

Relatie CZV-BZV?

1. Inleiding

In de technologie van de afvalwaterbehandeling duikt telkenmale het zoeken naar een verband in de verhouding van het chemische en het biochemische zuurstofverbruik van eenzelfde afvalwater weer op. Het is bekend, dat een afvalwater van huishoudelijke herkomst wordt gekenmerkt door een CZV/BZV van 2 of meer en dat afvalwateren van typisch 'biologische' origine (zuivel, bier, aardappel, slacht) door een nogal wat lagere verhouding (1,5 - 1,6) worden gekarakteriseerd. Door een groot



DR. IR. H. J. EGGINK
Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant

aantal onderzoekers is naar een verklaring van deze verschillen gezocht. Daarbij worden soms voorkeuren uitgesproken voor de CZV-bepaling en worden de 'hazards' van de analyse van de BZV veelal naar voren gehaald. Voor vele afvalwateren zou de bepaling van de BZV o.m. door een onvolledige reactie te kort schieten. De werkelijke hoeveelheid te zuiveren — ook het langs biochemische weg te onttrekken — organisch materiaal zou door het CZV algemeen en beter worden beschreven.

Naar de huidige stand van zaken wordt bij de projectering van zuiveringstechnische werken nog algemeen gebruik gemaakt van het BVZ als ontwerpparameter. Voor de vervanging door het CZV zijn nog geen richtlijnen bekend.

Tenslotte zij vermeld, dat het CZV — in tegenstelling tot het BZV — in afvalwater-technisch opzicht geen inzicht geeft in de belasting van oppervlaktewater met biochemisch afbreekbaar materiaal. Zonder hier uitgebreide literatuur aan te halen, kan gesteld worden, dat een aantal verbindingen zich niet direct leent voor biochemische afbraak. Daar staat tegenover, dat deze verbindingen in afvalwateren van de samenstelling, zoals die op de meeste (niet typisch industriële) rioolwater-zuiveringsinstallaties wordt ontvangen, in geringe mate aanwezig zijn. Om deze reden is bij dit onderzoek uitgegaan van de gedachte, dat het BZV als belangrijke parameter gehandhaafd kan en ook moet blijven, naast de bepaling van het CZV.

In zijn algemeenheid komen in afvalwateren naast wisselende hoeveelheden stoffen van anorganische herkomst, stoffen van organische samenstelling voor,

waarvan een gedeelte direct biochemisch opneembaar is — dus als BZV en als CZV gemeten kan worden —, een ander deel op langere termijn afbreekbaar, dan wel biochemisch inert is — en alleen als CZV wordt geanalyseerd —. De vorming van de hoeveelheid actiefslib in elk afvalwater wordt om deze reden door drie variabelen bepaald, te weten:

- het adsorbeerbare anorganische materiaal;
- het langs biochemische weg ontstane slib;
- het inerte organische materiaal, dat voor een deel met het biochemische slib uitvlokt.

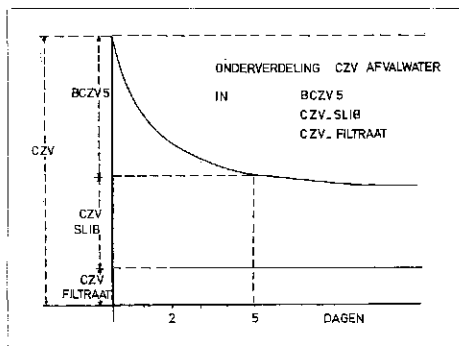
Om deze redenering niet te compliceren is hierbij — en ook bij het onderzoek — het primair bezinkbare slib buiten de discussie gehouden. De ontwerper van een zuiveringstechnisch werk is, zonder voldoende bovengenoemde 'slibfactoren' in rekening te kunnen brengen, in het huidige stadium nog gehouden zich te behelpen met gegevens over slibproducties per kg BZV-belasting, eventueel rekening houdend met de gekozen slibbelasting.

In het hier behandelde onderzoek is nog eens gepoogd nader in te gaan op de betekenis van de parameters CZV en BZV in relatie tot de slibproductie om daarmee te komen tot een betere karakterisering van afvalwateren van uiteenlopende samenstelling.

2. De opzet van het onderzoek

Als afvalwater in een bekerglas wordt belucht, ontwikkelt zich daarin na ongeveer 2 dagen een actieve flora, het actiefslib. In feite is dit het grondbeginsel van de afvalwaterzuivering. Het zuiveringsproces in het bekerglas is te volgen door in de tijd mengmonstertjes op CZV te analyseren. De Δ CZV tussen de tijd 0 en 5 dagen is dan een maat voor het biochemische zuurstofverbruik in 5 dagen. Na ongeveer 2 dagen beluchting is in het

Afb. 1 - Onderverdeling CZV afvalwater.



algemeen slib af te scheiden door bezinking. In kwantitatieve zin kan de separatie in het laboratorium beter geschieden door centrifugering. In het na centrifugatie verkregen heldere filtraat kan weer het CZV worden bepaald. Op deze wijze wordt het CZV van het afvalwater onderverdeeld in:

- een aandeel BZV₅, voortaan aangeduid als BCZV₅, het biologisch aantastbare deel van het CZV;
- een aandeel 'slib-CZV' en
- een aandeel 'filtraat-CZV', (ook te zien als CZV van het effluent van een zuiveringsinrichting).

Schematisch is deze grondgedachte van de analyse-opzet samengevat in afb. 1. Bij het onderzoek is nog vastgehouden aan het BCZV bepaald in 5 dagen. Het is duidelijk dat voor de tijdsduur ook een andere keuze kan worden gedaan. Het is echter wel gebleken, dat deze groter moet zijn dan 2 dagen en liefst minstens 5 dagen in verband met de slibvorming en de afscheidingsmethodiek.

3. De toegepaste methodiek

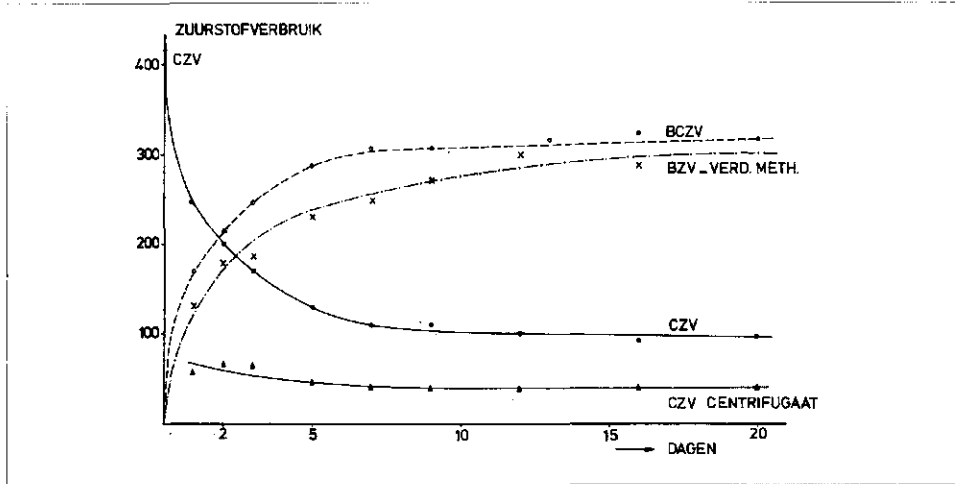
Het onderzoek werd, om het niet te compliceren, tot nu toe uitgevoerd met afvalwater, dat van primair te bezinken delen werd ontdaan. Literflessen worden met afvalwater voor ca. 1/3 deel gevuld. Vervolgens wordt zo lang zuivere zuurstof in de fles geleid, dat aangenomen mag worden, dat het beschikbare volume voor het grootste deel door zuivere zuurstof wordt ingenomen. Bij een constante temperatuur van 20 °C wordt de inhoud op een schudmachine gemengd. Op vastgestelde tijdstippen wordt uit de fles een analysemonster genomen en onderzocht op CZV als zodanig en het centraat op CZV na centrifugering.

De 'neerslag' in de centrifugebuis wordt kwantitatief overgebracht en na droging gewogen. In de droge stof wordt de gloeirest bepaald.

Met behulp van deze gegevens, in de tijd verzameld, zijn de curves op te zetten, waarvan voorbeelden in de afb. 2, 3 en 4 zijn weergegeven.

Te onderzoeken materiaal

Bij het onderzoek werd een keuze gemaakt uit afvalwateren van uiteenlopende samenstelling, die zowel van huishoudelijke als van industriële herkomst waren. Gedurende het onderzoek bleek het vooral van belang te zijn de spreiding in samenstelling te zoeken in de verhouding CZV/BZV. Uit de resultaten komt dit ten duidelijkste naar voren. Ook werden



Afb. 2 - Verloop CZV van rioolwater (installatie Boxtel 31-8-'76) met de duur van beluchting.

een aantal afvalwateren opgenomen van meer extreme industriële herkomst.

4. De resultaten van het onderzoek

Bij het onderzoek waren een 60-tal afvalwateren van verschillende herkomst betrokken. In afb. 2 en 3 is het verloop gegeven van het CZV tijdens beluchting en van de samenstelling van het centraat voor een periode van resp. 20 en 12 dagen van enkele van deze afvalwateren.

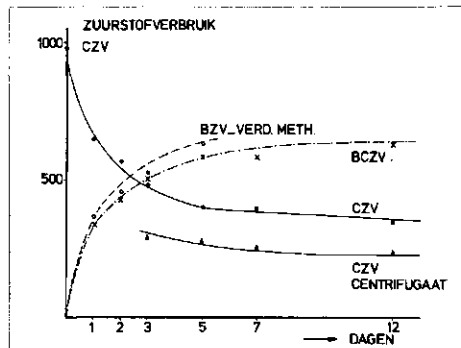
Uit het verloop van de CZV-lijn is het BCZV te berekenen ($CZV_0 - CZV_t$). Het BCZV is in beide afbeeldingen in vergelijking met het BZV (verdunningsmethodiek) uitgezet.

Bij het rioolwater Boxtel werd een aantal malen gevonden, dat het BCZV een sneller verloop heeft dan het BZV (verdunningsmethodiek).

In het algemeen kan wel gesteld worden, dat de verschillen in methodieken in het grootste deel van de afvalwateren van biologische herkomst leidt tot $BCZV_5$ -waarden, die minstens gelijk, maar in het algemeen hoger liggen dan de BZV_5 (verdunningsmethode). Ook werd gevonden, dat de methodiek voor de bepaling van de BCZV goed reproduceerbare waarden geeft. In verband met de bepaling van het bio-chemische zuurstofverbruik is dit een interessant gegeven.

Beter dan de verdunningsmethodiek sluit het hier behandelde aan bij de zuiveringstechniek. Over de resultaten speciaal met betrekking tot de BZV-bepaling is een publicatie van medewerkers in voorbereiding.

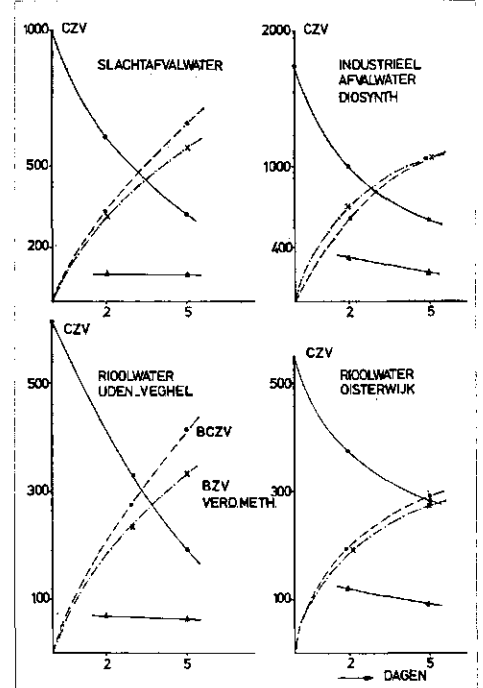
Het valt op, dat bij het rioolwater Helmond (afb. 3) — waarin een belangrijk industrieel aandeel — juist een lagere $BCZV_5$ dan BZV_5 wordt gemeten. Ook dit werd een aantal malen gevonden en moet geweten worden aan storingen op de BZV-bepaling, die in het monster afvalwater als zodanig



Afb. 3 - Verloop CZV van rioolwater (installatie Helmond) met de duur van beluchting.

wel aan het daglicht treden, maar die bij de verdunningsmethode niet worden gevonden. Op zichzelf is dit weer niet onbekend: men denke aan de Warburg-techniek. Het is echter op zichzelf interessant, dat met deze eenvoudige techniek dergelijke storingen gemeten kunnen worden.

Naast een aantal bepalingen over langere duur, strekte het eigenlijke onderzoek zich voor een groter aantal soorten afvalwater uit over een beluchtingsduur van 5 dagen. Van de verkregen resultaten zijn voorbeelden in afb. 4 samengevat. Hierbij valt op, dat ook het rioolwater Uden-Veghel een duidelijk hogere $BCZV_5$ laat zien dan het BZV_5 . Dit afvalwater is ook voor een belangrijk deel van 'biologische' herkomst. Wegens de optredende verschillen in deze BZV-uitkomsten is voor de verdere behandeling bij een beluchtingsduur van 5 dagen het $BCZV_5$ — en niet het BZV_5 (verdun-



Afb. 4 - Verloop CZV na beluchting van afvalwater.

ningstechniek) als grondslag gekozen. Om verschillen in de afvalwateren te karakteriseren is telkens bij een beluchtingsduur van 5 dagen bepaald, hoe het CZV is verdeeld over:

- het biochemisch afbreekbaar deel;
- het aandeel aan slib;
- het aandeel aan centraat.

De onderzoekresultaten van de 4 afvalwateren (afb. 4) leiden tot de karakteristieken samengevat in tabel I. Bij bestudering van deze gegevens valt op, dat het $BCZV$ -aandeel van het CZV uiteenloopt van 50 % tot bijna 67 % of omgekeerd, dat de CZV - $BZCV$ -verhouding schommelt tussen ca. 2 en 1,33. Het slibaandeel, uitgedrukt als CZV, varieert tussen 21 en 28 en het centraat tussen 10 en 20 %.

Opmerking

Het onderzoek werd uitgevoerd met zuivere zuurstof. Er werd gevreesd, dat evenals bij het Onox-zuiveringsproces en de Deep-shaft door het gebruik van zuurstof een andere graad van sliboxydatie werd verkregen, dan wanneer werd gewerkt met lucht.

TABEL I - Verdeling CZV over $BCZV$, CZV -slib en CZV -centraat (mg/l) en als % van CZV.

afvalwater	CZV	$BCZV$ % CZV	CZV -slib % CZV	CZV -centraat % CZV			
Oisterwijk (huish.)	565	290	51,4	160	28,3	115	20,3
Uden-Veghel (ind. + huish.)	610	405	66,4	130	21,3	65	10,7
slachtafvalwater	990	660	66,7	230	23,2	100	10,1
industrieel afvalwater biologische sector	1715	1065	62,1	430	25,1	220	12,8

De vergelijkende gegevens zullen, om de beschrijving niet te complex te maken, hier niet worden samengevat. De verkregen resultaten van een tiental vergelijkende proeven vertoonden geen grote en zeker geen systematische verschillen.

5. Relatie CZV/BCZV en slibproductie

Bij het onderzoek waren een 60-tal afvalwateren betrokken van zeer uiteenlopende herkomst. Voor een kleiner gedeelte betreft het herhalingen, om na te gaan met welke spreiding werd gewerkt, dan wel of de resultaten consistent geacht mochten worden.

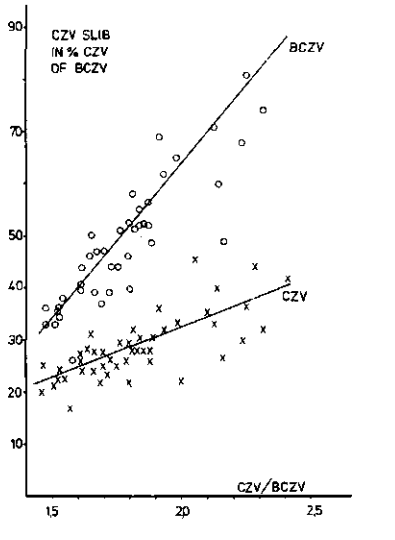
Bij bestudering van de resultaten werd vooral een spreiding in slibproductie geconstateerd. Een relatie werd onderkend tussen slibproductie en CZV/BCZV₅. Op grond van deze waarnemingen werden de afzonderlijke relatieve slibproducties, berekend t.o.v. het BCZV₅ en het CZV, uitgezet tegen de CZV/BCZV₅. In afb. 5 zijn de resultaten samengevat. Ondanks de vrij grote spreiding, die steeds bij het afvalwateronderzoek voorkomt, is er een duidelijke relatie tussen de slibproductie uitgedrukt als CZV en het CZV/BCZV₅.

Bij een verhouding van 1,5 — dus voor een afvalwater van biologische herkomst — wordt een slibproductie van ruim 30 % van het BCZV₅ afgelezen, bij een verhouding 2,2 — huishoudelijke herkomst — van ca. 80 %.

In feite zijn dit grote verschillen. Bij de huidige stand van zaken was bekend, vooral bij de slibproductie in oxydatiesloten, dat verschillen verwacht mogen worden, samenhangend met de herkomst van het afvalwater. Dat deze verschillen zo groot kunnen zijn, was naar de mening van de schrijver tot nu toe niet bekend. Ook de spreiding voor de relatie slibproductie (als CZV) t.o.v. het CZV van het afvalwater is groot. Hier kan worden vastgesteld, dat gemiddeld bij een CZV/BCZV van 1,5 een produktie van ruim 20 % voorkomt en bij een verhouding 2,2 van ruim 35 %.

Aangetekend zij nog, dat in de afbeelding en het verband tot BCZV₅ en dat tot CZV is uitgezet. Deze mogen onderling niet vergeleken worden, omdat ze gezien de X-as van de grafiek onderling afhankelijk zijn. De slibproductie werd als CZV gemeten. Om het gewicht aan slib per eenheid BCZV of CZV te kennen, moeten gegevens over het CZV per gram organische stof en over het gehalte aan anorganisch materiaal bekend zijn.

Op dit aspect zal in een volgende paragraaf worden ingegaan.



Afb. 5 - Relatie slib-CZV tot BCZV en CZV in afhankelijkheid van CZV/BCZV.

6. Betrouwbaarheid van de gevonden gemiddelde relatie

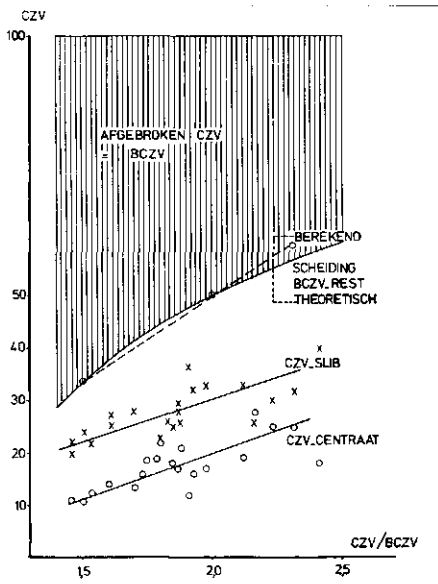
Dat ondanks de spreiding der gegevens de gemiddelde relatie toch wel betrouwbaar is, moge blijken uit de samenvatting van gegevens in afb. 6.

Naast de CZV-slib-lijn is hier ook de relatie CZV-centraat t.o.v. de CZV/BCZV uitgezet. Bij het centraat wordt eveneens een stijging in het CZV-gehalte waargenomen bij stijgende verhouding.

Bij een CZV/BCZV van ca. 1,5 bevindt zich ongeveer 10 % van de oorspronkelijke CZV in het centraat, bij een verhouding 2,2 is dit opgelopen tot bijna 20 %.

In de afbeelding is de berekende lijn aangegeven voor de scheiding van het aandeel BCZV en dat van het minder snel of niet

Afb. 6 - Vergelijking theoretische en berekende rest-CZV na biochemische afbraak.



biochemisch aantastbare deel, voorgesteld door de CZV-slib en de CZV-centraat tesamen. Immers bij een CZV/BCZV van 1,5 is ca. 67 % van het CZV biochemisch afbreekbaar en 33 % bestaat uit slib en centraat; bij een verhouding 2,0 neemt elk deel 50 % van de CZV in.

De getrokken lijnen geven het verband weer tussen de CZV/BCZV₅ enerzijds en het centraatgehalte of de CZV-slib anderzijds. Het zijn relaties die uit het onderzoek volgen.

Worden beide lijnen gesommeerd, dan wordt de 'gesommeerde gemeten lijn' verkregen. Er is een verrassende dekking van het gemeten verband en de langs theoretische weg benaderde lijn. Ondanks de spreiding van gegevens moet daarom worden aangenomen, dat de gemeten lijnen het gemiddelde verband goed weergeven.

7. Slibproductie

Bij het onderzoek werd de slibproductie in CZV uitgedrukt.

In de zuiveringstechniek wordt steeds met gewichtshoeveelheden gewerkt. Om deze rekenstap te kunnen maken moet het CZV op hoeveelheid organische stof worden omgerekend, waarna vervolgens via de gloeirest de totale hoeveelheid actiefslib kan worden benaderd.

8. CZV organische stof

Uit een 25-tal analyses van slibsoorten werd een gemiddelde CZV per gram organische stof benaderd van 1,43 (g/g). Ook hier was de spreiding van de analysegegevens vrij groot (ongeveer 15 %). Dit is goed te verklaren, omdat de analyses soms met kleinere hoeveelheden moesten worden uitgevoerd. De gevonden gemiddelde waarde komt echter goed overeen met een waarde 1,42 welke uit de literatuur bekend is.

9. Spreiding gloeiresten

Hoewel nog niet zo bekend, moet gezien de herkomst van de afvalwateren worden aangenomen, dat de spreiding van de gloeiresten groot is. In afb. 7 is deze spreiding in beeld gebracht.

10. Berekening slibhoeveelheid

Het is daardoor niet mogelijk een benadering van de gemiddelde slibproductie als gewichtshoeveelheid te geven. Als echter de gloeirest van een bepaalde slibsoort bekend is, is de berekening eenvoudig. Deze wordt uitgevoerd met de volgende formule:

$$\text{hoeveelheid slib (in g)} = \frac{\text{CZV-slib}}{1,4} \times \frac{100}{100\text{-gloeirest}}$$

Met de eerste factor vindt de omrekening van CZV naar organische stof plaats, met de tweede van organische stof naar hoeveelheid slib. De hoeveelheid slib-CZV valt weer af te lezen uit afb. 5 in relatie tot de CZV/BCZV.

In tabel II is een samenvatting gegeven van een aantal calculaties.

TABEL II - Benaderde slibproductie per kg CZV en BCZV uit CZV/BCZV₅ (afb. 5) en gehalte aan gloeirest in g droge stof.

	gloeirest %	CZV/BCZV ₅		
		1,5	1,9	2,3
basis CZV	10	180	245	305
	20	205	275	345
	30	235	315	390
basis BCZV	10	270	460	655
	20	305	520	735
	30	350	590	840

11. Verhouding gevonden waarden tot die bekend in de zuiveringstechniek

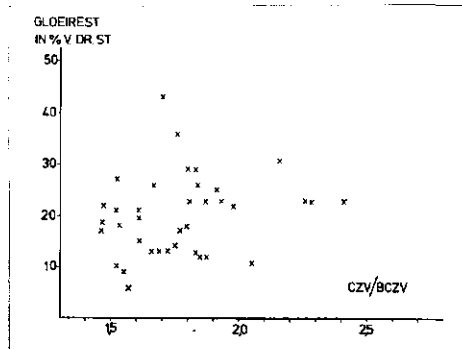
Men is al spoedig met betrekking tot het BCZV geneigd, voor de gevonden slibproducties een relatie te leggen met gegevens bekend uit de zuiveringstechniek. Hierbij moet echter bedacht worden, dat de hier berekende slibproducties resulteren uit een eenmalige behandeling en zijn gerelateerd aan de situatie van 5 dagen beluchting (BCZV₅).

Bij continue belasting in een actiefslibproces is daarentegen sprake van een continue belasting en wordt actiefslib van een bepaalde 'slibleeftijd' afgelezen. De slibkwaliteit en hoeveelheid is dan uit een integraal opgebouwd. Het is een zaak van studie in hoeverre van vergelijkbaarheid sprake kan zijn.

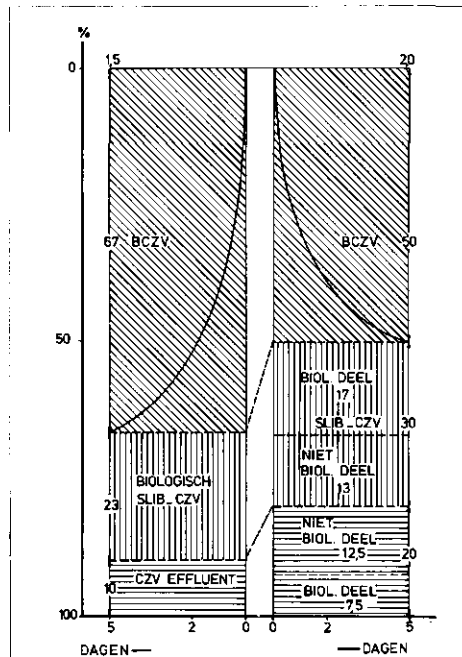
Deze gedachte is nader toegelicht in afb. 9, waarin het verloop van de slibproductie met de tijd uit afb. 2 is samengevat. Door een globale grafische integratie is een curve verkregen, die wellicht de slibproductie bij continue belasting weergeeft. Tevens is in in de afbeelding nog opgenomen het aandeel in het slib van verschillende slibleeftijden, dat wordt ingenomen door het 'jonge' slib van 1, 2, 3 en 4 dagen oud. Dit laatste is gedaan om een indruk te verkrijgen van het aandeel 'jong' slib in het bij verschillende slibleeftijden geproduceerde spuislib. Uit deze gegevens valt af te lezen, dat de bij het onderzoek gevonden slibproductie, bepaald in de batchproef bij 5 dagen, voor het hier behandelde geval zeer redelijk in orde van grootte de slibproductie in de praktijk bij slibleeftijden van 5 tot 8 dagen weergeeft. Nader onderzoek zal, zoals reeds vermeld, nodig zijn om aan dit vraagstuk meer achtergrond te geven.

12. Nabeschuiving

Het hier behandelde onderzoek werd opgezet om met behulp van bekende para-



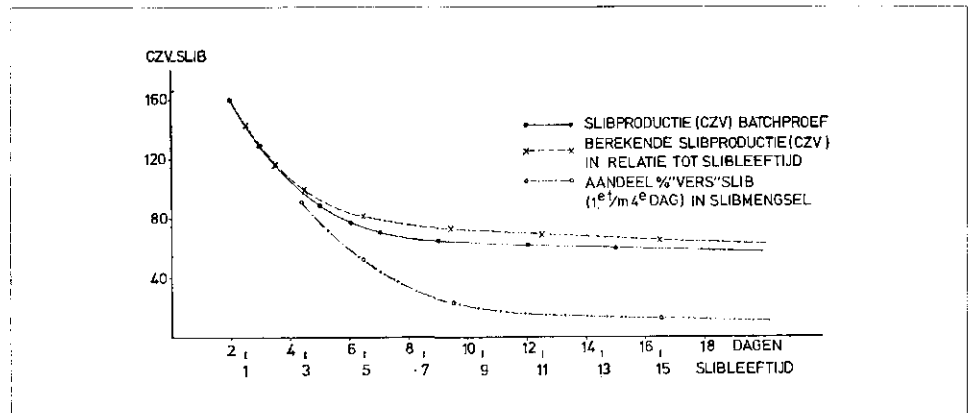
Afb. 7 - Spreiding gloeiresten van het slib in relatie tot CZV/BCZV.



Afb. 8 - Vergelijking resultaten afvalwateren met CZV/BCZV van resp. 1,5 en 2,0.

eters meer inzicht te geven in de uiteenlopende samenstelling van afvalwateren. Dat de relatie CZV/BCZV gecompleteerd wordt met het CZV van het gevormde slib en die in het centraat (effluent), is niet nieuw. Dat aan de andere kant een verband

Afb. 9 - Vergelijking slib-CZV batchproef en daaruit berekende slib-productie (als CZV) in afhankelijkheid van slibleeftijd.



kan worden aangegeven tussen de CZV/BCZV enerzijds en de slibproductie (als CZV) en het centraat (als CZV) anderzijds, kon bij de aanvang niet worden verwacht (zie ook afb. 8).

Dit onderzoek met zijn beperkte aantal gegevens moet als een voorstudie worden beschouwd. Het was op zichzelf al een vrij grote inspanning om zoveel materiaal te verzamelen, dat met enige zekerheid de gevonden verbanden konden worden aangegeven. Met name kon in onvoldoende mate beschikt worden over afvalwateren met een CZV/BCZV > 2,1. Om deze reden reeds is het nodig aanvullend materiaal te verzamelen. Bij de schrijver bestaat de overtuiging, dat de hier gevonden relaties van groot belang zijn voor de zuiveringstechniek. Hierdoor is het mogelijk geworden met behulp van onderzoekingen in het beschikbare afvalwater in korte tijd wat meer te zeggen over bijv. de belasting van effluent met CZV en de orde van grootte van de te verwachten actiefslibproductie. Aanvulling van het onderzoek in de richting van primair slib is nodig. Het lijkt dan ook mogelijk het CZV op te nemen in de ontwerpnormen voor een zuiveringstechnisch werk. Geconcludeerd moet worden, dat de B(C)ZV niet door de CZV vervangen kan worden. Beide parameters hebben hun eigen fundamentele betekenis, zowel voor de beoordeling van oppervlaktewater en afvalwater, als voor het ontwerpen van zuiveringsinrichtingen.

Gaarne memoreer ik het werk van de heren F. Boleij, N. van Dael, K. G. van Ettehoven en B. van de Rijdt, die met grote inzet het materiaal verzamelden en bij de bespreking ervan mede richting gaven aan het resultaat van dit werk.

In het wetenschappelijk onderzoek gold al vele jaren de gevleugelde uitdrukking: 'Degene die zichzelf respecteert begint niet aan het onderzoek van humus'.

● *vervolg op pagina 287*

Relatie CZV-BZV?

● *vervolg van pagina 285*

De stap van humus naar slib of omgekeerd is niet groot. Het onderzoek van afvalwater biedt naast grote teleurstellingen vele boeiende momenten. Het is nauwelijks denkbaar, dat uit de wel zeer grote heterogeniteit toch nog verbanden naar voren komen.

13. Samenvatting

Een onderzoek werd uitgevoerd naar de betekenis van de relatie CZV/BZV.

Daartoe werden een groot aantal in samenstelling uiteenlopende afvalwateren na bezinking gedurende een aantal dagen (minstens 5) belucht. Naast de afname in CZV werd tevens na 5 dagen in het centraat van het mengmonster het CZV bepaald, terwijl van de in de centrifugeerbuis afgescheiden hoeveelheid slib het gewicht als droge stof werd gemeten en een analyse van de gloeirest werd verricht. Gevonden werd, dat:

$CZV = B(C)ZV + CZV\text{-slib} + CZV\text{-centraat}$.

Het BCZV is een zeer duidelijk onderdeel van het CZV en kan om verschillende redenen niet door het CZV worden vervangen. Een rechtlijnig verband tussen de verhouding CZV/BCZV en CZV-slib en ook ten aanzien van de CZV-centraat werd gevonden.

Een wiskundige formulering van dit verband is eventueel te geven.

Een CZV per gram organische stof van 1,43 g/g werd gevonden, die zeer nauw overeenkomt met een waarde die in de literatuur werd vermeld (1,42). De spreiding van gloeiresten van het aktiefslib is zeer groot en vertoont geen relatie met de soort afvalwater.

Het onderzoek geeft meer duidelijkheid over de betekenis van de relatie CZV/B(C)ZV. Aan de hand van de gegevens CZV, BCZV, slibproduktie in 5 dagen en gloeirest van het slib kan een aanduiding worden gegeven van het 'slibvormend vermogen' van het afvalwater.

Het blijkt, dat dit in afhankelijkheid van de CZV/BCZV sterk uiteen kan lopen.

Voortzetting van het onderzoek wordt nodig geacht om het bescheiden cijfermateriaal aan te vullen.

