

Slibindikking door zwaartekracht (II): ontwerpgrondslagen

1. Inleiding

In dit artikel, waarin het dimensioneren van slibindikers wordt behandeld, komen een aantal begrippen voor die zijn behandeld in het eerste deel: Theoretische grondslagen (zie H₂O (13) nr. 14 blz. 300 e.v.). Ook worden literatuurbronnen aangehaald die in de literatuurlijst van het eerste deel zijn vermeld.

Het ontwerpen van een slibindikker bestaat uit het dimensioneren van de tank — d.w.z. het bepalen van het benodigde oppervlak en van de benodigde hoogte —



IR. R. G. VELDKAMP
Laboratorium voor
Gezondheidstechniek
Technische Hogeschool Delft

en vervolgens het uitwerken van verdere details zoals de invoerconstructie, de slibafvoer, het roerwerk e.d. Aan het bepalen van het benodigde oppervlak ligt in hoofdzaak de bezinktheorie ten grondslag, het vaststellen van de benodigde hoogte wordt daarentegen geformuleerd vanuit de compressietheorie. Voor een goede dimensionering is men gehouden aan het uitvoeren van een of meer proeven, waarbij voor het indikproces in het bijzonder de bezinkproeven van belang zijn. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen de volgende typen proeven.

1. Batch-bezinkproeven in cilindervormige glazen. In het algemeen worden hiervoor maatcilinders van 1 liter gebruikt. Deze worden gevuld met een homogeen verdeelde suspensie die men vervolgens aan het bezinkproces onderwerpt. De hoogte van de slibspiegel wordt op verschillende tijdstippen bepaald en hieruit wordt de bezinkcurve geconstrueerd. Uit het eerste rechte gedeelte van de bezinkcurve is de bezinknelheid van de suspensie voor een bepaalde beginconcentratie te berekenen.

2. Batch-bezinkproeven in hoge kolommen. Het verloop van de proeven is identiek met dat onder punt 1 beschreven. Men gaat hierbij dikwijls uit van een kolomhoogte die ongeveer overeenkomt met de hoogte van een indikker en de diameter is dienovereenkomstig ook groter dan die van de één-liter cilinders. Dit betekent dat er met grotere hoeveelheden slib wordt gewerkt en dat er voldoende aandacht moet worden besteed aan een homogene verdeling van het slib over de hoogte alvorens de bezinkproef te beginnen.

3. Semi-continuproeven in hoge kolommen. Hierbij wordt een hoeveelheid slib in een

kolom gebracht en wordt er periodiek op een bepaalde hoogte slib toegevoegd en van anderen afgetapt, net zo lang tot er zich een bepaald concentratieprofiel heeft ingesteld en de concentratie van het afgetapte slib constant is. Dan is er een quasi-evenwichtssituatie bereikt met een bekende drogestofbelasting, een bekend aftapdebiet en een bekende aftapconcentratie.

4. Continu-indikking. Deze methode kan uitgevoerd worden in kolommen of een klein model indikker, bij voorkeur wel met dezelfde hoogte als het prototype. Hierbij wordt een constant voedings- en aftapdebiet aangehouden gedurende een zo lange tijd tot er een evenwichtssituatie is bereikt.

2. De vertaling van batchproeven naar de praktijk

De stap van proeven op laboratoriumschaal naar de praktijk moet onder het nodige voorbehoud geschieden. Om deze stap enigszins verantwoord te kunnen doen is enige theoretische kennis van het indikproces vereist. De afwijkingen die tijdens proeven kunnen optreden zijn deels terug te voeren op het afwijkend gedrag van een vlokkig slib ten opzichte van een ideaal slib, waarvan Kynch in zijn theorie is uitgegaan.

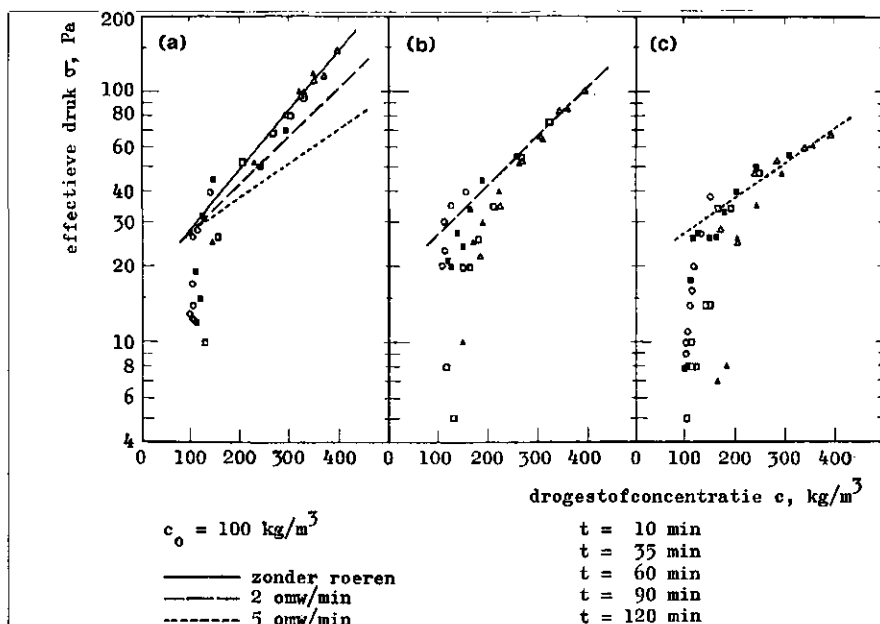
Naast deze afwijkingen die de vertaling van batchproeven naar de praktijk al discutabel maken, zijn er in de loop der jaren enkele factoren bekend geworden die een afwijkend gedrag van het slib in batchproeven kunnen veroorzaken. De belangrijkste factoren zullen hierna worden besproken.

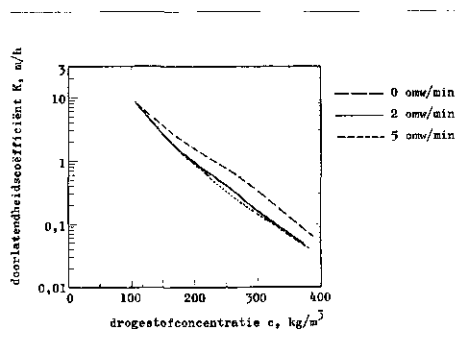
De invloed van het roeren

Indien de batchbezinking wordt vergeleken met de bezinking in een bedrijfsindikker, dan is er een groot verschil in turbulentie. In een bezinkcilinder ontbreekt turbulentie. In een indikker daarentegen heerst een zekere turbulentie, veroorzaakt door het inleiden van slib, door het afvoeren van het slib nabij de bodem, door de neerwaartse beweging ten gevolge van het aftappen en door een eventueel roerwerk. Het afwezig zijn van enige turbulentie tijdens batchproeven kan tot gevolg hebben dat voor bepaalde silbconcentraties de zgn. kanaalvorming kan optreden. Deze kanaalvorming veroorzaakt een sneller ontsnappen van water naar boven waardoor de bezinkflux aanzienlijk toeneemt. Vergeleken met de werkelijke situatie kunnen de uitkomsten een te gunstige voorstelling van zaken geven. Indien er langzaam wordt geroerd zal er geen kanaalvorming kunnen optreden en zullen de bezinknelheden meer in de buurt liggen van die welke in een indikker voorkomen. Volgens Scott [24, 36], die gewerkt heeft met slibsoorten uit de erts-winning, kunnen uit niet geroerde batchproeven berekende indikers worden ongedimensioneerd. Vesilind [37] beweert precies het tegenovergestelde, nl. dat de afwezigheid van een roerwerk tijdens batchproeven een foutenbron kan zijn die aanleiding geeft tot overdimensionering.

Zijn bewering stoelt echter op gegevens van actiefslib. Dit betekent dat het roeren een verhoging van de bezinknelheid moet geven. Dit is ook geconstateerd door Mancini [20], Dick & Ewing [27] en Behn [38]. De versnelling van het bezinkproces door roeren wordt in deze gevallen

Afb. 16 - De invloed van het roeren op de effectieve druk (bepaald door Shin & Dick, 33).





Afb. 17 - De invloed van het roeren op de doorlatendheid (bepaald door Shin & Dick, 33).

veroorzaakt door een verstoring van de algemene brugvorming die vooral in smalle cilinders optreedt. De tegenstrijdige invloed aan het roeren op het bezinkgedrag is wellicht afdoende verklaard door Shin & Dick [33]. In hun onderzoek is het effect van roeren op de compressibiliteit en op de doorlatendheid onderzocht (zie afb. 16 en 17). Beide parameters zijn van invloed in de compressiezone en dat is ook de zone waar een praktijkindikker wordt geroerd. Afb. 16 leert dat door roeren de compressibiliteit toeneemt (de compressibiliteitsmodulus $a = dc/d\sigma$). Uit afb. 17 is te zien dat door het roeren de doorlatendheid afneemt. Dit wil zeggen dat langzaam roeren de fysische en geometrische eigenschappen van het vlokkenetwerk veranderen. Enerzijds wordt het vermogen van het netwerk verminderd om bovenliggende lagen te ondersteunen, anderzijds ontstaat er meer weerstand tegen de opwaartse beweging van de ontsnappende vloeistof. Wanneer de verandering in de doorlatendheid meer op de voorgrond treedt dan zal roeren een vertragend effect hebben. Als de verandering van de compressibiliteit maatgevend, dan zal roeren een versnellend effect hebben. Aangezien de invloed van beide parameters voor ieder slib verschillend is, zal het effect van langzaam roeren ook nooit eenduidig zijn. In ieder geval is het zo dat roeren tijdens batchproeven de omstandigheden in het prototype beter bepaalt, zodat het gebruik van een roerwerk aan te bevelen is.

De invloed van de vulhoogte

De invloed van de vulhoogte is duidelijk aangetoond door de onderzoeken van Michaels & Bolger [18] en Dick & Wing [27]. Juist het feit dat de meeste slibsoorten compressieverschijnselen vertonen is er de oorzaak van dat grotere vulhoogtes een hogere bezinksnelheid geven. Voor voornoemde onderzoekers zijn verschillende theorieën ontwikkeld, waarvan die van Michaels & Bolger het meest aannemelijk lijkt. Wil men de invloed van

de vulhoogte in batchproeven elimineren, dan is het aan te raden om deze uit te voeren in kolommen met een hoogte overeenkomend met de bezinkhoogte van de te ontwerpen indikker.

De invloed van de diameter

De invloed van de diameter is uitgebreid onderzocht door Vesilind [39]. Hij vond voor lage slibconcentraties een toenemende bezinksnelheid bij kleinere diameters.

Het wandeffect heeft dan een grote invloed omdat langs de gladde wand gemakkelijk vloeistof naar boven kan ontsnappen, en dit effect wordt steeds groter bij kleinere diameters. Voor hoge slibconcentraties nam daarentegen de bezinksnelheid af voor kleinere diameters (zie afb. 18). Dit wordt veroorzaakt door brugvorming van de vlokkenstructuur van wand tot wand. Door langzaam roeren kan de invloed van de diameter enigszins worden afgezwakt.

Toch is het raadzaam om batchproeven niet in heel smalle cilinders of kolommen te verrichten maar een wat ruime diameter te kiezen.

De invloed van de temperatuur

De temperatuur is van invloed op het bezinkproces omdat de viscositeit van het water met de temperatuur verandert. Voor het geval er een serie proeven wordt uitgevoerd moet ervoor gezorgd worden dat deze bij een constante, bij voorkeur de in de praktijk optredende, temperatuur plaatsvinden. Voor de dimensionering van indikers is het raadzaam de proeven niet bij te hoge temperaturen uit te voeren omdat hierdoor te gunstige resultaten worden verkregen.

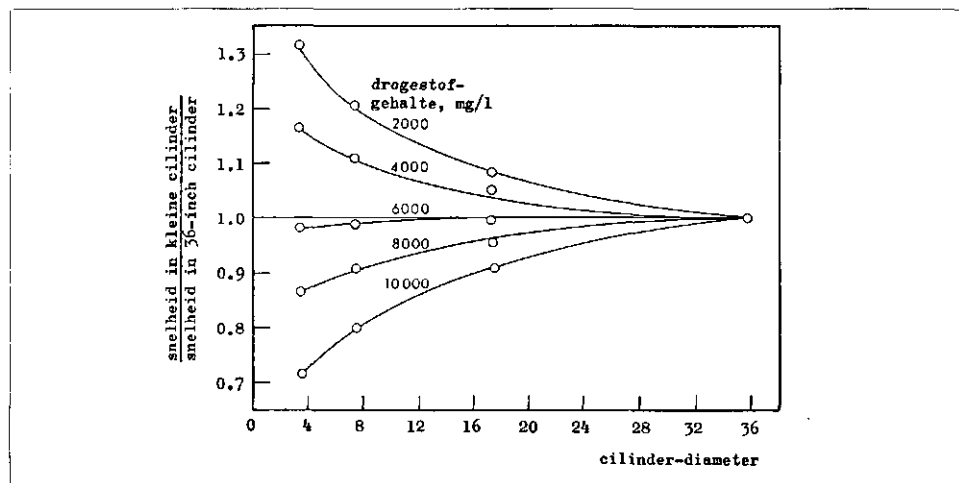
3. Problemen bij continu-proeven

Continu-proeven in een indikker met een beperkte diameter vormen de meest be-

trouwbaarste methode omdat hierbij de omstandigheden in de proefopstelling en in het prototype weinig van elkaar zullen verschillen. Het is echter een kostbare methode omdat er een ingewikkelde laboratoriumopstelling voor moet worden gebouwd. Terwijl men voor batchproeven kan volstaan met enkele bezinkcilinders en een stopwatch, heeft men voor continu-proeven in ieder geval nodig een bezinkkolom met een invoerconstructie, een overstortrand en een aftap voor ingedikt slib, een aan- en afvoerpomp met een regelbare capaciteit, een serie monsterpunten op de kolom, voorraadvaten met ingebouwd roerwerk, het benodigde leidingwerk en tenslotte de noodzakelijke meetapparatuur. Continu-proeven zijn met uiteenlopende slibsoorten uitgevoerd door o.a. Stalman [4], Scott [17, 36], Kos [31, 32], Comings [40], Comings, Pruis & De Bord [41], Keefer [42], Hassett [43] en Konicek et al. [44].

Het voornaamste probleem dat zich voordoet bij continu-proeven is de grote voorraad slib die aanwezig moet zijn om de proefopstelling over een voldoende lange periode te kunnen voeden. Kos vermeldt dat het enkele dagen duurt voordat er zich een stabiele situatie in de proefindikker heeft ingesteld waarbij de slibspiegel op dezelfde hoogte blijft. Gedurende die tijd moet men verzekerd zijn van een continue aanvoer van slib met een constante kwaliteit. Indien men niet over een zo grote buffercapaciteit kan beschikken is het mogelijk om het afgetapte slib te recirculeren naar het begin van de opstelling en het met effluent op de gewenste beginconcentratie te verdunnen. Het herhaaldelijk recirculeren van een zeer flocculent slib, zoals bijv. actiefslib, zal naar alle waarschijnlijkheid de eigenschappen zodanig veranderen dat de uitkomsten zeer discutabel worden. Indien het niet mogelijk is om een grote buffervoorraad aan te leggen blijft als enige

Afb. 18 - De invloed van de cilinderdiameter op de bezinksnelheid (bepaald door Vesilind, 39).



oplossing het continu betrekken van een hoeveelheid slib uit een praktijkinstallatie over. Wanneer deze installatie onder niet al te wisselende bedrijfsomstandigheden werkt zijn er weinig problemen. Anders wordt het, wanneer er wel sprake is van grote variaties zoals op een rioolwaterzuiveringsinrichting dikwijls het geval is. Bij het werken met actiefslib doet zich bovendien het probleem voor dat het slib niet lange tijd gebufferd kan worden omdat er anaërobie optreedt met als gevolg opdrijven van het slib door gasontwikkeling. Dit kan vermeden worden door het gebufferde slib te beluchten, maar ook dan zullen de eigenschappen veranderen door voortgezette mineralisatie. Tenslotte wordt er op gewezen dat voor zeer nauwkeurige proeven de temperatuur constant moet worden gehouden. Kos heeft zijn proeven dan ook uitgevoerd in een constante-temperatuurruimte.

4. Te stellen eisen aan een laboratorium-opstelling

Omdat tijdens een laboratoriumproef verschijnselen kunnen optreden die in een werkelijke indikker nooit zullen voorkomen, is het goed dat men zich rekenschap geeft van de mogelijke afwijkingen. In het kort zullen een aantal grootheden de revue passeren met daarbij vermeld enkele karakteristieke invloeden.

De cilinderdiameter

Dat de cilinderdiameter van de bezinkcilinder van invloed is op de resultaten, is al in paragraaf 2 toegelicht. Een kleine diameter kan tot gevolg hebben dat het vlokkenetwerk brugvorming tussen de wand veroorzaakt, vooral bij hoge slibconcentraties. Om dit effect niet te laten meespelen is de eis: cilinderdiameter bij voorkeur groter dan 0,2 m.

De vulhoogte

De invloed van de hoogte op het bezinkgedrag is ook besproken in paragraaf 2. Het beste kan die hoogte gekozen worden die overeenstemt met de hoogte van de praktijkindikker, maar in ieder geval: vulhoogte groter dan 1 m.

De manier van vullen

Aanbevolen wordt om de proefopstelling van onder af vol te pompen, zodat de suspensie homogeen verdeeld is over de inhoud. De vultijd moet niet te lang zijn, bij voorkeur minder dan 3 minuten.

Het roerwerk

Hierover valt weinig concreets te zeggen. Het aantal roerstaven moet in ieder geval niet zo groot genomen worden dat het

roerwerk de hele slibmassa voor zich uit drukt. De diameter van de roerstaven moet ook niet te groot zijn; te richten is op ca. 3 mm.

De roersnelheid

De omwentelingssnelheid moet zeer laag zijn, ongeveer 1/2 omw/min. Het is beter om te letten op de omtreksnelheid, omdat deze voor verschillende diameters nagenoeg hetzelfde moet zijn. Een omtreksnelheid van ca. 25 cm/min is nog aanvaardbaar. Roeren tijdens batchproeven is zeker aan te bevelen, omdat hiermee kanaalvorming kan worden voorkomen. Deze kanaalvorming treedt namelijk niet op in een praktijkindikker door de daarin aanwezige turbulentie veroorzaakt door de invoer, de dichtheidsstromingen en het roerwerk.

De temperatuur

Vooraf voor dunne slibsoorten kan de temperatuur een niet te verwaarlozen invloed hebben. Vergelijkende proeven kunnen het best bij dezelfde temperatuur worden uitgevoerd.

De slibpomp

Indien voor het vullen van de proefopstelling een pomp wordt gebruikt, dan moeten vooral op flocculent slib niet te grote mechanische (schuif)krachten worden uitgeoefend. Het gebruik van sneldraaiende centrifugaalpomp moet worden afgeraden; bij voorkeur dient men een verdrijngerpomp toe te passen.

5. Het bepalen van het oppervlak van een indikker

Voor het dimensioneren van een indikker moeten de volgende gegevens bekend zijn:

- het toevoerdebiet Q_0 ;
- de toevoerconcentratie c_0 ;
- de gewenste aftapconcentratie c_u .

Het benodigde oppervlak van een indikker kan in principe met de methode Coe & Clevenger of met de methode Talmadge & Fitch worden bepaald. Op beide methodes zijn later verfijningen aangebracht waarvan er enkele worden besproken.

A. De methode Coe & Clevenger

Voor deze methode moet een serie bezinkproeven bij verschillende concentraties worden uitgevoerd. Hierbij kan men uitgaan van de toevoerconcentratie en steeds bovenstaand slibwater afhevelen om hogere concentraties te verkrijgen. Men kan ook uitgaan van ingedikt slib en door verdunning verschillende concentraties bereiden.

Voor verdunning moet wel slibwater of effluent worden gebruikt. Bij het werken met biologisch slib verdient het aanbeveling de bezinkproeven zo mogelijk gelijktijdig te doen plaatsvinden in verband met aanrotting.

Uit de verschillende bezinkcurves (H tegen t) wordt met behulp van het reëlijnige gedeelte de bezinksnelheid v bepaald uit de helling. Met behulp van formule 32 kan voor iedere concentratie de flux berekend worden:

$$G = \frac{v_i}{\frac{1}{c_i} - \frac{1}{c_u}} \tag{32}$$

en hieruit het benodigde oppervlak:

$$A = \frac{Q_0 c_0}{G} = \frac{Q_0 c_0}{v_i} \left(\frac{1}{c_i} - \frac{1}{c_u} \right) \tag{33}$$

Het grootste oppervlak is het minimaal benodigde oppervlak voor de indikker.

Voorbeeld:

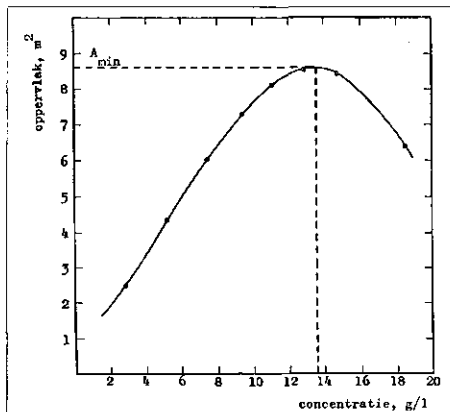
- $Q_0 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$
- $c_0 = 5 \text{ g/l}$
- $c_u = 22,5 \text{ g/l}$

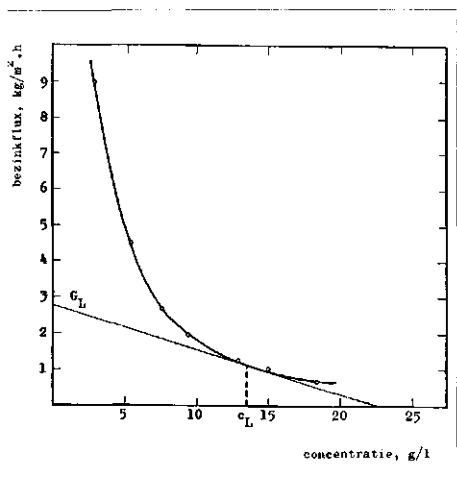
In tabel I is voor een aantal concentraties het oppervlak berekend volgens bovenstaande formule. Dit oppervlak is tegen c-concentratie uitgezet in afb. 19.

TABEL I - Bepaling oppervlak volgens Coe & Clevenger.

c_i	v_i	$\frac{Q_0 c_0}{v_i}$	$\frac{1}{c_i} - \frac{1}{c_u}$	A
g/l	m/h	kg/m	l/g	m ²
3	3	8,3	0,289	2,4
5,5	0,818	30,6	0,137	4,2
7,5	0,367	68,1	0,089	6,0
9,5	0,211	118,5	0,061	7,2
11	0,145	172,4	0,046	8,0
13	0,096	260,4	0,032	8,5
15	0,067	373,1	0,022	8,3
18,5	0,038	657,9	0,010	6,3

Afb. 19 - Bepaling oppervlak volgens de methode Coe & Clevenger.





fb. 20 - Bepaling oppervlak met de methode oshioka.

n deze afbeelding is af te lezen dat het enodigde oppervlak minstens 8,6 m² moet edragen.

en elegante en snelle variant is die van 'oshioka, waarbij de fluxcurve wordt etekent (G tegen c) en daarin de werklijn oor de gewenste c_u wordt getrokken als raaklijn aan de curve. Het snijpunt met de i-as geeft de minimumflux G_L en het inimaal benodigde oppervlak is:

$$\frac{Q_0 c_0}{G_L} \quad (34)$$

et voordeel van deze grafische methode is, at men direkt het oppervlak voor verschilende aftapconcentraties c_u kan bepalen.

oorbeeld:

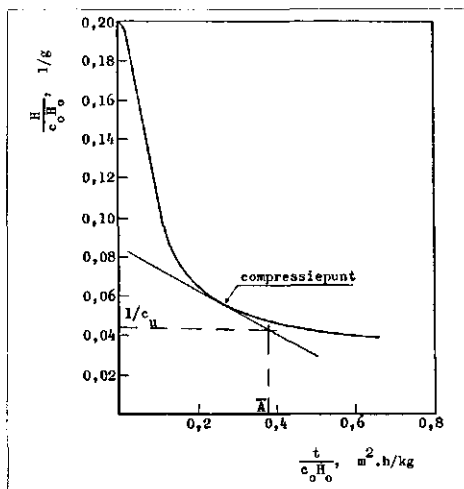
et dezelfde basisgegevens wordt de flux rekend in tabel II voor dezelfde concentraties als tabel I.

te in tabel II berekende bezinkflux is itgezet in afb. 20. Trekt men hierin een raaklijn vanuit de gewenste indikconcentratie van 22,5 g/l dan hoort daarbij een inimumflux van 2,91 kg/m².h. Het minimaal benodigde oppervlak wordt dus $\bar{A} / 2,91 = 8,6 \text{ m}^2$.

ABEL II - Berekening van de bezinkflux.

	v _i m/h	G = v _i c _i kg/m ² .h
	3	9,00
,5	0,818	4,50
,5	0,367	2,75
,5	0,211	2,00
	0,145	1,60
	0,096	1,25
	0,067	1,00
,5	0,038	0,70

De methode Talmadge & Fitch voor deze methode wordt één bezinkproef



Afb. 21 - Bepaling oppervlak met de methode Talmadge & Fitch.

uitgevoerd met slib met een concentratie gelijk aan die van de toevoer. Hieruit kan de gehele fluxcurve geconstrueerd worden [11]. Als voorbeeld wordt hier een grafische methode gegeven waarbij gebruik wordt gemaakt van de 'gereduceerde bezinkcurve'. Hierbij worden zowel H als t gedeeld door c_uH₀, zodat tegen elkaar worden uitgezet H/c_uH₀ en t/c_uH₀.

De gewenste c_u wordt als 1/c_u op de verticale as uitgezet en door dit punt wordt een horizontale lijn getrokken. Ligt 1/c_u onder het compressiepoint, dan wordt het snijpunt bepaald van deze horizontale lijn met de raaklijn aan de (gereduceerde) bezinkcurve in het compressiepoint. Onder dit snijpunt ligt het eenheidsoppervlak \bar{A} . Het minimaal benodigde oppervlak is dan $\bar{A} = A \cdot c_0 \cdot Q_0$

Voorbeeld:

De basisgegevens zijn hetzelfde als onder A, dus:

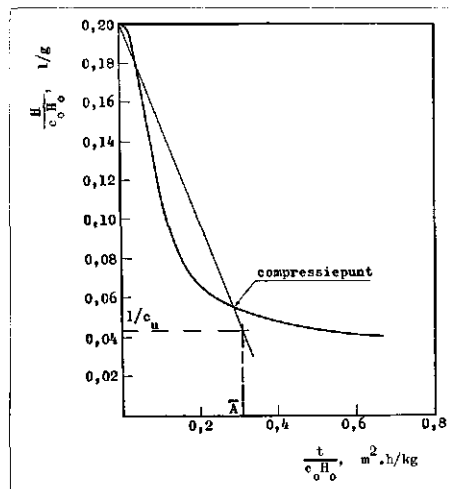
$$Q_0 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$c_0 = 5 \text{ g/l}$$

$$c_u = 22,5 \text{ g/l}$$

Dan is 1/c_u = 0,044 1/g.

De bezinkcurve voor de beginconcentratie is weergegeven in afb. 21. Hieruit wordt gevonden $\bar{A} = 0,38 \text{ m}^2 \cdot \text{h}/\text{kg}$, dus $A = 0,38 \times 25 = 9,5 \text{ m}^2$. In de literatuur is meermalen beweerd dat de methode Talmadge & Fitch minder geschikt is voor flocculent slib (Vesilind 45). Door Fitch [46] wordt een methode gepropageerd die meermalen met succes is toegepast door Oltmann. Het is gebleken dat de methode van Oltmann resultaten geeft die beter overeenstemmen met die van Coe & Clevenger. Deze methode is afgeleid van de methode Talmadge & Fitch, waarbij het eenheidsoppervlak bepaald wordt zoals in



Afb. 22 - Bepaling oppervlak met de methode Oltmann.

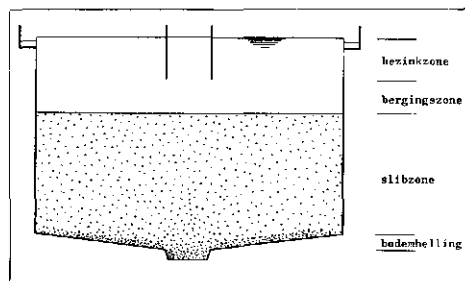
afb. 22. Nu wordt $\bar{A} = 0,32 \text{ m}^2 \cdot \text{h}/\text{kg}$, dus $A = 0,32 \times 25 = 8 \text{ m}^2$.

6. Het bepalen van de hoogte van een indikker

De totale hoogte van een indikker wordt bepaald door sommatie van een aantal afzonderlijke hoogtes die in een indikker zijn te onderscheiden (zie afb. 23).

1. De bezinkzone, dit is de diepte van de invoer beneden het wateroppervlak. Deze hoogte wordt meestal gekozen op grond van praktijkervaring en kan variëren van 0,30 tot 1,00 m.
2. De bergingszone, dit is de zone tussen de invoer en de bovenkant van een slibzone. Deze zone kan worden beschouwd als een extra volume waarin slib geaccumuleerd kan worden in geval de drogestoftoevoer stijgt of wanneer de afvoer onderin tijdelijk is gestagneerd. Deze hoogte wordt eveneens op grond van praktijkervaring gekozen en kan variëren van 0,30 tot 1,00 m.
3. De slibzone of compressiezone. Deze zone bevat slib met concentraties boven de kritische concentratie. Hierin vindt compressie plaats, hetgeen betekent dat in neerwaartse richting sliblagen met een steeds hogere concentratie voorkomen. De mate van compressie is van belang voor

Afb. 23.



het bereiken van de gewenste aftapconcentratie en deze wordt bepaald door het gewicht van de bovenliggende sliblagen, doch ook van de doorlatendheid van deze sliblagen.

4. *De hoogte voor de bodemhelling*, die kan variëren van 0,30 tot 0,60 m al naar gelang de diameter van de indikker.

Uit het bovenstaande is af te leiden dat alleen de hoogte van de slibzone de uiteindelijke indikking bepaalt en daarom zijn hier een aantal berekeningsmethoden voor ontworpen waarvan enkele zullen worden behandeld.

Coe & Clevenger definieerden het compressievolume van een indikker als de inhoud van de indikzone die nodig is om de drogestoftoevoer voor de gehele tank te bevatten gedurende het aantal uren dat wordt vereist om het slib tot de gewenste aftapconcentratie in te dikken. Dit aantal uren is de benodigde compressietijd, die volgens Fitch [47] is te bepalen met behulp van een langdurige bezinkproef. Als wordt aangenomen dat bij de bezinkproef de gemiddelde concentratie gedurende de compressietijd (c_{gem}) gelijk is aan de aftapconcentratie c_u uit de indikker, dan is voor iedere gewenste c_u een bijbehorende H_{gem} te berekenen. In afb. 24 is daarmee de bijbehorende compressietijd ($t_u - t_c$) te bepalen.

De hoogte van de compressiezone wordt dan:

$$H_c = \frac{G \cdot V_{gem} (t_u - t_c)}{W} \quad (35)$$

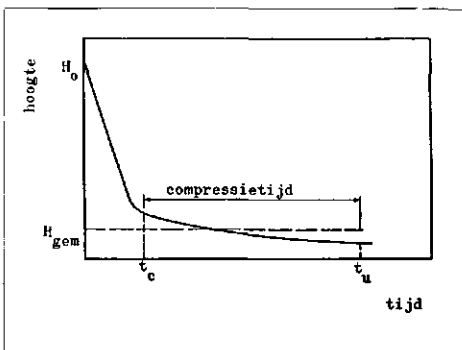
waarin:

V_{gem} = het gemiddelde volume van het indikkend slib in de bezinkproef gedurende de compressietijd.

W = het drogestofgewicht van het slib in de bezinkproef.

Indien de proef wordt gestart met de beginconcentratie c_o , die gelijk is aan de toevoerconcentratie naar de indikker, dan wordt de formule:

Afb. 24 - Bezinkcurve over lange tijd.



$$H_c = \frac{Q_o (t_u - t_c)}{A} \cdot \frac{H_{gem}}{H_o} \quad (36)$$

Indien H_c te hoog mocht uitvallen, dan moet A worden vergroot. Als vuistregel is bovenstaande formule te gebruiken, maar hij heeft zijn beperkingen omdat hij gebaseerd is op de veronderstelling $c = c(t)$ in de compressiezone als enige wetmatigheid en in werkelijkheid spelen andere parameters ook een rol.

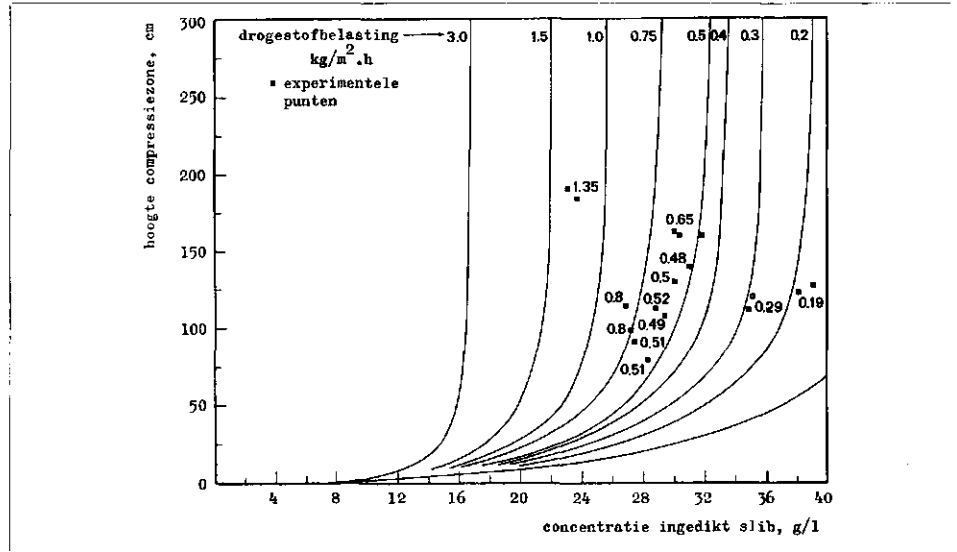
Kalbskopf [34, 48] geeft een berekeningsvoorbeeld dat niet zonder een grondige kennis van zaken moet worden toegepast. Gegeven zijn de toevoerconcentratie c_o , het toevoerdebiet Q_o en de gewenste indikconcentratie c_u . De slibaanvoer als drogestofdebiet is $c_o Q_o$. Nu veronderstelt Kalbskopf dat de gemiddelde slibconcentratie in de compressiezone gelijk is aan $0,75 c_u$. Het slibdebiet als vloeistofdebiet is dan in de compressiezone $c_o Q_o / 0,75 c_u$. In een tweede aanname wordt er een willekeurige verblijftijd van het slib in de compressiezone gekozen: ($t_u - t_c$). Dan wordt de hier-

mee te berekenen hoogte van de compressiezone:

$$H_c = \frac{c_o Q_o (t_u - t_c)}{0,75 c_u A} \quad (3)$$

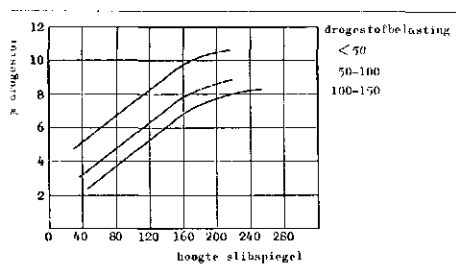
De onnauwkeurigheid van bovenstaande berekeningsmethode zit in de beide schalingen: $c_{gem} = 0,75 c_u$ en $(t_u - t_c)$. Het is helemaal niet gezegd dat deze beide aannames met elkaar in overeenstemming zijn zonder dat dit is bevestigd door proeven. De meeste berekeningsmethoden hebben een gemeenschappelijk kenmerk, nl. dat er gegevens moeten worden verkregen uit volledig beëindigde of tenminste zeer lang voortgezette bezinkproeven. Voor minerale suspensies en anorganische slibsoorten uit de drinkwaterbereiding is dit geen probleem. Met biologisch slib zijn zeer langdurige bezinkproeven niet mogelijk door het ontstaan van een anaëroë toestand of het op gang komen van denitrificatie voor genitrificeerd actiefslib. Beide processen gaan gepaard met gasvorming en geven een verstoring van de bezinking.

Afb. 25 - Berekende en gemeten resultaten van Kos, aangevend het verband tussen de hoogte van de compressiezone en de concentratie van het afgetapte slib (uit 2).



Lijst van gebruikte symbolen

a	lineaire compressibiliteitsmodulus	$L^{-2} \cdot T^2$
A	oppervlak indikker	L^2
\bar{A}	eenheidsoppervlak = $1/G$	$M^{-1} \cdot L^2 \cdot T$
c_i	concentratie van beschouwde laag i	$M \cdot L^{-3}$
c_o	concentratie toevoer	$M \cdot L^{-3}$
c_u	concentratie afgetapte slib	$M \cdot L^{-3}$
G	totale flux	$M \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}$
G_L	minimumflux	$M \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}$
H_c	hoogte bij begin van compressie	L
H_o	beginhoogte	L
Q_o	toevoerdebiet	$L^3 \cdot T^{-1}$
t	tijd	T
t_c	tijdstip waarop de compressie begint	T
t_u	tijdstip waarop de gewenste aftapconcentratie c_u is bereikt	T
σ	effectieve druk (druk tussen de deeltjes overgebracht)	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$



fb. 26 - Verband tussen de hoogte van de compressiezone en de concentratie van het getapte slib (bepaald door Kalbskopf, 16).

ommige onderzoekers (Fitch 47, Vesilind 5) geven als vuistregel dat voor de diepte van de compressiezone het beste 1,0 m gekozen kan worden (3-ft rule), omdat voor hogere compressiezones nauwelijks nog verbetering t.a.v. de indikking is te verwachten. Interessant in dit licht zijn de resultaten van Kos [31], die door computer-simulatie het verband tussen de compressiezone en de aftapconcentratie heeft bepaald (zie afb. 25). Zijn proefresultaten zijn als punten ingetekend met erbij geschreven de drugestofbelasting. De correlatie is goed. Overduidelijk is te zien dat het een enkel nut heeft de compressiezone lager dan 1,50 m te kiezen, omdat dan voor al te laag alle drugestofbelastingen de maximale aftapconcentratie is bereikt. Kalbskopf [34] daarentegen krijgt met zijn slijb andere resultaten (zie afb. 26). Hij vindt voor een grotere diepte toemerkende concentraties.

Literatuur

- Scott, K. J. *Continuous thickening of flocculated suspensions*. Ind. and Eng. Chem. Fundamentals 9 (1970), nr. 3, p. 422-427.
- Vesilind, P. A. Discussie op (27). Journal of the San. Eng. Div., ASCE 94, (1968), p. 185-191.
- Behn, V. C. *Settling behaviour of waste suspensions*. Journal of the San. Eng. Div., ASCE 83, (1957), nr. SA5, paper 1423, p. 1-20.
- Vesilind, P. A. *The influence of stirring in the thickening of biological sludge*. Thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, N.C., 1968.
- Comings, E. W. *Thickening calcium carbonate slurries*. Ind. and Eng. Chemistry 32 (1940), nr. 5, p. 663-667.
- Comings, E. W.; Pruiss, C. E.; DeBord, C. *Continuous settling and thickening*. Ind. and Eng. Chemistry 46 (1954), nr. 6, p. 1164-1172.
- Keefe, C. E. *Thickening of raw sludge*. Water and Sewage Works 107 (1960), R336-R341.
- Hassett, N. J. *Mechanism of thickening and thickener design*. Transactions of the Inst. of Mining and Metallurgy, Section C, 74 (1965), 627-656 en discussie: 75 (1966), p. C188-C191.
- Konicek, Z.; Handova, Z.; Pardus, I. *Separation and gravity thickening in secondary clarification tanks*. Proceedings 7th Int. Conf. Water Poll. Research, 1974, p. 149-160.
- Vesilind, P. A. *Design of prototype thickeners*

from batch settling tests. Water and Sewage Works 115 (1968), p. 302-307.

46. Fitch, E. B. *Current theory and thickener design — part 1, 2 and 3* Filtration & Separation 12 (1975), nr. 4, p. 355-359; nr. 5, p. 480-488, 553; nr. 6, p. 636, 638.

47. Fitch, E. B. *Batch tests predict thickener performance*. Chem. Eng. 78 (1971), nr. 19, p. 83-88.

48. Kalbskopf, K.-H. *Studies on the design of gravity thickening*. Water Research 6 (1972), p. 499-502.



IWES-Symposium 'Energy use and conservation in the water industry'

Het Institution of Water Engineers and Scientists (IWES) organiseert op 3 en 4 december 1980 in Londen het symposium 'Energy Use and Conservation in the Water Industry'. Inlichtingen bij de heer Bernard Dangerfield, Deputy Secretary, The Institution of Water Engineers and Scientists, 6—8 Sackville Street, Piccadilly, London, W1X 1DD England.

Agenda

3 t/m 4 december 1980, Londen: IWES-Symposium 'Energy Use and Conservation in the Water Industry'. Inl.: mr. Bernard Dangerfield, Deputy Secretary, The Institution of Water Engineers and Scientists, 6—8 Sackville Street, Piccadilly, London, W1X 1DD England.

Cursussen rubber en kunststoffen

Bij de Stichting Opleiding Rubber en Kunststoffen (SORK) is het opleidingsprogramma voor het seizoen 1980/1981 verschenen. Hierin worden een groot aantal theorie- en praktijkcursussen beschreven die op verschillende niveaus worden gegeven.

De cursussen zijn niet alleen bestemd voor personeel dat werkzaam is in de rubber en kunststoffenindustrie, maar ook voor degenen die in andere sectoren rubber en kunststoffen bewerken en verwerken. Desgewenst kan de SORK haar bemiddeling verlenen bij de diverse subsidiemogelijkheden door de overheid.

Het opleidingsprogramma is op aanvraag verkrijgbaar bij de Stichting Opleiding Rubber en Kunststoffen, Postbus 85806, 2508 CM DEN HAAG, tel. (070) - 469444.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

INTERNATIONAL ASSOCIATION ON WATER POLLUTION RESEARCH

Appointment of Chief Executive

Applications are invited for the London based post of Secretary-Treasurer of the International Association on Water Pollution Research.

The Association is an independent, non-governmental organisation of 27 member countries world-wide with the object to promote the advance and exchange of knowledge internationally in water pollution control and research.

The Secretary-Treasurer is the principal salaried officer and is responsible for the administration of the budget, the management of the head office, the membership services, the organisation of conferences and the operation of publication agreements. Appropriate management experience in water science and technology and editorial work is desirable but not essential.

The organisation is young with a small staff but it is expanding and the successful applicant is expected to make a career of the appointment. Commencing salary is negotiable around £ 15,000 sterling per annum.

Applications should be sent in writing to the Secretary-Treasurer, International Association on Water Pollution Research, Chichester House, 278 High Holborn, London WC1V 7HE, England, from whom further details are available on request. The closing date for receipt of applications is **15th September, 1980**.

NVA-symposium 'Rioolgemalen en persleidingen'

Op 1 oktober 1980 houdt de NVA een door programmagroep 2 georganiseerd symposium in het jaarbeurs congresgebouw (Beatrixgebouw) te Utrecht over het onderwerp 'Rioolgemalen en persleidingen'. 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 Z.H. vóór 22 september a.s. onder vermelding van Symposium NVA 1 oktober. De kosten van deze dag zijn inclusief consumpties en lunch.