IR. S. DE HAAN, IR. R. KARPER, IR. H. M. J. SCHELTINGA, IR. J. VAN SELM, IR. T. TEEUWEN, DRS. J. VERHAAGEN

Methoden van slibverwerking*)

In de 10 jaar van haar bestaan heeft de slibcommissie bij het bestuderen van de vakliteratuur alsmede door bezoeken aan rioolwaterzuiveringsinrichtingen in binnen- en buitenland [1, 2, 3] kennis kunnen nemen van verschillende soorten zuiveringsslib en de daarmede samengaande problematiek. Door het instellen van enquêtes [4, 5, 6] is bovendien enig inzicht verworven in de situatie daaromtrent hier te lande.
Met dit artikel wil de slibcommissie pogen een leidraad samen te stellen, die wellicht behulpzaam kan zijn bij het bepalen van de richting waarin de oplossing voor een bepaald slibverwerkings-vraagstuk gezocht moet worden. Hiertoe zal in een aantal hoofdstukken de volgende materie worden behandeld:

1. Huidige situatie (enquête 1970).
2. Trend in de ontwikkeling.
3. Keuze bepalende factoren.
4. Behandelingsmethoden voor slib: a. kleine installaties; b. middelgrote en grote installaties.
5. Landbouwkundige verwerking.
6. Eisen te stellen aan zuiveringsslib bij landbouwkundig gebruik.
7. Stortmogelijkheden.
8. Verbranding al of niet met huisvuil.

1. Huidige situatie

Een inzicht in de huidige problematiek bij de slibverwerking verschaft de slibenquête, die in 1970 gehouden werd. De onderscheidene waterzuiveringsinrichtingen werden voor verwerking van het verkregen cijfermateriaal in vier groepen onderverdeeld, te weten:

kleine inrichtingen tot 5.000 i.e.;

middelgrote inrichtingen van 5.000 - 25.000 i.e.;

grote inirchtingen van 25.000-100.000 i.e.;

zeer grote inrichtingen met meer dan 100.000 i.e.

De stand van zaken zou voor 1970 als volgt kunnen worden samengevat:

a. *De slibproduktie en de slibafvoer.*

De per i.e. geproduceerde hoeveelheid gestabiliseerd slib varieert, naar gelang van het toegepaste zuiveringsproces.
Globaal genomen produceerden mechanische zuiveringsinstallaties 16 g, continu filterinstallaties 27 g en actiefslibinrichtingen 33 g slib/i.e. d. (Volgens Imhoff bedragen deze waarden resp. 34, 45 en 54 g/i.e. d.). De slibvolumina waren resp. 0,25, 0,40 en 0,70 l/i.e. d; bij oxydatiesloten ontstond 0,80 l/i.e. d. aan slib. De slibafvoer bedroeg, betrokken op een inwonerekwivalentie van ruim 8.000.000, 325.000 m^3 steekvast slib en 475.000 m^3 vloeibaar slib.
Uit de enquête blijkt dat de hoeveelheid slib, gesommeerd over de kleine en middelgrote inrichtingen (tot 25.000 i.e.), van weinig belang was t.o.v. de totale produktie.

b. *De bestemming van het slib*

Het slib van de kleine en middelgrote inrichtingen wordt grotendeels afgezet in de agrarische sector en in plantsoenen en sportvelden.
steekvast materiaal (54 %) gedumpt. Voor het vloeibare slib schijnt een nuttiger bestemming mogelijk, getuige het geringe percentage gedumpt materiaal (18 %), hoewel als reden voor dit geringe percentage ook en wellicht met meer recht de moeilijkheid zo niet onmogelijkheid tot dumpen van vloeibaar slib is aan te voeren.

Ook de zeer grote inrichtingen voeren relatief weinig vloeibaar materiaal naar een stortplaats af (6 %). Bij enkele weet men het slib een nuttige bestemming te geven, als bestanddeel van stadsvuilcompost. Voor zover is na te gaan wordt slib, dat via tussenhandelaars verdwijnt, afgezet op sportvelden en plantsoenen en benut bij de compostbereiding.
Samengevat kan voor de bestemming Bij de grote inrichtingen wordt veel van het slib globaal de volgende onderverdeling worden gegeven:

a. gedumpt	36 %
b. plantsoenen en sportvelden	11 %
c. direct in de landbouw	15 %
d. tussenhandel	32 %
e. stadsvuilcompost	6 %

c. *De kosten.*

In het algemeen kan worden gesteld dat het inzicht in de kosten van de slibafzet vrij gering is.
De hoogte ervan lijkt niet bepaald te worden door de grootte der inrichting, doch meer door plaatselijke mogelijkheden. Afzetmoeilijkheden treden vooral op bij grote inrichtingen.

d. *Bemestingservaringen.*

Het slib blijkt over het algemeen goed bruikbaar als meststof, c.q. middel ter verbetering van de bodem.

e. *Oppervlakte van droogbedden.*

Voor zover gebruik gemaakt wordt van droogbedden (en dit is merendeels het geval), blijkt uit de enquêtegegevens dat de bedden in oppervlakte toenemen in de volgorde: mechanische zuivering, oxydatiebedden, actiefslibinrichtingen, oxydatiesloten.

2. Trend in de ontwikkeling

a. *De slibproduktie*

Bij vergelijking van de enquêtegegevens uit 1959, 1965 en 1970 blijkt, dat de slibproduktie over de jaren is toegenomen. In 1959 werd het afvalwater van 2.200.000 i.e. behandeld; daarbij ontstond een hoeveelheid slib van 64.000 m^3 steekvast materiaal. In 1965 werden 4.900.000 i.e. gezuiverd; de slibproduktie was nu 155.000 m^3. In 1970 werd het afvalwater van 8.200.000 i.e. behandeld, waarbij een slibmassa van 420.000 m^3 steekvast materiaal werd gevormd. Dit zou op een 6-voudige toename in 10 jaar wijzen. De oorzaak hiervan zou kunnen zijn een toenemend verbruik aan consumptiegoederen met als gevolg een toenemende hoeveelheid afval (lees slib) per inwoner, analoog aan wat bij de huisvuilverwerking geconstateerd wordt. Het zou ook kunnen dat de toegenomen neiging om het slib bij de grote inrichtingen (in totaal 4) in verse toestand te ontwateren en bij de kleinere inrichtingen aëroob te stabiliseren hier debet aan is.

b. *De bestemming van het slib*

In het algemeen kan men waarnemen, dat de tussenhandelaar een wat geringere rol bij de slibafzet gaat spelen. De afvoer van vloeibaar slib naar de landbouw is relatief aan het toenemen. Dit geldt eveneens voor het gebruik bij plantsoen- en sportveldenverbetering. Thans wordt nog een zekere hoeveelheid

*) Mededeling no. 11 van de Slibcommissie NVA. Een belangrijk deel van de inhoud is ter sprake geweest op de najaarsvergadering NVA, Amsterdam, oktober 1972.

slib bij stadsvuilcompostbereiding verwerkt. Het ziet er echter niet naar uit, dat in de toekomst meer slib op deze wijze verwerkt zal worden. De stadsvuilcompostbereiding gaat immers een moeilijke toekomst tegemoet, zoals blijkt uit het grote aantal sluitingen van de kleine stadsvuilcompostbedrijven. De compostbereiding door menging van slib met andere grondsoorten blijft zijn bestaansrecht houden.

c. *Bemestingservaringen*

Verwacht wordt, dat de bemestingswaarde van zuiveringsslib in de toekomst niet veel wijziging zal ondergaan. Wil de met slib als meststof opgedane ervaring ook in de toekomst gunstig blijven dan zal elk afvalwaterslib, dat in de agrarische sector wordt gebruikt, vooraf zowel chemisch analytisch-pathologisch als door middel van potproeven onderzocht behoren te worden. (In hoofstuk 6 wordt hier nader op ingegaan). In het weideseizoen zal tot pasteurisatie van slib moeten worden overgegaan. Bij de afzet van zuiveringsslib in landbouw en veeteelt zal men in toenemende mate concurrentie ondervinden van dierlijke mest, waaraan plaatselijk grote overschotten zijn ontstaan.

d. *Slibontwatering*

Bij het overgrote deel der inrichtingen wordt nog steeds gebruik gemaakt van droogbedden voor ontwatering van het slib. Mechanische ruiming in welke vorm dan ook, neemt hierbij toe. In het bijzonder bij de grote inrichtingen zal men steeds meer gedwongen zijn over te gaan op een kunstmatige vorm van ontwatering, wegens gebrek aan ruimte enerzijds en doordat anderzijds ruiming en onderhoud van de bedden uit kostenoogpunt minder aantrekkelijk worden. De laatste jaren zijn zeer veel methoden gepropageerd om zuiveringsslib kunstmatig te ontwateren. In een recent verleden is hiervan meermalen een overzicht gegeven. Afb. 1 geeft een globaal overzicht van de meest gebruikelijke slibverwerkingsmethoden.
Uit van het RIZA verkregen gegevens voor de jaren 1971 t/m 1974 is een belangrijke verschuiving ten gunste van de kunstmatige slibontwateringsmethoden te constateren. Een en ander moge uit de volgende staat die betrekking heeft op de slibverwerking van 5.133.000 i.e. blijken:

	% van totaal i.e.
droogbedden	34
vloeibare afvoer	14
zeefbandpers	16
therm. cond., filtr.	22
chem. cond., centrif.	4
chem. cond., filtr.	17
chem. cond., filtr. verbr. + huisvuil + kunstm. droging	4
	3

Hierbij is echter aan te tekenen dat een klein aantal zeer grote inrichtingen met kunstmatige slibontwatering een stempel op de hier gegeven verhouding drukt.
Een universeel toepasbare methodiek bestaat thans nog niet en het ziet er niet naar uit dat deze er ooit zal komen. De reden is, dat elke werkwijze zijn specifieke problemen kent, die van plaats tot plaats verschillend zwaar wegen. Welke deze zijn en welke factoren verder de keuze van slibontwatering bepalen zal in het navolgende nader worden aangegeven.

3. Keuze bepalende factoren

a. *Milieuhygiënische aspecten*

Zuiveringsslib, zowel in verse toestand

Samenvatting

1. Was voorheen de natuurlijke ontwatering van slib op droogvelden algemeen gebruikelijk, thans is de ontwikkeling gaande in de richting van de ontwatering met behulp van mechanische middelen.
Een aantal van groot belang zijnde factoren die de keuze moeten bepalen is besproken.
Bedrijfszekerheid van het systeem is een van de belangrijkste, zo niet de allerbelangrijkste keuzebepalende factor.
Een algemeen patroon, aan de hand waarvan voor ieder geval de juiste keuze van het systeem van slibverwerking kan worden bepaald, is nauwelijks te geven.

2. De afzet van het in meer of mindere mate ontwaterde slib kan zijn enerzijds landbouwkundige toepassing, anderzijds storten of verbranden.
Landbouwkundige toepassing van slib, in het bijzonder van vloeibaar slib, heeft bepaalde voordelen.

a. een direct hergebruik van organische stof;
b. de goedkoopte van het systeem;
c. de flexibiliteit bij voldoende actieradius.

Als beperking moet worden aangemerkt het veterinair hygiënisch bezwaar bij toepassing op weidegrond en het milieuhygiënisch bezwaar in verband met het voorkomen van soms vrij hoge gehalten aan zware metalen in het slib. Door pasteurisatie is aan het eerst genoemde bezwaar tegemoet te komen. Voorts kunnen zich afzetproblemen voordoen in verband met de eigen organische mestproduktie van de landbouw (varkensmesterijen e.d.). Landelijk gezien is dit laatste nog geen probleem, regionaal in concentratiegebieden van bio-industrie echter wel.

3. Met betrekking tot het storten al of niet in combinatie met vasthuisvuil kan worden vastgesteld, dat nog onvoldoende bekend is welke eisen, ten aanzien van het droge stofgehalte van het slib is te stellen met het oog op een goede verwerkbaarheid op de stort.

4. Slibverbranding zal in het algemeen nog weinig toepassing vinden vanwege de hieraan verbonden hoge kosten mede als gevolg van de milieuhygiënische eisen die aan de verbrandingsinstallatie zijn te stellen.

Aanbevelingen

1. Een evaluatie van diverse in ons land toegepaste systemen van slibverwerking is nodig. In een dergelijk onderzoek zouden moeten worden betrokken aspecten van bedrijfszekerheid, kosten en milieuhygiëne.
De indruk bestaat dat in een aantal gevallen de keuze teveel stoelt op onvoldoende onderzochte, vaag geformuleerde argumenten. Als voorbeelden zijn te noemen:

a. slibafvoer naar de landbouw kan in deze streek niet;
b. grote zuiveringsinstallatie en *dus* verbranding;
c. dumpen van slib geeft bodemverontreiniging;
d. een veel toegepaste apparatuur zal het ook in dit geval wel goed doen.

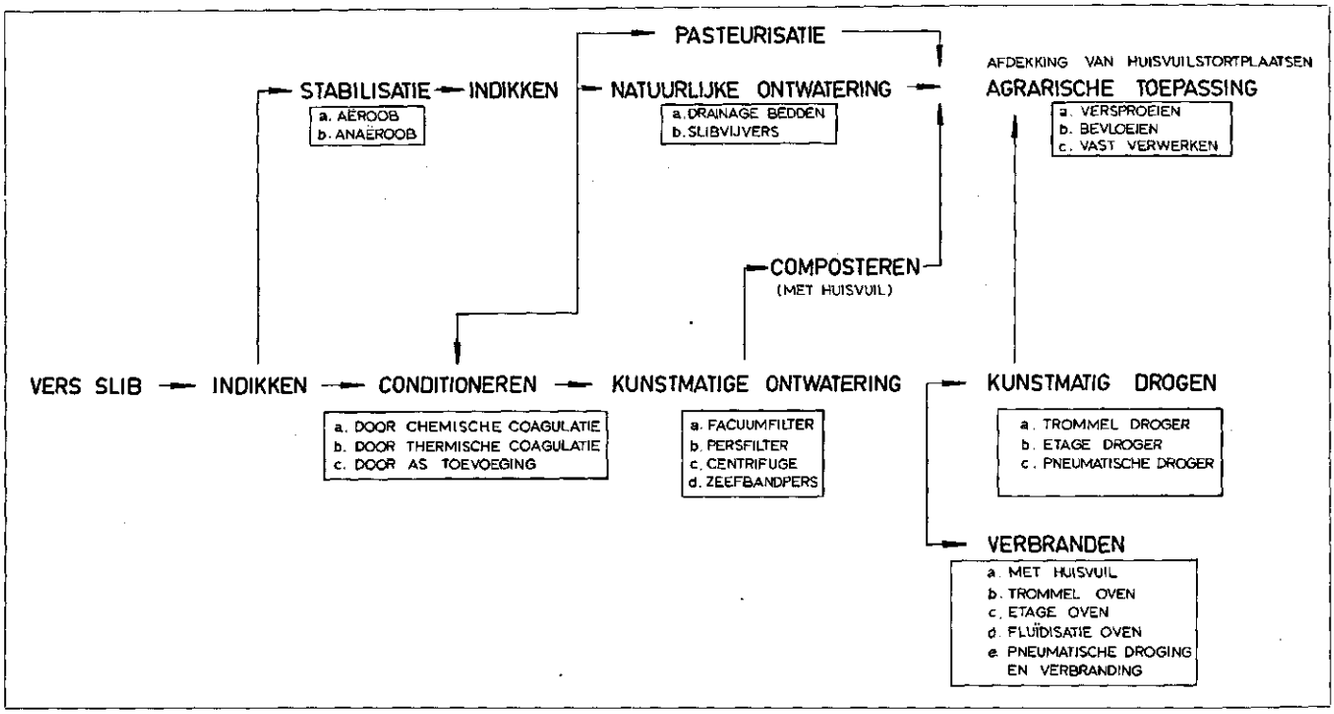
2. De definitieve keuze van een mechanisch of thermisch slibontwaterings- c.q. verwerkingssysteem kan in een aantal gevallen met voordeel worden uitgesteld, door voorlopige landbouwkundige verwerking.

3. Een deugdelijke controle op onjuist, bijvoorbeeld overmatig slibgebruik, moet door de slibproducenten worden uitgeoefend. Dit geldt met name wanneer voor de afvoer particuliere transportondernemingen worden ingeschakeld.

4. De alom gepropageerde concentratie van afvalwaterzuiveringsinstallaties beperkt tegelijkertijd de afzetmogelijkheden van slib tengevolge van vermindering van het aantal produktieplaatsen.
Decentralisatie is alleen al hierom niet per definitie altijd minder economisch of minder bedrijfszeker.

5. In de opleidingscursus „Techniek Afvalwaterzuivering" van de NVA zou meer aandacht moeten worden besteed aan de instructie van klaarmeesters ten aanzien van de toepassing van slib in de landbouw.

6. Snelle uitvoering van de proevenserie die door de Stichting Verwijdering Afvalstoffen wordt voorbereid met betrekking tot de gecombineerde verwerking van slib en vastafval wordt noodzakelijk geacht.



Afb. 1 - Globaal overzicht van de meest gebruikelijke slibverwerkingsmethoden.

als na uitgisting en natuurlijke droging, blijft een infectieus materiaal voor mens en dier. De eisen die op grond hiervan aan het slib moeten worden gesteld, zullen in vele gevallen de uiteindelijke keuze van de slibverwerkingsmethode sterk beïnvloeden. De voornaamste factor is wel het mogelijke contact dat mens en dier met slib kunnen hebben. Is deze kans groot dan verdienen thermische behandelingsmethoden, waaronder pasteuriseren, de voorkeur boven chemische of mechanische methoden. Bij chemische behandeling bestaat dan overigens nog de mogelijkheid om een vrij vergaande desinfectie van het slib te verkrijgen door sterke verhoging van de pH [23]. Een werkruimte waarin vers slib met kalk wordt geconditioneerd dient goed geventileerd te worden en het filtratieproces moet afgesloten van de omgeving worden uitgevoerd.

Thermische behandeling van slib dient gepaard te gaan met desodorisatie van de afgassen. Ook bij verbranding van slib, in het bijzonder bij gebruik van etageoven, moet op dit aspect worden gelet.

b. *Economische factoren*

Na de milieuhygiëne speelt uiteraard ook de economie een rol. Hierbij moet groot gewicht worden toegekend aan de bedrijfszekerheid van de te kiezen oplossing. Mechanisch gecompliceerde installaties kunnen op vele punten falen en vragen extra reservecapaciteit in die gevallen waarin geen uitwijkmogelijkheden bestaan om de dagelijkse slibstroom weg te werken.

Bij de kunstmatige slibontwatering zal een bepaalde volgorde in behandelingswijzen moeten worden toegepast om het doel, concentreren van het sib, op de meest efficiënte wijze te bereiken.
Voor de waterafscheiding is energie nodig; de grootte hiervan hangt af van de bindingskrachten tussen het water en de vaste deeltjes. Deze bindingskrachten worden weer bepaald door de toestand waarin het water in het slib voorkomt. In uitgegist slib met 95 % water komt ± 70 % van het water voor als gemakkelijk afscheidbaar vrij water; het aandeel aan capillair en adhesiewater is ± 22 % en aan hydraat water ongeveer 8 %. Het ligt dus voor de hand om bij de waterafscheiding in beginsel die methode toe te passen die energetisch het minst kostbaar is. Voor indikking van slib moet een arbeid verricht worden van 10^{-3} tot 10^{-2} kWh/m³ af te scheiden water, voor filtratie of centrifugeren van 10^{0} tot 10^{1} kWh/m³ en tenslotte kost 1 m³ te verdampen water aan thermische energie ongeveer 10^{3} kWh. Louter energetisch gezien, zal thermische ontwatering dus altijd dienen te volgen op indikken en filtreren c.q. centrifugeren van het slib. Dit betekent wel een veelheid aan apparatuur. Toch is dit volgens een berekening van Fischer in de normale praktijk het voordeligst. Alleen in bijzondere omstandigheden kan een ééntraps inrichting meer economisch zijn.

c. *Ligging van het bedrijf*

Zowel locaal als regionaal wordt de keuze van de methode van slibverwerking mede bepaald door de ligging van het bedrijf. In locale zin kan de beschikbare terreinoppervlakte keuze bepalend zijn voor de aanleg van slibdroogbedden. Maar ook de aard van de belendende bebouwing kan bepaalde slibbehandelingen ongewenst maken. In regionale zin speelt de ligging voor de afzet van het slib een belangrijke rol. Nabijheid van een agrarisch gebied met gemengde landbouwbedrijven op lichte grond biedt voor vloeibare slibafzet aan de landbouw perspectieven. Wanneer in dergelijke gebieden echter bioindustrie aanwezig is, zal dit feit de toepasbaarheid van deze slibverwerkingsmethode negatief beïnvloeden. Het is duidelijk, dat in mestoverschotgebieden afzet van zuiveringsslib in de landbouw moeilijk zal zijn.
In een (zeer) dicht bebouwde regio zal er aanleiding zijn om in het algemeen een vergaande volumevermindering van het slib, middels ontwatering, droging of verbranding na te streven. Dit in verband met verafgelegen dump- of afzetmogelijkheden. De ligging van de zuiveringsinrichting kan soms zodanig worden gekozen dat combinatie met bijvoorbeeld een huisvuilverbrandingsinstallatie dan aantrekkelijk wordt.

d. *Omvang van slibproductie*

Nog afgezien van de investeringskosten is een kunstmatige slibontwatering door zijn gecompliceerdheid niet goed denkbaar bij de *kleine* zuiveringsinstallatie.
Anderzijds zullen zeer grote bedrijven momenteel niet gemakkelijk meer worden uitgerust met een complete set slibdroogbedden.

e. *Aard van het slib*

Normaal huishoudelijk slib beïnvloedt de systeemkeuze niet. Wel is dit het geval, wanneer door een groot aandeel industrieel slib, het mengsel duidelijk andere eigenschappen gaat krijgen. Een hoog gehalte aan anorganische stof maakt bijvoorbeeld gisting vooral niet aantrekkelijk. Mogelijk vóórkomen van gistingsremmende bestanddelen heeft

hetzelfde effect, al geldt dit ook maar voor calamiteitssituaties. Een lozingsverbod voor dit soort bestanddelen heft een dergelijk risico dat langdurige gevolgen kan hebben, niet op. Slib, dat tengevolge van zijn samenstelling niet geschikt is voor landbouwkundige verwerking, zal als vast vuil moeten worden beschouwd. Het zal dan, conform de regelingen van de Wet op de Bodemverontreiniging, moeten worden verwijderd.
De toegelaten methoden zullen in dit geval wel zijn: verbranding en storten onder gecontroleerde omstandigheden.

4. Behandelingsmethoden voor slib

In afwijking van de eerder vermelde, bij de verwerking van de enquêtegegevens gebruikte onderverdeling van de zuiveringsinrichtingen, wordt hierbij uitgegaan van een klasse-indeling op basis van de jaarlijkse silbproduktie.

a. *Kleine installaties*

Uitgaande van een slibproduktie in de orde van grootte van 100 ton droge-stof per jaar maximaal, zijn dit bij een droge stofproduktie van 33 gram per inwoner en dag, installaties tot ca. 10.000 inwoners. In geval van industriële zuivering kan deze waarde wat verschuiven maar hetzij grotere getallen i.e.'s (bijvoorbeeld zuivelafvalwater), hetzij lagere (bijvoorbeeld bij industrieën met aardappelverwerking) dan overkomt met huishoudelijke installaties.
In de vorm van vloeibaar slib betekent dit, afhankelijk van het door statische indikking te bereiken droge-stofgehalte (2 - 3 %) een jaarlijkse volume van maximaal drie à vijfduizend kubieke meter.
Afzonderlijke slibbehandeling in de vorm van slibgisting wordt in de huidige installaties van deze omvang nauwelijks meer toegepast. Noch de bouw van Imhofftanks of clarigesters, noch de bouw van aparte gistingstanks is meer gebruikelijk. Vrijwel steeds kiest men voor een of andere vorm van „extended aeration", waarmede tevens het slibstabiliseringsproces is bepaald. Het surplusslib wordt meestal op droogbedden (3 i.e. per m^2) op natuurlijke wijze ontwaterd, soms na enige statische indikking. De droogbedden worden handgeruimd soms met een eenvoudige vorm van mechanisatie.
In enkele gevallen (gebied Regge en Dinkel alsmede alle installaties bij zuivelfabrieken) wordt het surplusslib in natte toestand afgevoerd naar de landbouw. Op de installatie zijn alleen slibdroogbedden aanwezig voor perioden met gestremde afvoer. Het is de vraag welke van beide systemen de voorkeur verdient.
De voordelen van droging t.o.v. nat transport zijn:

1. Bij voldoende oppervlak aan droogbedden, meestal een stortingsvrij bedrijf.
2. Gedeeltelijke eliminatie van pathogene kiemen bij vergaande droging.

Als nadelen zijn te noemen:

1. De hoge investeringen voor slibdroogbedden c.a. (*f* 50,—/m^2 of per 3 inwoners).
2. De kostbare ruiming (half gemechaniseerd) met de hand (5 m^3 steekvast/man dag).
3. De extra kosten voor onderhoud als onkruidbestrijding, zandaanvulling.
4. De moeilijke verwerkbaarheid van het slib, tenzij het volledig is doorgevroren.

De voordelen van afvoer van nat slib zijn:

1. Kleinere investering; alleen voor extra indiktank.
2. Goedkoop (*f* 2,— à *f* 3,— per m^3).
3. Ruimtebesparend.

Nadelig zijn de volgende factoren:

1. Het infectierisico bij bemesting van grasland in het weideseizoen en het gevaar voor contaminatie van de grond en het gewas met zware metalen.
2. De afhankelijkheid van derden, tenzij de afvoer contractueel is geregeld.

De ideale toestand voor de slibverwerking van een kleine „extended aeration" installatie lijkt die, waarbij op basis van een leverings/afname-contract vloeibaar slib naar de landbouw, bij voorkeur akkerbouw, kan worden afgezet.
Uitgaande van een jaarlijkse dosering van 100 m^3/ha is per 1000 m^3 slibproduktie 20 ha cultuurgrond nodig.
Naar gelang de behoefte van de afnemers, zal in buffercapaciteit voor slib moeten worden voorzien.
Zijn gistingstanks aanwezig dan bieden deze daartoe reeds een mogelijkheid. Hetzelfde geldt tot zekere hoogte voor het beluchtingsbassin in „extended aeration" processen.
Hier kan door een tijdelijke verhoging van het droge-stofgehalte van het slibwatermengsel een grote hoeveelheid slib worden gebufferd. Deze mogelijkheid wordt beperkt door het gevaar van slibafvoer via het effluent.
De omvang van de totaal te scheppen buffercapaciteit is voornamelijk afhankelijk van het voor bemesting beschikbare areaal cultuurgrond en van de gebruikswijze van de grond.
Staat alleen akkerbouw ter beschikking, wat uit hygiënische overweging ideaal is, dan staat bij voorbaat vast dat er maar beperkte perioden in de loop van een jaar zijn waarop slib kan worden afgevoerd.
In dat geval zal de noodzaak van zeer lange bufferperioden het systeem onaantrekkelijk maken.
Toepassing op grasland kan, mits tijdens het weideseizoen de nodige voorzorgen in acht worden genomen, het gehele jaar door plaatsvinden. Het is de vraag of de kosten van een eenvoudige, bij voorkeur mobiele installatie ter pasteurisering van het slib opwegen tegen het daarmee te bereiken voordeel van risicoloze vrijheid van handelen.

Vermindering van hygiënische risico's is ook te bereiken door toepassing van anaërobe gisting.
Liebmann geeft aan dat hiermee een vergaande eliminatie, zowel van salmonellae als van zoöparasieten mogelijk is. Wel dienen de gistingstijden „ouderwets" lang te zijn, d.w.z. voor koude gisting rond 100 dagen en voor warme gisting (ongeveer 30 °C) ongeveer een maand.
Bij een moderne versie van slibgisten, bij verblijftijden van 15 - 20 dagen, wordt een geringere eliminatie verkregen.

b. *Middelgrote en grote installaties*

Tot de middelgrote installaties zijn te rekenen de inrichtingen met een slibproduktie in de orde van grootte van 100 - 1000 ton d.s. per jaar (tot 100.000 i.e.) overeenkomende met een „nat slib" produktie tot 50.000 m^3 per jaar.
Tot voor kort was bij deze installatiegrootte als methode van slibbehandeling algemeen gebruikelijk de anaërobe vergisting gevolgd door ontwatering in de open lucht op al of niet gedraineerde met zand gevulde droogbedden. Het gedroogde slib werd verwerkt in plantsoenen, dan wel gedumpt.

Afhankelijk van de grootte van de installatie werd nog onderscheid gemaakt tussen koude en warme gisting. Voor slib van zuiver huishoudelijke oorsprong gaf het anaërobe vergistingsproces op zich weinig problemen. Bij slib met componenten van industriële herkomst kan het voorkomen, dat de anaërobe vergisting gestoord wordt (voorbeelden zijn: Apeldoorn en Oss).

De ontwatering van het uitgegiste slib langs natuurlijke weg op droogvelden heeft over het algemeen *meer problemen* gegeven dan de anaërobe vergisting. Voor een belangrijk deel is een en ander toe te schrijven aan de weersomstandigheden, die men nu eenmaal niet in de hand heeft, daarnaast zijn de terreingrootte en het arbeidsintensieve karakter van het bedrijven van droogvelden nog faktoren die ten nadele van de natuurlijke droging zijn te zien. Niettemin is de natuurlijke methode van slibdrogen nog steeds de minst gecompliceerde en goedkoopste wijze van werken [12].
Het heeft dan ook niet aan pogingen ontbroken op enigerlei wijze aan een of meer van de bezwaren, die tegen het natuurlijke proces zijn aan te voeren, tegemoet te komen.

Echter, het bezwaar van de uitgebreidheid van het benodigde terrein blijft. De moeilijkheid om geschikt terrein van voldoende grootte te vinden en te reserveren is vooral in dicht bebouwde delen van Nederland zo groot, dat alleen al daarom naar andere slibbehandelingsmethoden wordt omgezien.
Of niettegenstaande dat natuurlijke ont-

watering nog een punt van overweging blijft, zal afhankelijk zijn van:

— de ontwerpgrootte van de zuiveringsinrichting;
— het type zuiveringsproces; als „norm" voor de benodigde terreingrootte voor droogbedden geldt hier te lande per inwoner 1/3 m² bij oxydatiesloten, 1/5 m² bij actief slib inrichtingen en 1/10 m² bij continufilter installaties;
— de locale situatie.

Ter verduidelijking hiervan het volgende: een installatie voor 30.000 i.e. vraagt als oxydatiesloot 1 ha aan droogbedden, als continufilter installatie 0,3 ha. In het eerste geval zal men meer bedenkingen hebben om de slibontwatering op natuurlijke wijze te doen geschieden dan in het tweede waar het een punt van overweging is.

Natte afvoer van slib naar de agrarische sector is evenals de natuurlijke slibontwatering een weinig gecompliceerde wijze van werken. Voorwaarde voor slagen hiervan is in de eerste plaats de aanwezigheid van voldoende terrein, liefst binnen een straal van ca. 5 km van de zuiveringsinrichting. Voorts zal het slib evenals bij droging op droogvelden vooraf gestabiliseerd (anaëroob of aëroob) moeten zijn. In hoofdstuk 5 wordt hierop nader ingegaan.

Is natuurlijke droging niet mogelijk dan zal een of andere vorm van mechanische ontwatering verkozen moeten worden, waarbij dan is te denken aan het gebruik van apparatuur, als de schroefdecanteercentrifuge, de zeefbandpers, het vacuümtrommelfilter, het persfilter, de trommeldroger [7, 8, 9, 10, 11). In principe is de hiervoor genoemde ontwateringsapparatuur, voor wat betreft het te bereiken drogestofgehalte in de slibhoek, in 3 klassen onder te brengen.

Te onderscheiden zijn de klassen:

a. met een slibrest van 12 - 25 % d.s.
b. met een slibrest van 30 - 45 % d.s.
c. met een slibrest van 90 - 100 % d.s.

Tot de eerste categorie zijn te rekenen de technieken die gebruik maken van schroefdecanteercentrifuges, zeefbandpersen, vacuümbandfilters, vacuümtrommelfilters en trilzeven.

Tot de tweede categorie behoren de persfiltersystemen en tot de laatste categorie de technieken waarbij de wateronttrekking geschied door verdamping. Hierbij is nog het onderscheid te maken tussen de zuivere verdampingsprocessen en de processen waarbij tevens verbranding plaatsvindt.

De, na de ontwatering overblijvende slibrest, zal een eindbestemming moeten vinden. Als dat niet is in de agrarische sector, zal het worden gestort. Welke bewerking het slib moet ondergaan, alvorens te kunnen worden gestort, hangt nauw samen met de hoeveelheid die per jaar zal moeten worden verwerkt, de afstand tot het punt van storten en de mogelijkheden daartoe. Uit de analyse hiervan zal de voor dit doel noodzakelijke graad van ontwatering naar voren moeten komen. Is die bepaald kan komt de vraag welke techniek, respectievelijk welk technisch hulpmiddel gekozen zal worden.

Dit laatste zal voor een goed deel worden bepaald door de zienswijze en de ervaring van de ontwerper. Met name komt zulks bijvoorbeeld tot uiting bij de vraag: „Moet er nog wel vergist worden als er nadien mechanisch wordt ontwaterd. Kan met eenvoudige indikking en buffering niet worden volstaan?".

Om slib langs mechanische weg te kunnen ontwateren moet het slib eerst geconditioneerd worden. Dit kan enerzijds geschieden door het slib onder druk te verhitten (15 - 20 atm; 150 - 200 °C), anderzijds door aan het slib bepaalde chemicaliën toe te voegen. De klassieke chemicaliën voor de conditionering zijn ferrichloride, aluminiumzouten en kalk. Daarnaast komt het gebruik van organische polyelectrolyten er steeds meer in. Deze laatste zijn nl. door hun hoge werkzaamheid slechts in kleine hoeveelheden benodigd, waardoor de slibhoeveelheid niet onnodig wordt vergroot. Welke chemische conditioneringsmethode ook gevolgd zal worden, de hoeveelheid benodigde agens wordt hoofdzakelijk bepaald door de slibkwaliteit. In aanmerking nemende dat globaal de uitgaven voor de conditioneringschemicaliën tot 50 % bedragen van de totale kosten van de mechanische slibontwatering, inclusief rente en afschrijving op de installatie, zal men de dosering ervan zo optimaal mogelijk willen doen zijn. Dit impliceert dat er gebufferd moet worden. Slaat men organisch slib zonder meer op dan is de kans groot dat het in rotting gaat met als nevenverschijnsel stankoverlast voor de directe omgeving, alsmede een verslechteren van de ontwateringskarakteristiek. Dit probleem speelt natuurlijk niet bij slib dat door aanwezigheid van bijvoorbeeld metalen als chroom niet in rotting kan overgaan.

In alle andere gevallen is het verstandig het slib te stabiliseren voor het conditioneren. De anaërobevergisting is een vorm van slibstabilisatie, waarbij tevens een behoorlijke reduktie wordt verkregen van het gehalte aan organische stof. Wil men een buffering van ten minste 20 dagen, die voor anaërobe stabilisatie noodzakelijk is ontgaan, dan kan de hitteconditionering een oplossing zijn. De hitteconditionering is de physische tegenhanger van het chemische proces tot verbetering van de filtratie-eigenschappen van slib.

Aan iedere werkwijze zijn voor- en nadelen verbonden. De hitteconditionering [13] is zeker minder gevoelig voor bijvoorbeeld variaties in de concentratie aan droge stof in het slib dan een chemische conditionering; bovendien wordt een steriel produkt verkregen. Hier staat tegenover, dat bij koken onder druk door hydrolyse componenten uit het slib in oplossing gaan. De hoeveelheid hiervan kan aanzienlijk zijn, om de gedachten te bepalen tot een 40 % van de droge stof. Het decantatie- en filtratiewater uit dergelijke processen is dan ook sterk verontreinigd en vormt een additionele belasting voor het waterzuiveringssysteem en mogelijk voor het ontvangende water.

In vergelijking met de chemische conditionering is de benodigde apparatuur ook zeer veel gecompliceerder.

Hitteconditionering komt dan ook pas in aanmerking voor de grote installaties, waarbij te denken is aan inrichtingen voor 200.000 i.e. en groter.

Een groot aantal apparaten voor de mechanische slibontwatering produceert, zoals eerder is vermeld een slibrest van 12 - 25 % d.s. Tot deze categorie behoort de zeefbandpers, die op dit moment veelvuldig verkozen als middel tot mechanische ontwatering vanwege zijn mechanische eenvoud.

De slibkoek van 12 - 25 % d.s. zal nog verwerkt moeten worden. Deze verwerking is in de meeste gevallen een storten al of niet tezamen met huisvuil. De vraag is nu of de slibkoek met een dergelijk drogestofgehalte voor een beheerder van een stort acceptabel is uit het oogpunt van verwerkbaarheid. Als de vraag ontkennend wordt beantwoord betekent dit, dat een ontwateringstechniek gebezigd zal moeten worden die tot een hoger drogestofgehalte in de slibkoek voert, wat in de regel ook ten koste van een hoger energieverbruik zal zijn.

De hoogste energiebehoefte voor de slibontwatering vindt men bij die technieken waarbij de wateronttrekking geschiedt door verdampen. In de regel zal een verdampingsproces worden voorafgegaan door processen als indikken en filtreren of centrifugeren.

Er wordt wel eens gesteld, dat een dergelijke slibontwatering alleen dan te rechtvaardigen is als het hoogwaardige eindprodukt een hoogwaardige bestemming kan krijgen en dat de verlangde volumereductie in deze dus geen keuzemotief kan zijn. Beziet men echter een combinatie van bijvoorbeeld zeefbandproces en droogtrommel in vergelijking met bijvoorbeeld de combinatie hitteconditionering-persfiltratie-verbranding in een oven (leidt tot een zelfde droge-stofgehalte in de slibrest) dan moge duidelijk zijn, dat als gevolg van de „technische eenvoud" van de eerste combinatie in vergelijking tot de tweede een verlangde volumereductie wel degelijk keuzemotief kan zijn bij het verkiezen van een verdampingsproces. Het verdampingsproces zal een rol spelen bij de middelgrote installaties.

5. Landbouwkundige verwerking

Bij de bespreking van de behandelingsmethoden voor slib werd reeds gewezen

op de mogelijkheid slib een positieve bestemming te geven in de agrarische sector.

In het volgende zullen de ervaringen in *Twente*, bij het waterschap Regge en Dinkel worden besproken ten aanzien aan het gebruik van slib in de landbouw.

Vanaf 1968 wordt vrijwel al het slib dat bij de zuivering van afvalwater in het beheersgebied van het waterschap vrijkomt na anaërobe- of aërobestabilisatie direct in de landbouw gebruikt. Omstreeks 1969 is een begin gemaakt met het registreren van de afgezette hoeveelheden.

In 1971 werd ook — voor zover mogelijk — bijgehouden waar het slib wordt gebruikt.

De gegevens over 1971 hebben betrekking op elf rioolwaterzuiveringsinstallaties die toen in bedrijf waren, te weten 4 continufilterinstallaties, 1 actiefslibinrichting en 6 oxydatiesloten. De grootste hiervan is de installatie Enschede-West (capaciteit 230.000 inwoner-ekwivalenten), die vanaf 1951 in bedrijf is.

In tabel I zijn de installaties, naar plaats, ontwerpcapaciteit en de zo goed mogelijk door bemonstering en analyse benaderde belasting in 1971 vermeld.

De totale ontwerpcapaciteit van de elf installaties bedraagt 321.300 inwonerekwivalenten, de belasting ongeveer 381.800 inwonerekwivalenten.

In 1971 werd door de landbouw in Twente in totaal een hoeveelheid van bijna 80.000 m³ slib gebruikt. Dit is vrijwel de gehele produktie over dat jaar. Slechts een klein gedeelte werd als steekvast gedroogd produkt op tuinen gebruikt.

Per rioolwateringsinstalaltie is de hoeveelheid afgevoerd slib in tabel II aangegeven. Tevens is het percentage droge stof en de gloeirest vermeld.

Het droge-stofgehalte van het slib varieerde tussen gemiddeld 9,4 % te Glanerbrug en 3,4 % te Westerhaar. Door beter gebruik van de indikmogelijkheid kan het percentage op sommige installaties nog wel hoger worden.

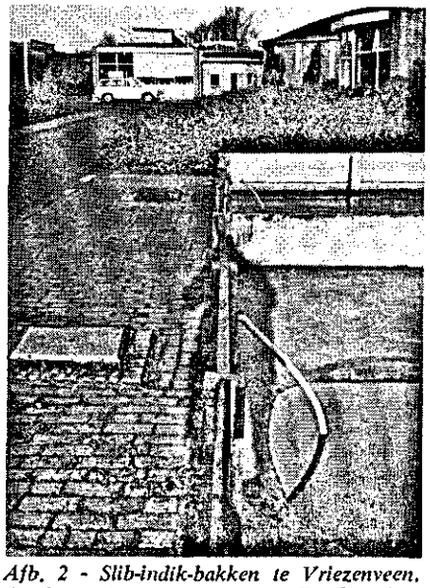
Ook de asgehalten lopen uiteen. Het type installatie en de frequentie van vegen van de straat spelen hierin een belangrijke rol. Ook de soort afvalwater heeft invloed. In de laatste kolommen van tabel II is de hoeveelheid droge stof en organische stof per inwonerekwivalent aangegeven.

De hoeveelheid droge stof ligt in de meeste gevallen tussen 6 en 10 kg per inwonerekwivalent per jaar. Voor de organische stof is dit ongeveer 5 kg.

Naar de scheikundige samenstelling van de verschillende soorten slib is uitgebreid onderzoek gedaan door ir. S. de Haan van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren.

Een verslag hiervan is gepubliceerd in H_2O (1972), no. 15, 5, 325 - 328. De samenstelling van het slib van de installaties te Delden, Tubbergen, Almelo-Vissedijk, Glanerbrug en Enschede-West is in deze publicatie vermeld. Hieruit blijkt dat het slib waarde heeft als meststof én als organische stof ter verbetering van de structuur van de grond. Al het mogelijke wordt gedaan om de lozing van zware metalen binnen enkele jaren zo ver als mogelijk terug te brengen. Het slib bevat dan zo weinig giftige stoffen dat hiervan geen schade behoeft te worden gevreesd.

Het op de rioolwaterzuiveringsinstallaties van het waterschap Regge en Dinkel geproduceerde slib wordt regelmatig onderzocht op het Bedrijfslaboratorium voor de Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek. De uit dit onderzoek verkregen gegevens worden aan de gebruikers verstrekt. Uitgegist of gemineraliseerd slib is niet volledig hygiënisch betrouwbaar.



Afb. 2 - Slib-indik-bakken te Vriezenveen. Op deze wijze is het begonnen. De slang kan op en neer worden bewogen. Water kan door de slang worden afgevoerd op de drainage leiding.

(Foto Freek Klompjan, Almelo)

Om de besmettingskansen zo klein mogelijk te maken worden meerdere voorzorgsmaatregelen genomen. De volgende maatregelen kunnen worden genoemd:

a. het slib — zo mogelijk — op bouwland brengen en het onderploegen;
b. na verspreiden op grasland in de zomer het vee er enige tijd niet op brengen; aan de gebruikers wordt aangeraden er de eerste drie weken na het verspreiden geen vee op te brengen;
c. pasteurisatie, bij de zuiveringsinstallatie Almelo-Vissedijk wordt een derlijke inrichting, volgens het systeem Roediger gebouwd.

Hierin kan dagelijks 120 m³ slib gedurende 30 minuten bij 70 °C worden behandeld. Het slib wordt eerst uitgegist of gemineraliseerd. Beide mogelijkheden zijn aanwezig.

In het voorjaar van 1973 komt deze installatie gereed. De totale kosten zullen ongeveer *f* 400.000,— bedragen.

Voor het vervoer van het slib van de rioolwaterzuiveringsinstallatie naar de gebruiker moet worden betaald. Om deze reden verdient het aanbeveling het slib zoveel mogelijk in te dikken alvorens het te vervoeren. Bij de grotere installaties worden hiervoor de laatste jaren indikkers gebouwd.

Voor de kleinere installaties (tot ± 20.000 inwonerekwivalenten) wordt gebruik gemaakt van een door één van de klaarmeesters ontwikkelde voorziening. Dit betreft het voorzien van één van de

TABEL I

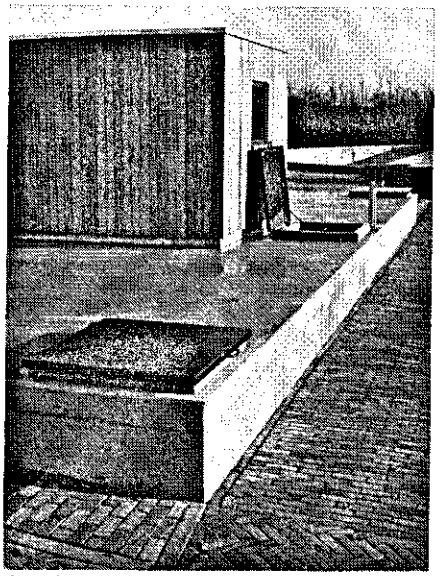
Installatie	Type	Ontwerp-capaciteit	Benaderde belasting in 1971
Almelo-Vissedijk	Actief-slib	28.000 i.e.	± 30.000 i.e.
Enschede-W	Continu filters	230.000 i.e.	± 300.000 i.e.
Glanerbrug	Continu filters	12.000 i.e.	± 10.000 i.e.
Tubbergen	Continu filters	18.000 i.e.	± 18.000 i.e.
Vriezenveen	Continu filters	14.000 i.e.	± 10.000 i.e.
Boekelo	Oxydatiesloot	3.500 i.e.	± 2.000 i.e.
Delden	Oxydatiesloot	7.000 i.e.	± 5.000 i.e.
Diepenheim	Oxydatiesloot	1.400 i.e.	± 1.200 i.e.
Rossum-O	Oxydatiesloot	4.000 i.e.	± 3.000 i.e.
Weerselo	Oxydatiesloot	1.800 i.e.	± 1.000 i.e.
Westerhaar	Oxydatiesloot	1.600 i.e.	± 1.600 i.e.

TABEL II - *Droge stof- en asgehalte van in 1971 in de landbouw gebruikt nat slib*

Installatie	m³ in 1971	d.s. %	as %	per i.e. kg.d.s.	per i.e. kg.org.stof
Almelo-V	5.200	4,0	37,0	6,9	4,4
Enschede-W	63.260	5,4	48,6	11,3	5,8
Glanerbrug	1.055	9,4	53,2	9,9	4,6
Tubbergen	2.482	6,1	36,0	8,4	5,4
Vriezenveen	1.490	5,2	45,7	7,7	4,2
Boekelo	695	5,8	37,3	20,1	12,6
Delden	3.321	4,4	35,9	29,2	18,6
Diepenheim	155	5,1	28,7	6,6	4,7
Rossum-O	415	4,5	25,2	6,2	4,6
Weerselo	283	5,2	31,9	14,7	10,0

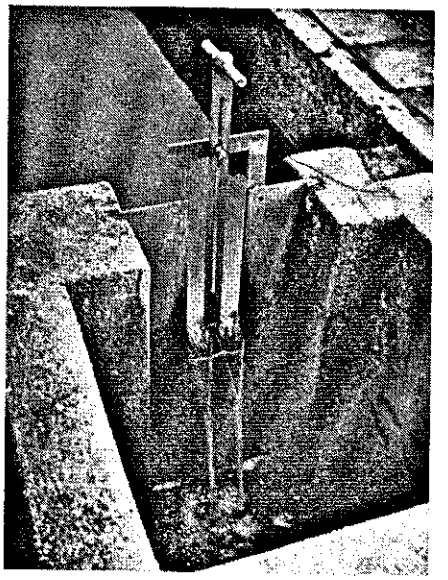
slibdroogbedden van een betonnen bodem. Deze bodem loopt af naar een verdieping van waaruit het slib kan worden opgepompt. Met behulp van een flexibele buis werd een verbinding gemaakt tussen het slibdroogbed en de afvoerleiding voor het drainage-water (afb. 2). Hierdoor kan water van het slib-bufferbed met betonnen bodem worden afgelaten. Op deze wijze kan het slib zoveel mogelijk indikken. Deze voorziening is aangebracht te Vriezenveen, Tubbergen en bij alle oxydatiesloten die in tabel I zijn genoemd.

Voor nieuwe installaties zijn door verschillende ingenieursbureaus allerlei varianten bedacht.



Overdekte slibvoorraad- en indiktank te Westerhaar. Uit het openstaande luik wordt het slib afgevoerd. Onder het luik op de voorgrond bevindt zich een put, waarop, met behulp van jalouzie-schuiven, op elk gewenst niveau water kan worden afgevoerd.
(Foto Freek Klompjan, Almelo)

Een schuif in een schuif op de oxydatiesloot te Weerselo. Zoveel mogelijk water wordt afgelaten in de put, die in verbinding staat met de oxydatiesloot.
(Foto Freek Klompjan, Almelo)



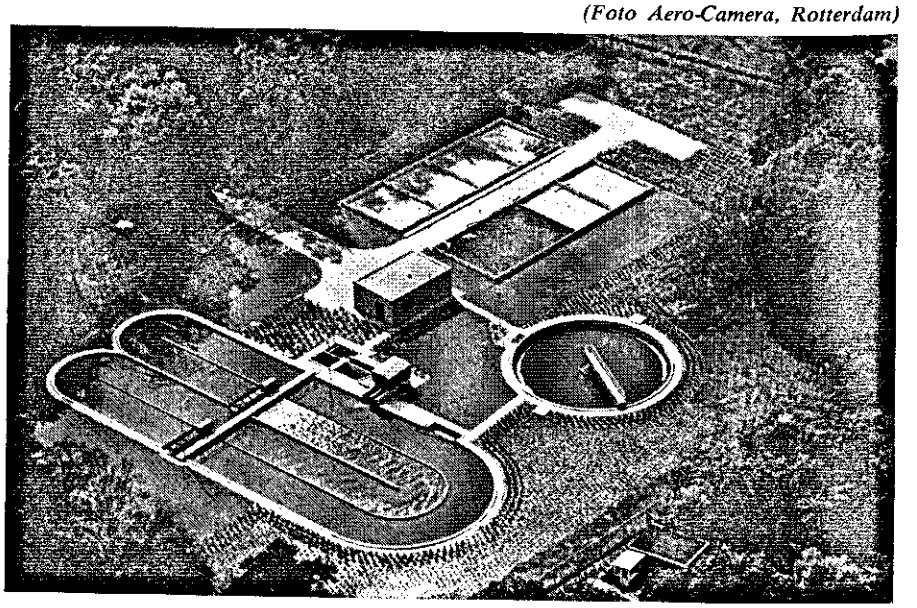
Afb. 3 - Het opzuigen van het slib (terrein ziet er rommelig uit door bouwwerkzaamheden).
(Foto Freek Klompjan, Almelo)

Met behulp van bedoelde voorzieningen kan in veel gevallen een droge-stofgehalte van meer dan 5 % worden bereikt. Voor het vervoer van het slib worden vacuümtanks met inhoud van 3 tot 5 m^3 gebruikt. Het slib wordt in deze tanks gezogen. Om deze reden dient het slib in een laaggelegen voorraadtank te worden aangeboden (afb. 3). De verspreiding van het slib vindt plaats onder druk, die tijdens het verspreiden door een vacuümdrukpomp (verdringerpomp) wordt geleverd (zie omslagfoto).

Het transport van het slib wordt verzorgd door een loonwerker die in de omgeving van de zuiveringsinrichting woont. Met deze loonwerker sluit het waterschap een contract. Hierin worden onder andere voorwaarden opgenomen ter bescherming van het milieu. In dit verband kunnen de volgende voorwaarden worden genoemd:

a. de loonwerker draagt er zorg voor dat geen slib wordt gemorst op de te berijden wegen; indien dit toch voorkomt dienen deze wegen zo spoedig mogelijk schoongemaakt te worden;
b. het natte slib mag niet worden afgevoerd naar vuilstortplaatsen, zandafgravingen of op andere wijze worden opgeslagen;
c. per ha weiland mag per jaar ongeveer 100 m^3 slib worden verspreid. Op bouwland is een grotere hoeveelheid toegestaan.

Rioolwaterzuiveringsinstallatie te Boekelo. Juist achter het bedrijfsgebouw het bed met verharde bodem. In de linkerhoek de trommel met spleet. Het water van het slibbed wordt afgevoerd via de terreinriolering naar de ontvangkelder.
(Foto Aero-Camera, Rotterdam)



De naleving van de voorwaarden wordt gecontroleerd door de klaarmeester. Over het algemeen is het gemakkelijk te constateren als de loonwerker zich niet aan de voorwaarden houdt.
Zoals reeds is gezegd moet voor het vervoer van slib van de rioolwaterzuiveringsinstallatie naar de gebruiker worden betaald.
In tabel III zijn deze kosten per installatie aangegeven. Hierbij is aan te tekenen dat het hier uitsluitend betreft de kosten die worden betaald aan de loonwerkers voor transport naar- en verspreiding over het land; eventuele werkzaamheden door de klaarmeester zijn hierin niet begrepen.
Uit de tabel blijkt dat in 1971 voor het vervoeren en verspreiden van bijna 80.000 m³ slib totaal ruim *f* 170.000,— werd betaald, dit is gemiddeld bijna *f* 2,20 per m³.
In procenten van de totale exploitatiekosten van de zuiveringsinrichtingen zijn de kosten voor afvoer van het slib ongeveer 18½ %.
In de laatste kolom van tabel III zijn de kosten per ton droge stof vermeld. Deze kosten variëren nogal en kunnen oplopen tot ongeveer *f* 60,— per ton droge stof. In dit kader past de opmerking dat slib wel waarde heeft, maar dat het geen geld opbrengt. Er is in Twente wel belangstelling voor het slib, maar men wacht met dit te tonen totdat het van de zuiveringsinstallatie moet worden verwijderd.

TABEL III - *Kosten afvoer nat slib in 1971*

Installatie	Kosten	Kosten per ton droge stof
Almelo-V	*f* 12.210,—	± *f* 59,—
Enschede-W	*f* 138.235,—	± *f* 41,—
Glanerbrug	*f* 2.244,—	± *f* 24,—
Tubbergen	*f* 3.074,—	± *f* 20,—
Vriezenveen	*f* 3.209,—	± *f* 41,—
Boekelo	*f* 1.782,—	± *f* 45,—
Delden	*f* 9.090,—	± *f* 62,—
Diepenheim	*f* 136,—	± *f* 17,—
Rossum-O	*f* 1.046,—	± *f* 56,—
Weerselo	*f* —,—	*f* —,—
Westerhaar	*f* 610,—	± *f* 60,—

6. Eisen te stellen aan zuiveringsslib bij landbouwkundig gebruik

De eigenschappen van zuiveringsslib worden bepaald door het gedrag van de mens als consument of producent van goederen, voorzover daarbij water gebruikt wordt, dat via de openbare riolering als huishoudelijk of industrieel afvalwater wordt afgevoerd en daarna gezuiverd.
Aangenomen kan worden, dat huishoudelijk afvalwater binnen ons land overal dezelfde eigenschappen heeft. De eigenschappen van industrieel afvalwater worden in sterke mate bepaald door de aard van de industrie of het bedrijf, dat het afvalwater loost. Er wordt hier verondersteld, dat dit afvalwater ook via de openbare riolering wordt afgevoerd. De wijze van zuivering en van slibverwerking is van invloed op de kwaliteit van het slib als meststof of grondverbeteringsmiddel.

TABEL IV - *Gemiddelde gehalten aan hoofdelementen (% van de droge stof)*

	stalmest	zuiveringsslib	stadsvuilcompost (VAM)
Organische stof	65,0	43,5	32,1
Stikstof	2,51	2,35	0,56
Fosfor (P_2O_5)	1,58	2,77	0,44
Kali (K_2O)	1,72	0,22	0,26
Kalk (Ca)	1,91	3,86	3,20
Magnesia (MgO)	0,79	0,30	0,49

In tabel IV zijn de gemiddelde gehalten aan organische stof, stikstof, kali, kalk en magnesia weergegeven voor zuiveringsslib in vergelijking met stalmest en stadsvuilcompost. De gehalten voor stalmest zijn ontleend aan Kolenbrander en Cremer [14], die voor zuiveringsslib en stadsvuilcompost aan De Haan [15, 16]. Alle gehalten zijn omgerekend op droge stof.

Uit tabel IV blijkt, dat zuiveringsslib als organische meststof vergelijkbaar is met stalmest. Het kali- en magnesiagehalte is lager en het fosfaat- en kalkgehalte hoger. Betrokken op organische stof is ook het stikstofgehalte hoger. Stadsvuilcompost is veel armer aan stikstof en fosfaat. Bij gebruik als grondverbeteringsmiddel kan dat wel een voordeel zijn. Zuiveringsslib met een hoog stikstofgehalte kan hier minder geschikt zijn. Met de rijping van het slib, zoals die bij natuurlijke droging van het slib al op de droogbedden plaatsvindt, daalt het stikstofgehalte. Kunstmatig gedroogd slib heeft dit rijpingsproces echter niet doorgemaakt.
Bij gebruik als meststof is een hoog stikstofgehalte in het algemeen wel gewenst. Bij een matig stikstofgehalte kan het vrij hoge fosfaatgehalte de beperkende factor bij de dosering worden.
De gehalten in tabel IV vertonen een grote spreiding. Hiervoor wordt verwezen naar de genoemde publicaties. Met name bij zuiveringsslib is de spreiding groot. Het is daarom onmogelijk iets over de waarde van een partij slib als meststof of grondverbeteringsmateriaal te zeggen zonder over analysegegevens van de betreffende partij te beschikken. Dit brengt voor zuiveringsinstallaties, die hun slib in de land- en tuinbouw afzetten de noodzaak met zich mee, hun slib periodiek te laten bemonsteren en analyseren. Hoe vaak dit dient te gebeuren is moeilijk te zeggen, omdat er weinig bekend is over de variatie in samenstelling van het slib bij een bepaalde zuiveringsinstallatie in de loop van de tijd. Als er zich geen ingrijpende wijzigingen voordoen zal de samenstelling van het slib in de loop van de tijd wel vrij constant zijn.
Men zou als eis kunnen stellen, dat er per zuiveringsinstallatie per jaar minstens één monster onderzocht wordt. Hierbij dienen ook de gehalten aan zware metalen bepaald te worden. Als aangenomen kan worden, dat in de loop van het jaar de kwaliteit van het afvalwater anders is geworden, dient de analyse te worden herhaald. Dit dient in elk geval te gebeuren bij storingen in het biologisch zuiveringsproces of de slibgisting. In dat geval is het raadzaam ook een gewassenproef te laten nemen door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. De chemische analyse dient te worden verricht door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek of het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht.
De gehalten aan zware metalen in stalmest, zuiveringsslib en stadsvuilcompost geeft tabel V.

TABEL V - *Gehalten in ppm droge stof*

	stalmest	zuiveringsslib	stadsvuilcompost
Fe	860	20.800	45.000
Mn	230	792	320
Zn	70	3.060	1.550
Cu	14	1.200	725
Pb	n.b.	1.300	850
Cr	n.b.	870	n.b.
Cd	n.b.	71	n.b.
Ni	n.b.	96	n.b.

Ook hier gaat het weer om gemiddelde gehalten in de drogestof. Voor de spreiding wordt verwezen naar de bovengenoemde publikaties.
Uit tabel 5 blijkt, dat de gehalten aan zware metalen in zuiveringsslib veel hoger zijn dan in stalmest en ook hoger dan in stadsvuilcompost, hoewel in het laatstgenoemde produkt de gehalten ook niet onbelangrijk zijn.
Bij een jaarlijkse produktie aan zuiveringsslib van 80.000 ton drogestof zijn de hoeveelheden van de verschillende elementen in tonnen/jaar en in grammen/ha landbouwgrond (2.000.000 ha) als volgt:

	tonnen/jaar	grammen/ha
Fe	1664	832
Mn	64	32
Zn	244	122
Cu	96	48
Pb	104	52
Cr	70	35
Cd	6	3
Ni	8	4

Gemiddeld per ha landbouwgrond zijn deze hoeveelheden meestal lager dan die welke jaarlijks door de gewassen aan de bodem worden onttrokken. Zuiveringsslib kan dus een nuttige functie vervullen als spoorelementmeststof.
De moeilijkheid bij zuiveringsslib is, dat in verband met het vaak hoge vochtgehalte de transportkosten hoog zijn. Om deze laag te houden bestaat bij landbouwkundig gebruik de neiging het slib zoveel mogelijk in de naaste omgeving van de zuiveringsinstallatie af te zetten. Bij te vaak herhaalde toediening

of bij gebruik van te grote hoeveelheden ineens bestaat echter het gevaar voor een te sterke ophoping van zware metalen in de grond. Dit kan leiden tot te hoge gehalten aan zware metalen in het gewas en een achteruitgang van de produktiviteit van de grond. Hoe ver men kan gaan is nog onvoldoende bekend.

In Engeland is men van mening, dat het gehalte van een nog niet gecontamineerde grond met 250 ppm Zn kan worden verhoogd. Koper en nikkel worden in verband met hun grotere schadelijkheid omgerekend op zink door vermenigvuldiging met 2 resp. 8 (A.D.A.S. advisory Paper No. 10). Dit betekent, dat van slib van normaal huishoudelijk afvalwater ca. 200 ton drogestof of 4000 m^3/ha in vloeibare vorm of 10 % van het bouwvoorgewicht gegeven zou kunnen worden. Uit proeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid is gebleken, dat dergelijk slib, mits voldoende uitgerijpt zelfs zonder meer als cultuurgrond gebruikt kan worden. Of dat altijd zo zal blijven dient echter nog te worden afgewacht. Door het vaak hoge kalkgehalte en de sterk bufferende eigenschappen zijn de zware metalen in zuiveringsslib weinig actief. Bij afbraak van de organische stof en daarmee gepaard gaande pH-daling kan de activiteit met verloop van tijd echter wel toenemen. Een mogelijkheid om het gevaar van overdosering van zware metalen door bemesting met zuiveringsslib te voorkomen is een verlaging van het gehalte aan zware metalen in het slib. De beheerders van zuiveringsinstallaties zijn daar zelf mee bezig ter wille van een ongestoord verloop van de biologische processen bij de afvalwaterzuivering. De volgende normen voor zware metalen in industrieel afvalwater zijn in discussie: Zn 3, Cu 1, Pb 3, Cr 2, Ni 3, Sn 3, Ag 1 en Hg 0,1 mg/liter. Deze normen liggen nog vrij hoog. Als al het afvalwater dat de zuiveringsinstallaties binnenkomt deze gehalten zou hebben en als de zware metalen volledig in het slib terecht zouden komen (in werkelijkheid is dat afhankelijk van de pH en de aard van het metaal voor ca. 50 (Ni) tot 100 % (Pb) het geval) dan zouden de gehalten van het slib in ppm bij een waterverbruik van 100 liter/inwoner/dag en een slibproduktie van 10 kg drogestof/inwoner/jaar het 3650-voudige zijn van de bovengenoemde waarden. Het industrieel afvalwater wordt echter „verdund" met huishoudelijk afvalwater. De mate waarin dat gebeurt is bepalend voor de gehalten in het influent, zoals dat de installatie binnenkomt.

Op grond van de maatregelen van de zuiveringsinstanties is te verwachten, dat de gehalten aan zware metalen in zuiveringsslib in de toekomst zullen dalen. Het is duidelijk, dat ze in het algemeen niet verder kunnen dalen dan tot het peil van het slib afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater. Als maxima kunnen voor Zn, Cu en Pb in dit slib waarden van resp. 2000, 500 en 500 ppm worden aangehouden. Andere zware metalen komen in het slib van normaal huishoudelijk afvalwater praktisch niet voor. Pb wordt praktisch door het gewas niet opgenomen.

Het gevaar voor ophoping van zware metalen in de grond kan verder worden tegengegaan door het slib over een groter gebied te verdelen. Dit moet mogelijk zijn zonder dat extreme transportafstanden hiervan het gevolg zijn. Al zou men slechts eenmaal in de 5 jaar 1000 kg drogestof of 20 m^3 vloeibaar slib/ha geven dan zou een zuiveringsinstallatie met 10.000 inwoner-ekwivalenten nog slechts 500 ha agrarisch „achterland" nodig hebben voor de afzet van slib. Met slib van normaal huishoudelijk afvalwater zou men dan aan koper bij voorbeeld niet of weinig meer geven dan door het gewas wordt onttrokken (ca. 100 g/ha/jaar, terwijl het koper in slib slechts voor enkele honderdsten of tienden van procenten werkzaam is.

De zuiveringsinstanties dienen zelf de verantwoordelijkheid voor een goede distributie op zich te nemen. Men kan niet van loonwerkers en dergelijke verlangen, dat ze rekening houden met nadelige effecten, die eerst eventueel na 20 jaar kunnen optreden.

Men zou kunnen overwegen om wettelijk vast te stellen, dat het gehalte aan zware metalen in zuiveringsslib dat landbouwkundig wordt gebruikt niet hoger zou mogen liggen dan in slib afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater. Slib van zuiveringsinstallaties, met veel industrieel afvalwater, met name van de metaalverwerkende industrie, zou dan van gebruik in de landbouw kunnen worden uitgesloten of eventueel slechts onder beperkende voorwaarden (bij voorbeeld ten aanzien van de dosering) worden toegelaten.

Vaak wordt nog als nadeel van zuiveringsslib genoemd het gehalte aan detergenten. Dit gehalte bedraagt 1 à 2 %. Er is echter overtuigend aangetoond, dat detergenten in zuiveringsslib niet schadelijk zijn. In de grond breken ze vrij snel af. Nadelig voor de plantenplantengroei is wel het gehalte aan minerale olie of afvalolie in zuiveringsslib. De hoeveelheid is echter over het algemeen verwaarloosbaar klein. Het is immers verboden afvalolie in de riolering te lozen. Hetzelfde geldt ook voor andere giftige organische afvalstoffen als pesticiden, fenolen enz. Lozing van dergelijke afvalstoffen in het riool zal in de toekomst steeds minder voorkomen.
Zuiveringsslib bevat ook geringe oestrogene en kankerverwekkende stoffen. Het voorkomen van deze stoffen mag niet verzwegen worden, maar er moet geen overdreven betekenis aan worden toegekend. Ze komen ook in rivier- en grondwater voor.

Zuiveringsslib is een potentiële bron voor allerlei ziekten, vooral die veroorzaakt door salmonella's en wormeieren. Voor zover bekend is nog nooit aangetoond, dat het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw tot het optreden van door deze organismen veroorzaakte ziekten geleid heeft. Wel is het aan te bevelen, dat het zuiveringsslib ter voorkoming van deze ziekten gepasteuriseerd wordt. Het Zwitserse „Milchregulativ" stelt dit voor slib, dat tijdens het weideseizoen op grasland gebruikt wordt, verplicht [17]. In Duitsland past het Niersverband eveneens pasteurisatie tijdens het weideseizoen toe.

Samenvattend kan worden gesteld:

1. Het slib van zuiveringsinstallaties, waaraan een landbouwkundige bestemming wordt gegeven dient minstens 1 maal per jaar door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek of het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht te worden onderzocht. Dit onderzoek dient te omvatten de bepaling van het gehalte aan organische stof, stikstof, fosfaat, kali, magnesia, natron, chloor, aluminium, ijzer, mangaan, zink, lood, koper, chroom, nikkel, kwik, cadmium, borium en de pH *). Als de kwaliteit van het afvalwater in de loop van het jaar een aanzienlijke wijziging ondergaat, bij voorbeeld door aansluiting van een nieuwe industrie, dient de analyse te worden herhaald. Dit dient ook te gebeuren bij storingen in de biologische zuivering van het afvalwater. In het laatste geval is het raadzaam ook een gewassenproef te laten nemen door het Intituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren/Groningen.

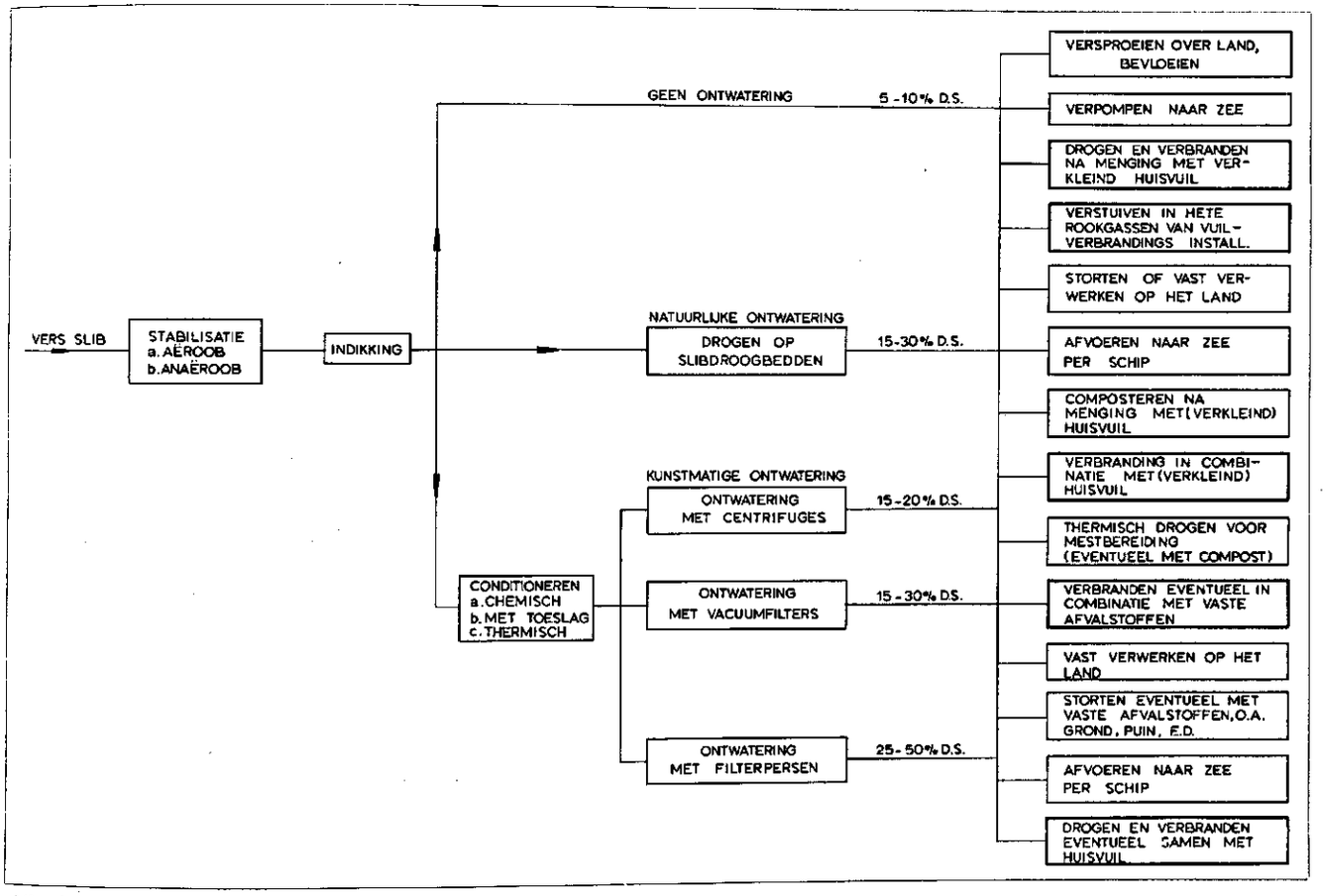
2. Als de gehalten aan zware metalen belangrijk hoger zijn dan in slib afkomstig van normaal huishoudelijk afvalwater, dient aan het slib geen landbouwkundige bestemming te worden gegeven of een speciale bestemming (bij voorbeeld als spoorelementmeststof in een nauwkeurig vastgestelde hoeveelheid per hectare).

3. Ook bij een toelaatbaar gehalte aan zware metalen is het raadzaam het zuiveringsslib meer als een spoorelementmeststof te zien. Dat wil zeggen het niet te vaak en niet in te grote hoeveelheden te geven. De zuiveringsinstanties dienen zich hiervan bewust te zijn en de distributie van het slib te controleren.

4. Het is wenselijk slib, dat gedurende het weideseizoen op grasland wordt gebruikt, vooraf te pasteuriseren. Dit geldt ook voor slib, dat op gazons en in de groenteteelt wordt gebruikt.

Behoort een slibverwerking met positief gebruik niet tot de mogelijkheden dan

*) Door de Commissie van Deskundigen inzake het Meststoffenbesluit is inmiddels aan de Minister van Landbouw voorgesteld deze analyse verplicht te stellen.



Afb. 4 - Schema slibverwerking.

zal naar een andere wijze van verwerken moeten worden omgezien.
Afb. 4 geeft een overzicht van de mogelijkheden tot slibverwerking in samenhang met het ontwateringsproces op het zuiveringsbedrijf. Het zou bijzonder nuttig zijn enkele systemen door te rekenen om met name aan de hand van de systeemkosten, tot een vergelijking te komen.

Daarnaast verdienen de milieuhygiënische en planologische factoren per systeem de nodige aandacht waarbij de eerstgenoemde factoren altijd prevaleren boven de economische factoren.
Voor een gecombineerde verwerking van zuiveringsslib met vast stedelijk afval kan aan de volgende verwerkingsmethoden worden gedacht:

— gecontroleerd storten;
— verbranden.

De met de genoemde methoden verband houdende problematiek zal nu achtereenvolgens worden toegelicht.

7. Stortmogelijkheden

Deze verwerkingsmethode voor de combinatie slib/vast afval is nog onvoldoende onderzocht om nu al een oordeel over de mogelijkheid hiertoe te kunnen geven. Momenteel wordt een proevenprogramma door de Stichting Verwijdering Afvalstoffen opgezet om de gezamenlijke verwerking van slib en meststoffen met vastafval op praktijkschaal uit te voeren.

Hierbij zullen de volgende belangrijke aspecten worden onderzocht:

— de hoeveelheid slib die per oppervlakte-eenheid optimaal kan worden verwerkt (waarbij de hoedanigheid van het slib mede bepalend is);
— de dikte van de laag stedelijk afval waarover het slib wordt verdeeld;
— de hoeveelheid en de kwaliteit van het uit de laag vast afval/slib afkomstige perkolatiewater;
— de emissie van stank, met name bij zomerse omstandigheden;
— de aanwezigheid van insekten.

Een vooronderzoek met drijfmest, een materie met een hoog watergehalte, waarbij een eenvoudig bevloeiingssysteem werd toegepast, heeft geleid tot de volgende conclusie die wellicht ook op vloeibaar slib van toepassing zou kunnen zijn:

— de mest liep over een te grote oppervlakte uit; stankemissie en een hinderlijke vliegen populatie waren hiervan het gevolg. Met vers niet of weinig ingedikt slib zou iets dergelijks ook op kunnen treden;
— de mest kon, door het niet in voldoende mate horizontaal zijn van de bovenlaag vast afval, niet gelijkmatig verdeeld worden;
— het opnamevermogen der vaste afvalstoffen voor bij voorbeeld zeer dunne varkensmest is tegengevallen.

De proevenserie, voor de combinatie slib/vastafval betreft zowel vloeibaar slib als ook slib met diverse gehalten aan droge stof (tot 40 %).

8. Verbranden al of niet met huisvuil

a. *Algemeen*

Aan de gecombineerde verbranding met vast stedelijk afval is door de Stichting Verwijdering Afvalstoffen een studierapport gewijd.
Aan dit rapport kunnen de volgende conclusies worden ontleend:

1. „Er zijn vele systemen voor de gecombineerde verwerking van slib van zuiveringsinstallaties met verbranding van vaste afvalstoffen in ontwikkeling. Daarbij wordt in zeer verschillende richtingen gewerkt: in het ene geval vindt in het geheel geen voorontwatering plaats van het slib en wordt uitgegaan van slib met een droge-stofgehalte van 5 - 10 %; in het andere geval vindt wel voorontwatering plaats tot droge-stofgehalten van 50 % toe".

2. „De in warmte-economisch opzicht meest interessante combinatie is die waarbij het slib voorafgaand aan de verbranding thermisch gedroogd wordt door gebruikmaking van de warmte in de rookgassen, waarbij deze gassen worden afgekoeld van ca. 950 °C tot ca. 350 °C.

2.1. Bij direct contact van de rookgassen met slib is het echter de vraag of de warmte-uitwisseling te realiseren is zonder dat stankhinder optreedt. Bij een

bezoek aan een Zwitserse installatie bleek dat onder bepaalde bedrijfs- en weersomstandigheden stankhinder niet geheel te vermijden was.

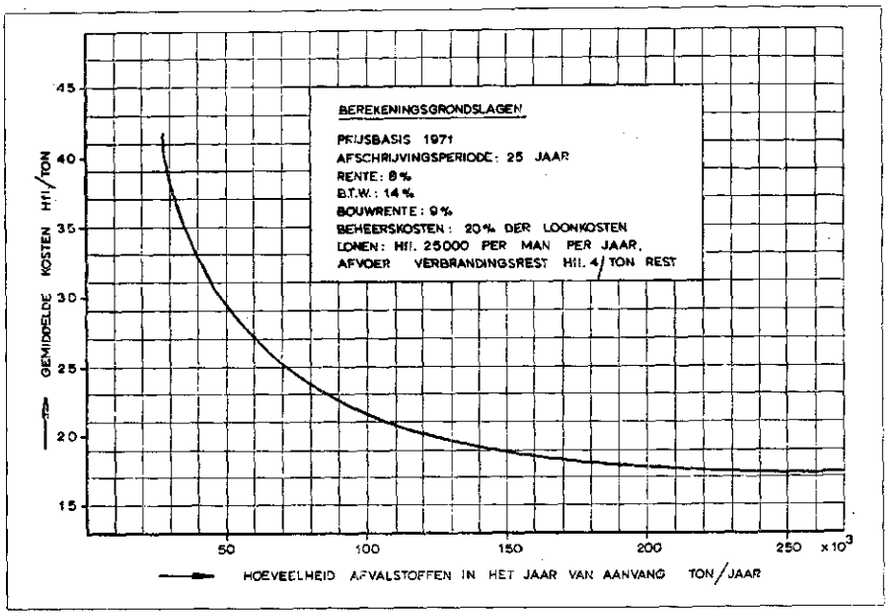
2.2. Verdere afkoeling der gassen en natte reiniging daarvan ter verwijdering van stankstoffen (gaswassing) leidt tot aanwezigheid van een sterk korrosief milieu en is daardoor niet bedrijfszeker of zeer kostbaar wanneer dure materialen moeten worden toegepast in rookgasreinigingsinstallatie, rookgaskanalen, zuigventilator en schoorsteen".

3. „Indirecte warmte-uitwisseling via een stoomketelinstallatie en gebruik van stoom voor de droging van het slib is milieuhygiënisch volkomen betrouwbaar. Dit systeem is nog in ontwikkeling en wordt voor het eerst toegepast in Frankrijk. De vraag is of de extra investeringen in de vuilverbranding (o.a. in de stoomketelinstallatie) in combinatie met de besparingen op de slibverwerking tot een economisch voordeel leiden".

4. „Verstuiving van vloeibaar slib in de vuurhaard of in de naverbrandingskamer van een vuilverbrandingsinstallatie zal mogelijk zijn zolang de hoeveelheid ingebracht slib de vuurhaardtemperatuur of de temperatuur in de naverbrandingskamer niet al te zeer doet dalen, waardoor de uitbrand van het rookgas nadelig zou worden beïnvloed".

5. „Verbranding van ontwaterd, steekvast slib en vaste afvalstoffen in een vuilverbrandingsinstallatie, waarbij de rookgastemperatuur boven de stankgrens (ca. 750 °C) blijft, is in warmte-economisch opzicht minder interessant en kan slechts een geringe besparing geven op de slibverwerking als onderdeel van de rioolwaterzuivering. Indien al het slib op deze wijze moet worden verwerkt, dient dit tevoren ontwaterd te zijn tot een droge-stofgehalte van 20 à 30 %. Deze methode dient alleen in overweging genomen te worden indien de eerder genoemde methoden uit een oogpunt van milieuhygiëne of bedrijfszekerheid niet in aanmerking komen of wanneer de plaats van een rioolwaterzuivering en een vuilverbranding uit planologische- of transportoverwegingen niet dezelfde kan zijn. Voor deze methode is geen ingrijpende wijziging nodig van de vuilverbrandingsinstallatie".

6. „Het is duidelijk dat hoewel de huidige uitvoering van gecombineerde verwerkingsmethoden nog te wensen overlaat, de ontwikkelingen op dit gebied de verwachting rechtvaardigen dat binnen een zekere termijn technisch en milieuhygiënisch volledig bevredigende resultaten bereikt kunnen worden".



Afb. 6 - De, over een periode van 25 jaar, gemiddelde kosten voor het verbranden van afvalstoffen.

b. *De stookwaarde van zuiveringsslib*

De stookwaarde van slib hangt sterk af van de volgende factoren:

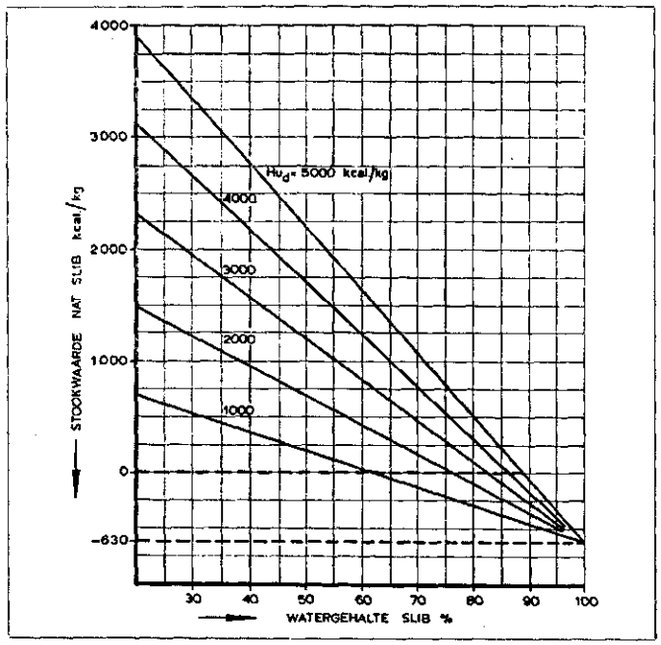
a. gehalte aan organisch materiaal;

b. watergehalte.

Men geeft de stookwaarde vaak in kcal per kg *droog* materiaal waarbij, al naar de soort slib (vers respectievelijk uitgegist), waarden voorkomen van 1500 tot 3500 kcal per kg droog materiaal [18]. In afbeelding 5 is de stookwaarde van nat slib weergegeven als functie van het watergehalte met de stookwaarde van de drogestof als parameter.

c. *Verbrandingskosten*

Omtrent de kosten van het verbranden van slib met stedelijk afval in de, voor stedelijk afval, gebruikelijke installatie geeft afbeelding 6 een inzicht.



Afb. 5 - Stookwaarde van nat slib als functie van de stookwaarde van de droge stof Hu_d