

SUMMARY**Composting**

The number of sewage purification plants is rapidly increasing in the Netherlands. This has confronted us with the difficult problem how we must get rid of the ever increasing quantities of sewage sludge in a way which is acceptable in economic as well as in hygienic respect.

Fundamentally sewage sludge is a suitable material for the preparation of organic manure. The difficulty, however, is how to convert it in a cheap way into a product which can be easily spread and which does not contain disease germs and weed seeds which can germinate.

It has been proved that this can be achieved by biological self-heating (composting) when the sludge is mixed with fresh town refuse (either reduced in a grinding machine or not).

In theory it is possible that by this way the total quantity of sewage sludge which can be produced in the Netherlands can be worked up when the moisture content of the sludge is reduced to 70 - 80 %.

It is considered that the demand for the final product (compost derived from a mixture of town refuse and sewage sludge) will be big enough to give this method of sludge disposal a reasonable chance of success in the Netherlands.

Het drogen van slib door biologische zelfverhitting (composteren) *

Inleiding

Naarmate het aantal rioolwaterreinigingsinstallaties in ons land stijgt, worden wij in toenemende mate geconfronteerd met een nieuw afvalstofprobleem, nl. op welke wijze wij het rioolslib kwijt moeten raken [1].

In feite is het verwonderlijk dat rioolslib als een afvalstof wordt beschouwd. Rioolslib bevat immers vrij veel voor plantenwortels opneembare stikstof en fosfaat en verder gemakkelijk ontleedbare organische stof en vrij veel sporenelementen. Door deze eigenschappen is het in principe een geschikt materiaal om als meststof en bodemverbeteringsmiddel in land- en tuinbouw te worden gebruikt [2].

Aanvankelijk heeft men dan ook getracht aan rioolslib een landbouwkundige bestemming te geven. Op verscheidene plaatsen in de wereld (o.a. in de omgeving van Parijs en Berlijn en in ons land bij Tilburg) heeft men pogingen ondernomen om met het vloeibare slib cultuurgrond te bevloeien op gedraineerde grond. Een eventueel te veel aan water werd via de drainbuizen afgevoerd en het vruchtbare slib bleef op de grond lig-

gen. Deze wijze van slibafvoer was zeer eenvoudig en goedkoop en de resultaten waren aanvankelijk zeer bemoedigend. De gewasopbrengsten op de bevloede velden stegen aanzienlijk. Na verloop van 10 jaar stegen de opbrengsten echter niet meer en gingen deze zelfs achteruit en na nog eens 10 jaar wilde er op deze vloeivelden in het geheel niets meer groeien. Deze verschijnselen traden het eerst en het sterkst op langs de secundaire en tertiaire leidingen waar het meeste slib wordt afgezet.

Een door Rohde [3] op de Berlijnse vloeivelden ingesteld onderzoek bracht aan het licht dat de oorzaak van deze zgn. „bevloeiingsmoeheid” was gelegen in een te sterke accumulatie van zink en koper (maar vooral van zink) in de bovengrond. Deze beide elementen zijn in kleine hoeveelheden bevorderlijk voor de plantengroei, maar in grote hoeveelheden zijn zij toxisch. Zij vertonen een sterke affiniteit tot bepaalde humusprodukten die blijkbaar in rioolslib aanwezig zijn, vandaar dat zij moeilijk uitspoelen en vandaar dus de sterke accumulatie. Door kalk- en fosfaattoediening kan het schadelijke effect van zink- en koperovermaat tijdelijk worden opgeheven maar na betrekkelijk korte tijd treedt het weer opnieuw op en men kan niet ten eeuwigen dage doorgaan met kalk- en fosfaattoediening omdat

ook dat op den duur ongewenste gevolgen heeft.

Bevloeiing heeft dus niet de oplossing van het rioolslibverwijderingsvraagstuk gebracht.

Scheltinga [2] noemt in zijn in 1966 op de cursus „Slibverwerking” van de Stichting Postacademiale Vorming Gezondheidstechniek gehouden voordracht over de „Landbouwkundige waarde van slib” twee voorbeelden van installaties (één in Engeland en één in Duitsland) die een gedeelte van hun slib met behulp van tankwagens naar nabijgelegen landbouwbedrijven brachten en daar over het land spoten. Ik kan mij niet voorstellen dat deze wijze van afzet van slib in vloeibare vorm ooit een totale oplossing van het slibverwijderingsvraagstuk kan geven. In de eerste plaats omdat deze slibbemesting aan bepaalde seizoenen gebonden is. In de tweede plaats omdat alles in de naaste omgeving dient te worden afgezet, want als de rijafstanden te groot worden is de methode niet meer goedkoop. Maar bij afzet in de naaste omgeving zou men op den duur wel weer eens last van zinkovermaat kunnen krijgen. Voor ons land komt daar nog bij dat op de veehouderijbedrijven reeds een overmaat aan vloeibare mest in de vorm van gier en drijfmest wordt geproduceerd waarvoor onvoldoende afzet te vinden is zodat men soms genoodzaakt is

*) 2e Vakantiecursus in behandeling van afvalwater, gehouden door de Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde van de T.H. Delft, op 30 en 31 maart 1967. Les 4.

deze produkten in de sloot te laten lopen. Dit is weliswaar verboden, maar het gebeurt toch. Op eigen land kan men ze vaak niet gebruiken omdat de grond dan te rijk wordt aan kali en fosfaat hetgeen ongewenste gevolgen heeft voor het vee. Ook deze op zichzelf waardevolle vloeibare meststoffen zijn dus reeds „afvalstoffen” geworden en als daar nog vloeibaar rioolslib bij zou komen wordt de zaak beslist niet eenvoudiger.

Wij zijn dus van mening dat gebruik van vloeibaar slib in land- en tuinbouw geen perspectieven biedt voor de oplossing van het slibverwijderingsprobleem en dat is t.a.v. de vloeierven ook duidelijk gebleken.

De volgende voor de hand liggende stap is dan ook geweest het vloeibare slib zo goedkoop mogelijk langs natuurlijke weg te drogen op droogbedden. Daarmede kon men in ons klimaat het vochtgehalte van 95 % terugbrengen tot een vochtgehalte van ± 75 % en dit gaf een volumevermindering van ± 80 %. Men hield een modderig steekvast produkt over dat per m³ vijfmaal zo veel droge stof bevatte als het vloeibare slib en per m³ dus ook vijfmaal zo veel plantenvoedingsstoffen bevatte. Als meststof is steekvast slib dus veel waardevoller dan vloeibaar slib; het bemestings-effect van 1 m³ steekvast slib staat gelijk met dat van 5 m³ vloeibaar slib. Tot voor kort leverde de verkoop van steekvast slib geen moeilijkheden op. In een in 1959 door Den Dulk [4] uitgebracht intern rapport staat vermeld dat in 1950 al het in ons land geproduceerde steekvast rioolslib een landbouwkundige bestemming kreeg maar dat dit in 1959 reeds moeilijkheden opleverde, zelfs indien het gratis ter beschikking werd gesteld. Op dit moment is de produktie van steekvast slib alweer driemaal zo hoog als in 1959 en de prognose voor 1980 is volgens Scheltinga, aangehaald door Bos [5] 400.000 m³ of wel tienmaal zo groot als thans. Het probleem om aan dit slib een landbouwkundige bestemming te geven wordt dus met de dag moeilijker.

Deze moeilijkheden zijn een gevolg van de slechte verwerkbaarheid. De consistentie van steekvast rioolslib met 70 - 80 % vocht is zodanig dat het zich moeilijk gelijkmatig laat uitstrooien. Vroeger deed men dit met de hand en dan lukte het nog wel al kostte het veel tijd en moeite. Tegenwoordig doet men dit niet meer omdat arbeidskrachten schaars zijn en de lonen zeer hoog zijn opgelopen. Ook stalmest,

dat heel wat gemakkelijker hanteerbaar is dan steekvast slib, wordt niet meer met de hand gestrooid maar met een mechanische stalmeststrooier. Men heeft echter nog geen apparaat uitgevonden waarmede steekvast rioolslib zich mechanisch laat uitstrooien. En het gevolg is dat dit materiaal tegenwoordig praktisch onverkoopbaar is. Daar komt nog bij dat van droogbedden afkomstig slib nog een paar andere ongewenste eigenschappen heeft. Het bevat nl. veel kiemkrachtige onkruidzaden (vooral tomatenzaden), wat extra kosten voor onkruidbestrijding met zich brengt. En verder is op droogbedden gedroogd slib ook in hygiënisch opzicht een niet onbedenklijk materiaal omdat het levenskrachtige ziektekiemen bevat (o.a. bacteriën die tot de Salmonella-groep behoren en wormeieren) die bij mens en dier ziekten kunnen veroorzaken [6]. De openbare diensten die verantwoordelijk zijn voor de gezondheid van mens en dier tillen daar nogal zwaar aan en zulks naar ik uit zeer betrouwbare bron vernam, niet ten onrechte. Het merendeel van de in ons land voorkomende gevallen van zgn. buik- of zomergriep zijn lichte gevallen van paratyphus veroorzaakt door een Salmonella-soort en wij mogen van geluk spreken dat deze soort blijkbaar niet erg virulent is zodat er weinig buikgriepgevallen met dodelijke afloop voorkomen (alleen bij oudere en zwakke mensen). Niettemin is het gebruik van vloeibaar- en niet ontsmet steekvast slib voor bemestingsdoeleinden om deze reden in West-Duitsland verboden.

Concreet gesteld is het probleem dus als volgt: „Rioolslib zou een waardevolle organische meststof kunnen zijn indien op een of andere economisch verantwoorde manier het produkt, zoals het thans wordt afgeleverd en dat voor de praktijk onaanvaardbare eigenschappen bezit, zou kunnen worden veranderd in een produkt dat goed strooibaar is en dat geen kiemkrachtige onkruidzaden en ziektekiemen bevat.

De mogelijkheid hiertoe is aanwezig indien men het produkt onderwerpt aan natuurlijke of biologische zelfverhitting.

Biologische zelfverhitting [7, 8, 21]

Het zal u genoegzaam bekend zijn dat alle organische stoffen welke in de natuur ontstaan, nadat zij hun functie hebben verricht, weer langs natuurlijke weg worden afgebroken door microorganismen. Opbouw van orga-

nische stof en afbraak van organische stof houden elkaar in evenwicht. Indien deze afbraak niet zou plaats hebben zou reeds na 30 jaar het leven op aarde onmogelijk zijn geworden doordat alle in de atmosfeer aanwezige CO₂ waar de planten met behulp van het zonlicht suikers, zetmeel, cellulose, eiwitten enz. van maken, zou zijn opgebruikt en dan zou ook het dierlijke leven onmogelijk zijn.

De microorganismen zorgen ervoor dat de CO₂ welke in een bepaald tijdsverloop in de vorm van organische stof wordt vastgelegd in eenzelfde tijdsverloop aan de atmosfeer wordt teruggegeven waardoor het CO₂-gehalte van onze atmosfeer op een constant niveau van 0,03 % wordt gehandhaafd. Dit afbraakproces is in feite een oxydatieproces waarvoor dus zuurstof nodig is en waarbij de in de organische stof aanwezige koolstof geoxydeerd wordt tot CO₂. Het is dus een langzaam verbrandingsproces. Bij verbranding ontstaat warmte en bij dit langzame biologische verbrandingsproces ontstaat dus ook warmte welke voor een gedeelte omgezet wordt in energie die de microorganismen in staat stelt hun levensfunctie te verrichten en voor de rest wordt uitgestraald. Indien deze warmteuitstraling wordt belemmerd stijgt de temperatuur van het materiaal dat afgebroken wordt en dat noemt men natuurlijke of biologische zelfverhitting. Men kan dit biologische zelfverhittingsproces bewerkstelligen door organisch materiaal op een dusdanige wijze op hopen of ruggen op te stapelen dat voldoende atmosferische zuurstof kan toetreden voor een ongeremde aerobe biologische afbraak van het materiaal, terwijl anderzijds de warmteuitstraling dusdanig wordt afgeremd dat in het inwendige der hopen temperatuurstijging optreedt. Deze temperatuurstijging kan zo hoog oplopen dat het materiaal in brand vliegt hetgeen bij vuilnisbelten en hooibergen nogal eens voorkomt. De aard van het materiaal en de hoogte der hopen zijn bepalend voor de temperatuur welke wordt bereikt. Indien deze biologische zelfverhitting van organisch materiaal opzettelijk tot stand wordt gebracht met het doel van het uitgangsmateriaal een geschikte organische meststof te bereiden spreekt men van compostering en het eindprodukt noemt men compost. Compostbereiding wordt reeds uitgeoefend zolang er door de mensheid landbouw wordt bedreven. In China wordt het reeds 4000 jaar lang gedaan.

Men zal zich misschien afvragen waarom het nodig is van het uitgangsmateriaal compost te maken en waarom het niet als zodanig in de grond gewerkt kan worden zonder het eerst bovengronds een gedeeltelijke biologische afbraak te doen ondergaan. In de grond komen toch ook microorganismen voor die ditzelfde materiaal in de grond kunnen afbreken.

Het antwoord op deze vraag is dat vers organisch materiaal als regel te veel koolstof en te weinig stikstof bevat. Bij de afbraak van dergelijk materiaal wordt de koolstof door de microorganismen gebruikt als energiebron maar deze microorganismen hebben ook andere stoffen nodig en met name vooral veel stikstof om daarmee hun lichaamseiwitten te kunnen opbouwen. Stikstof is echter maar in mondjesmaat in het verse uitgangsmateriaal aanwezig en wordt volledig omgezet in bacterie-eiwit.

Aangezien bacteriën slechts een zeer korte levensduur hebben, rouleert deze stikstof in een composthoop; de stikstof van de afgestorven generaties bacteriën is weer beschikbaar voor de volgende generaties. In een composthoop heeft dus een relatieve stikstofverrijking van het uitgangsmateriaal plaats. De organische stof wordt afgebroken en neemt af, maar de stikstofvoorraad blijft in tact.

Indien ditzelfde proces zich *in* de grond zou afspelen zouden de bacteriën niet alleen de in het af te breken verse uitgangsmateriaal aanwezige stikstof gebruiken, maar ook de stikstof welke in de grond aanwezig is en dus zou er weinig of niets voor het te velde staande gewas overblijven en zou dit door stikstofgebrek gaan kwijnen.

Het doel van composteren is dus een dergelijke relatieve stikstofverrijking van het uitgangsmateriaal te bewerkstelligen dat na het in de grond brengen van het eindprodukt (de compost) het te velde staande gewas geen stikstofgebrek zal krijgen. De ervaring heeft geleerd dat het voldoende is om de C:N-verhouding van het uitgangsmateriaal te brengen op 15 à 20. Goede zgn. rijpe compost heeft dus een C:N-verhouding van 15 à 20. Is de C:N-verhouding hoger dan 20 dan is de compost nog niet rijp en kan dus N-gebrek bij het gewas veroorzaken. Is de C:N-verhouding lager dan 15 dan is de compost te ver verteerd en bevat dan te weinig organische stof.

Het nevenvoordeel van composteren is dat door de biologische zelfverhit-

ting de in het uitgangsmateriaal aanwezige onkruidzaden en ziektekiemen langs thermische weg worden gedood en waarschijnlijk ook langs antibiotische weg.

Voorwaarden waaronder biologische zelfverhitting optreedt

Om een biologische zelfverhitting van organisch materiaal tot stand te brengen dient het uitgangsmateriaal aan bepaalde voorwaarden te voldoen en dienen in de zgn. composthopen condities te heersen die het mogelijk maken dat aerobe micro-organismen ten volle hun activiteiten kunnen ontplooiën.

Deze voorwaarden zijn de volgende:

1. Het materiaal moet energierijk zijn.

Indien dat niet het geval is ontstaat te weinig warmte.

2. Het materiaal moet gemakkelijk biologisch aantastbaar zijn. Hout b.v. is zo moeilijk aantastbaar dat het niet voor compostbereiding in aanmerking komt. Hetzelfde is het geval met b.v. veen, plastic en eikenblad. Dit laatste bevat te veel looizuur en als men dit neutraliseert door kalk toe te voegen verloopt de compostering vlot. Ook materiaal dat aseptische stoffen bevat (zoals dennennaalden die terpentijn bevatten) verteert moeilijk.

3. Het materiaal moet gemakkelijk toegankelijk zijn, d.w.z. het soortelijk oppervlak moet zo groot mogelijk zijn of m.a.w. de deeltjesgrootte moet zo klein mogelijk zijn. Het duurt jaren voordat een compleet telefoonboek in een composthoop is verteerd, maar als ditzelfde telefoonboek van te voren is versnipperd, is het zo weg. De deeltjes mogen ook weer niet te klein zijn, anders is de luchttoetreding onvoldoende.

4. Er moet in de composthopen voldoende vocht aanwezig zijn. Met voldoende wordt hier bedoeld niet te veel en niet te weinig. Te veel vocht betekent doorgaans te weinig lucht. Te droog materiaal wordt niet aangetast en moet van te voren worden bevochtigd. Een vochtgehalte van 50 - 55 % bij het opzetten der composthopen is voor de meeste materialen (o.a. voor stadsvuil) ideaal.

5. Er moet voldoende zuurstof in de composthopen aanwezig zijn. Dit is een zeer belangrijk punt waarover iets langer zal worden uitgeweid. Zoals reeds gezegd is biologische zelfverhitting een langzaam verbrandingsproces en voor verbranding is zuurstof nodig. Het voornaamste verbrandingsgas dat

daarbij ontstaat is CO₂. Zoals u bekend zal zijn bevat atmosferische lucht 20 % zuurstof en slechts 0,03 % CO₂. De som van deze beide componenten is dus rondweg 20. Op het moment dat een composthoop wordt opgezet bevat de daarin aanwezige lucht dus ook 20 % O₂ en vrijwel geen CO₂. In een composthoop van verkleind stadsvuil vindt men na 24 uur op 1 - 1½ m diepte echter nog slechts ± 1 % zuurstof en ± 19 % CO₂ (de som van deze beide componenten blijft ± 20 zo lang er nog vrije zuurstof aanwezig is en de toestand dus nog niet volledig anaeroob is). Hoe dichter men aan de buitenzijde van de hoop komt hoe hoger het O₂-gehalte is en hoe lager het CO₂-gehalte. Een en ander houdt natuurlijk verband met de diffusiesnelheid. Aan de buitenzijde wordt de verbruikte zuurstof gemakkelijker en sneller door verse zuurstof vervangen dan binnenin.

Gerretsen [9] heeft aangetoond dat een zuurstofgehalte van 4 % voldoende groot is voor een exotherme aerobe afbraak van organisch materiaal in composthopen en dat de snelheid waarmee die afbraak plaats heeft bij 4 % zuurstof zelfs niet geringer is dan bij 20 % (gemeten naar de hoeveelheid O₂ welke per tijdseenheid wordt verbruikt). Daalt het zuurstofgehalte beneden de 4 % dan treedt vertraging in de afbraak op doordat het aerobe afbraakproces (waarbij warmte vrij komt) langzamerhand plaats maakt voor een langzamer verloopend anaeroob afbraakproces waarbij geen of weinig warmte vrij komt en dus geen of weinig biologische zelfverhitting optreedt.

In theorie mogen composthopen dus zo hoog gemaakt worden dat op de diepste plaats het zuurstofgehalte niet beneden de 4 % daalt. In werkelijkheid worden ze wat hoger gemaakt en wel om de volgende redenen: In de eerste plaats worden composthopen tijdens het composteringsproces minstens 2x omgezet, zodat verwacht mag worden dat na afloop van de compostering al het materiaal wel gedurende een zekere periode aan de vereiste hoge temperaturen blootgesteld is geweest. Dit is niet alleen nodig voor de binnenste zone waar onvoldoende zuurstof kon toetreden, maar ook voor de buitenste laag waar meer dan voldoende zuurstof toetreedt maar waar de warmteuitstraling zo groot is dat om die reden de vereiste hoge temperaturen niet kunnen worden bereikt.

In de tweede plaats worden de hopen hoger gemaakt om ruimte uit te sparen want op de meeste compostbedrijven heerst gebrek aan ruimte. Mits voldoende vaak wordt omgezet bestaat er tegen deze hogere hopen ook niet het minste bezwaar.

In Nederland hebben wij met het composteren van stadsvuil veel ervaring [10]. Er bestaan in ons land 15 compostbedrijven en ca. 25 % van het Nederlandse stadsvuil wordt gecomposteerd. Hierbij worden 2 systemen toegepast. Volgens het ene systeem wordt het vuil eerst mechanisch verkleind alvorens het op hopen wordt gezet om te composteren. Door het verkleinen treedt een volumevermindering van ca. 50 % op; het volumegewicht van vers onverkleind huisvuil is ongeveer 0,2 en van vers verkleind huisvuil $\approx 0,4$. In theorie mag de hoogte der composthopen van verkleind huisvuil $1\frac{1}{2}$ m zijn, doch in werkelijkheid gaat men tot 2 m. Bij het zgn. van Maanen-systeem wordt het vuil in onverkleinde toestand gecomposteerd en daarbij mag het vuil veel hoger worden opgestapeld omdat in onverkleind vuil veel meer en veel grotere holten voorkomen en de luchtverversing tot op grote diepte voldoende is.

Ervaringen met biologische zelfverhitting van rioolslib

Wij komen nu weer terug op rioolslib. De vaste organische stof in rioolslib is zeer geschikt voor exotherme biologische afbraak maar de moeilijkheid zit in de slechte consistentie van het gedeeltelijk ontwaterde steekvast slib zoals het door de rioolwaterreinigingsinstallaties wordt afgeleverd met 70 - 75 % water. Een hoop van dit materiaal wordt een compacte massa waarin geen lucht kan toetreden zodat de afbraak anaeroob verloopt zonder noemenswaardige temperatuurstijging waarbij afschuwelijk ruikende organische afbraakproducten ontstaan.

Rohde en Böhme [11, 12] zijn er in Oost-Berlijn in geslaagd om een op een droogbed gelegen 20 cm dikke laag steekvast niet uitgerot slib op een vochtgehalte van 50 - 55 % te brengen. Zij deden dat door het slib herhaaldelijk om te ploegen, te eggen en te frezen. Na ca. 2 maanden verkregen zij op deze wijze een vast produkt met 50 - 55 % vocht dat zich gemakkelijk liet verkrumelen. Op hopen gezet trad in dit materiaal biologische zelfverhitting tot 60 °C op en na afloop van het composteringsproces kwamen geen ziektekiemen en kiemkrachtige on-

kruidzaden meer in het materiaal voor. Op zichzelf is de methode interessant en de moeite van het proberen waard. Wij vrezen echter dat deze methode in ons koele en regenrijke klimaat gedoemd is te mislukken en bovendien zal het vele malen ploegen, eggen en frezen niet goedkoop zijn. Voor een goede vergisting van stadsvuil is het nodig dat de composthopen op een vochtgehalte van 50 - 55 % worden gebracht en daarom wordt water toegevoegd. In plaats van met water kan men de hopen ook met vloeibaar rioolslib bevochtigen. Dit is zonder meer mogelijk en het wordt hier en daar al met succes toegepast. De hoeveelheid huisvuil is echter te gering om op deze wijze al het rioolslib van een stad weg te werken, gesteld dat deze stad een compostbedrijf zou bezitten. Op deze wijze kan ongeveer 30 % van het huishoudelijke slib worden weggewerkt; het industriële slib dus niet meegerekend.

Om al het slib op deze wijze kwijt te raken moet het worden voorgedroogd tot een steekvast produkt. Het mengprobleem wordt dan moeilijker maar dit is wel op te lossen. De mengverhouding moet dusdanig zijn dat indien het mengsel op hopen wordt gezet deze hopen een dusdanig groot poriënvolume bevatten dat voldoende lucht kan toetreden voor een aerobe vergisting met warmte-ontwikkeling. Men kan in plaats van met stadsvuil het slib eventueel ook met andere materialen mengen.

Indien met verkleind stadsvuil wordt gemengd [13] dient de menging na de verkleining plaats te vinden. Het verkleinen van stadsvuil gaat nl. altijd gepaard met zeven en als er rioolslib bij is verstoppen de zeefgaten en als het zeven in roterende zeven geschiedt vormen zich ballen van rioolslib die niet door de zeefgaten vallen.

Proeven welke door Knoll en Strauch [14, 15, 16], op het Hygiënisch Instituut van de Universiteit in Giessen zijn genomen met aerobe vergisting van steekvast niet uitgerot slib hebben aan het licht gebracht dat indien de temperaturen gedurende een aaneengesloten periode van 7 dagen 50 °C of hoger waren of gedurende 10 dagen 45 °C of hoger, alle in het slib aanwezige, pathogene ziektekiemen (die daar opzettelijk waren ingebracht) waren gedood. Daarbij is gebleken dat deze desinfectie niet alleen een gevolg was van temperatuurstijging, maar voor een belangrijk deel berustte op het ontstaan van antibiotische stoffen tijdens de vergisting.

Knoll en Strauch verkregen deze hoge temperaturen in mengsels van steekvast slib en vers verkleind stadsvuil in hopen van $1\frac{1}{2}$ m hoogte.

In 1965 werden er door de Stichting „Compost” [17] in Arnhem uitgebreide proeven genomen met steekvast niet uitgerot slib (afkomstig uit Eindhoven) dat in verschillende verhoudingen werd gemengd door:

- a. verkleind vers stadsvuil, afkomstig uit Arnhem;
- b. stadsvuilcompost (dat is dus reeds vergist stadsvuil) eveneens afkomstig uit Arnhem;
- c. tuinturf, dat is een veenprodukt dat veel in de bloemisterij gebruikt wordt o.a. voor het maken van potgrond.

Van deze 3 materialen is het eerste energierijk en biologisch aantastbaar; het tweede eveneens biologisch aantastbaar maar energie-arm en het 3e biologisch onaantastbaar. Indien er in de mengsels van slib met de beide laatste materialen biologische zelfverhitting zou optreden dan is dit dus uitsluitend of vrijwel uitsluitend een gevolg van het daarin aanwezige slib. Indien dit zou lukken wordt de materiaalkeuze belangrijk ruimer.

In onze proeven hebben wij de door Knoll gestelde temperatuureisen voor het verkrijgen van een hygiënisch verantwoord eindprodukt belangrijk verscherpt. Wij zijn nl. van mening dat deze temperaturen zowel vóór als na de eerste keer omzetten moeten optreden gedurende de vereiste periode, omdat in de buitenlaag (door de sterke warmteuitstraling) en op grotere diepte (door geringe zuurstoftoevoer) de temperaturen lager blijven. Als na het omzetten de vereiste temperaturen opnieuw worden bereikt gedurende de vereiste periode mag men redelijkerwijze aannemen dat al het materiaal van de hoop daaraan blootgesteld is geweest.

In totaal werden er in de proeven in Arnhem 25 proefhopen van $1\frac{1}{2}$ m hoogte opgezet waarin de reeds genoemde materialen met steekvast slib werden gemengd in de volgende 8 mengverhoudingen: 1:0; 1: $\frac{1}{3}$; 1: $\frac{1}{2}$; 1: $\frac{2}{3}$; 1:1; 1: $1\frac{1}{2}$; 1:2 en 1:3.

Deze mengverhoudingen zijn volumeverhoudingen; het 2e cijfer geeft het aandeel van het slib in het mengsel weer. De volgende mengsels bereikten de door Knoll gestelde temperatureisen zowel vóór als na de 1e keer omzetten (dit omzetten gebeurde na 4 weken).

Bijmenging materiaal

	Mengverhouding		Strooibaarheid (na 3 maanden composteren)
	in gewicht	in volume	
stadsvuilcompost	1 : 1	1 : 1.1	7
verkleind vers stadsvuil	1 : 0	1 : 0	10
verkleind vers stadsvuil	1 : 1/3	1 : 2/3	8
verkleind vers stadsvuil	1 : 1/2	1 : 1	8
verkleind vers stadsvuil	1 : 2/3	1 : 1 1/3	8
verkleind vers stadsvuil	1 : 1	1 : 2	7 1/2

Uit deze cijfers blijkt het volgende:

1. *Tuinturf* is geen geschikt materiaal om met steekvast rioolslib te worden gemengd.

2. *Stadsvuilcompost* (gecomposteerd stadsvuil dus) kan in een volumeverhouding van 1 : 1 met steekvast slib worden gemengd. Alleen bij deze mengverhouding treden de vereiste temperaturen gedurende de vereiste tijd op. Indien minder slib wordt toegevoegd is het mengsel te arm aan energierijk materiaal; indien meer wordt toegevoegd wordt het mengsel te nat en te compact zodat er onvoldoende lucht kan toetreden.

3. *Vers verkleind stadsvuil* kan in alle mengverhoudingen tot een maximum van 1 : 1 in volume (1 : 2 in gewicht) met steekvast rioolslib worden gemengd.

4. De *strooibaarheid* van het eindprodukt gaat door het bijmengen van steekvast rioolslib achteruit. De waarderingscijfers voor de strooibaarheid werden als volgt vastgesteld: Van de eindprodukten werden ballen gekneed en deze ballen lieten wij vanaf een hoogte van 1 m op een stenen vloer vallen. De strooibaarheid werd beoordeeld naar het aantal brokstukken waarin de ballen uiteenvielen. Uitsluitend rioolslib kreeg een waardering van 0 en stadsvuilcompost zonder slibbijmenging kreeg een waardering van 10. Het is evident dat de strooibaarheid van stadsvuilcompost door het bijmengen van steekvast slib minder wordt.

Een waardering van 7 werd door ons echter aanvaardbaar geacht en zal naar onze mening door de afnemers worden geaccepteerd. Een dergelijk produkt is mechanisch met een stal-meststrooier uit te strooien.

Een groot deel van de in ons land geproduceerde stadsvuilcompost wordt volgens het van Maanen-systeem bereid, waarbij het stadsvuil in onverkleinde vorm in 6 tot 10 m hoge hopen wordt vergist. Ook dit onver-

kleinde vuil kan blijkens door de Stichting „Compost” genomen proeven [17] zonder bezwaar met steekvast rioolslib worden gemengd, tot een maximale gewichtverhouding van 1 onverkleind stadsvuil : 1 steekvast rioolslib (de volumeverhouding is dan ca. 1 : 1/4).

Voor de volledigheid dien ik u te wijzen op een in Schweinfurt [18] toegepaste biologische droogmethode welke het „Brikollare-Verfahren” wordt genoemd, welke methode door Caspari werd ontwikkeld. Hierbij wordt vers verkleind stadsvuil gemengd met steekvast niet uitgerot slib in een gewichtsverhouding van 3 à 4 delen verkleind stadsvuil op 1 deel steekvast slib. Van dit mengsel worden briketten geperst met de afmetingen van 30 x 30 x 10 cm. Dit briket-teren geeft een volumevermindering van 50 %. De briketten worden in kubusvormige stapels opgesteld. De kubussen hebben afmetingen van 1,20 x 1,20 x 1,20 m en bevatten 160 briketten. Het vochtgehalte in de briketten bedraagt 45 %. In deze kubusvormige stapels treedt een dergelijke biologische zelfverhitting op met temperaturen tussen 50 en 70 °C, dat reeds na 3 à 4 weken het vochtgehalte van 45 % is gedaald tot 11 à 18 %. Op dit punt gekomen stagneert de biologische afbraak door gebrek aan vocht en op gevoel en gezicht beoordeeld is het materiaal dan ook kurkdroog en zou men het uitstekend kunnen verbranden. Voor landbouwkundig gebruik is het materiaal dan echter nog niet voldoende ver verteerd en moet men de briketten opnieuw bevochtigen waarna weer opnieuw biologische zelfverhitting optreedt. Volgens Glathe en Knoll is reeds na de eerste broeiperiode van 3 à 4 weken het materiaal vrij van ziektekiemen.

De methode is interessant maar vermoedelijk niet goedkoop. Wij vernemen dat er ook in Amerika mee wordt geëxperimenteerd, doch men wist ons niet te zeggen waar.

Kwantitatieve beschouwing van het slibverwijderingsprobleem

Uit het voorgaande is gebleken dat slibverwijdering door middel van biologische zelfverhitting mogelijk is door dit slib te mengen met al of niet verkleind stadsvuil en dit mengsel te composteren. Er wordt dan een organische meststof verkregen welke in chemisch, fysisch en hygiënisch opzicht bruikbaar en aanvaardbaar moet worden geacht.

Volgens de *slibenquête 1965* [19] is de produktie van steekvast slib in ons land 35 - 40 l per inwoner-aequivalent per jaar. Dit schijnt een tamelijk constant cijfer te zijn.

Scheltinga taxeert de totale produktie van steekvast slib in het jaar 1980 voor ons land op 400.000 m³ of wel 320.000 ton (het s.g. van steekvast slib is ±0,8). De produktie van huis- en straatvuil (dus exclusief industrievuil) bedraagt momenteel 1 m³ per inwoner per jaar met een s.g. (in onverkleinde vorm) van 0,2. Aannemende dat ons land in 1980 15 miljoen inwoners zal tellen en dat de huisvuilproduktie per inwoner nòch in gewicht, nòch in volume zal stijgen (wat ongetwijfeld wèl het geval zal zijn) zal de totale huisvuilproduktie in 1980 15.000.000 m³ of wel 3.000.000 ton bedragen (met industrievuil meegerekend komen wij op veel hogere bedragen).

De verhouding totaal huisvuil : totaal steekvast slib zou in 1980 dus ongeveer 35 : 1 in volume en 10 : 1 in gewicht moeten bedragen.

Indien wij aannemen dat in 1980 50 % van het Nederlandse stadsvuil zal worden verbrand (momenteel is dat nog geen 20 %), dan wordt de verhouding van het overblijvende vuil tot steekvast slib ca. 17 : 1 in volume en 5 : 1 in gewicht.

Op de compostbedrijven wordt het zgn. onverwerkbaar vuil in de verkleiningsinstallaties van de rest afgescheiden. Dit onverwerkbaar vuil bestaat uit blikken, flessen, schoenen, stenen, hout, rubber- en plasticvoorwerpen enz. Dit aandeel bedraagt momenteel ca. 30 % in gewicht en ca. 20 % in volume. Wederom aannemende dat dit aandeel in 1980 zowel in gewicht als in volume 50 % zal bedragen houden wij aan tot compost verwerkbaar huisvuil over 3.750.000 m³ of wel 750.000 ton en wordt de verhouding tot steekvast slib ruim 9 : 1 in volume en 2 1/2 : 1 in gewicht. Door de verkleining van het vuil op de compostinstallaties neemt het volume nogmaals met 50 % af en uiteindelijk houden wij dus over 1.875.000

m³ vers verkleind huisvuil welke 750.000 ton weegt.

Hier staat 400.000 m³ steekvast slib tegenover met een gewicht van 320.000 ton. De verhouding verwerkbaar verkleind huisvuil : steekvast slib zal volgens deze berekening in 1980 dus ongeveer 4½ : 1 in volume en 2½ : 1 in gewicht bedragen.

Uit de door de Stichting „Compost” genomen proefnemingen is gebleken dat een goede vergisting bij hoge temperaturen en een aanvaardbaar eindprodukt kan worden verkregen indien vers verkleind huisvuil met steekvast slib wordt gemengd in een volumeverhouding van 1 : 1 of een gewichtsverhouding van ½ : 1. Hieruit blijkt dus dat de hoeveelheid geproduceerd huisvuil meer dan groot genoeg is om in 1980 al het Nederlandse rioolslib in steekvaste vorm op te nemen en via biologische zelfverhitting (compostering) tot een organische meststof te verwerken. Hierbij is aangenomen dat in 1980 50 % van het stadsvuil wordt verbrand en dat van het restant slechts 50 % geschikt is om tot compost te worden verwerkt. In feite zou 200.000 ton verkleind huisvuil reeds voldoende zijn om de voor 1980 geschatte 400.000 ton steekvast slib op te nemen. Tezamen zou dit 600.000 ton gemengd produkt geven. Tijdens de compostering treedt een gewichtsverlies van ca. 15 % op door vocht- en organische stof-verlies. Er blijft van deze 600.000 ton dus rond 500.000 ton rioolslib-stadsvuilcompost over.

De vraag kan worden gesteld of deze hoeveelheid door land- en tuinbouw kan worden opgenomen, een vraag welke gisteren ook reeds door Ir. Zijlstra aan de orde werd gesteld.

Momenteel wordt er in ons land jaarlijks 200.000 ton stadsvuilcompost geproduceerd, welke hoeveelheid zonder moeite wordt afgezet.

Volgens een in opdracht van de Stichting „Compost” in 1960 door een studiegcommissie onder voorzitterschap van Professor Schuffelen uitgebracht rapport [20] is de compostbehoefte in ons land 1.200.000 ton.

Redelijkerwijs mag dus worden aangenomen dat er voor 500.000 ton rioolslib-stadsvuilcompost in ons land emplot te vinden is.

Een absolute voorwaarde voor het welslagen van deze afzet is dat de verkoop wordt opgedragen aan zo mogelijk één grote goed geleide verkooporganisatie (liefst niet meer), die ervaring heeft op dit gebied.

De reden dat in het buitenland de compostbereiding vrijwel overal op

een fiasco is uitgelopen is gelegen in het feit dat iedere stad afzonderlijk trachtte op eigen houtje zijn compost kwijt te raken, wat tot chaotische toestanden leidde. Verkopen is een vak en de meeste bedrijfsleiders van compostbedrijven kennen dat vak niet. Dat het in Nederland wel lukt komt doordat in ons land vrijwel de gehele compostproduktie wordt verkocht door één organisatie welke beschikt over bekwame vertegenwoordigers die verstand hebben van land- en tuinbouw en de gebruiksmogelijkheden van compost kennen en dus in staat zijn hun afnemers te instrueren en van advies te dienen.

Samenvatting en conclusies

Door het in snel tempo groeien van het aantal rioolwaterreinigingsinstallaties worden wij in toenemende mate geconfronteerd met het vraagstuk hoe het rioolslib verwijderd en onschadelijk gemaakt moet worden.

Literatuur

1. Braun, R., *Problems of sludge disposal-Proceedings 3rd International Congress on Treatment and Disposal of refuse and sewage sludge*, Trente 1965.
2. Scheltinga, H. J. M., *Landbouwkundige waarde van slib - Voordracht Cursus Stichting Postacademiale Vorming Gezondheidstechniek, 1965-1966*.
3. Rohde, G., *Spurenelementanreicherung verursacht Rieselmüdigkeit*. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, jrg. 11 (1961) Heft 11.
4. Dulk, P. R. den, *Nota over de mogelijkheid van mengen van zuiverings-slib door stadsvuilcompost*. Intern rapport uitgebracht aan de Stichting „Compost”, 1959.
5. Bos, L. K., *Zuiverings-slib, herkomst en bestemming*. Literatuuroverzicht nr. 30 van het Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen 1966.
6. *Rapport inzake het Salmonellosevraagstuk*. Verslagen en Mededelingen betreffende de Volksgezondheid nr. 3, maart 1964.
7. Glathe, H., *Die Selbsterhitzungsvorgänge in der Natur - Zentralblatt für Bakteriologie II Abt., Bd. 113, 1959*.
8. Niese, G., *Mikrobiologische Untersuchungen zur Frage der Selbsterhitzung organischer Stoffe - Archiv für Mikrobiologie 34, 1959*.
9. Gerretsen, F. C., *Beoordeling van de rijpheidsgraad van compost met behulp van een zuurstofelectrode - Verslag van de proefnemingen van de Stichting „Compost” over het jaar 1963*.
10. Teensma, B., *De bereiding en het gebruik van stadsvuilcompost in Nederland*. Uitgave Stichting „Compost”, 1960.
11. Böhme, L., *Die Kompostierung von nicht ausgefautem Klärschlamm*. Informationsblatt Nr. 27 (augustus 1966) der Internationale Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung.
12. Böhme, L., *Kompostierung von Klärschlamm nach den Verfahren der „Natürlichen Kompostierung”*. Die Deutsche Landwirtschaft, Heft 12 (december 1957).
13. Straub, H., *Kompostierung von Schlamm und Müll - Vortragsveröffentlichungen der Tagung über gemeinsame und getrennte Behandlung von Klärschlamm und Müll; Essen, 1965*.
14. Knoll, K. H., *Beitrag zum Thema „Klärschlammproblem” - Informationsblatt nr. 24 der Internationale Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung, september '65*.
15. Strauch, D. und Knoll, K. H., *Beitrag zum Thema „Klärschlammproblem” - Informationsblatt nr. 24 der Internationale Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung, sept. '65*.
16. Strauch, D., *Veterinärhygienische Untersuchungen bei der Verwertung fester und flüssiger Siedlungsabfälle*. Schriftenreihe a.d. Gebiete öffentlichen Gesundheitswesens, Heft 18, Thieme Verlag, Stuttgart 1964.
17. Teensma, B., *Onderzoekingen op het gebied van gezamenlijke compostering van stadsvuil en rioolslib - Verslag van de Proefnemingen over het jaar 1965 van de Stichting „Compost”*.
18. Gerretsen, F. C., *Verslag van een bezoek aan de stadsvuil-slibverwerkingsinstallatie te Schweinfurt - Intern rapport 1962*.
19. *Rapport Slibenquête 1965 der Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering*.
20. *Rapport inzake de behoefte aan stadsvuilcompost in Nederland*. Uitgave Stichting „Compost”, 1960.
21. Glathe, H. und Farkasdi, G., *Biologie und Hygiene der Kompostierung - Handbuch über Müll- und Abfallbeseitigung, 1964-1966 Band 1, Erich Schmidt Verlag, Berlin*.

Rioolslib heeft eigenschappen die het in principe een geschikte grondstof voor de bereiding van organische mest doen zijn. De moeilijkheid is om het op goedkope wijze zo ver te doen drogen dat een gemakkelijk strooibaar produkt wordt verkregen dat vrij is van ziektekiemen en kiemkrachtige onkruidzaden.

Gebleken is dat dit laatste door biologische zelfverhitting (compostering) kan worden bereikt indien rioolslib wordt gemengd met al of niet verkleind vers stadsvuil.

Potentieel is de mogelijkheid aanwezig om al het in ons land geproduceerde rioolslib op deze wijze te verwerken, mits het vochtgehalte van het slib op 70 - 80 % wordt gebracht.

De afzetmogelijkheden van het verkregen eindprodukt (rioolslib - stadsvuilcompost) zijn naar alle waarschijnlijkheid groot genoeg om deze wijze van slibverwerking een redelijke kans van slagen te geven.