

1988-01_vereenvoudiging-kleine-rwzi

stora

88-01

Vereenvoudiging van
kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen

stora

postbus 80200, 2508 GE den haag
88-01

☎ 070-512710

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Vereenvoudiging van kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

	INHOUD	1
	Ten geleide	2
1	SAMENVATTING	3
2	INLEIDING EN AANPAK	4 - 6
2.1	Algemeen	4
2.2	Uitgangspunten en eisen	4 - 5
2.3	Beperkingen van het onderzoek	5 - 6
3	ONDERDELEN, WERKWIJZEN EN BOUWWIJZEN	7 - 15
3.1	Pompputten	7 - 8
3.2	Grofvuilafscheiding	8 - 9
3.3	Bassins en tanks	9 - 12
3.3.1	algemeen	9 - 11
3.3.2	bezinktanks	11
3.3.3	slibretourpompen	11 - 12
3.3.4	slibindikers	12
3.3.5	aflaatsystemen voor discontinu bedrijf	12
3.4	Beluchtingssystemen	13
3.5	Biorotoren, oxydatiebedden en biotorens	13 - 14
3.6	Combineren van onderdelen	14
3.7	Diversen	14 - 15
4	DIMENSIONERING	16 - 20
4.1	Beluchting en bezinking bij het actief-slibstelsysteem	16
4.2	Slibbelasting en bezinking bij het discontinue systeem	16 - 18
4.3	Oxydatiebedden en biorotoren	18 - 19
4.4	Pompputten	20
4.5	Slibbuffertank	20
5	 Globale raming van investeringen en exploitatiekosten	21 - 23
5.1	Algemeen	21
5.2	Investeringen	21
5.3	Exploitatiekosten	21 - 23
6	SELECTIE VAN HET ZUIVERINGSSYSTEEM	24
7	BESCHRIJVING VAN DE GESELECTEERDE INSTALLATIE	25 - 28
7.1	Pompput en vulleidingen	25 - 26
7.2	Buffertank	26
7.3	Beluchtingsbassin	26 - 27
7.4	Slibbuffertank	27
7.5	Elektrische installatie	27
7.6	Regelingen en sturing	27
7.7	Afmetingen	28
8	CONCLUSIES	29
9	LITERATUUR	30
	BIJLAGE	
	Kostenramingen van acht uitvoeringsvormen	31 - 38

Ten geleide

Het rioolwater van kleine kernen kan ter plaatse worden behandeld of via een persleiding op een regionale zuiveringsinrichting worden afgevoerd. Qua investering per inwonerequivalent zijn beide oplossingen erg kostbaar.

Eenvoudiger bouwwijze en gebruik van ervaringen uit de industrie leidt tot besparingen op kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) voor behandeling ter plaatse.

De grootste besparing wordt bereikt bij toepassing van zeer laag belaste aërobe systemen, uitvoering in silobouw en discontinue bedrijfsvoering (beluchting en bezinking afwisselend) in hetzelfde bassin.

Het onderzoek, dat aan dit rapport ten grondslag ligt, werd door het algemeen bestuur van de STORA op advies van de Onderzoekadviescommissie* opgedragen aan de Vereniging Krachtwerktuigen en namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. R.E.M. van Oers (voorzitter), ir. G. Martijnse, ing. H.R. Poelma en ir. W.G. Werumeus Buning. De rapportage werd verzorgd door begeleidingscommissie en STORA-secretariaat.

Den Haag, maart 1988

De directeur van de STORA,
drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff.

*De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
ir. J. Boschloo, ir. R. den Engelse, prof.dr. P.G. Fohr, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J.
de Graeff, ir. R. Karper, drs. S.P. Klapwijk, dr. E.J.M. Kobus, ir. J.S. Kuyper, ir. Tj.
Meijer, ir. L.P. Savelkoul, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubink en ir. M.
Tiessens (leden)

SAMENVATTING

Nagegaan is of de kosten van kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) kunnen worden verlaagd door toepassing van bouwwijzen en technieken voor de behandeling van afvalwater door de industrie.

Van een aantal zuiveringssystemen, in combinatie met zowel gemengd als gescheiden rioolstelsels, zijn de investeringen geraamd.

Bij gemengde rioolstelsels vereist een systeem, waarbij beluchting en bezinking met een cyclustijd van 12 uur afwisselend in hetzelfde bassin plaatsvinden, de minste investeringen bij uitvoering in silobouw. Hoewel dit systeem, voor zover bekend, nog niet in de praktijk op huishoudelijk afvalwater is toegepast, wordt de kans op betrouwbare werking groot geacht.

Dit discontinue systeem, ook wel "fill and draw" of "sequencing batch"-systeem genoemd, is uitgewerkt voor 500 en 1000 i.e. (dwa en dwa + rwa).

Om zo laag mogelijke investeringen te realiseren, zijn bij de uitvoering zoveel mogelijk standaard apparatuur en standaard materialen gebruikt. Daarnaast is aangegeven op welke wijze verdere besparingen in de bouwwijze kunnen worden bereikt.

Locatiegebonden kostenfactoren zijn buiten beschouwing gelaten. De berekeningen geven daarom geen exact inzicht in de exploitatiekosten van de doorgerekende varianten.

2 INLEIDING EN AANPAK

2.1 Algemeen

Voor de behandeling van het afvalwater van de kleine kernen is zowel plaatselijke behandeling in een conventionele kleine rwzi, als de aanleg van een persleiding naar een regionale rwzi voor deze situaties per i.e. erg kostbaar.

De beperkte middelen, waarover met name kleinere industrieën beschikken en de hoge eisen, die aan de terugverdiensdij van de industriële installaties worden gesteld, hebben ertoe geleid, dat bouw- en werkwijzen worden toegepast waarbij de investeringskosten per i.e. lager zijn dan gebruikelijk bij de waterkwaliteitsbeheerders.

In deze studie wordt nagegaan of deze bouwwijzen toe te passen zijn op zuiveringsinrichtingen ter grootte van 500 of 1000 i.e. voor huishoudelijk afvalwater en of dit tot lagere bouw- en exploitatiekosten kan leiden. Daarbij is uitgegaan is van een levensduur voor deze rwzi's van circa 10 jaar.

Door een inventarisatie van zuiveringssystemen en bouwwijzen bij kleine industriële zuiveringsinrichtingen wordt een overzicht verkregen van zuiveringstechnische en civieltechnische mogelijkheden, die op hun toepasbaarheid bij de behandeling van huishoudelijk afvalwater worden getoetst (hoofdstuk 3). In tegenstelling tot de aanpak bij de meeste industriële rwzi's wordt de regenwaterproblematiek bij de beschouwingen betrokken. In hoofdstuk 4 wordt de dimensionering voor het zuiveringsgedeelte vastgesteld, terwijl in hoofdstuk 5 een achttal geselecteerde zuiveringssystemen in bouwkundige en bedrijfstechnische zin wordt doorgerekend.

Op basis van (bouw)investeringsen en exploitatiekosten volgt in de hoofdstukken 6 en 7 de nadere uitwerking van één geselecteerde inrichting.

2.2 Uitgangspunten en eisen

Aan de hand van **influent**gegevens van een aantal kleine rwzi's met voornamelijk huishoudelijk afvalwater wordt voor een inrichting van 1000 i.e. met aanvoer van afvalwater via een gemengd rioleringsstelsel voor de te verwachten vuillast uitgegaan van:

gemiddeld : 50 kg BZV per etmaal en
13 kg NKj per etmaal, waarbij voor de zuurstofinbreng rekening wordt gehouden met etmaalbelastingen van:
70 kg BZV
17 kg NKj.

Voor gebieden met een gemengd rioleringsstelsel is voor de dimensionering uitgegaan van een maximaal debiet van 500 m³/etmaal en een maximum van 40 m³/h.

Voor een rwzi aangesloten op een gescheiden rioleringsstelsel zullen de fluctuaties in de vuillast aanzienlijk geringer zijn en naar verwachting niet meer dan circa 20% van de gemiddelde waarden afwijken. Voor die situatie wordt uitgegaan van een maximaal debiet van 150 m³/etmaal en 15 m³/uur. De BZV-aanvoer bedraagt maximaal 60 kg/etmaal en de NKj-aanvoer maximaal 16 kg/etmaal. De waarden voor de inrichtingen van 500 i.e. bedragen 50% van de bovengenoemde.

Aan het **effluent** van rwzi's worden niet overal dezelfde eisen gesteld. Afhankelijk van de aard, omvang en functie van het ontvangend oppervlaktewater kan in de effluenteisen variatie optreden (1). Voor de hier bedoelde kleine zuiveringen is gekozen voor effluenteisen die een doorsnee zijn van wat landelijk bij de regionale waterkwaliteitsbeheerders gebruikelijk is, hetgeen tot de volgende eisen leidt:

- het biochemisch zuurstofverbruik (BZV₅-atu) mag gemiddeld niet meer bedragen dan 15 mg per liter;

- in de periode waarin de temperatuur van het ontvangend oppervlaktewater 10 °C of hoger is, mag het gehalte aan ammoniumverbindingen en organisch gebonden stikstof gemiddeld niet meer bedragen dan 15 mg/l;
- het gehalte aan onopgeloste bestanddelen mag gemiddeld niet meer bedragen dan 30 mg per liter.

Bij de kleine rwzi's dient gestreefd te worden naar een opzet die

- in alle onderdelen eenvoudig te bouwen is en bij voorkeur uit standaardcomponenten is opgebouwd;
- in de procesvoering eenvoudig te bedienen is, weinig toezicht behoeft en grotendeels (semi)automatisch wordt bedreven;
- ontgaan is van overbodige luxe en slechts uit de essentiële, onmisbare onderdelen bestaat;
- milieuhygiënisch verantwoord bedreven kan worden: geen hinder oplevert ten gevolge van stank en geluid, en inpasbaar is in het landschap.

Verder dient deze te voldoen aan alle normale eisen die aan rwzi's in het algemeen worden gesteld, terwijl het geproduceerde **slib**, alvorens het wordt afgevoerd, gestabiliseerd moet zijn.

2.3 Beperkingen van het onderzoek

Inrichtingen voor de volledige zuivering van industrieel afvalwater, ter grootte van 500 à 1000 i.e. zijn in Nederland niet aanwezig.

Voor de industrie ligt de ondergrens in de gebieden met hoge heffing bij circa 2000 i.e.; daar waar de heffingen relatief laag zijn, is de ondergrens - waarbij rendabel zelf gezuiverd kan worden - hoger, circa 5000 i.e..

Niettemin is het zeer wel mogelijk de in de industrie voor grotere inrichtingen toegepaste bouwwijzen, materialen of componenten voor de in deze studie beoogde rwzi's toe te passen.

Een aantal systemen heeft bij toepassing op kleine schaal zodanige nadelen, dat zij voor de grootte van 500 - 1000 i.e. niet in aanmerking komt. Onderstaande methoden of technieken zullen daarom buiten beschouwing blijven:

- fysische methoden;
deze worden voor Nederland, ook als eindzuivering, niet toepasbaar geacht, aangezien daarbij stikstofverwijdering slechts in geringe mate optreedt;
- anaërobe processen;
voor wat de procesvoering, controle en noodzakelijke automatisering betreft, zijn deze vrijwel steeds slechts geschikt voor relatief grote en/of warme geconcentreerde afvalwaterstromen. Vanwege de niet volledige zuivering zou een aërobe nabehandeling noodzakelijk zijn. Het totale systeem wordt daardoor toch omvangrijk en gecompliceerd. Daarenboven is het ook uit oogpunt van investeringen onaantrekkelijk;
- aërobe biologische processen in de vorm van oxydatiesloten;
de pasveersloot mag nu zonder waterdichte bodem niet meer gebouwd worden. Het plaatsen van een gegarandeerd dichte bodembescherming voor kleinere installaties is zodanig duur geworden, dat dit systeem niet kan concurreren met andere vormen van beluchtingsruimten. Ook gegraven bassins met een andere vorm zullen door de noodzaak van bodembescherming vrijwel nooit concurrerend zijn;
- tweetrapsprocessen;
de investering hierin is aanzienlijk hoger dan voor ééntrapssystemen; zij zijn mede vanwege het complexe karakter buiten beschouwing gelaten.

Systemen die economisch aantrekkelijk zijn en voldoen aan gebruikscriteria zoals robuustheid, betrouwbaarheid, eenvoud, een levensduur van circa 10 jaar, redelijk snelle leverbaarheid, en voldoende garanties zijn:

- biorotoren en oxydatiebedden (al dan niet met kunststof vulmateriaal);
- continue aërobe systemen;
- discontinue aërobe systemen waarbij twee typen zijn te onderscheiden:
 - * een type met twee bassins beurtelings werkend als beluchtingsbassin en bezinkbassin (cyclustijd 12 uur of 24 uur);
 - * een type met een beluchtings/bezinkbassin gecombineerd met een buffertank en cyclustijden van 12 uur of 24 uur.

3 ONDERDELEN, WERKWIJZEN EN BOUWWIJZEN

3.1 Pompputten

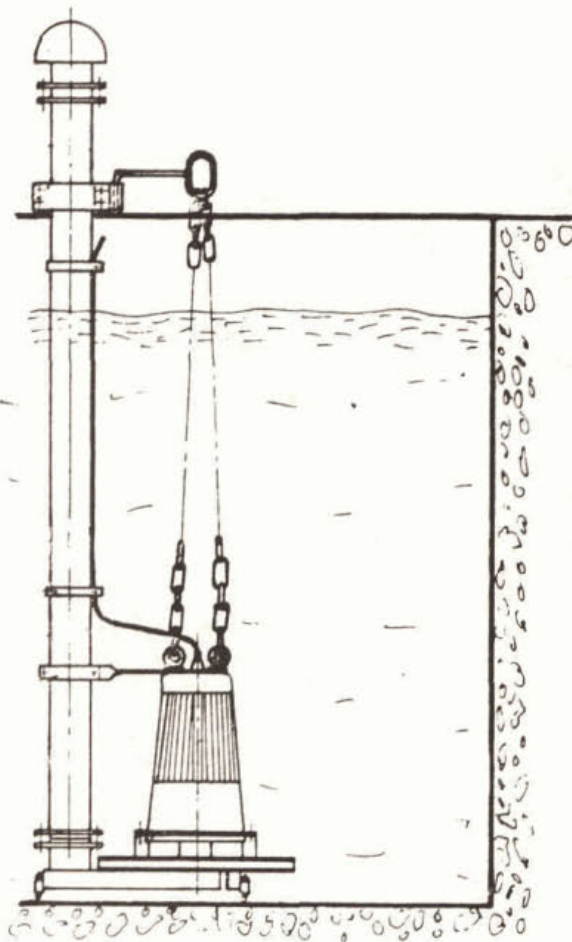
Aannemend dat het huishoudelijk afvalwater op een niveau onder het maaiveld wordt aangevoerd en het transport naar de zuiveringsinrichting door pompen met een constant debiet geschiedt, is een ondergrondse buffer of pomput noodzakelijk.

Bij de keuze tussen droog opgestelde pompen (in een afzonderlijke ruimte) en nat opgestelde pompen (dompelpompen), valt de keus voor kleine inrichtingen vrijwel altijd op nat opgestelde pompen.

Met uitzondering van gebieden met een zeer lage grondwaterstand is de toepassing van een dompelpomp steeds aanzienlijk goedkoper, ook omdat in de kleinere afmetingen geprefabriceerde pomputten in velerlei materialen voorhanden zijn (staal, beton, kunststof). Naast ronde zijn ook rechthoekige pomputten verkrijgbaar. Bij de keuze van een pomput zal dan ook alleen die met dompelpomp bezien worden.

Aangezien onverwacht uitvallen van de pomp niet volledig door gepland onderhoud is te voorkomen, dient een reservepomp aanwezig te zijn.

Om hierin te voorzien kan een tweede pomp met volledig toebehoren op of nabij de zuiveringsinrichting in voorraad worden gehouden en in geval van storing geïnstalleerd worden. Een tweede mogelijkheid is het installeren van de tweede pomp en het treffen van zodanige automatiseringsvoorzieningen, dat deze in werking treedt, als de eerste faalt.



Figuur 1. Nat opgestelde pomp in pomput

Deze laatste uitwerking is aanzienlijk duurder dan de eerste; behalve het ingewikkelder elektrisch gedeelte zijn extra appendages, zoals terugslagkleppen, en

extra leidingwerk nodig. Het ter plaatse dubbel uitgevoerde pompsysteem is zekerder dan het enkele. De kans op storing blijft echter, zij het gereduceerd, aanwezig.

3.2 Grofvuilafscheiding

Grofvuilafscheiding is nodig ter bescherming van de volgende procesonderdelen:

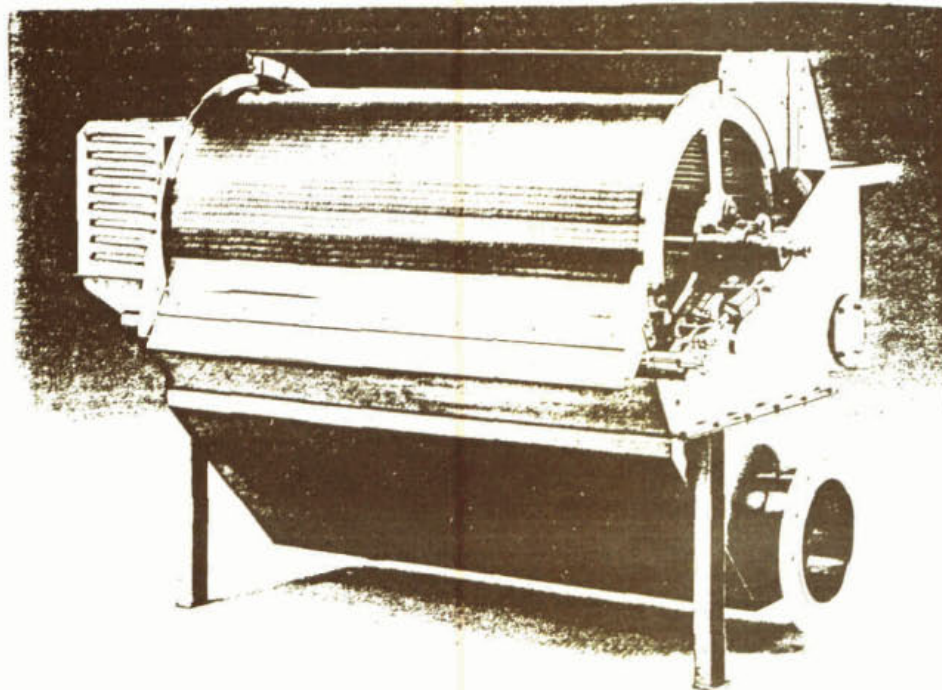
- de voedingspomp: het goedkoopste pomptype is de teruggetrokken-waaiercentrifugaalpomp in onderwateruitvoering. Voorwerpen van meer dan drie centimeter dienen te worden teruggehouden, met name hout en plastic;
- de slibafvoer pomp.

Automatisch werkende grofvuilroosters, zandvangers en voorbezinktanks brengen dermate hoge kosten met zich mee, dat enig ongemak c.q. meer bedienings- en onderhoudskosten ten gevolge van het afwezig zijn geaccepteerd kunnen worden.

Afwezigheid van zandvangers leidt tot verzamelen van zand in de pomput en/of in de beluchtingsruimte. Periodiek kan het afgezette zand door een zuigwagen verwijderd worden.

Het eenvoudigste systeem voor het terughouden van grove delen is een rooster van verticale staven met een onderlinge afstand van circa 2 cm. Afhankelijk van de hoeveelheid aangevoerd materiaal wordt de frequentie van reinigen vastgesteld. Dit reinigen is handwerk.

Voor de zuivering van afvalwater met behulp van biomassa op drager is een fijnere reiniging nodig; deeltjes groter dan enige millimeters kunnen tot verstopping van het medium leiden, met name bij biorotoren en oxydatiebedden.



Figuur 2. Roterende zeef

Voorbehandeling voor biorotoren of oxydatiebedden kan plaatsvinden met roterende zeven; deze zijn licht, compact en betrouwbaar. Een goedkoper alternatief is een zeefbocht, waarbij echter over de bedrijfszekerheid geen gegevens beschik-

baar zijn. Mogelijk is dit een economisch aantrekkelijk alternatief bij huishoudelijk afvalwater. Een in Duitsland toegepaste methode maakt gebruik van een horizontaal opgestelde zeefbocht met een roterende wisinrichting.

Voor de voorbehandelingswijzen geldt, dat een omkasting aanwezig dient te zijn ter voorkoming van bevriezing.

De opstelling dient zodanig te zijn, dat een transportcontainer voor het zeefgoed onder de apparatuur opgesteld kan worden.

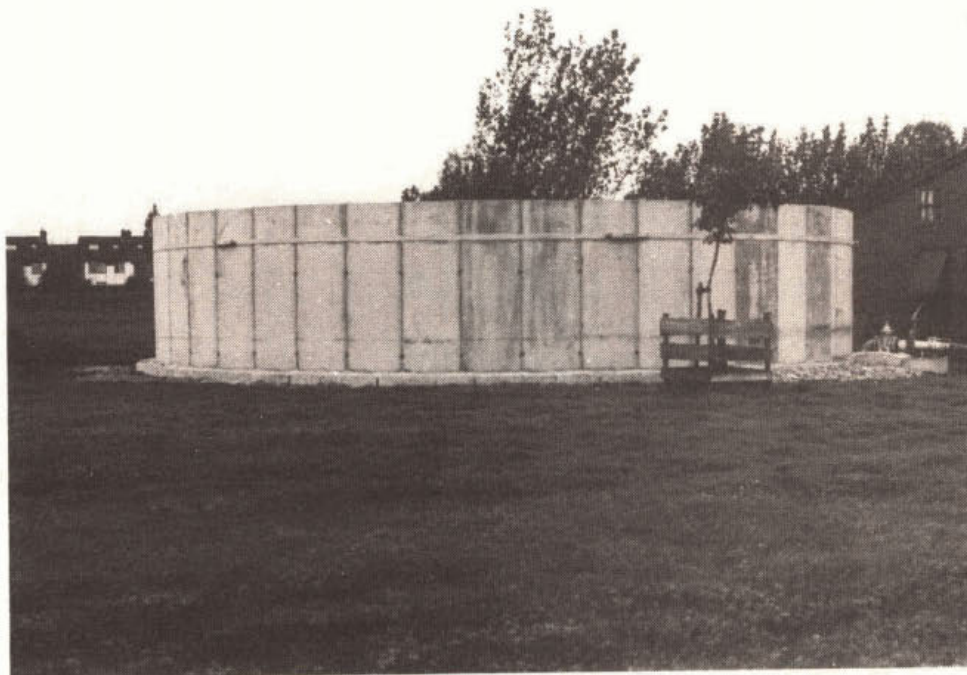
3.3 Bassins en tanks

3.3.1 algemeen

In Nederland is geruime tijd vrijwel uitsluitend in gewapend beton gebouwd en nog steeds kan beton een goedkoop bouw materiaal zijn. Het goedkope materiaal (fl. 120.- à fl. 150.- per m³) moet dan wel met weinig arbeid in zijn definitieve vorm gebracht kunnen worden. Hiervoor is vergaande mechanisatie nodig. Door zoveel mogelijk prefabriceren en door gebruik te maken van grote, eenvoudig aan te brengen bekistingselementen is dit mogelijk.

Niet voor alle afmetingen zijn deze methodieken mogelijk, zodat soms ontwerpen aan de beschikbare materialen dienen te worden aangepast. Aansluitingen voor leidingwerk zijn, hoewel door toepassen van diamantboren goedkoper geworden, nog steeds relatief kostbaar. De laagste prijs per m³ wordt veelal bereikt door toepassen van vlakke betonelementen die door stalen klembanden samengehouden worden. De afdichting geschiedt met mortel, bitumen e.d. Na verloop van tijd treedt veelal geringe lekkage op.

De bouw is snel en efficiënt en het is mogelijk bassins te realiseren voor circa fl. 40.- à fl. 60.- per m³ inhoud. Bij ter plaatse gestorte tanks is dit slechts in uitzonderingsgevallen haalbaar.



Figuur 3. Silo van geprefabriceerde betonelementen

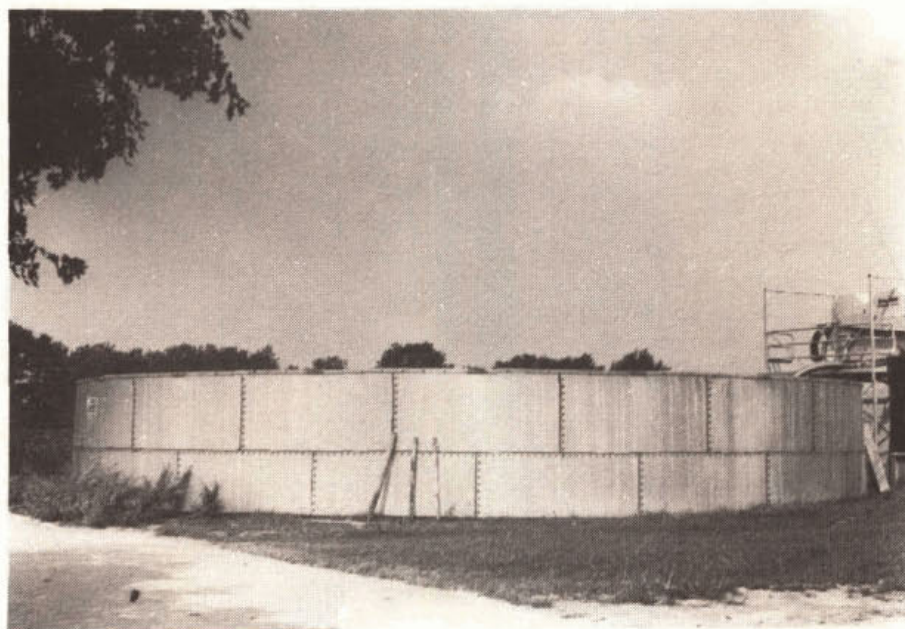
Stalen tanks ter plaatse gelast en gecoat zijn veelal duurder, maar kunnen in een aantal gevallen door de grotere elasticiteit zonder paalfundering geplaatst worden. De kosten van een stalen tank zijn fl. 60.- à fl. 120.- per m² wandoppervlak; voor aërobe waterzuivering dient een coatingssysteem aan beide zijden te worden aangebracht, waarvan de kosten ook circa fl. 60.- à fl. 120.-

per m² bedragen. Doorvoeringen en aansluitingen zijn echter eenvoudig en goedkoop.

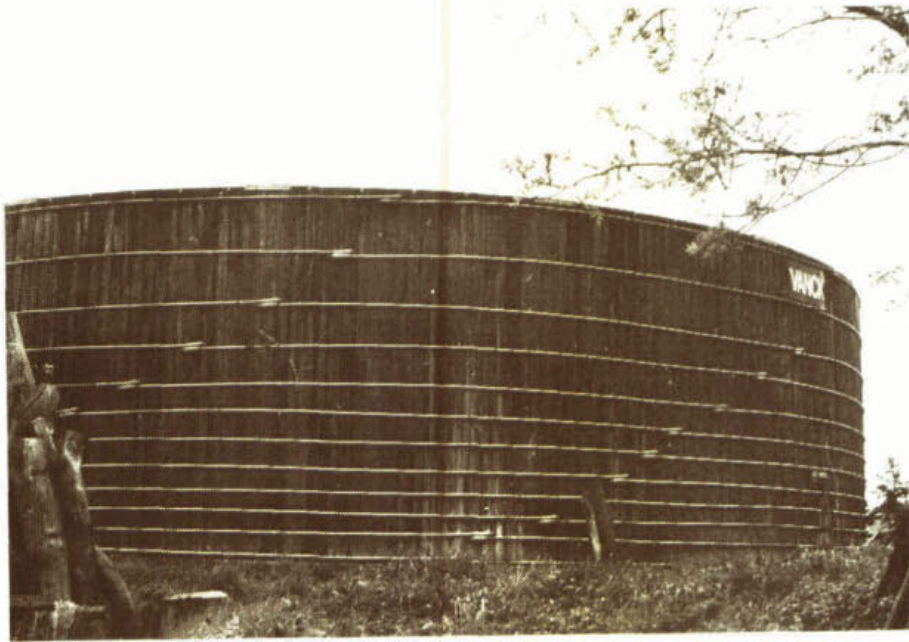
Daar voor rechthoekige tanks relatief meer staal nodig is dan voor ronde, is de toepassing van deze vorm in staal voornamelijk beperkt tot kleine tanks. Een relatief nieuw materiaal is tweezijdig geëmailleerd plaatstaal, geleverd als bouw pakket en in korte tijd op een bouwplaats met bouten, moeren en kit te assembleren. In weinig corrosieve media is hiermee een goed resultaat te bereiken. Wanneer afvalwater te veel zouten bevat is een kathodische bescherming nodig om een voldoende lange levensduur te garanderen. De prijzen liggen lager dan die van gecoate gelaste tanks. De sterkte is echter geringer en op slappe grond is een paalfundering nodig.

Gegraven bassins dienen in verband met bescherming van het grondwater uitgevoerd te worden met een waterdichte bodembekleding. Hiervoor wordt veelal plastic folie of beton gekozen waarbij prijzen van fl. 25.- à fl. 50.- per m² gelden. Daar vele grondsoorten een flauw hellend talud nodig maken, is voor kleine inhouden relatief veel talud en dus oppervlak nodig. Deze werkwijzen worden dan ook veelal bij relatief grote bassins gevonden, waar het systeem kan concurreren met andere bouwvormen.

In de land- en tuinbouw worden bouwwijzen toegepast zoals geprofileerd verzinkt staal met een kunststof- of gebitumineerde binnenhuid, alsmede silobouw in 50 mm dik hout; beide systemen zijn uitgevoerd met uitwendige spankabels.



Figuur 4. Watersilo's uit gegalvaniseerde platen



Figuur 5. Houten silo met gegalvaniseerde spankabels

3.3.2 bezinktanks

Voor de buitenwanden geldt globaal hetzelfde als onder 3.3.1 is vermeld. Het Dortmund-bekken met een steile bodem wordt tot oppervlakken van circa 20 m² toegepast en is dan door de afwezigheid van mechanisch bewogen onderdelen economisch aantrekkelijk.

De oppervlaktebelasting van dit soort bezinktanks zou volgens de literatuur (5) hoger kunnen zijn dan bij horizontaal doorstroomde typen, bijv. 1,2 - 1,5 m³/m².h, dus circa 1,5 x hoger dan bij geruimde systemen.

Voor grotere oppervlakken is mechanisch ruimen van de bodem nodig en maakt het qua prijs weinig verschil of de vorm rond of rechthoekig is. Bij een juist ontwerp is de werking bij gelijke oppervlakte gelijkwaardig. Het verzamelen van slib kan gebaseerd zijn op schrapen naar het laagste gedeelte van de installatie of op wegzuigen. De kosten van de systemen ontlopen elkaar niet veel. Indien optimaal uitgevoerd, is het afzuigstelsel iets goedkoper.

Een aantal buitenlandse leveranciers propageert lamellenafscidders of platenafscidders die een veel kleiner oppervlak nodig hebben. De kosten zijn veelal iets lager, doch het risico van verstopping is groter. Voor nabezinking zijn toepassingen hiervan in Nederland zeer beperkt gebleven. De informatie uit het buitenland is niet eenduidig: enkele leveranciers melden platenafscidders die tegen lagere investeringen dan bij geruimde bezinktanks probleemloos dezelfde functie vervullen.

Zeven, als alternatief voor bezinktanks, worden toegepast na biorotoren. Een aantal toepassingen van microzeven voor het afscheiden van slib na slib-opdragersystemen is bekend. Voor laagbelaste systemen zijn hiermee goede resultaten behaald (6).

Een variant, die wel in Engeland, maar voor zover bekend in Nederland niet toegepast is, bestaat uit een rond bassin met een conisch uitgevoerde bodem (helling van 30°) waarin een over de bodem gesleepte ketting voor slibtransport naar het laagste punt zorgt; dit goedkope systeem zou goede resultaten geven.

3.3.3 slibretourpompen

Voor terugvoeren van slib uit de nabezinktank naar de beluchtingsruimte worden overwegend speciale slibpompen toegepast, die het slib niet te veel beschadigt.

gen. Hoewel ze veel goedkoper zijn, worden air-lifts of mammoetpompen weinig toegepast. Daar waar bellenbeluchting toegepast wordt en dus gecomprimeerde lucht voorhanden is, is voor de air-lift de investering verreweg het laagst. Een nadeel is de geringe opvoerhoogte. Met behulp van de luchtstroom is de capaciteit redelijk te regelen.

3.3.4 slibindikkers

Overwegend worden continu werkende indikkers toegepast. Discontinu werkende indikkers, waarbij periodiek water afgelaten wordt, zijn ook zonder problemen toepasbaar en aanzienlijk goedkoper. Veelal bestaan deze uit een cilindrische tank of silo waar door middel van bijvoorbeeld een viertal afsluiters op verschillende niveaus water afgelaten kan worden. Bij voldoende gemineraliseerd slib treedt geen stank op.

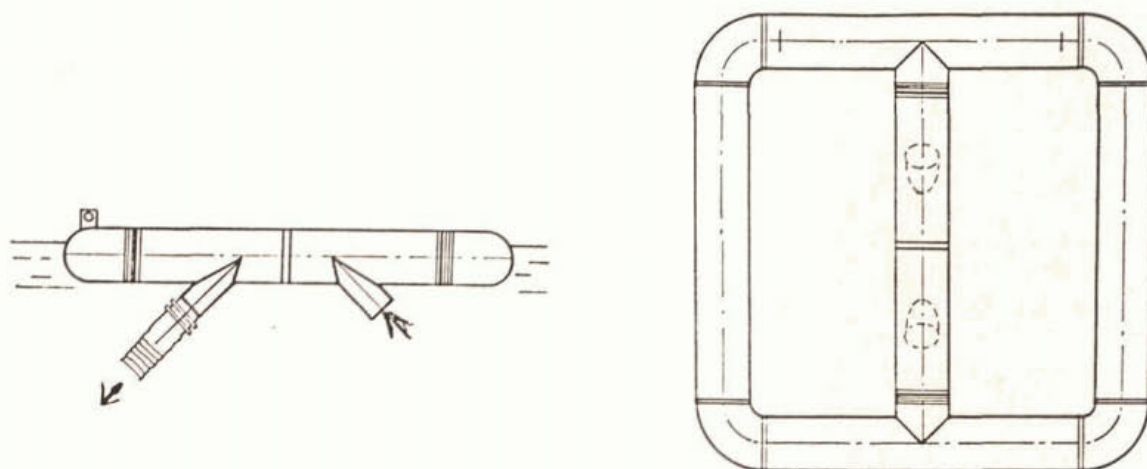
De concentratie van het ingedikte slib varieert veelal van 2 à 3% na 24 uur indikken, tot maximaal circa 5% na enkele weken indikken.

3.3.5 aflaatsystemen voor discontinu bedrijf

Hiervoor bestaan diverse systemen met kleppen, schuiven e.d. die echter kostbaar en bovendien tijdens vorst niet bedrijfszeker zijn.

In bassins, waarin het laagste vloeistofpeil zich op of boven het maaiveld bevindt, is een goedkope en betrouwbare oplossing een drijver met een flexibele slangverbinding naar een afsluiter tegen de bassinwand.

De afsluiter wordt via een tijdsklok op het gewenste moment geopend en gesloten. De drijver wordt zodanig gedimensioneerd dat geen opwaartse kolk wordt gevormd waardoor slib meegevoerd kan worden.



zijaanzicht

bovenaanzicht

Figuur 6. Aflaatvoorziening voor effluent van discontinu systeem

Wanneer het slibgehalte in het gecombineerde beluchtungs- en bezinkbassin te hoog oploopt, moet slib naar een indiktank worden afgevoerd op het einde van de bezinkcyclus.

Indien zodanig wordt gedimensioneerd dat het laagste waterpeil in het beluchtungs-bassin hoger is dan het hoogste peil in de slibbuffer, kan het slib door middel van de zwaartekracht overgebracht worden. Wanneer dit niet het geval is, is een pomp nodig.

Kleppen en pompen kunnen bediend worden met een tijdsklok, die aan de hand van de bedrijfsgegevens en de bedrijfscontrole, bijvoorbeeld wekelijks, geprogrammeerd kan worden.

3.4 Beluchtingssystemen

Zuurstofoverdracht naar de biomassa kan in grote lijnen door vier verschillende systemen worden bewerkstelligd:

- de op het vulmateriaal gefixeerde bacteriën worden bevochtigd met afvalwater en uit de omgevingslucht wordt zuurstof opgenomen: dit is het geval bij oxydatiebedden en biorotoren;
- door agitatie wordt lucht in water fijn verdeeld: borstels, puntbeluchters e.d.;
- samengeperste lucht wordt door geperforeerde of poreuze media onder het wateroppervlak in fijne bellen verdeeld;
- door dispersie van de aangezogen lucht in het verpompte water (ejecteur of straalbeluchter).

Op het gebied van de rendementen onder bedrijfsomstandigheden is ondanks veel gepubliceerd materiaal weinig exact bekend. Veelal zijn wel gegevens bekend van de zuurstofinbreng in schoon water. Aard van het afvalwater en slibgehalte spelen zeker een rol; hun invloeden zijn echter niet goed bekend.

Voor goed ontworpen systemen worden de volgende zuurstofrendementen per opgenomen kWh onder bedrijfsomstandigheden aangenomen:

- oxydatiebedden en biorotoren 2,5 - 3,5 kg O₂/kWh
- mechanische beluchters 1,2 - 1,7 kg O₂/kWh
- bellenbeluchting (fijne bellen) 1,2 - 1,7 kg O₂/kWh
- ejecteurs of straalbeluchters 1,2 - 1,5 kg O₂/kWh.

In onderhoudskosten zijn er weinig verschillen.

De ejecteursystemen zijn voor kleine capaciteit in grote verscheidenheid beschikbaar; hetzelfde geldt voor blowers voor bellenbeluchting.

Voor de andere systemen is het niet altijd mogelijk exact de gewenste capaciteit te kopen.

De investeringskosten van straalbeluchters en mechanische beluchters komen globaal overeen. Bellenbeluchting is veelal 15 - 30% duurder.

Wat betreft bijkomende effecten op slibbezink eigenschappen bestaat de indruk, dat mechanische- en straalbeluchters een iets fijner slib geven dan bellenbeluchtingssystemen. Vergelijkend onderzoek naar dit aspect bij deze systemen is echter niet voorhanden.

Voor de investeringen dient gerekend te worden met de volgende globale waarden (excl. elektrische voorzieningen, peildatum medio 1986):

zuurstofinbreng	bellenbeluchting	mechanisch/ejecteur
3 kg/h	f1. 14.000	f1. 12.000
6 kg/h	f1. 18.000	f1. 15.000
10 kg/h	f1. 28.000	f1. 25.000

3.5 Biorotoren, oxydatiebedden en biotorens

Biorotoren worden veelal als complete eenheden in standaardafmetingen aangeboden, met name voor de kleinere eenheden. Compacte bouw, ook in combinatie met voorbehandeling en slibafscheiding is daardoor mogelijk. De mogelijkheden om het ontwerp (nog) te vereenvoudigen zijn vaak beperkt tot afgeleide zaken zoals overkappingen.

Het surplusslib dat bij deze systemen ontstaat, heeft een andere structuur dan het in actief-slibinrichtingen gevormd slib. Veelal bestaat het uit een grote hoeveelheid zeer grove vlokken en een kleine hoeveelheid fijn, slecht bezinkend materiaal. Slechts bij laagbelaste inrichtingen is het mogelijk de gestelde effluenteisen te halen.

Oxydatiebedden bijvoorbeeld met lava als vulmateriaal en biotoren met synthetische vullichamen geven weinig horizontale druk waardoor de omhulling uit een lichte constructie kan bestaan, zoals lichte silobouw of een frame voorzien van beplating. Het geproduceerde slib heeft globaal dezelfde eigenschappen als dat van de biorotoren.

3.6 Combineren van onderdelen

Bouwkosten kunnen verlaagd worden door de diverse delen tegen elkaar te bouwen of door toepassen van concentrische ringen.

Wanneer de hydrostatische druk aan beide zijden ongeveer even hoog is, kunnen forse besparingen op de wanddikte gerealiseerd worden. Een beperking van deze bouwwijze is dat het water niet aan één zijde - voor bijvoorbeeld onderhoudswerkzaamheden - kan worden afgetapt. Een dergelijke bouwwijze is met name mogelijk voor de combinatie beluchtingsruimte/nabezinkruimte.

Wanneer de nabezinkruimte een relatief klein oppervlak heeft, bijvoorbeeld bij aanvoer van afvalwater uit een gescheiden rioleringsstelsel, is dit aantrekkelijk. In dat geval wordt de bezinkruimte uitgevoerd als een half Dortmund-bekken tegen een wand van de beluchtingsruimte.

Het hellende vlak dient wel een hoek van ten minste 55° te hebben. In de praktijk komt het er op neer dat een bezinkoppervlak kan worden gerealiseerd van $0,6 \times$ wanddiepte \times wandlengte.

In een beluchtingsbassin van 4 m diep, 10 m lang en 6 m breed (240 m³) kan dan $0,6 \times 4 \times 10 = 24$ m² bezinkoppervlak ondergebracht worden.

Voor ronde tanks is de constructie aanzienlijk gecompliceerder dan voor rechthoekige tanks.

Concentrische constructies met de beluchtingsruimte als ring om de ronde bezinkruimte kunnen worden toegepast in situaties waar weinig ruimte beschikbaar is.

Bouwpakketten van nabezinktanks, uitgevoerd in gewapend polyester, zijn in verschillende landen met succes toegepast, waarbij de prijzen aanzienlijk lager zijn dan bij toepassing van traditionele bouwwijzen.

3.7 Diversen

funderingen

De kosten van funderingen zijn zeer sterk afhankelijk van de aard van de ondergrond. In Nederland is het soms mogelijk vrijwel zonder enige grondverbetering te bouwen, terwijl op andere plaatsen zelfs voor lichte constructies heipalen van meer dan 20 m nodig zijn. In bepaalde gevallen kan door verzwaren of vergroten van een (betonnen) bodemplaat heiwerk uitgespaard worden, terwijl het ook wel mogelijk is door beperking van hydrostatische druk, dus lagere bassins, een goedkoper fundering te kiezen.

Stalen tanks kunnen door grotere treksterkte soms zonder ondersteuning door heipalen toegepast worden op slappe grond, door in plaats van paalfundering grondverbetering toe te passen. In dergelijke gevallen dient rekening te worden gehouden met zetting en zal een aantal verbindingen flexibel moeten worden uitgevoerd.

Bij de raming voor het heiwerk is arbitrair uitgegaan van palen van 8 - 10 m lang en goed toegankelijk terrein. In de praktijk kan voor funderingen dus zowel een lagere als een veel hogere prijs voorkomen.

leidingwerk

Door een goede lay-out dient leidingwerk tot een minimum beperkt te blijven. Met name compacte bouw bespaart niet alleen op leidingwerk, maar ook op ondersteuning of ophanging.

Kunststoffen zoals p.v.c. en poly-olefinen zijn goed bruikbaar voor kleinere diameters. De prijzen per meter liggen lager dan voor staal of beton, door eenvoudige verwerking en het overbodig zijn van een coating.

Onderhoudskosten zijn bij correcte toepassing laag. Appendages zoals afsluiters komen ook meer en meer in kunststof ter beschikking. Daar appendages zeer duur zijn, dient toepassing ervan in het ontwerp zoveel mogelijk beperkt te worden. Het leggen van leidingen in de grond is kostbaar, vooral bij hoge grondwaterstand. Wanneer als goedkoper alternatief bovengrondse leidingen gekozen worden, dienen voorzieningen tegen bevriezing aanwezig te zijn. Voorbeelden hiervan zijn het leggen op afschot, zodat bij stilstand geen water blijft staan, of het toepassen van isolatie eventueel met aanvullende verwarming.

Bij een gering aantal draaiuren kan het aantrekkelijk zijn leidingdiameters te beperken en de geringe extra energiekosten voor het overwinnen van de extra leidingweerstand te accepteren; ook de ophanging voor lichtere leidingen is aanzienlijk goedkoper. In de praktijk komt overdimensionering voor, waarbij met name bochtstukken en appendages zeer veel duurder uitkomen.

elektrische voorzieningen

In de praktijk kunnen deze voorzieningen door het "maatwerk" vaak gecompliceerder, dus kwetsbaarder en duurder uitgevoerd zijn dan strikt noodzakelijk. Gebruik van in andere disciplines veel toegepaste standaardapparatuur is vaak aanzienlijk goedkoper. Kabels behoeven niet beslist in de grond of in kabelgoten.

Signalering dient tot de werkelijk noodzakelijke zaken beperkt te blijven. Mogelijkheden om het systeem door te kunnen meten en snel storingen te kunnen verhelpen, dienen wel aanwezig te zijn. Bij de aanschaf van motoren dient de aanschaffingsprijs mede gezien te worden in relatie tot het rendement. Bij 8000 draaiuren per jaar verbruikt een motor jaarlijks het 8 à 15-voudige van zijn aanschaffingsprijs aan energie en kan een klein verschil in rendement een relatief groot bedrag uitmaken in de exploitatie.

behuizing

Geprefabriceerde constructies, zonodig inwendig van geluidisolatie voorzien, zijn zeer geschikt voor het onderbrengen van kleine blowers en pompen.

Indien een scheidingswand aangebracht wordt, is een ruimte voor schakelmateriaal en het doen van eenvoudige procescontroles beschikbaar.

Het onderbrengen van een blower in een druiwaterdichte geluidisolerende omkasting en het toepassen van schakelkasten, geschikt voor buitenopstelling, kunnen de kosten nog verder verlagen.

Uitgebreide laboratoriumfaciliteiten ter plaatse zijn voor de beschouwde kleine inrichtingen niet noodzakelijk.

De volgende testen zijn voor het beoordelen en bijsturen van het proces voldoende:

- bezinkproef in een grote maatcilinder;
- het bepalen van ammonium en nitraat + nitriet.

4 DIMENSIONERING

4.1 Beluchting en bezinking bij het actief-slibstelsysteem

Bij het bepalen van de **zuurstofbehoefte** in de beluchtingsbassins is ervan uitgegaan dat bij etmaalaanvoeren uit gemengde stelsels van 70 kg BZV en 17 kg N-Kj de gemiddelde effluenteis nog gehaald wordt. Deze waarden, circa 40% hoger dan de gemiddelde aanvoer, zullen alleen voorkomen bij aanvoer van aanzienlijke hoeveelheden bezonken materiaal uit de riolering.

Bij een gemiddelde aanvoer van 50 kg BZV/d bedraagt de slibbelasting 0,05 kg BZV/kg d.s.d. Bij de maximale aanvoer van 70 kg BZV/d bedraagt de slibbelasting 0,07 kg BZV/kg d.s.d. Benodigd is een hoeveelheid actiefslib in de beluchtingsruimte van 1000 kg. Uitgegaan wordt van een BZV-verwijderingsrendement van 95%.

De zuurstofbehoefte is als volgt bepaald:

- endogene ademhaling: $0,07 \text{ kg O}_2/\text{kg d.s.d} \times 1000 \text{ kg d.s.} = 70 \text{ kg O}_2/\text{d};$

- substraatademhaling: $0,95 \times 70 \text{ kg BZV/d} \times 0,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BZV} = 33 \text{ kg O}_2/\text{d};$

- nitrificatie/denitrificatie

Nkj vastgelegd in het spuislib 3 à 4 kg Nkj/d

Nkj geloosd met het effluent 3 à 4 kg Nkj/d

Nkj te nitrificeren 10 kg Nkj/d

Bij volledige denitrificatie vraagt laatstgenoemde hoeveelheid Nkj 17 kg O₂/d.

- om fluctuaties op te kunnen vangen wordt gedimensioneerd met een overcapaciteit van 10%; totaal benodigd is dus 132 kg O₂/d;

Bij continue systemen wordt de uurcapaciteit van de zuurstoftoevoer gebaseerd op de totale etmaalbehoefte plus 10%, gedeeld door 24; bij discontinue systemen wordt de zuurstofinbrengcapaciteit verhoogd om te corrigeren voor de stilstand: bijvoorbeeld bij 18 uur beluchten $(120 : 18) \times 1,1 = 7,3 \text{ kg O}_2/\text{uur}.$

Gescheiden stelsels vertonen een geringere spreiding in de vuillast; bij gelijke gemiddelde slibbelasting wordt ervan uitgegaan dat de effluenteisen gehaald kunnen worden bij waarden voor de zuurstoftoevoer die circa 5% lager zijn dan de bovengenoemde.

Voor het berekenen van de **bezinkinstallaties** is het nodig de bezinkeigenschappen van het af te scheiden materiaal te kennen. Deze eigenschappen blijken gemiddeld per installatie en in de tijd sterk te variëren.

Door de STORA is een aantal studies uitgevoerd (2-4), resulterend in richtlijnen voor het dimensioneren van nabezinktanks. Deze zijn bij de berekeningen toegepast. Voor het berekenen van de slibvolumebelasting is ervan uitgegaan, dat de verdunde slibvolume-index voor alle slibsoorten 100 à 120 ml/g bedraagt. Deze waarde kan relatief laag worden gekozen omdat uitsluitend huishoudelijk afvalwater wordt beschouwd, er geen voorbezinking plaatsvindt en de slibbelasting van de installaties zodanig laag is gekozen dat mineralisatie optreedt: factoren die alle een gunstige invloed zullen hebben op de SVI.

Toepassing van deze richtlijnen leidde tot oppervlaktebelastingen van circa 0,9 m/h voor horizontaal doorstroomde bezinktanks en 1,2 m/h voor vertikaal doorstroomde tanks.

4.2 Slibbelasting en bezinking bij het discontinue systeem

Deze wijze van zuiveren, ook wel aangeduid als "fill and draw"-systeem of "sequencing batchreactor", is reeds lang bekend en krijgt de laatste tijd weer meer aandacht. Naar de theoretische achtergronden van de werking is weinig onderzoek gedaan. Een groot aantal van deze installaties met capaciteiten tussen 1500 en 35000 i.e. is door industrieën aangeschaft en levert uitstekende zuiveringsresultaten. Voor het ontwerp wordt veelal gebruik gemaakt van praktijkervaring opgedaan bij andere installaties. In Nederland is het systeem voor huishoudelijk

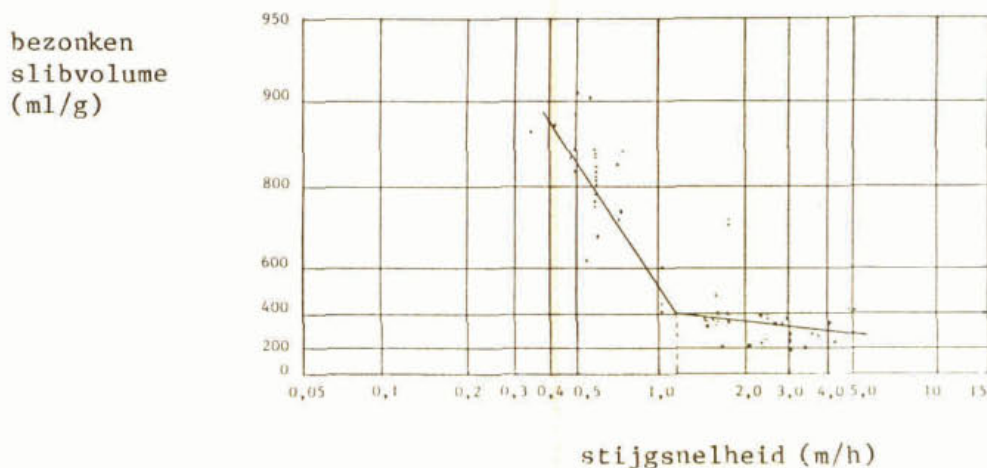
afvalwater in de bij de industrie gebruikelijke uitvoeringsvorm niet toegepast en zijn dus geen ervaringen of gegevens aanwezig.

Via vergelijkend onderzoek van huishoudelijke en industriële continue installaties en het toepassen van de resultaten van bijvoorbeeld de vleessector, mosseledrijven en de conservenindustrie is het mogelijk een beeld te krijgen van de toepassing van discontinue systemen voor huishoudelijk afvalwater. Het belangrijkste kenmerk van dit soort installaties is dat het beluchten en de slib/waterscheiding - dus het zuiveren en bezinken - in één bassin of tank plaatsvinden.

Het te behandelen afvalwater wordt gedurende een groot deel van de cyclustijd in het beluchtingsbassin gepompt, waarna het nog enige tijd nabelucht wordt. Nadat de beluchting gestopt is, treedt bezinking op en kan na circa één uur met het aflaten van het effluent worden begonnen. De duur van het aflaten is doorgaans twee uren; dit kan langer zijn bij aanwezigheid van beperkende factoren. Veelal duurt een cyclus 24 uur. Bij bedrijven die 's-nachts geen afvalwater produceren is dit de eenvoudigste werkwijze.

Op kleine schaal is verkorting van de cyclustijd onderzocht. Hierbij kwam naar voren dat een cyclustijd van 12 uur bij 20 °C nog tot een goede nitrificatie/denitrificatie leidde.

Bij in de industrie toegepaste discontinue werkende inrichtingen is gebleken dat het zuiveringsrendement bij vergelijkbare **slibbelasting** veelal wat hoger is dan bij continue systemen. Van de kinetiek van deze nazuivering is weinig kwantitatieve informatie beschikbaar. Voor discontinue systemen wordt bij de beschouwde mogelijkheden dezelfde slibbelasting aangehouden als voor continue systemen en wel 0,05 kg BZV/kg d.s.d.



Figuur 7. Slibconcentratie en stijgsnelheid van het water in vertikaal doorstroomde bezinktanks (SVI 80 à 100 ml/g).

Het bezinkgedrag van actiefslib is voornamelijk bestudeerd in vertikaal doorstroomde bezinktanks. Zowel voor rechthoekige als voor ronde bezinktanks zijn veel gegevens verzameld, vaak in combinatie met het gedrag van het slib. Over bezinking van slib in stilstaande, niet geroerde kolommen met afmetingen van meerdere meters verschaft de literatuur geen informatie.

Het bezinkgedrag in een discontinue systeem kan het best vergeleken worden met een vertikaal doorstroomde bezinker. Hiervoor vond Merkel (5) de in figuur 7 weergegeven relatie.

De weergegeven lijn kan voor de gebieden aan weerszijden van het knikpunt in twee formules worden vertaald; gezien de spreiding in de waarnemingen echter leidt dit tot een schijnnaauwkeurigheid.

Voor het berekenen van de afmetingen van de bezinkruimten en de bezinktijden worden voor deze studie de volgende waarden aangehouden:

slibgehalte	bezinksnelheid
in g/l	in m/h
2,5	2,00
2,5 - 3	1,50
3 - 4	1,20
4 - 5	1,00
5 - 6	0,80
6 - 8	0,60.

De af te laten hoeveelheden water kunnen als gevolg van regenval variëren per cyclus. Voor de verschillende volumina dient het bezinkgedrag te worden gezien.

Indien gebruik wordt gemaakt van een drijvende aflatvoorziening moet, om het toestromen van slib te voorkomen, het slibniveau zich steeds circa 40 cm onder de waterspiegel bevinden, aangezien anders grotere, doch gecompliceerdere en dus duurere aflatvoorzieningen nodig zijn.

Bij bovengrondse bouw kan het effluent zonder hulp van pompen worden afgelaten. Er moet wel rekening mee worden gehouden dat bij een vaste aflat het effluent-debiet afhankelijk is van het niveau in de tank. Indien dit niet gewenst is, kan een debietregeling geïnstalleerd worden. In het eerste deel van de bezinkfase is de bezinksnelheid het grootst; het hogere afvoerdebiet in dit deel van de cyclus is meestal geen bezwaar.

4.3 Oxydatiebedden en biorotoren

Voor **oxydatiebedden** met een vulling van lavastenen of soortgelijk pakkingmateriaal gelden bij nagenoeg volledige nitrificatie de onderstaande ontwerpcriteria (6):

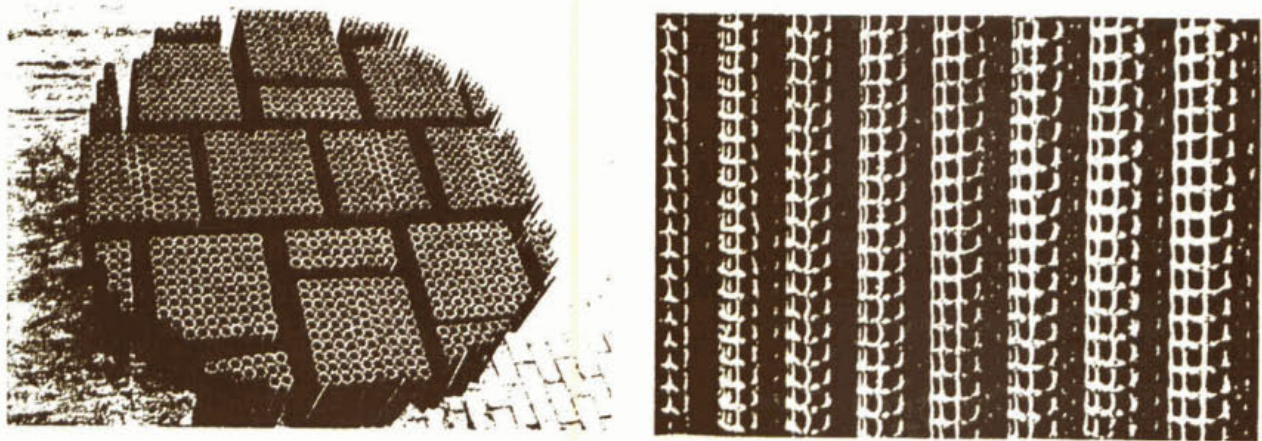
- voor de berekeningen van afmetingen en kosten is uitgegaan van een BZV-volume-belasting van maximaal 200 g/m³.d. Bij deze belasting mag ook bij lage temperatuur een goede werking verwacht worden. Voor 1000 i.e., dus maximaal 70 kg BZV/d, is een oxydatiebedvolume van 350 m³ nodig;
- de hydraulische belasting ligt tussen 0,6 en 2 m³/m².h;
- oxydatiebedden met kunststof vullichamen hebben het voordeel van een lichtere vulling, een hoger percentage holle ruimte en een hoger specifiek oppervlak. Voor dit soort vullingen is volgens informatie van fabrikanten de maximale BZV-volumebelasting bij de gestelde effluenteisen circa 400 g BZV/m³.d. Het specifiek oppervlak bedraagt circa 100 m²/m³ resulterend in een BZV-belasting van circa 4 g BZV/m².d berekend op schoon oppervlak. De hydraulische belasting mag variëren tussen 0,6 en 1,2 m³/m².h.

Het spuislib van oxydatiebedden kan niet zonder stankproblemen enkele weken worden opgeslagen. Voor deze slibsoort wordt beluchting in de slibbuffer voorzien, zodat tevens een stabilisatie van het slib wordt verkregen.

Het pakkingmateriaal kan geleverd worden in de vorm van ringen of blokken; de laatste zijn zelfdragend, zodat de omhulling vrijwel geen krachten behoeft op te nemen.

Voor de vloeistofverdeling kan gebruik worden gemaakt van roterende sproeiërs of stationaire sproeiërs met verdeelplaten.

Bij grotere installaties zullen roterende sproeiërs goedkoper zijn; stationaire sproeiërs met verdeelplaten komen in aanmerking voor installaties met een klein oppervlak.



Figuur 8. Voorbeelden van pakkingmateriaal voor percolatiefilters

Voor de behandeling van het binnenkomend afvalwater kunnen roterende zeven worden toegepast met een doorlaat van 1,0 - 1,5 mm. Hoewel zeefbochten goedkoper zijn, moet opgemerkt worden dat de betrouwbaarheid van de werking voor huishoudelijk afvalwater niet bekend is. In het buitenland zouden zij zonder problemen worden toegepast.

Voor de dimensionering van de nabezinkruimte wordt uitgegaan van een maximale oppervlaktebelasting van circa 1 m³/m².h.

Bij **biorotoren** is het zuiveringsrendement afhankelijk van de belasting per oppervlakte-eenheid biorotor en de aanvangsconcentratie van het afvalwater.

Voor de 1000 i.e.-inrichting is, rekening houdend met nagenoeg volledige nitrificatie, bij een gemiddelde BZV-aanvoer van 50 kg BZV/d gekozen voor een oppervlaktebelasting van 4,5 g BZV/m².d (6). Dit betekent een totaal benodigd rotoroppervlak van 11.000 m². Bij een maximale BZV-aanvoer van 70 kg BZV/d bedraagt de oppervlaktebelasting 6,4 g BZV/m².d.

Voor de inrichtingen van 500 i.e. bedraagt het oppervlak de helft van de bovengenoemde waarde.

Voor rwzi's met aanvoer uit een gescheiden rioleringsstelsel is uitgegaan van dezelfde oppervlakken als benodigd voor rwzi's met aanvoer uit een gemengd rioleringsstelsel.

Voor de voorbehandeling van het influent is gekozen voor een roterende zeef en voor de scheiding van slib en effluent is uitgegaan van een roterend filter.

Het op de rotoren te installeren motorvermogen bedraagt ongeveer 3,5 kW.

4.4 Pomputten

Aanvoerdebieten bij 1000 i.e.:	maximaal per etmaal	500 m ³
	maximaal per uur	40 m ³
	minimaal per etmaal	100 m ³
	minimaal per uur	2 m ³ .

De aanvoerdebieten voor 500 i.e. bedragen de helft van de bovengenoemde waarden.

Voor de dimensionering van de pompputten is uitgegaan van een maximum van 15 keren aanslaan van de pomp per uur. Bij frequenter stoppen en starten wordt de slijtage hoger en loopt de levensduur van de pomp terug. Om voor 40 m³/h aan dit uitgangspunt te voldoen, bedraagt het minimale volume tussen hoog en laag niveau in de pompput (afgerond) 0,7 m³. Voor de lagere maximale debieten is het benodigd volume naar evenredigheid kleiner. In afmetingen van deze grootte zijn diverse geprefabriceerde pompputten verkrijgbaar.

4.5 Slibbuffertank

Aangenomen wordt dat de slibproductie voor 1000 i.e. onafhankelijk van het gekozen zuiveringssysteem gemiddeld 40 tot 50 kg droge stof per etmaal bedraagt. Indien het slib enkele weken in een slibbuffer verblijft, zal het indikken tot 4 - 5 % droge stof. Dit betekent dat 0,8 - 1,0 m³ slib per etmaal ontstaat.

Bij de gekozen slibbelasting wordt aangenomen dat het slib uit de beluchtingsbassins tijdens de opslag geen stankhinder zal veroorzaken.

Bij toepassingen met biomassa op drager moet er rekening mee worden gehouden dat enige gisting kan optreden. Verondersteld wordt dat periodiek beluchten, bijvoorbeeld door middel van een drijvende straalbeluchter die 1 kg zuurstof per uur in kan brengen, voldoende is om deze problemen te voorkomen en het slib in voldoende mate te stabiliseren.

De slibbuffer zal voor een maximale opslagcapaciteit van zes maanden een inhoud moeten hebben van circa 200 m³. Dit kan gerealiseerd worden met standaardsilo's, die verkrijgbaar zijn in diameter/hoogte-afmetingen van 8 en 4 m, 9 en 3 m, of 10 en 2,5 m.

Als appendages zijn voorzien een bodemafsluiter voor slibafvoer en een drietal afsluiters voor het aflaten van water via een retourleiding naar de pompput. De aanvoerleiding heeft een vrije uitloop.

Voor 500 i.e. wordt het volume 50% kleiner gekozen. Voor deze afmetingen zijn eveneens standaardsilo's op de markt.

5 GLOBALE RAMING VAN INVESTERINGEN EN EXPLOITATIEKOSTEN

5.1 Algemeen

Een aantal elementen in de kostenopbouw van een zuiveringsinrichting is sterk afhankelijk van de lokatie. Voorbeelden hiervan zijn:

- kosten van de grond;
- bouwrijp maken van de grond;
- milieumaatregelen in verband met de afstand tot de woonbebouwing;
- heiwerk;
- toegestane bouwhoogte;
- grondwaterstand;
- afstand tot de openbare weg;
- aansluitkosten nutsleidingen.

Bij de ramingen van de investeringskosten spelen deze verschillen geen rol omdat deze elementen niet zijn meegenomen, of doordat van gemiddelde omstandigheden is uitgegaan.

Dit betekent dat de **investeringsbedragen incompleet** zijn en betrekking hebben op relatief gunstige omstandigheden. In de berekeningen zijn in feite uitsluitend de materiële aanschaffingen voor de installaties meegenomen.

Voor de verschillende systemen is ervan uitgegaan dat de slibbuffertank steeds dezelfde investering vraagt voor de dwa en dwa + rwa- systemen.

De prijzen van de pompputten zijn steeds identiek voor hetzelfde zuiveringssysteem.

Bij de opgevoerde bedragen is de scheiding tussen mechanisch en elektrisch niet altijd scherp aangehouden; zo kunnen terwille van de eenvoud mechanische delen bij een bouwkundige voorziening zijn ondergebracht.

Ook worden bassins vaak reeds standaard met afsluiters e.d. geleverd en zijn mechanische voorzieningen bij de prijs inbegrepen (prijspeil juni 1986).

Alle delen van de installaties zijn zodanig gekozen dat de levensduur onder gemiddelde omstandigheden steeds tenminste tien jaar bedraagt.

5.2 Investerings

Met de in hoofdstuk 4 genoemde principes is vervolgens een schatting van de investeringen gemaakt voor acht installaties. Steeds is gekozen voor die combinaties van bassins en overige apparatuur, die het goedkoopst zijn en naar verwachting een storingsvrije werking hebben. In de bijlage zijn de acht systemen schematisch en met hun kosten weergegeven, terwijl tabel 1 de resultaten van de investeringsberekeningen weergeeft.

Bij de investeringen is de aanschaf van grond, de aanleg van drinkwatervoorzieningen, verfraaiingen, bestrating en aanvoer van elektrische stroom over grote afstand, alsmede BTW buiten beschouwing gebleven. Heiwerk is als aparte post opgenomen, waardoor de berekende investeringsbedragen beter zijn te vergelijken.

De verdeling van de kosten over de verschillende posten is vaak arbitrair. Zoals reeds vermeld, is bij verschillende materiaalkeuzen een verschuiving van bouwkundig naar mechanisch/elektrisch en omgekeerd mogelijk. De hieruit voortvloeiende verschillen gaan op in de aangehouden nauwkeurigheidsmarge van 15 %.

Bij beschouwing van de verschillen tussen de installaties moet er rekening mee worden gehouden dat voor alle gevallen voor de slibbuffer en de pompput dezelfde bedragen zijn opgevoerd.

5.3 Exploitatiekosten

Bij het begroten van de exploitatiekosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de levensduur van de installaties bedraagt circa tien jaar. Bij een rente van 6,5% per jaar betekent dit een annuïteit van 13,8% van de investering;
- voor de investering is uitgegaan van de bedragen uit tabel 1, verhoogd met de kosten voor 8 - 10 m heiwerk en 20 % BTW;
- de onderhoudskosten zijn voor alle installaties berekend op 3 % van de bovengenoemde investering;
- voor bediening, klein onderhoud en controle worden per jaar 250 uren à fl. 40.- berekend; uitgaande van uitvoering door eigen personeel wordt geen BTW in rekening gebracht;
- voor de afvoer van slib wordt fl. 12.-/m³ inclusief BTW gerekend; het afgevoerde volume na indikken tot 5 à 6 % droge stof is voor de rwzi van 1000 i.e. en 500 i.e., 300 m³ respectievelijk 150 m³ per jaar;
- de energieprijzen zijn in hoge mate afhankelijk van de plaats. Uitgegaan is van een kWh-prijs van fl. 0,24 inclusief BTW.

Het energieverbruik van slib-op-drager-systemen bedraagt circa 60 % van dat van beluchtingsbassins: circa 30.000 kWh/jaar respectievelijk 50.000 kWh/jaar voor 1000 i.e.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 2. Bij het vergelijken van de cijfers dient er rekening mee te worden gehouden dat de investeringen niet compleet zijn en alleen betrekking hebben op de aanschaf van apparatuur, materialen en montage. Een aantal factoren, die per locatie sterk kunnen variëren, is buiten beschouwing gelaten. Daar waar bijvoorbeeld de grondkosten hoog zijn en het heiwerk kostbaar is, kunnen de compactere slib-op-dragersystemen in een nauwkeuriger en gedetailleerder exploitatiekostenvergelijking gunstiger uitkomen.

type installatie	1000 i.e.		500 i.e.	
	dwa + rwa	dwa	dwa + rwa	dwa
1. biorotor	273	231	176	173
2. oxydatiebed	228	181	157	142
3. percolatiefilter	224	177	146	126
4. aëroob continu	189	148	137	111
5. aëroob discontinu, buffertank, 1 cyclus/d	156	134	115	101
6. aëroob discontinu, buffertank, 2 cycli/d	137	122	104	96
7. aëroob discontinu, 2 bassins, 1 cyclus/d	175	156	130	117
8. aëroob discontinu, 2 bassins, 2 cycli/d	161	145	119	111

Tabel 1. Overzicht investeringen in fl. 10³ (excl. heiwerk en BTW).

type installatie	1000 i.e.		500 i.e.	
	dwa + rwa	dwa	dwa + rwa	dwa
1. biorotor	81	72	55	54
2. oxydatiebed	73	63	51	48
3. percolatiefilter	71	62	48	44
4. aëroob continu	71	61	51	46
5. aëroob discontinu, buffertank, 1 cyclus/d	65	59	46	43
6. aëroob discontinu, buffertank, 2 cycli/d	60	56	44	42
7. aëroob discontinu, 2 bassins, 1 cyclus/d	70	65	50	47
8. aëroob discontinu, 2 bassins, 2 cycli/d	67	62	47	45

Tabel 2. Overzicht exploitatiekosten in fl. 10³ per jaar

SELECTIE VAN HET ZUIVERINGSSYSTEEM

Het in een aantal industrietakken toegepaste discontinue aërobe zuiveren (tabel 1) blijkt voor kleine huishoudelijke rwzi's tot de laagste investeringen te leiden.

De hoge prijs per m³ van de slib-op-dragersystemen maakt deze systemen, ondanks lagere energiekosten en lagere kosten voor heiwerk, vrijwel steeds duurder dan de discontinue aërobe zuivering.

De laagste kosten worden verkregen bij een systeem bestaande uit een beluchtingsbassin en een buffertank.

Hoewel het discontinue systeem leidt tot grotere volumina van de bassins, worden de kosten van dit extra volume ruimschoots gecompenseerd door de afwezigheid van een slib/waterscheiding en een slib-retoursysteem zoals in een continu werkend systeem.

Door de geringere afmetingen zijn installaties met verkorte cyclustijd van 12 uren wat goedkoper dan installaties met een cyclustijd van 24 uren.

Hoewel installaties met cyclustijden van 12 uren in deze vorm nog niet gebouwd zijn en geen directe praktijkervaring beschikbaar is, worden risico's van slechte werking of problemen anderszins gering geacht.

Mede om onderstaande redenen werd uiteindelijk voor uitwerking van deze mogelijkheid gekozen:

- de ervaring leert dat in een ultra-laagbelast discontinu systeem enkele uren na een kortstondige overbelasting, door buffering van het actiefslib, het effluent weer aan zijn gebruikelijke eisen zal voldoen;
- dit proces is op kleine schaal getest en aangenomen wordt, dat de werking op praktijkschaal goed overeen zal komen met die op laboratoriumschaal;
- bij de oorspronkelijke pasveersloten werd het discontinu aflaten van effluent toegepast en werden bij lage slibbelastingen ook goede effluentkwaliteiten verkregen;
- de geringe afmetingen van de installaties.

Het gekozen type bassin is ook in grotere afmetingen beschikbaar, waarbij de prijs per m³ afneemt bij toenemende grootte; het is aan te nemen dat toepassing van het discontinue systeem ook bij rwzi's tot circa 2 à 3000 i.e. concurrerend zal zijn.

7 BESCHRIJVING VAN DE GESELECTEERDE INSTALLATIE

7.1 Pompput en vulleidingen

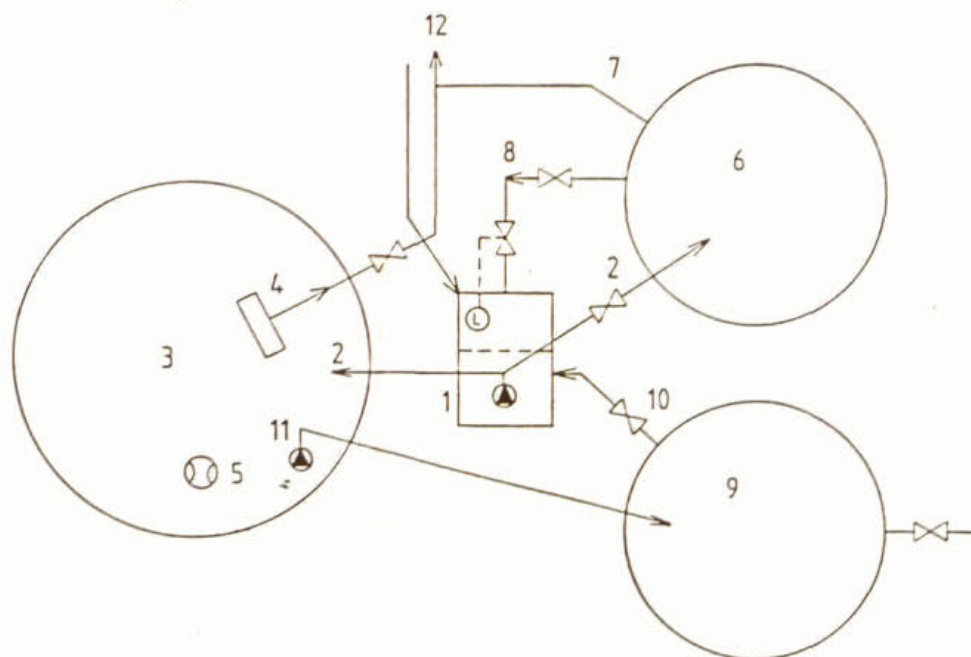
Het ruwe afvalwater wordt ontvangen in een pompput waarin een staafrooster is geplaatst met een vrije doorlaat van 15 à 20 mm, onder een hoek van circa 70°. Grof vuil zal door dit rooster worden tegengehouden; het kan met behulp van een hark met de hand worden verwijderd.

De put kan worden afgedekt met een lichtstalen of houten deksel, waarin doorvoeren voor leidingen en kabels zijn uitgespaard.

In de put wordt een centrifugaalpomp met teruggetrokken waaier geplaatst. Deze pomp wordt via een geleide-rail met de perszijde neergelaten tot voor de uitmonding van de pompleiding. De lichte pomp kan indien nodig met behulp van deze constructie zeer snel worden vervangen.

In verband met de aanzienlijk hogere kosten is afgezien van het opstellen van een tweede pomp met automatische overname bij uitvallen van de eerste. Aangenomen wordt dat één goede pomp als gevolg van elektrisch of mechanisch falen niet meer dan één maal per twee jaren uitvalt. Verder wordt verondersteld dat een dergelijke kleine pomp binnen een half etmaal na ontvangst van de storingsmelding vervangen kan zijn.

Om de kosten van leidingwerk en drukverliezen zo veel mogelijk te beperken kan de pomp het best centraal tussen de buffertank, de beluchtingsruimte en de slibtank geplaatst worden (zie figuur 9).



- | | |
|---|--|
| 1 pompput met grofgoedrooster en voedingspomp | 8 retourleiding naar pompput met vlotterklep |
| 2 toevoerleidingen | 9 slibbuffer |
| 3 beluchtingsbassin | 10 retourleiding water |
| 4 drijvende aflatvoorziening | 11 slibpomp + leiding |
| 5 straalbeluchter | 12 effluentafvoer |
| 6 buffertank | |
| 7 overstort | |

Figuur 9. Schematische opstelling van de discontinue aërobe installatie

De vorm van de pompput is voor een debiet van 40 m³/h bij voorkeur rechthoekig. Deze pompputten kunnen geprefabriceerd verkregen worden bij verschillende leveranciers van betonartikelen. Voor de kleinere afmetingen kan voordeliger een voor het doel aangepaste vertikaal geplaatste rioolbuis worden gebruikt; hierbij wordt het rooster vertikaal gezet.

Tegen aantasting van H₂S/H₂SO₄ kan men ter bescherming een coating of lining aanbrengen; uitvoering in kunststof verdient de voorkeur als corrosie-problemen worden gevreesd. Voor de kleinere afmetingen is polyester concurrerend.

Vanuit de pompput wordt het van grof goed ontdane water gepompt naar het beluchtingsbassin of naar de buffertank. De aftakking naar de buffertank ligt lager dan de rand van het beluchtingsbassin. Een T-stuk met een direct ertegen geplaatste motorbediende afsluiter maakt het mogelijk het water naar keuze in de buffertank of de beluchtingstank te laten lopen.

Indien om bepaalde redenen het water beneden een zeker vloeistofniveau moet uitstromen, dient op het hoogste punt in de leiding een gaatje te worden aangebracht voor hevelbreking. De afmetingen van de leidingen zijn zodanig gekozen dat nauwelijks stuwings optreedt.

In verband met het overwegend anaërobe karakter van het water wordt de pomp in gietijzer uitgevoerd en de leidingen in kunststof (het goedkoopst daarvoor is PVC). In verband met het eveneens kunnen leegpompen van de buffertank wordt de capaciteit van de pomp bij toepassing van gescheiden stelsels 30% hoger gekozen dan de maximale aanvoer.

7.2 Buffertank

In de buffertank wordt het water opgevangen tijdens de bezink- en aflatperiode in de cyclus. Indien overdekking van het anaërobe gedeelte van de installatie nodig is, kan dit gemakkelijk gerealiseerd worden met spanzeilen, die aan reeds aanwezige haken kunnen worden bevestigd. Het aanbrengen van een doorvoer door de folie en de wand is mogelijk zonder hoge kosten. De buffertank wordt uitgerust met een motorbediende klep, die direct tegen de tankwand is geplaatst, onder meer in verband met het voorkomen van vorstschade. Tijdens de beluchtingsperiode van de cyclus is deze klep geopend en wordt de doorstroming geregeld door een vlotter in de pompput, die een klep in de aflat opent en sluit. Tijdens de rustperiode zijn de motorbediende klep en het leidingstuk naar de pompput gesloten. De terugstroomvoorziening is zodanig gedimensioneerd dat de tank in circa 8 uur geleegd kan worden.

7.3 Beluchtingsbassin

Vanwege de lage bouwkosten wordt uitgegaan van ronde bassins in geprefabriceerde uitvoering met spanbanden of met inwendige naspanwapening door middel van kabels.

Hoewel energetisch wat minder aantrekkelijk dan bellenbeluchting met fijne bellen is op grond van de kosten en de geringere verstoppingsgevoeligheid gekozen voor een enkele straalbeluchter per bassin. De opgewekte turbulentie is voldoende om het slib in suspensie te brengen en te houden na de aflatperiode. Ten opzichte van beluchting met roots-blowers heeft de straalbeluchter het voordeel dat over een ruim gebied de zuurstofinbreng relatief weinig varieert met de indompeldiepte. Dit is met name van belang wanneer geen regenwater wordt aangevoerd en de installatie slechts gedeeltelijk met water gevuld is.

Het slib wordt periodiek afgepompt naar de slibbuffertank; dit dient te gebeuren aan het eind van een aflatperiode, wanneer de slibconcentratie het hoogst is. Het is aan te bevelen het slib in het midden aan te zuigen en de slibpomp te plaatsen nabij de rand van het bassin in verband met onderhoud en eventuele vervanging. Wanneer de beluchtingstank aanzienlijk hoger geplaatst is dan de slibbuffer kan op vrij verval afgevoerd worden. De pomp wordt hierbij vervangen door

een motorgestuurde klep, die evenals de slibpomp in het andere geval gestuurd wordt door een tijd klok.

Een aflatvoorziening in drijvende vorm wordt via een flexibele slang verbonden met een motorgestuurde klep direct tegen de tankwand.

Nadat enige tijd bezonken is, in de regel circa 45 minuten, kan het bovenstaande water worden afgelaten. Bij zorgvuldige keuze van de afmetingen is de slibuitspoeling zeer gering. De motorgestuurde klep is zodanig gekozen dat de afvoer bij verschillende vloeistofniveaus globaal in evenwicht is met de hoeveelheid helder water, die ontstaat bij de bezinking.

In enkele gevallen is niet gekozen voor de goedkoopste oplossing. Dit is veelal een lage beluchtingstank met een groot oppervlak, die om voldoende turbulentie te verkrijgen uitgerust zou moeten worden met een overgedimensioneerde, dus energetisch minder aantrekkelijke straalbeluchter.

Wanneer sprake is van een min of meer constante aanvoer (bijvoorbeeld bij dwa) is het in de praktijk mogelijk de beluchter door de tijd klok uit te laten schakelen om zo veel mogelijk gebruik te maken van de nitraatstikstof.

7.4 Slibbuffertank

Voor slibbuffertanks van 100 tot 200 m³ zijn goedkope geprefabriceerde mest-silo's goed geschikt. Zij worden doorgaans geleverd met een afvoersysteem in de bodem met een vorstvrije afsluiter in een kleine put en een aansluiting voor gierwagens. Om periodiek water af te kunnen laten op bijvoorbeeld drie niveaus kunnen aftapkranen aangebracht worden of een op verschillende hoogten aflatbare frieslandkist.

Door de slibpomp zodanig te programmeren dat één of enkele dagen voor een inspectiebezoek geen slib bijgepompt wordt, kan men tijdens een dergelijk bezoek de optimale hoeveelheid water af laten. Om zonder grote slibverliezen te kunnen werken is het gewenst de diameter/hogte-verhouding niet te laag te kiezen.

7.5 Elektrische installatie

De elektrische installatie bestaat uit de volgende onderdelen:

- programmeerbare klok voor het bedienen van de schakelaars
- hoofdschakelaar
- aansluiting en schakelaar voor de voedingspomp
- aansluiting en schakelaar voor de beluchter
- aansluiting en schakelaar voor de slibpomp
- aansluitingen en schakelaars voor de motorgestuurde kleppen
- aansluitingen en schakelaars voor verlichting
- reservegroepen van 8 en 2 kW voor bijvoorbeeld laswerkzaamheden of schoonmaakwerkzaamheden.

Het geheel kan in een buiten opgestelde waterdichte kast worden ondergebracht, waarbij ook enige ruimte gereserveerd dient te worden voor de schakelklok.

Er wordt vanuit gegaan dat 380 V laagspanning aan de terreingrens beschikbaar is.

7.6 Regeling en sturing

Naast de niveaubesturing van de pomp en de vlotterklep bij de buffertank verschaft een tijd klok met zes tot acht signaaluitgangen regel mogelijkheden voor de installatie. Voor een elektronische klok moet spanningsstabilisatie aanwezig zijn om ontregeling tegen te gaan.

Desgewenst kunnen meldingen verricht worden van storingen, zoals het uitvallen van de voedingspomp, het uitvallen van de beluchter, of het overschrijden van bepaalde niveaus. Eventueel kunnen die storingen dan ook telefonisch of radio-grafisch aan een centrale post gemeld worden. Deze mogelijkheden zijn echter niet in de begrotingen opgenomen.

7.7 Afmetingen

Een overzicht van afmetingen, vermogens e.d. behorend bij het discontinue zuiveringsysteem met cyclustijden van 12 uren voor installaties van 1000 i.e. en 500 i.e. is opgenomen in tabel 3.

Onderwerp	1000 i.e.		500 i.e.	
	DWA + RWA	DWA	DWA + RWA	DWA
Pompput:				
bruto volume onder toevoer (m ³)	1,5	0,8	0,8	0,4
verschil hoog-laag nivo (m ³)	0,7	0,4	0,4	0,2
pompcapaciteit (m ³ .h)	40	20	20	10
Min. leidingdiameter (mm)	70	50	50	40
Beluchtingsbassin:				
inhoud (m ³)	591	332	291	176
diameter (m)	12,4	11	8,7	8,0
hoogte (m)	4,9	3,5	4,9	3,5
diameter motorklep (mm)	120	80	80	60
beluchter (kW)	7,5	7,5	4	4
capaciteit slibpomp (m ³ /h)	10	10	5	5
Buffertank:				
volume (m ³)	140	50	70	25
diameter (m)	7,92	5,34	5,34	4,00
diepte (m)	3,38	2,54	3,38	2,54
Slibooslag:				
diameter (m)	9	9	8	8
hoogte (m)	3,50	3,50	2,20	2,20
Schakelkast (kW)	25	24	19	19

Tabel 3. Dimensies en vermogens van het discontinue zuiveringsysteem met cyclustijden van 12 uren, voor 500 en 1000 i.e.

CONCLUSIES

Een aantal in industriële zuiveringsinrichtingen toegepaste materialen, apparaten en bouwwijzen blijkt ook voor kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen gebruikt te kunnen worden. Ook al kon in de investeringskosten geen volledigheid worden betracht, kan toch gesteld worden dat dit voor een aantal zuiveringssystemen kan leiden tot rwzi's die een naar verhouding lage investering vergen.

De meest economische versie is het discontinue ultralaagbelaste actief-slib-systeem waarbij zuiveringscyclustijden van circa 12 uren worden toegepast en tijdens de bezink- en aflatperioden van de cyclus het afvalwater tijdelijk in een buffertank wordt opgeslagen.

Hoewel met cycli van 12 uren voor huishoudelijk afvalwater geen grootschalige praktijkervaring is opgedaan, wordt verwacht dat het systeem aan de in Nederland gebruikelijke effluenteisen kan voldoen.

In dit rapport zijn de verschillende mogelijke zuiveringssystemen slechts vergeleken voor capaciteiten van 500 - 1000 i.e.

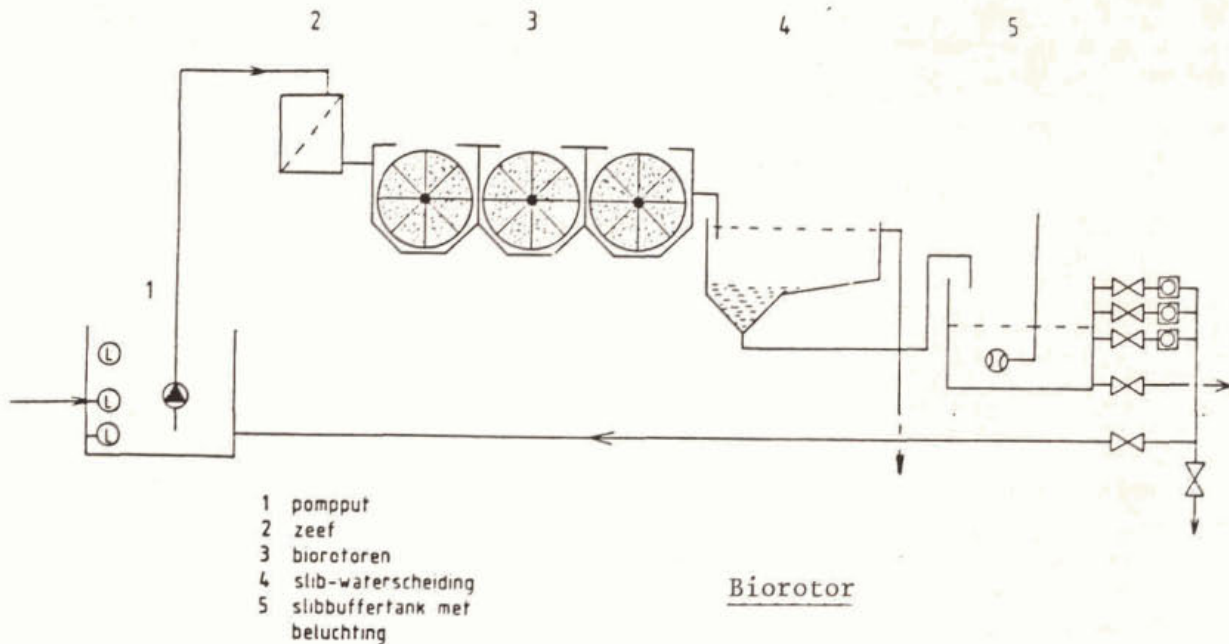
Verwacht wordt dat de discontinue systemen ook voor grotere capaciteiten, waarbij gedacht kan worden aan 2000 à 3000 i.e., tot de laagste investeringen zullen leiden.

9 LITERATUUR

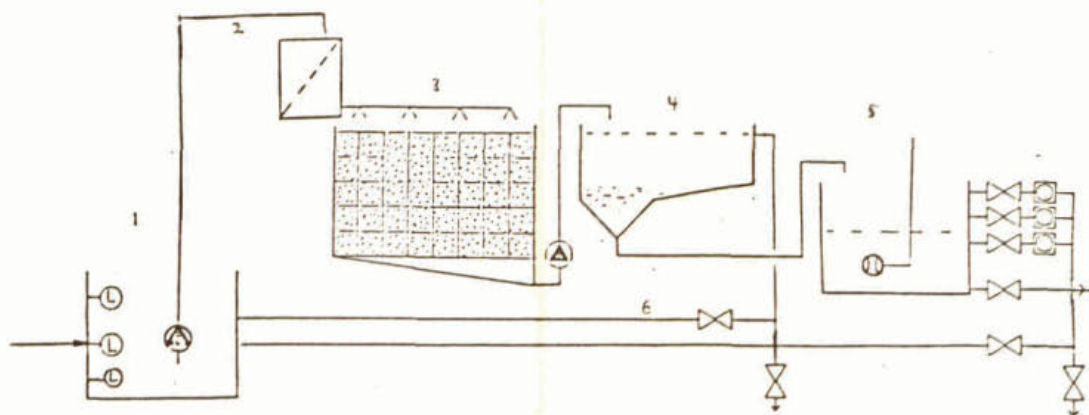
1. Kosten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen als functie van de effluenteisen. STORA, Den Haag, 1987.
2. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces; deel 1: Literatuur. STORA Rijswijk 1981.
3. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces; deel 2: Ronde nabezinktanks (ontwerpgegevens en bedrijfservaring). STORA Rijswijk 1981.
4. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces; deel 2: Ronde nabezinktanks (praktijkonderzoek). STORA Rijswijk 1981.
5. Merkel, W. Die Bemessung vertikal durchströmter Nachklärbecken von Belebungsanlagen. GWF-Wasser/Abwasser 115 (1974) H 6, 272-282.
6. Biorotoren. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater; rapport 85-14, 1984.

B I J L A G E

KOSTENRAMINGEN VAN ACHT UITVOERINGSVORMEN



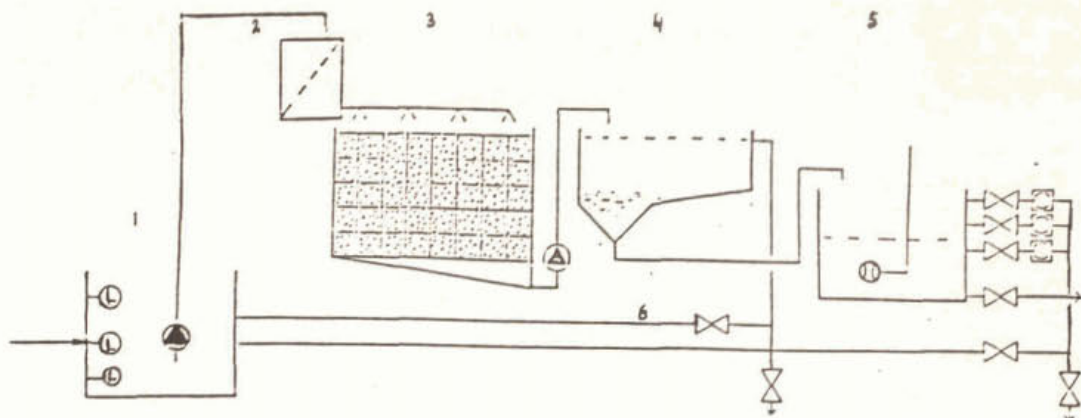
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig:				
dak	13.000	13.000	8.000	8.000
bak	18.000	18.000	10.000	10.000
Totaal bouwkundig	31.000	31.000	18.000	18.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
roterende zeef	25.000	15.000	15.000	15.000
rotoren compleet	100.000	100.000	65.000	65.000
filter	50.000	24.000	24.000	24.000
leidingwerk	10.000	7.000	7.000	6.000
elektro	5.000	5.000	5.000	5.000
meet- en regeltech.	4.000	4.000	4.000	4.000
montage	13.000	13.000	11.000	11.000
beluchting slibtank	3.000	3.000	2.000	2.000
Totaal mech. - elektr.	220.000	178.000	141.000	138.000
Totaal excl. slibbuffer	251.000	209.000	159.000	156.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	273.000	231.000	176.000	173.000
Heiwerk (8 - 10 m)	25.000	25.000	18.000	18.000



- 1 pompput
- 2 zeef
- 3 oxydatiebed
- 4 slib-waterscheiding
- 5 slibbuffertank met beluchting
- 6 waterrecirculatie

Oxydatiebed

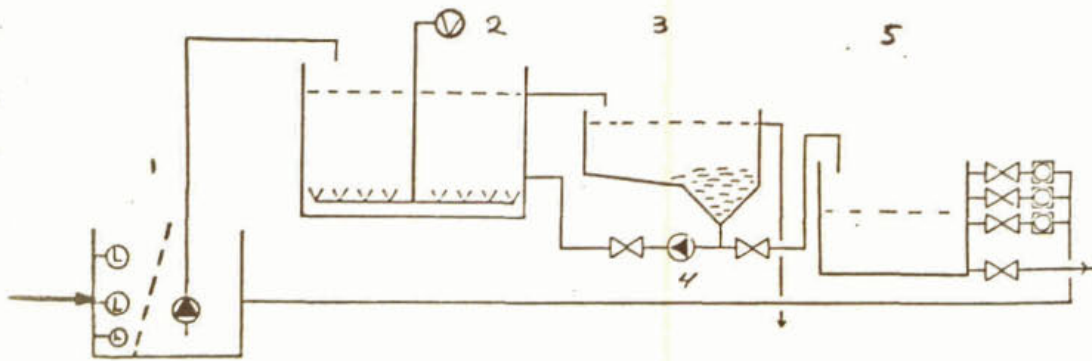
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig:				
vulling	52.000	52.000	36.000	36.000
omhulsel	18.000	18.000	12.000	12.000
Totaal bouwkundig	70.000	70.000	48.000	48.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
roterende zeef	30.000	20.000	20.000	20.000
verdeelsysteem	12.000	12.000	8.000	8.000
effluentpomp	3.000	2.000	2.000	2.000
nabezinker	48.000	20.000	25.000	15.000
leidingwerk	10.000	7.000	8.000	6.000
elektro	6.000	6.000	6.000	6.000
meet- en regeltech.	4.000	4.000	4.000	4.000
montage	10.000	8.000	8.000	7.000
beluchting slibtank	3.000	3.000	3.000	3.000
Totaal mech. - elektr.	136.000	89.0000	92.000	77.000
Totaal excl. slibbuffer	206.000	159.000	140.000	125.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	228.000	181.000	157.000	142.000
Heiwerk (8 - 10 m)	30.000	30.000	20.000	20.000



- 1 pompput
- 2 zeef
- 3 oxydatiebed
- 4 slib-waterscheiding
- 5 slibbuffertank met beluchting
- 6 waterrecirculatie

Percolatiefilter

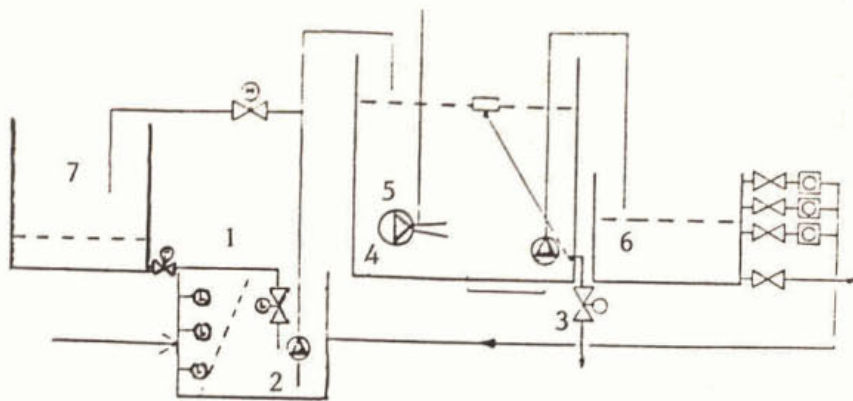
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig:				
pakkingmateriaal	45.000	45.000	24.000	24.000
ommanteling	14.000	14.000	10.000	10.000
frame	8.000	8.000	5.000	5.000
bak	6.000	6.000	4.000	4.000
Totaal bouwkundig	73.000	73.000	43.000	43.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
roterende zeef	30.000	20.000	20.000	15.000
verdeelsysteem	5.000	5.000	3.000	3.000
effluentpomp	3.000	2.000	2.000	2.000
nabezinker	48.000	20.000	25.000	15.000
leidingwerk	10.000	7.000	8.000	6.000
elektro	6.000	6.000	6.000	6.000
meet- en regeltech.	4.000	4.000	4.000	4.000
montage	10.000	8.000	8.000	7.000
beluchting slibtank	3.000	3.000	2.000	2.000
Totaal mech. - elektr.	129.000	82.000	86.000	66.000
Totaal excl. slibbuffer	202.000	155.000	129.000	109.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	224.000	177.000	146.000	126.000
Heiwerk (8 - 10 m)	25.000	25.000	18.000	18.000



- 1 pompput met grofgoedrooster
- 2 beluchtingsbassin met bellenbeluchting
- 3 nabezinker
- 4 slibretourpomp
- 5 slibbuffertank

Aëroob, continu

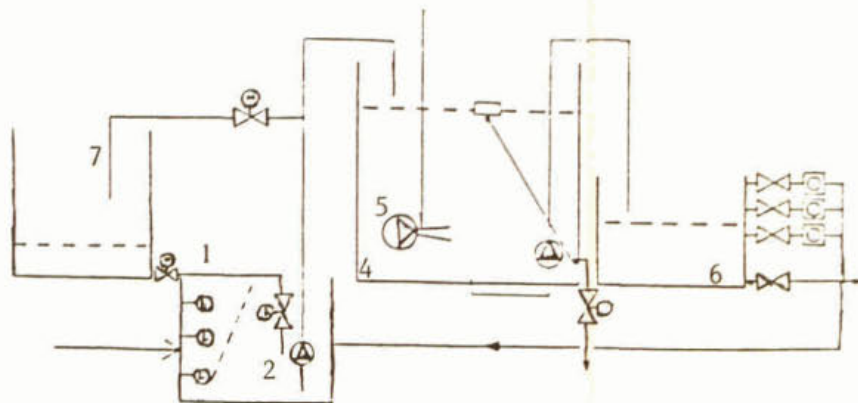
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig:				
bel. bassin	30.000	30.000	20.000	20.000
Totaal bouwkundig	30.000	30.000	20.000	20.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
blower + behuizing	10.000	9.000	7.000	7.000
luchtleidingen	6.000	5.000	3.000	3.000
beluchtingselementen	4.000	3.000	2.000	2.000
nabezinker	65.000	35.000	45.000	25.000
leidingwerk	13.000	11.000	10.000	8.000
elektro	6.000	6.000	5.000	5.000
meet- en regeltech.	8.000	8.000	8.000	8.000
montage	10.000	8.000	8.000	7.000
slib retourpomp	5.000	4.000	4.000	3.000
Totaal mech. - elektr.	137.000	96.000	100.000	74.000
Totaal excl. slibbuffer	167.000	126.000	120.000	94.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	189.000	148.000	137.000	111.000
Heiwerk 8 - 10 m	35.000	30.000	30.000	27.000



- 1 pompput met grofgoedrooster
- 2 voedingpomp
- 3 aflaatvoorziening met motorbediende afsluiter
- 4 beluchtingsbassin
- 5 beluchter
- 6 slibbuffer
- 7 buffertank

Aëroob, discontinu met buffertank
en één cyclus per dag

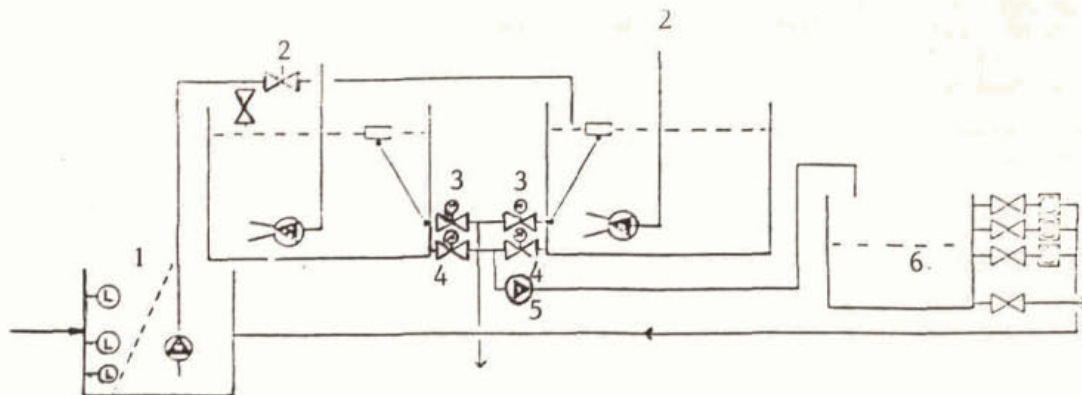
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig:				
bel. bassin	46.000	38.000	30.000	25.000
buffertank	16.000	10.000	12.000	8.000
Totaal bouwkundig	62.000	48.000	42.000	33.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
motor bediende afsl.	5.000	4.000	4.000	3.000
slibpomp	5.000	5.000	4.000	3.000
beluchter	20.000	20.000	12.000	12.000
leidingwerk	6.000	4.000	4.000	4.000
elektro	5.000	5.000	5.000	5.000
meet- en regeltech.	9.000	7.000	7.000	10.000
montage	10.000	8.000	8.000	7.000
Totaal mech. - elektr.	72.000	64.000	56.000	51.000
Totaal excl. slibbuffer	134.000	112.000	98.000	84.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	156.000	134.000	115.000	101.000
Heiwerk (8 - 10 m)	38.000	33.000	26.000	24.000



- 1 pompput met grofgoedrooster
- 2 voedingpomp
- 3 aflaatvoorziening met motorbediende afsluiter
- 4 beluchtingsbassin
- 5 beluchter
- 6 slibbuffer
- 7 buffertank

Aëroob, discontinu met buffertank
en twee cycli per dag

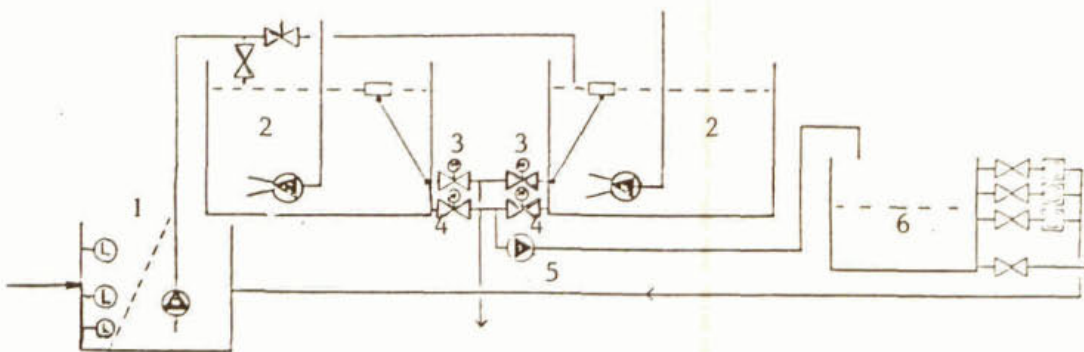
	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig: bel. bassin buffertank	35.000 10.000	30.000 8.000	24.000 9.000	22.000 7.000
Totaal bouwkundig	45.000	38.000	33.000	29.000
Mechanisch - elektrisch: pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
motor bediende afsl.	5.000	4.000	4.000	3.000
slibpomp	5.000	5.000	4.000	4.000
beluchter	20.000	20.000	12.000	12.000
leidingwerk	7.000	5.000	5.000	4.000
elektro	5.000	5.000	5.000	5.000
meet- en regeltech.	10.000	10.000	10.000	10.000
montage	10.000	8.000	8.000	7.000
Totaal mech. - elektr.	70.000	62.000	54.000	50.000
Totaal excl. slibbuffer	115.000	100.000	87.000	79.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	137.000	122.000	104.000	96.000
Heiwerk 8 - 10 m	35.000	31.000	24.000	22.000



- 1 pompput met grofgoedrooster
- 2 beluchtingsbassin
- 3 effluentaflaatvoorziening met motorbediende klep
- 4 slibaflaatklep - motorbediend
- 5 slibpomp
- 6 slibbuffer met wateraflaatvoorziening

Aëroob discontinu met twee bassins
en één cyclus per dag

	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig: bel. bassin	56.000	46.000	38.000	31.000
Totaal bouwkundig	56.000	46.000	38.000	31.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
motor bediende afsl.	9.000	7.000	6.000	5.000
slibpomp	5.000	5.000	4.000	4.000
beluchter	26.000	26.000	16.000	16.000
leidingwerk	15.000	13.000	11.000	10.000
elektro	6.000	6.000	6.000	6.000
meet- en regeltech.	12.000	12.000	12.000	12.000
montage	14.000	12.000	12.000	10.000
Totaal mech. - elektr.	97.000	88.000	75.000	69.000
Totaal excl. slibbuffer	153.000	134.000	113.000	100.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	175.000	156.000	130.000	117.000
Heiwerk 8 - 10 m	45.000	39.000	32.000	27.000



- 1 pompput met grofgoedrooster
- 2 beluchtingsbassin
- 3 effluentaflaatvoorziening met motorbediende klep
- 4 slibaflaatklep - motorbediend
- 5 slibpomp
- 6 slibbuffer met wateraflaatvoorziening

Aëroob discontinu met twee bassins
en twee cycli per dag

	1000 v.e.		500 v.e.	
	400 m ³ /dag	150 m ³ /dag	200 m ³ /dag	75 m ³ /dag
Bouwkundig: bel. bassin	46.000	38.000	29.000	26.000
Totaal bouwkundig	46.000	38.000	29.000	26.000
Mechanisch - elektrisch:				
pompput (compleet)	10.000	7.000	8.000	6.000
motor bediende afsl.	8.000	7.000	6.000	6.000
slibpomp	5.000	5.000	4.000	4.000
beluchter	26.000	26.000	16.000	16.000
leidingwerk	13.000	11.000	10.000	9.000
elektro	6.000	6.000	6.000	6.000
meet- en regeltech.	12.000	12.000	12.000	12.000
montage	13.000	11.000	11.000	9.000
Totaal mech. - elektr.	93.000	85.000	73.000	68.000
Totaal excl. slibbuffer	139.000	123.000	102.000	94.000
Slibbuffer	22.000	22.000	17.000	17.000
Totaal	161.000	145.000	119.000	111.000
Heiwerk 8 - 10 m	45.000	35.000	28.000	24.000