

Dimensionering van de selector

De rol van influentkarakterisering

Dimensionering van de selector



De rol van influentkarakterisering

INHOUDSOPGAVE

blz

TEN GELEIDE

SAMENVATTING

1	INLEIDING	1
2	THEORETISCHE ACHTERGRONDEN	2
2.1	Karakterisering van het influent	2
2.2	Variaties in de influentsamenstelling	4
2.3	Theorie van de werking van de selector	5
2.4	Het selecteren van vlokvormers in de selector	6
2.5	Selectiemechanismen	7
2.6	Uitgangspunten bij het ontwerp van de huidige selectoren	8
2.7	Evaluatie van de literatuur	9
2.8	Recent onderzoek	9
3	UITVOERING PRAKTIJKONDERZOEK	11
3.1	Algemene aanpak	11
3.2	Meetprogramma	12
3.3	Berekeningen	14
4	RESULTATEN	15
4.1	Algemeen	15
4.2	CZV-influentkarakteristieken	15
4.2.1	RWZI's met meer dan 80% huishoudelijk afvalwater	15
4.2.2	De RWZI's met minder dan 80% huishoudelijk afvalwater	17
4.2.3	Dagvariaties	19
4.3	Het functioneren van de selector	20
4.3.1	Selectorbeoordelingscriteria en procescondities in de selectoren	20
4.3.2	Biosorptie in de selector	21
4.3.3	Het CZV in de afloop van de selector	23
4.3.4	Het verloop van de CZV-fracties in de selector	24
4.3.5	Beoordeling en toetsing van de selectoren aan de ontwerpgrondslagen	27
4.4	De invloed van de selector op de slibbezinkingseigenschappen	28
5	EVALUATIE EN CONCLUSIES	32
6	DIMENSIONERINGSGRONDSLAGEN EN AANBEVELINGEN	36
6.1	De selector bij biologische fosfaatverwijdering	37
6.2	De selector bij chemische fosfaatverwijdering	37
6.3	Aanbevelingen	37
	REFERENTIES	39
	BEGRIPPEN- EN AFKORTINGENLIJST	42

BIJLAGEN

Bijlage 1: Basisgegevens RWZI's

Bijlage 2: Titrimetrische bepaling van azijnzuur

Bijlage 3: Voorschrift meetprocedures O₂-verbruik

Bijlage 4: Meetresultaten

Bijlage 5: Verloop SVI

TEN GELEIDE

Vanuit een procestechnologische en microbiologische benadering zijn in de loop der jaren diverse dimensioneringsgrondslagen geformuleerd voor selectoren, die als structurele maatregel dienen bij het onderdrukken van licht slib in actief-slibsystemen. Als procesparameters zijn de vlokbelading, de contacttijd en de mate van propstroming hierbij van belang.

Eerder uitgevoerde STOWA-studies wijzen er op dat het karakteriseren van het influent ook richting kan geven aan het dimensioneren van de selector. Geconstateerd is ook dat bij toepassing van biologische nutriëntenverwijdering de slibeigenschappen verslechteren en het effect van selectoren, gedi-mensioneerde volgens de huidige grondslagen, afneemt. Dit kan impliceren dat van andere dimensio-neringsgrondslagen moet worden uitgegaan.

Het thans voorliggende rapport gaat in op de karakterisering van het influent-CZV en de relatie tussen de verschillende CZV-fracties en de werking van de selector, op basis van praktijkmetingen in het voorjaar en in het najaar op twaalf rwzi's. Uit het onderzoek blijkt welke CZV-fracties een rol spelen en dat de contacttijden in de selector aanzienlijk verlengd moeten worden.

De werkzaamheden werden door het bestuur van de STOWA opgedragen aan HASKONING Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau te Nijmegen (projectteam ir. W. van Starkenburg en ir. J. Kruit). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ir. T.W.M. Wouda, ing. L. Authier, ir. S.B. Gaastra, ing. J.J. Jonk en ir. P.C. Stamperius. Door een groot aantal waterkwaliteitsbeheerders is geparticipeerd in de benodigde praktijkexperimenten. De STOWA is hen en hun medewerkers zeer erkentelijk voor de hulp bij het verkrijgen van de voor het onderzoek essentiële praktijkgegevens.

Utrecht, november 1994

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

In dit rapport wordt de rol van influentkarakterisering ten behoeve van de dimensionering van de selector bij vergaande nutriëntenverwijdering beschreven. De basis van het rapport is een monitoringonderzoek op 12 RWZI's met lage BZV-belastingen (0,03 tot 0,08 kg BZV/kg d.s.d.).

Hierbij is de invloed van de CZV-influentkarakteristiek, het verloop van de diverse CZV-fracties in de selector, de invloed van de selector en de procescondities in de beluchtingsruimte op de slibbezinkingseigenschappen van een RWZI in beschouwing genomen.

In het onderzoek is gebruik gemaakt van de CZV-influentfractionering volgens onderstaand figuur.

inert		
direct biodegradeerbaar	DBCZV	OPGELOST
snel hydrolyseerbaar	SHCZV	COLLOÏDAAL
langzaam hydrolyseerbaar	LHCZV	
biomassa	BIOCZV	
inert	INCZV	SUSPENSIE

Figuur 1: Samenstelling van het CZV in het influent

Uit de resultaten van de CZV-karakteristieken van de influenten van de onderzochte RWZI's blijkt dat bij ruw huishoudelijk afvalwater, 50 en 20% van het totale CZV bestaat uit BIOCZV respectievelijk LHCZV. Het type aanvoersysteem heeft nauwelijks invloed op de grootte van deze fracties. Het overige gedeelte van het totale CZV bestaat uit vrijwel gelijke hoeveelheden SHCZV, DBCZV en INCZV. Afhankelijk van het type aanvoersysteem varieert de DBCZV-fractie van 5 tot 15% van het totaal.

De CZV-influentkarakteristiek van afvalwater met een groot industrieel aandeel verschilt van die van ruw huishoudelijk afvalwater. De BIOCZV-fractie van het afvalwater met een industrieel aandeel van meer dan 20%, is 20 tot 30% lager dan dezelfde fractie in huishoudelijk afvalwater. Afhankelijk van de aard van het industrieel afvalwater zijn de LHCZV- en SHCZV-fracties respectievelijk 5 - 20% en 5 - 10% hoger.

De temperatuur van het afvalwater, binnen de grenzen van 7°C tot 20°C, blijkt nauwelijks van invloed te zijn op de CZV-influentkarakteristiek.

Uit het gedrag van de diverse CZV-fracties in de selector blijkt, conform de verwachtingen, dat bij voldoende aanwezigheid van electronenacceptoren, zoals zuurstof, nitraat of P-ATP, DBCZV uit de oplossing verdwijnt en door de aanwezige biomassa wordt opgenomen. Bij een hoge zuurstofconcentratie wordt extra LHCZV opgenomen.

Bovendien verloopt het opnameproces van alle CZV-fracties in vergelijking met lagere slibbelastingen beter als de slibbelasting in de selector groter is dan 5 kg BZV/kg d.s.d.

De huidige afvalwaterpraktijk werkt vooral met selectoren met een contacttijd van 10 minuten. Uit het verloop van de SVI van de RWZI's wordt geconcludeerd dat bij die contacttijd de procescondities in de beluchtingsruimte bepalend zijn voor de slibbezinkingseigenschappen. Vooral de introductie van een grote onbeluchte slibfractie ten behoeve van de denitrificatie ondermijnt het selectoreffect in aanzienlijke mate. De belangrijkste waarnemingen zijn:

- zowel bij laagbelaste als bij volbelaste RWZI's biedt een selector met een contacttijd van 10 minuten geen uitkomst bij het beheersen van de SVI, indien de onbeluchte slibfractie in de beluchtingsruimte $\geq 50\%$;
- wanneer bij een volbelaste RWZI de onbeluchte slibfractie in de beluchtingsruimte kleiner dan 50% is en/of voldoende poly-P-bacteriën in de biomassa aanwezig zijn, blijft de SVI goed en maakt het niet uit hoe de selector functioneert;
- intermitterende beluchting heeft bij RWZI's, met een lage en hoge BZV-belastingsgraad; 50-100%, een negatieve invloed op de slibbezinkingseigenschappen.

De verslechtering van de slibbezinkingseigenschappen treedt op bij lage afvalwatertemperaturen. Bij een zeer hoge onbeluchte fractie, 70 - 80%, is de SVI gedurende een langere periode hoger dan 150 ml/g.

Uit de evaluatie van de onderzoeksresultaten wordt geconcludeerd dat bij een selector met een contacttijd van 10 minuten, karakterisering van het influent ten behoeve van de dimensionering van de selector weinig zinvol is. De procescondities in de beluchtingsruimte van de RWZI zijn bepalend voor de slibbezinkingseigenschappen:

Voor de dimensionering van een selector bij vergaande nutriëntenverwijdering wordt voorgesteld aan te sluiten bij de huidige ontwerprichtlijnen voor anoxische of anaërobe ruimtes. Ten behoeve van het dimensioneren van de anoxische en anaërobe ruimte is de karakterisering van het influent, met in het bijzonder de DBCZV-fractie, zeer belangrijk.

Afhankelijk van de influentkarakteristiek, de BZV/N-verhouding en de keuze voor chemische of biologische fosfaatverwijdering moeten verschillende dimensioneringsgrondslagen worden ontwikkeld.

Bij biologische fosfaatverwijdering maakt de selector deel uit van de anaërobe contacttank. Bij de behandeling van ruw afvalwater kan de contacttijd variëren van 45 tot 120 minuten. Bij behandeling van voorbezonden afvalwater kan de contacttijd variëren van 45 tot 60 minuten.

De aanbevolen waarden voor de contacttijd, in relatie tot de DBCZV-fractie, zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel: Contacttijden

aandeel DBCZV-fractie (% van CZV _{totaal, influent})	contacttijd (minuten)	
	ruw	voorbezonen
< 10	120	60
10 à 15	≤ 60	60
> 15 - 20	45	45

In het eerste deel van de selector (45 minuten contacttijd) moeten 4 tot 6 compartimenten worden gerealiseerd. De slibbelasting van het eerste compartiment moet groter zijn dan 7 kg BZV/kg ds.d om een effectieve drijvende kracht te ontwikkelen voor een zo hoog mogelijke biosorptie. Hierbij wordt ook zoveel mogelijk LHCZV gebonden aan de slibvlok

Bij simultane chemische fosfaatverwijdering is de verdeling en de betekenis van de diverse CZV-fracties in het influent van minder belang. De selector zal een onderdeel zijn van de anoxische ruimte. Er kan een contacttijd van 45 minuten worden aangehouden.

Er wordt aanbevolen in een nader onderzoek de mogelijke fractionerings- en bepalingmethoden ten behoeve van de influentkarakterisering in beeld te krijgen en uniforme richtlijnen op te stellen.

1 INLEIDING

In de huidige praktijk blijkt dat selectoren kunnen worden ingezet als structurele maatregel voor het voorkomen van licht slib in actief-slibsystemen. Vanuit een procestechnologische en microbiologische benadering zijn in de loop der jaren diverse dimensioneringsgrondslagen in binnen- en buitenland geformuleerd [1,3,4,18,19,28,30,31] Hierbij staat vrijwel onomstotelijk vast dat de influent-slibretourverhouding- 'de vlokbelading'-, de contacttijd en de mate van propstroming belangrijke parameters zijn in het dimensioneren van selectoren.

Alle beschikbare informatie betreffende het voorkomen van licht slib is geïnventariseerd in het "Handboek voorkomen van licht-slib" [22]. Dit rapport wijst erop dat, naast het karakteriseren van de slibpopulatie, het karakteriseren van het influent een belangrijk instrument kan zijn bij het geven van richting aan de gewenste dimensioneringsgrondslagen van de selector.

In het rapport "Invloed van P- en N-verwijdering op de bezinkingseigenschappen van actief-slib" [24] wordt geconcludeerd dat vooral toepassing van biologische nutriëntenverwijdering leidt tot verslechtering van de slibbezinkingseigenschappen. Dit verschijnsel kan een bedreiging vormen voor de haalbaarheid van de toekomstige effluenteisen. Daarbij is tevens opgemerkt dat het effect van de selectoren indien gedimensioneerd volgens de gangbare grondslagen, afneemt. Dit betekent dat wellicht van andere dimensioneringsgrondslagen moet worden uitgegaan. Bovenstaande noopt tot toegepast praktijkonderzoek naar de relatie tussen de samenstelling van het influent en de dimensionering van de selector bij vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering.

Op basis hiervan kunnen dimensioneringsgrondslagen voor selectoren worden ontwikkeld. Het voorliggend rapport beschrijft dit praktijkonderzoek.

In hoofdstuk 2 worden de theoretische achtergronden van de influentkarakterisering en de selector op basis van de bestaande literatuur belicht. In hoofdstuk 3 worden de opzet en uitvoering van het praktijkonderzoek beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken. Hierin worden de CZV-influentkarakteristiek, het verloop van de diverse CZV-fracties van de selector, de invloed van de selector en de invloed van de procescondities in de beluchttingsruimte op de slibbezinkingseigenschappen in beschouwing genomen. Na de evaluatie en conclusies in hoofdstuk 5 worden in hoofdstuk 6 de dimensioneringsgrondslagen voor selectoren opgesteld.

2 THEORETISCHE ACHTERGRONDEN

2.1 Karakterisering van het influent

Het karakteriseren van het influent is een instrument dat gebruikt wordt voor de modellering van het actief-slibproces. Het primaire doel is het modelleren van CZV-, N- en P-eliminatie [10,32]. De laatste jaren wordt ook het voorkomen van licht slib in de modellering betrokken [14]. Het karakteriseren van het influent kan door middel van fractionering van CZV worden uitgevoerd. Het eerste model is opgezet in 1980 [5]; tot op heden heeft dit model zich ontwikkeld volgens figuur 1 [11,12]

inert		
direct biodegradeerbaar	DBCZV	OPGELOST
snel hydrolyseerbaar	SHCZV	COLLOÏDAAL
langzaam hydrolyseerbaar	LHCZV	
biomassa	BIOCZV	SUSPENSIE
inert	INCZV	

Figuur 1: Samenstelling van het CZV in het influent

Het influent bestaat uit de volgende fracties:

1. CZV inert opgelost

Deze fractie wordt door productie van extra inert CZV tijdens het actiefslibproces ongeveer verdubbeld. Een redelijke schatting van inert opgelost CZV, bij laagbelaste systemen, kan worden gemaakt door het opgelost CZV_{effluent} te verminderen met het opgeloste BZV_{effluent}. In de praktijk kan bij een goed effluent, met weinig zwevende stof, alleen het CZV_{effluent} worden gebruikt. Het BZV_{effluent} bedraagt in de meeste gevallen circa 10% van het CZV en is dus vrijwel verwaarloosbaar.

2. CZV direct biodegradeerbaar

Deze opgeloste fractie bestaat uit laagmoleculaire verbindingen van vluchtige vetzuren (VVZ), koolhydraten, alcoholen, peptiden en aminozuren. De VVZ, voornamelijk azijnzuur, nemen het grootste deel van deze fractie in. De fractie wordt binnen enkele minuten direct gemetaboliseerd onder aërobe en anoxische condities. Een groot deel kan onder anaërobe condities worden opgeslagen als reservestof.

3. CZV snel hydrolyseerbaar

De colloïdale fractie bestaat vooral uit hoogmoleculaire verbindingen en klein colloïdaal materiaal. Onder aërobe condities wordt de hydrolyse versneld. De omstandigheden in het riool kunnen deze fractie in het influent behoorlijk beïnvloeden.

4. CZV langzaam hydrolyseerbaar

Vrijwel het grootste gedeelte is te vinden in de gesuspendeerde fractie en bestaat uit grote kolloïdale deeltjes. De afbraaksnelheid wordt gelimiteerd door de hydrolyse.

5. CZV biomassa

De gesuspendeerde fractie bestaat uit bacteriën, waaronder heterotrofe niet-denitrificeerders, heterotrofe denitrificeerders en autotrofen.

6. CZV inert gesuspendeerd

De fractie wordt door produktie tijdens het actiefslibproces nog iets verhoogd. Het inerte CZV influent verandert niet tijdens het actief-slibproces. De fractie wordt via het spuislib afgevoerd.

De fracties zijn moeilijk precies te meten en moeten onder laboratoriumomstandigheden worden bepaald.

De influentsamenstelling voor de dimensionering van de selector kan wellicht worden benaderd met eenvoudige CZV-en BZV-metingen, met als hulpmiddel een normaal grof vouwfilter (ca. 5-7 μm).

Het influent kan volgens deze benadering worden gesplitst in de volgende fracties:

$$\text{CZV}_{\text{totaal}} = \text{CZV}_{\text{filtraat}} + \text{CZV}_{\text{slib}} \quad (1)$$

$$\text{CZV}_{\text{filtraat}} = \text{CZV}_{\text{inert opgelost}} + \text{CZV}_{\text{direct biodegradeerbaar}} + \text{CZV}_{\text{snel hydrolyseerbaar}} + \text{CZV}_{\text{langzaam hydrolyseerbaar}} \quad (2)$$

$$\text{CZV}_{\text{inert opgelost}} = \text{CZV}_{\text{effluent}} \quad (3)$$

$$\text{CZV}_{\text{direct biodegradeerbaar}} = \text{CZV}_{\text{vz}} \text{ (vluchtige vetzuren als azijnzuur)} \quad (4)$$

$$\text{CZV}_{\text{snel hydrolyseerbaar}} = \text{BZV}_5 - \text{CZV}_{\text{vz}} \quad (5)$$

(2), (3), (4) en (5) leveren (6) op:

$$\text{CZV}_{\text{langzaam hydrolyseerbaar}} = \text{CZV}_{\text{filtraat}} - \text{BZV}_5 - \text{CZV}_{\text{effluent}} \quad (6)$$

$$\text{CZV}_{\text{slib}} = \text{CZV}_{\text{biomassa}} + \text{CZV}_{\text{inert gesuspendeerd}} \quad (7)$$

Er worden de volgende aannamen gedaan:

- het belangrijkste deel van het direct biodegradeerbare CZV wordt als CZV_{vvz} beschouwd. Ofschoon de CZV_{vvz}-fracties circa 40 - 60% bedragen van het totaal, wordt geen extra vermenigvuldigingsfactor in beschouwing genomen. Bij de korte contacttijd in de selector, worden weinig andere CZV-fracties door de biomassa in CZV_{vvz} omgezet;
- door het grove filter zullen alle colloïdale deeltjes < 5 µm in het CZV_{filtraat} zitten. Deze bestaan uit vrijwel al het snel en langzaam hydrolyseerbaar materiaal;
- het inert gesuspendeerde CZV zal zich in de slibfase bevinden. Het aandeel is klein en omdat het geen interacties in het actief-slibstelsel aangaat, wordt het niet apart in beschouwing genomen.

In het vervolg van dit rapport worden de volgende afkortingen gehanteerd:

Inert opgelost CZV	=	INCZV
Direct biodegradeerbaar CZV	=	DBCZV
Snel hydrolyseerbaar CZV	=	SHCZV
Langzaam hydrolyseerbaar CZV	=	LHCZV
Biomassa + inert gesuspendeerd CZV	=	BIOCZV

2.2 Variaties in de influentsamenstelling

Algemeen

Vele chemische, fysische en biologische transformaties vinden plaats in de rioolsystemen en veroorzaken significante veranderingen in de influentsamenstelling. Tot op heden bestaan geen modellen om deze transformaties in beeld te brengen, vanwege het gebrek aan informatie over die transformaties in biofilmsystemen in het riool.

Uit diverse experimenten [9,16] blijkt dat de biofilmkinetiek voor actief-slibsystemen niet goed overdraagbaar is naar het rioolstelsel. Dit is voornamelijk te wijten aan de hoge CZV-belasting en afschuifkrachten die een heterotrofe biofilm creëren met een zeer ruwe structuur.

Processen

Het is thans moeilijk om de kwantitatieve veranderingen van de organische samenstelling in beeld te brengen en hierover voorspellingen te doen. Als zuurstof aanwezig is zullen hydrolyse van SHCZV en biologische oxydatie van DBCZV optreden en zal biomassa worden gevormd.

In een vrijvervalriool wordt zowel de hydrolyse als de biologische oxydatie van CZV gestimuleerd. De hydrolyse van SHCZV is onder aërobe condities binnen enkele uren voltooid. Hierdoor kan een reductie van het totale CZV in het afvalwater van meer dan 40% plaatsvinden.

De transformatie van CZV in een persleiding verloopt langzamer ten gevolge van de heersende anaërobe condities; de biofilm op het persleidingbinnenoppervlak kan echter een rol spelen bij het verhogen van de omzettingssnelheid.

Hoewel de sulfideproductie redelijk in beeld is te brengen [16], is nog steeds niet duidelijk of sulfaatreducerders het organisch materiaal voornamelijk omzetten naar vetzuren of naar CO₂. Hierdoor is het op dit moment nog niet mogelijk een goede relatie tussen het sulfidegehalte en het vetzuurgehalte te geven.

De processen zijn temperatuur- en O₂-afhankelijk en deze invloeden zijn zelfs belangrijk bij korte transporttijden. Het influent van een RWZI zal hierdoor in de winterperiode van andere samenstelling kunnen zijn dan in de zomerperiode.

Fluctuaties

Het influent van een RWZI heeft zijn eigen karakteristiek, die weinig van dag tot dag verandert. Er zijn wel variaties in CZV maar de verhouding tussen de verschillende CZV-fracties blijft vrijwel onveranderd [13].

Bij een groot aandeel industrieel afvalwater zal de temperatuur vrij constant blijven. Dit zal bij normaal huishoudelijk afvalwater niet het geval zijn. De temperatuur van huishoudelijk afvalwater in Nederland varieert van 8 tot 20°C. Bij een hoog industrieel aandeel kan dit maximaal 30-35°C zijn.

Bij huishoudelijk afvalwater zal in de zomer meer CZV zijn gehydrolyseerd en geoxideerd. In de winter kan een hoger aandeel LHCZV aanwezig zijn. Indien persleidingstelsels vrij lang zijn, kunnen temperatuureffecten ten gevolge van seizoenswisselingen geringer zijn en daardoor ook de fluctuaties in de influentsamenstelling.

Samenvattend betekent dit dat RWZI's met een groot aandeel industrieel afvalwater of aangesloten op een groot persleidingstelsel gedurende het gehele jaar redelijk "onveranderlijk" influent ontvangen. Bij korte vrijvervalstelsels kunnen grotere fluctuaties in samenstelling gedurende het jaar voorkomen.

Manipulatie van influent door voorbeluchting (afname SHCZV en BDCZV), voorbezinking (extra vetzuren) of preprecipitatie (afname BIOCZV) kunnen de CZV-karakteristiek ingrijpend veranderen.

Om hierbij te beoordelen welke fracties belangrijk zijn voor processen die plaatsvinden in een selector, is het noodzakelijk eerst te weten hoe volgens de huidige kennis deze processen verlopen.

2.3 Theorie van de werking van de selector

In de selector wordt CZV opgenomen door het actief-slib. Twee processen die hierbij een belangrijke rol spelen zijn:

- adsorptie van gesuspendeerd CZV (LHCZV en BIOCZV) aan de slibvlokken **buiten** de bacteriecellen;
- absorptie van opgelost CZV (DBCZV en SHCZV) **in** de bacteriecellen.

Adsorptie van gesuspendeerd CZV vindt plaats als gevolg van Van der Waalskrachten of door directe verbinding aan exo-enzymen. Het adsorptieproces geschiedt vrijwel momentaan en onafhankelijk van O_2 . De exo-enzymen hydrolyseren het CZV in de bulkfase in laagmoleculaire verbindingen. Het hydrolysaat kan nu via permease-enzymen door de celwand van de bacteriën getransporteerd worden en in de cel worden opgenomen.

Daar het CZV aanbod groter is dan de verademingssnelheid in de bacteriecel, vormt de hydrolyse de snelheidsbepalende stap bij de opname van gesuspendeerd CZV.

Opgelost CZV kan vrijwel direct door de celwand diffunderen of ook via permease-enzymen binnen de cel worden gebracht. Het eventueel bewerkte CZV wordt eerst intracellulair vastgelegd in reservestoffen alvorens het verder wordt omgezet.

Deze processen vereisen energie die wordt verkregen door partiële oxydatie van CZV. Voor de oxydatie zijn electronenacceptors noodzakelijk: O_2 of NO_3^- . Onder anaërobe condities kan hydrolyse van intracellulaire polyfosfaatverbindingen de benodigde energie leveren.

2.4 Het selecteren van vlokvormers in de selector

Een zo groot mogelijk gedeelte van het aangeboden opgeloste CZV moet worden vastgelegd in of aan de slibvlok (70-80%) waar zich de vlokvormers bevinden. Hierdoor komt het CZV niet ter beschikking aan de draadvormers, die zich aan de periferie van de vlok bevinden.

DBCZV wordt snel opgenomen door zowel vlok- als draadvormers. Bij lage CZV-concentraties in de oplossing is de drijvende kracht onvoldoende om het DBCZV te laten penetreren in de slibvlok. Dit veroorzaakt een lage CZV-conversie door de vlokvormers omdat de draadvormers door de hoge verhouding oppervlak/volume sneller dit CZV kunnen opnemen. Bij hoge CZV-concentraties, zoals in een selector, is de drijvende kracht voldoende om het CZV diep in de vlok te brengen. De concurrentiepositie van de vlokvormers wordt hierdoor aanzienlijk verbeterd. Daarnaast zullen vlok-vormers in het algemeen bij hoge CZV-concentraties sneller groeien dan draad-vormers.

In de selector is nauwelijks sprake van CZV-verademing. Vrijwel al het opgenomen substraat wordt opgeslagen. Daardoor zal ook de aanwas van vlokvormers in de selector nihil te zijn. Wel worden de condities geschapen om in de aëratieruimte tot een snelle vermeerdering van vlokvormers te komen, aangezien zij het meeste CZV hebben opgenomen.

De term selector kan met behulp van bovenstaande theorie als volgt worden gedefinieerd:

Een selector is een ruimtelijk onderdeel van de RWZI en bestaat uit een mengreactor of mengzone voor de hoofdreactor. Hierdoor ontstaat een hoge substraatgradiënt, waarbij een snelle opslag van substraat in de selector en een hoge groeisnelheid in de hoofdreactor voor de vlokvormers wordt gecreëerd. Hierdoor worden de vlokvormers boven draadvormers bevoordeeld. De contacttijd van het influent en het slib moet dermate lang zijn dat in de afloop van de selector het opgeloste CZV niet meer dan 20 - 30 mg/l hoger is dan het opgeloste CZV van het effluent [31].

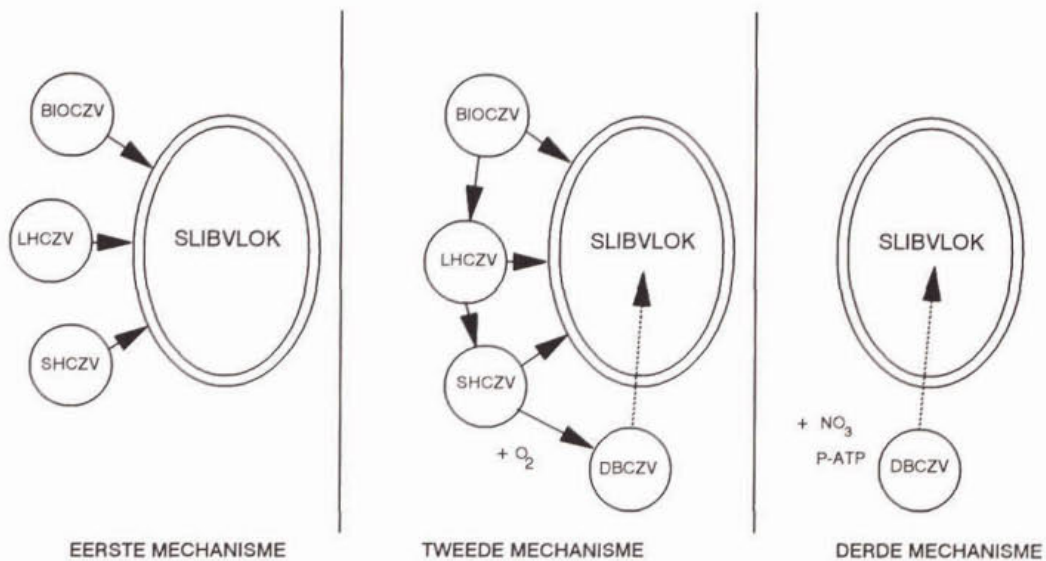
2.5 Selectiemechanismen

Er zijn drie selectiemechanismen bekend die optreden bij voor het bestrijden/voorkomen van licht slib.

1. Het eerste selectiemechanisme berust op momentane adsorptie van gesuspendeerd CZV. De aanwezigheid van O_2 of NO_3^- heeft geen invloed op de hoeveelheid CZV die vastgelegd wordt. Dit mechanisme verloopt via fysisch-chemische processen.
In feite is dit een pré-selectiemechanisme. Na adsorptie zal het CZV-verwijderingsproces toch via een der onderstaande mechanismen moeten verlopen.
2. Bij het tweede selectiemechanisme worden vlokvormers, die onder aërobe condities opgelost CZV snel kunnen opnemen, kinetisch bevoorreed. O_2 treedt als stimulator op voor de extra aanmaak van exo-enzymen en permease-enzymen. Tevens kan O_2 bijdragen aan de copolymerisatie van CZV aan het slib; de extracellulaire opslag. Hierdoor kan na verdunning (na de selector) geadsorbeerd CZV niet meer loslaten en naar de periferie van de slibvlok gaan. Tevens kan O_2 de hydrolyseprocessen van momentaan gebonden CZV en LHCZV versnellen. Het is noodzakelijk dat de hydrolyse en opname van het opgeloste CZV in de bacteriecel grotendeels plaatsvinden in de selector. Het hydrolysaat zal anders alsnog door de draadvormers gebruikt kunnen worden.
De bacteriën binnen in de slibvlok kunnen zich in andere conditie bevinden dan die in de bulkoplossing. Hierdoor kunnen anaërobe condities voorkomen bij aërobe selectoren met onvoldoende luchtinbreng.
3. Het derde selectiemechanisme bevoorreedt de vlokvormers die via denitrificatie of fosfaatafgifte (P-ATP mechanisme) CZV kunnen opnemen. Deze processen verlopen alleen in afwezigheid van moleculair O_2 . In een anaërobe/anoxische selector zal de hydrolyse van CZV normaal doorgang vinden, evenwel bij een aanmerkelijk lagere snelheid. Dit is een metabolisch selectiemechanisme.

In feite wordt geselecteerd op individuele celleeftijd. Trage groeiers zullen bij de verwerking van een hoog aanbod het afleggen tegen snellere bacteriën. Het onderdrukken van draadvormers gebeurt sneller bij het kinetisch selectieproces in vergelijking met het metabolisch selectieproces.

De drie selectiemechanismen zijn schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Selectiemechanismen

2.6 Uitgangspunten bij het ontwerp van de huidige selectoren

Voorwaarde voor de goede werking van een selector is het goed functioneren van het actief-slibproces. Het actief-slibproces en influentsamenstelling moeten voldoen aan de volgende uitgangspunten [23]:

- er mag geen sprake zijn van een overbelaste situatie;
- er moet voldoende O₂-inbreng in de nitrificatiezones zijn, zodat de O₂-concentratie circa 2 mg/l is;
- het retourslib moet voldoende geregenereerd zijn. Hierbij geldt een endogeen ademhalingsniveau van 3 - 5 mg O₂/g d.s.h.;
- de minimale vereiste BZV : N : P verhouding van het influent moet 150 : 5 : 1 zijn. De optimale verhouding is 100 : 5 : 1.

Uitgangspunten voor een goede biosorptie en het goed functioneren van een selector zijn [23]:

- de contacttijd moet kort zijn, te weten 10 à 15 minuten;
- de vlokbelading moet in het gebied liggen van 50 - 150 mg CZV/g d.s. (betrokken op DWA-uren);
- de slibbelasting moet circa 0,5 kg BZV/kg ds.h zijn;
- de minimale biosorptie in de selector moet 60% zijn;
- de selector moet een propstroomconfiguratie hebben;
- O₂-capaciteit in een aërobe selector moet worden gedimensioneerd op 50 mg/g d.s.h.

2.7 Evaluatie van de literatuur

De belangrijkste processen in een selector zijn weergegeven in tabel 1:

Tabel 1: Processen in de selector

Processen	CZV-fractie	vereiste stimulator
momentane adsorptie	BiOCZV + LHCZV	geen
hydrolyse	SHCZV + LHCZV	geen*
absorptie	DBCZV	O ₂ /NO ₃ /P-ATP

*) O₂ kan een extra hydrolyseversnelling veroorzaken.

In de toekomst zullen alle rwzi's laagbelast moeten zijn om volledig te nitrificeren en te denitrificeren. Dit houdt in dat het retourslib voldoende geregenereerd zal zijn en weinig NO₃ zal bevatten. Het NO₃-mechanisme zal niet of nauwelijks meer van belang zijn. Door de verplichte P-verwijdering kan bij biologische defosfatering het fosfaatafgifteproces met behulp van het DBCZV een rol blijven spelen. Gezien de korte verblijftijd in de huidige selector, ten opzichte van de verblijftijd in de aëratieruimte, lijkt het in eerste instantie niet waarschijnlijk dat dit mechanisme doorslaggevend is voor de condities in de selector.

De toepassing van aërobe selectoren lijkt strijdig met nutriëntenverwijdering, omdat het DBCZV inefficiënt wordt geconsumeerd.

Van belang is de maximale opname van opgelost en colloïdaal CZV, DBCZV + SHCZV, naast het gesuspendeerde CZV in de slibvlok. De O₂-condities in de selector zijn van beslissende invloed op de effectiviteit ervan. Omdat de draadvormers ook meedingen moet het opnameproces van de diverse CZV's zeer snel en irreversibel plaatsvinden.

2.8 Recent onderzoek

In de afgelopen jaren (1991-1994) zijn vanuit enkele onderzoeken hypothesen opgesteld, die het ontstaan van licht slib in installaties met nutriëntenverwijdering, al dan niet in aanwezigheid van een selector trachten te verklaren.

Tevens zijn enkele onderzoeken uitgevoerd met als doel de dimensioneringsgrondslagen te verifiëren en eventueel aanvullende richtlijnen op te stellen.

Met behulp van de onderzoeksresultaten van Tian [26] kan het ontstaan van licht slib bij denitrificatie redelijk verklaard worden. Volgens Tian ontstaat licht slib vooral in de winter en in het voorjaar omdat bij lage afvalwatertemperaturen de hydrolyseproducten afkomstig van het BiOCZV en LHCZV langer in de oplossing blijven. Hierdoor blijven deze producten langer ter beschikking van de draadvormers. Verlengen van de periode waarin het slib onbelucht is, kan bijdragen aan het verlengen van de aanwezigheid van de hydrolyseproducten in de oplossing. Indien ook biologische P-verwijdering in het hoofdstroomproces optreedt, zal nauwelijks licht slib ontstaan [24].

Eikelboom [6,24] geeft aan dat een selector, met een contacttijd van 10 minuten, het ontstaan van licht slib niet kan verhinderen. Dit betekent dat de condities in de beluchttingsruimte kennelijk zwaarder wegen dan de substraatopname in de selector. Dit zou kunnen betekenen dat het betreffende substraat kennelijk bij korte contacttijden niet irreversibel gebonden is in de selector en later alsnog voor de draadvormers ter beschikking kan komen.

Tevens vond Eikelboom dat RWZI's met een lage belastingsgraad, (een belasting van 70% van de ontwerpwaarde) met of zonder selector, gedurende het hele jaar een SVI kleiner dan 150 ml/g hebben. Daarnaast wordt gesteld dat intermitterende beluchting de slibbezinkingseigenschappen negatief kunnen beïnvloeden.

Volgens Gabb [8] blijft bij een volledig belucht actief-slibstelsysteem de SVI altijd goed. De voorschakeling van een selector zal bijdragen aan of zorgen voor het handhaven van goede slibbezinkingseigenschappen.

Volgens Wentzel, Ekama [7,10,32] zal, als meer dan 50% van de beluchttingsruimte onbelucht is, bij zowel een goed als slecht functionerende selector licht slib ontstaan.

Casey [2] postuleerde, na laboratoriumonderzoek, dat vlokvormers nitraat denitrificeren tot stikstof, waarbij nitrietoxyde (NO) intracellulair accumuleert. NO remt vervolgens de zuurstof- en substraatconsumptie in de daarop volgende aërobe zone. Draadvormers daarentegen, reduceren alleen nitraat tot nitriet en accumuleren dus geen NO. In de aërobe zone zouden zij dus een betere concurrentiepositie dan de vlokvormers hebben. Een selector zou voor carroussels dan geen positieve inbreng kunnen hebben.

Rensink en Donker [18] adviseren de huidige contacttijd van de selector te verlengen van 10 minuten naar 30 minuten. Hierbij kan meer LHCZV en SHCZV worden opgenomen, waardoor de biosorptiegraad wordt verhoogd. Tevens zal het substraat beter gebonden worden aan de vlokvormers.

Kruit concludeerde in zijn praktijkonderzoek [15] dat bij een momentane slibbelasting in een onbeluchte selector groter dan 7 kg BZV/kg d.s.d., geen invloed van O₂ op de opname van de diverse CZV-fracties optreedt.

3 UITVOERING PRAKTIJKONDERZOEK

3.1 Algemene aanpak

Het praktijkonderzoek vond plaats van april 1993 tot en met februari 1994: een periode in het voorjaar en een periode in het najaar.

In het licht van de toekomstige effluenteisen is alleen onderzoek uitgevoerd bij laagbelaste actief-slibsystemen waar gestreefd wordt naar vergaande P- en N-verwijdering. Als basis voor de selectie van het onderzoek dienden de RWZI's met selectoren uit de enquête van de Technische Commissie Licht Slib van de NVA (1993) aangevuld met selectoren die recent in gebruik genomen zijn.

Er is geselecteerd op het type aanvoersysteem, het type afvalwater, O₂-condities in de selector en de slibbezinkingseigenschappen. Hierdoor is een redelijke afspiegeling verkregen van de mogelijke afvalwaterkarakteristieken en selectorcondities in Nederland.

Daarnaast moet de selector voldoen aan de minimaal gangbare grondslagen van een contacttijd van circa 10 minuten en een vlokbelading van 50 - 150 mg CZV/g d.s.

Tabel 2: Karakterisering van de RWZI's

RWZI's	Type	Aanvoersysteem ¹⁾	Influent ³⁾	Selector	
				O ₂ -cond.	Vorm
Oude Tonge	carrousel	pers	ruw > 80% h.	onbelucht	"rond"
Gramsbergen	oxydatiesloot	vrijverval	ruw > 80% h.	onbelucht	L/B ⁴⁾ = 69
Willemstad	oxydatiesloot	pers	ruw > 80% h.	onbelucht	"rond"
Terneuzen	Schreiber	vrijverval	vbz > 80% h.	belucht	L/B = 7
Stolpen	oxydatiesloot	pers	ruw > 80% h.	belucht	L/B = 11
Middelharnis	carrousel	pers	ruw < 80% h.	onbelucht	"rond"
Aalten	carrousel	vrijverval	ruw < 80% h.	onbelucht	"rond"
Tubbergen	oxydatiebed/ carrousel	pers/vrijverval	ruw/vbz ²⁾ < 80% h.	onbelucht	rond
Meijel	actief-slib	vrijverval	ruw < 80% h.	belucht	L/B = 18
Losser	propstromer/ carrousel	vrijverval	ruw < 80% h.	onbelucht	2 compartimenten
Baarle-Nassau	oxidatiesloot	pers	ruw < 80% h.	belucht	L/B = 30
Veghel-Uden	oxidatiesloot	vrijverval	ruw < 80% h. ³⁾	belucht	"rond"

1) het gemeentelijke vrijvervalstelsel wordt niet in beschouwing genomen. Het gaat om het leidingstelsel naar de RWZI

2) vbz = voorbezonden afvalwater

3) < 80% h. = minder dan 80% huishoudelijk afvalwater

4) L/B = Lengte/Breedte-verhouding

De geselecteerde RWZI's zijn weergegeven in tabel 2. De basisgegevens van alle RWZI's staan vermeld in bijlage 1.

Het aanvoersysteem krijgt het predikaat overheersend 'persleiding' of overheersend 'vrij verval' op basis van de sulfideconcentratie van het influent. Bij een sulfideconcentratie kleiner dan 0,2-0,5 mg/l wordt een stelsel als vrijvervalriool bestempeld [16]. Bij een sulfideconcentratie groter dan 0,5 mg/l wordt een stelsel als persleiding gezien.

In het praktijkonderzoek zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- karakterisering van het influent met behulp van BZV- en CZV-metingen volgens de theoretische beschouwingen;
- het meten van het verloop van de diverse CZV-fracties in de vloeistoffase en het O₂-verloop (indien aanwezig) in de selectoren;
- het meten van de respiratie- en endogene ademhalingsnelheid van het slib in de selector en aëratieruimte;
- het volgen van de SVI gedurende de onderzoeksperiode.

3.2 Meetprogramma

Het onderzoek bestond uit het meten en analyseren van diverse parameters met betrekking tot de CZV-influentkarakteristieken en het functioneren van de selector onder de heersende praktijkcondities. De CZV-influentkarakteristieken hebben betrekking op het influent dat in de selector wordt geleid.

Gedurende beide onderzoeksperioden, respectievelijk fase 1 en 2, zijn zes volledige meetseries uitgevoerd. De bemonsteringen zijn zoveel mogelijk tijdens de verplichte routinematige 24-uursbemonsteringen bij DWA-aanvoer uitgevoerd. Alle monsters betreffen steekmonsters omdat alleen op deze manier de werking van een selector kan worden beoordeeld.

Gedurende fase 1 in het voorjaar zijn gedurende twee dagen, vier extra influent-steekbemonsteringen bij diverse RWZI's, tijdens de daguren, uitgevoerd. Hieruit kon een beeld worden verkregen van de fluctuaties van de CZV-samenstelling gedurende een dagdeel.

De metingen en analyses, die volgens de gebruikelijke methoden en NEN-voorschriften zijn verricht, zijn weergegeven in tabel 3.

Voor de CZV_{vz} bepaling is de titrimetische bepaling voor azijnzuur gehanteerd (zie bijlage 2).

De respiratiesnelheid en endogene ademhalingsnelheid zijn na bemonstering bepaald. De metingen zijn zo snel mogelijk uitgevoerd om een waarheidsgetrouwe afspiegeling van de verademingsnelheden te verkrijgen. De meetprocedures staan vermeld in bijlage 3.

Tabel 3: Metingen en analyses per meetserie

	Influent	Retourslib	Selector			Aëratieruimte	Effluent
			Momenteaan	Afloop 1 ^e comp.	Afloop selector		
Registratie	<ul style="list-style-type: none"> - debiet m³/h, m³/d 24 h. bem. - CZV, BZV, N_{kl} - d.s. 	<ul style="list-style-type: none"> - debiet m³/h 				<ul style="list-style-type: none"> - d.s._{at} - SVI 	<ul style="list-style-type: none"> - 24 h. bem. - CZV - BZV - N_{kl} - NO₃-N - d.s.
Steekbemonstering + analyses	<u>Ruw</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - BZV - N_{kl} - S - pH - d.s. <u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - CZV_{vz} - BZV 	<u>Ruw</u> <ul style="list-style-type: none"> - d.s._{rs} <u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - NO₃-N 	<u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - CZV_{vz} - BZV 	<u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - CZV_{vz} - BZV - NO₃-N 	<u>Ruw</u> <ul style="list-style-type: none"> - temperatuur - d.s._s <u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - CZV_{vz} - BZV 	<u>Ruw</u> <ul style="list-style-type: none"> - temperatuur - microbeeld <u>Gefiltreerd</u> <ul style="list-style-type: none"> - CZV - CZV_{vz} - NO₃-N/NO₂-N 	
Metingen		<ul style="list-style-type: none"> - O₂-meting - endogene ademhalings-snelheid 	<ul style="list-style-type: none"> - O₂-meting 	<ul style="list-style-type: none"> - O₂-meting 	<ul style="list-style-type: none"> - O₂-meting - respiratie-snelheid 	<ul style="list-style-type: none"> - O₂-profiel of Rhx 	<ul style="list-style-type: none"> - O₂-meting

3.3 Berekningen

Met behulp van de analyses kunnen de vlokbelading, slibbelasting en biosorptie worden berekend. De vlokbelading, slibbelasting en biosorptie worden als volgt gedefinieerd.

$$\text{Vlokbelading} = \frac{(CZV_{\text{influent}} - CZV_{\text{effluent}}) \cdot Q_{\text{influent}}}{Q_{\text{retourslib}} \cdot d.s._{\text{retourslib}}} \text{ kg CZV/kg d.s.}$$

$$\text{Slibbelasting} = \frac{BZV_{\text{influent}} - \text{vracht}}{V_s \cdot d.s._{\text{mengsel}}} \text{ kg BZV/kg d.s.d.}$$

Op tijdstip $t = 0$ bedraagt de substraatconcentratie in de vloeistoffase:

$$CZV_{t=0} = \frac{(CZV_{\text{influent}} \cdot Q_{\text{influent}}) + (CZV_{\text{effluent}} \cdot Q_{\text{retourslib}})}{Q_{\text{influent}} + Q_{\text{retourslib}}} \text{ g CZV/m}^3$$

De absolute biosorptie op het tijdstip $t = i$ bedraagt nu:

$$\text{Biosorptie} = \frac{CZV_{t=0} - CZV_{t=i}}{d.s._{\text{mengsel}}} \text{ g CZV/kg d.s.}$$

Hierin is:

$$d.s._{\text{mengsel}} = \frac{Q_{\text{retourslib}} \cdot d.s._{\text{retourslib}}}{Q_{\text{influent}} + Q_{\text{retourslib}}}$$

Tenslotte kan berekend worden welk percentage van het beschikbare substraat is opgenomen in de al of aan de vlok (procentuele biosorptie):

$$\text{opgenomen} = \frac{\text{biosorptie}}{\text{vlokbelading}} \cdot 100 \%$$

4 RESULTATEN

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het praktijkonderzoek beschreven. De resultaten van de RWZI's zullen, waar dit noodzakelijk wordt geacht, worden besproken aan de hand het huishoudelijk aandeel in het afvalwater en de zuurstofcondities in de selector.

In paragraaf 4.2 zullen de CZV-influentkarakteristieken van alle RWZI's, van de bemonsteringsperioden bij een hoge en lage watertemperatuur worden besproken. Hierbij zal getracht worden de resultaten te verklaren in relatie tot het voorliggende rioleringsstelsel en het type influent. Aangezien het, zoals eerder vermeld, hier steekmonsters betreft, zal met behulp van de dagseries worden aangegeven of de steekmonsters als redelijk representatief kunnen worden beschouwd.

In paragraaf 4.3 zal het functioneren van de selector aan de orde komen. Hierbij zal de totale biosorptie en het gedrag van het verloop van de diverse CZV-fracties in de selector worden weergegeven. Het functioneren van de selector zal worden getoetst aan de huidige dimensioneringsrichtlijnen. De effectiviteit van de selector met betrekking tot de slibbezinkingseigenschappen zal worden besproken in paragraaf 4.4.

Tevens zullen belangrijke randvoorwaarden voor het verkrijgen van die goede slibbezinkingseigenschappen zoals aëratieruimtecondities en retourslibeigenschappen aan een nadere analyse worden onderworpen.

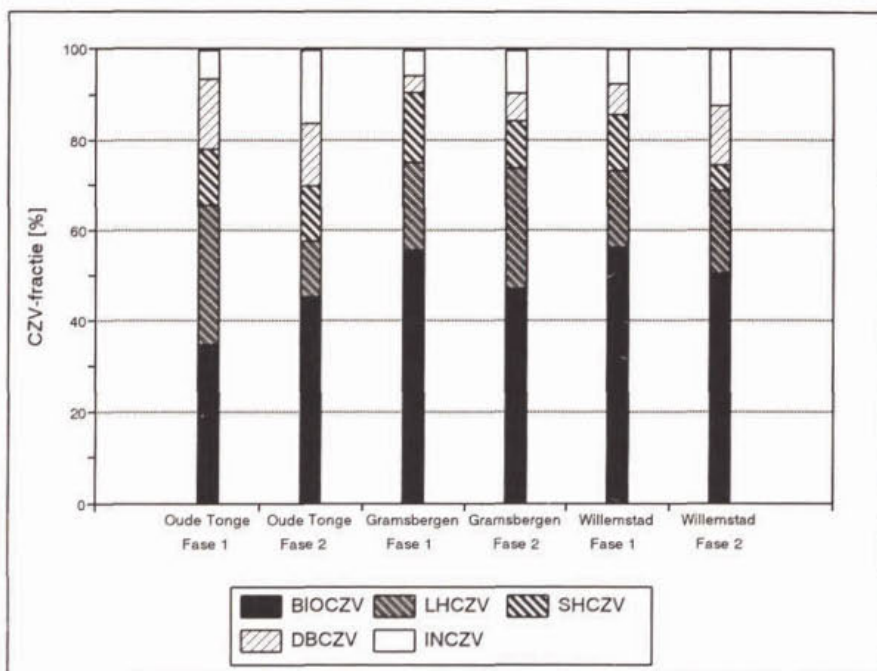
4.2 CZV-influentkarakteristieken

De CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's zijn weergegeven in de figuren 3, 4, 5 en 6. De resultaten zijn het rekenkundig gemiddelde van 5 of 6 metingen. De temperatuur van het influent van alle RWZI's varieert in fase 1 van 13 tot 20°C en in fase 2 van 7 - 15°C. De relevante meetresultaten staan vermeld in bijlage 4. Het INCZV-gedeelte zal, omdat het geen interactie heeft met de biomassa van de RWZI, niet bij de resultaten worden besproken.

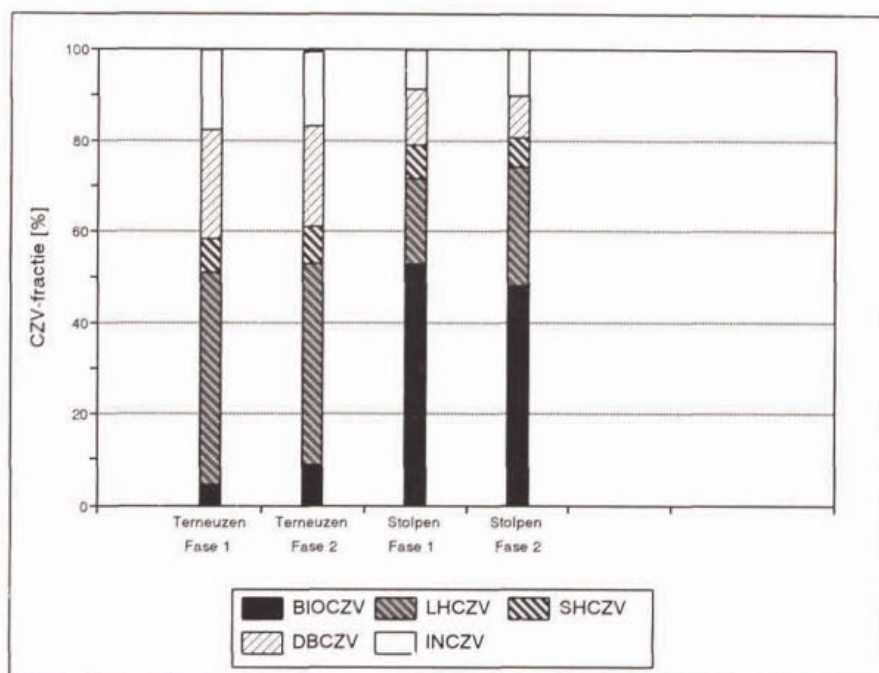
4.2.1 RWZI's met meer dan 80% huishoudelijk afvalwater

In figuur 3 zijn de resultaten van de RWZI's Oude Tonge, Gramsbergen en Willemstad grafisch weergegeven. In figuur 4 zijn de resultaten van de RWZI's Terneuzen en Stolpen weergegeven.

Uit de figuren 3 en 4 blijkt dat bij alle RWZI's, behalve de RWZI Terneuzen, de BIOCZV-fractie het grootste aandeel is in het totale CZV. Dit wordt veroorzaakt door het hoge aandeel zwevende stof in het ruwe afvalwater. Het aandeel BIOCZV varieert van 40 - 55% en is gedurende beide onderzoeksperioden vrijwel identiek. Bij de RWZI Terneuzen is sprake van voorbezonden afvalwater. Ten gevolge van een uitstekende zwevende-stofverwijdering in de voorbezinktank is de BIOCZV-fractie praktisch nihil. De LHCZV-fractie is door de afwezigheid van BIOCZV, met circa 45% hoog. De LHCZV-fractie varieert bij de overige RWZI's tussen 15 en 25%.



Figuur 3: CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's Oude Tonge, Gramsbergen en Willemstad.



Figuur 4: CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's Terneuzen en Stolpen.

De SHCZV-fractie bevindt zich grotendeels in de oplossing en ligt, bij alle RWZI's, tussen 10 en 15%. Deze fractie kan gezien worden als een intermediaire fractie, die kan worden aangevuld door de LHCZV-fractie of kan worden geconverteerd naar de DBCZV-fractie.

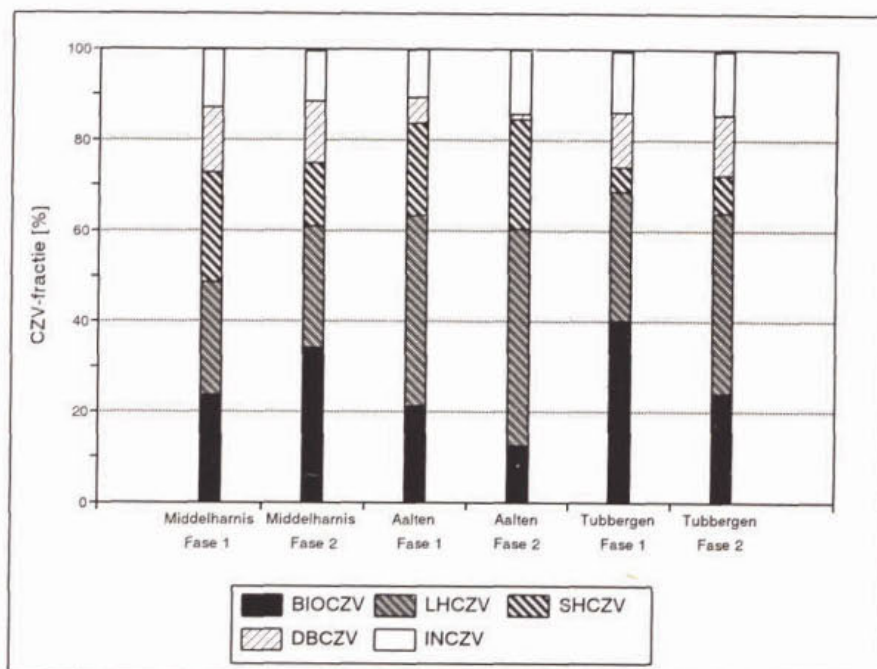
De DBCZV-fractie is bij ruw huishoudelijk afvalwater een klein gedeelte van het totale CZV. De fractie ligt tussen 5 en 15% en is afhankelijk van het aanwezige persleidingbinnenoppervlak. Een groot persleidingbinnenoppervlak impliceert een groot anaëroob biofilmoppervlak en daardoor een hogere verzuringsgraad van het afvalwater. De RWZI Stolpen heeft in vergelijking met de RWZI Oude Tonge, ondanks een groter persleidingbinnenoppervlak, een lager DBCZV-aandeel in het influent. Het lijkt dat boven een bepaald biofilmoppervlak geen verdere verhoging van de vetzuurproductie optreedt. Door lange anaërobe verblijftijden van het afvalwater in het persleidingstelsel kunnen deze stoffen reeds zijn afgebroken. De lage SHCZV-fractie van het influent van de RWZI Stolpen van circa 7% kan hierdoor verklaard worden.

Bij de RWZI Gramsbergen is ondanks de aanwezigheid van een lange persleiding maar 6% van het CZV in DBCZV-vorm aanwezig omdat de RWZI voor circa 50% haar afvalwater van het vrijervalstelsel krijgt aangevoerd en 50% afkomstig is van de persleiding.

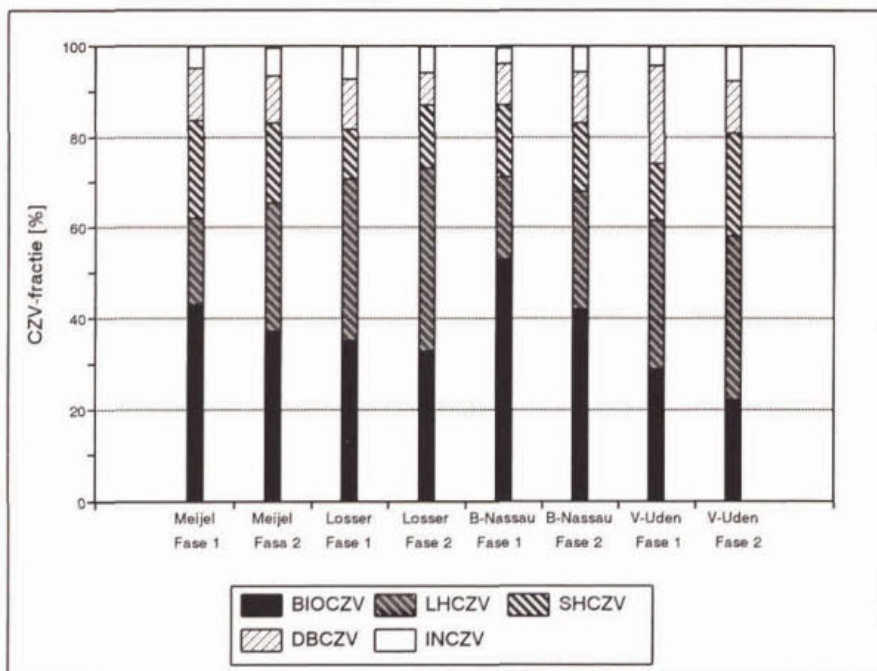
De hoge DBCZV-fractie, 20% van het CZV in het effluent, is bij de RWZI Terneuzen volledig toe te schrijven aan de hydrolyseprocessen in de voorbezinktank. Eerdere metingen hebben aangetoond dat nauwelijks vetzuren in het ruw influent aanwezig zijn. De CZV-fracties zijn van alle metingen over beide perioden zeer constant. De voorbezinktank zorgt voor een extra afvlakking van eventuele grote fluctuaties in de influentsamenstelling.

4.2.2 De RWZI's met minder dan 80% huishoudelijk afvalwater

In figuur 5 en 6 zijn respectievelijk de CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's Middelharnis, Aalten en Tubbergen en de RWZI's Meijel, Losser, Baarle-Nassau en Veghel-Uden weergegeven.



Figuur 5: CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's Middelharnis, Aalten en Tubbergen.



Figuur 6: CZV-influentkarakteristieken van de RWZI's Meijel, Losser, Baarle-Nassau en Veghel-Uden.

De BIO CZV-fracties zijn, afgezien bij de RWZI Baarle-Nassau, 15 tot 30% lager dan bij normaal huishoudelijk afvalwater zoals weergegeven in figuur 3. De verschillen tussen beide fasen zijn, afgezien van Baarle-Nassau, gering. Het CZV van de RWZI Baarle-Nassau schommelt ten gevolge van fluctuerende lozingen van agrarische aard.

Op de persleiding van de RWZI Middelharnis wordt afvalwater van een drankproducent geloosd. Aangezien de lozingen onregelmatig zijn, kunnen alle CZV-fracties, met nadruk op de LHCZV en BIO CZV fluctueren. Het DBCZV-aandeel is door genoemde lozingen hoog, circa 15%.

Het afvalwater van de RWZI Aalten is voor 30% afkomstig uit de textielindustrie. Hierdoor bestaat het influent uit moeilijk afbreekbare onopgeloste en opgeloste koolstofverbindingen. Dit betekent dat de LHCZV- en SHCZV-fracties hoog zijn.

Bij de RWZI Tubbergen wordt 75% van het afvalwater eerst via de oxidatiebedinstallatie behandeld alvorens het gezamenlijk met het ruwe afvalwater, afkomstig van een persleidingstelsel, in de selector wordt geleid. Het CZV van het influent is hierdoor laag: 250 - 300 mg/l. Er is nauwelijks SHCZV aanwezig omdat dit reeds of in het oxidatiebed of in het persleidingstelsel is verwijderd.

De CZV-fracties van de RWZI's Aalten en Tubbergen zijn met betrekking tot het DBCZV- en SHCZV-aandeel in beide fasen redelijk constant.

De RWZI Meijel heeft een klein vrijvervalstelsel waarop tevens het afvalwater van een snackproducent, dat veel opgeloste, gemakkelijk afbreekbare vetzuren bevat, wordt geloosd. Het SHCZV-aandeel en DBCZV-aandeel zijn om die reden hoog. De CZV_{vvz}-concentratie varieert van 100 tot 150 mg/l en is vergelijkbaar met de CZV_{vvz}-concentratie bij een lang persleidingstelsel. Omdat de aanvoer gelijkmatig verspreid over de dag werd aangevoerd, was het verloop van de CZV-fracties stabiel en onveranderlijk over de gehele onderzoeksperiode.

Het afvalwater van de RWZI Losser is afkomstig van een vrijvervalstelsel. Het aandeel LHCZV is hoog ten gevolge van lozingen uit de textielindustrie. De CZV-influentkarakteristiek is in beide onderzoeksperioden vrijwel gelijk en stabiel.

De RWZI Veghel-Uden is aangesloten op een groot gecombineerd aanvoersysteem met een overheersende invloed van de lozing van zuivelafvalwater. Het vetzuurgehalte is extreem hoog met uitschieters tot 350 mg/l. Bij een continu productieproces van de zuivelproducent kan de influentkarakteristiek als constant worden beschouwd.

4.2.3 Dagvariaties

Van diverse RWZI's zijn, tijdens de daguren op diverse tijdstippen, enkele CZV-influentkarakteristieken bepaald. Hieruit kan een kwalitatieve indruk worden verkregen van de eventuele fluctuaties van de CZV-samenstelling. De belangrijkste trends uit de waarnemingen zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Trends in de CZV-karakteristieken

RWZI	Aanvoersysteem	Influent	Fluctuaties in CZV-fracties
Oude Tonge	pers	ruw > 80% h. ¹⁾	klein ²⁾
Willemstad	pers	ruw > 80% h.	groot
Terneuzen	vrijverval	vbz ²⁾ > 80% h.	geen
Middelharnis	pers	ruw < 80% h.	groot
Tubbergen	pers/vrijverval	ruw/vbz < 80% h	klein
Meijel	vrijverval	ruw < 80% h	klein
Losser	vrijverval	ruw < 80% h.	klein
Veghel-Uden	vrijverval	ruw < 80% h.	klein

1) < 80% h. = minder dan 80% huishoudelijk afvalwater

2) vbz = voorbezonden afvalwater

3) klein = circa 10% van het gemiddelde LHCZV en BIOCZV, groot = > 10% van het gemiddelde LHCZV en BIOCZV

Bij een lang gecombineerd aanvoersysteem of persleidingstelsel en/of een hoog industrieel aandeel is het dagverloop van de CZV-fracties vrij stabiel. Bij aanwezigheid van een voorbezinking wordt dit afvlakkend effect nog versterkt.

De verschillende CZV-fracties kunnen bij een vrijvervalsysteem of een kort persleidingstelsel aanzienlijk fluctueren. Bij kleine vrijvervalstelsels en een hoog DBCZV aandeel of een hoog LHCZV + BIOCZV aandeel treden ook nauwelijks fluctuaties op.

4.3 Het functioneren van de selector

In het kader van dit onderzoek is het van belang na te gaan wat het lot is van de verschillende CZV-fracties in de selector, welke procescondities in de selector hierop van invloed zijn en hoe de selector volgens de huidige dimensioneringsrichtlijnen functioneert. In de paragrafen 4.3.2 en 4.3.3 zal het functioneren van de selector worden beoordeeld op basis van de totale biosorptie en de CZV_{afloop} van de selector. In paragraaf 4.3.4 zal het verloop van de diverse CZV-fracties van het influent in de selector worden gevolgd. De resultaten worden verklaard met behulp van de heersende procescondities. In paragraaf 4.3.5 worden de selectoren beoordeeld en getoetst aan de internationale en nationale ontwerpgrondslagen [22, 31].

4.3.1 Selectorbeoordelingscriteria en procescondities in de selectoren

De selectoren van de RWZI's worden beoordeeld en getoetst aan de ontwerpgrondslagen en gewenste effectiviteit, zoals vermeld in tabel 6. De typering van de onderzochte selectoren en hun belangrijkste procescondities zijn weergegeven in tabel 7.

Tabel 6: Ontwerpgrondslagen voor selectoren [22, 31]

Criteria	Eis	Eenheid
Propstroomkarakter selector	> 3 compartimenten of zones, Lengte/Breedte totaal > 7	
Endogene ademhaling retourslib	< 5	g O ₂ /kg ds.h
Vlokbelading	50 - 150	g CZV/kg ds
Slibbelasting -aëroob -anoxisch -anaëroob	> 2 - 6, > 6, 1e comp. > 1	kg BZV/kg ds.d
Biosorptie	> 60	%
Afloop selector	CZV _{effluent} + 20-30	mg/l
Aanwezigheid Poly-P-biomassa Fosfaatgiftesnelheid	> 5	g P/kg ds. h
SVI altijd < 150 ml/g 80% < 150 ml/g anderszins	A B C	tijd

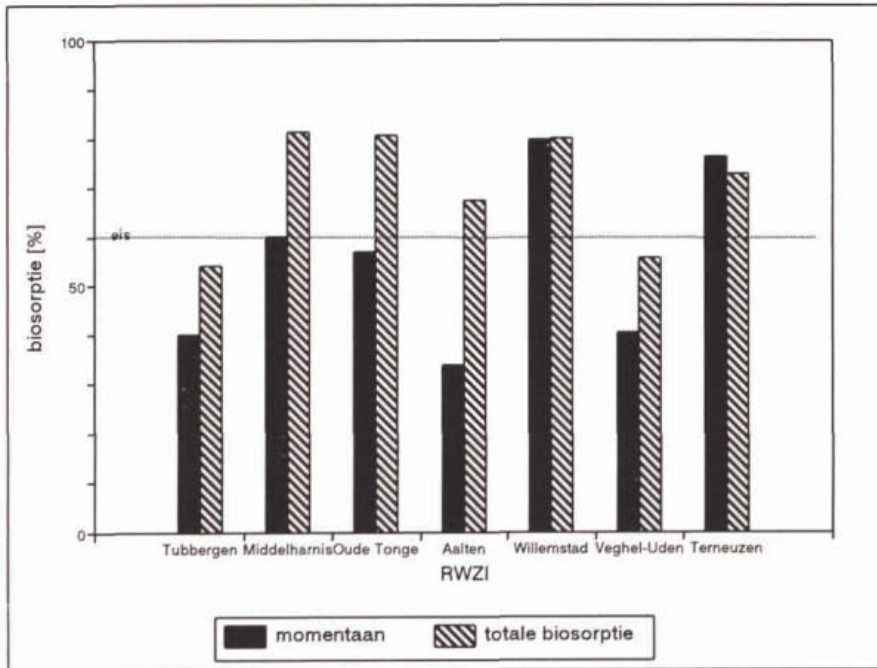
Tabel 7: Procescondities in de selectoren

RWZI	NO ₃ -N momentaan, mg/l	NO ₃ -N afloop selector, mg/l	O ₂ momentaan, mg/l	O ₂ afloop selector, mg/l	Vlokbelading g/kg d.s.	Slibbelasting kg/kg.d	Typering
Oude Tonge	2,6	3,9	1,3	0,4	95	4,5	aëroob
Gramsbergen	8,7	6,8	2,1	0,5	100	2,2	aëroob
Willemstad	1,5	-	0,2	0,0	126	4,0	anoxisch/ anaëroob
Terneuzen	3,2	-	0,2	0,6	50	1,9	anoxisch/ aëroob
Stolpen ¹⁾	5,8	6,2	2,5	4,4	64	2,9	aëroob
Middelharnis	0,4	0,1	2,9	3,4	63	6,0	aëroob
Aalten	0,6	-	0,3	0,1	209	8,8	anaëroob
Tubbergen	2,7	-	1,6	0,1	64	0,8	aëroob
Meijel	10,7	9,3	0,4	0,2	138	4,8	aëroob/ anoxisch
Losser	3,7	-	1,0	0,2	61	2,3	aëroob/ anoxisch
Baarle-Nassau	5,0	2,6	2,5	1,7	350	11,7	aëroob
Veghel-Uden	0,4	-	0,5	0,0	165	5,2	anaëroob

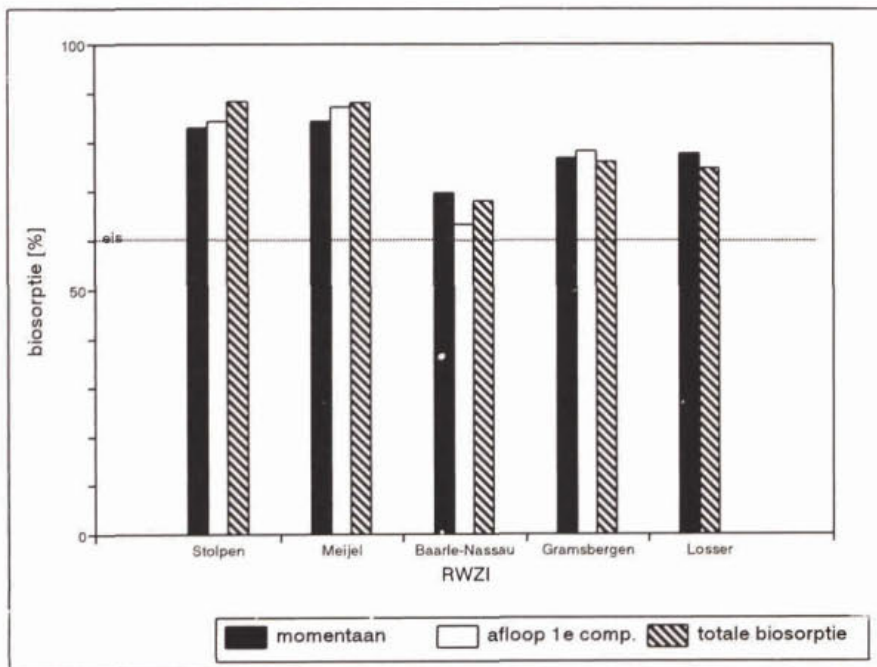
1) De beluchtingselementen van de selector zijn in 1993 vervangen vanwege een slecht beluchtingspatroon. Het O₂-gehalte met de oude elementen varieerde van 0 tot 2 mg/l.

4.3.2 Biosorptie in de selector

De biosorptie in de selector als percentage van het CZV _{totaal} in het influent is voor alle RWZI's afgebeeld in de figuren 7 en 8; in figuur 7 voor de selectoren met een compleet gemengd karakter en in figuur 8 voor de selectoren met propstroomkarakter. De figuren tonen de momentane biosorptie, de biosorptie na afloop van het eerste compartiment of zone en de totale biosorptie van de selector.



Figuur 7: De biosorptie als percentage van het CZV_{totaal} in selectoren met een gemengd karakter.



Figuur 8: De biosorptie als percentage van het CZV_{totaal} in selectoren met een propstroomkarakter.

Uit de vergelijking van beide figuren blijkt dat de momentane en de totale biosorptie bij de propstroomselectoren hoger is dan bij de gemengde selectoren. De vereiste biosorptie van minimaal 60% wordt bij de propstroomreactoren overal gehaald, terwijl bij de gemengde reactoren, zoals bij de RWZI's Tubbergen, Veghel-Uden en Aalten, deze waarde nauwelijks wordt gehaald. De totale biosorptie bij de propstroomselectoren is in vergelijking met de gemengde selectoren zo'n 10 tot 20% hoger.

Bij de propstroomselectoren is de momentane biosorptie vrijwel compleet, terwijl in de gemengde selectoren meestal nog een verdere toename plaatsvindt. De hogere momentane biosorptie is het gevolg van de hogere momentane slibbelasting. Dit veroorzaakt een grotere drijvende kracht van CZV vanuit de oplossing naar de slibvlok.

Er blijkt geen verschil tussen een onbeluchte en beluchte selector. Het effect van de zuurstofinbreng op de specifieke CZV-fracties wordt in 4.3.4 belicht.

4.3.3 Het CZV in de afloop van de selector

Volgens de definitie van de selector is naast een hoog biosorptieniveau de absolute waarde van het opgeloste CZV in de afloop van de selector van belang. Deze dient niet meer dan 20 tot 30 mg/l hoger te zijn dan het CZV in het effluent van een RWZI. Als eis wordt circa 60 mg/l aangehouden. In tabel 8 zijn de gemiddelde waarden en het bereik van het opgelost-CZV in de afloop van de selectoren van de RWZI's weergegeven. In de laatste kolom van tabel 8 wordt het resultaat gegeven van de vergelijking van het CZV in de afloop van de selector met het CZV in het effluent volgens bovengenoemde richtlijn.

Tabel 8: Beoordeling van de selectoren op basis van het CZV in de afloop van de selector

RWZI	CZV afloop selector (mg/l)		CZV effluent (mg/l)	Beoordeling
	gemiddeld	bereik	gemiddeld	
Oude Tonge	83	51-128	42	+/-
Gramsbergen	130	87-238	53	-
Willemstad	93	43-157	40	+/-
Terneuzen	78	55-108	50	+
Stolpen	70	45-92	47	+
Middelharnis	60	34-78	37	+
Aalten	145	74-269	51	-
Tubbergen	74	54-111	43	+
Meijel	81	56-104	40	+/-
Losser	79	48-113	32	+/-
Baarle-Nassau	224	138-360	49	-
Veghel-Uden	240	117-350	46	-

Uit tabel 8 blijkt dat de selectoren van de RWZI's Gramsbergen, Aalten, Baarle-Nassau en Veghel-Uden niet voldoen aan de eis van circa 60 mg/l CZV.

4.3.4 Het verloop van de CZV-fracties in de selector

Het verloop van de diverse CZV-fracties is voor de beschouwde RWZI's weergegeven in de figuren 9 tot en met 20. Het betreft de theoretische CZV-karakteristiek van het influent bij menging van het retourslib aan het begin van de selector, de gemeten momentane CZV-karakteristiek van de oplossing aan het begin van de selector en de gemeten CZV-karakteristiek van de oplossing in de afloop van de selector. Met behulp van het verloop van diverse CZV-fracties in de oplossing zal de invloed van de aanwezigheid van O_2 en NO_3 , de vlokbelading, de slibbelasting in beeld worden gebracht.

Daar waar het BZV van het filtraat lager is dan het gemeten CZV_{vz} is de SHCZV-fractie op nul gesteld. De INCZV-fractie loopt, zoals eerder is vermeld, onveranderd door het zuiveringstelsel en wordt daarom niet nader beschouwd.

Uit alle figuren blijkt dat het CZV van het influent voor circa 60 tot 70% wordt opgenomen in de selector. Het BIOCZV adsorbeert direct volledig aan de slibvlok. In aanwezigheid van BIOCZV en afwezigheid van O_2 adsorbeert niet al het LHCZV aan de slibvlok. Dit ondanks het feit dat de vlokbelading bij alle selectoren, met uitzondering van de RWZI Aalten en Baarle-Nassau, uitstekend is. De hydrolysesnelheid van BIOCZV is blijkbaar in alle situaties zo laag dat de meeste adsorptieplaatsen op de slibvlok nog vol zijn. Bij voorbezonken afvalwater wordt bij afwezigheid van BIOCZV wel veel LHCZV geadsorbeerd.

Onder vrijwel alle procescondities in de selector is sprake van een momentane biosorptie van het SHCZV. Alleen bij de RWZI Aalten en de RWZI Veghel-Uden blijft een goede opname van SHCZV achterwege. Dit kan veroorzaakt worden door een vlokbelading groter dan 150 g CZV/kg d.s..

De reden waarom wel SHCZV kan worden opgenomen en geen LHCZV kan liggen in het feit dat eerstgenoemde fractie minder sterische hinder bij het adsorptieproces aan de slibvlok ondervindt en minder adsorptieoppervlak vergt.

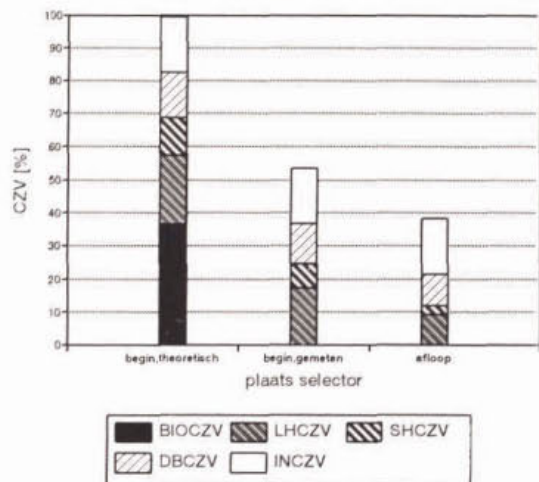
Alleen in de selectoren van de RWZI's Middelharnis, Meijel en Veghel-Uden verdwijnt DBCZV. De RWZI Meijel heeft ondanks een goed beluchte selector een laag zuurstofgehalte in de selector. Dit wordt veroorzaakt door de hoge respiratiesnelheid van actief-slib. De biosorptie is perfect en een groot gedeelte van het LHCZV, SHCZV en DBCZV wordt verwijderd. Dat een momentane afname van DBCZV plaatsvindt kan veroorzaakt worden door de drijvende kracht ten gevolge van de hoge slibbelasting in het 1e compartiment, circa 15 kg BZV/kg.d.s.d., en door denitrificatie.

Uit het verloop van de CZV-fracties bij de RWZI Veghel-Uden blijkt dat, afgezien van de BIOCZV-opname, alleen een opname van de DBCZV-fractie plaatsvindt. Via de poly-P-biomassa wordt het DBCZV opgenomen. Dat hier geen SHCZV-adsorptie optreedt, kan veroorzaakt worden door een te geringe zuurstofinbreng in de selector.

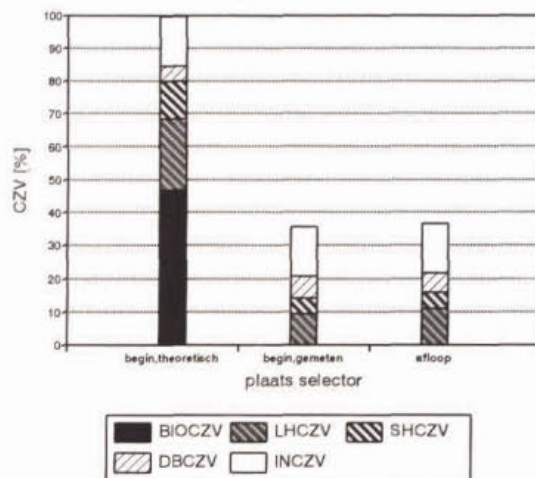
In de goed beluchte selector van de RWZI Stolpen is geen significante afname van de DBCZV-fractie waar te nemen. Dit kan worden veroorzaakt doordat evenveel DBCZV wordt gevormd als wordt verwijderd.

De vlokbelading van de RWZI Baarle-Nassau is dermate hoog dat geen goede biosorptie kan optreden. Door de hoog-beluchte situatie wordt SHCZV geadsorbeerd aan de slibvlok.

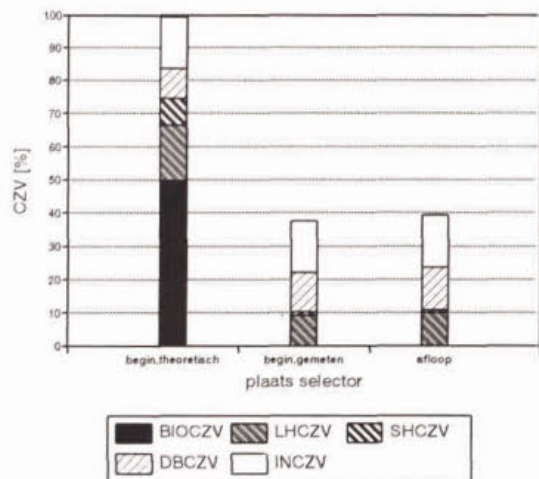
RWZI Oude Tonge verloop CZV-fracties



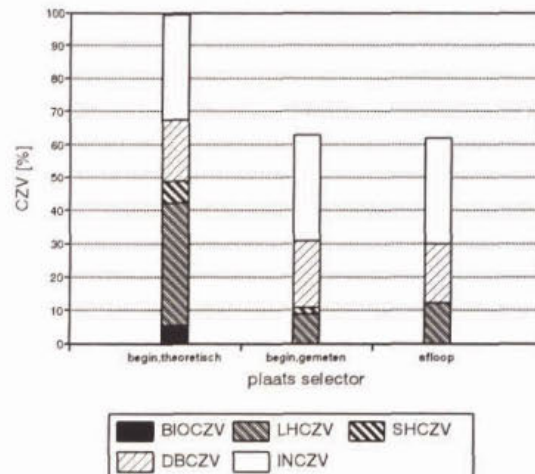
RWZI Gramsbergen verloop CZV-fracties



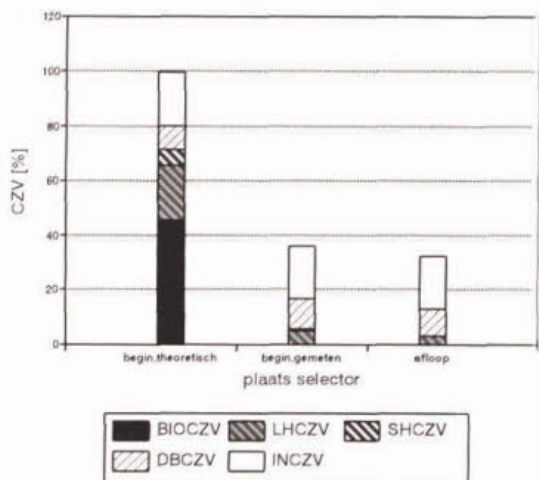
RWZI Willemstad verloop CZV-fracties



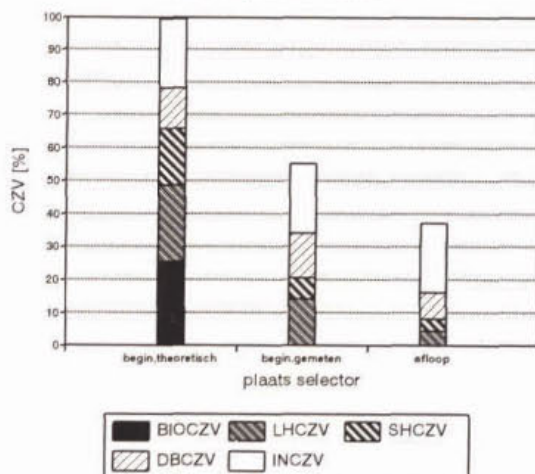
RWZI Terneuzen verloop CZV-fracties



RWZI Stolpen verloop CZV-fracties



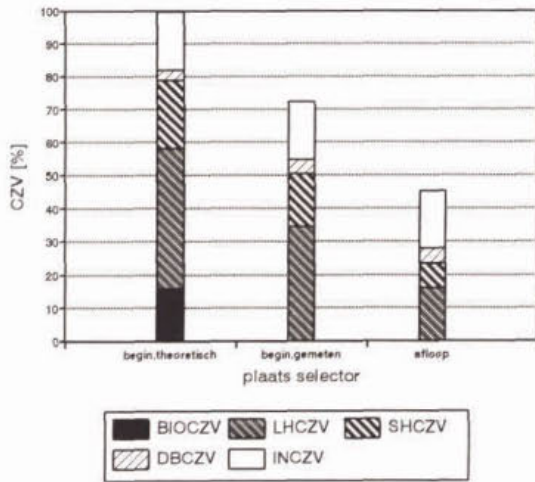
RWZI Middelharnis verloop CZV-fracties



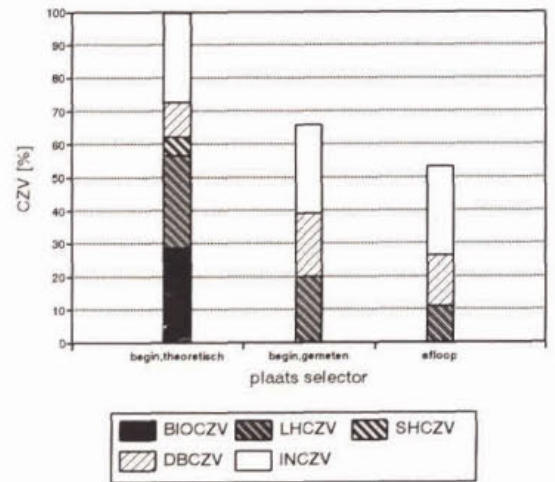
Figuren 9 tot en met 14:

Het verloop van de CZV-fracties in de selector.

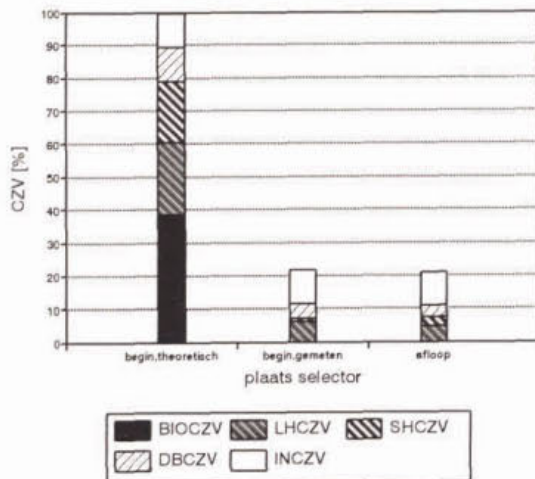
RWZI Aalten
verloop CZV-fracties



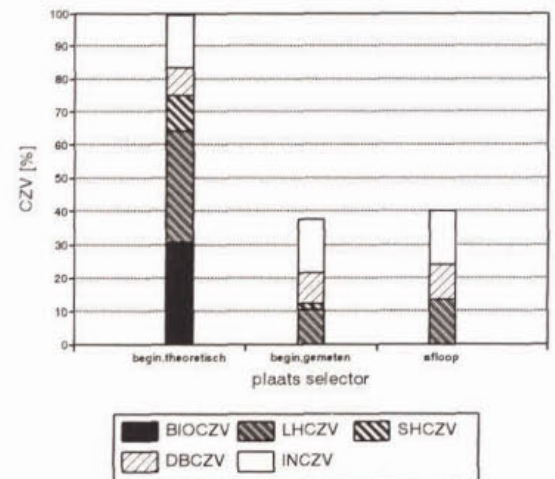
RWZI Tubbergen
verloop CZV-fracties



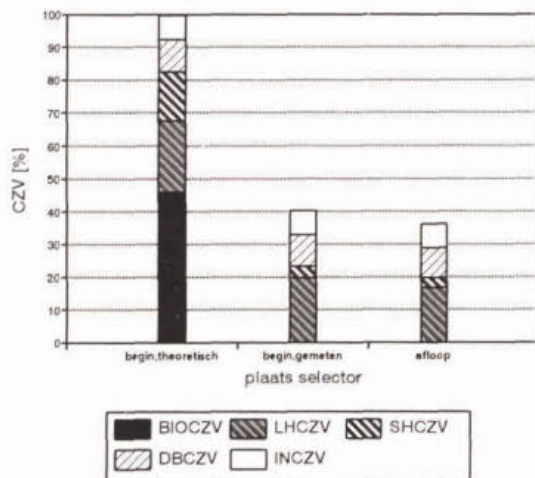
RWZI Meijel
verloop CZV-fracties



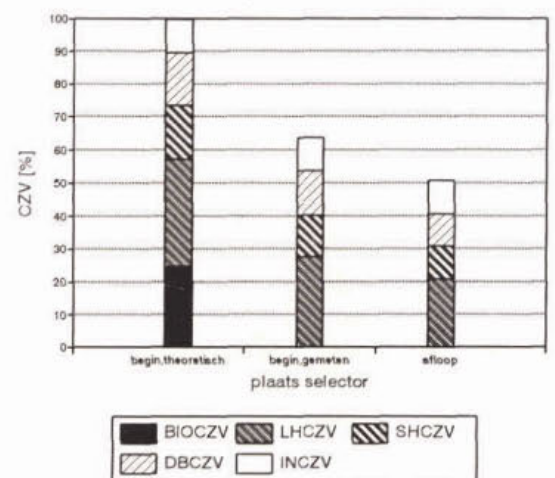
RWZI Losser
verloop CZV-fracties



RWZI Baarle-Nassau
verloop CZV-fracties



RWZI Veghel-Uden
verloop CZV-fracties



Figuren 15 tot en met 20:

Het verloop van de CZV-fracties in de selector.

4.3.5 Beoordeling en toetsing van de selectoren aan de ontwerpgrondslagen

De toetsing van de selectoren aan de ontwerpgrondslagen en vereiste effectiviteit zal plaatsvinden aan de hand van de eisen, zoals die zijn weergegeven in tabel 6. De selectoren worden getoetst aan de eisen voor het propstroomkarakter, aanwezigheid endogeen retourslib, vlokbelading, totale slibbelasting in de selector, slibbelasting in het 1^o compartiment, de biosorptiegraad en het CZV in de afloop van de selector.

In tabel 9 is het resultaat van de toetsingen weergegeven voor de selectoren van de RWZI's met een influent met meer dan 80% huishoudelijk afvalwater. In tabel 10 is dit gedaan voor de selectoren van de RWZI's met een kleiner aandeel dan 80% huishoudelijk afvalwater. In deze tabellen zijn de tevens relevante gegevens van paragraaf 4.3.2 en 4.3.3 nogmaals vermeld.

Tabel 9: Toetsing van de selectoren van de RWZI's met > 80% huishoudelijk afvalwater

Selector	RWZI's > 80% huishoudelijk afvalwater				
	onbeluchte selector			beluchte selector	
	Oude Tonge	Gramsbergen	Willemstad	Terneuzen	Stolpen
type	aëroob	aëroob	anaëroob	aëroob/ anoxisch	aëroob ¹⁾
propstroom	-	+	-	-	+
endogene ademhaling retourslib	+	+/-	-	+	+
vlokbelading	+	+	+	+	+
slibbelasting	+	+	+	-	+
slibbelasting 1 ^o comp.	n.v.t.	+	n.v.t.	n.v.t.	+
biosorptie	+	+	+	+	+
CZV-afloop selector	+/-	-	+/-	+	+

+ = voldoet aan de eis, +/- = voldoet periodiek aan de eis, - = voldoet niet aan de eis,
n.v.t. = niet van toepassing

1) De beluchtingselementen van de selector zijn in september '93 vervangen.

Uit tabel 9 blijkt dat de vlokbelading, slibbelasting en biosorptie bij vrijwel alle RWZI's voldoen aan de ontwerpgrondslagen. Alleen de slibbelasting in de selector van de RWZI Terneuzen voldoet niet.

Wanneer geen geforceerde beluchting in de selectoren wordt toegepast voldoet het CZV_{afloop} niet of niet volledig aan het vereiste gehalte. De onbeluchte selectoren van RWZI Oude Tonge en Gramsbergen kunnen in de praktijk als aëroob kunnen worden gekenmerkt. Via de slibretourvijzels kan zuurstof in de selector worden geleid. Ten gevolge van een te korte contacttijd in de selector, 5 tot 9 minuten bij DWA-condities, heeft de selector van de RWZI Gramsbergen een hoge CZV_{afloop}. Bij de RWZI Willemstad is ten gevolge van een slecht geregenereerd retourslib het CZV_{afloop} niet altijd voldoende.

Tabel 10: Toetsing selectoren van de RWZI's met < 80% huishoudelijk afvalwater

Selector	RWZI's < 80% huishoudelijk afvalwater						
	onbeluchte selector			beluchte selector			
	Middelhar-nis	Aalten	Tubbergen	Meijel	Losser	Baarle-Nassau	Veghel-Uden
type	aëroob	anaëroob	aëroob	aëroob/ anoxisch	aëroob/ anoxisch	aëroob	anaëroob/ aëroob
propstroom	-	-	-	+	+	+	-
endogene ademhaling retourslib	+	+	+	+	+	-	+
vlokbelading	+	-	+	+	+	-	-
slibbelasting	+	+	-	+	+/-	+	+
slibbelasting 1 ^e comp.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	+	+	+	n.v.t.
biosorptie	+	+/-	-	+	+	+/-	-
CZV-afloop selector	+	-	+	+/-	+/-	-	-

+ = voldoet aan de eis, +/- = voldoet periodiek aan de eis, - = voldoet niet aan de eis
n.v.t. = niet van toepassing

De selectoren van de RWZI's Aalten, Baarle-Nassau en Veghel-Uden (zie tabel 10) voldoen niet aan de eis voor de vlokbelading. Het biosorptieniveau en het CZV_{afloop} van de selector zijn bij deze RWZI's dan ook matig of onvoldoende. De slibbelasting voldoet wel aan de gestelde norm, maar kennelijk is dit niet de bepalende factor voor het vereiste CZV_{afloop}.

De vlokbeladingen van de selectoren van de overige RWZI's voldoen wel aan de eis. Aangezien het endogene ademhalingsniveau van het retourslib uitstekend is, zullen in principe de biosorptiegraad en het CZV_{afloop} goed moeten zijn. Het biosorptieniveau van de RWZI Tubbergen voldoet niet aan de eis van meer dan 60% biosorptie. Het CZV_{afloop} van de selector voldoet echter wel. Dit laatste is te danken aan de lage CZV_{influent} van circa 300 mg/l.

Ondanks dat de selectoren van de RWZI's Meijel en Losser voldoen aan alle gewenste procescondities is het CZV_{afloop} van de selector niet altijd voldoende. Voor beide RWZI's is het hoge CZV_{afloop} te wijten aan het hoge CZV_{influent} van circa 1000 mg/l. De lange contacttijd in de selector bij de RWZI Meijel van 0,5 h blijkt evenwel nog niet voldoende om het vereiste CZV_{afloop} te creëren.

4.4 De invloed van de selector op de slibbezinkingseigenschappen

Het functioneren van de selector, de relevante procescondities van de beluchtingsruimte en het verloop van de slibbezinkingseigenschappen van de RWZI's zijn weergegeven in de tabellen 11 en 12. Het grafisch verloop van de SVI van alle RWZI's is weergegeven in bijlage 5.

Tabel 11: Relatie tussen het functioneren van de selector op het SVI-verloop bij RWZI's met > 80% huishoudelijk afvalwater.

	RWZI's met > 80% huishoudelijk afvalwater				
	Oude Tonge	Gramsbergen	Willemstad	Terneuzen	Stolpen
Selector					
CZV-afloop selector	+/-	-	+/-	+	+
Beluchtingsruimte					
belasting (% BZV)	100	90	55	55	85
onbeluchte fractie (%)	50	0-30	75	20-50	40-50
poly-P-biomassa	-	-	-	-	-
zuurstofregime	continu	continu	tjdklok	NH ₄ , intermit.	continu
Slibeigenschappen					
SVI-verloop, categorie	B	A	A/B	B/C	B
- maximum	180	130	180	250	190
dominante draadvormer	Mp	Mp	Mp	Mp	Mp

Tabel 12: Relatie tussen het functioneren van de selector en het SVI-verloop bij RWZI's met < 80% huishoudelijk afvalwater.

	RWZI's met < 80% huishoudelijk afvalwater						
	Middel-harnis	Aalten	Tubbergen	Meijel	Losser	Baarle-Nassau	Veghel-Uden
Selector							
CZV-afloop selector	+	-	+	+/-	+/-	-	-
Beluchtingsruimte							
belasting (% BZV)	105	80	85 ²⁾	95	< 50	120	100
onbeluchte fractie (%)	70-80	50-60	50-70	0	20-50	0-15	30-50
poly-P-biomassa ¹⁾	-	-	-	-	-	-	+
zuurstofregime	continu	continu	NO ₃ , intermit.	continu	continu	tjdklok	continu
Slibeigenschappen							
SVI-verloop, categorie ³⁾	C	C	B	A	A	C	A
- maximum	250	230	170	105	150	250	140
dominante draadvormer ⁴⁾	Mp	Mp	Mp	Mp	Mp	Mp	t 0041

¹⁾ De poly-P-biomassa wordt als een belangrijk aandeel beschouwd als de fosfaatgiftesnelheid groter is dan 5 mg P/g ds.h aanwezig is

²⁾ Belasting in 2e fase lager ten gevolge van een bedrijfssanering

³⁾ SVI-verloop; A = SVI altijd < 150 ml/g, B = SVI 80% van de tijd < 150 ml/g, C = SVI altijd > 150 ml/g.

⁴⁾ Mp = *Microthrix parvicella*, t 0041 = draadvormer volgens indeling Eikelboom.

Alle RWZI's uit tabel 11 vertonen het gebruikelijke seizoensritme van het verloop van de SVI, waarbij de aanwezigheid van de draadvormer *Microthrix parvicella* een dominante rol speelt. Er kan worden geconcludeerd dat juist bij de als goed beoordeelde selectoren van de RWZI's Terneuzen en Stolpen de slibbezinkingseigenschappen, in vergelijking met de overige RWZI's, relatief het slechtst zijn. Deze constatering betekent dat andere procescondities van het actief-slibstelsel, anders dan die in de selector, een overheersende invloed uitoefenen op de slibbezinkingseigenschappen.

De onbeluchte slibfractie in de beluchtingsruimte van de RWZI Willemstad is groter dan 50%. Hierdoor ontstaat licht slib. De lage belastingsgraad draagt er evenwel toe bij dat geen extreem hoge SVI-waarden voorkomen.

Bij de RWZI Terneuzen is de onbeluchte slibfractie altijd kleiner dan 50%, zodat in principe bij een zeer goed functionerende selector geen licht slib kan ontstaan. Dat dit toch voorkomt, kan alleen worden geweten aan de intermitterende beluchting.

De overige RWZI's zijn vrijwel volledig belast. Ondanks een slecht functionerende selector zijn de slibbezinkingseigenschappen bij de RWZI Gramsbergen uitstekend. De onbeluchte slibfractie is nooit hoger dan 30% en de zuurstofinstelwaarden zijn hoog afgesteld. De consequentie hiervan is echter dat de totale stikstofverwijdering niet optimaal is.

De RWZI's Oude Tonge en Stolpen vertonen een korte periode waar de SVI boven de 150 ml/g ligt. Er is sprake van een continu O_2 -regime bij beide RWZI's en de onbeluchte slibfractie blijft net onder de 50%. De goed functionerende selector van Stolpen lijkt bij een lage afvalwatertemperatuur zijn effectiviteit voor het handhaven van de gewenste slibbezinkingseigenschappen te verliezen. De watertemperatuur heeft een negatieve invloed op de slibbezinkingseigenschappen. Een selector met een contacttijd van 10 minuten kan deze negatieve invloed niet voorkomen.

Uit tabel 12 blijkt dat ook bij goed werkende selectoren, zoals de RWZI Middelhar nis en in mindere mate de RWZI Tubbergen, slechte slibbezinkingseigenschappen in het voorjaar voorkomen. De hoge onbeluchte slibfractie van 80% in de beluchtingsruimte is, in combinatie met de lage watertemperatuur, de oorzaak van de slechte SVI. Zelfs een aanvullende $FeCl_3$ -dosering biedt dan geen uitkomst.

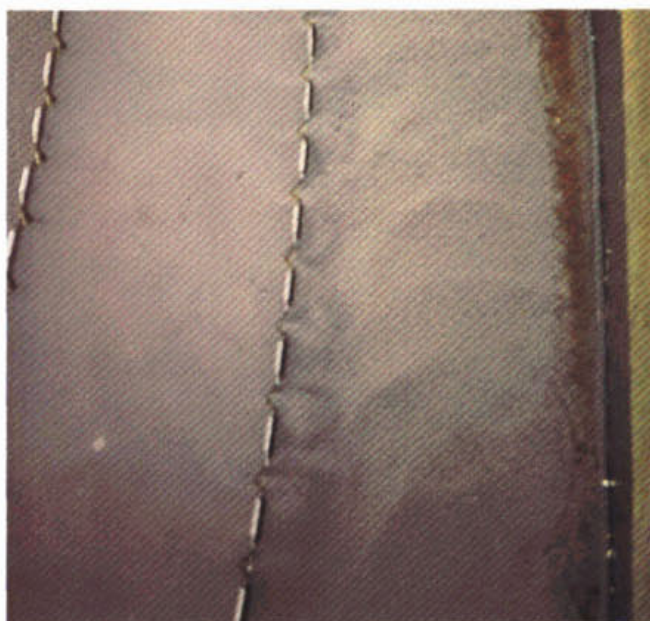
De RWZI Tubbergen kende jarenlang een uitstekende SVI gedurende het gehele jaar. In fase 2 van de onderzoeksperiode steeg de SVI echter boven de 150 ml/g. Ten opzichte van voorgaande jaren is het zuurstofregime veranderd. In plaats van een continu beluchtingsregime wordt een intermitterend regime op basis van NO_3^- -meting toegepast.

De RWZI Meijel en de RWZI Losser hebben, ondanks een niet altijd goede CZV_{afloop} van de selector, uitstekende slibbezinkingseigenschappen. Vanwege het ontbreken van een onbeluchte periode in de beluchtingsruimte of een lage belastingsgraad met een kleine onbeluchte slibfractie zal de SVI altijd goed zijn. Voorschakeling van een selector zal nauwelijks bijdragen aan het bewerkstelligen of handhaven van de goede slibbezinkingseigenschappen.

De RWZI Veghel-Uden heeft, ondanks een slecht functionerende selector, een perfecte SVI gedurende het gehele jaar. Ten opzichte van alle andere RWZI's met vergelijkbare belastingsgraad zijn in het actief slib veel vlokvormende poly-P-organismen aanwezig met een positieve invloed op de slibbezinkingseigenschappen.



Figuur 21: Bij een overbelaste RWZI biedt een selector geen uitkomst



Figuur 22: Bij zeer intensieve regenval kan, ondanks het goed functioneren van een selector, sprake zijn van sliboverstorten

5 EVALUATIE EN CONCLUSIES

Dit praktijkonderzoek is uitgevoerd om, met behulp van karakterisering van het influent, dimensioneringsgrondslagen voor selectoren te ontwikkelen voor actief-slibsystemen met vergaande nutriëntenverwijdering. Hierbij zijn de CZV-influentkarakteristiek, het verloop van de diverse CZV-fracties in de selector, de invloed van de selector en de procescondities in de beluchtingsruimte op slibbezinkingseigenschappen van een RWZI in beschouwing genomen.

Uit de resultaten van de CZV-karakteristieken van de influenten van de onderzochte RWZI's blijkt, dat bij ruw huishoudelijk afvalwater 50 en 20% van het totale CZV bestaat uit BIOCVZV respectievelijk LHCZV. Het type aanvoersysteem heeft nauwelijks invloed op deze fracties. Het overige gedeelte van het totale CZV bestaat uit vrijwel gelijke hoeveelheden SHCZV, DBCZV en INCZV. Afhankelijk van het type aanvoersysteem varieert wel de DBCZV-fractie van 5 tot 15%. Bij een persleidingstelsel is de DBCZV-fractie, ten gevolge van verzuringsprocessen, het hoogst.

De CZV-influentkarakteristieken van voorbezonden afvalwater en afvalwater met een groot industrieel aandeel verschillen van die van ruw huishoudelijk afvalwater. De BIOCVZV-fractie van voorbezonden afvalwater is zeer laag, circa 5%, en wordt veroorzaakt door de verwijdering van droge stof in de voorbezinktank. De LHCZV-fractie is dientengevolge hoog. De DBCZV-fractie kan, tengevolge van verzuringsprocessen, oplopen tot boven de 20%.

De BIOCVZV-fractie van het afvalwater met industrieel aandeel > 20% is 20 tot 30% lager dan dezelfde fractie in hoofdzakelijk huishoudelijk afvalwater. Afhankelijk van de aard van het industriële afvalwater (agrarisch, uit de levensmiddelenindustrie of textielbranche) zijn de LHCZV- en SHCZV-fracties respectievelijk 5 - 20% en 5 - 10% hoger in vergelijking met de identieke fracties bij huishoudelijk afvalwater. De DBCZV-fractie van agrarisch afvalwater is vrijwel gelijk aan die van sterk aangerot huishoudelijk afvalwater: circa 15%.

De gemeten CZV-fracties komen redelijk overeen met de waarnemingen in Denemarken [11] en Zuid-Afrika [7] zodat geconcludeerd kan worden dat de gehanteerde eenvoudige CZV-fractioneringsmethodiek tot reproduceerbare resultaten leidt.

De CZV-influentkarakteristiek is bij een lang persleidingstelsel en/of bij een hoog industrieel aandeel in het afvalwater niet onderhevig aan grote fluctuaties. Bij een kort vrijvervalstelsel is meer fluctuatie in de samenstelling mogelijk, maar door het lage aandeel van SHCZV en DBCZV zal dit niet of nauwelijks een rol spelen bij de dimensionering van een selector.

De temperatuur van het afvalwater, variërend van 13°C tot 20°C in fase 1 en van 7 tot 14°C in fase 2 blijkt nauwelijks van invloed op de gemiddelde samenstelling van het CZV-influent. Dit lijkt in tegenspraak met de bestaande literatuur [20,21], echter de gebleken geringe invloed is het gevolg van het feit dat voornamelijk lange persleidingstelsels of grote gecombineerde aanvoersystemen in de studie in beschouwing zijn genomen. Uit dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de influentsamenstelling over het algemeen over het jaar niet belangrijk zal variëren.

Voor een eventuele dimensionering van de selector met behulp van de influentkarakterisering kan daarom van een constante influentsamenstelling worden uitgegaan.

De resultaten van paragraaf 4.3.4, waar het verloop van de CZV-fracties in de diverse selectoren worden besproken, tonen aan dat de specifieke fracties in elke afzonderlijke selector een verschillend gedrag kunnen vertonen. Dit gedrag wordt beïnvloed door de aanwezigheid van elektronenacceptoren, zoals zuurstof en nitraat, de vlokbelading, de slibbelasting en het relatieve aandeel van de CZV-fracties ten opzichte van het totale CZV. Het gedrag van het LHCZV en DBCZV in de selector, bij diverse selectorcondities, is weergegeven in tabel 13. De BIOCZV- en de SHCZV-fracties adsorberen, bij de juiste vlokbelading, vrijwel volledig aan de slibvlok. Tevens geldt dat als de slibbelasting in de selector groter is dan 5 kg BZV/kg d.s.d, het opnameproces van alle CZV-fracties, in vergelijking met lagere slibbelastingen, beter verloopt.

Tabel 13 : Het gedrag van het LHCZV en DBCZV in de selector

Selectorcondities				Opname	
O ₂ -concentratie, mg/l	NO ₃ -N-concentratie, mg/l	aanwezigheid poly-P-biomassa	typering	LHCZV	DBCZV
< 0.5	≈ 0	nee	anaëroob	+	-
< 0.5	≈ 0	ja	anaëroob	+	+
< 0.5	3 - 10	nee	anaëroob	++	+
1 - 2	≥ 0	nee	aëroob	++	-
> 2	≥ 0	nee	aëroob	++	+

) = geen opname, *) = opname, ***) = extra opname

Uit het gedrag van de diverse CZV-fracties in de selector blijkt, conform de verwachtingen, dat bij voldoende aanwezigheid van de electronenacceptoren zuurstof, nitraat of P-ATP, DBCZV uit de oplossing verdwijnt en door de aanwezige biomassa wordt opgenomen. Bij een hoge zuurstof- en nitraatconcentratie wordt extra LHCZV opgenomen. Dat niet alle LHCZV direct wordt geadsorbeerd lijkt enigszins verrassend, maar is verklaarbaar door het ontbreken van voldoende adsorptieplaatsen op de slibvlok.

In de paragrafen 4.3.3 en 4.3.5 is het functioneren van de onderzochte selectoren getoetst aan het vereiste CZV_{afloop} van de selector, zoals dat in de definitie is omschreven. Uit de toetsing blijkt dat bij selectoren met een vlokbelading groter dan 150 g CZV/kg d.s.d. en/of een CZV_{influent} groter dan circa 1000 mg/l, de CZV_{afloop}-eis niet wordt gehaald. De hoogte van het CZV_{influent} blijkt een belangrijke parameter voor het vaststellen van de minimale contacttijd in de selector. Een contacttijd van 30 minuten is te kort om bij een hoge CZV_{influent} altijd een lage CZV_{afloop} te bewerkstelligen.

Paragraaf 4.3.6 gaat in op de invloed van de selector en de invloed van de procescondities in de beluchtingsruimte op de slibbezinkingseigenschappen. De procescondities in de beluchtingsruimte zijn bepalend voor de slibbezinkingseigenschappen, eerder dan de procescondities in de selector bij een contacttijd van 10 minuten. Vooral de introductie van een hoge onbeluchte slibfractie ten behoeve van de denitrificatie ondermijnt het selectoreffect in aanzienlijke mate. De belangrijkste waarnemingen zijn samengevat in tabel 14.

Hierin is de invloed van de diverse procescondities in de beluchtingsruimte op de SVI weergegeven.

Tabel 14: De invloed van de procescondities in de beluchtingsruimte op de SVI

Procescondities in de beluchtingsruimte				Invloed op de SVI
belasting % BZV	onbeluchte slibfractie, %	zuurstof-regime	aanwezigheid Poly-P-biomassa	
50 - 100	≥ 50	continu	nee	negatief
50 - 100	$< 50 >$	intermitterend	nee	negatief
< 100	$<< 50$	continu	nee	positief
> 100	≈ 0	continu	nee	negatief
≤ 100	≤ 50	continu	ja	positief

Uit tabel 14 volgt:

- zowel bij laagbelaste als bij volbelaste RWZI's biedt een selector met een contacttijd van 10 minuten geen uitkomst bij het beheersen van de SVI, indien de onbeluchte slibfractie in de beluchtingsruimte $\geq 50\%$;
- wanneer bij een volbelaste RWZI de onbeluchte slibfractie in de beluchtingsruimte kleiner dan 50% is en/of voldoende poly-P-bacteriën in de biomassa aanwezig zijn, blijft de SVI goed en maakt het niet uit hoe de selector functioneert;
- intermitterende beluchting heeft bij RWZI's, met een lage en hoge BZV-belastingsgraad een negatieve invloed op de slibbezinkingseigenschappen.

De verslechtering van de slibbezinkingseigenschappen treedt op tijdens de periode met lage afvalwatertemperaturen. Bij een zeer hoge onbeluchte fractie, 70 - 80% is de SVI gedurende een langere periode groter dan 150 ml/g.

Bovenstaande invloeden komen overeen met de bevindingen van recente onderzoeken uit de literatuur. Bij een lage afvalwater temperatuur zijn de biologische omzettingssnelheden lager, waardoor meer hydrolyseproducten afkomstig van de BIOCZV en LHCZV ter beschikking komen aan de draadvormers. Vergroting van de onbeluchte slibfractie draagt bij aan het verlengen van de aanwezigheid van de hydrolyseproducten.

Uit de evaluatie van de onderzoeksresultaten wordt geconcludeerd dat bij een selector met een contacttijd van 10 minuten, karakterisering van het influent ten behoeve van de dimensionering van de selector weinig zinvol is. Bij een dergelijke contacttijd zijn de procescondities in de beluchtingsruimte van de RWZI bepalend voor de slibbezinkingseigenschappen.



Figuur 23: De selector van de RWZI Oude Tonge; luchtinslag ten gevolge van de slibretourvizels



Figuur 24: De beluchte gecompartmenteerde selector van de RWZI Baarle-Nassau

6 DIMENSIONERINGSGRONDSLAGEN EN AANBEVELINGEN

De invloed van de selector op de slibbezinkingseigenschappen kan alleen worden vergroot door de gangbare contacttijd van 10 minuten te verlengen. Hierbij kan worden aangesloten bij de huidige ontwerprichtlijnen voor anoxische of anaërobe ruimten ten behoeve van de N- en P-verwijdering [23,25,32]. Rensink en Donker hebben al aangegeven dat de contacttijd van de selector, bij een beluchtingsruimte zonder onbeluchte slibfractie, verlengd moet worden naar 30 minuten. De richtlijn voor een anaërobe ruimte is een minimale ontwerp-contacttijd van 45 minuten. Bij een hoge CZV-influent is een contacttijd van 30 minuten niet altijd voldoende om de CZV_{afloop}-eis te creëren. De selector wordt een deel van de anoxische of anaërobe ruimte. Ofschoon in een hoogbeluchte selector extra LHCZV en DBCZV wordt opgenomen, wordt, vanwege de negatieve effecten op het denitrificatie- en het fosfaatafgifteproces, introductie van beluchting ontraden. Ten behoeve van het dimensioneren van de anoxische en anaërobe ruimte is de karakterisering van het influent, met in het bijzonder de DBCZV-fractie, nu wel zeer belangrijk.

Aangezien het onderzoek voornamelijk is uitgevoerd bij omloopsystemen waar in de praktijk de grootste licht-slib-problemen optreden, hebben de dimensioneringsgrondbslagen voor het ontwerpen van selectoren betrekking op die systemen. Tevens moeten de RWZI's een BZV-belastinggraad hebben van 70-80% of meer van de ontwerp-dimensionering. Bij een lagere belasting zal de SVI, ongeacht het aanwezig zijn van een selector, vrijwel altijd goed zijn. Dit vanwege de voldoende regeneratietijd voor het slib en door betere zuurstofgradiënten.

Afhankelijk van de influentkarakteristiek, de BZV/N-verhouding en de keuze voor chemische of biologische fosfaatverwijdering moeten verschillende dimensioneringsgrondbslagen worden ontwikkeld. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen ruw en voorbezonden afvalwater. De enige overeenkomsten hierbij zijn dat de selectoren bij de vereiste nutriëntenverwijdering een minimale contacttijd groter dan 45 minuten moeten hebben, dat sprake moet zijn van een propstroomkarakter en dat de selector niet in de naaste omgeving van de slibretourvijzel wordt gesitueerd.

De typen influent en de P-verwijderingsmethoden waarvoor dimensioneringsgrondbslagen voor selectoren worden gegeven, zijn weergegeven in tabel 15.

Tabel 15: Type influent en P-verwijderingsmethode

Type riolering	Type influent	Huishoudelijk aandeel %	P-maatregel
pers	ruw/voorbezonden	> 80	biologisch
		< 80	biologisch
vrijverval	ruw	> 80	biologisch/chemisch
		< 80	biologisch
		< 80 >	biologisch/chemisch

Hierbij wordt er van uitgegaan dat bij overwegend aanvoer via een persleidingsysteem, bij een hoog aandeel in het influent afkomstig van de levensmiddelenindustrie en in het geval van voorbezonden afvalwater, de DBCZV-fractie dermate hoog is dat biologische fosfaatverwijdering plaatsvindt. Afhankelijk van het spuislibregime hoeft dit bij voorbezonden afvalwater niet altijd het geval te zijn.

Bij huishoudelijk afvalwater uit een vrijvervalstelsel zal de DBCZV-fractie 5 - 10% zijn. Voor de kans op een goede biologische fosfaatverwijdering moet in het afvalwater minimaal 10 tot 15% DBCZV aanwezig zijn.

6.1 De selector bij biologische fosfaatverwijdering

Bij biologische fosfaatverwijdering maakt de selector deel uit van de anaërobe contacttank. In feite kan deze hele ruimte als selector worden aangemerkt. Bij de behandeling van ruw afvalwater kan de contacttijd variëren van 45 tot 120 minuten. Bij behandeling van voorbezonden afvalwater kan de contacttijd variëren van 45 tot 60 minuten. De aanbevolen waarden voor de contacttijd in relatie tot de DBCZV-fractie zijn weergegeven in tabel 16.

Tabel 16: Contacttijden

aandeel DBCZV-fractie (% van CZV _{totaal, influent})	contacttijd (minuten)	
	ruw	voorbezonden
< 10	120	60
10 à 15	≤ 60	60
> 15 - 20	45	45

In het eerste deel van de selector (45 minuten contacttijd) moeten 4 tot 6 compartimenten worden geïntroduceerd. De slibbelasting van het eerste compartiment moet groter zijn dan 7 kg BZV/kg ds.d om een effectieve diffusiekracht te ontwikkelen voor een zo hoog mogelijke biosorptie. Hierbij wordt ook zoveel mogelijk LHCZV gebonden aan de slibvlok.

6.2 De selector bij chemische fosfaatverwijdering

Bij simultane chemische fosfaatverwijdering is de verdeling en de betekenis van de diverse CZV-fracties in het influent van minder belang. De selector zal een onderdeel zijn van de anoxische ruimte. Er kan een contacttijd van 45 minuten worden gehanteerd. Om zoveel mogelijk LHCZV en DBCZV te laten opnemen kan gekozen worden voor een hoogbeluchte selector. Dit is ongunstig voor het denitrificatieproces omdat de DBCZV-fractie door de obligaat aërobe organismen wordt opgenomen. Door de initiële slibbelasting in het eerste compartiment van de selector, op meer dan 7 kg BZV/kg d.s.d. te ontwerpen, is de zuurstofvoorziening niet noodzakelijk.

6.3 Aanbevelingen

In dit onderzoek is met behulp van bekende en eenvoudige CZV- en BZV-analysetechnieken invulling gegeven aan de karakterisering van het influent. Uit de metingen blijkt dat bij lage CZV- en BZV-waarden (< 25-50 mg/l) onnauwkeurigheden kunnen ontstaan, die een negatieve CZV-fractie kunnen veroorzaken. Vooral de meting van de lagere vetzuren, C₂-C₅, volgens de titrimetrische methode lijkt, in vergelijking met de gaschromatografische methode, niet altijd betrouwbaar.

Er wordt aanbevolen in een nader onderzoek de mogelijke fractionerings- en bepalingsmethoden ten behoeve van de influentkarakterisering in beeld te krijgen en uniforme richtlijnen op te stellen.



Figuur 25: De selector van de RWZI Gramsbergen heeft reeds een uitstekende propstroomkarakter

REFERENTIES

1. Albertson, O.E. (1991), Bulking sludge control, progress, practice and problems, *Wat.Sci.Tech.* 23, p 835-847.
2. Casey, T.G. (1993), An hypothesis for the causes and control of low F/M filamentous organism bulking in nitrogen (N) and nutrient (N and P) removal activated sludge systems, *Proceedings First International Specialized conference on Micro-organisms in activated sludge and biofilm processes*, Paris, p 169-179.
3. Chudoba, J., et al. (1974), Control of activated sludge filamentous bulking-III, effect of sludge loading, *Wat. Res.*, 8, p. 231-237.
4. Chudoba, J.(1985), Control of activated sludge filamentous bulking-VI, formulation of basic principles, *Wat. Res.*, 19, p. 1017-1022.
5. Dold, P.L. et al (1980), A general model for the activated sludge proces, *Prog. Water Tech.*, 12, p. 47-77.
6. Eikelboom, D.H. (1993), The Microthrix Parvicella Puzzle. *Proceedings First International Specialized conference on Micro-organisms in activated sludge and biofilm processes*, Paris, p 267-275
7. Ekama, G.A. et al.(1986), Procedures for determining COD fractions and tehe maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems, *Wat. Sci.Tech.*, 18, p 91-114.
8. Gabb, D.M.D. et al.(1991), The selector effect of contact tank operation on bulking sludge and biosorption processes, *Wat. Sci.Tech.* 23, p 867-879.
9. Harremoës, P. et al (1980), Practical problems related to nitrogen bubble formation in fixed film reactors, *Prog. Wat. Tech.* 12, p. 253-269
10. Henze, M. et al (1987), Activated sludge model no. 1, IAWPRC Sci. and Techn. Report No.1, IAWPRC, London.
11. Henze, M. (1989), The influence of raw wastewater biomass on activated sludge oxygen respiration rates and denitrifications rates, *Wat. Sci. Tech.*, 21, p. 603-609.
12. Henze, M. (1992), Characterization of wastewater for modelling of activated sludge processes, *Wat. Sci. Tech.* 25, p. 1-17.
13. Henze, M. (1992), Determination of organic matter and nitrogen in wastewater, paper submitted for *Wat. Res.*
14. Kappeler, J. en Gujer, W. (1994), Development of a mathematical model for aerobic bulking, *Wat. Res.* 28, p. 303-310.

15. Kruit J. et al (1993), Prediction of the O₂-conditions in the selector. Proceedings, First International Specialized conference on Micro-organisms in activated sludge and biofilm processes, Paris, p 207-217.
16. Nielsen, P.H. et al (1992), Transformation of wastewater in sewer systems - a review, Wat. Sci. Tech. 25, p. 17-33.
17. Pijkeren, van, D.E. en Vosselbeld, H.J.(1991), Biologische en fysische karakterisering van de CZV van huishoudelijk afvalwater., AHS Den Bosch.
18. Rensink, J.H. en Donker, H.J.G.W. (1991), The effect of contacttank operation on bulking sludge and biosorption processes, Wat.Sci.Tech. 23, p 857-866.
19. Shao, I.J. en Jenkins, D. (1989), The use of anoxic selectors for the control of low F/M activated sludge bulking, Wat. Sci. Tech., 21, p. 609-619.
20. Siegrist, H. en Tschui, M. (1992). Interpretation of experimental data with regard to the Activated sludge model No 1. and calibration of the model for municipal wastewater treatment plants. Wat. Sci. Tech. 25, p. 167-185.
21. Sollfrank, U. en Gujer, W (1991). Characterization of domestic wastewater formathematical modelling of the activated sludge process. Wat. Sci. Tech. 23,p 1057-1066.
22. STORA (1988), Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib.
23. STOWA (1991), Handboek biologische fosfaatverwijdering.
24. STOWA (1993), Invloed van P- en N-verwijdering op de slibbezinkingseigenschappen van actief slib.
25. STOWA (1993), Handboek stikstofverwijdering.
26. Tian, S. et al (1994), Investigations into excess activated sludge accumulation at low temperatures, Wat.Res. Vol. 28, p 501-509.
27. Tracy, K.D. et al (1986), Control of activated sludge settling characteristics with anaerobic selectors, Proc. 54th Ann. WPCF Conf., Los Angeles, USA.
28. Wanner, J. et al (1987), Control of activated sludge filamentous bulking- VII. Effect of anoxic conditions, Wat. Res. 21, p. 1447-1451.
29. Wanner, J. en Grau, P.(1988), Filamentous bulking in nutrient removal activated sludge systems Wat. Sci. Tech. 18, p. 1-8.
30. Wanner, J. et al (1989), Effect of anaerobic conditions on the activated sludge filamentous bulking in laboratory systems, Wat. Res. 21, p. 1541-1546.

31. Wanner, J. (1993), The implementation of bulking control in the design of activated sludge systems, Proceedings First International Specialized conference on microorganisms in activated and biofilm processes, Paris, p 159-168.
32. Wentzel, M.C. et al (1992), Kinetics of nitrification, denitrification, biological excess phosphorous removal systems - a review. Wat.Sci.Tech. 23, p 555-567.

JST

toestand waarbij geen zuurstof maar wel nitraat aanwezig is.

toestand waarbij zuurstof aanwezig is.

aan + inert gesuspendeerd CZV.

hoeveelheid CZV die per kilogram droge stof in de selector absorbeert op de aanwezige biomassa (g d.s.).

toestand van zuurstofverbruik; maat voor het zuurstofverbruik voor organismen voor de afbraak van organische verbindingen, bepaald volgens een omschreven methode.

hoeveelheid die dagelijks wordt toegevoerd aan de selector uitgedrukt per kilogram biomassa (kg BZV/kg d.s.) betrokken op alle biomassa in het systeem.

toestand dat het influent en het retourslib zich in de selector bevindt.

toestand van zuurstofverbruik; maat voor het zuurstofverbruik voor de afbraak van organische verbindingen, bepaald met behulp van een omschreven chemische analysemethode.

toestand van biodegradeerbaar CZV.

toestand waarin beluchting periodiek wordt ingezet of uitgeschakeld.

toestand van gelost CZV.

toestand van hydrolyseerbaar CZV.

toestand van fosfaat die in staat is meer fosfaat op te nemen dan voor groei alleen nodig is.

toestand van hydrolyseerbaar CZV.

hoeveelheid van een hoeveelheid BZV per kilogram droge stof per tijdseenheid (kg BZV/kg d.s.d.).

hoeveelheid CZV die per gram droge stof wordt aangehouden in de selector (g CZV/kg d.s.).

BIJLAGE 1

BASISGEGEVENS RWZI'S

Naam RWZI	Aalten
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - 758 - 10 - propaanvoer, toerengeregeld
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - carrousel - 25.000 - n.v.t. - 250 - 1.550 - 4 - 2,9
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{in,fl} + Q_{in})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1° compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 107 - 9 - 70 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 1 - 14 - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 80 - 260 - 6,8 - 0,054 - 0,012 - lange poot 125 m; korte poot 100 m - continu - 1

Naam RWZI	Baarle-Nassau
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - persleiding - onbekend - 14 - propaanvoer
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiesloot met mammoetrotoeren - 14.000 - voorliggende gemalen - 240 - 450 - 3,5 - 3,2
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inII} + Q_{in})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^e compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 52 - 10 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 30:1 - 6 - n.v.t. - 50
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime - chemicaliëndosering 	<ul style="list-style-type: none"> - 120 - 110 - 3-4 - 0,15 - 0,018 - 73 - tijd klok - 175 l FeCl₃/d (40%)

Naam RWZI	Gramsbergen
Karakterisering van het rioleringsysteem	
<ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - 4.397 - 14-16 - propaanvoer
Ontwerpgegevens van de RWZI	
<ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_m (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiesloot - 5.000 - eigen opvoervijzel - 80 - 130 - 4,0 - 2,5
Ontwerpgegevens van de selector	
<ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inll} + Q_{in})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^e compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 29,3 - 7,5-9,5 - ± 120 - 2 - 5,6 - 69:1 - 5 - n.v.t. - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993	1992
<ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_m (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime * setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 90 - 110 - 5-6 - 0,05 - 0,012 - 105 - continu - 1-3

Naam RWZI	Losser
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - n.v.b. - 10 - propaanvoer
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - carrousel + propstroom reactor - 50.000 - eigen opvoervijzels - 400 - 1.800 - 4 - 2,5 kg
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{n,n} + Q_{s})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^o compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 160 - 9,6 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 2 - 49 - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime * setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - < 50 - 600 - 6 - 0,031 - 0,008 - 100 - continu 0,2 - 0,6

Naam RWZI	Meijel
Karakterisering van het rioleringsstelsel <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - vrijverval - n.v.b. - 24 - geleidelijk
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{nat} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - actief-slib - 9.500 - eigen opvoervijzel - 40 - 400 - 4 - 2,6
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inl} + Q_{rs})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^e compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 40 - 30 - 100 - n.v.t. - n.v.t. - 18:1 - 3 - n.v.t. - 450
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{rs} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 95 - 40 - 5 - 0,05 - 0,008 - waterstraal - continu - 0,6-1,5

Naam RWZI	Middelharnis
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - persleiding - 2.380 - 14 - geleidelijk
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - carrousel - 17.000 - voorliggende gemalen - 165 - 775 - 4 - 2,5
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inH} + Q_{is})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1° compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 71 - 10 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 1 - n.v.t. - n.v.t.
Procescondities RWZI <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints O₂ (mg/l of %) - chemicaliëndosering 	<ul style="list-style-type: none"> - 105 - 260 - 4 - 0,073 - 0,014 - 140 - continu - 1,0-1,5 - 200 FeCl₃/d (40%)

Naam RWZI	Oude Tonge
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - persleiding - 10.000 - 14 - propstroom
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - carrousel - 13.000 - voorliggende gemalen - 165 - 575 - 4 - 2,5
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inl} + Q_{rs})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^o compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 61 - 10 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 1 - n.v.t. - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - DS_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints O₂ (mg/l of %) 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 - 200 - 3-6 - 0,077 - 0,016 - 100 - continu - 1,0-1,5

Naam RWZI	Stolpen
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - persleiding - 11.000 - 16 - geleidelijk
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiesloot - 51.000 - eigen voorliggende gemalen - 875 - 1.500 - 4,5 (zomer), 5,1 (winter) - 1,9
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inl} + Q_{rs})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^o compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 220 - 10 - 125 g BZV/kg ds - 0,3 - 0,6 - 11:1 - 2 - n.v.t. - 648
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{rs} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime * setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 85 - 750 of 820 - 4-5 - 0,062 - 0,017 - 100 - continu - 0,5 - 1,5

Naam RWZI	Terneuzen
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - n.v.b. - 20 - propaanvoer
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_m (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - Schreiber - 77.500 - eigen opvoervijzels - 840 - 3.100 - 3,9 - 3
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{m,II} + Q_m)$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg zs) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg zs.d) - slibbelasting 1^e compartiment/zone (kg BZV/kg zs.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte) 	<ul style="list-style-type: none"> - 350 - 12 - 100 - n.v.t. - n.v.t. - 7:1 - 1 - n.v.t. - 200/540
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_m (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg zs.d) - slibbelasting (kg N/kg zs.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> * setpoints O₂ (mg/l) - NH₄-regime <ul style="list-style-type: none"> * setpoints NH₄ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 55 - 600/1200 - 5 - 0,053 - 0,024 - roterende beluchting - intermitterend - 2,5 - 3 en 5 mg/l

Naam RWZI	Tubbergen
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - 6.400 - 12 - propaanvoer
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{at} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiebed/carrousel - 24.000 - beide - 440 - 880 - 4 - 3,4
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inff} + Q_{nb})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^e compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 137 - 10 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 1 - n.v.t. - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebet naar selector (m³/h) - ds_{ra} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints O₂ (mg/l) - NH₄-regime <ul style="list-style-type: none"> • setpoints NH₄ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 85 - 400 - 5 - 0,06 - 0,023 - 100 - wanneer O₂ > 2 mg/l en NO₃-N > 6 mg/l gaan de beluchters uit en de mixers aan; wanneer NO₃-N < 2 mg/l gaan na 15 minuten de punt-beluchters aan

Naam RWZI	Veghel/Uden
Karakterisering van het rioleringsysteem <ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - gecombineerd - n.v.b. - 14 - geleidelijk
Ontwerpgegevens van de RWZI <ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiesloot - 200.000 - voorliggende gemalen - 1.700 - 5.300 - 4,6 - 2,5
Ontwerpgegevens van de selector <ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: $V_s / (Q_{inll} + Q_{ra})$ (min) - vlokbelading (g CZV/kg ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1^o compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte) 	<ul style="list-style-type: none"> - 370 per sloot - 15-20 - 100 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 1 - n.v.t. - 450
Procescondities RWZI 1993 <ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retourslibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime * setpoints O₂ (mg/l) 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 - 600 - 8-10 - 0,06 - 0,009 - 50 - continu - 0,5-1

Naam RWZI	Willemstad
Karakterisering van het rioleringsstelsel	
<ul style="list-style-type: none"> - vrij verval/persleiding/gecombineerd - totale natte oppervlak persleidingen (m²) - aanvoerpatroon (h/d) - geleidelijke of propaanvoer 	<ul style="list-style-type: none"> - persleiding - 1.400 - 6,5 - geleidelijk
Ontwerpgegevens van de RWZI	
<ul style="list-style-type: none"> - type RWZI - i.e.'s op basis van 54 g BZV - eigen opvoervijzels/voorliggende gemalen - DWA (m³/h) - RWA (m³/h) - hydraulische belasting (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - OC/LOAD (kg O₂/kg BZV.h of d) 	<ul style="list-style-type: none"> - oxidatiesloot - 4.600 - voorliggend gemaal - 78 - 172 - 210 - 4 - 2,5
Ontwerpgegevens van de selector	
<ul style="list-style-type: none"> - inhoud (m³) - contacttijd: V_s/(Q_{infl.} + Q_{st}) (min) - vlokbelasting (g CZV/g ds) - slibbelasting totale selector (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting 1° compartiment/zone (kg BZV/kg ds.d) - lengte/breedte-verhouding - aantal (theoretische) compartimenten - mechanische menging (W/m³) - debiet lucht (m³ sel.ruimte/h of g O₂/kg ds.h) 	<ul style="list-style-type: none"> - 24 - 10 - 50-150 - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - n.v.t. - 83,3 - n.v.t.
Procescondities RWZI 1993	
<ul style="list-style-type: none"> - huidige belastingsgraad (% BZV-basis) - retour-slibdebiet naar selector (m³/h) - ds_{st} (kg/m³) - slibbelasting (kg BZV/kg ds.d) - slibbelasting (kg N/kg ds.d) - afstand tussen beluchters (m) - O₂-regime 	<ul style="list-style-type: none"> - 55 - 63 - 4,8 - 0,07 - 0,014 - 87 - tijd klok

BIJLAGE 2

TITRIMETRISCHE BEPALING VAN AZIJNZUUR

BIJLAGE 2: TITRIMETRISCHE BEPALING VAN AZIJNZUUR

1. General Discussion

a. Principle: This technique recovers acids containing up to six carbon atoms. Fractional recovery of each acid increases with increasing molecular weight. Calculations and reporting are on the basis of acetic acid. The method often is applicable for control purposes. Because it is empirical, carry it out exactly as described. Because the still-heating rate, presence of sludge solids, and final distillate volume affect recovery, determine a recovery factor.

b. Interference: Hydrogen sulfide (H_2S) and CO_2 are liberated during distillation and will be titrated to give a positive error. Eliminate this error by discarding the first 15 mL of distillate and account for this in the recovery factor.

mL with deionized water. Standardize against 0.1N NaOH.

4. Procedure

a. Recovery factor: To determine the recovery factor, f , for a given apparatus, dilute an appropriate volume of acetic acid stock solution to 250 mL in a volumetric flask to approximate the expected sample concentration and distill as for a sample. Calculate the recovery factor

$$f = \frac{a}{b}$$

where:

a = volatile acid concentration recovered in distillate, mg/L, and

b = volatile acid concentration in standard solution used, mg/L.

b. Sample analysis: Centrifuge 200 mL sample for 5 min. Pour off and combine supernatant liquors. Place 100 mL supernatant liquor in a 500-mL distillation flask. Add 100 mL distilled water, four to five

2. Apparatus

a. Centrifuge, with head to carry four 50-mL tubes or 250-mL bottles.

b. Distillation flask, 500-mL capacity.

c. Condenser, about 76 cm long.

d. Adapter tube.

e. pH meter or recording titrator: See Section 402.2a.

f. Distillation assembly: Use a conventional distilling apparatus. To minimize fluctuations in distillation rate, supply heat with a variable-wattage electrical heater.

3. Reagents

a. Sulfuric acid, H_2SO_4 , 1 + 1.

b. Standard sodium hydroxide titrant, 0.1N: See Section 402.3c.

c. Phenolphthalein indicator solution.

d. Acetic acid stock solution, 2000 mg/L: Dilute 1.9 mL conc CH_3COOH to 1000

clay chips or similar material to prevent bumping, and 5 mL H_2SO_4 . Mix so that acid does not remain on bottom of flask. Connect flask to a condenser and adapter tube and distill at the rate of about 5 mL/min. Discard the first 15 mL and collect exactly 150 mL distillate in a 250-mL graduated cylinder. Titrate with 0.1N NaOH, using phenolphthalein indicator, a pH meter, or an automatic titrator. The end points of these three methods are, respectively, the first pink coloration that persists on standing a short time, pH 8.3, and the inflection point of the titration curve (see Section 402). Titration at 95°C produces a stable end point.

5. Calculation

mg volatile acids as acetic acid/L

$$= \frac{\text{mL NaOH} \times N \times 60\,000}{\text{mL sample} \times f}$$

where:

N = normality of NaOH, and

f = recovery factor.

BIJLAGE 3

VOORSCHRIFT MEETPROCEDURES O₂-VERBRUIK

BIJLAGE 3: VOORSCHRIFT MEETPROCEDURES

VOORSCHRIFT MEETPROCEDURES ADEMHALINGSSNELHEID

Algemeen

Het retourslib wordt met voorbelucht leidingwater, in een bekeerglas van een 0,5 l, zodanig verdund dat een concentratie van circa 2-3 g zwevende stof/l wordt verkregen. Breng de temperatuur van het slib op 20°C en belucht stevig gedurende ten minste 15 minuten.

Endogene ademhalingssnelheid

Breng circa 300 ml over in een van een magneetroerstaafje voorzien BZV-flesje. Plaats de O₂-elektrode, voorzien van een doorboorde rubber stop op het flesje. Breng de magneetroerder in werking en registreer via een stopwatch of schrijver de zuurstofafname. Blijf meten totdat het zuurstofgehalte is gedaald tot circa 2 mg/l. Bepaal aan de hand van de verkregen registratiegrafiek het zuurstofverbruik in mg/l.h. Analyseer het uitgangsmoester op het drogestofgehalte.

Respiratiesnelheid

De mengverhouding van retourslib en influent moet in principe perfect overeenkomen met de praktijksituatie. Aangezien de respiratiesnelheid hoog zal zijn kan wellicht in die situatie nauwelijks gemeten worden. Er wordt uitgegaan van een vlokbelading van 15-25 mg CZV/g ds.

Breng belucht retourslib en influent in de voorgestelde vlokbelading samen en belucht daarna nog enkele minuten. Volg daarna de meetprocedure als beschreven bij de endogene ademhalingssnelheid.

VOORSCHRIFT MEETPROCEDURE RESPIRATIESNELHEID

Slibmengsel (vanuit retourslib + leidingwater) samenstellen waarvan d.s._{eind} circa 0,5 - 1 g/l bedraagt. Bij deze verdunning influent toevoegen, waarbij vlokbelading circa 100 mg CZV/g d.s. bedraagt.

Voorbeeld: 20 ml influent (CZV = 1.200 mg/l; CZV_{eff} = 50 mg/l)
300 ml leidingwater
30 ml slib (d.s. = 8 g/l)

350 ml mix (d.s. = 0,69 g/l)

Vlokbelading bedraagt hiervan dus circa 100 mg CZV/g d.s.

BIJLAGE 4

MEETRESULTATEN

RWZI Datum INFLUENTPARAMETERS

RETOURSUBPARAMETERS

SELECTORCONCENTRATIES

Oude Tonge	Q m ³ /h	ruw					gefiltereerd	temp. oC	Q m ³ /h	ds kg/m ³	NO ₃ -N mg/l	OR ademh. mg/l	end.																															
		CZY mg/l	BZY mg/l	NH ₄ mg/l	S mg/l	zs mg/l							CZY mg/l	CZVvz mg/l	BZY mg/l	Q m ³ /h	ds kg/m ³	NO ₃ -N mg/l	OR ademh. mg/l	CZVnom. mg/l	BZVnom. mg/l	CZVvz nom. mg/l	CZVal. te mg/l	BZVal. te mg/l	CZVvz all. te mg/l	CZVal. mg/l	BZVal. mg/l	CZVvz all. mg/l																
220493	165	485	225	54	10	152	410	100	220	200	4.3	3.5	2.2	2	6.2	153	57	10	122	50	32	10	122	50	32	10	122	50	32	10	122	50	32	10	122	50	32	10	122	50	32	10		
120593	165	730	270	59	13	144	440	108	185	200	5.2	0.4	1.5	0	4.4	205	89	42	98	25	42	20	98	25	42	20	98	25	42	20	98	25	42	20	98	25	42	20	98	25	42	20		
270593	165	685	280	62	11	372	300	90	215	200	6.5	1.1	0	7.1	169	66	50	50	128	37	50	20	128	37	50	20	128	37	50	20	128	37	50	20	128	37	50	20	128	37	50	20		
250693	165	605	200	55	5.5	140	455	110	115	200	5.2	1.8	0.9	4.5	205	94	60	25	122	25	25	20	122	25	25	20	122	25	25	20	122	25	25	20	122	25	25	20	122	25	25	20		
110194	575	275	99	43	0.5	180	137	30	50	200	2.9	4.1	1.6	4.9	126	44	16	16	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7			
190194	575	320	120	30	2.4	120	139	30	54	200	4.7	2.4	1.4	4.4	73	16	40	25	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7	50	58	7	7			
020294	575	215	84	31	0.1	57	170	68	60	200	4.9	1.3	3.6	8.4	128	18	16	16	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7			
180294	165	495	290	55	16	217	230	22	135	200	3.9	7.8	0.9	3.3	77	23	23	40	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7	50	73	7	7			
270493	96	862	220	76	106	202	372	20	100	110	4.3	9.1	2.3	9.7	56	8	20	20	86	12	20	20	86	12	20	20	86	12	20	20	86	12	20	20	86	12	20	20	86	12	20	20		
110593	96	840	330	83	317	372	330	32	170	110	6.1	2.0	1.6	5.5	202	48	16	16	142	35	20	20	142	35	20	20	142	35	20	20	142	35	20	20	142	35	20	20	142	35	20	20		
180593	96	690	310	80	264	330	330	42	190	110	5	1.0	1.8	11.1	111	59	16	16	99	46	16	16	99	46	16	16	99	46	16	16	99	46	16	16	99	46	16	16	99	46	16	16		
010693	96	726	339	87	203	449	449	42	190	110	6.4	0.6	0	6.3	173	63	39	17	181	53	17	17	181	53	17	17	181	53	17	17	181	53	17	17	181	53	17	17	181	53	17	17		
021193	96	745	320	98	164	453	65	65	210	110	9	14.4	2.8	15	124	39	59	19	154	37	19	19	154	37	19	19	154	37	19	19	154	37	19	19	154	37	19	19	154	37	19	19		
181193	96	626	145	57	142	306	37	69	9	110	7	8.5	2.7	15	116	40	19	19	60	148	39	18	60	148	39	18	60	148	39	18	60	148	39	18	60	148	39	18	60	148	39	18	60	
301193	96	724	245	109	116	400	400	44	110	110	5.6	18.2	2.2	13.5	139	54	31	31	97	9	27	31	97	9	27	31	97	9	27	31	97	9	27	31	97	9	27	31	97	9	27	31		
110193	96	573	180	74	196	276	276	37	105	110	5.4	13.3	3	4	127	32	19	19	114	20	19	19	114	20	19	19	114	20	19	19	114	20	19	19	114	20	19	19	114	20	19	19		
010294	96	646	150	44	122	334	334	24	68	110	5.5	11.2	2.6	6.4	91	20	20	16	107	20	16	16	107	20	16	16	107	20	16	16	107	20	16	16	107	20	16	16	107	20	16	16		
150493	82	530	280	78	9.4	85	345	37	180	11	63	2.9	0.3	0	17	185	32	32	157	54	32	32	157	54	32	32	157	54	32	32	157	54	32	32	157	54	32	32	157	54	32	32		
100593	80	380	205	54	135	215	215	38	72	14	63	3	0.2	0	16	77	17	23	79	15	23	23	79	15	23	23	79	15	23	23	79	15	23	23	79	15	23	23	79	15	23	23		
080693	80	710	310	77	230	340	340	43	155	18	63	7.2	0.0	0	6.4	148	58	11	142	39	11	11	142	39	11	11	142	39	11	11	142	39	11	11	142	39	11	11	142	39	11	11		
170693	80	585	160	45	1.1	360	73	17	35	18	63	6.3	0.6	0	10	48	9	24	43	9	24	24	43	9	24	24	43	9	24	24	43	9	24	24	43	9	24	24	43	9	24	24		
210693	80	700	300	74	3.5	235	260	57	110	16	63	5.5	0.1	0	13	117	34	36	116	40	31	31	116	40	31	31	116	40	31	31	116	40	31	31	116	40	31	31	116	40	31	31		
131093	70	705	230	41	1.4	425	179	40	58	15	63	4.3	0.1	0	5.6	82	15	15	81	12	15	15	81	12	15	15	81	12	15	15	81	12	15	15	81	12	15	15	81	12	15	15		
291093	84	590	245	65	1.3	125	350	55	118	13	63	3.9	6.4	1.1	6.2	34	16	47	81	12	47	47	81	12	47	47	81	12	47	47	81	12	47	47	81	12	47	47	81	12	47	47		
181093	78	225	72	37	0.1	65	117	34	61	9	63	5.8	5.4	0.2	4.6	60	9	28	106	31	28	28	106	31	28	28	106	31	28	28	106	31	28	28	106	31	28	28	106	31	28	28		
281293	95	285	105	45	0.1	55	172	48	57	7	63	7.3	0.1	0.4	12	87	25	41	51	8	41	41	51	8	41	41	51	8	41	41	51	8	41	41	51	8	41	41	51	8	41	41		
080294	98	265	115	47	0.1	65	136	51	51	7	63	5.2	2.0	0.3	7.7	70	21	31	71	13	31	31	71	13	31	31	71	13	31	31	71	13	31	31	71	13	31	31	71	13	31	31		
Tenneusen	210493	650	411	170	60	1.4	5	404	99	170	15	622	2.9	3.8	0.6	4.6	50	42	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7
120593	600	406	185	59	1.4	5	404	99	170	15	622	2.9	3.8	0.6	4.6	50	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7	42	30	63	7
240593	377	308	110	28	1	8	309	78	94	16	583	4.5	2.4	0.4	4.1	64	6	34	73	8	30	30	73	8	30	30	73	8	30	30	73	8	30	30	73	8	30	30	73	8	30	30		
070693	440	187	58	187	2	8	180	47	50	17	1185	4.1	0.6	0.6	6.6	55	23	16	72	7	28	28	72	7	28	28	72	7	28	28	72	7	28	28	72	7	28	28	72	7	28	28		
240693	1087	373	145	40	1.5	9	361	88	135	18	1740	3.6	5.7	0	5.2	67	7	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29	55	28	29		
280693	617	263	62	36	1	5	212	55	55	17	1244	4.3	1.3	0																														

RWZI	Datum	INFLUENTPARAMETERS										RETOURSLIBPARAMETERS					SELECTORCONCENTRATIES									
		ruw		Nkj	S	*gefiltreerd			temp.	Q	ds	NO3-N	end.		CZVmom.	BZVmom.	CZVvz.mom.	CZVafi.1e	BZVafi.1e	CZVvz.af.1e	CZVafi.	BZVafi.	CZVvz.af.			
		Q	CZV			BZV	zs	CZV					CZVvz	BZV										O2	ademh.	
m3/h	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	oC	m3/h	kg/m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
Meijel	150493	40	1030	470	109	0.1	360	560	110	295	14	40	6.8	12.0	0.2	4.5	99	29	20	88	31	10	86	19	10	
	290493	40	1140	510	100	0.1	450	565	120	285	16	40	5	14.0	0.3	4	126	42	30	112	38	30	104	23	20	
	110593	40	710	280	87	0.5	246	410	70	235	18	40	6.3	2.2	0.3	5.7	87	27	10	75	20	10	70	15	10	
	250593	40	499	265	73	0.5	138	460	90	250	18	40	5.4	15.5	0.3	3.9	118	41	20	95	44	10	84	35	10	
	090693	40	1420	640	96	0.1	572	465	120	230	21	40	6.6	9.5	0.1	4.7	102	45	30	92	36	10	92	47	10	
	290693	40	780	530	95	0.2	320	430	90	355	20	40	5.1	13.5	0.2	4.1	85	60	10	61	27	20	56	20	10	
	261093	40	545	210	102	0.1	112	425	80	195	13	40	5.53	11.0	0.5	3.5	63	12	10	61	11	20	58	9	20	
	021193	40	565	220	94	0.1	122	405	60	165	12	40	5.58	11.0	0.5	3.8	65	12	10	62	11	10	58	9	10	
	011293	40	655	255	100	0.1	154	475	90	225	8	40	5.69	15.0	0.5	11.9	98	28	10	86	18	10	84	17	10	
	250194	40	555	200	34	0.1	322	225	20	95	9	40	3.36	3.8	1.1	6.3	72	23	10	79	27	10	83	33	10	
	220294	40	755	265	81	2	316	390	70	180	6	40	4.58	10.5	0.5	1.9	125	37	40	115	37	40	115	27	20	
	Losser	130493	400	402	145	55	0.6	155	269	30	95		760	3.9	2.7	4	3.2	43	6	10				62	12	15
200493		400	275	89	51	0.3	95	211	40	59	14	760	4.4	2.4	2	2.1	31	4	15				45	10	15	
070593		400	593	230	77	0.7	150	476	90	209	13	1074	3.5	3.4	0.5	2.5	79	19	15				90	20	29	
190593		400	568	185	84	0.5	189	321	55	115	19	600	4	5.5	0.2	2.6	73	18	20				79	18	25	
020693		400	438	110	68	0.3	117	226	30	57		600	4.4	0.9	0.1	9.3	63	15	15				61	12	20	
150693		400	386	140	70	0.5	143	235	50	70		760	4.5	4.6	0.2	1.7	77	20	25				75	20	25	
191093		400	683	175	53	0.2	228	310	40	99	15	600	7	6.6		3.2	119	41	20				99	26	20	
031193		400	634	170	67	0.3	124	530	45	60	15	600	4.9	6.4	0.3	3.9	76	15	30				96	20	25	
171193		400	733	320	61	0	170	538	30	255	15	600	6		0.4	3.7	103	44	15				113	20	20	
301193		400	477	170	69	0.2	125	318	55	120	13	600	5.4	2.2	0.1	2	95	27	25				64	10	20	
Baarle-Nassau	140493	190	1780	1120	89	5.3	755	715	149	410	12	110	6.5	5.9	2.6	11	320	140	75	330	150	64	230	85	32	
	270493	185	1270	960	97	0.1	205	660	195	315	14	110	2.3	8.7	3.4	10.9	365			365	175	97	360	155	96	
	060593	200	1180	740	84	1.8	155	605	192	363	14	110	4	3.5	1.6	11	230	134	107	220	27	107	186	20	85	
	180593	180	1020	600	77	0.1	65	545	39	295	15	110	6.2	4.7	1.7	10.7	161	87	21	171	84	36	138	58	29	
	030693	180	1110	525	66	4.9	620	425	21	194	17	110	5.6	4.8		6.6	94	30	11	210	79	10	149	54	10	
	081093	190	820	445	69	1.1	65	450	110	240	15	110	6.4	0.1	0	5.4	245	62	123	230	56	218	225	55	123	
	081193	185	1020	515	63	0.6	275	600	131	270	12	110	6.5	0.8	2.1	10	315	97	87	325	97	93	240	69	65	
	071293	195	870	435	78	1.3	140	500	90	125	9	110	6.3	6.8	4.3	10	265	48	57	305	49	51	235	50	37	
	120193	150	820	480	55	0.1	125	645	99	370	9	110	4.5	8.8		7.3	315	125	67	335	125	63	275	88	54	
	170194	190	965	445	62	1.7	140	500	121	175	8	110	5.1	5.9	5.1	9.5	330	99	100	305	90	89	255	31	77	
	020204	160	1050	475	52	0.9	435	480	64	250	8	110	7.8	5.5	4.4	9.8	235	75	46	230	79	48	174	57	41	
Veghel-Uden	130493	850	980	470	89	0	290	780	200	405	16	600	6.4	0.2	1.5	6.3	450	230	120				280	130	70	
	280493	800	825	320	50	0	180	645	180	250	19	600	5.5	3.4	0.9	6.6	315	85	80				280	92	80	
	060593	800	990	415	68	1	260	635	190	300	20	600	6.8	0.0	0.3	7.1	265	120	65				260	115	75	
	180593	720	825	330	62	0.5	200	600	120	285	20	600	6.3	0.0	0.3	5.9	400	165	50				330	125	50	
	090693	800	1190	620	62	0.7	125	1010	400	510	22	600	4.9	0.1	0.8	9.7	375	180	120				330	145	80	
	210693	700	845	340	60	0.5	420	400	160	210	20	600	5.1	0.1	0.2	3.8	375	195	150				240	115	85	
	101193	800	1100	445	93	0.1	195	755	97	370	15	600	7.8	0.1	0	5.4	290	59	11				133	33	11	
	241193	960	705	315	63	0.1	135	580	76	270	15	600	5.9	0.0	0.2	4.9	345	145	43				320	125	38	
	151293	820	535	190	41	0.1	225	395	64	180	13	600	10.9	0.1	0.1	4.6	157	60	37				131	47	22	
	020294	500	475	175	35	0.1	1320	375	65	140	14	600	13.2	0.1	0	8.5	136	47	27				117	39	11	
	170294	960	840	360	44	0.1	78	720	102	335	12	600	6.6	0.0	0	3.4	370	175	65				350	160	54	

BIJLAGE 5

VERLOOP VAN DE SVI

