeer hoog vlokvrijmakingsrendement met flotatie te verkrijgen, waarbij het restvlokmiddelgehalte een faktor 5 à 10 lager kan zijn dan bij sedimentatie, mits de juiste voorwaarden ten aanzien van praktische uitvoering van de flotatie aanwezig zijn.

Indikkingsproeven hebben aangetoond dat droge stofpercentages tot 10 % door middel van flotatie bereikbaar zijn met coagulatieslib, zonder dat zich stankbezwaren gaan voordoen.

Bij indikkingsproeven met een platen-

afscieder, gekombineerd met een indikker is gebleken, dat bij droge stofpercentages van 4 % en meer, het slib gaat stinken en verkleuren, en dat in ernstige mate de aanvankelijk gebonden organische stoffen weer gaan loslaten.

Samenvatting

Flotatie is het proces, waarmede door middel van aanhechting van zwevende stoffen aan luchtbellen de mogelijkheid wordt geboden de vlokvrijmaking bij de coagulatie van oppervlaktewater te doen plaats vinden in plaats van met sedimentatie-systemen. Het aantal luchtbellen en de fijnheid van de mikro-luchtbellen zijn in hoge mate verantwoordelijk voor de efficiëntie van het flotatieproces bij coagulatie.

De methoden van de luchtinbreng of gasinbreng zijn sterk gevarieerd en diverse systemen zijn reeds operationeel.

Samenvattend kan nu reeds, mede op grond van buitenlandse ervaringen, worden gesteld, dat flotatie bij de drinkwaterbereiding de volgende voordelen ten opzichte van andere meer bekende platenafscielders biedt.

— Lagere overall-kosten.

— Betere kwaliteit van het effluent en van het eindproduct.

— Gemakkelijker in onderhoud.

— Flexibeler procesvoering (dosering, vlokvorming, oppervlaktebelasting).

De grootte van deze voordelen dient proefondervindelijk nog vastgesteld te worden. Gezien het feit, dat flotatie wordt toegepast voor verwerking van industrieel afvalwater en voor indikking van slib afkomstig uit afvalwaterzuiveringsinstallaties, is het aanmerkelijk dat niet alleen de lichtbelaste oppervlaktewateren, maar ook de zwaardere belaste oppervlaktewateren geschikt zijn om door middel van flotatie gezuiverd te worden, mits een adequate coagulatie kan worden toegepast.

