

Slam fra spildevandsanlæg

RAPPORT FRA EN ARBEJDSGRUPPE

Miljøstyrelsen, februar 1975

**Rapport om slam og faststof fra spildevand.
Karakterisering og forslag vedrørende håndtering,
transport og slutdisponering.**

Rapport fra en arbejdsgruppe,
nedsat af miljøstyrelsen.
Rapporten afsluttet februar 1975.

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

ISBN 87 503 1712 1
Fu 00-63
Scantryk (01) 30 06 01

0.1	INDLEDNING	1
0.2	SAMMENDRAG OG KONKLUSIONER	3
1	MÆNGDER AF SLAM, SAND OG RISTESTOF	5
1.1	Antallet af personækvivalenter	7
1.2	Enhedsmængder af slam, sand og ristestof	9
1.3	Totale mængder slam	10
1.4	Referencer	11
2	KARAKTERISERING AF SLAM	12
2.1	Fysisk karakteristik	13
2.2	Kemisk karakteristik	14
2.3	Mikrobiologisk karakteristik	18
2.4	Referencer	22
3	BEHANDLINGSMETODER	24
3.1	Metodeoversigt	25
3.2	Metodeblade	27
3.3	Kommentar til metodebladene	45
3.4	Referencer	45
4	SLUTDISPONERING AF SLAM	48
4.1	Spredning i omgivelserne	50
4.2	Koncentrering i omgivelserne	61
4.3	Referencer	67
5	HÅNTERING OG SLUTDISPONERING AF RISTESTOF, SIGTESTOF OG SAND	68
5.1	Ristestof	69
5.2	Sigtestof	70
5.3	Sand fra renseanlæg	71
6	ANDRE SLAMTYPER OG FAST STOF FRA SPILDEVAND	73
6.1	Andre slamtyper og fast stof fra spildevandsrenseanlæg	74
6.2	Andre slamtyper og fast stof, der ikke fremkommer på spildevandsrenseanlæg	75

7	LOVBESTEMMELSER M.M., VEDRØRENDE BORTSKAFFELSE AF SLAM	80
7.1	Slam m.m. fra offentlige spildevandsanlæg	81
7.2	Slam fra afløbsinstallationer, hustanke, samletanke, afløbsledninger, afløbsrender, nedløbsbrønde m.m.	82
7.3	Transport af slam	83
7.4	Risici for personale	84
8	FORSLAG TIL VIDERE ARBEJDE	85
9	SYMBOL- OG ORDFORKLARING	97

BILAG:

I	"Terminologi, systematik." Af lektor, civilingeniør Jens Aage Hansen.	108
II	"En opgørelse af mængder slam, sand og ristestof fra offentlige rensningsanlæg." Af civilingeniør Erik Bagge Kristoffersen.	114
III	"Smitterisiko i forbindelse med slamdisponering." Af professor, dr. med. vet. Aage Jepsen.	128
IV	"Slamdisponering på dyrket jord." Af professor, dr. agro. Sigurd Larsen.	140
V	Skema, "Disponering af slam fra kommunale spildevandsrenseanlæg."	148

0.1 INDLEDNING.

I november 1973 nedsatte miljøstyrelsen en arbejdsgruppe, som fik følgende kommissorium:

- 1) Arbejdsgruppen skal foretage en opgørelse af aktuelle og prognosticerede mængder slam fra offentlige rensningsanlæg.
- 2) Arbejdsgruppen skal fremkomme med en typeopdeling af slammet.
- 3) Arbejdsgruppen skal udrede de i dag anvendte behandlingsmetoder, og udarbejde retningslinier for den fremtidige bortskaffelse af de opstillede slamtyper.

Arbejdsgruppen fik følgende sammensætning:

Direktør Willy Brauer (formand)	Amagerforbrænding I/S og Kommunekemi
Direktør, civ.ing. Jørn-Chr. Gren	Avedøre Kloakværk I/S
Lektor, civ.ing. Jens Aage Hansen	Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole
Civilingeniør Kjeld Jenslev	Vestforbrænding I/S
Professor, dr.med.vet. Aage Jepsen	Institut for veterinær mikrobiologi og hygiejne, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Professor, dr.agro. Sigurd Larsen	Afdeling for planternes ernæring, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Stadsingeniør, civ.ing. Tyge Lous	Stadsingeniørens kontor, Silkeborg
Afløbschef, civ.ing. Kjeld J. Lunn	Afløbskontoret, København
Professor, dr.phil. Hans Pauly	Mineralogisk Institut, Danmarks tekniske Højskole
Civilingeniør Kirsten Warnøe (sekretær)	Miljøstyrelsen

Landskonsulent, cand. agro. Kaj Skriver har bistået arbejdsgruppen med jordbrugsfaglig viden, og har deltaget i en række af arbejdsgruppens møder. Civilingeniør Erik Bagge Kristoffersen har i en periode arbejdet for gruppen, specielt vedrørende opgørelsen af mængder slam, sand og ristestof, og behandlingsmetoder for slam. Indtil sin fratreden fra miljøstyrelsen i april 1974 fungerede cand. scient. Anne Bülow-Olsen som sekretær for arbejdsgruppen.

Arbejdsgruppen, der holdt sit 1. møde 14. november 1973, har i alt holdt 15 plenarmøder. Derudover har der været holdt møder i mindre udvalg af gruppens medlemmer.

I rapporten er anvendt en del fagudtryk og forkortelser for at fremme entydighed og overskuelighed. I kapitel 9 er givet en forklaring på ord og symboler.

Referencer findes efter hvert afsnit og angives med et tal mellem 2 skråstreger, f.eks. /3/.

Rapporten omfatter yderligere 4 bilag med tilhørende referencer:

- Bilag I: "Terminologi, systematik."
Af lektor, civilingeniør Jens Aage Hansen.
- Bilag II: "En opgørelse af mængder slam, sand og ristestof fra offentlige rensningsanlæg."
Af civilingeniør Erik Bagge Kristoffersen.
- Bilag III: "Smitterisiko i forbindelse med slamdisponering."
Af professor, dr. med. vet. Aage Jepsen.
- Bilag IV: "Slamdisponering på dyrket jord."
Af professor, dr. agro. Sigurd Larsen.

Disse bilag udgør specielle redegørelser, som danner basis for visse af rapportens kapitler. Til disse bilag findes derfor ligeledes en henvisning efter enkelte afsnit.

I bilag V har arbejdsgruppen i skemaform opstillet de betingelser, som den finder, bør gælde for forskellige slutdisponeringer af slam.

Skemaet, bilag V, bør kun opfattes som en form for resumé af rapporten, og det bør ikke betragtes som en selvstændig anvisning.

0.2 SAMMENDRAG OG KONKLUSIONER.

Rapporten omhandler de affaldsstoffer, som opstår i forbindelse med rensning af spildevand. Den omhandler i overvejende grad slam, som fremkommer i betydelige mængder, hvorimod ristestof, sand og sigtestof kun omtales i begrænset omfang, i overensstemmelse med den mindre mængde heraf.

Det skal understreges, at det i kapitlet om behandlingsmetoder har været hensigten at fremhæve sådanne oplysninger, som har relation til slammets efterfølgende slutdisponering. Ligeledes er der i kapitlet om slutdisponering afstukket principielle retningslinier for, hvorledes og med hvilke begrænsninger slammet kan slutdisponeres.

Ved udarbejdelsen af rapporten har arbejdsgruppen ikke set det som sin opgave at anbefale bestemte måder til slambehandling, eller bestemte metoder til slams slutdisponering. Valget af metoder vil være afhængigt af mange forhold, herunder renseanlæggets størrelse og det derværende spildevand, måden, vandet renses på, og de muligheder, der på stedet - eller i nærheden - byder sig til, for slammets slutdisponering.

Slambehandling og slutdisponering af slam er en væsentlig del af den samlede vandrensingsproces, og beslutninger om rensemetoder m.m. må bl.a. tage deres udgangspunkt i den på det pågældende sted særligt begrundede form for slutdisponering af slammet.

En betydelig del af rapporten beskæftiger sig med slams udbringning på landbrugsjord, og med de hertil knyttede problemer. Det er arbejdsgruppens opfattelse, at der på nogle punkter savnes viden om forskellige slamtypers gode og dårlige egenskaber til jordbrugsformål, uanset at denne slutdisponering har været anvendt i mange lande lige så længe, som spildevandsrensning er blevet praktiseret.

Man har ikke fundet den hidtidige hjemlige og udenlandske praksis på dette felt tilstrækkeligt begrundet under hensyn til risici, gødningsværdi m.m., men har fundet de i rapporten angivne grænseværdier for slams udbringning på jord motiverede, ud fra de senest kendte undersøgelser af forholdene.

Da det, ud fra ressourcebetragtninger, og ud fra økologiske betragtninger, synes tiltalende at føre disse affaldsstoffer tilbage i et hensigtsmæssigt kredsløb, vil det formentligt være ønskeligt, om slams udbringning på jorden kunne finde en form, hvor såvel økonomiske som økologiske synspunkter kunne mødes. Måske vil løsningen i visse tilfælde ligge i at bringe slammet i en tilstand, hvor håndtering og lagring bliver bekvem, og i en bevirgelse af slammet med stoffer, der gør det mere attraktivt til jordbrugsformål.

De her udtrykte synspunkter afspejler sig i en række af de forskningsopgaver, som rapportens kapitel 8 omtaler.

Ved gennemførelsen af allerede igangværende forskning på området, sammenholdt med den omtalte, yderligere forskningsindsats, som ønskes og den øgede viden, der løbende opnås, må det påregnes, at der i løbet af få år vil foreligge så meget bedre grundlag for beslutninger om slams slutdisponering, at de på væsentlige punkter kan motivere ændringer af de i nærværende rapport anførte konklusioner.

Bilag I i rapporten omtaler et forslag til en terminologi på området, samt "en systematik for slam". Terminologiforslaget gør ikke krav på fuldstændighed, men forslaget indgår i et større, fællesnordisk terminologiarbejde, vedrørende affald i almindelighed. Det foreslås derfor, at denne foreløbige terminologi finder generel anvendelse ved diskussionen af slamspørgsmål. Terminologien og systematikken er anvendt i nærværende rapport.

KAPITEL 1.

MÆNGDER AF SLAM, SAND OG RISTESTOF

- 1.1 Antallet af personækvivalenter
- 1.2 Enhedsmængder af slam, sand og ristestof
- 1.3 Totale mængder slam
- 1.4 Referencer

1 MÆNGDER AF SLAM, SAND OG RISTESTOF.

En opgørelse af de totale slammængder fra offentlige rensningsanlæg har betydning for den generelle vurdering af, hvilke forholdsregler der vil være nødvendige nu og i fremtiden for at kunne håndtere, transportere og slutdisponere slammet på en sådan måde, at der, såvel miljømæssigt som teknisk-økonomisk, bliver etableret tilfredsstillende løsninger. En tilsvarende betragtning gælder for sand og ristestof.

Da der i øjeblikket, og forventeligt også i det næste 10-år, sker en udbygning af spildevandsrensningen, er slammængderne stigende. Derfor er opgørelsen baseret på 2 årstal, nemlig 1972 og 1982.

Der vil være usikkerhed på både 1972- og 1982-opgørelsen. Når der nemlig ønskes en opgørelse, kan man gå 2 veje:

- 1) Der kan spørges i kommuner og amter, jf. Forureningsrådets kommuneundersøgelse i 1970 og miljøstyrelsens spørgeskema, vedrørende 10-års investeringsprogram for spildevandsrensning, 1972 - 1982. Her må der indtil videre konstateres væsentlige mangler.
- 2) Der kan findes talmateriale fra litteraturen, vedrørende slammængder fra forskellige rensningsmåder (f.eks. mekanisk-biologisk, mekanisk-kemisk etc.). Imidlertid vil disse oplysninger ofte vedrøre forsøgsanlæg, hvor forholdene måske er mere regulerede, end tilfældet er i praksis; og det er i øvrigt generelt svært at overføre udenlandske tal, fordi spildevandet kan være meget forskelligt fra sted til sted, hvilket også påvirker slamproduktionen.

Med disse forbehold er der i det følgende foretaget en opgørelse af slam-, sand- og ristestofmængderne fra offentlige rensningsanlæg i Danmark. I tabellerne er der, som konsekvens af ovenstående betragtninger angivet et interval i stedet for et tal. Det forventes, at der, med miljøstyrelsens fortsatte arbejde med spørgeskemaerne til kommunerne, efterhånden tilveje-

bringes et forbedret grundlag, såvel for aktuelle opgørelser som for prognoser for slammængder.

Det følgende talmateriale er et uddrag af bilag II, "En opgørelse af mængder slam, sand og ristestof fra offentlige rensningsanlæg", udarbejdet af Erik Bagge Kristoffersen. For en nøjere forståelse henvises der til bilaget.

1.1 Antallet af personækvivalenter.

Husspildevand er - i befolkningsgrupper med omtrent samme velstands niveau og livsmønster - af relativ ensartet karakter, hvor de væsentligste variationer vil gælde vandmængde pr. indbygger.

Almindeligvis regnes med et organisk nedbrydeligt indhold i husspildevand, målt ved iltforbrug over 5 døgn ved biologisk aerob nedbrydning (BI_5) på ca. 60 g/indbygger/døgn.

Da spildevandsrensningen indtil de seneste år stort set har været koncentreret om nedbrydning af de organiske stoffer i spildevandet, har man til bedømmelse af industrispildevand anvendt dettes forbrug af ilt over 5 døgn ved biologisk aerob nedbrydning som mål for industrispildevandsbelastningen, og har sat 60 g O_2 /døgn som en personækvivalent (PE).

Angivelse af et renseanlægs størrelse i PE giver således et vist mål for omfanget af nødvendig kapacitet for nedbrydning, eller fjernelse af organisk stof på renseanlægget.

Da faststof og slam fra spildevandsrensningen for industrispildevands vedkommende ikke står i noget eksakt forhold til spildevandets indhold af organisk stof, vil PE-tallet kun give en grov vejledning om de mulige mængder af faststof og slam.

Måden, spildevandet renses på, vil også være af væsentlig betydning for slammængden, f.eks. vil højtbelastede, biologiske anlæg give større slammængder end lavtbelastede, fordi slammet mineraliseres længere i det lavtbelastede anlæg, inden det tages ud til særlig behandling som slam.

Ved kemisk fældning, og ved andre videregående rensemetoder, vil slammængden dels være afhængig af rensemetoden, dels af mængden af stof, der ønskes fjernet, og dels af arten og mængden af de

tilsætningsstoffer (kemikalier), der anvendes.

En vurdering af slammængder fra et renseanlæg må derfor ske konkret på det enkelte renseanlæg, ud fra kendskab til spildevandet, der skal renses med hensyn til mængde og indhold af stoffer, der ønskes fjernet. Endvidere må en vurdering ske ud fra renseanlæggets opbygning og drift, samt ud fra de anvendte kemikalier m.m.

I det følgende vil faststof og slam fra spildevandsanlæg blive karakteriseret som følger efter rensemetoden:

- R : Ristestof, udtaget separat.
- S : Sand, udtaget separat.
- M : Slam fra bundfældning som separat 1. rensetrin (primærslam).
- B : Slam fra biologisk rensning uden separat, forudgående bundfældning.
- MB : Blandingsslam fra primær bundfældning og fra efterfølgende, biologisk rensning.
- MK : Blandingsslam fra bundfældning og kemisk fældning.
- BK : Blandingsslam fra biologisk rensning uden separat, forudgående bundfældning, og kemisk slam, enten fra kombineret proces (simultanfældning), eller fra 2 processer (efterfældning).
- MBK : Blandingsslam fra rensning, hvor bundfældning indgår som rensetrin forud for biologisk rensning, medens den kemiske fældning kan være for- eller efterfældning, eller simultanfældning.
- K : Kemisk slam fra efterfældning (efter biologisk rensning).

De foran angivne betegnelser vil også i det følgende blive brugt til angivelse af forskellige typer af renseanlæg, bl.a. som de er opgjort i 1972, og som de forventes i 1982. Se tabel 1.1.1.

Tabel 1.1.1. PE-antal, fordelt på rensningstyper med henblik på opgørelse af slammængder; enhed = 1.000 PE.

År	R	M	B	MB	MK	MBK + BK
1972	1972	2.397	197	2.609	0	0
1982	0 ^{x)}	1.434	524	8.478	189	818

^{x)} At R i 1982 viser 0 betyder, at den type anlæg ikke forventes anvendt mere til den tid; derimod produceres der naturligvis fortsat ristestof fra andre anlæg.

Opgørelsen af sand- og ristestofmængder er, i modsætning til slam, baseret på antal personer, som er tilsluttet ledningsnettet. Der er, for så vidt angår sandmængden, ikke nogen strengt logisk begrundelse for at regne med personer, men traditionelt gøres det således. Personantallene er vist i tabel 1.1.2.

Tabel 1.1.2. Opgørelse af persontal, p, i kloakerede områder med henblik på opgørelse af sand- og ristestofmængder; enhed i 1.000 p.

Spildevand fra:	1972	1982
Almindelige husholdninger	2.814 ^{x)}	5.420
Institutioner Campingpladser Sommerhuse Nabokommuner	254	706
I alt	3.068	6.126

^{x)} For ristestofmængden skal der i 1972 regnes med yderligere 702.000 p, som er tilsluttet riste-anlæg, R, i Københavns-området.

1.2 Enhedsmængder af slam, sand og ristestof.

Der anvendes samme inddeling i typer af rensningsanlæg som under 1.1, og resultaterne kan herefter resumeres som vist i tabel 1.2.1, næste side.

1.5

I mangel af bedre viden regnes der indtil videre med samme enheds- mængder for 1972 og 1982. Dette er i overensstemmelse med de erfa- ringer vedrørende slamproduktion, som foreligger fra de seneste år; men det er muligt, at fremtidige ændringer i rensningsteknik, f.eks. i retning af fysisk-kemiske rensningsmetoder, vil medføre ændringer i mængderne af slam af de forskellige typer.

Tabel 1.2.1. Enhedsmængder tørstof, TS, fordelt på rensemetoder.

Anlægstype	Ristestof kg/p/år	Sand kg/p/år	Slam kg/PE/år
R	0,9 - 1,1	0	0
M	0,9 - 1,1	6 - 13	15 - 20
B	0,9 - 1,1	6 - 13	10 - 20
MB	0,9 - 1,1	6 - 13	20 - 30
MK	0,9 - 1,1	6 - 13	40 - 60
MBK + BK	0,9 - 1,1	6 - 13	30 - 45 ^{x)}

x) Der er her regnet med den totale slammængde fra anlæg, hvor der renses såvel biologisk som kemisk (ved fældning).

1.3 Totale mængder slam.

På grundlag af ovenstående tabeller, 1.1.1, 1.1.2 og 1.2.1, kan de totale slam-, ristestof- og sandmængder nu beregnes. Den intervalangivelse, som er anvendt i tabel 1.2.1, på grund af usikkerhed i opgørelsen af enhedsmængderne, betyder, at der også i slutmængderne burde angives et interval i stedet for et enkelt tal. For overskuelighedens skyld er der dog blot anvendt et gennemsnitstal, som altså må tages med betydeligt forbehold.

Tabel 1.3.1. Totale mængder slam, sand og ristestof i Danmark i 1972 og 1982; enhed = tons TS/år.

Affaldstype	1972	1982
Ristestof	3.000	6.000
Sand	30.000	60.000
Slam	110.000	300.000

Det må understreges, at tabellernes angivelser overalt i dette afsnit vedrører det ved rensningsprocesserne direkte producerede; for slams vedkommende altså det, der normalt betegnes råslam, hvad enten det kommer fra mekaniske, biologiske, eller kemiske processer.

Endvidere må det understreges, at de opgivne tal vedrører tørstofmængderne. Generelt for slam vil de mængder, som skal håndteres umiddelbart ved rensningsanlæggene, være af størrelsesordenen 20 - 40 gange så store som angivelserne i tabellerne, på grund af det store vandindhold. Specielt gælder det, at de aktuelle mængder slam for håndtering, transport og slutdisponering vil afhænge af spildevandet, spildevandsbehandlingen og slambehandlingen, jf. kapitel 3.

1.4 Referencer.

Der henvises til bilag II.

KAPITEL 2.

KARAKTERISERING AF SLAM

2.1 Fysisk karakteristik

2.2 Kemisk karakteristik

2.3 Mikrobiologisk karakteristik

2.4 Referencer

2 KARAKTERISERING AF SLAM.

Behovet for en slamkarakterisering opstår i en række situationer, bl.a. når det skal beskrives, hvilken virkning en bestemt behandling har på slammet (f.eks. ændring af tørstofindhold), eller hvilken virkning slammet kan have på omgivelserne (f.eks. smitterisiko på grund af slammets indhold af salmonellabakterier).

En karakteristik af slam vil her blive foretaget, idet der sondres mellem fysiske, kemiske og mikrobiologiske egenskaber ved slammet. Karakteristikken vil i øvrigt blive indskrænket til at omfatte sådanne egenskaber, som har praktisk betydning ved slammets tilblivelse, håndtering og slutdisponering.

2.1 Fysisk karakteristik.

En fysisk karakteristik af slammet omfatter egenskaber som tørstofprocent, glødetab, brændværdi, viskositet, filtreringsmodstand m.m. Disse egenskaber er af den største betydning, når slam f.eks. skal pumpes, køres, afvandes, eller på anden vis håndteres.

I det følgende kapitel om slambehandling er tørstofprocenten anvendt for at karakterisere metodernes afvandings effektivitet; og i øvrigt angives slammets indhold af forskellige stoffer overalt som en procentdel af det totale tørstofindhold, jf. f.eks. spor-metalindholdet. Kun derved fås en entydig, kvantitativ basis.

De fysiske egenskaber vil især have interesse for teknikere, som arbejder med slammet i praksis, f.eks. ved projektering og drift af rensningsanlæg og slambehandlingsanlæg.

For anvisning af metoder til bestemmelse af slammets fysiske egenskaber henvises til metodeblade fra DANSK INGENIØRFORENING /1/, og til standardværker i øvrigt, f.eks. "STANDARD METHODS" /2/. Fra det europæiske slamprojekt, COST 68, foreligger endvidere

2.2

en af 12 europæiske lande accepteret vejledning for bestemmelse af en række fysiske egenskaber, se reference /3/.

2.2 Kemisk karakteristik.

2.2.1 Grundstoffer i slammet, generelt.

I 1972 gennemførtes en undersøgelse af slam fra 22 danske rensningsanlæg, se PAULY /4/. Undersøgelsen omfattede ca. 10% af landets indbyggertal, og anlæggene var jævnt fordelt over landet. Hosstående gengives fra resultaterne af undersøgelsen medianværdierne for 29 oxider og grundstoffer i slam, som ikke er særligt belastet fra industrielle, metalholdige udledninger.

Tabel 2.2.1.1. Analyse for 29 stoffer i slamtørstof fra områder uden metalbelastende industri.

SiO ₂	20,00 %	Cr	36 ppm
Al ₂ O ₃	3,00 %	Ni	20 ppm
Fe ₂ O ₃	3,00 %	Co	5 ppm
TiO ₂	0,30 %	Zn	1.731 ppm
MgO	0,45 %	Cd	7 ppm
CaO	6,50 %	Cu	241 ppm
Na ₂ O	0,70 %	Pb	314 ppm
K ₂ O	0,90 %	Hg	5 ppm
P ₂ O ₅	Ca. 5,00 %	Ag	30 ppm
C	30,00 %	Bi	Under 25 ppm
S	0,70 %	Be	Under 1 ppm
F	0,02 %	V	Under 10 ppm
MnO	0,0520%	Se	1,5 ppm
SrO	0,0250%		
BaO	0,0750%		
Li ₂ O	0,0015%		

Resten udgøres af kvælstof, kemisk bundet vand etc., der ikke er bestemt.

Den i tabellen gengivne slamanalyse refererer til slam, der er tørret ved ca. 110° C. Slammet, der tørredes, bestod i gennemsnit af 5% tørstof, samt 95% vand, hvori der var opløste stoffer. Mængden heraf er dog ringe i forhold til de mængder, der findes i slamrets tørstof. Det kan bemærkes, at der i reglen inddampedes ca. 250 ml. Visse bestemmelser, bl.a. af kviksølv, er foretaget på specielle prøver, hvor der er taget hensyn til risiko for at miste det pågældende stof.

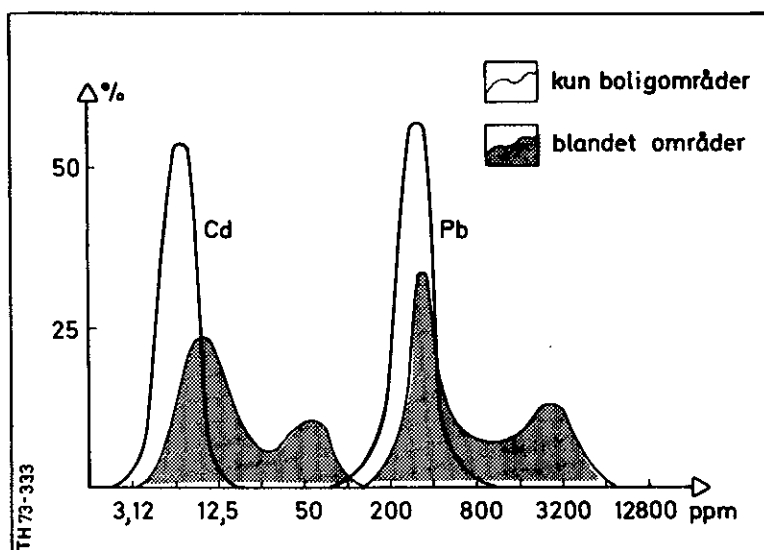
Analysen viser, at ca. halvdelen (45%) af slamtørstoffet udgøres af uorganiske bestanddele, hvilket passer godt med, at den gennemsnitlige gløderest fandtes at være 40%. Den anden halvdel af slamtørstoffet er organisk materiale, hvoraf kulstof udgør knap 30 af analysens procenter, d.v.s. ca. halvdelen af det organiske materiale.

Nærmere undersøgelser over kvælstofindholdets størrelse, binding og tilgængelighed for planter er ønskelige, jf. kapitel 8.

2.2.2 Spormetaller og andre sporstoffer i slam.

Som det fremgår af foranstående tabel 2.2.1.1, har slammet et indhold af spormetaller. Undersøgelsen i 1972, PAULY /4/, viste endvidere, at der må skelnes mellem områder med og uden metalbelastende industri. Denne sondring kan bl.a. begrundes ved at betragte figur 2.2.2.1.

Af figuren fremgår det, at der i områder uden metalbelastende virksomheder (udvalgte byer blandt samtlige undersøgte) fås en fordeling med kun én top, og i øvrigt med begrænset variation mellem laveste og højeste, målte værdi. I blandede områder (samtlige undersøgelsesområder under ét) fås derimod en to-toppet fordeling. De to-toppede figurer viser altså i princippet den tilstand, som eksisterer i dag (skyggede kurver), og kurverne uden skygning viser den tilstand, der kunne etableres, såfremt der foretoges en "kilderegulering" hos metalbelastende virksomheder.



Figur 2.2.2.1. Optegning af danske slamanalyseresultater for 2 metaller, Pb og Cd. Analyser fra PAULY /4/. Figur fra HANSEN & TJELL /5/.

Af figuren fremgår endvidere, at slam fra områder uden metalbelastende industri praktisk talt altid vil falde i området Cd mindre end 30 ppm, og Pb mindre end 1.200 ppm. Disse grænser kan således få en vis praktisk anvendelse ved en sondring mellem "industrielt-metalbelastet" og "normaltbelastet" slam; men det må fremhæves, at der ikke heri er indeholdt nogen vurdering af, hvilke muligheder der er for slutdisponering af de 2 typer slam.

Ved at opsøge de virksomheder, der ved deres afledning af særligt metalbelastet spildevand forårsager de højere metalindhold i rensningsanlæggets slam, vil det altid - ved at forlange "udskillelse ved kilden" - være muligt at ændre "industrielt-metalbelastet" til "normaltbelastet" slam.

Der er dog også mulighed for at få ændret udseendet af kurverne for områder uden metalbelastende industri. Selv i rene boligområder indeholder spildevandet - og dermed slammet - jo både bly og cadmium, som vist på kurverne, og dette kan for en dels vedkommende forklares. For eksempel frigøres cadmium ved korrosion af zinktagrender, og bly kommer dels fra lodninger, og dels fra blyrør i vandafløbsinstallationer. Ved at ændre på produktions- og forbrugsvaner i samfundet kan der altså i givet fald ske en yderligere regulering af indholdet af visse metaller i slammet fra rensningsanlæg.

Der skal på dette sted blot gøres opmærksom på, at de nævnte reguleringer er mulige. Om de er ønskelige, og om de skal iværksættes, må begrundes med behov, f.eks. i relation til slammets slutdisponering, se de senere afsnit herom.

Når omtalen af spormetaller her - og til dels også i det følgende - indskrænkes til cadmium og bly, er dette først og fremmest for talmæssigt at kunne eksemplificere og anskueliggøre denne form for slamkarakterisering. Endvidere er netop disse 2 metaller af betydelig interesse, når det skal vurderes, hvor og hvordan slammet kan slutdisponeres. Det er nemlig for disse 2 metaller vedkommende således, se HANSEN & TJELL /5/, at acceptabel daglig indtagelse, ADI, som foreskrevet af WHO/FAO, er meget nær identisk med faktisk daglig indtagelse i en række vesteuropæiske lande. En øget indtagelse vil derfor være uønsket. Det må imidlertid kraftigt understreges, at der, i relation såvel til almen karakterisering som til slutdisponering, meget vel kan komme andre spormetaller, eller andre forbindelser på tale. Der tænkes her på kviksølv, DDT, PCB, og en række andre stoffer, som er i søgelyset, med hensyn til forurening i omgivelserne, hvorfra de kan indgå i fødekæder.

I de hidtidige svenske, BERGGREN & ODÉN /6/, og danske, PAULY /4/, undersøgelser synes indholdet af DDT, PCB og andre organiske forbindelser at være nær målegrensen for eksisterende udstyr. Endvidere tyder de svenske undersøgelser på, at mængden af disse forbindelser i slammet er aftagende. Med udsigt til yderligere begrænsninger, f.eks. af PCB-anvendelserne, synes der derfor ikke i øjeblikket at være grund til særlige foranstaltninger, med hensyn til disse forbindelser i slammet.

For så vidt angår kviksølv, er problemerne især knyttet til det vandige miljø. Den kviksølvindtagelse, som mennesket faktisk har, stammer hovedsageligt fra indtagelse af fisk, se HANSEN & TJELL /5/. Der er dog en ubetinget interesse for at kortlægge kviksølvs spredning i omgivelserne, og slammets rolle i den forbindelse, således at kvantitativ viden herom tilvejebringes. Et sådant projekt er iværksat, og et bedre bedømmelsesgrundlag kan forventes inden for nogle få år, ISOTOPCENTRALEN /7/. Indtil videre synes det forsvarligt at lade cadmium og bly have højeste prioritet i bedømmelsen af forureningsrisici, knyttet til spormetaller i slammet.

Ved analyse af slammet for indhold af spormetaller må der iagttages den største omhu, såvel ved prøveudtagning som ved analyse i laboratoriet. Der må her henvises til kommende vejledninger fra Dansk Ingeniørforening, Dansk Standard, samt til standardværker som "STANDARD METHODS" /2/. Der udføres i øjeblikket interkalibreringer mellem en række laboratorier i Skandinavien og Europa, bl.a. ved anvendelse af en række standardiserede slammaterialer; det må generelt anbefales, at de enkelte laboratorier tilslutter sig en sådan ordning. Erfaringerne fra nogle indledende analyserunder viser, at der kan optræde endog meget betydelige afvigelser mellem forskellige laboratoriers bestemmelser på identiske prøvematerialer.

2.3 Mikrobiologisk karakteristik.

En total mikrobiologisk karakteristik af slam vil blive en meget omfattende opgave, og for praktiske formål vil resultatet næppe være af interesse. Her indskrænkes opgaven derfor til at omfatte slammets indhold af smitstoffer, og blandt disse vælges i øvrigt nogle få, hvor risikoen for smittespredning reelt kan være til stede.

De vigtigste smitstoffer, som under danske forhold nogenlunde konstant forekommer i kommunalt spildevand, er salmonellabakterier, tarmvirus og æg af indvoldsorm. Disse kategorier omtales hver for sig i det følgende. En fyldigere redegørelse findes i bilag III.

2.3.1 Salmonellabakterier.

Hertil hører de alene fra mennesker stammende bakteriearter, der fremkalder tyfus og paratyfus, samt en stor gruppe af andre salmonellabakterier, hidrørende fra såvel mennesker som dyr. Sidstnævnte gruppe fremkalder hos mennesker salmonellos gastroenteritis, såkaldt "musetyfus", og omtales populært ofte som "musetyfusbakterier".

Af tyfus/paratyfus forekommer kun 20 - 30 aktive tilfælde pr. år. Antal registrerede bacilbærere er ca. 100.

Af aktive "musetyfustilfælde" diagnosticeres 400 - 600 tilfælde pr. år. Antal baciludskillere anslås til 1 pr. 1.000 - 2.000 personer.

Husdyrenes bidrag stammer fra slagterispildevand, væsentligst fra svin og fjerkræ. Antal baciludskillere blandt normale slagtesvin varierer mellem 5 og 40 pr. 1.000 ved forskellige undersøgelser. Hos fjerkræ kan regnes med tilsvarende hyppigheder.

Kvantitative opgørelser vedrørende Salmonella er sparsomme. I danske undersøgelser er fundet følgende:

Salmonella i	Antal/liter
Spildevand, før rensning	$10^3 - 2 \times 10^3$
Spildevand, efter sædvanlig biologisk rensning	$10^1 - 2 \times 10^2$
Råslam	$10^4 - 10^5$
Udrådnnet slam	$10^2 - 10^3$

2.3.2 Virus.

Hertil hører forskellige tarmvirus, som alene hidrører fra mennesker, f.eks. smitsom leverbetændelsesvirus, men også virus, som hører til sådanne virusgrupper, f.eks. enterovirus (d.v.s. poliovirus m.m.), som kan stamme fra enten mennesker eller dyr. I modsætning til "musetyfusbakterier" er enterovirusarterne specifikke for enten mennesker, eller bestemte dyrearter. Tarmvirusinfektioner har betydelig udbredelse som ikke-sygdomsgivende infektioner, idet antallet af sygdomstilfælde kan andrage måske kun én ud af tusinder af faktisk inficerede individer (altså virus-smittebærere). Naturligt forekommende virustyper kan påvises i spildevand i epidemisituationer, men også i perioder, hvor virus ikke har givet anledning til sygdomstilfælde. Dette er bl.a. påvist for poliovirus vedkommende, dels med naturligt forekommende poliovirus, men desuden findes poliovirus i spildevandet i vaccinationsperioder, når levende poliovaccine anvendes.

Kvantitative bestemmelser er vanskelige, men de bedst gennemførte forsøg tyder på tilsvarende forhold som for salmonellabakterier, d.v.s. at virustiteren i fraløb er 1,5 - 2 tierpotenser lavere end i tilløb. Virus bindes i de biologiske processer altså for en temmelig høj procentdels vedkommende til slam. I slammet inaktiveres virus efterhånden, men dog ikke i så høj grad, at virus, selv efter udrådning, ikke kan påvises i nogle tilfælde,

f.eks. i efterårsperioden. I kemisk slam er der ikke tale om nogen virusinaktivering. Da virus kan fjernes, mindst lige så godt ved kemisk fældning som i en biologisk proces, betyder dette, at der også til kemisk slam kan være knyttet smittehygiejneproblemer.

2.3.3 Ormeæg.

Hertil hører æg af spolorme (*Ascaris*), overvejende hidrørende fra svinets spolorm (*A. suum*) via slagterispildevand, i ringe grad fra menneskets spolorm (*A. lumbricoides*) via husspildevand, og i begrænset omfang fra hundens spolorm (*Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*) via regnvandsafløb. Æg af piskeorm (*Trichuris*), overvejende hidrørende fra svin, i ringe grad fra mennesker. Æg af bændelorm (*Taenia saginata*), hidrørende fra menneske.

Hyppigheden af indvoldsorm hos mennesker er her i landet som helhed på meget lavt niveau. For bændelorm regnes med 2 - 3 pr. 10.000 personer, men de af bændelorme-bærerne producerede æg frembringer tinter (bændelormens larvestadium) i kvæg, hvorved kødkontrollen årligt må foretage kassation, eller særbehandling af ca. 3.000 - 4.000 okse- og kalvekroppe.

Hos svin og hund er spolorm almindelige. I svineproduktionen forvoldes herved så betydelige tab (væksthæmning, kassation af angrebne leverer), at systematiseret bekæmpelse er aktuel, og genstand for forsøgsmæssig afprøvning. Æg af hundespolorm og svinespolorm kan betyde fare for mennesker, specielt børn, idet larver, klækket af sådanne æg, kan invadere lunger og lever, selv om de ikke kan udvikles til voksne spolorme. Tilfælde af denne art synes ikke hidtil at være erkendt her i landet.

Kvantitative opgørelser vedrørende ormeæg foreligger i begrænset omfang. I danske undersøgelser er fundet følgende:

Ormeæg (spolorm + piskeorm)	Antal/liter
Spildevand, før rensning, uden slagteri	1 - 2
Spildevand, efter sædvanlig biologisk rensning, uden slagteri	< 1
Råslam	150 - 300
Spildevand, før rensning, med slagteri	40 - 50
Spildevand, efter sædvanlig biologisk rensning, med slagteri	< 1
Råslam	4.500 - 17.000
Centrifugeret slam	25.000

Ved sædvanlig biologisk rensning kan man forvente, at ca. halvde-
len af de tilførte bændelormeæg overføres til slammet.

2.3.4 Import af smitstoffer.

Der må med vore dages rejseaktivitet regnes med muligheden for im-
porterede tilfælde af miljøfremmede sygdomme (f.eks. cholera, kop-
per), hvormed der kan tilføres spildevand og slam miljøfremmede
smitstoffer. Erfaringen har vist, at der i lande, hvis tekniske
og samfundsmæssige udvikling svarer til almindelig europæisk stan-
dard, ikke er store chancer for at starte en epidemisk udvikling,
når de importerede smitstoffer mødes med et effektivt medicinsk og
veterinært forsvarsberedskab. Hertil hører bl.a. smittesikrede ho-
spitalsafdelinger, hvor de importerede tilfælde og deres kontakter
kan behandles og isoleres. Det bør da være en selvfølge, at alt
spildevand fra sådanne afdelinger afledes og opsamles til sterili-
sering, eller dekontaminering ved varmebehandling, inden det føres
til offentlig kloak. Dette system har gennem en lang årrække været
gældende for afledning af spildevandet fra de autoriserede destruk-
tionsanstalters "urene" afdelinger.

2.3.5 Hospitalsspildevand.

Hospitalsvirksomhed i øvrigt medfører ikke særlig smittebelastning
af spildevand og slam, idet gennemsnitsbelægningen på hospitalerne,

i henseende til smitstoffers art og mængde, ikke adskiller sig fra befolkningssmassen som helhed. I bakteriologiske og virologiske laboratorier er rutinemæssig uskadeliggørelse af alt smittefarligt materiale, inden det fjernes fra laboratorierne til ud-tømming og opvask, en nødvendighed, alene af hensyn til personalets egen sikkerhed.

2.3.6 Rensningsmetoder og slambehandling.

Der foreligger ikke tilstrækkeligt materiale til en grundig vurdering af slammets indhold af ovennævnte smitstoffer som funktion af rensning og slambehandling. Imidlertid må det, selv på grundlag af det foreliggende, begrænsede materiale, konstateres, at der i smittehygiejnisk henseende kun sker væsentlige ændringer i slammet, såfremt dette underkastes en egentlig hygiejnisering, og dette er normalt ikke tilfældet; se afsnittet om slambehandling.

2.4 Referencer.

- /1/ Dansk Ingeniørforening:
"Metodeblade 1 - 18 til fysisk og kemisk undersøgelse af spildevand."
Forslag til Dansk Ingeniørforenings normer for spildevand. Kritikudgave. København, 1973
- /2/ "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." Thirteenth Edition. Second Printing. American Public Health Association, 1971
- /3/ COST 68, Europæisk samarbejdsprojekt vedrørende slamafvanding og slamforbrænding:
"Standard Parameters." Edition June 1974 (Preliminary).
Kan fås ved henvendelse til Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole. Endelig udgave foråret 1975.
- /4/ Pauly, H.:
"Tungmetalforekomsten i slam fra renseanlæg og konsekvenser for slutanvendelsen."
Sammanställning av konferenser i samband med den internationale fackmässan om renhållning och avfallshantering, Jönköping, 27. - 31. august 1973. Särtryk.
- /5/ Hansen, J. Aa. & J. Chr. Tjell:
"Toksikologiske problemer ved slams slutanbringelse i jordbruget."
NORDFORSK. Publikation 1974:2. Oslo, 1974
- /6/ Berggren, B. & S. Odén:
"Analyseresultat rörande tungmetaller och klorerade kolväten från svenska reningsverk, 1968 - 1971."
Institutionen för Markvetenskap, Lantbrukshögskolan, Uppsala, 1973

- /7/ Isotopcentralen:
 "Kviksølvs omsætning i slam i relation til kviksølvkreds-
 løbet i det ikke vandige miljø."
 Projekt for Danmarks Teknisk-Videnskabelige Forskningsråd.
 Statusrapport forventes foråret 1975.

Litteratur.

Kampelmacher, E. H., M. Lucretia & van Noorle Jansen:
 "Salmonella. Its Presence in and Removal from a Wastewater
 System."
 Journal Water Pollution Control Federation 42, 2069 - 2073
 (1970)

Kristensen, K. Krongaard:
 "Kvantitative undersøgelser af spildevand og spildevands-
 forurenede havvand."
 Nordisk Veterinärmedicin 22, 201 - 217 (1970)

Lund, E., E. C. Hedström & N. Jantzen:
 "Occurrence of Enteric Viruses in Waste Water of Activated
 Sludge Treatment."
 Journal Water Pollution Control Federation 41, Part 1,
 February 1969

Shephard, M. R. N.:
 "The Role of Sewage Treatment in the Control of Human
 Helminthiases."
 Helminthological Abstracts. Series A 40, Part 1, 1970:
 1 - 16

Hess, E., G. Lott & E. Breer:
 "Klärschlamm und Freilandbiologie von Salmonellen."
 6th International Symposium of the World Association of
 Veterinary Food Hygienists, Helsingør, 1973

Jepsen, Aa.:
 "Jord/vand hygiejne."
 Carl Fr. Mortensen, København, 1972

KAPITEL 3.

BEHANDLINGSMETODER

3.1 Metodeoversigt

3.2 Metodeblade

3.3 Kommentar til metodeblade

3.4 Referencer

3 BEHANDLINGSMETODER.

Behovet for slambehandling må normalt fastlægges ud fra de krav, som stilles til slammet ved håndtering, transport og slutdisponering. Selve slambehandlingen er således ikke et mål i sig selv, men derimod et middel til at opnå en given slamkvalitet før en given, videre disposition.

For at fastlægge behovet for slambehandling må der foretages en vurdering, bl.a. af følgende forhold:

- 1) Mængder.
- 2) Lugtgener.
- 3) Smitterisiko.
- 4) Gødnings- og giftvirkning (vedrører især slutanbringelse i omgivelserne, f.eks. ved udbringning på jord, eller anbringelse på kontrolleret losseplads).

Der er derfor i dette kapitel foretaget en kort gennemgang af en række kendte slambehandlingsmetoder, med sigte på principielt at karakterisere metoderne i ovennævnte henseende. Derimod er der ikke gjort forsøg på at beskrive metoderne i tekniske enkeltheder, eller med hensyn til økonomi.

3.1 Metodeoversigt.

Der foreligger ikke nogen dækkende undersøgelse over brugen i Danmark af forskellige slambehandlingsmetoder, men arbejdsgruppen har, ved henvendelse til en række danske firmaer, fået oplysninger om de af disse firmaer projekterede anlæg, der giver den i tabel 3.1 angivne sammenstilling.

Tabel 3.1. Metodeudbredelse i Danmark i 1974.
Anlægskapacitet i PE (afrundet dimensioneringsgrundlag).

Tykning	1.735.000
Udrådning	3.565.000
Luftning (separat)	785.000
Samkompostering	660 tons TS/år ^{x)}
Centrifugering	1.450.000
Sibåndsafvanding	100.000
Slambedsafvanding	3.200.000

x) Eneste, tilgængelige oplysning om komposteringsanlæg med slamtilsætning er fra ÅRHUS /19/. Tallet angiver den behandlede slamtørstofmængde i 1970.

Blandt andet på grundlag af det foran angivne er i figur 3.1.1 opstillet en oversigt over slambehandlingsmetoder, som anvendes, eller som forventes taget i anvendelse i de nærmeste år i Danmark.

Med krydssignatur er det i figuren angivet, hvorledes en given behandlingsmetode er egnet (xxx), mindre egnet (xx), eller ikke egnet (x) for den anførte slamtype.

Med bollesignatur er det endvidere angivet, om metoden er meget anvendt (ooo), mindre anvendt (oo), eller praktisk talt ikke anvendt (o). Vurdering af anvendelsen beror delvis på oplysninger fra nogle specialfirmaer på spildevandsområdet.

Tabel 3.1 og figur 3.1.1 viser, at det er relativt få metoder til slambehandling, som endnu er kommet i anvendelse i Danmark. Det må forventes, at denne situation ændres betydeligt i de kommende år, bl.a. på afvandingsområdet, idet der er store slamforbrændingsanlæg under opbygning i hovedstadsområdet.

I figur 3.1.1, og i metodebladene, er brugt forkortelser for rensemetoder som følger:

- M : Mekanisk rensning (bundfældning).
 B : Biologisk rensning.
 K : Kemisk rensning (fosforfældning som efterfældning).
 MB : Mekanisk-biologisk rensning.
 MK : Mekanisk-kemisk rensning.
 MBK : Mekanisk-biologisk-kemisk rensning.

Kildeangivelserne har ikke overalt angivet, i hvilket omfang det er blandingslam, der er givet oplysninger om. K står normalt for lam fra efterfældning.

3.2 Metodeblade.

På de følgende sider er hver slambehandlingsmetode, jf. oversigten i figur 3.1.1, kommenteret på hver side for sig.

I tabellerne over metodernes effektivitet m.m. vil der ikke overalt være overensstemmelse ved udregning af de ekstreme, angivne værdier, fordi de angivne intervaller antyder det niveau, der i almindelighed er tale om.

Metodernes anvendelighed er normalt ikke begrænset til de i tabellerne angivne slamtyper, men der har ikke i den anvendte litteratur været yderligere oplysninger tilgængelige.

Afsnit 3.3 og 3.4 følger efter metodebladene på side 3.21.

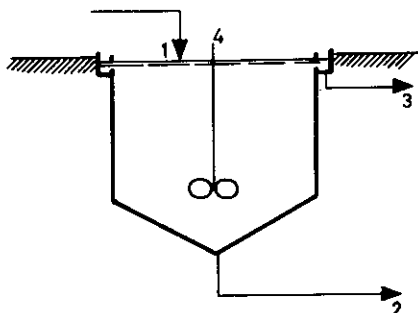
Figur 3.1.1.1. Slambehandling, metodeoversigt.

Behandlingsmetode	Slamtyper																		
	Ustabiliseret slam fra						Stabiliseret slam fra												
	M	B	MB	K (Al, Fe)	K (Ca)	Kalktilsætning	Udrådning	Luftning	M	B	MB	K (Al, Fe)	K (Ca)	Kalktilsætning	Udrådning	Luftning			
Tykning	xxx	oo	xxx	oo	xxx	oo	xx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xx	oo	xx	oo	
Flotation	x	xxx	o	xxx	o	xxx	o	x	o	xxx	o	xxx	o	xx	o	x	o	x	o
Centrifugering	xxx	o	xx	o	xx	o	xx	o	xxx	o	xx	o	xxx	o	xxx	ooo	xxx	ooo	
Vakuumfiltrering	xx	o	xx	o	xx	o	x	o	xx	o	xx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	
Sibandsafvanding	xx	o	xx	o	xx	o	xx	o	xx	o	xx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	oo	
Filterpresning	xxx	o	xx	o	xx	o	x	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	
Slambedsafvanding	x	o	xx	o	xx	o	x	o	x	o	xxx	o	xxx	o	xxx	ooo	xx	ooo	
Kalktilsætning for stabilisering	xx	o	xx	o	xx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o					
Udrådning	xxx	oo	xxx	o	xxx	oo	xx	o	x	o	xxx	o	x	o					
Luftning	xxx	o	xxx	oo	xxx	oo	xxx	o	x	o	xxx	o	x	o					
Forbrænding (med el.) uden affald	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xx	o	xx	o	
Samkompostering	xx	oo	xx	o	xx	o	xx	o	xxx	o	xx	o	xxx	o	xxx	oo	xxx	o	
Pasteurisering	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	x	o	xxx	o	
Bestråling	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	xxx	o	x	o	xxx	o	

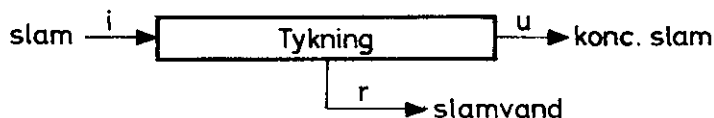
xxx = velegnet xx = mindre egnet x = ikke egnet ooo = meget anvendt oo = mindre anvendt o = ikke anvendt

TYKNING.

Tykning er en slamkoncentreringsmetode, hvor det indkomne slam ved hjælp af tyngden separeres i en slamfase og en slamvandsfase. Slammet og slamvandet ovenover kan fjernes kontinuert eller diskontinuert. Tykning anvendes som regel før udrådning, men kan også benyttes efter udrådning i rådnetanke, der ikke har slamvandsudskilning.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudtag (tyknet slam).
3. Slamvandsudtag (retur til renseanlægget).
4. Eventuelt røreværk og slamskraber.

BalanceKarakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold kg %	
M	i	100	2 - 5	2 - 5
	u	35 - 50	2 - 5	6 - 10
MB	i	100	1 - 3	1 - 3
	u	25 - 50	1 - 3	4 - 6
K (Al, Fe)	i	100	1 - 2	1 - 2
	u	35 - 50	1 - 2	2 - 4
K (Ca)	i	100	2 - 4	2 - 4
	u	25 - 40	2 - 4	10

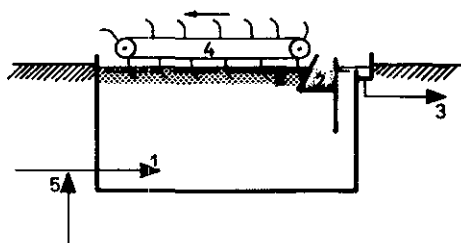
Kommentarer.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at der ikke sker væsentlige ændringer i stabilitetsgraden,
- at der ikke foreligger målinger af N og P efter tykning (fordeling i slam og slamvand),
- at smitterisikoen ved tyknet slam er som for ikke-tyknet slam,
- at spormetallerne må formodes at blive i slamfasen.

FLOTATION.

Ved flotation af slam adskilles det indkommende slam i en slamvandsfase og en slamfase ved anvendelse af fine, disperserede luftbobler, hvorved slampartiklerne løftes op til overfladen, hvor de skrubes af. Flotation anvendes kun ved de "lette" slamtyper, overskudsslam fra aktiv-slamanlæg og kemisk slam, fældet med jern- eller aluminiumforbindelser, men bruges endnu ikke her i landet. Når kemisk fældning er blevet mere udbredt, vil metoden med fordel kunne anvendes, hvis det kemiske slam ønskes behandlet forskelligt fra det mekanisk-biologiske slam.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudløb (floteret slam).
3. Slamvandsudløb (retur til renselanlægget).
4. Slamskraber.
5. Luft- og vandindløb.

BalanceKarakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold	
			kg	%
B	i	100	1 - 2	1 - 2
	u	10 - 15	1 - 2	5 - 7
MB	i	100	1 - 3	1 - 3
	u	25 - 30	1 - 3	4 - 9
K (Al, Fe)	i	100	1 - 2	1 - 2
	u	15 - 35	1 - 2	4 - 6

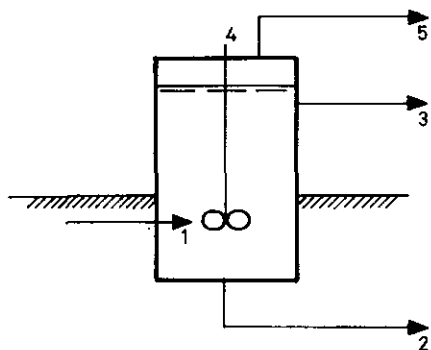
Kommentarer.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

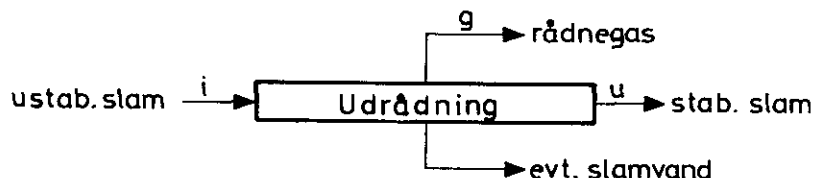
- at der ikke sker væsentlige ændringer i stabilitetsgraden,
- at der ikke foreligger målinger af N og P efter flotation (fordeling i slam og slamvand),
- at smitterisiko ved floteret slam er som for ikke-floteret slam,
- at spormetallerne må formodes at forblive i slamfasen.

UDRÅDNING.

Ved slamudrådning opnås en biologisk, anaerob nedbrydning af en del af slammets organiske indhold til metan, kuldioxid og ammoniak, under indvirkning af bl.a. metanbakterier. Udrådningen kan foregå i uopvarmede tanke, hvor gassen ikke opsamles, eller i opvarmede tanke (30 - 35° C) med en opholdstid på 20 - 40 døgn. Metangassen anvendes normalt til rådnetankens opvarmning. Almindeligvis foretages en vis koncentrering forud for udrådning. Udskillelse af slamvand kan ske fra selve rådnetanken, eller ved efterfølgende tykning. Udrådning kan ske i ét, eller flere trin (flere tanke i serie).

Princip

1. Slamindtag.
2. Slamudtag (udrådnet slam).
3. Eventuelt slamvandsudtag (retur til renseanlægget).
4. Blandingsaggregat (røreværk eller pumpe), samt opvarmning.
5. Gasudtag.

BalanceKarakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold	
			kg	%
M	i	100	4 - 7	4 - 7
	u	40 - 100	2 - 4	2 - 8
MB	i	100	2 - 3	2 - 3
	u	25 - 100	1 - 2	1 - 7

Kommentarer.

Ved udrådningen opløses en del af det organiske stof i slamvandsfasen, som vil få et forhøjet indhold af BI_5 , N og P. Udskilning af slamvand herefter vil betyde en vis reduktion af slammets indhold af N og P.

Kalkfældet slam vil med sit høje pH ikke kunne udrådnas. For jernfældet slam savnes oplysninger om mulig opløsning af det udfældede fosfor.

Fortsættes side 3.8.

UDRÅDNING.

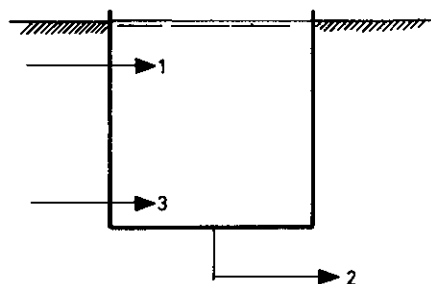
I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at et veludrådnet slam er praktisk talt lugtfrit,
- at N-indholdet, taget som procent af TS, ved udrådning vil falde med ca. 40% (uden indhold af kemisk slam), og ca. 50% (med indhold af Al-fældet slam). P-indholdet, taget som procent af TS, vil stige med ca. 40% (uden indhold af kemisk slam), og ca. 25% (med indhold af Al-fældet slam,
- at udrådnet slam har et reduceret indhold af patogener, men reduktionen er dog beskeden i forhold til den, der opnås ved pasteurisering, bestråling, kalkstabilisering, forbrænding eller kompostering, og den kan ikke sidestilles med en egentlig hygiejnisering,
- at spormetaller i alt væsentligt er knyttet til slamfasen.

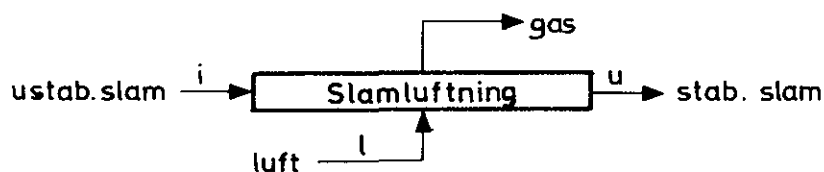
LUFTNING.

Ved separat slamluftning opnås en biologisk nedbrydning af en del af slammets organiske indhold ved lang tids luftning (minimum 10 - 12 døgn), hvorved det organiske stof omdannes til kuldioxid og nitrater. Processen er temperaturfølsom. Ind- og udløb kan ske kontinuert eller diskontinuert. En vis koncentrerings vil normalt finde sted forud for slamluftning.

Ved separat slamluftning fås mineraliseret slam af samme type, som det, der fås ved aktiv-slam anlæg med langtidsluftning.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudløb
(stabiliseret slam).
3. Luftindblæsning.

BalanceKarakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold	
			kg	%
MB	i	100	4 - 5	4 - 5
	u	Ca.100	3 - 4	3 - 4

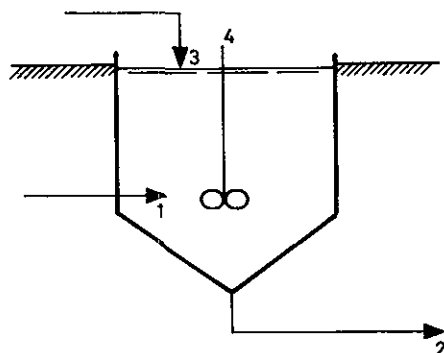
Kommentarer.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

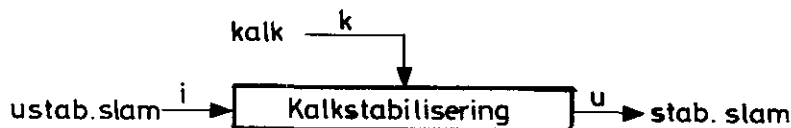
- at et godt luftet slam er lugtfrit,
- at den hygiejniske beskaffenhed af slammet kun er lidt undersøgt, men den reduktion i patogener, der er fundet, er i smittehygiejnisk henseende uvæsentlig, og mindre end ved slamudråkning,
- at spormetallerne formentligt forbliver i slamfasen.

KALKTILSÆTNING.

Ved kalktilsætning opnås en midlertidig slamstabilisering, idet man, ved tilsætning af brændt kalk, CaO , eller læsket kalk (hydratkalk), $\text{Ca}(\text{OH})_2$, hæver pH i slammet så meget, at den mikrobielle omsætning af organisk stof hæmmes.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudløb.
3. Kalktilsætning.
4. Blandingsaggregat.

BalanceKarakterisering.

Slamtype	Dosering g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /kg TS
M	100 - 150
MB	300 - 500
K (Al, Fe)	350 - 600
MK (Al)	250 - 400

Kalkdosering til opnåelse af pH større end 11 i ca. 14 dage.

Kommentarer.

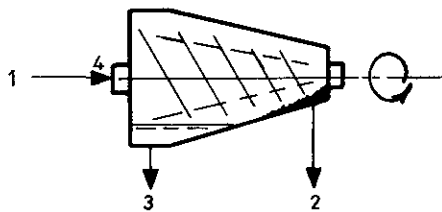
I almindelighed kan man regne med, at slammet er stabilt ved pH større end 11. Længere tids indvirkning af luftens kuldioxid vil dog få pH til at falde, og når først pH er faldet til under 10, vil yderligere sænkning foregå hurtigt, og den mikrobielle omsætning starte, hvis ikke yderligere kalk tilsættes.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at slam, så længe den høje pH-værdi større end 11 opretholdes, vil lugte af ammoniak, eller være relativt lugtfrit. Når pH-værdien falder, kan svovlbrinteudvikling finde sted,
- at råslam og blandinger af råslam må påregnes at give større lugtgener, end biologisk og kemisk slam,
- at slamfasen vil få et betydeligt indhold af kalk, der kan have betydning ved anvendelse på jordbrug,
- at kalktilsætning til pH 11,5 reducerer den bakteriologiske (og sandsynligvis også den virologiske) risiko. Over for ormæg (Ascaris) er der ikke konstateret nogen virkning. Kalktilsætning i den angivne form kan således ikke sidestilles med egentlig hygiejniserings,
- at det høje pH vil gøre spormetallernes binding til slamtørstoffet stærkere.

CENTRIFUGERING.

Centrifugering er en slamafvandsoperation, hvor et kunstigt skabt tyngdefelt adskiller slammet i en fast fase (slamkage), og i en flydende fase (rejekt). Den mest anvendte type til slamafvanding er dekantercentrifugen, der arbejder kontinuert, og har udskilningsgrader af suspenderet stof nær ved 100%, når konditioneringsmidler benyttes. Disse er almindeligvis organiske polymerer, som benyttes for at få højt tørstofindhold i slamkagen, og et lavt indhold af suspenderet stof i rejektet. Dosering af polymerer andrager 2 - 4 kg/ton TS. Normalt foretages en vis koncentrering af slammet forud for centrifugering.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudløb (afvandet slam).
3. Rejektudløb (normalt til renseanlæg).
4. Kemikalietilsætning.

BalanceKarakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold kg %	
M (ustab.)	i	100	3 - 6	3 - 6
	u	15 - 20	3 - 6	18 - 34
M (ustab.)	i	100	5 - 7	5 - 7
	u	20 - 35	5 - 7	15 - 25
MB (stab.)	i	100	1 - 6	1 - 6
	u	5 - 25	1 - 6	18 - 25
MBK (Al, ustab.)	i	100	2 - 6	2 - 6
	u	15 - 40	2 - 6	13 - 15
MBK (Al, stab.)	i	100	2 - 3	2 - 3
	u	10 - 15	2 - 3	15 - 18

Kommentarer.

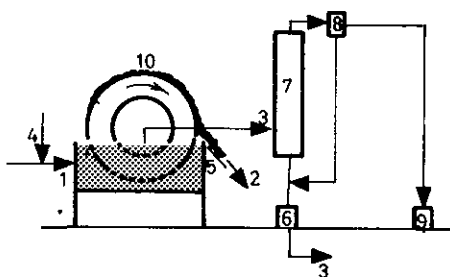
Centrifugering ændrer ikke på slammets stabiliseringsgrad. Tørstoffets indhold af kvælstof, fosfor, patogener og spormetaller ændres ikke væsentligt. Karakteren af rejektvandet vil være afhængig af slammets karakter, af de anvendte kemikalier m.m. Rejektvandet føres normalt tilbage til renseanlægget.

I relation til slammets slutdisponering er virkningen af centrifugering i alt væsentligt knyttet til det øgede tørstofindhold, og det dermed formindskede slamvolumen.

VAKUUMFILTRERING.

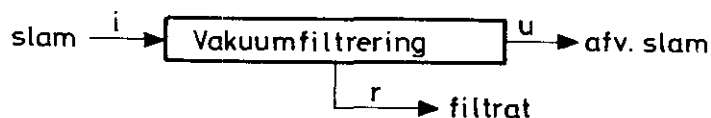
Vakuumfiltrering er en slamafvandsoperation, ved hvilken vandet fjernes fra slamtørstoffet ved frasugning igennem en filterdug, anbragt på en roterende tromle. Slamkagen fjernes fra dugen med en skraber. For at få et lavt indhold i filtratet af suspenderet stof, må konditioneringsmidler anvendes, oftest i form af kalk og jernsalte, men også organiske polymerer kan anvendes. Doseringen af uorganiske konditioneringsmidler andrager 10 - 20%, og af organiske 1 - 1,5% af slammets TS. Normalt foretages en vis koncentrering af slammets TS forud for vakuumfiltrering.

Princip



Balance

1. Slamindløb.
2. Slamudløb (afvandet slam).
3. Filtratudløb (normalt til renseanlæg).
4. Kemikalietilsætning.
5. Slamskraber.
6. Filtratpumpe.
7. Filtratbeholder.
8. Vandlås.
9. Vakuumpumpe.
10. Tromlefilter.

Karakterisering.

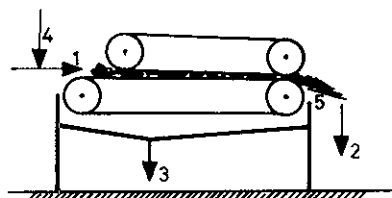
Slamtype		Mængde kg	TS-indhold kg %	
M (ustab.)	i	100	4 - 10	4 - 10
	u	15 - 30	4 - 10	25 - 35
MB (ustab.)	i	100	4 - 8	4 - 8
	u	20 - 30	4 - 8	22 - 28
MB (an. stab.)	i	100	6 - 7	6 - 7
	u	15 - 20	6 - 7	32 - 43
MB (ae. stab.)	i	100	6 - 7	6 - 7
	u	25 - 30	6 - 7	22 - 26

Kommentarer.

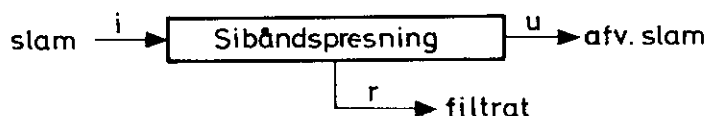
Som for centrifugering.

SIBÅNDSPRESNING.

Sibåndspresning er en slamafvandingsoperation, hvor slammet føres mellem 2 parallelle bånd, og slamvandet (filtratet) presses gennem det ene bånd (sibåndet). Det afvandede slam fjernes fra båndet med en skraber. Som konditioneringsmiddel anvendes som oftest organiske polymerer. Dosering andrager 2 - 4 kg/ ton TS. Normalt foretages en vis koncentrering af slammet forud for sibåndspresning.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slamudløb (afvandet slam).
3. Filtratudløb (normalt til renselanlæg).
4. Kemikalietilsætning.
5. Slamskraber.

BalanceKarakterisering.

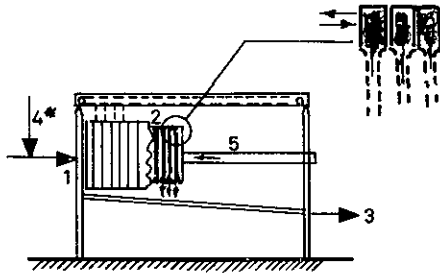
Slamtype		Mængde		TS-indhold	
		kg	kg	kg	%
MB (ustab.)	i	100	3 - 5	3 - 5	
	u	15 - 25	3 - 5	20 - 30	
MB (stab.)	i	100	3 - 4	3 - 4	
	u	15 - 25	3 - 4	15 - 24	
MBK (Al, ustab.)	i	100	2 - 6	2 - 6	
	u	15 - 20	2 - 6	12 - 25	
MBK (Al, stab.)	i	100	2 - 3	2 - 3	
	u	10 - 15	2 - 3	14 - 24	
MBK (Ca, ustab.)	i	100	5 - 8	5 - 8	
	u	20 - 30	5 - 8	23 - 30	

Kommentarer.

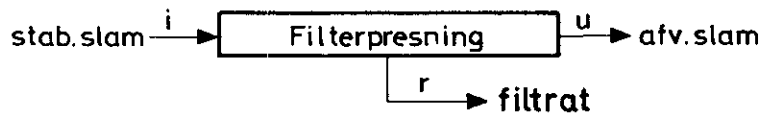
Som for centrifugering.

FILTERPRESNING.

Filterpresning er en diskontinuert slamafvandingsoperation, hvor vandet presses ud af slammet gennem en filterdug i en række filterkamre, ved et pumpetryk på 5 - 25 atm. Filtratet ledes normalt fra kamrene tilbage til rensaanlægget. Trykket nedsættes, kamrene adskilles, slankagerne falder ned og transporteres bort. Som konditioneringsmidler anvendes som oftest uorganiske forbindelser, især kalk og jernsalte, i en dosering på 10 - 40% af slammets TS. Anvendes termisk konditioneret slam, er kemikalietilsætning unødvendig, men til gengæld har filtratet et højt indhold af BI₅.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slam i filterkamrene.
3. Filtratudløb (normalt til rensaanlæg).
4. Kemikalietilsætning (unødvendig ved termisk konditioneret slam).
5. Tilspænding.

BalanceKarakterisering.

Slamtype ^{x)}		Mængde kg	TS-indhold kg %	
M (ustab.)	i	100	4 - 7	4 - 7
	u	10 - 15	4 - 7	40 - 50
an. stab.	i	100	3 - 6	3 - 6
	u	5 - 10	3 - 6	35 - 45

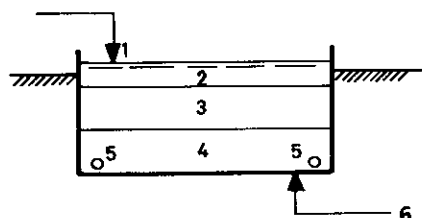
^{x)} De angivne slamtyper er i kilden ufuldstændig beskrevet, og der savnes oplysninger vedrørende andre slamtyper.

Kommentarer.

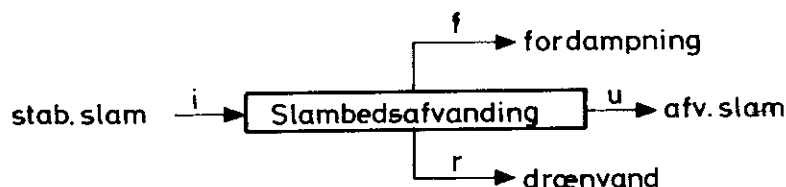
Som for centrifugering.

SLAMBEDSAFVANDING.

Slambedsafvanding er en behandlingsmetode, der fjerner slamvandet ved fordampning og bortdræning. Af lugthensyn er metoden kun brugbar ved stabiliseret slam. Opnåelig tørstofkoncentration er afhængig af vejret, hvor længe slammene kan ligge på bedene, og hvor godt afvandeligt slammene er. Drænvandet føres normalt retur til renseanlægget.

Princip

1. Slamindløb.
2. Slam under afvanding.
3. Sandlag.
4. Gruslag.
5. Drænrør (filtrat).
6. Eventuel lavpermeabel membran.

BalanceKarakterisering.

Slamtype ^{x)}	Mængde kg	TS-indhold	
		kg	%
MB (an. stab.)	i	4 - 7	4 - 7
	u	20 - 25	20 - 30

^{x)} Der savnes i kildeangivelserne oplysninger om andre slamtyper.

Kommentarer.

Nedsivning af spormetaller og kvælstofforbindelser er undersøgt ved et enkelt slambed, der dog var etableret alene ved fjernelse af muldlaget over lag af moræneler. Der var altså ikke etableret grusunderlag med dræn. Der er fundet stor nedsivning af N. Hvad angår spormetallerne, synes udvaskningen ringe, og en egentlig nedsivning er ikke konstateret.

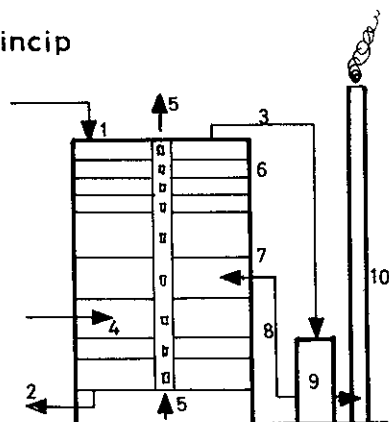
Ligesom der ved kontrolleret losseplads kræves sikkerhed mod nedtrængning til undergrunden og til grundvandet af uønskede stoffer, må tilsvarende sikkerhed mod uønsket grundvandsforurening kræves ved slambede. Såfremt undergrunden under det drænende gruslag ikke er tæt (lerlag), vil der være behov for etablering af lavpermeabel membran under slambedet, ved indlægning af et lerlag, eller anden tilsvarende, tæt membran.

Med særligt hensyn til slammets slutdisponering vil det om slambedsafvanding yderligere kunne anføres, at lang tids lagring af slammene (ca. 1 år) med regelmæssig luftning (f.eks. vending) vil medføre, at bakterier, virus og ormæg inaktiveres i et sådant omfang, at slammet kan betegnes som hygiejniseret.

FORBRÆNDING.

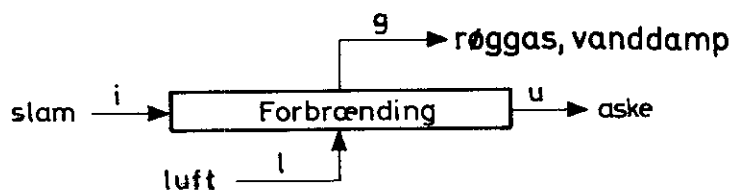
Slamforbrænding er en behandlingsproces, der omdanner det meste af slamtørstoffets organiske dele til luftarter, så kun den ikke-brændbare aske bliver tilbage. De mest anvendte ovntyper til slamforbrænding er etageovne, roterovne og hvirvellagsovne. Principskitsen viser en etageovn, som er valgt ved det foreløbigt eneste slamforbrændingsanlæg her i landet (Avedøre). For at spare varme til tørring af slammet, anvendes slammet mekanisk inden forbrænding. Slammet skal op på en tørstofkoncentration på 30 - 40% (afhængigt af tørstofsammensætning) for at være selvforbrændende.

Princip



1. Slamindløb.
2. Askeudtag.
3. Røggasudtag.
4. Lufttilførsel.
5. Køleluft.
6. Tørrekamre.
7. Forbrændingskamre.
8. Kølekamre.
9. Røggasvasker.
10. Skorsten.

Balance

Karakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold kg %	
Uspecificeret	i	100	30 - 45	30 - 45
	u	15 - 20	15 - 20	90 - 100

Kommentarer.

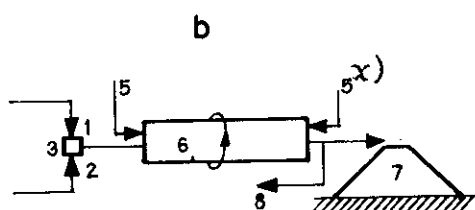
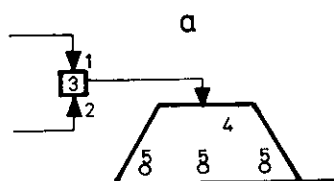
I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at slaggen og asken er uden ubehagelig lugt,
- at N-forbindelser i det væsentligste vil gå over i røgfasen, og P-forbindelser forblive i slaggen og asken,
- at slaggen og asken i et godt virkende anlæg kan betegnes som steril (fuldstændig udryddelse af patogener),
- at spormetallerne fortrinsvis vil findes i slaggen og asken, mens røgen med en hensigtsmæssig røggasrensning kan gøres praktisk talt fri for metaller. Vedrørende Hg kan der dog være problemer med røggassen. Disse spørgsmål bliver undersøgt i øjeblikket, og resultatet forventes i løbet af 1975,
- at slaggen og asken fra slamforbrænding kan slutanbringes på et særskilt, indrettet areal, jf. miljøstyrelsens "Vejledning for kontrollerede lossepladser", afsnittet om produkter fra forbrændingsanlæg, samt det under afsnit 4.2.1.5 anførte.

SAMKOMPOSTERING.

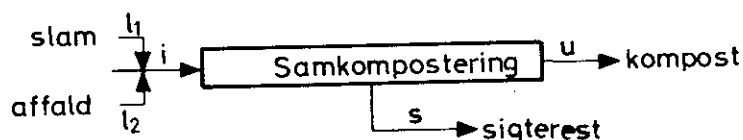
Kompostering er en aerob, mikrobiel omdannelse af organisk stof til en relativt stabil humus. Da kulstof-/kvælstofforholdet er u-hensigtsmæssigt stort i affald, tilsættes slam for at nedsætte forholdet til optimalt kulstof-/kvælstofforhold. Der kan anvendes 2 metoder: Åben kompostering i miler (a), og forkompostering i retort med eftermodning (b).

Princip



1. Slamindele.
2. Affaldsindføring.
3. Blanding.
4. Mile.
5. Lufttilførsel (x) alternativ).
6. Komposteringsbeholder.
7. Efterkompostering.
8. Sigterest.

Balance

Karakterisering.

Slamtype		Mængde kg	TS-indhold kg %		N-indhold i % af TS	P-indhold i % af TS
M (stab.)	i ₁	26 - 28	6 - 7	22 - 27		
	i ₂	72 - 74	48 - 57	66 - 77		
	u	ca. 40	ca. 20	ca. 50	1,8 - 2,0	0,4 - 0,5
	s	ca. 35	ca. 35	ca. 100		
MB (stab.)	i ₁	28 - 30	9 - 11	30 - 33	2,2 - 2,7	1,1 - 2,5
	i ₂	70 - 72	45 - 54	67 - 77		
	u	ca. 40	ca. 20	ca. 50	1,8 - 2,0	0,4 - 0,5
	s	ca. 35	ca. 35	ca. 100		

Kommentarer.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at komposten er uden ubehagelig lugt,
- at komposten (grundet iblandingen af affald) har lavere indhold af N og P end slammets (de opgivne tal må tages som vejledende, da datamaterialet endnu er mangelfuldt),

Fortsættes side 3.18

SAMKOMPOSTERING.

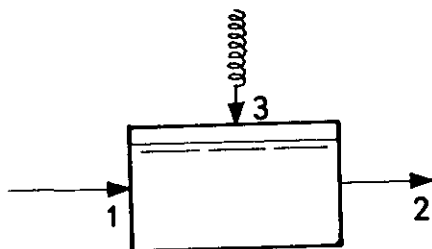
- at man kan opnå et hygiejnisk acceptabelt produkt, hvis det kan sikres, at temperaturen overalt i en længere periode overstiger 55° C (milkompostering). Temperaturkravet er lavere, end f.eks. ved pasteurisering, da man samtidig får en antibiotisk virkning,
- at der stadig savnes oplysninger om spormetallernes binding i komposten, men der kan i denne henseende slutdisponeres som med slam i øvrigt.

PASTEURISERING/BESTRÅLING.

Pasteurisering og bestråling er 2 enhedsprocesser, hvor slammets hygiejniske kvalitet forbedres ved en væsentlig reduktion i antallet af bakterier, virus og ormeæg.

Pasteurisering er en opvarmning af slammet i flydende fase til 70°C , og denne temperatur holdes i 25 - 30 minutter. Opvarmningen kan ske i en varmeveksler, eller ved direkte indsprøjtning af lavtryksdamp.

Bestråling af slam i væskefase kan ske i form af beta- eller gammastråler. Minimumdosis ca. 200 - 300 krad (1 krad = 10^5 erg/g).

Princip

1. Slamindløb (uafvandet slam).
2. Slamudløb (hygiejniseret slam).
3. Varme- eller strålingspåvirkning.

BalanceKarakterisering.

Slamtype	Reduktionsfaktor for enterobakterier					
		Pasteurisering	Bestråling			
			100 krad	200 krad	300 krad	400-500 krad
Ustab. slam			10^1-10^4	10^3-10^6	10^4-10^8	10^6-10^9
Udrådn. slam	80°C , 5 min.	100%	10^1-10^5	10^3-10^6	10^4-10^7	10^5-10^8
Luftet slam	70°C , 30 min.	10^4-10^9	10^3-10^4	10^3-10^6	10^4-10^8	10^6-10^8

Kommentarer.

I relation til slammets slutdisponering bemærkes:

- at der kun i smittehygiejniske henseende sker en ændring med slammet. Stabilitetsgrad, N-, P- og spormetalindhold uændret. Ved pasteurisering (70°C , 30 minutter) antages slammet acceptabelt i hygiejniske henseende. Efter bestråling med 200 krad er endnu ca. 2% af spolormeæg (Ascaris) stadig udviklingsdygtige. (Enterobakterier er valgt som indikatorbakterier, da de i følsomhed minder om Salmonella).

Fortsættes side 3.20

PASTEURISERING/BESTRÅLING.

Slamopvarmning kan - foruden at sigte mod pasteurisering (hygiejnisering) - have som mål at stabilisere slammet, sådan som det praktiseres i Zimpro-processen, hvor opvarmning til 200 - 300° C under tryk kombineres med ilttilførsel, der medfører oxidation (forbrænding) af en væsentlig del af de organiske stoffer i slammet.

Andre processer (Porteous, Farrer) sigter alene mod opvarmning under tryk.

Disse varmebehandlinger giver et slam, der er lettere at afvande i centrifuger, vakuumfiltre, sibåndspresser, kammerfilterpresser m.m. Blandt andet vil den fornødne kemikaliemængde reduceres væsentligt eller helt bortfalde, og det vil ofte være hovedmotivet for at vælge varmebehandlingen.

Rejektvandet fra tykning og tørring efter varmebehandling vil imidlertid ofte indeholde store mængder organisk stof og fine partikler, altså nedsatte udskilleelsesgraden i de efterfølgende processer.

Hvis rejektvandet føres til renseanlægget, kan der her ske akkumulering af fine partikler, og øget belastning af visse af anlæggets dele i et sådant omfang, at der ved projektering skal tages særligt hensyn hertil. Alternativt kan rejektvandet underkastes separat behandling, der dog kan være besværlig.

En særlig form for kombineret stabilisering og pasteurisering kan opnås ved læskning af brændt kalk (CaO) med slam i en sådan blanding, at temperaturen når til kogepunktet, og høj temperatur holdes i ca. 15 minutter. Slutproduktet bliver så tørt, at det kan lagres i sække til brug som jordforbedringsmiddel til kalktrængende jorder. Kalkforbruget ved denne proces er stort.

3.3 Kommentar til metodebladene.

De forudgående metodeblade bærer præg af, at der på flere områder er en mangel på konkret viden om, hvilke ændringer slammet undergår, og hvilke stofbalancer, der er tale om ved de omtalte operationer og processer. Den manglende viden fremgår, dels af de mange ikke-udfyldte "ruder" i karakteriseringstabellerne, og dels af de ofte ufyldtestgørende, eller manglende oplysninger under "kommentarer". Der synes at ligge en umiddelbar og veldefineret opgave i at få disse ufuldstændigheder afhjulpet; passende måleprogrammer i tilknytning til eksisterende installationer vil inden for relativ kort tid kunne rette situationen op.

Med hensyn til antal installationer og disses kapacitet synes det oplagt, at sådanne oplysninger kan tilvejebringes og løbende ajourføres, inden for rammerne af miljøstyrelsens øvrige kortlægningsvirksomhed, når der blot tages hensyn hertil i de udsendte spørgeskemaer.

3.4 Referencer.

De på metodebladene angivne talværdier m.m. er for en stor del taget fra nedennævnte referencer, der i øvrigt er langt fra udtømmende, med hensyn til beskrivelse af slambehandlingsmetoder.

- /1/ Balmér, P. & A. S. Eikum:
"Oversikt over slambehandlingsmetoder."
Norsk Institutt for Vannforskning, o-50172, 1972
- /2/ Hilmer, A.:
"Slamförtjockning med flotation."
Vatten 24, 149 - 156 (1968)
- /3/ Katz, W. et al:
"Sludge Thickening by Dissolved Air Flotation."
Journal Water Pollution Control Federation 39, No. 6,
946 - 956 (1967)
- /4/ Arvin, E.:
"Kemisk fældning i forbindelse med byspildevand."
Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske
Højskole. Forelæsninger, efterår 1972
- /5/ Brandt, K.:
"Behandling af spildevandsslam, særligt med henblik
på forbrænding."
Forureningsrådet. Sekretariatet. Publikation nr. 6,
"Affaldsforbrænding", 1971: 57 - 62

- /6/ Hansen, J. L.:
"Oversigt over vand- og slammængder ved renseanlægget ved Damhusåen."
Afløbskontoret, København, januar 1974
- /7/ Eikum, A. S.:
"Aerobic Stabilization of Primary and Mixed Primary/ Chemical (Alum) Sludge."
Norwegian Institute for Water Research, o-40/71 N, 1973
- /8/ Ruffer, H.:
"Untersuchungen zur Charakterisierung aerob-stabilisierter Schlämme."
Vom Wasser. Ein Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik, Band 33, 1967: 254 - 282
- /9/ Paulsrud, B.:
"Stabilisering av slam med kalk."
Norsk Institutt for Vannforskning, delrapport 1, 1973
- /10/ Farrell, J. B. et al:
"Lime Stabilization of Primary Sludges."
Journal Water Pollution Control Federation 46, No. 1, 113 - 122 (1974)
- /11/ Gianelli, E.:
"Combination of Refuse Incineration and Sludge Treatment."
Forureningsrådet. Sekretariatet. Publikation nr. 6, "Affaldsforbrænding", 1971: 43 - 55
- /12/ Rennerfelt, J.:
"Slamavvatningsapparat, driftserfarenheter och kostnader."
8. Nordiska symposiet om vattenforskning (kommunalt slam), 1972: 121 - 146
- /13/ Gray, R. M.:
"Vacuum Filtration."
Industrial Water Engineering 8, No. 5, 15 - 17 (1971)
- /14/ Möller, U.:
"Technische und wirtschaftliche Fragen bei der Schlammwässerung und Schlamm-trocknung."
Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 28, "Stabilisierung von Abwasserschlämmen", München, 1967: 91 - 130
- /15/ Rennerfelt, J.:
"Slambehandling."
6. Nordiska symposiet om vattenforskning (kemisk fjernelse af næringssalte fra afløbsvand), 1970: 103 - 113
- /16/ Thomas, C. M.:
"The Use of Filter Presses for Dewatering Sludges."
Journal Water Pollution Control Federation 43, 93 - 101 (1971)
- /17/ Andersen, K. B. et al:
"Nedsivning fra kompost og slam."
Afløsning for eksamen i fast affald. Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole, 1974
- /18/ Environmental Protection Agency:
"Sewage Sludge Incineration."
EPA - Ra - 72 - 040, March, 1972

- /19/ Århus:
"Renovationsforhold i Århus kommune, 2."
Redegørelse og forslag vedrørende behandling af fast affald.
Stadsingeniørens kontor, Århus, 1972
- /20/ Balmér, P. et al:
"Kompostering - grunder teknik och möjligheter i Sverige KtH."
Institutionen för biokemi och biokemisk teknologi, Stock-
holm, februar 1970
- /21/ Tjell, J. Chr.:
"Foreløbige analyseresultater fra Statens Forsøgsgård
ved Askov."
Laboratoriet for teknisk hygiejne, Danmarks tekniske
Højskole, 1974
- /22/ Hess, E. & G. Lott:
"Klärschlamm aus der Sicht des Veterinärhygienikers."
Gas-Wasser-Abwasser 51, Nr. 2, 42 - 44 (1971)
- /23/ Roediger, H.:
"Pasteurisierung von Faulschlamm."
Städtehygiene 9, 178 (1958)

KAPITEL 4.

SLUTDISPONERING AF SLAM

4.1 Spredning i omgivelserne

4.2 Koncentrering i omgivelserne

4.3 Referencer

4 SLUTDISPONERING AF SLAM.

Principielt er der flere muligheder for at slutdisponere slammet:

- 1) Spredning i omgivelserne.
- 2) Koncentrering i omgivelserne.
- 3) Direkte recirkulation.

Omgivelserne omfatter såvel vand- som jord- og luftmiljøet. "Direkte recirkulation" står som metode for slutdisponering af slammet, i modsætning til den "indirekte recirkulation", som kan være en følge af spredning i omgivelserne, kombineret med høst af afgrøder, hvor f.eks. kvælstof og fosfor i slammet recirkuleres, på grund af planternes optagelse af disse næringsstoffer.

Udvikling af nye metoder til slutdisponering, med vægt på direkte recirkulation af visse af slammets uorganiske og organiske bestanddele gennem stofgenvinding, eller anden udnyttelse (f.eks. proteinfremstilling, gasfremstilling...), kan forventes.

Ved slammets behandling sker der som regel en samtidig fordeling af det indgående slam på forskellige recipienter. Således vil vandrecipienten modtage det i afvandingen fraseparerede vand, eller luftrecipienten vil modtage gasser (som f.eks. kvælstof og kultveilde), der frigøres ved forbrænding, slamudråkning m.m. Den således fraseparerede vand- og/eller gasfase kan vægt- og volumenmæssigt være meget betydelig, i forhold til den resterende, faste fase (= behandlet slam). Nærværende kapitel af rapporten vedrører det efter eventuel behandling resterende slamprodukt, og de mere konkrete slutdisponeringsmuligheder, som herefter skal diskuteres, bliver følgende:

- 1) Udbringning på jord (spredning).
- 2) Anbringelse på kontrolleret losseplads (koncentrering).
- 3) Anbringelse på kontrolleret specialdepot for slam (koncentrering).

Andre muligheder findes, men for den praktiske vejledning er der gjort indskrænkning til de i praksis anvendte metoder, der for tiden kan opgøres til, at ca. 45% af produceret slam udbringes på jord, og størstedelen af resten deponeres på losseplads, FORURENINGSRÅDET /1/.

4.1 Spredning i omgivelserne.

Udbringning af slam på jorden kan indebære, såvel ønskede som uønskede virkninger over for planter, dyr og mennesker. For at opnå en kontrolleret udbringning af slammet kan det være nyttigt at benytte følgende inddeling ved opstilling af nødvendige begrænsninger, eller betingelser for slamudbringning på jord:

- 1) Smitterisiko.
- 2) Forgiftningsrisiko.
- 3) Gødningsvirkning.
- 4) Lugtgene.
- 5) Praktiske omstændigheder.
 - Håndteringsteknik.
 - Lagringsmuligheder.
 - Udbringningsteknik.
 - Økonomi.
 - Driftssikkerhed.

Disse problemstillinger kræver kommentarer hver for sig. Nedenstående gennemgang er dog kun summarisk; for en uddybning af problemstillingen henvises til rapportens bilag III og IV, samt speciallitteratur om emnerne.

4.1.1 Smitterisiko.

Smitterisikoen ved slam kan knyttes til forekomsten af salmonella-bakterier, tarmvirus, samt æg af indvoldsorm. Der må, i relation til udbringning på jord, skelnes mellem:

- 1) Slam uden slagteribidrag, men inklusive f.eks. hospitalsbidrag (normaltbelastet slam).
- 2) Slam med slagteribidrag (slagteribelastet slam).

Begrundelsen for denne sondring er, at undersøgelse af slamprøver fra rensningsanlæg, som modtager slagterispildevand, har vist, at sådant slam ud over normalbelastningen har modtaget en ekstra belastning med parasitæg, og muligvis også andre smitstoffer fra slagtedyrenes tarmindehold. Parasitæggene er overvejende æg af svi-nets spolorm, Ascaris suum, i mindre udstrækning æg af piskeorm, Trichuris trichiura. Disse æg er af mindre betydning for mennesket, men det må absolut frarådes at udbringe slam, som er massivt belastet med disse arter af ormeæg på en sådan måde, at husdyr, specielt ormens naturlige værter, svin, men også f.eks. kalve, kan opnå direkte, eller indirekte kontakt med ægkontamineret materiale. De pågældende ormeæg er langvarigt overlevelsesdygtige i jord, og med hensyn til infektionens kinetik skal fremhæves, at der normalt kan etableres anslag med et langt mindre antal enheder, når talen er om ormeæg, end det er tilfældet, hvor enhederne består af bakterier eller virus.

Generelt set må den faglige bedømmelse af smitterisikoen for dyr og mennesker, ved slutanbringelse af slam og slamprodukter i og på jord, hvile på kendskab til:

- 1) De indeholdte smitstoffers art og mængde.
- 2) Overlevelse i slam og jord.
- 3) Spredningsveje, herunder
 - nedsivning til grundvand.
 - afstrømning til overfladevand.
 - indtagelse af, eller kontakt med afgrøder fra arealer, som er tilført slam.
 - transport med insekter, fugle, gnavere o.lign.
- 4) Smittedosisstørrelse i forbindelse med modtagelighed for smitte (resistens) hos værtsorganismen.

Specielt for visse erhvervsgrupper, f.eks. personale ved rensningsanlæg, og andre personer, som har direkte kontakt med frisk slam, kan der være tale om at blive udsat for større infektionsdoser. Så-

danne personer bør derfor sikres specielt gennem en passende helbreds kontrol og beskyttelse.

De anførte epidemiologiske vurderinger, de indtil nu foreliggende erfaringer om henholdsvis slagteribelastet og normaltbelastet slam, og hensynet til beskyttelse af specielt udsatte grupper, motiverer, at følgende retningslinier bør iagttages for at sikre acceptable smittehygiejniske og miljøhygiejniske forhold, i forbindelse med udbringning af slam og slamprodukter på jord:

Slam, der skal anbringes på jord, vil normalt have været underkastet en stabiliseringsproces, til opnåelse af en nærmere defineret stabilitetsgrad til undgåelse af lugtgener.

Af hensyn til muligheden for afstrømning bør slam ikke udbringes på snedækket eller frossen jord.

Slam kan efter omstændighederne udbringes med, eller uden forbindelse med jordbehandling.

For gartneri- og havebrug gælder, at der på arealer til dyrkning af grøntsager, rødder og bær, der spises rå, kun bør anvendes hygiejniseret slam og da senest et halvt år, før afgrøderne indsamles.

På arealer til dyrkning af pryddplanter, blomster, samt ved park- og vejanlæg, kan slam uden slagteribelastning anvendes uden forudgående hygiejnisering. Anvendes slagteribelastet slam, bør dette være hygiejniseret.

For landbrug gælder, at der på græsarealer, uanset om disse afgræsses, eller anvendes til staldfodring, ensilering eller høberedning, kun bør anvendes hygiejniseret slam, og at slamudbringning kun bør finde sted umiddelbart efter, at dyrene er bragt på stald.

På arealer til dyrkning af rodfrugter (roer og kartofler) til foder for dyr kan slam uden slagteribelastning anvendes uden forudgående hygiejnisering. Anvendes slagteribelastet slam, bør dette være hygiejniseret.

På arealer til dyrkning af korn, industri- og frøafgrøder kan både normaltbelastet og slagteribelastet slam anvendes uden forudgående hygiejnisering.

For skovbrug og plantager gælder, at normaltbelastet slam kan anvendes uden forudgående hygiejnisering, mens slagteribelastet slam bør være hygiejniseret. Ved udbringning af flydende slam på træbevoksede arealer, uden samtidig nedpløjning eller lignende jordbehandling, bør de pågældende arealer afspærres, eller på anden måde sikres mod færdsel i mindst 1 år.

4.1.2 Forgiftningsrisiko.

En holdbar vurdering af det eventuelle forgiftningsproblem ved slamudbringning på jord vil indebære bedømmelse af en række delproblemer, hvoraf nogle væsentlige kan opregnes.

1. Stofferne.

Interessen knyttes i øjeblikket især til cadmium, Cd, og bly, Pb, men det er muligt, at andre stoffer, f.eks. kviksølv og polyklorerede bifenyler, vil vise sig lige så væsentlige i denne forbindelse. Cadmium benyttes som eksempel nedenfor.

2. Kilderne og mængderne.

Indholdet i jorden, tilførslen fra forskellige kilder og bortførslen er af følgende størrelsesorden:

<u>Indhold i jord:</u>	200 g Cd/ha
<u>Tilførsel:</u>	
Slam (1 ton TS/ha/år, ikke industri):	5 - 10 g Cd/ha/år
Handelsgødninger (NPK og PK):	2 g Cd/ha/år
Atmosfærisk nedfald:	5 g Cd/ha/år
<u>Bortførsel:</u>	
Drænvand:	0,2 g Cd/ha/år
Afgrøder:	2 g Cd/ha/år

Det må her understreges, at den samlede slammængde i Danmark kun vil belaste ca. 5% af landbrugsarealet ved ovennævnte dosering (1 ton TS/ha/år), hvorimod tilførsel med handelsgødninger og atmosfærisk nedfald belaster hele landbrugsarealet. Slamudbringning

vil derfor kun medføre en relativ beskedent forøgelse af den samlede cadmiumtilførsel.

3. Jordkemi.

Spormetallernes skæbne efter tilførsel til jord afhænger af de kemiske og biologiske processer, der foregår i jorden. I slam findes hovedparten af spormetallerne som tungtopløselige forbindelser, der omsættes relativt langsomt i jord. Efter opløsningen vil hovedparten af spormetallerne på ny fikseres, enten ved udfældninger i nye, tungtopløselige forbindelser, eller ved adsorption til jordkolloiderne. Mængden af spormetaller, opløst i jordvandet, vil afhænge af opløseligheden af de fikserede metaller, men vil i reglen udgøre mindre end 1% af den totale mængde i pløjelaget.

4. Optagelse i planter.

Planters optagelse af spormetaller øges med koncentrationen af disse i jord og jordvæske. Optagelsen afhænger tillige af andre faktorer, såsom jordtype, gødskning, klima og planteart. Dertil kommer, at optagne spormetaller kan være uensartet fordelt i de forskellige plantedele, f.eks. er koncentrationen ofte større i halm end i kerner, hvilket kan medføre, at konsumenterne kun indtager en lille del af de i planterne optagne spormetaller.

5. Spormetalfjernelse.

Borttransport af spormetaller fra de øvre jordlag sker hovedsageligt ved fjernelse med afgrøder og nedvaskning til dybereliggende jordlag. Lokalt kan overfladeafstrømning med vand og transport med vinderosion dog yde betydelige bidrag. Fjernelsen, med såvel afgrøder som nedsivende jordvand, vil øges med tilførslen, men under normale landbrugsforhold vil den årlige borttransport kun udgøre en meget lille del af den totale mængde i jorden. På kortere sigt vil hovedparten af de tilførte spormetaller derfor ophobes i jorden.

6. ADI.

Til vurdering af forgiftningsrisiko ved indtagelse (fortæring) af produkter fra slamgødgede arealer hører fastlæggelse af acceptabel daglig indtagelse (ADI) for forskellige aldersgrupper, samt vurdering af lokale kostvaner. For så vidt produkterne bruges til foder, skal ADI for dyrene kendes.

De her omtalte problemstillinger danner baggrund for en igangværende, intensiv undersøgelsesvirksomhed, såvel i Danmark som i udlandet; se kapitel 8.

Indtil videre må der afstås fra en strengt logisk afledning af krav til slamudbringning, ud fra en fastlagt ADI for det enkelte stof. I stedet for må kravene foreløbigt opstilles bedst muligt under hensyn til ønsket om, at f.eks. cadmium- og blyindholdet i føden ikke øges i forhold til det nuværende niveau.

På baggrund af foranstående overvejelser vedrørende forgiftningsrisiko, i forbindelse med slamudbringning på jord med konsumafgrøder, anses det for motiveret at foreslå følgende retningslinier:

Forgiftningshensyn.

Slam, som udbringes på jord, skal deklarereres, bl.a. med hensyn til indhold af cadmium og bly. Analyse af repræsentativ slamprøve fra renseanlægget bør udføres mindst 1 gang årligt.

Indtil videre kan der udbringes slam på jord med konsumafgrøder, såfremt cadmiumbelastningen gøres mindre end 15 g/ha/år, og blybelastningen gøres mindre end 600 g/ha/år. Såfremt udbringning kun foretages hvert andet år, kan der udbringes dobbelt mængde pr. gang o.s.v. Gødningsbehovet kan dog i så fald ofte blive afgørende for den maksimale dosering; se nedenfor. Udbringningen og virkningen heraf skal foregå kontrolleret.

På jord uden konsumafgrøder kan der i særlige tilfælde, nu og i fremtiden, tillades udbragt slam, når cadmiumbelastningen gøres mindre end 30 g/ha/år, og blybelastningen gøres mindre end 1.200 g/ha/år.

Slam med et cadmiumindhold over 30 ppm, og/eller et blyindhold over 1.200 ppm, bør ikke udbringes på jord.

Samkomposteret slam og andet affald bør underkastes samme regler, som gældende for slam med hensyn til giftstoffer, d.v.s. at foranstående grænser skal respekteres, for så vidt angår totalindholdet af cadmium og bly i komposten.

4.1.3 Gødningsvirkning.

Gødningsvirkningen knytter sig til slammets indhold af kvælstof, N, og fosfor, P, samt en række mikronæringsstoffer (mangan, kobber, bor...).

På landsbasis vil slammets kvælstof- og fosforindhold, ved udbredt og normal biologisk rensning, udgøre ca. 4% af det med handelsgødninger tilførte. Lokalt kan slammet dog ved passende slamudbringning i visse tilfælde helt erstatte anvendelsen af kvælstofgødning.

Virkningen af slamfosfor er problematisk. Ved primærslam og biologisk slam er hele fosfatmængden ikke umiddelbart plantetilgængelig. Fosforindholdet vil dog imidlertid på længere sigt medvirke til en brugelig fosforvedligeholdelse i muldlaget.

Er der tale om slam fra kemisk fosforfældning, er slammets fosforindhold højere, end i primær- og biologisk slam.

Er der anvendt kalk til fældningen, vil fosforindholdet være relativt lettilgængeligt for planterne. Er der brugt aluminium eller jern til fældning, vil fosforindholdet være mindre tilgængeligt for planterne.

Slammets gødningsværdi er især knyttet til kvælstofindholdet og dets tilgængelighed for planter. Slamtørstof indeholder varierende mængder kvælstof, i reglen 1 - 5%; i prøver af dansk slam har indholdet af kvælstof været 2 - 4% af tørstoffet. Værdien som kvælstofgødning er imidlertid ikke bestemt af indholdet af totalt kvælstof. Det skyldes, at kun en lille og varierende del af kvælstoffet er umiddelbart tilgængeligt for planter. Størsteparten findes i uopløselige, organiske forbindelser, der kun langsomt nedbrydes i jorden. Dertil kommer, at de mikroorganismer, der medvirker ved nedbrydningen af slammet, kan binde betydelige mængder lettilgængeligt kvælstof. Denne kvælstofbinding er størst, når slammet indeholder store mængder letomsætteligt, organisk stof. Udbringning af ikke-stabiliseret slam medfører derfor, at afgrøderne i en periode kan lide af kvælstofmangel. Stabilisering må derfor tilrådes, selv om den giver slam med mindre kvælstofindhold.

Slams værdi som kvælstofgødning afhænger således af mange faktorer. Der må derfor forventes store variationer mellem forskellige slamprodukter, bl.a. som følge af anvendelse af forskellige metoder til fældning og behandling af slammet. En variation i indholdet af umiddelbart tilgængeligt kvælstof fra næsten intet til over 2% af tørstoffet er sandsynlig.

Da en præcis dosering af tilgængeligt kvælstof er af stor betydning for rationel planteproduktion, vil det næppe være økonomisk forsvarligt at basere kvælstofgødskningen udelukkende på slamtilførsel, hvis der ikke foreligger pålidelige oplysninger om det pågældende slamprodukt.

Der er behov for undersøgelser, vedrørende slams værdi som kvælstofgødning, og for tilpasning af analysemetoder, som gør det muligt at forudsige gødningsværdien.

På baggrund af foranstående vurdering af slams gødningsvirkning anses det for motiveret at foreslå følgende retningslinier:

Gødningshensyn.

Slamdoseringen fastlægges ud fra forventet kvælstofgødningsvirkning, baseret på analyser af slammet. Såfremt sådanne ikke foreligger, er det tilrådeligt at begrænse tilførslen til ca. 6 tons tørstof/ha. Ved denne dosering tilføres i de fleste tilfælde ca. 50 kg tilgængeligt kvælstof pr. ha, som derefter må suppleres med handelsgødninger. Den tilladelige dosering, og tidsintervallerne herfor, afgøres ud fra en vurdering, f.eks. af indholdet af cadmium og bly, jf. foran under 4.1.2.

Slam, som udbringes på jord, skal varedeklareres, for så vidt angår tørstof, kvælstof og fosfor, samt eventuelt kalium, og visse mikronæringsstoffer.

Slam skal stabiliseres, og kompost eftermodnes før udbringning på jord.

4.1.4 Lugtgener.

Råslam vil let give anledning til ilde lugt, fordi slammet, eller partier heraf, går i anaerob forgæring. For de fleste slutdisponeringer er det derfor nødvendigt at kræve slammet stabiliseret forud.

Graden af stabilisering (mineralisering af organisk stof) er ikke en veldefineret størrelse; der gennemføres dog i øjeblikket en række forskningsprojekter, netop med henblik på bedre beskrivelse af, og kontrol med stabiliseringsprocessen. Lugtgene er heller ikke et veldefineret begreb, og situationen er bl.a. typisk ved, at der ikke findes fælles accepterede og teknisk reproducerbare metoder til måling af lugt.

Lugthensyn.

Slam bør stabiliseres så vidt og på en sådan måde, at væsentlige lugtgener ikke opstår under håndtering, transport, eller udbringning af slammet. Indtil videre må erfaring på området give vejledning, med hensyn til "tilstrækkelig stabilisering".

4.1.5 Praktiske hensyn.

Udbringning på jord kan kun foregå i visse perioder, og der vil derfor kræves specielle hensyn til lagring af det producerede slam. Endvidere forudsættes det, at slammet leveres og udbringes på marken hos modtageren, under renseanlæggets ansvar, og normalt ved dets foranstaltning.

Det vil ikke være muligt at give en generelt gyldig anvisning på løsningen af disse problemer. Efter en tilfredsstillende hensyntagen til forhold vedrørende smitterisiko, forgiftningsrisiko, gødningsvirkning og lugtgener, vil det imidlertid være en ingeniør- og jordbrugsteknisk opgave at finde den fremgangsmåde, som ud fra lokale forudsætninger giver en passende, sikkert gennemførlig behandling, håndtering, lagring og udbringning, inden for en økonomisk rimelig ramme. I denne forbindelse bliver det naturligvis aktuelt også at vurdere alternativerne til slamudbringning på jord.

4.1.6 Sammenfatning af principielle retningslinier for slamudbringning på jord.

De foranstående hensyn og problemstillinger, vedrørende slams udbringning på jord, kan nu sammenfattes. Det kan herunder være praktisk at sondre mellem slamproducent og slammodtager for at angive, hvorledes disse 2 parter i sagen kan tænkes at dele opgaverne.

PRODUCENTEN.

1. Stabilisering.

Slammet bør være stabiliseret til en nærmere defineret stabilitetsgrad.

2. Afvanding.

Slammet bør være koncentreret, og/eller afvandet til en konsistens, der opfylder de krav, som transport- og udbringelsesmetoden, samt anbringelsesstedets forhold, betinger.

3. Helbreds kontrol.

Personale, som konstant og direkte er beskæftiget med slambehandling, og transport af slam i alle led, bør sikres gennem helbreds kontrol og beskyttelse.

4. Journal.

Renseanlægget, og/eller den for transporten til modtagerne ansvarlige, bør føre journal, der angiver mængder, art, tidspunkt og modtager, vedrørende udleveret slam og slamprodukter.

5. Deklaration.

Slam og slamprodukter bør deklarereres, med hensyn til smitstofbelastning (slagteri, plus/minus), hygiejnisering, tørstofindhold, indhold i slamtørstof af cadmium og bly, samt tilgængeligt kvælstof, fosfor, kalium, og i passende omfang af mikronæringsstoffer. For slam, som skal udbringes på jord, bør kræves cadmium mindre end 30 ppm, og bly mindre end 1.200 ppm.

6. Udbringning.

Udbringning på snedækket eller frossen jord bør ikke finde sted.

Slam, der ikke er hygiejniseret, bør ikke spredes med vandkanon, eller anden form for udsprøjtning under tryk, på grund af risiko for spredning af smittekim m.m. over større områder ved aerosol-virkning.

Udsprøjtning fra tankvogn ved gravitation af slam, der ikke er hygiejniseret, bør ske under hensyn til vindforholdene.

MODTAGEREN.

1. Dosering.

Ud fra slammets kvælstofindhold opgøres den ønskelige slamdoser-
ring i ton TS/ha/år. Ud fra cadmium- og blyindholdet opgøres den
tilladelige slamdosering i ton TS/ha/år. Det mindste af tallene
bliver herefter vejledende for den endelige dosering. Er perioden
mellem 2 doseringer større end 1 år, kan dosis pr. gang øges til-
svarende; udnyttelse af kvælstof vil rimeligvis begrænse slammæng-
den pr. ha i en enkelt dosering.

2. Hygiejniseret slam.

Slam, som er deklareret "hygiejniseret", kan anvendes som følger:

I landbrug på alle arealer. På græsarealer dog kun i tidsrummet
fra indbinding til 1. februar. Cadmiumbelastningen bør være un-
der 15 g/ha/år, og blybelastningen under 600 g/ha/år.

I gartneri-, havebrug og frugtplantager på alle arealer. Ved dyrk-
ning af grøntsager, rødder og bær, som spises rå, skal slam dog
udbringes senest et halvt år, før afgrøderne indsamles. Cadmium-
og blybelastning som under landbrug.

I skovbrug og plantagedrift, planteskoler, park- og vejanlæg o.lign.
på alle arealer. Ved udbringning af flydende slam på træbevoksede
arealer, uden samtidig jordbearbejdning, bør de pågældende arealer
tydeligt afmærkes, og/eller afspærres for færdsel. Cadmiumbelast-
ningen bør være under 30 g/ha/år, og blybelastningen under 1.200 g/
ha/år.

3. Ikke-hygiejniseret slam, slagteri minus.

Slam, som er deklareret "ikke-hygiejniseret, slagteri minus", kan anvendes som følger:

I landbrug på arealer til dyrkning af korn, industri- og frøafgrøder, samt på arealer til dyrkning af rodfrugter (roer og kartofler) til foder for dyr. Cadmiumbelastningen bør være under 15 g/ha/år, og blybelastningen under 600 g/ha/år.

I gartneri- og havebrug kun på arealer til ikke-spiselige produkter (prydblomster, planteskoler). Cadmiumbelastningen bør være under 30 g/ha/år, og blybelastningen under 1.200 g/ha/år.

I skovbrug og plantagedrift, planteskoler, park- og vejanlæg o.lign. på alle arealer. Udbringes slammet flydende, uden samtidig jordbearbejdning, bør de pågældende arealer afspærres for færdsel, i indtil 1 år efter slammets produktion. Cadmiumbelastningen bør være under 30 g/ha/år, og blybelastningen under 1.200 g/ha/år.

4. Ikke-hygiejniseret slam, slagteri plus.

Slam, som er deklareret "ikke-hygiejniseret, slagteri plus", kan kun anvendes i landbrug, og kun på arealer til dyrkning af korn, samt industri- og frøafgrøder. Cadmiumbelastningen bør være under 15 g/ha/år, og blybelastningen under 600 g/ha/år.

4.2 Koncentrering i omgivelserne.

4.2.1 Anbringelse på KONTROLLERET LOSSEPLADS.

Affaldsbehandlingen på kontrolleret losseplads har normalt som mål en grad af stabilisering ved forgæring. Det er ønskeligt at opnå forhøjede temperaturer, da det fremmer hygiejnisering, og bl.a. kan mindske muligheden for eksistens af rotter og andre skadedyr. Et vist tilskud af spildevandsslam vil, ved tilførsel af kvælstof og fugtighed, normalt virke fremmende for gæringsprocessen, og derved hæve temperaturen i affaldet.

Til lossepladsen må føres affald, der ikke falder i kategorien specialaffald (jf. "Vejledning for kontrollerede lossepladser",

nr. 1/74, udgivet af miljøstyrelsen). Da slam umiddelbart adskiller sig fra det affald, som normalt modtages på lossepladsen, er det vigtigt at overveje de konsekvenser, slamplacering på lossepladsen i øvrigt rummer.

Det kan fremhæves, at slammet på følgende punkter adskiller sig fra lossepladsens normale affald:

Vandindhold og konsistens.

Smitstofindhold.

Spormetalindhold.

Lugt.

4.2.1.1 Vandindhold og konsistens.

Vandindholdet i slam varierer typisk mellem 75 - 95%, afhængigt af den eventuelle forudgående afvandingsoperation. Vandindholdet i det øvrige affald er derimod relativt lavt, og som oftest under jordfugtighed.

Anbringelse af vådt slam, vandindhold over 90%, kan volde ulemper på lossepladsen, såfremt det blot sker ved almindelig tipning. Således kan slammets konsistens have betydning for en kontrolleret håndtering, og kan eventuelt indvirke på de øvrige operationer på lossepladsen. Pladsens indretning og udstyr kan således stille særlige krav til konsistensen af det slam, som skal modtages. Tipning af meget vådt slam kan endvidere medføre overbelastning af pladsens dræn, hvorfor denne fremgangsmåde generelt må frarådes.

Såfremt det våde slam effektivt indblandes i formalet affald, f.eks. i forholdet 1 liter slam/1 kg affald, er der dog mulighed for at anbringe det våde slam på lossepladsen, uden at dette medfører gener; tværtimod kan der på denne måde ofte forventes en noget fremskyndet biologisk omdannelse af affaldet efter deponeringen.

Såfremt slammet er passende afvandet, f.eks. til et vandindhold mindre end ca. 85%, vil vandindholdet ikke være til hinder for selv en simpel deponering på lossepladsen.

I anlæg, hvor der anvendes formaling og homogenisering, vil man i reglen finde, at slamvandindholdet er til gunst for forgæringsprocesserne.

4.2.1.2 Smitstofindhold.

Slammets indhold af smitstof, salmonellabakterier, tarmvirus og parasitæg, er notorisk højere, end i det øvrige affald af husholdningstype, jf. kapitlerne om karakterisering (2) og behandling (3). Dette indebærer, at der for mandskab på lossepladser, som modtager slam, bør gælde samme helbreds kontrol og beskyttelse som for mandskab på rensningsanlæg.

Derimod er der ikke grundlag for at stille krav om en egentlig hygiejnisering af slammet før anbringelse på kontrolleret losseplads. I forvejen må det nemlig påregnes, at der iagttages passende forsigtighedsregler i omgang med, såvel selve affaldet som det perkolat, der opsamles i dræn på lossepladsen, idet der ikke kan ses bort fra en vis sundhedsrisiko ved uforsigtig adfærd, selv uden anbringelse af slam på lossepladsen.

Ved slamtilførsel til dagrenovation kan der under gunstige forhold udvikles så høje temperaturer i affaldsmaterialerne ved forgæringsprocesserne, at man derigennem opnår en vidtgående hygiejnisering af materialerne.

4.2.1.3 Forhøjet spormetalindhold.

Som det fremgår af kapitel 2, slamkarakterisering, er der mulighed for at få slam med et relativt højt indhold af spormetaller som følge af en vis, industriel aktivitet i oplandet for spildevandsrensaneanlægget. Det er derfor vigtigt at vurdere, hvilke konsekvenser det kan have på lossepladsens samlede affaldsmængde.

Spormetalindholdet i husholdningsaffald har ved undersøgelser vist en fordeling, i forhold til det samlede tørstofindhold, der er meget nær ved spormetalindholdet i "normaltbelastet" spildevandsslam (i forhold til samlet tørstofmængde).

Hvis husholdningsaffald og den slammængde, der tilføres den kontrollerede losseplads, stammer fra samme opland (har tilsvarende

befolkningsunderlag), kan forholdet mellem tørstof i affald og slam regnes at være ca. 10:1 (ved normal biologisk rensning).

Såfremt det tilførte slam var "industribelastet" med ca. 10 gange større indhold af spormetaller, herunder cadmium og bly, end det "normaltbelastede", og såfremt tørstofmængden i henholdsvis affald og slam står i forholdet 10:1, vil det højst kunne medføre en fordobling af det forholdsmæssige indhold af spormetaller, herunder cadmium og bly, i lossepladsens samlede tørstofmængde.

En sådan forøgelse af de nævnte metaller kan accepteres på en losseplads, der er indrettet som "kontrolleret losseplads", hvorfor denne form for slutdisponering også kan anses tilladelig for "industribelastet" slam, når husholdningsaffaldet og slammængden har det angivne, "tilsvarende" befolkningsunderlag.

4.2.1.4 Lugtudvikling.

For at hindre lugtgener, især ved håndtering, og umiddelbart efter anbringelse af slammet, vil det normalt være påkrævet, at det modtagne slam er stabiliseret til en nærmere defineret stabilitetsgrad (se kapitel 9).

4.2.1.5 Praktiske muligheder og retningslinier for slamanbringelse på kontrolleret losseplads.

Ud fra ovenstående gennemgang synes det muligt at sammenfatte betingelserne for slamanbringelse på kontrolleret losseplads således:

Generelt.

1. Helbreds kontrol.

Personale på lossepladsen skal sikres mod smitterisiko gennem helbreds kontrol.

2. Stabilisering.

Der vil normalt skulle kræves stabilisering til en passende defineret stabiliseringsgrad, før modtagelse på lossepladsen for at undgå lugtgener.

Specielt.

1. Afvandet slam, TS større end 15%.

Dette slam bør normalt modtages uden videre på lossepladsen.

2. Flydende slam.

Dette slam vil normalt kun kunne modtages i forbindelse med formaling af dagrenovation og bør da iblandes, før udlægning af affaldet. Der bør ikke iblandes mere slam end 1 liter pr. kg dagrenovation.

3. Slamaske.

Såfremt slammet er forbrændt og herefter optræder som slam- aske, må denne aske normalt anbringes som foreskrevet for forbrændingsslagge og flyveaske (jf. miljøstyrelsens vejledning nr. 1/74).

4. Formaling og kompostering.

Såfremt formalet affald med iblandet slam underkastes en egentlig kontrolleret komposteringsproces, f.eks. i åbne miler, med henblik på afsætning til anbringelse på jord, vil den således fremstillede kompost skulle opfylde de betingelser, som i øvrigt gælder for slams anbringelse på jord, se afsnit 4.1.

4.2.2 Anbringelse på kontrolleret specialdepot for slam.

Slutdisponering ved spredning i omgivelserne, eller ved anbringelse på kontrolleret losseplads, kan være hindret af økonomiske, eller lokale årsager.

Slutdisponering ved anbringelse på specialdepot for slam kan i så fald blive et alternativ.

4.2.2.1 Risici.

Metoden kan indebære:

- 1) Gener for omgivelserne ved lugt og udseende.
- 2) Hygiejnisk risiko ved adgang for fugle, insekter og smådyr.
- 3) Ulemper for omboende ved opformering af insekter og smådyr (rotter).
- 4) Mulighed for grundvandsforurening med mikroorganismer, metaller og salte.
- 5) Mulighed for forurening af overfladevand med organisk stof, metaller og salte, samt hygiejnisk belastende organismer.
- 6) Mulighed for drukneulykker.

De forannævnte risici kan imødegås ved forudgående behandling af slammet ved stabilisering og ved hygiejnisering.

Ved vidtgående tørring af slammet bliver det lettere at imødegå en del af problemerne.

Nedsivning til grundvandet kan hindres ved etablering af en passende, lavpermeabel membran under depotet.

Udsivning, udvaskning til overfladevandet kan hindres ved inddæmning og bortledning af "overskudsvand" til kloaksystem, hvorved der sker tilbageføring til renseanlægget.

Overdækning og afdækning efter færdigopfyldning af depotet kan hæmme gennemsivning, udsivning og udvaskning, forårsaget af nedbør.

Indhegning kan hindre adgang for større dyr og mennesker, og nedsætte risiko for drukneulykker i vådt slam, der over lange tider må påregnes ikke at være bæredygtigt.

Den biologiske nedbrydning af slammets organiske indhold må påregnes at strække sig over meget lang tid, ligesom der over en lang tid kan være hygiejnisk risiko forbundet med deponering af uhygi-

ejniseret slam i specialdepot for slam.

4.2.2.2 Retningslinier.

Det vil næppe være hensigtsmæssigt at give generelle retningslinier for denne specielle form for slamdeponering.

Dog vil de opstillede miljøhensyn til et specialdepot for slam formentligt kunne opfyldes ved deponering af slam - tørret til jordfugtig konsistens - i en tør lergrav, hvor henlagt slam umiddelbart tildækkes tæt med ler, og hvor afstrømningsforholdene ikke kan medføre udvaskning af det henlagte slam.

De særlige, lokale forhold, sammenholdt med slammets karakter, må i de enkelte tilfælde bestemme kravene. Opmærksomheden henledes i den forbindelse på, at lossepladser, herunder deponering af slam fra spildevandsanlæg, er omfattet af kapitel 5 i lov om miljøbeskyttelse. Godkendelsen foretages af amtsrådet.

4.3 Referencer.

- /1/ Forureningsrådet:
"Fast affald."
Sekretariatet. Publikation nr. 20. København, 1971
- /2/ Tjell, J. Chr., J. Aa. Hansen, A. D. Kofoed, S. D. Larsen & H. Pauly:
"Affald på landbrugsjord."
Ugeskrift for agronomer og hortonomer 35, 645 - 652 (1974)
- /3/ Hansen, J. Aa. & J. Chr. Tjell:
"Toksikologiske problemer ved slams slutanbringelse i jordbruget."
NORDFORSK. Publikation 1974:2. Oslo, 1974

KAPITEL 5.

HÅNDBLING OG SLUTDISPONERING AF RISTESTOF, SIGTESTOF OG SAND

5.1 Ristestof

5.2 Sigtestof

5.3 Sand fra renseanlæg

5 HÅNTERING OG SLUTDISPONERING AF RISTESTOF, SIGTESTOF OG SAND.

5.1 Ristestof.

Ristestof ved renseanlæg er i mængde og karakter afhængig af spildevandstilledningerne til kloaksystemet, f.eks., i hvilket omfang erhvervsvirksomheder udleder materiale til kloak, der kan tilbageholdes på risten, af ristens finhed, af foran indskudte riste- og pumpeanlæg (pumpeanlæg kan medvirke til en findeling, der nedsætter den på risten tilbageholdte stofmængde).

Ristestofmængden vil i volumen normalt være under 1% af råslammængden (vådt primærslam) på et renseanlæg.

Findelere (komminutorer) for ristestof, der enten modtager og finder det på en rist tilbageholdte ristestof, eller finder ristestof samtidig med, at alt vandet passerer igennem findelerseren, er i anvendelse på en del renseanlæg og pumpestationer. Det findelte ristestof føres videre med spildevandet og indgår i det slam, der senere produceres i anlægget. Der tilbagestår således ikke noget reststof, der særskilt skal slutdisponeres fra denne type riste-anlæg.

5.1.1 Ristestof, karakterisering.

Ristestof vil altid indeholde en vis mængde organisk stof, der ved henlægning vil medføre lugtgener ved anaerob forgøring (rådneprocess). Det vil i hygiejnisk og lugtmæssig henseende være at sidestille med ustabiliseret slam. Vandindholdet vil være lavt i forhold til råslam.

Vandindholdet vil dog ofte være så højt, at det søges nedbragt forud for transport eller forbrænding.

5.2

5.1.2 Ristestofbehandling.

Vandindholdet kan nedbringes ved henlægning for afdræning eller ved presning. Det fra ristestoffet afgivne vand føres til renselanlæggets tilløbsvand.

Specielle forbrændingsovne for ristestof, der forud er afvandet ved presning, er taget i brug på nogle renselanlæg her i landet.

I øvrigt kan ristestof i reglen brændes på forbrændingsanlæg for slam eller for husaffald.

5.1.3 Ristestof, slutdisponering.

Ristestof kan deponeres på kontrolleret losseplads ved iblanding i husaffald, og umiddelbar tildækning med afdækningsjord.

Slutdisponering af aske fra ristestofforbrænding kan ske som slutdisponering af aske fra slamforbrænding, se afsnit 4.2.1.5.

5.2 Sigtestof.

Mikrosigter findes i forskellige typer. De er karakteriseret ved, at spildevandet ledes mod plader, eller filterduge med små åbninger (slidser), hvorved en væsentlig del af det suspenderede stof tilbageholdes, medens vandfasen med de opløste stoffer, og en mindre mængde af det suspenderede stof, passerer igennem mikrosigten.

Effekten, målt ved udskillelse af TS, vil være afhængig af spildevandets karakter og mikrosigtens konstruktion. Den kan nå op imod den udskillelse af suspenderet stof, som opnås ved sedimentering.

Sigtestoffets mængde vil endvidere afhænge af den skyllevandsmængde, der anvendes på mikrosigten.

5.2.1 Sigtestof, karakterisering.

Sigtestoffet har så højt tørstofindhold (TS), at det ikke umiddelbart egner sig til behandling sammen med slam fra andre spildevands-

processer og -operationer. Sigtestof må påregnes at have en væsentlig større procentdel organisk stof end ristestof, og vil således frembyde en større risiko i hygiejnisk henseende end ristestoffet, og vil desuden give lugtgener.

5.2.2 Sigtestof, håndtering.

Opsamling af sigtestof for videretransport bør ske i lukkede beholdere, og opholdstiden bør være kort.

5.2.3 Sigtestof, behandling.

Sigtestof kan tænkes anvendt ved kompostering af husaffald ved iblanding.

Sigtestof kan forbrændes på forbrændingsanlæg for slam, eller behandles på pyrolyseanlæg.

Ved læskning af brændt kalk (CaO) med sigtestof kan opnås stabilisering og opvarmning til hygiejniseret tilstand af sigtestoffet.

5.2.4 Sigtestof, slutdisponering.

Hvorvidt deponering på kontrolleret losseplads af ikke-stabiliseret sigtestof er forsvarlig, med hensyn til hygiejne og lugt, må bero på mængden, i forhold til det husaffald, som deponeres i samme tidsrum, samt på sigtestoffets vandindhold. Ved deponering på kontrolleret losseplads er iblanding med husaffald nødvendig, og der bør umiddelbart tildækkes med afdækningsjord.

Stabiliseret sigtestof kan ligesom slam deponeres på kontrolleret losseplads. Aske fra forbrænding af sigtestof kan slutdisponeres i overensstemmelse med slagge fra forbrændingsanlæg. Se under 4.2.1.5.

5.3 Sand fra renseanlæg.

Sandfang på renseanlæg virker i almindelighed ved sedimentation,

og der vil normalt sedimenteres visse mængder organisk stof med sandet (mineralstofferne).

Mængden af sand vil være afhængig af ledningssystemets opbygning (separat- eller fællessystem), af grusningspraksis på gader, af nedløbsbrøndes oprensning, af pumpestationers udformning, og i øvrigt af sandfangets konstruktion og drift.

TS-mængden i sand fra sandfanget er normalt større end i riste-
stoffet på samme anlæg, og op til 20% af TS-indholdet i råslam-
met ved MB-rensning.

Sandvolumenet er dog beskedent på grund af høj TS-procent.

5.3.1 Sand, karakterisering.

Mængden af organisk stof, der følger med det fra sandfanget op-
tagne sand, er bl.a. afhængig af, i hvilken grad vaskning af sand
er kombineret med sandfangsfunktionen, idet der ved luftgennem-
blæsning, eller anden form for "vask" af sandet, kan udskilles
væsentlige mængder af det organiske stof, der ellers bundfældes
sammen med sandet i sandfanget.

Hygiejnisk risiko og lugtgener ved sandhåndtering og -slutdispo-
nering er således bl.a. afhængig af, hvor "rent" sand der udskil-
les.

5.3.2 Sand, behandling.

Sand fra sandfang afdrænes normalt for at opnå en vis tørring,
inden det borttransporteres. Det afdrænedede vand ledes gennem
renseanlægget.

5.3.3 Sand, slutdisponering.

Sand fra sandfang kan deponeres på kontrolleret losseplads.
Der skal umiddelbart efter tildækkes med afdækningsjord.

KAPITEL 6.

ANDRE SLAMTYPER OG FAST STOF FRA SPILDEVAND

- 6.1 Andre slamtyper og fast stof
fra spildevandsrensning
- 6.2 Andre slamtyper og fast stof, der ikke
fremkommer på spildevandsrensning

6 ANDRE SLAMTYPER OG FAST STOF FRA SPILDEVAND.

6.1 Andre slamtyper og fast stof fra spildevandsrensaneanlæg.

En særlig udskillelse af olie og fedt fra spildevandet kan være ønskelig, såfremt spildevandet indeholder større mængder heraf, f.eks. som følge af tilførsel af spildevand fra levnedsmiddelvirksomhed. (Mineralske olier er omtalt under 6.2.6.)

Udskillelse foretages normalt på et tidligt trin af rensningen, enten i tilknytning til, eller umiddelbart efter sandfanget, eller i forklaringstank. Formålet er bl.a. at lette rengøring, og undgå lugtgener på anlægget som helhed.

6.1.1 Olie- og fedtslam, mængder.

Såvel tilløbets indhold af olie og fedt som typen af udskiller spiller en rolle for mængden, der udskilles.

Bedste udskillelse opnås normalt ved luftgennemblæsning med små luftblærer, i lighed med flotationsteknikken. Olie-/fedtslammet udtages på overfladen ved afskumning, eller ved adhæsion til en overflade, hvorfra den afstryges.

Ved udtag i forklaringstank afskummes det med flydeslammet fra tanken.

Mængderne vil under alle omstændigheder være små i forhold til andre slamtyper på renseanlægget, og også i forhold til normal ristestofmængde.

6.1.2 Olie- og fedtslam, karakterisering.

Denne slamtype kan, på grund af stort indhold af letnedbrydeligt, organisk stof, hurtigt gå i forrådnelse og give lugtgener. Vandindholdet vil være afhængigt af udskillelelsesmetoden. Slammet ad-

hæterer til materiel og transportgrej, og kræver særlig omhyggelig rengøring af dette.

6.1.3 Olie- og fedtslam, behandling.

Såfremt der på renseanlægget etableres udrådning af slam, vil det afskilte olie- og fedtslam normalt føres direkte til rådnetanken, og her behandles det sammen med andet slam.

Olie- og fedtslam kan ved blanding med ristestof, eller med andet slam, eventuelt ved særlig blanding med andet fast affald, behandles ved kompostering, forbrænding eller pyrolyse.

6.1.4 Olie- og fedtslam, slutdisponering.

Ubehandlet olie- og fedtslam kan normalt henlægges på kontrolleret losseplads, når mængden heraf er beskeden, i forhold til det i samme tidsrum tilførte, faste affald, og under forudsætning af god iblanding i dette, og umiddelbar tildækning med afdækningsjord. Forud for tilførslen af olie- og fedtslam til kontrolleret losseplads kan det måske, under hensyn til håndtering, med fordel iblandes det på renseanlægget producerede ristestof, og/eller udskilte sand.

I tilfælde af forbrænding gælder for slutdisponering det under 4.2.1.5 angivne.

6.2 Andre slamtyper og fast stof, der ikke fremkommer på spildevandsrenseanlæg.

Det findes motiveret at omtale nogle typer slam m.m., der fremkommer på private anlæg, og på offentlige kloaksystemer uden for renseanlæggene. Det er særligt de typer, som har samme karakter, som de i tidligere afsnit behandlede fra spildevandsrenseanlæg - og som derfor kan behandles og slutdisponeres på samme måde som disse.

Ristestof og sand, der fremkommer på ristebygværker og sandfang, der f.eks. indskydes på ledningsnettet foran pumpestationer, vil dog ikke blive særligt omtalt, idet det fremkomme ristestof og

6.3

sand helt kan sidestilles med det på renseanlæggene fremkomne, og det kan behandles og slutdisponeres som under kapitel 5 anført.

6.2.1 Sand fra rendestensbrønde, og fra regnvandsledninger i separatsystem.

Dette sand vil normalt indeholde en vis slammængde, men kan, for så vidt det ikke blandes med spildevandsforurenede sand eller slam, uden betænkelighed anvendes til opfyld eller lignende.

Såfremt dette sand ved transportmidlet, eller på anden måde, forurenes med spildevandsslam eller -sand, må behandling og slutdisponering ske som for spildevandsslam og -sand.

6.2.2 Sand og slam fra ledninger og bygværker, der fører husspildevand.

Disse sand- og slammængder behandles og slutdisponeres som sand- og slammængder fra offentlige renseanlæg, som angivet under kapitlerne 4 og 5.

Såfremt materialet fremkommer som blanding af sand og slam, kan det i visse tilfælde med fordel tilføres renseanlægget foran sandfanget.

6.2.3 Slam fra hustanke.

Hustanke er bundfældningstanke på private afløbssystemer for beboelser, hvor der ved passende dimensionering og drift sker en stabilisering ved udrådning, der kan sidestilles med den, der sker i rådnetank på egentlige spildevandsrenseanlæg.

Slammet kan sidestilles med "normaltbelastet" slam fra renseanlæg.

Såfremt slammet er passende stabiliseret ved opholdet i hustanken, kan slutdisponering ske som for "normaltbelastet", stabiliseret slam, der ikke er hygiejniseret.

Der henvises til kapitel 7, afsnit 7.2.2, i denne rapport, hvoraf det fremgår, at slam fra afløbsinstallationer med tilløb fra klo-

set, ifølge miljøreglementets kapitel 6.5, skal bortskaffes som latrin.

Arbejdsgruppen vil derfor anbefale, at miljøstyrelsen tager op til overvejelse at ændre kapitel 6.5 i miljøreglementet, i overensstemmelse med ovennævnte.

Såfremt slammet er mangelfuldt stabiliseret, må slammet undergå de operationer og processer på offentlige renseanlæg, som på stedet anvendes før slutdisponering, i overensstemmelse med det i afsnit 7.2.2 omtalte.

6.2.4 Slam fra vandværker.

Ved mange vandværker fremkommer slam ved sedimentering og filtrering. Slammængde og -karakter er afhængig af råvandets mængde og karakter, samt af den vandbehandling, der benyttes.

Er der tale om oparbejdning af overfladevand, kan slammet indeholde organisk stof, der gør det mindre stabilt, men der vil ofte i sådanne tilfælde være anvendt fældningskemikalier (ofte anvendes aluminiumsulfat), der forbedrer slammets stabilitet.

Slammet vil i hygiejnisk henseende normalt være harmløst, ligesom lugtgener sjældent vil forekomme.

Ved tilledning til spildevandsledninger medfører dette øgede slammængder, og et øget indhold af inaktive mineralstoffer i det slam, der skal behandles og slutdisponeres fra spildevandsrenseanlægget.

Vandværksslam afvandes ofte på slambed, eller i slambassin på vandværket forud for transport.

Der kan næppe rejses indvending mod slutdisponering af vandværksslam som almindeligt fyld, eller på kontrolleret losseplads, såfremt vandindholdet kan accepteres her.

6.2.5 Slam fra renseanlæg på virksomheder, hvor slammet, på grund af sit stofindhold, kan sidestilles med slam fra offentlige spildevandsrenseanlæg.

Mange virksomheder har egne renseanlæg. De er af vidt forskellig

karakter, afhængig af råspildevandet og formålet med vandrensningen. Det må påregnes, at flere vil komme til, dels for at opfylde skærpede krav ved udledning til recipient, eller til det offentlige kloaknet, og dels for at mindske den betaling for rensning, som skal præsteres til det offentlige anlæg. Endelig kan der ske rensning på virksomhed for genindvinding af råstoffer.

Slamtyperne, der vil fremkomme fra sådanne renseanlæg, vil være af vidt forskellig karakter.

Slam, der, med hensyn til giftstoffer og hygiejnisk risiko, kan deklarereres som sidestillet med, eller mindre belastet end, "normaltbelastet" slam fra offentlige renseanlæg, kan behandles og slutdisponeres på lignende måde som slam fra offentlige renseanlæg.

En forudsætning for anvendelse på jorden er, at der ikke er giftstoffer i skadelig mængde og formentligt tillige, at slammet indeholder gødningsstoffer i mængder, der berettiger hertil, og at også disse mængder er oplyst på en måde, der gør benyttelsen forsvarelig ved beregning af de tilførte stofmængder pr. arealenhed.

For slamtyper, der afviger fra "normaltbelastet" slam, må der tages stilling, og gives direktiver af de efter miljølovgivningen bestemmende myndigheder, efter nærmere analyse af slammets indhold og karakter. Visse slamtyper skal i givet fald behandles som kemikalieaffald.

6.2.6 Slam fra olie- og fedtudskillere på private anlæg.

Er der tale om mineralolie, eller destillationsprodukter fra olie i udskilleren, skal det optagne indhold behandles i overensstemmelse med de af miljøministeriet fastsatte bestemmelser om olieaffald, idet sådanne olietyper ikke må tilføres spildevandet.

Er der tale om fedt og lignende fra fødevareproduktion, slagterier eller lignende, hvor indholdet i udskilleren for en væsentlig del er organisk stof, kan dette tilføres råslammet på offentlige renseanlæg, og behandles og slutdisponeres som dette.

Er der tale om beskedne fedtmængder fra enkelte, mindre fedtudskillere, vil der næppe kunne rejses indvending mod iblanding i husaffald på kontrolleret losseplads, under forudsætning af umiddelbar overdækning med afdækningsjord.

KAPITEL 7.

LOVBESTEMMELSER M.M., VEDRØRENDE BORTSKAFFELSE AF SLAM

- 7.1 Slam m.m. fra offentlige
spildevandsanlæg
- 7.2 Slam fra afløbsinstallationer, hustanke,
samletanke, afløbsledninger, afløbsrender,
nedløbsbrønde m.m.
- 7.3 Transport af slam
- 7.4 Risici for personale

7 LOVBESTEMMELSER M.M., VEDRØRENDE BORTSKAFFELSE AF SLAM.

7.1 Slam m.m. fra offentlige spildevandsanlæg.

Ifølge § 18, i lov nr. 372 af 13. juni 1973 om miljøbeskyttelse, meddeles tilladelse til, at spildevand tilføres vandløb, søer og havet af amtsrådet, respektive Hovedstadsrådet.

Miljøministeren kan dog, efter forhandling med de kommunale organisationer, fastsætte regler om, at denne tilladelse i visse tilfælde kan meddeles af kommunalbestyrelsen.

Ifølge bekendtgørelse nr. 174 af 29. marts 1974, om behandling af sager om tilførsel af spildevand til vandløb, søer eller havet m.m. (spildevandsbekendtgørelsen), meddeles tilladelse til etablering af større fælles spildevandsanlæg, og til særskilt udledning af spildevand fra virksomheder, der er optaget i bilaget til loven, af amtsrådet, jf. spildevandsbekendtgørelsen, kapitel 4.5.7 og 9. Det samme gælder andre virksomheder, hvis udledning ikke er forudsat i en eventuelt godkendt spildevandsplan, eller hvis der endnu ikke foreligger en sådan plan, jf. nedenfor.

Spildevandsanlæg er derfor ikke omfattet af lovens kapitel 5, om godkendelse af særligt forurenende virksomheder. Ifølge lovens § 21, jf. kapitel 3 i spildevandsbekendtgørelsen, skal kommunalbestyrelsen inden 1. oktober 1976 udarbejde en samlet plan for udbygning af spildevandsanlæg i kommunen (spildevandsplan). Spildevandsplanen skal godkendes af amtsrådet.

Ifølge spildevandsbekendtgørelsen, § 7, nr. 8, skal spildevandsplanen indeholde oplysninger om, hvorledes slam og restprodukter fra rensningsprocessen behandles, bortskaffes og placeres.

Det må derfor i planen angives, om slammet tænkes henlagt på losseplads, samt hvilken forbehandling slammet i forbindelse hermed skal have: Stabilisering, hygiejnisering, kompostering, forbrænding etc., eller om slammet tænkes spredt i omgivelserne, og i så fald bestemmelserne herom.

7.1.1 Henlæggelse på losseplads.

Lossepladser, samt specialdepoter for slam, skal, ifølge kapitel 5 i lov om miljøbeskyttelse, godkendes af amtsrådet. Amtsrådet (Hovedstadsrådet) skal endvidere, ifølge kapitel 5 i lov om miljøbeskyttelse, godkende behandlingsanlæg for slam (forbrændingsanlæg, formalingsanlæg, komposteringsanlæg etc.).

7.1.2 Spredning i omgivelserne m.m.

Denne rapport's retningslinier for slams spredning i omgivelserne kan danne grundlag for en vejledning herom.

7.2 Slam fra afløbsinstallationer, hustanke, samletanke, afløbsledninger, afløbsrender, nedløbsbrønde m.m.7.2.1 Slam fra afløbsinstallationer, uden tilløb fra kloset.

Ifølge kapitel 6.5, i miljøministeriets bekendtgørelse nr. 170 af 29. marts 1974 af reglement om miljøbeskyttelse (miljøreglementet), skal oprenset slam fra afløbsinstallationer straks bortskaffes.

Ifølge kapitel 4.4.1 i denne bekendtgørelse skal dette slam opbevares, transporteres og bortskaffes på en sådan måde, at det ikke giver anledning til uhygiejniske forhold, eller væsentlige ulemper for omgivelserne. Fremkommer der fare for uhygiejniske forhold, eller væsentlige ulemper, kan kommunalbestyrelsen meddele anvisninger på særlige opbevarings- og bortskaffelsesmåder.

Kapitel 4.4.2 i samme bekendtgørelse bestemmer, at kan bortskaffelsen som nævnt ovenfor ikke ske på betryggende måde ved privat foranstaltning, kan kommunalbestyrelsen gennemføre en fællesordning herfor, og fastsætte afgifter for deltagelse i ordningen. Når der er indført en fællesordning, er enhver forpligtet til at benytte ordningen, og herfor betale den af kommunalbestyrelsen fastsatte afgift, med mindre andet er fastsat i medfør af gældende lovgivning.

7.2.2 Slam fra afløbsinstallationer, med tilløb fra kloset.

Slam herfra skal, ifølge kapitel 6.5 i miljøreglementet, bortskaffes som anført i dettes kapitel 4.3 (latrin m.m.).

Slammet må ikke henkastes på møddinger, eller spredes på jorden, heller ikke som gødning, men skal i videst muligt omfang tilføres rensningsanlæg for spildevand. Såfremt dette slam ikke kan tilføres rensningsanlæg, skal det nedpløjes eller nedgraves, i overensstemmelse med bestemmelserne i reglementet i øvrigt.

For dette slam kan kommunalbestyrelsen ligeledes gennemføre en fælles bortkørsel. I så fald er der pligt for husejerne til at gøre brug af ordningen, og betale en af kommunalbestyrelsen fastsat afgift herfor.

7.3 Transport af slam.

De ovenfor citerede bestemmelser i miljøreglementet indeholder ikke lovhjemmel til at indføre en egentlig autorisationsordning for slamtransport. Heraf følger, at autorisation ikke kan opstilles som et vilkår for slamtransport.

Ifølge miljøreglementets kapitel 4.3.3, sammenholdt med kapitel 6.5, kan kommunalbestyrelsen dog give renlighedsforskrifter for transport af latrin og slam fra afløbsinstallationer, med tilløb fra kloset.

Hvis kommunalbestyrelsen indfører en fællesordning for bortskaffelse af slam fra afløbsinstallationer, uden tilløb fra kloset (kapitel 4.4 i miljøreglementet), kan kommunalbestyrelsen som et led i ordningen give anvisninger på, hvordan slamtransporten skal ske.

Overtrædelser af sådanne anvisninger vil ikke kunne forfølges efter miljøreglementets straffebestemmelser, men højst føre til, at kommunalbestyrelsen beslutter at afskedige de ansatte slamsugere.

Da offentlige spildevandsanlæg drives af kommunerne, må lignende betragtninger med hensyn til slamtransport kunne gælde her, således at der også her kan opnås kontrol med slamhåndteringen.

7.4

Arbejdsgruppen understreger vanskeligheden i, i praksis at kontrollere, at kommunens forskrifter for slamtransport overholdes, og henstiller derfor, at en form for autorisation for slamhåndtering overvejes.

7.3.1 Arbejdstilsynet.

Håndtering og transport af slam er undergivet arbejdstilsynets bestemmelser og tilsyn.

7.4 Risici for personale.

Det personale, som beskæftiges med håndtering og transport af slam, kan være udsat for smitte- og forgiftningsrisiko, i samme omfang som personale på renseanlæg. Risiko for giftige og/eller eksplosive gasarter kan endvidere forekomme.

Der bør derfor udarbejdes forskrifter for håndtering og transport, bl.a. om, hvordan materiel og beholdere til slam efter endt brug rengøres.

7.4.1 Sikring af personale mod risici.

Personale, der regelmæssigt er beskæftiget med slamhåndtering, bør derfor instrueres om risici m.m., og bør ved passende helbreds kontrol m.m. sikres på lignende måde som personale på renseanlæg. Det er vigtigt, at der tilbydes personalet passende mulighed for gennemførelse af personlig hygiejne, samt at personalet instrueres om betydningen heraf.

KAPITEL 8.

FORSLAG TIL VIDERE ARBEJDE

8 FORSLAG TIL VIDERE ARBEJDE.

Som det fremgår af de foranstående kapitler, savnes på mange punkter væsentlige oplysninger, for på rationel baggrund at kunne give anvisninger på hensigtsmæssige og forsvarlige måder at slutdisponere spildevandsslam.

Derfor må det angivne på flere punkter betragtes som foreløbige oplysninger og anvisninger, idet en omfattende, igangværende forskning på området måske i løbet af få år vil føre til et ændret og sikrere grundlag for anvisninger, end det, der har stået til rådighed for arbejdsgruppen.

Inden for NORDFORSK er der oprettet en særlig arbejdsgruppe for slamproblemer. Fra denne arbejdsgruppe foreligger 1. delrapport, 1974. Heri er anført følgende, igangværende og påtænkte slamforskningsprojekter:

PÅGÅENDE FORSKNING I DANMARK, FINLAND, NORGE OG SVERIGE VEDRØRENDE SLAM FRA KOMMUNALE RENSEANLEGG

Sammenstilling over pågående projekter i de enkelte land er innhentet gennem arbejdsgruppens medlemmer.

Det må antas at enkelte forskningsaktiviteter som bare har delvis tilknytning til slamproblemet, kan ha unngått å bli registrert i denne sammenheng. Oversikten anses ellers for å være godt dekkende.

Den samlede fremstillingen nedenfor er ordnet på grunnlag av en foreløpig systematisering av arbeidsfelter, og nummerert i nasjonale grupper, Danmark (DK), Finland (SF), Norge (N) og Sverige (S):

KARAKTERISERING

Generelt (DK 1, SF13)
Fysiske metoder (SF28, S 4, S 9, S 11)
Kjemiske metoder (DK 2, SF28, N 12, S 7, S 19, S 24)
Biologiske metoder (DK 4, N 12, S 1)

BEHANDLING

Enhetsoperasjoner

Generelt (SF 3, SF13, SF27)
Fortykning (N 10, S 12, S 14)
Avvanning (DK 3, SF 6, SF 8, SF 9, SF10, SF15, SF16, SF17,
SF19, SF23, SF26, N 11, S 10, S 12)
Tørring/Pasteurisering (SF 4, SF 5)

Enhetsprosesser

Stabilisering (DK 5, SF11, SF25, N 8, N 9, S 2, S 13, S 21)
Kompostering (DK 7, DK 8, N 6, S 23)
Forbrenning (SF 1, SF 7, S 22)
Fyrolyse (DK 6)

DEPONERING/ANVENDELSE

Deponering (N 2, N 4, N 5, S 3, S 8, S 16)
 Jordbruksanvendelse (DK 8, DK11, DK12, DK13, DK15, DK16,
 DK17, DK18, SF12, SF17, SF18, SF19,
 SF20, SF24, N 1, N 3, S 7, S 15,
 S 17, S 19, S 20, S 24)
 Kjemikaliegjenvinning (SF 2)
 Omgivelseshygiene (DK 9, DK10, DK11, DK18, SF21, S 5, S 6)
 Industri anvendelse (SF14, SF27)

PÅGÅENDE FORSKNING INNEN SLAMOMRÅDET I DANMARK, FINLAND, NORGE og SVERIGE 1972-1974

Prosjektets tittel	Institusjon Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D.kr. Fmk. N.kr. S.kr. resp.	Tidsramme	Bevilgende myndighet	Anmerkninger
<u>KARAKTERISERING</u> Generelt DK 1 Generell karakterisering	Lab.f.tekn.Hygiejne, LTH Jens Aage Hansen Bygn. 115, Dan.tekn.Højskole 2800 LYNGBY (01) 884200	196 000	1972-74	COST	Karakterisering i relation til afvanding, for- brænding og land- brugsanvendelse
SF13 Litteraturarbeide om in- dustrislammets egenskaper och behandlingsmetoder	KCL Dipl.ing. Liva Vuorilehto PB 136, 00101 HELSINGFORS 10 (90) 460411	25 000	1973-74	Skogs- industri	
<u>Fysiske metoder</u> SF28 COST-68	Vattenstyrelsen Dipl.ing. Juhani Puolanne PB 250, 00101 HELSINGFORS 10 (90) 659155	100 000	1973	Handels- och Industri- ministeriet	
S 4 Partikelstorlekar i slam	Inst. för kemisk apparat- teknik, KTH Professor A. Rasmuson 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	23 364	1971-73	SNV	
S 9 Avvattning i virabandpress	AJFO Dipl.ing. Ami Carmel Fack, 149 00 NYNÄSHAMN (0752) 14200	200 000	1972-74	STU	COST-project. 60 000 kr. satsas av AJFO.
S 11 Avvattning i centrifug	Alfa-Laval AB Ing. Gunnar Aronsson Fack, 147 00 TUMBA (0753) 31100	200 000	1972-74	STU	COST-project. 100 000 kr. satsas av Alfa- Laval.
<u>Kjemiske metoder</u> DK 2 Tungmetaller i slam	Mineralogiske Institut Prof. Hans Pauly Bygn.204B, Dth 2800 LYNGBY (01) 884200	64 000	1972-74	STVF	1) Ikke traditio- nelt undersøgte stoffer 2) Indkøring af grafitovn
SF28 COST-68	Vattenstyrelsen Dipl.ing. Juhani Puolanne PB 250, 00101 HELSINGFORS 10 (90) 659155	100 000	1973	Handels- och Industri- ministeriet	
N 12 Karakterisering av slamstabilitet	NIVA Siv.ing. Ph.D. Arild Eikum Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	350 000 Totalt	1973-74	Miljøvern- departementet	
S 7 Miljøgifter i slam	Lantbrukshögskolan Professor S. Odén Fack, 750 07 UPPSALA 7 (018) 102000	80 592	1972-73	SNV	
S 19 Tungmetaller i slam	Lantbrukshögskolan Professor S. Odén Fack, 750 07 UPPSALA 7 (018) 102000	-	1970-73	SNV	

Prosjektets tittel	Institusjon Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgende myndighet	Anmerkninger
S 24 Tungmetaller i slam	Naturvårdsverket Avd.dir. L. Ulmgren 171 20 SOLNA 1 (08) 7300910	50 000	1970-75	SNV	
<u>Biologiske metoder</u> DK 4 Slamstabilitet målt ved ensymaktivitet	Vandkvalitetsinstituttet H. Ryssov-Nielsen Poppelgårdvej 10-12 2860 SØBORG (01) 671666	286 000	1973-75	STVF	Samarbeide med Norsk institutt for vannforsk- ning, se N 12.
N 12 Karakterisering av slamstabilitet	NIVA Siv.ing. Ph.D. Arild Eikum Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	350 000 Totalt	1973-74	Miljøvern- departementet	
S 1 Slamsvälling	Inst. för VA-teknik, KTH Civ.ing. Bengt Hultman 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	20 000	1972-73	SNV	Litteraturstudier
<u>BEHANDLING</u> <u>Enhetsoperasjoner</u> <u>Generelt</u> SF 3 Luktbekjempning vid mekanisk slambehandling	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstden PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen bekostnad	1972-		Ahlströms projekt är vanligen del- projekt av större projekt utförda för olika myndig- heters eller in- dustriens räkning
SF13 Litteraturarbete om industrislammets egenskaper och behandlingsmetoder	KCL Dipl.ing. Liva Vuorilehto PB 136, 00101 HELSINGFORS 10 (90) 460411	25 000	1973-74	Skogs- industri	
SF27 Inkörning av Svetogorsk skogsindustriplanläggnings slambehandlingsanläggning	YIT Dipl.ing. Ilppo Silakoski Kalevank. 6, 55100 IMATRA 10 (954) 63122	På egen bekostnad	1975	Finnstroi	Tillhör entre- prenaden
<u>Fortykking</u> N 10 Dimensjoneringsdata ved fortykking av slam fra kjemisk rensing	NIVA Siv.ing. O.F. Fredriksen Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	60 000 Totalt	1972-76	Miljøvern- departementet	
S 12 Tillämpning av en generell teori för slamförtjockning och slamavvattning	Inst. för VA-teknik, KTH Civ.ing. Bengt Hultman Fack, 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	170 000	1972-75	STU	
S 14 Tillämpning av mikro- flotation på slam- och pressvatten	Electrolux Övering. Å. Svantesson 105 45 STOCKHOLM	65 000	1973	STU	Belopp följande år ej bestämt.
<u>Avvanning</u> DK 3 Afvanding ved centrifuge- ring	Lth og I. Krüger A/S Jens Aage Hansen, P. Hjort Hansen Rymarksvej 106, 2100 Kbh. Ø (01) 290222	320 000	1972-74	COST	Koordinert med tilsvarende engelsk (WFRL) og svenske (SNV) forsøg.

Projektets titel	Institution Person Adress Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgande myndighet	Anmärkningar
SF 6 Förbättring av slammets mekaniska torknings-egenskaper	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstaden PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen be- kostnad	1972		Ahlströms projekt är vanligen delprojekt av större projekt utförda för olika myndigheters eller industriens räkning
SF 8 Torkning av slam med pressfilter	Enso-Gutzeit Oy/Ab Dipl.ing. Juhani Manner PB 34, 57101 NYSLOTT 10 (957) 21941	På egen be- kostnad	1972-74		Huvudsakligen slam från skogs-industri
SF 9 Vattenavskiljning från olika slam med olika apparater	Vesi-Hydro Oy/Ab Dipl.ing. Timo Markkanen Kornettvägen 4 00380 HELSINGFORS 38 (90) 550001	På egen be- kostnad	1973-74	Olika myn- digheter, industri	Pilot-försök
SF10 Vattenavskiljning med centrifuger och olika slag av filtrerings-apparater	Upo Oy Ing. Arto Salokangas 15101 LAHTI 10 (918) 1511	124 000	1973	SITRA	
SF15 Undersökning av separat behandling av Fe-simultanslam	HSBV Fil.mag. Tapio Norha Byholmens reningsverk Byholmen, 00550 HELSINGFORS 55 (90) 718066	220 000	1973-74	HS	
SF16 Avvattning av biologiska slamtyper	HSEV Agr.o.forst.kand. Heikki Latostenmaa Vattenskyddslaboratoriet Råholmen, 00250 HELSINGFORS 25 (90) 490376	10 000	1973	HS	Pilot-försök
SF17 Inverkan av olika avvattningsmetoder på slammets jordbruksanvändning	HSBV Agr.o.forst.kand. Heikki Latostenmaa Vattenskyddslaboratoriet Råholmen, 00250 HELSINGFORS 25 (90) 490376	10 000	1972-74	HS	Kärlförsök och fältförsök
SF19 Inverkan av olika konditioneringskemikalier på slammets jordbruksanvändning	HSBV Fil.kand. Ilkka Viitasalo Vattenskyddslaboratoriet Råholmen, 00250 HELSINGFORS 25 (90) 446485	5 000	1971-73	HS	Kärlförsök och fältförsök
SF23 Försök rörande behandling av vattenverkens Al-slam och avloppsslam tillsammans	Samma som SF17	5 000	1973	HS	Kärlförsök
SF26 Ändringar av slammets avvattningsegenskaper vid långtidspumpning	Samma som SF19	15 000	1974	HS	Pilot-försök
N 11 Avvanning av slam på tørkesenger for små anlegg	NIVA Siv.ing. Bjarne Paulsrud Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	100 000 Totalt	1972-76	Miljøvern- departe- mentet	
S 10 Faktorer vid avvattning av slam	Ytkemiska laboratoriet Docent Stig Friberg Drottning Kristinas väg 45 114 28 STOCKHOLM (08) 222540	200 000	1972-74	SFU	COST-project

Projektets titel	Institution Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgande myndighet	Anmärkningar
S 12 Tillämpning av en generell teori för slamförtjockning och slamavvattning	Inst. för VA-teknik, KTH Civ.ing. Bengt Hultman 10044 STOCKHOLM 70 (08) 236520	170 000	1972-75	STU	
<u>Torkning/Pasteurisering</u> SF 4 Tillvaratagande av värme från avfallsförbränning för torkning av slam	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstaden PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen be- kostnad	1972		Ahlströms projekt är vanligen delprojekt utförda för olika myndigheters eller industriers räkning
SF 5 Pasteurisering av slam	Samma som SF 4	På egen be- kostnad	1972		Samma som SF 4
<u>Enhetsprocesser</u> <u>Stabilisering</u> DK 5 Kemisk slamstabilisering	Vandkvalitetsinstitutet Poul Erik Sørensen Poppelgårdvej 10-12 2860 SØBORG (01) 671666	50 000	1973-74	STVF	
SF11 Undersökning rörande kalkstabilisering	Upo Oy Ing. Arto Salokangas 15101 LAHTI 10 (918) 1511		1973	SITRA	Pilot-försök
SF 25 Förbättring av anaerob slambehandling	HSBV Fil.kand. Ilkka Viitasalo Vattenskyddslaboratoriet Råholmen, 00250 HELSINGFORS 25 (90) 446485	50 000	1974	HS	
N 8 Aerob slamstabilisering	NIVA Siv.ing. Ph.D. Arild Eikum Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	250 000 Totalt	1972-76	Miljövern- departementet	
N 9 Kjemisk slamstabilisering	NIVA Siv.ing. Bjarne Paulsrud Boks 260 Blindern, OSLO 3 (02) 235280	130 000 Totalt	1972-76	Miljövern- departementet	
S 2 Röttslamvatten	Inst. för VA-teknik, KTH Civ.ing. Bengt Hultman 10044 STOCKHOLM 70 (08) 236520	10 000	1971-72	SNV	Litteraturstudier
S 13 Aerob slamstabilisering vid kommunalt avloppsvatten	Inst. för VA-teknik, KTH Civ.ing. Bengt Hultman 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	40 000	1972-73	STU	
S 21 Aerob stabilisering	Inst. för vattenbyggnad, LTH Univ.lektor Anders Hilmer Fack, 22101 LUND (046) 124600		1972-75	SNV/STU	Ingår i forskningsprogrammet vid Sjölanda-stationen

Prosjektets tittel	Institusjon Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgende myndighet	Anmerkninger
<u>Kompostering</u> DK 7 Åben kompostering af slam og fast affald	De kommunale virksomheder G.O. Andrup Klosterbakken 12, 5000 ODENSE (09) 177778				Der afventes en samarbejdning af det oprindelige projekt
DK 8 Mikrobiologisk omsetning ved kompostering og an- vendelse af kompost i landbruget	Statens Planteavlslab. T. Vincents Nissen Lottenborgvej 24, 2800 LYNGBY (01) 870631				Projektet er led i Odense-projektet DK 7 og er som så- dan udskudt
N 6 Kompostering av slam og fast avfall	NVH, NLH og Kongsvinger kommune Forsker Geir Goffeng Boks 57, 1432 ÅS-NLH (02) 940060	300 000 Totalt	1971-76	Miljøvern- departem.	Den delen av pro- sjektet som om- fatter slam er fullskalaforsøk med åpen samkom- postering av søp- pel og septisk slam
S 23 Samkompostering slam och sopor	Naturvårdsverket Tekn.lic. Gunnar Hovsenius 171 20 SOLNA 1 (08) 7300910	5 100 000	1972-75	STU SNV	Investering STU (3 Mkr). Drifts- kostnad Laxå kom- mun. Forsknings- program SNV (2,1 Mkr)
<u>Forbrenning/torking</u> SF 1 Kostnader för slamför- bränning	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstad PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen bekostnad	1972		Ahlströms projekt är vanligen del- projekt av större projekt utförda för olika myndig- heters eller in- dustriens räkning
SF 7 Fosfors reaktioner vid slamförbränning	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstad PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen bekostnad	1973-	HS	Inte fastslaget ännu
S 22 Uppföljning av slam- förbränningsanläggningar	Inst. för kemisk apparat- teknik, KTH Prof. A. Rasmussen 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	100 000	1973-74	SNV	COST-project-68
<u>Pyrolyse</u> DK 6 Pyrolyse af slam og fast affald	Jens Chr. Tjell, LTH Leif Hansen Dansk Kedelforening Sydmarken 42, 2860 SØBORG (01) 696511	170 000	1972-74	COST	I samarbejde med Ole Willerup, Pol- lution Control, Amaliegade 15, 1297 København, (01) 156388
<u>DEPONERING/ANVENDELSE</u> <u>Deponering</u> N 2 Disponering av latrine- avfall i Åstadalen i Hedmark	NLH Forsker Tore Østeraas Boks 21, 1432 ÅS-NLH (02) 940060	300 000 Totalt	1971-76	Miljøvern- departem.	
N 4 Infiltrasjon av avløps- vann og slam i løs- masser	NLH Konsulent Eivind Mjærum Boks 57, 1432 ÅS-NLH (02) 940060	3 100 000 Totalt	1971-76	Miljøvern- departem.	

Projektets tittel	Institusjon Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgende myndighet	Anmerkninger
N 5 Slamdisponering på løs- avleiringer på Romerike	NLH Konsulent Eivind Mjærum Boks 57, 1432 ÅS-NLH (02) 940060	500 000 Totalt	1971-76	Miljøvern- departem.	
S 3 Vattenförorening genom avfallsupplag	Inst. för Kulturteknik, KTH Civ.ing. J.E. Meijer 100 44 STOCKHOLM 70 (08) 236520	500 000	1971-74	SNV	
S 8 Effekt av rötslam	LTH Professor Malmer Fack, 22101 LUND (046) 124600	27 192	1972-73	SNV	Spridning av slam i myrar
S 16 Lagunering av slam	Lantbrukshögskolan Fack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000				
Jordbruksanvendelse DK 8 Mikrobiologisk omsætning ved kompostering og an- vendelse af kompost i landbruget	Statens Planteavlslab. P. Vincents Nissen Lottenborgvej 24, 2800 LYNGBY (01) 870631				Projektet er led i Odense- projektet DK 7 og er som sådan udskudt
DK11 Slam i jordbruget, optagelse af tungmetaller og mineraler i planteafgrøder	Lab.f.tekn.Hygilejne, LTH Jens Chr. Tjell Bygn.115, Dan.tekn.Højskole 2800 LYNGBY (01) 884200	955 000	1972-75	SJVF	Askov Forsøgs- station, Lab. for tekn.Hyg.og Mineralogisk Institut, Dth, er fælles om projektet
DK12 Slam ved nåleskovs- plantager	Hedeselskabets Forsøgsvirks. Sv. Elsnap Olesen Hjultorvet, 8800 VIBORG (06) 626111	312 000	1973-78	SJVF	Særligt samarbej- de med Askov og Hygiejnisk-Bakte- riologisk-Labora- torium
DK13 Kviksølv omsætning i slam i relation til kviksølv- kredsløbet i det ikke vandede miljø	Isotopcentralen Torben Sevel Skelbøkgade 2, 1717 Kbh. V (01) 214131	155 000	1973-75	STVF	Koordineres med flere av de øv- rige slamprojekter
DK15 Mineralstoffers planteop- tagelse og nedvaskning, fler- årige lysimeterforsøg med slamindblanding	Statens Forsøgsstation A. Dam Kofoed 6600 VEJEN (05) 360277		1973-74		Tungmetaller er indbefattet. For- søget er led i Askovs faste program
DK16 Flerårige markforsøg med Al-fældet slam					Forsøget tænkes gennemført som karforsøg i sam- menhang med DK11
DK17 Kunstgødnings tungmetall- indhold	Statens Planteavlslab. Niels Chr. Sørensen 7100 VEJLE (05) 827933	Egen	1973	-	Supplement til vurdering af kil- der for tungme- talltilførsel til landbrugjord
DK18 Totalnedfald af tungmetaller over Danmark	Delvis igangsæt af LTH, Jens Chr. Tjell, LTH Bygn.115, 2800 LYNGBY (01) 884200				Som DK17 samt spe- cielt en vurdering af nedsættelse af Pb i benzin. Ønskes købet til NORD- FORSK luftmåle- program for tung- metaller

Projektets titel	Institusjon Person Adresse Tlf.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgende myndighet	Anmerkninger
SF12 Användning av slam vid jordbruk	Jordbrukets forskningscentral Fil.mag. Inkeri Koskela PB 18, 01301 DICKURSBY (90) 831941	1973: 12 000 1974: 40 000	1971-		Både kärll- och fältförsök
SF17 Inverkan av olika avvattningssmetoder på slammets jordbruksanvändning	HSBV Agr.o.forst.kand. Heikki Latostenmaa Vattenskyddslaboratoriet Råholmen 00250 HELSINGFORS 25 (90) 490376	10 000	1972-74	HS	Kärlförsök och fältförsök
SF18 Inverkan av olika fällningskemikalier på jordbruksanvändning	Samma som SF17	15 000	1973-75	HS	Kärlförsök och fältförsök
SF19 Inverkan av olika konditioneringskemikalier på slammets jordbruksanvändning	HSBV Fil.kand. Ilkka Viitasalo Vattenskyddslaboratoriet Råholmen,00250 HELSINGFORS 25 (90) 490376	5 000	1971-73	HS	Kärlförsök och fältförsök
SF20 Jämförande studier av slammets spridningsmetoder	Agr.o.forst.kand.Heikki Latostenmaa Samma adress som SF19	5 000	1972-75	HS	Tillsammans med Helsingfors Universitets jordbrukskemiska institut
SF24 Transport av tungmetaller vid gödsling	Samma som SF19	60 000	1973-74	HS	Laudaturarbete för Helsingfors Universitet
N 1 Metoder og undersøkelser vedrørende disponering av slam	NLH Forsker Einar Vigerust Boks 28, 1432 ÅS-NLH (02)940060	110 000 Totalt	1973-74	Miljøvern- departe- mentet	Generell utredning
N 3 Slam på jord og vegetasjon	NLH Professor A. Sorteberg Boks 28, 1432 ÅS-NLH (02) 940060	1 066 000 Totalt	1971-76	Miljøvern- departe- mentet	Foruren. fra avrenningsvann og sigevann. Virkn. på avlingers størrelse og kjemiske sammensetning
S 7 Miljøgifter i slam	Lantbrukshögskolan Prof. S. Odén Pack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000	80 592	1972-73	SNV	
S 15 Slammets användning inom jordbruket	Lantbrukshögskolan Agr.lie. K. Valdmaa Pack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000		1960-		S 15 och S 17 tillsammans ca. 250 000 Sv.kr/år
S 17 Jämförelse mellan stallgödsel och rötslam	Lantbrukshögskolan Prof. S. Jansson Pack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000		1960-		
S 19 Tungmetaller i slam	Lantbrukshögskolan Prof. S. Odén Pack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000		1970-73	SNV	
S 20 Urlakning vid användning av slam	Lantbrukshögskolan Pack, 75007 UPPSALA 7 (018) 102000				
S 24 Tungmetaller i slam	Naturvårdsverket Avd.dir. L. Ulmgren 171 20 SOLNA 1 (08) 7300910	50 000	1970-75	SNV	

Projektets titel	Institution Person Adress Tit.	Kostn.ramme D. kr. Fmk. N. kr. S. kr. resp.	Tidsramme	Bevilgande myndighet	Anmärkningar
<u>Kjemikaliegjenvinning</u> SF 2 Regeneration av kemikalier vid slambehandling	A. Ahlström Osakeyhtiö Dipl.ing. Jorma Nieminen Varkaus-verkstden PB 201, 78101 VARKAUS 10 Varkaus 4444	På egen bekostnad	1972		Ahlströms projekt är vanligen del- projekt av större projekt utförda för olika myndig- heters eller in- dustriers räkning
<u>Omgivelseshygiene</u> DK 9 Inaktivering af patogener	Hygiejnisk-Bakteriologisk Laboratorium, KVL Åge Jepsen Bülowsvej 13, 1870 Kbh. V (01) 351426	115 500	1973-75	SJVF	1. Patogenfore- komster 2. Behandlings- effekter 3. Overlevelses- studier 4. Litteraturstu- dium af past. og bestråling
DK10 Inaktivering af virus	Afd. f. veterinær virologi og immunologi, KVL Ebba Lund Bülowsvej 13, 1780 Kbh. V (01) 351426	53 406	1973-75	SJVF	Samme som DK 9
SF21 Inverkan av efterkalkning på slammets hygien	HSBV Agr.o.forst.kand. Ilkka Rinne Vattenskyddslaboratoriet Råholmen, 00250 HELSINGFORS 25 (90) 494592	15 000	1973	HS	
S 5 Parasitär smittospridning genom kloak	Statens veterinärmedicinska anstalt Professor O. Ronéus Pack, 104 05 STOCKHOLM 50 (08) 150460	450 000	1971-74	SNV	Avloppsvatten och slam
S 6 Salmonella i avloppsvatten och slam	Inst. för livsmedelhygien Veterinärhögskolan Professor K. Östlund Pack, 104 05 STOCKHOLM 50 (08) 150900	400 000	1971-74	SNV	Avloppsvatten och slam
<u>Industrianvendelse</u> SF14 Undersökning rörande an- vändning av slam i skogs- industrins processer eller annan användning	KCL Dipl.ing. Liva Vuorilehto PB 136, 00101 HELSINGFORS 10 (90) 460411	350 000	1974-76		
SF27 Inkörning av Svetogorsk skogsindustri an läggnings slambehandlings an läggning	YIT Dipl.ing. Ilppo Silakoski Kalevank.6, 55100 IMATRA 10 (954) 63122	På egen bekostnad	1975	Finnstroi	Tillhör entre- prenaden

FORKORTELSERDanmark (DK)

SJVF - Statens Jordbrugs- og Veterinarvidenskabelige Forskningsråd
 STVF - Statens teknisk videnskabelige Forskningsfond
 COST - European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research
 WPRL - Water Pollution Research Lab., Stevenage
 SNV - Statens Naturvårdsverk
 KVL - Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole

Finland (SF)

HSBV - Helsingfors stads byggnadskontors vattenskyddslaboratorium
 HS - Helsingfors stad
 KCL - Centrallaboratorium Ab
 YIT - Ingenjörbyrå "Oy Yleinen Insinööritoimisto"
 SITRA - Fonden för Finlands självständighets jubileumsår 1967

Norge (N)

MD - Miljøverndepartementet
 NLVF - Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd
 NLH - Norges landbrukskøleskole
 NVH - Norges veterinærhøleskole
 LD - Landbruksdepartementet
 NTNF - Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd
 SI - Sentralinstitutt for industriell forskning
 NIVA - Norsk institutt for vannforskning

Sverige (S)

SNV - Statens Naturvårdsverk
 STU - Styrelsen för Teknisk Utveckling
 KTH - Kungliga Tekniska Høleskolan, Stockholm
 LTH - Lunds Tekniska Høleskola
 AJFO - Axel Johnsons Institutet för Industriforskning

Ud over de forannævnte slamprojekter i NORDFORSK-regi foregår der på EEC-baggrund et europæisk samarbejde om slamkarakterisering, slamafvanding og slamforbrænding (COST).

Forskningsrapporter kan ventes herfra i løbet af 1975.

o o o O o o o

Arbejdsgruppen har ikke udarbejdet egentlige forslag til nye forskningsprojekter, men finder anledning til at pege på, at der i mange undersøgelser, der findes publiceret, savnes væsentlige oplysninger, f.eks. vedrørende slambehandlingsmetoder, hvor der sker adskillelse i en slamfase og en vandfase. TS og SS opgives ofte, fordelt på slam- og vandfase, men ofte savnes oplysninger om partikelstørrelse i vandfasen, og som regel savnes oplysning om fordelingen på de 2 faser af: N og P og af bakterier (incl. sporer), virus og ormeæg, samt af spormetaller. DDT og PCB.

Der savnes ofte vurdering af betydningen af, enten at tilbageføre vandfasen til renseanlægget, eller at give den en særlig behandling. Hertil hører f.eks. en vurdering af biologisk nedbrydelighed af vandfasen. Slamtyperne skal i disse forbindelser naturligvis karakteriseres udførligt.

Der savnes på flere punkter standardiserede målemetoder for slamparametre, der ville sikre, at oplysninger, givet af for-

Skellige forskere, er sammenlignelige. Det gælder f.eks. måling af SS inden for hele det område, som slamhåndtering omfatter. Det gælder slams bundfældelighed. Det gælder toksicitetsmålinger.

Det gælder "måling", eller vurdering af hygiejnisk kvalitet.

Forskellige hygiejniseringsmetoders "effekt" er således vanskelig at udtrykke, ligesom den hygiejniske effekt af forskellige behandlingsmetoder.

Der kan peges på behandlingsmetoder og tilknyttede problemer, som det var ønskeligt at undersøge nærmere, f.eks.:

Aerob stabilisering ved termofile bakterier og med ren ilt.

Udvikling af sikre modeller for fortykningsmetoder, konditionering og afvanding af forskellige slamtyper, baseret på fuldskalaerfaringer.

Forsøg med "berigelse" af kloakslam, bl.a. med N (kvælstof), der kan gøre slammet mere attraktivt til jordbrugsformål.

Forsøg og vurderinger af alternative lagringsmetoder for slam, der ønskes anvendt til jordbrugsformål.

Vurdering af kemiske stabiliseringsmetoder i relation til alternative slutdisponeringer af slam.

Nærmere undersøgelser af sammenhæng mellem anvendelse af slam i jordbruget og parasitter i dyrene. (Dette bør kombineres med undersøgelse af betydning af ormeæg i recipienter, der anvendes til vanding af marker og til vanding af husdyr.)

KAPITEL 9.

SYMBOL- OG ORDFORKLARING

9 SYMBOL- OG ORDFORKLARING.

<u>Symbol</u>	: <u>Forklaring, henvisning</u>
>	: Større end.
<	: Mindre end.
<u>Ord</u>	
ADI	: Acceptabel daglig indtagelse, f.eks. af spormetaller.
AEROBT STABILISERET (ae. stab.)	: Stabiliseret ved organismer, der kræver, eller ikke ødelægges ved tilstedeværelse af luft eller fri ilt.
Al	: Aluminium.
AMMONIAK	: Kvælstofforbindelse. Luftart. Fremkommer bl.a. ved udrådning (kapitel 3, p. 3.7). Kemisk formel: NH ₃ .
ANAEROBT STABILISERET (an. stab.)	: Stabiliseret ved organismer, der ikke kræver luft eller fri ilt.
ANTIBIOTISK	: Her anvendt i betydningen bakteriedræbende middel, udskilt f.eks. af svampe eller andre mikroorganismer.
BACILBÆRER	: Herved forstås hos dyr eller mennesker den tilstand, at en vedholdende, men ikke-symptomgivende, infektion i et organ medfører udskillelse af smitstof via udførselsvejene fra vedkommende organ, f.eks. med afføring og urin. Sådanne skjulte smitteforløb af lang varighed er almindelige ved infektion med salmonellabakterier og en række virus (virusbærer).

- BACILUDSKILLER : Herved forstås en lignende tilstand som forklaret under bacilbærer, men af kortere varighed, idet udskillelsen af smitstof opfattes som en passiv passage, f.eks. gennem tarmsystemet, af med føden tilført smitstof, uden at der i organet udvikles en selvstændig infektion.
- BAKTERIE : Mikroorganisme. Visse bakterier kan være sygdomsfremkaldende, f.eks. arten Salmonella. Se nærmere kapitel 2, afsnit 2.3, og bilag III.
- BESTRÅLING AF SLAM : Se kapitel 3, p. 3.19. Enhedsproces, hvor slammets hygiejniske kvalitet forbedres ved en væsentlig reduktion i antallet af bakterier, virus og ormeæg.
- BETASTRÅLER : Partikelstråling (elektroner).
- BI₅ : 5-døgns biokemisk iltforbrug. Antal mg ilt pr. liter, forbrugt af spildevandets mikroorganismer i en 5-døgnsperiode til biologisk iltning af organisk stof i spildevandet.
- Ca : Calcium.
- CENTRIFUGERING : Se kapitel 3, p. 3.11. Slamafvandsoperation, hvor et kunstigt skabt tyngdefelt adskiller slammet i en fast fase (slamkage) og i en flydende fase (rejekt).
- COST : European Cooperation and Coordination in the Field of Scientific and Technical Research.
- DAGRENOVATION M.M. : Husholdningsaffald.
- DATABASE : Centralregister til oplysninger om et emne.
- DDT : Diklor-difenyl-triklorethan. Se klorerede kulbrinter.
- DEKONTAMINERING : Foranstaltninger til fjernelse, eller uskadeliggørelse af smitstoffer (giftstoffer).
- DETERMINANT : Se bilag III.

- DIN : Deutsche Industrie Normen.
- ENHEDSOPERATION : Ved enhedsoperation forstås en fysisk behandling, hvor der ikke sker ændring af stof. Se f.eks. bilag I, skema 1.
- ENHEDSPROCES : Ved enhedsproces forstås en kemisk eller biologisk behandling, hvor der sker ændring af stof. Se f.eks. bilag I, skema 1.
- ENTEROBAKTERIER : Tarmbakterier.
- EPIDEMIOLOGI : Læren om epidemier, deres opståen og udbredelse. (Epidemi: Pludseligt udbrud af et stort antal tilfælde af en smitsom sygdom.)
- EPIDEMIOLOGISKE DETERMINANTER : Opståelse af infektionssygdom, såvel hos det enkelte individ som i en gruppe af individer (en epidemi), skyldes ikke blot smitstoffets tilstedeværelse, d.v.s. den specifikke årsag, men en række samvirkende faktorer, der bestemmer, dels smitstoffets muligheder for i tilstrækkelig koncentration at opnå den nødvendige kontakt med værtsorganismen, dels er afgørende for værtsorganismens modtagelighed, henholdsvis modstandsdygtighed over for smitte. Sådanne medvirkende eller disponerende ydre og indre faktorer betegnes epidemiologiske determinanter.
- ERG : Enhed for energi. $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$.
- FAO : Food and Agricultural Organization.
- Fe : Jern.
- FILTERPRESNING : Se kapitel 3, p. 3.14. Diskontinuert slamafvandringsoperation, hvor vandet presses ud af slammet i en række filterkamre ved et tryk på 5 - 25 atm.
- FLOTATION : Se kapitel 3, p. 3.6. Ved flotation af slam adskilles det indkommende slam i en slamvandsfase og en slamfase ved anvendelse af fine, disperserede luftbobler, hvorved slampartiklerne løftes op til overfladen, hvor de skræbes af.

- FORBRÆNDING AF SLAM : Se kapitel 3, p. 3.16. Behandlingsproces, der omdanner det meste af slamtørstoffets organiske dele til luftarter, så kun de ikke-brændbare dele bliver tilbage.
- FÆLLESSYSTEM : Kloakeringssystem, hvor spildevand og regnvand m.m. løber i samme rør.
- GAMMASTRÅLER : Ligner røntgenstråler, men har kortere bølgelængde.
- HYGIEJNISERING : Ved hygiejniserung forstås en behandling til uskadeliggørelse af smitstoffer, udført efter en nærmere defineret, kontrolleret metode, f.eks. pasteurisering, ioniserende bestråling, kompostering, eller oplægning på slambed. Ved forbrænding opnås normalt en meget effektiv hygiejniserung, men det bemærkes, at slaggen og asken indtil videre skal anbringes på særlige pladser, jf. miljøstyrelsens "Vejledning for kontrollerede lossepladser", nr. 1/74.
- HÅNDTERING : Se bilag I. Fællesbetegnelse for transport og behandling.
- INAKTIVERING : Ved inaktivering forstås, at smitstofferne gøres uvirksomme. Dette kan skyldes drab, hæmning i udvikling m.m.
- INFEKTION : Her anvendt i betydningen pådraget, smitsom sygdom.
- INTERKALIBRERING : Sammenligning af måleresultater, fundet på forskellige laboratorier, og/eller ved anvendelse af forskellige analysemetoder.
- K : Kalium = grundstof.
- KALKTILSÆTNING : Se kapitel 3, p. 3.10 og p. 3.20. Ved kalktilsætning opnås en midlertidig slamstabilisering, idet man ved tilsætning af brændt kalk, CaO , eller læsket kalk (hydratkalk), Ca(OH)_2 , hæver pH i slammet så meget, at den mikrobielle omsætning af organisk stof hæmmes.
- KLOREREDE KULBRINTER : Ved klorerede kulbrinter forstås her bekæmpelsesmidler mod skadedyr og ukrudt, der indeholder klor, kulstof og brint, f.eks. DDT og PCB.

- KONTAMINERET : Forurennet (d.v.s. iblandet).
- KONTROLLERET FYLDPLADS : Plads, hvorpå der kun må henlægges grus, sand, jord, bygningsaffald og tilsvarende bygningsaffald.
- KONTROLLERET LOSSEPLADS : (Se miljøstyrelsens vejledning nr. 1/74.)
En kontrolleret losseplads er indrettet til modtagelse af følgende typer affald: Husholdning m.m., vegetabilsk affald, bygningsaffald, jord, grus og slam fra spildevandsanlæg.
Se endvidere KONTROLLERET FYLDPLADS og KONTROLLERET SPECIALDEPOT FOR SLAM.
- KONTROLLERET SPECIALDEPOT FOR SLAM : Plads, der er placeret og indrettet til kun at modtage slam fra spildevandsanlæg.
- KRAD : Mål for gammabestråling. 1 k.rad = 1.000 rad = 10^7 erg/g. Se kapitel 3, p. 3.19.
- KULDIOXID : Luftart. Fremkommer bl.a. ved nedbrydning af kulstofforbindelser.
Kemisk formel: CO_2 .
- LUFTNING AF SLAM : Se kapitel 3, p. 3.9. Ved slamluftning opnås en biologisk nedbrydning af en del af slammets organiske indhold ved lang tids luftning (minimum 10 - 12 døgn), hvorved det organiske stof omdannes til kuldioxid og nitrater.
- MEDIANVÆRDIER : Herved forstår man den værdi, for hvilken det gælder, at 50% af de målte værdier ligger over, og 50% ligger under.
- METAN : Luftart, fremkommet ved bakteriel nedbrydning af kulstofforbindelser under anaerobe forhold, bl.a. udrådning. Se kapitel 3, p. 3.7.
Kemisk formel: CH_4 .
- MORBIDITETS RATEN : Morbiditet = sygelighed.
Morbiditetsraten = den procentvise hyppighed af sygdomstilfælde inden for en befolkningsgruppe over en vis periode.
- N : Kvælstof (i ren tilstand luftart, N_2).

- NITRATER : Kvælstofforbindelser med kvælstof i højeste iltningstrin. Fremkommer bl.a. ved slamluftning.
Kemisk formel: NO_3^- .
- O : Ilt (i ren tilstand luftart, O_2).
- ORME/ÆG : Specielt æg af indvoldsorm, f.eks. spolorm og piskeorm. Se nærmere kapitel 2, afsnit 2.3, og bilag III.
- P : Fosfor.
- p : Personantal.
- PARASITTER : Dyriske snyltere.
- PASTEURISERING AF SLAM : Se kapitel 3, p. 3.19. Enhedsproces, hvor slammet opvarmes i flydende fase til 70°C , og denne temperatur holdes i 25 - 30 minutter.
- PATOGENER : Smitstoffer (bakterier, virus og ormæg).
- PCB : Polyklorerede bifenyler.
Se klorerede kulbrinter.
- PE : Personækvivalent. Den spildevandsbelastning, der svarer til 1 persons bidrag. Ved omregning regnes sædvanligvis med 60 g ilt pr. person pr. døgn, i relation til BI_5 -tal (jf. kapitel 1, afsnit 1.1).⁵
- PERKOLAT : Gennemsvivningsvæske, f.eks. i slambed.
- pH : Mål for surhedsgraden. Tallet angiver den negative logaritme til brintionkoncentrationen.
- POLYMERER : Stort molekyle, sammensat af mange ens, små molekyler. Her brugt om konditioneringsmidler, som på grund af deres ladning, eller mangel på ladning, forbedrer afvandingssegenskaber hos slammet, ved at slamtørstoffet fæstes til polymererne.
- ppm : Parts per million (milliontedele).

- PYROLYSE : Ved pyrolyse forstås en enhedsproces, hvor der ved opvarmning uden luftens tilgang sker en spaltning af produktet (affald, slam) i slagge og brændbar gas.
- RECIRKULATION : Ved recirkulation forstås i rapporten tilbageførsel af slam for at genudnytte visse bestanddele i slammet, f. eks. metaller, proteiner.
- RISTESTOF : Stof, fjernet fra spildevandet ved hjælp af riste.
- RÅSLAM : Ved råslam skal her forstås ustabiliseret slam.
- SALMONELLA : Bakterieart. Se nærmere bilag III.
- SALMONELLØS GASTROENTERITIS : Maveforgiftning, forårsaget af bakteriearten Salmonella.
- SAMKOMPOSTERING : Se kapitel 3, p. 3.17. Ved kompostering forstås en aerob, mikrobiel omdannelse af organisk stof til en relativt stabil humus.
- SEPARATSYSTEM : Kloakeringssystem, hvor spildevandet og det øvrige vand løber i hver sit rør.
- SIGTESTOF : Stof, fjernet fra spildevandet ved hjælp af mikrosigter.
- SLAGGE : Affaldsprodukt ved forbrænding.
- SLAM : Produkt, fremkommet ved vandrensningen. Betegnelse for såvel behandlet som ubehandlet produkt.
- SLAMBEDSAFVANDING : Se kapitel 3, p. 3.15. Behandlingsmetode, der fjerner slamvandet ved fordampning og bortdræning.
- SLUTDISPONERING : Den endelige disposition til slammets bortskaffelse. Se bilag I.
- SPECIALAFFALD : Affald, der ikke må anbringes på kontrolleret losseplads, jf. miljøstyrelsens "Vejledning for kontrollerede lossepladser", nr. 1/74, afsnit 3.3.

- SPORMETALLER : Ved spormetaller forstås metaller, fundet i slam i små mængder, ofte i ppm. Der kan både være tale om skadelige stoffer, f.eks. bly, kviksølv og cadmium, og mikronæringsstoffer, f.eks. bor, kobber, mangan m.m.
- SS : Indhold af suspenderet stof. Partikler og fnug, der enten flyder på vandet eller svæver i væsken, og som for størstedelen kan fjernes ved filtrering.
- STABILISERET SLAM (stab.) : Ved stabiliseret slam forstås råslam, der har gennemgået en af processerne, kalktilsætning, udrådning, eller slamluftning til en passende stabilitetsgrad.
- STABILISERING : Ved stabilisering forstås en enhedsproces, hvorved slammet behandles således, at let nedbrydeligt, organisk stof i slammet omdannes til luftarter og uorganiske salte (mineralisering), eller hæmmes i denne omdannelse.
- STABILITETSGRAD : Stabilitetsgraden skal udtrykke, hvor langt omdannelsen af det organiske stof er forløbet (graden af mineralisering), eller hvor stabil en hæmning der er opnået. Et entydigt og let anvendeligt mål herfor er endnu ikke angivet.
- "STANDARD METHODS" : "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." Se /2/, p. 22.
- SUSPENDERET STOF : Se SS.
- SYSTEMATIK : Se bilag I.
- TOKSISK : Giftigt.
- TS : Tørstof.
- TYKNING : Se kapitel 3, p. 3.5. Slamkoncentreringsmetode, hvor det indkomne slam ved hjælp af tyngden separeres i en slamfase og en slamvandsfase.
- UDRÅDNING AF SLAM : Se kapitel 3, p. 3.7. Ved slamudrådning opnås en biologisk, anaerob nedbrydning af en del af slammets organiske indhold til metan, kuldioxid og ammoniak, under indvirkning af bl.a. metanbakterier.

- UDSKILNINGSGRAD : Ved udskilningsgrad forstås den andel af det ubehandlede slams indhold af suspenderet stof, der er i slamkagen. Måles i procent.
- VAKUUMFILTRERING : Se kapitel 3, p. 3.12. Slamafvandringsoperation, ved hvilken vandet fjernes fra slamtørstoffet ved frasugning igennem en filterdug, anbragt på en roterende tromle.
- VIROLOGI : Læren om virus.
- VIRUS : Smitstof. Specielle proteiner, som kan formere sig i levende organismer. Her specielt tarmvirus. Se nærmere kapitel 2, afsnit 2.3, og bilag III.
- VIRUSTITEREN : Højeste fortynding i en decimalfortyndingsrække, i hvilken virus endnu kan påvises.
- VÅDFORBRÆNDING : Ved vådforbredning forstås en enhedsproces, hvor der, ved opvarmning under tryk og tilsætning af luft, sker en konditionering, stabilisering og hygiejnisering af slammet.
- WHO : World Health Organization.

BILAG.

- I "TERMINOLOGI, SYSTEMATIK."
Af lektor, civilingeniør Jens Aage Hansen.

- II "EN OPGØRELSE AF MÆNGDER SLAM, SAND OG
RISTESTOF FRA OFFENTLIGE RENSNINGSSANLÆG."
Af civilingeniør Erik Bagge Kristoffersen.

- III "SMITTERISIKO I FORBINDELSE MED SLAMDISPONERING."
Af professor, dr. med. vet. Aage Jepsen.

- IV "SLAMDISPONERING PÅ DYRKET JORD."
Af professor, dr. agro. Sigurd Larsen.

- V Skema, "DISPONERING AF SLAM FRA
KOMMUNALE SPILDEVANDSRENSNINGSSANLÆG."

BILAG I

"TERMINOLOGI, SYSTEMATIK."

Af lektor, civilingeniør Jens Aage Hansen,

På ethvert fagområde er et minimum af vedtagen terminologi en simpel nødvendighed. Både mellem teknikere indbyrdes, og mellem teknikere og administratorer lettes forståelsen, og arbejds- gangen fremmes, såfremt en passende entydighed er indbygget i de ord, som anvendes på området.

Når f.eks. slammet følges fra tilblivelse (generering) til be- handling og videre til en form for bortskaffelse (slutdispone- ring), opstår der behov for en række begreber, som tilsammen skal give en dækkende beskrivelse af de transporter, operatio- ner o.s.v., som slammet udsættes for. Ofte vil det være således, at en række forskellige transportmåder (f.eks. pumpning, kørsel på lastvogn...), eller en række forskellige operationer (f.eks. afvanding ved filtrering, ved centrifugering...), kan sidestil- les, fordi der opnås samme resultat med slammet, om end teknik- ken (og eventuelt økonomien) er vidt forskellig. Ved således at gruppere metoderne efter samme egenskaber, med hensyn til påvirk- ning af slammet, opstår der en slamsystematik. Se følgende skema 1.

Det bør bemærkes, at den i skemaet opstillede systematik kun ind- fører visse overordnede begreber (f.eks. håndtering og slutdispo- nering), som netop defineres i den viste sammenhæng; men for de forskellige slamtyper som sådan er der ikke i første omgang anført en egentlig betegnelse. For eksempel er det ikke angivet, hvorle- des det slamprodukt, som forlader en rådnetank eller et forbræn- dingsanlæg, skal benævnes, men det er klart, at der er behov for sådanne betegnelser, såvel i praksis som ved mere principielle overvejelser.

Det i skema 1 viste, "operative", system giver mest udtryk for den virkelighed, som den teknisk orienterede person beskæftiger sig med. Imidlertid kan slammet også anskues under andre syns- vinkler af mere analyserende eller administrativ karakter. Denne problemstilling er udtrykt i skemaerne 2 og 3.

Skema 1. Slamsystematik, det operative system.

SLAMGENERERING ^{x)}			
1. Mekanisk vandrensning	Risteværk og sigter Sandfang Fedt- og olieudskillere (på renseanlæg) Bundfældningsanlæg Flotationsanlæg Filtreringsanlæg		
2. Biologisk vandrensning	Bassinanlæg Biologisk filter Aktiv-slamanlæg	Højt belastet Lavt belastet Luftindblæsning Iltindblæsning Langtidslufter Kontaktstabilisering	
3. Kemisk vandrensning	Al-fældning Fe-fældning Ca-fældning		
4. Fysisk vandrensning	Absorption Adsorption Ionbytning Omvendt osmose		
5. Specielle installationer	Septiktanke (hustanke) Fedt- og olieudskillere (selvstændige anlæg) Samletanke Vakuumsystemtanke		
6. Kloakrensning	Rengøring og oprensning af kloaksystemer m.m.		
HÅNDBLIVNING			
1. Enhedsoperationer	Koncentrering	Tykning Flotation	
	Afvanding	Naturlig	Slambed
		Teknisk	Centrifugering Vakuumfiltrering Sibåndspresning Filterpresning Varmetørring
Transport	Bil Tog Skib Rør, pumpning		

^{x)}Ved slamgenerering er der ikke skelnet mellem rensning af spildevand og rensning af råvand (til drikkevand), idet metoderne i et vist omfang er identiske.

Fortsættes side I.4.

Skema 1 (fortsat.)

2. Enhedsprocesser	Konditionering	Termisk Kemisk	
	Stabilisering	Udrådning Slamluftning Kemisk	
	Kompostering	Reaktor Mile	
	Pyrolyse	Retort	
	Forbrænding	Etageovn Hvirvellagsovn Roterovn	
	Vådforbrænding	Reaktor	
	Desinfektion	Fysisk	Bestråling Pasteurisering
		Kemisk	Kloring Ozon
SLUTDISPONERING			
1. Spredning i omgivelserne	Landbrug	Industriafgrøder Kornarealer Rodfrugter Græsarealer	
	Gartneri	Frugtplantager Grøntsagsgartnerier Prydplantegartnerier Planteskoler	
	Skovbrug	Skove Plantager	
	Offentlige anlæg	Parker Veje	
	2. Koncentrering i omgivelserne	Kontrolleret losseplads Kontrolleret specialdepot for slam Specialdepot for slagger	
ANDEN DISPONERING (Recirkulation)			
	Udvinding	Proteinfremstilling Metaludvinding	

Skema 2. Slamsystematik, det analyserende system.

KARAKTERISERING

1. Kilder
 2. Mængder
 3. Sammensætning Fysisk
 Kemisk
 Biologisk
-

KORTLÆGNING, GENEREL UDREDNING

1. Håndteringspraksis
 2. Slutdisponeringspraksis
-

SYSTEM- OG KONSEKVENSANALYSE

1. Stofbalancer ved alternative slamhåndteringer
 2. Alternative slamhåndteringer
 3. Økonomi ved alternative slamhåndteringer
-

MODELOPSTILLING, PLANLÆGNING

1. Total tørstofudskillelse fra et system
 2. Teknisk-økonomisk optimering
 3. Investering, udbygning
-

INFORMATIONSSYSTEM

1. Database
 2. Litteratursøgning
-

Skema 3. Slamsystematik, det administrativt styrende system.

OVERORDNET MILJØPLANLÆGNING

1. Landskab
 2. Forurening
 3. Ressourcer
-

ADMINISTRATIV STYRING

1. Lovgivning (love, bekendtgørelser, reglementer...)
 2. Koncessioner, autorisationer...
 3. Økonomisk styring (afgifter, subsidier...)
 4. Råd og anvisning (vejledende bestemmelser...)
 5. Organisationsform (statslig, kommunal, privat...)
 6. Forskning og udvikling (prioritering, støtte...)
-

Alle skemaerne, 1 - 3, vedrører slam og de hertil knyttede problemstillinger. I modsætning til teknikerens system i skema 1 er der i skema 3 opregnet nogle af de problemstillinger, som en centraladministration typisk vil anse for væsentlige, når der skal tages stilling til dispositioner vedrørende slammet, jf. skemaets eksempler på overordnet miljøplanlægning og administrativ styring.

Imellem disse 2 ydersystemer står så endelig det analyserende system, skema 2. I dette "system" foretages indsamling af data, kortlægning og mere generel udredning, analyser og sammenligning af forskellige fremgangsmåder ud fra foreliggende data o.s.v. Der vil være en væsentlig forskel på arbejdet, teknikken og opfattelsen af tingene i de 3 systemer, men alle 3 er aktivt medvirkende, når der i samfundet foretages dispositioner med slammet. Det er bl.a. for at sikre en passende koordinering mellem aktiviteterne og personerne i de 3 systemer, at der er behov for den oversigt, de definitioner og sondringer, som en systematik giver anledning til.

Disse betragtninger understreger behovet for en "ordliste for slamområdet", og for, at det hertil nødvendige arbejde hurtigst muligt iværksættes, f.eks. med udgangspunkt i praksis på området og i den skitserede systematik. Dette arbejde bør bl.a. være færdiggjort så betids, at resultaterne heraf kan anvendes i det forestående arbejde med konkrete vejledninger fra miljøstyrelsen for slammets håndtering og slutdisponering.

Det bemærkes udtrykkeligt, at den liste, som er opført i kapitel 9, alene giver forklaring eller henvisning til ord, som er anvendt i nærværende rapport; listen kan således ikke betragtes som et forslag til den omtalte "ordliste for slamområdet".

BILAG II

"EN OPGØRELSE AF MÆNGDER SLAM, SAND OG
RISTESTOF FRA OFFENTLIGE RENSNINGSANLÆG."

Af civilingeniør Erik Bagge Kristoffersen.

1 Indledning.

Opgørelsen over nuværende og fremtidige mængder er baseret på miljøstyrelsens spørgeskemaundersøgelse over kommunernes 10-års investeringsprogram for spildevandsrensning for årene 1972 - 1982, kombineret med oplysninger fra enkelte rensningsanlæg, samt fra litteraturen om slamemængder.

Det må betones, at mængdeopgørelsen indeholder flere faktorer, der gør, at de endelige tal for mængderne ikke kan bestemmes med den nøjagtighed, der var ønskelig. For det første bygger opgørelsen på spildevandets indhold af biologisk nedbrydeligt stof, der ikke er den rette enhed for slammængden, og heller ikke er bestemt nøjagtigt. Desuden er det vanskeligt at bestemme enhedsmængden.

2 Opgørelse af personækvivalenttal (PE).

I spørgeskemaerne, MILJØSTYRELSEN /1/, er belastningen af organisk stof på rensningsanlæggene udtrykt i personækvivalenter, gjort op og opdelt i 3 grupper, nemlig husholdning (folkeregistertallet), industri (såvel proces- som sanitetsspildevand) og andet (f.eks. institutioner, campingpladser og sommerhuse, samt spildevand, overført fra andre kommuner). Der er tilsyneladende ikke overensstemmelse i de forskellige kommuner om størrelsen af PE. Nogle kommuner regner 1 PE = 60 g BI₅/døgn, medens andre regner 1 PE = 54 g BI₅/døgn. Der mangler oplysninger fra 24 kommuner. Disse tal har måttet skønnes.

PE-tallet er ikke den rigtige enhed at benytte ved fastsættelsen af antallet af slamproducerende enheder, idet tallet er et mål for det biologisk nedbrydelige indhold i spildevandet. Der er nemlig ikke nogen entydig forbindelse mellem spildevandets indhold af BI₅ og slamproduktionen for alle rensningsanlægstyper, men metoden med PE har været anvendt i mange år, og indtil man får en bedre viden, må metoden accepteres.

Da slamproduktionen er afhængig af rensningsmetoden, har det været nødvendigt at dele antallet af PE op i følgende, forskellige anlægstyper:

II.3

- R : Risteanlæg; omfatter kun separation af ristestof.
- M : Mekaniske anlæg; omfatter separation af ristestof og sand, samt simpel bundfældning af slam.
- B : Biologiske anlæg uden forsedimentering (såkaldte langtidsluftere); omfatter separation af ristestof og sand, samt bundfældning af slam efter biologisk rensning.
- MB : Mekanisk-biologiske anlæg; omfatter separation af ristestof og sand, samt bundfældning af mekanisk og biologisk slam. Slammet regnes som blandslam.
- MK : Mekanisk-kemiske anlæg; omfatter separation af ristestof og sand, samt bundfældning af slam, der er fremkommet ved tilsætning af kemikalier (Fe-, Al- og Ca-forbindelser) for at øge udfældning af slam og fjernelse af fosfor og BI_5 fra spildevand.
- MBK : Mekanisk-biologisk-kemiske anlæg; omfatter det samme som MB, samt en kemisk fældning til fjernelse af fosforet i spildevandet.

Som kommentarer til spørgeskemaernes inddeling kan nævnes, at R omfatter særlige anlæg i Københavns-området. Hvad angår opdelingen i B og MB, tyder senere forespørgsler til firmaer, der opfører rensningsanlæg, på, at flere anlæg, der er opført under MB, burde regnes som B. I spørgeskemaerne er bassinanlæg også taget med. Disse regnes ikke her med til de slamproducerende anlægstyper, da der ikke sker regelmæssig borttransport af slam, MALCHOW-MØLLER /2/. Ydermere er PE-tallet for denne type meget lille. K står i spørgeskemaerne for avanceret rensning (kemisk fældning, kvælstoffjernelse, ionbytning, osmose m.m.), men da det skønnes, at kemisk fældning vil blive langt den dominerende af disse typer, er K de steder, hvor det ikke er nærmere specificeret, sat i gruppen kemisk fældning.

Anlæg med efterfølgende filtrering er ikke regnet i en særskilt gruppe, da man ikke har data for eventuel slamforøgelse. Anlæg med kvælstoffjernelse er heller ikke grupperet specielt. Man kan ikke fastsætte en slamenhedsmængde, selv om forsøg tyder på, at mængden reduceres noget i forhold til typen uden kvælstoffjernelse, FORURENINGSRÅDET /3/.

De 2 følgende tabeller udtrykker da belastningen, fordelt på anlæggene i de nævnte hovedtyper, for årene 1972 og 1982.

Tablet 2.1 - PE-antal i 1972 (enhed 1.000 PE).

Type Fordeling	R	M	B	MB	I alt
Indbyggere	702	1.278	114	1.422	3.516
Industri	1.270	1.023	56	1.056	3.405
Andet		96	27	131	254
I alt	1.972	2.397	197	2.609	7.175

Tablet 2.2 - PE-antal i 1982 (enhed 1.000 PE).

Type Fordeling	M	B	MB	MBK	MK	I alt
Indbyggere	675	286	3.929	427	103	5.420
Industri	666	176	4.081	334	60	5.317
Andet	93	62	468	57	26	706
I alt	1.434	524	8.478	818	189	11.443

3 Opgørelse af enhedsmængder.

I de følgende underafsnit er det forsøgt at opgøre, hvilke enhedsmængder af slam, sand og ristestof man kan forvente ved spildevandsrensningen. Talmaterialet fra litteraturen (udenlandske erfaringer) har vist sig at være en smule forskelligt fra det talmateriale, der er fremkommet ved rundspørge til danske rensningsanlæg. Forskellen skyldes højst sandsynligt, at spildevandet har forskellig sammensætning i de enkelte lande, samt at de udenlandske tal kan stamme fra forsøgsanlæg, hvor forholdene sjældent er de samme som ved anlæg under almindelige forhold. Som følge heraf er enhedsmængderne da angivet i et interval.

3.1 Ristestof.

Der skelnes mellem 2 ristetyper. Grovrister har mellemrum større end 40 mm, og finrister har mindre mellemrum, PALLASH /4/.

Information	Anlægstype	Enheds mængde		
		Liter/p/år	Evt.TS-indhold(%)	Kg TS/p/år
Imhoff /5/	Grovrister	2 - 3		
Imhoff /5/	Finrister	5 - 10		
Korsgård /6/	Finrister	4,1	22	0,9
Lyngby-Tårnbæk /7/	Finrister	~ 4	~ 22	0,9
København /7/	Finrister	6,2		
Avedøre /7/	Finrister	3,5	30 - 35	1,1
Viborg /7/	Finrister	6,5		
Århus /7/	Finrister	6,3		
Odense /7/	Finrister	3,2		

De adspurgte rensningsanlæg synes alle at anvende finrister med en mellemrumsafstand fra 15 - 25 mm. Det må bemærkes, at TS-indholdet sjældent bestemmes, og at ristestof - og sand - i modsætning til slamemængderne, der er bestemt pr. PE, er bestemt pr. person, tilsluttet anlægget (p). Der synes ingen logisk begrundelse for dette, men det gøres rent traditionelt. Til de givne, noget sparsomme oplysninger må der føjes den kommentar, at mængden, bestemt af KORSGÅRD /6/, stammer fra 2-års perioden 1962 - 1964, og den synes ikke at have ændret sig, LYNGBY-TÅRNBÆK /7/. Dette danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Ristestof: 0,9 - 1,1 kg TS/p/år.

3.2 Sand.

Information	Anlægstype	Enheds­mængde liter/p/år
Imhoff /5/		5 - 12
Avedøre Kloakværk /7/	Ca. 60% separat kloakeret (40% fælles)	3,1
Århus /7/	Ca. 20% separat kloakeret (80% fælles)	6,7
Viborg /7/	Ca. 35% separat kloakeret (65% fælles)	7,8
Lundtofte /14/	Ca. 100% fælles kloakeret	3,6
Avedøre Holme /14/	Ca. 90% separat kloakeret (10% fælles)	3,9
Damhusåen /14/	Ca. 100% fælles kloakeret	1,5

Det mindste tal i intervallet hos IMHOFF /5/ gælder for tæt bebyggelse, og det største tal for spredt bebyggelse. Der angives ikke, om kloakeringen er separat, fælles eller blandet. Det vides ikke, i hvilket forhold (fælles/separat) der er kloakeret foran det danske "gennemsnits"-rensningsanlæg, og talmaterialet er desuden for spinkelt til at sige, hvilken enheds­mængde der bør regnes med, henholdsvis ved separat- og fællessystemet. Der regnes derfor med tallene fra IMHOFF /5/ som gennemsnit for Danmark, uanset hvordan området foran rensningsanlægget er kloakeret. Sættes vand til at have en rumvægt på 1,6 kg/liter og et TS-indhold på 75%, kan følgende interval fastsættes:

Sand: 6 - 13 kg TS/p/år.

3.3a Ustabiliseret, mekanisk slam (råslam).

Information	Anlægstype	Enheds­mængde	
			Kg TS/PE/år
Imhoff /5/		54 g TS/p/døgn	20
Nordstrøm /8/		60 g TS/PE/døgn	22
København /7/	M	35 g TS/PE/døgn	13
Lynetten /7/	MB (forsøg)		23
Århus /7/	M		10
Holstebro /7/	M		19

Alle IMHOFF's /5/ tal stammer fra anlæg med nogen industri, og er udregnet pr. person, tilsluttet anlægget. Man betvivler her (IMHOFF /5/) det rigtige i at antage, at en person og en PE fra industrien giver samme slammængde, men angiver også, at det er almindelig praksis at regne med en ækvivalent slamenhedsmængde. Gennemsnittet fra litteraturen giver 21 kg TS/PE/år, og et vægtet gennemsnit for danske kommuner giver 13 kg TS/PE/år. Dette danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Ustabiliseret, mekanisk slam: 15 - 20 kg TS/PE/år.

3.3b Udrådnet, mekanisk slam.

Information	Reduktion i TS-indhold
Imhoff /5/	37%
København /7/	30 - 50%
Århus /7/	30 - 40%

Afhængig af udrådningsbetingelserne og slamsammensætningen vil man kunne opnå en tørstofreduktion på 30 - 40%. Dette danner grundlag for fastlæggelse af følgende interval:

Udrådnet, mekanisk slam: 10 - 14 kg TS/PE/år.

3.4a Ustabiliseret, mekanisk-biologisk slam (råslam).

Information	Anlægstype	Enhedsmængde Kg TS/PE/år
Imhoff /5/	Filter, lavt belastet	24
Imhoff /5/	Filter, højt belastet	27
Imhoff /5/	Aktivt slam, lavt belastet	31
Imhoff /5/	Aktivt slam, højt belastet	29
Pallash /4/	Aktivt slam, lavt belastet	31
Nordstrøm /8/	Alment	35
Lynetten /7/	Aktivt slam, højt belastet	36
Odense /7/	Filter, højt belastet	23
Århus /7/	Filter og aktivt slam (BS)	25
Ballerup- Måløv /7/		25
Køge /7/		25
Viborg	Filter, højt belastet	25

Der findes ingen oplysninger om fordelingen af antallet af PE, på henholdsvis filter- og aktiv-slamanlæg. FORURENINGSRÅDET /3/ angiver, at filteranlæg var foretrukket i mange år og stadig foretrækkes ved en del mindre anlæg, men aktiv-slamanlæg vinder mere og mere frem. Desuden forekommer kombinationer af filter og aktivt slam, de såkaldte BS-anlæg. Angående definitioner på højt og lavt belastede anlæg bruges FORURENINGSRÅDET /3/:

Anlægstype	Lavt belastet	Normalt belastet	Højt belastet
Filter	$< 0,2 \text{ kg BI}_5/\text{m}^3$ (filter)/døgn		$> 0,9 \text{ kg BI}_5/\text{m}^3$ (filter)/døgn
Aktivt slam	$< 0,2 \text{ kg BI}_5/\text{kg}$ TS/døgn	$0,2 - 0,5 \text{ kg BI}_5/$ kg TS/døgn	$> 0,5 \text{ kg BI}_5/\text{kg}$ TS/døgn

Normalt og højt belastede anlæg regnes under ét som højtbelastede. Fordelingen af højt belastede/lavt belastede anlæg kendes ikke eksakt for Danmark. AKVADAN-HARVEY A/S /9/ angiver som et groft skøn ca. 80% højt belastede og 20% lavt belastede anlæg, regnet pr. antal tilsluttede PE.

II.9

Desuden foreligger nogle data for slammængder af udrådnet, mekanisk-biologisk slam. Regnes der med en reduktion i tørstof på ca. 37% (se 3.4b), fås yderligere:

Information	Anlægstype	Udrådnet slam kg TS/PE/år	Enheds­mængde råslam
Pauly /10/		13	21 kg TS/PE/år
Avedøre /7/	Filter, højt belastet	13	21 kg TS/PE/år

Gennemsnit fra litteraturen giver 30 kg TS/PE/år, og et vægtet gennemsnit for danske kommuner giver 21 kg TS/PE/år. Dette danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Ustabiliseret, mekanisk-biologisk slam: 20 - 30 kg TS/PE/år.

3.4b Udrådnet, mekanisk-biologisk slam.

Information	Reduktion i TS-indhold
Imhoff /5/	35 - 37%
Nordstrøm /8/	37%
Lyngby-Tårnbæk /11/	32 - 45% (37% er gennemsnit af 7 år)

Reduktionen i tørstofindhold vil være afhængig af slammet og udrådningsbetingelserne (opvarmning, opblanding m.m.). Sættes den til 37% (30 - 40%), fås følgende interval for enheds­mængden:

Udrådnet, mekanisk-biologisk slam: 13 - 19 kg TS/PE/år.

3.4c Separatluftet, mekanisk-biologisk slam.

NORDSTRØM /8/ angiver en tørstofreduktion på ca. 30%, hvilket giver følgende interval for enheds­mængden:

Separatluftet, mekanisk-biologisk slam: 14 - 21 kg TS/PE/år.

3.5 Langtidsluftet, biologisk slam.

Information	Enheds mængde	
	g TS/PE/døgn	kg TS/PE/år
Akvadan-Harvey A/S /9/	30 - 55	11 - 20
Nordstrøm /8/	60	22

Langtidsluftede anlæg er aktiv-slamanlæg, hvor slambelastningen, SB (kg BI₅/kg TS/døgn), er så lav, d.v.s. slammets opholdstid i anlægget bliver så stor, at der sker en delvis mineralisering af slammet. Tallene fra AKVADAN-HARVEY A/S /9/ er fra firmaets egne forsøg. Anlæggene er uden forsedimentation. Dette danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Langtidsluftet, biologisk slam: 10 - 20 kg TS/PE/år.

3.6 Direkte og forfældet, mekanisk-kemisk slam (råslam).

Information	Kemikaliedosering	Enheds mængde kg TS/PE/år
Nordstrøm /8/	125 g Al-sulfat/m ³ spv.	35
Nordstrøm /8/	400 g Ca(OH) ₂ /m ³ spv. (d)	88
Nordstrøm /8/	200 g Ca(OH) ₂ /m ³ spv. (f)	58
Lynetten /7/	300 g Ca(OH) ₂ /m ³ spv.	

Der foreligger kun svensk erfaringsmateriale og et forsøg fra København. Intet anlæg af betydelig størrelse er kommet i drift her i landet (1972). Generelt kan siges, at kemikaliedoseringen bliver en del større end den svenske, grundet det danske vands større hårdhed. Som kemikalium vil aluminiumsulfat nok blive anvendt i størst udstrækning, hvis ikke kalkgenvinding viser sig at være økonomisk fordelagtigere. Der er således stor usikkerhed i skønnet; der fastsættes dog ud fra de svenske tal følgende interval:

Direkte og forfældet, mekanisk-kemisk slam: 40 - 60 kg TS/PE/år.

3.7 Simultanfældet, biologisk-kemisk slam (råslam).

Information	Kemikaliedosering	Enheds mængde kg TS/PE/år
Nordstrøm /8/	125 g Al-sulfat/m ³ spv.	18
Nordstrøm /8/	20 g Fe/m ³ spv.	20

Sandsynligvis ikke en anlægstype, der vil få stor udbredelse i Danmark (ARVIN, Lth /12/), hvis man vil sikre sig mod for mange forstyrrelser i sin biologiske rensning. Skønnet udbredelse: Ca. 10% af antal PE, tilsluttet mekanisk-biologisk-kemisk rensning af spildevand (spv.). De svenske tal danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Simultanfældet, biologisk-kemisk slam: 20 - 30 kg TS/PE/år.

3.8 Efterfældet, kemisk slam (råslam).

Information	Kemikaliedosering	Enheds mængde kg TS/PE/år
Nordstrøm /8/	125 g Al-sulfat/m ³ spv.	9
Nordstrøm /8/	400 g Ca(OH) ₂ /m ³ spv.	87
Nordstrøm /8/	20 g Fe/m ³ spv.	9
Farum /7/	Ca. 200 g Al-sulfat/m ³ spv.	

Kun svenske erfaringer foreligger endnu. ARVIN, Lth /12/ anslår, at langt den overvejende del af MBK-anlæg, der vil blive bygget, vil være efterfældning med aluminiumsulfat. Farum har endnu ikke tal for slamproduktionen, men angiver en ca. 50% forøgelse af slammængden ved mekanisk-biologisk rensning. Dette danner grundlag for fastsættelse af følgende interval:

Efterfældet, kemisk slam: 10 - 15 kg TS/PE/år.

D.v.s., at den totale slamenhedsmængde for mekanisk-biologisk-kemisk rensning kan sættes inden for følgende interval:

Ustabiliseret, mekanisk-biologisk-kemisk slam^x): 30-45 kg TS/PE/år.

x) Resultat, fremkommet ved vægtningen: 90% efterfældning og 10% simultanfældning.

4 Vandværksslam.

KØBENHAVNS VANDFORSYNING /7/, GENTOFTE KOMMUNES VANDFORSYNING /7/, samt KRÜGER /13/, oplyser, at slammængder af betydning kun vil fremkomme ved rensning af overfladevand. For 1972 gav rensning af $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ vand/år fra 2 af overfladeindvindingsanlæggene 270 tons TS/år (Gentofte har landvæsenskommissionstilladelse til udledning af slam til Øresund). Udbygning af anlæggene til dobbelt kapacitet i næste 10-års periode vil fordoble slammængderne. Der regnes med følgende:

Året 1972: Ca. 300 tons TS/år.

Året 1982: Ca. 600 tons TS/år.

5 Mængdeopgørelse på landsbasis af slam (direkte efter rensning), sand og ristestof.

5.1 For året 1972.

Anlægs- type	Personer (1.000 p)	Antal PE (1.000 PE)	Enhedsmængde	Mængde t TS/år
R	702		Ristestof 1 kg TS/p/år	700
M	1.374 1.374	2.397	Ristestof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 15-20 kg TS/PE/år	1.400 8.200-17.800 36.000-48.000
B	141 141	197	Ristestof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 10-20 kg TS/PE/år	100 800- 1.800 2.000- 4.000
MB	1.553 1.553	2.609	Ristestof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 20-30 kg TS/PE/år	1.600 9.300-20.200 52.100-78.300

I alt (hele tusind tons):

Ristestof : 3.000 - 4.000 tons TS/år.
 Sand : 18.000 - 40.000 tons TS/år.
 Mekanisk slam : 36.000 - 48.000 tons TS/år.
 Mekanisk-biologisk slam : 54.000 - 82.000 tons TS/år.

5.2 For året 1982.

Forudsætning: Enhedsmængderne fra 1972 gælder uændret. Denne forudsætning anses for opfyldt, da det ikke forventes, at køkkenkvarne tillades generelt. Dog kan indførelse af mikrosigter i spildevandsrensningen forrykke balancen mellem slam og ristedstof. Slammængden vil blive mindre; til gengæld vil man få noget sigtestof.

Anlægs- type	Personer (1.000 p)	Antal PE (1.000 PE)	Enheds- mængde	Mængde t TS/år
M	768 768	1.434	Ristedstof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 15-20 kg TS/PE/år	800 4.600- 10.000 21.500- 28.700
B	348 348	524	Ristedstof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 10-20 kg TS/PE/år	300 2.100- 4.500 5.200- 10.500
MB	4.397 4.397	8.478	Ristedstof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 20-30 kg TS/PE/år	4.400 36.400- 57.000 169.600-254.300
MBK	484 484	818	Ristedstof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 30-45 kg TS/PE/år	500 2.900- 6.300 25.400- 38.100
MK	129 129	189	Ristedstof 1 kg TS/p/år Sand 6-13 kg TS/p/år Slam 40-60 kg TS/PE/år	100 800- 1.700 7.600- 11.300

I alt (hele tusind tons):

Ristedstof : 6.000 - 7.000 tons TS/år.
 Sand : 37.000 - 79.000 tons TS/år.
 Mekanisk slam : 22.000 - 29.000 tons TS/år.
 Mekanisk-biologisk slam : 199.000 - 289.000 tons TS/år.
 Kemisk slam : 17.000 - 28.000 tons TS/år.
 Vandværksslam : 1.000 tons TS/år.

Referencer.

- /1/ Miljøstyrelsen:
"Kommunernes 10-års investeringsprogram for spildevandsrensning, 1972 - 1982." (Spørgeskemaer.)
- /2/ Malchow-Møller, O.:
"Bassinanlæg."
Dansk Ingeniørforening, "Spildevandsrensning."
Teknisk Forlag, København, 1969: 172 - 178
- /3/ Forureningsrådet:
"Vandrensning."
Sekretariatet. Publikation nr. 11. København, 1971
- /4/ Pallash (Editor):
"Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik." Band III.
Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin/München, 1969
- /5/ Imhoff, K.:
"Taschenbuch der Stadtentwässerung."
22. Auflage. R. Oldenbourg Verlag, München, 1969
- /6/ Korsgård, K.:
"Driftskontrol og driftserfaringer."
Dansk Ingeniørforening, "Spildevandsrensning."
Teknisk Forlag, København, 1969: 223 - 225
- /7/ Personlig meddelelse fra forskellige kommuner og rensningsanlæg.
- /8/ Nordstrøm, B.:
"Ungefærlig slamproduktion ved rening av kommunalt avloppsvatten."
Statens Naturvårdsverk, 2.11, 1970
- /9/ Personlig meddelelse fra Akvadan-Harvey A/S.
- /10/ Pauly, H.:
"Tungmetalforekomsten i slam fra renseanlæg og konsekvenser for slutanvendelsen."
Sammanställning av konferenser i samband med den internationale fackmässan om renhållning och avfallshantering, Jönköping, 27. - 31. august 1973.
Särtryk.
- /11/ Lyngby-Tårnbæk:
"Mølleå kloakværket."
- /12/ Personlig meddelelse fra E. Arvin, Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole.
- /13/ Personlig meddelelse fra I. Krüger A/S.
- /14/ Stadsingeniørens direktorat, Afløbskontoret:
Særlig undersøgelse, dateret 5. december 1974.
(Ikke offentliggjort.)

BILAG III

"SMITTERISIKO I FORBINDELSE MED SLAMDISPONERING."

Af professor, dr. med. vet. Aage Jepsen.

Spildevandets smitstoffer.

De vigtigste smitstoffer, som under danske forhold nogenlunde konstant forekommer i kommunalt spildevand, er følgende:

- 1) Salmonellabakterier.
- 2) Tarmvirus.
- 3) Æg af indvoldsorm.

Ad 1).

Hertil hører de alene fra mennesker stammende bakteriearter, der fremkalder tyfus og paratyfus, samt en stor gruppe af andre salmonellabakterier, hidrørende fra såvel mennesker som dyr. Sidstnævnte gruppe fremkalder hos mennesker salmonellos gastroenteritis, såkaldt "musetyfus", og omtales populært ofte som "musetyfusbakterier".

Af tyfus/paratyfus forekommer kun 20 - 30 aktive tilfælde pr. år. Antal registrerede bacilbærere er ca. 100.

Af aktive "musetyfustilfælde" diagnosticeres ca. 400 - 600 tilfælde pr. år. Antal baciludskillere anslås til 1 pr. 1.000 - 2.000 personer.

Husdyrenes bidrag stammer fra slagterispildevand, væsentligt fra svin og fjerkræ. Antal baciludskillere blandt normale slagtesvin varierer mellem 5 og 40 pr. 1.000 ved forskellige undersøgelser. Hos fjerkræ kan regnes med tilsvarende hyppigheder.

Ad 2).

Hertil hører forskellige tarmvirus, som alene hidrører fra mennesker, f.eks. smitsom leverbetændelsesvirus, men også virus, der hører til sådanne virusgrupper, f.eks. enterovirus (d.v.s. poliovirus m.m.), som kan stamme fra enten mennesker eller dyr. I modsætning til "musetyfusbakterier" er enterovirusarterne specifikke for enten mennesker eller bestemte dyrearter. Tarmvirusinfektioner har betydelig udbredelse som ikke-sygdomsgivende infektioner, idet antallet af sygdomstilfælde kan andrage måske kun én ud af tusinder

af faktisk inficerede individer (altså virusmittebærere). Naturligt forekommende virustyper kan påvises i spildevand i epidemi-situationer, men også i perioder, hvor virus ikke har givet anledning til sygdomstilfælde. Dette er bl.a. påvist for poliovirus vedkommende, dels med naturligt forekommende poliovirus, men desuden findes poliovirus i spildevandet i vaccinationsperioder, når levende poliovaccine anvendes.

Ad 3).

Hertil hører æg af spolorme (Ascaris), overvejende hidrørende fra svinets spolorm (A. suum) via slagterispildevand, i ringe grad fra menneskets spolorme (A. lumbricoides) via husspildevand, og i begrænset omfang fra hundens spolorm (Toxocara canis, Toxascaris leonina) via regnvandsafløb. Æg af piskeorm (Trichuris), overvejende hidrørende fra svin, i ringe grad fra mennesker. Æg af bændelorm (Taenia saginata), hidrørende fra mennesker.

Hyppigheden af indvoldsorm hos mennesker er her i landet som helhed på et meget lavt niveau. For bændelorm regnes med 2 til 3 pr. 10.000 personer, men de af bændelorme-bærerne producerede æg frembringer tinter (bændelormens larvestadium) i kvæg, hvorved kødkontrollen årligt må foretage kassation, eller særbehandling af ca. 3.000 - 4.000 okse- og kalvekroppe.

Hos svin og hund er spolorm almindelig. I svineproduktionen forvoldes herved så betydelige tab (væksthæmning, kassation af angrebne lever), at systematiseret bekæmpelse er aktuel, og genstand for forsøgsmæssig afprøvning. Æg af hundespolorm og svine-spolorm kan betyde fare for mennesker, specielt børn, idet larver, klækket af sådanne æg, kan invadere lunger og lever, selv om de ikke kan udvikles til voksne spolorme. Tilfælde af denne art synes ikke hidtil at være erkendt her i landet.

Smitstoffernes forhold til vandfase og slamfase og kvantitative forhold.

Salmonellabakterier:

I tilløb pr. liter	: 1×10^3 - 2×10^3 .
I fraløb pr. liter	: 1×10^1 - 2×10^2 .
I råslam pr. liter	: 1×10^4 - 1×10^5 .
I udrådet slam pr. liter	: 1×10^2 - $1 - 10^3$.

Virus.

Kvantitative bestemmelser er vanskelige, men de bedst gennemførte forsøg tyder på tilsvarende forhold som for salmonellabakterier, d.v.s. at virustiteren i fraløb er 1,5 - 2 tierpotenser lavere end i tilløb. Virus bindes i de biologiske processer altså for en temmelig høj procentdels vedkommende til slam. I slammet inaktiveres virus efterhånden, men dog ikke i så høj grad, at virus, selv efter udrådning, ikke kan påvises i nogle tilfælde, f.eks. i efterårsperioden. I kemisk slam er der ikke tale om nogen virusaktivering. Da virus kan fjernes, mindst lige så godt ved kemisk fældning som i en biologisk proces, betyder dette, at der specielt til kemisk slam kan være knyttet hygiejneproblemer.

Ormeæg (spolorm + piskeorm).

I tilløb <u>uden slagteri</u> pr. liter:	1 -	2
I fraløb <u>uden slagteri</u> pr. liter:	< 1	
I råslam <u>uden slagteri</u> pr. liter:	150 -	300
I tilløb <u>med slagteri</u> pr. liter:	40 -	50
I fraløb <u>med slagteri</u> pr. liter:	< 1	
I råslam <u>med slagteri</u> pr. liter:	4.500 -	17.000
I centrifugeret slam med slagteri pr. 1.000 g:	25.000	

Bændelormeæg, der ikke optræder i store tal, fordeles ligeligt mellem slam og fraløb.

Forskellige rensningsmetoder og slamtyper.

Der foreligger ikke tilstrækkeligt materiale til vurdering af eventuelle variationer mellem forskellige rensningsmetoder og forskellige slamtyper. I den aktuelle situation har dette næppe betydning for en generel vurdering af smitterisiko, idet egentlig dekontaminerende behandling af slam før deponering kun anvendes i ringe udstrækning.

EPIDEMIOLOGISK VURDERING.Normalbelastning.

Forekomsten af smitstoffer i spildevand, og deraf udvundet slam, afspejler meget klart den til enhver tid herskende situation, med hensyn til de pågældende smitstoffers optræden og udbredelse i

den inden for området værende befolkning, og i vis udstrækning i den tilhørende husdyrpopulation. Så længe denne situation er statisk, er spildevandets og slammets belastning med smitstoffer kvalitativt og kvantitativt konstant. Til det normale bilde hører dog en vis årstidsvariation, som gælder både salmonellabakterier og virus, der udviser et maksimum i september - oktober. Foranstående redegørelse beskriver belastningen med smitstoffer, svarende til den statistiske, epidemiologiske situation, som er den typiske for dette område her i landet.

Epidemisk udvikling.

Såfremt der på et eller andet tidspunkt skulle opstå en dynamisk udvikling i den epidemiologiske situation, vil smitstofbelastningen naturligvis øges. For så vidt angår de i vort miljø hjemmehørende smitstoffer, er en sådan udvikling under normale, organiserede forhold at betragte som en fjerntliggende mulighed.

Import af miljøfremmede smitstoffer.

En anden sag er, at der med vore dages rejseaktivitet må regnes med muligheden for importerede tilfælde af miljøfremmede sygdomme (f.eks. cholera, kopper), hvormed der kan tilføres spildevand og slam miljøfremmede smitstoffer. Erfaringen har vist, at der i lande, hvis tekniske og samfundsmæssige udvikling svarer til almindelig, europæisk standard, ikke er store chancer for at starte en epidemisk udvikling, når de importerede smitstoffer mødes med et effektivt medicinsk og veterinært forsvarsberedskab. Hertil hører bl.a. smittesikrede hospitalsafdelinger, hvor de importerede tilfælde og deres kontakter kan behandles og isoleres. Det bør da være en selvfølge, at alt spildevand fra sådanne afdelinger afledes gennem separatsystemer, og opsamles til sterilisering eller dekontaminering ved varmebehandling, inden det føres til offentlig kloak. Dette system har gennem en lang årrække været gældende for afledning af spildevandet fra de autoriserede destruktionsanstalters "urene" afdelinger.

Hospitalsspildevand.

Hospitalsvirksomhed i øvrigt medfører ikke særlig smittebelastning af spildevand og slam, idet gennemsnitsbelægningen på hospitalerne, i henseende til smitstoffers art og mængde, ikke adskiller sig fra befolkningsmassen som helhed. I bakteriologiske og virologiske laboratorier er rutinemæssig uskadeliggørelse af alt

smittefarligt materiale, inden det fjernes fra laboratorierne til udtømning og opvask, en nødvendighed alene af hensyn til personalets egen sikkerhed.

Det kan herefter konkluderes, at man, ved den nærmere bedømmelse af smitterisikoen i forbindelse med slamdeponering, bør tage udgangspunkt i den situation, der svarer til slammets normalbelastning med smitstoffer, herunder maksimalbelastningen om efteråret, og herudfra opstille de nødvendige, hygiejniske regler for deponering. De enkelte situationer, der kan medføre særlig risiko, bør, når henses til forventelig frekvens og betydning, ikke påvirke deponeringsreglerne urimeligt, men skal som nævnt imødegås ved andre effektive foranstaltninger.

Epidemiologiske determinanter.

Kloakslam er uimodsigeligt bærestof for et vist antal smitteenheder, som stammer fra dyr og mennesker (det animal/humane smitstofreservoir). Med slammets deponering på og i jord distribueres disse smitteenheder i deponeringsstedets miljø.

Overlevelse.

Smitstofferne reproduceres ikke i slam og jord, men overlever en kortere eller længere tid under fremadskridende decimering. Halveringstiden er principielt konstant, således at antallet af infektive enheder aftager efter logaritmisk skala i forhold til tiden. Processens hastighedskonstant og dermed overlevelsestidens længde varierer derimod efter smitstoffets art og de fysisk-kemiske parametre i det omgivende miljø. Generelt gyldige overlevelsestider kan derfor ikke fastslås, men en vis orientering kan fås ud fra eksperimentelle erfaringer. I jord og slam kan salmonellabakterier genfindes endnu efter 6 - 12 måneder. På levende, overjordiske plantedele er overlevelsestiden nogle dage. Ved bedømmelsen af den praktiske betydning af disse observationer må det principielle forløb af smitteinaktiveringsprocessen tages med i betragtning. Den store masse af smitteenheder inaktiveres inden for den første del af perioden, mens overlevelsesperiodens senere faser omfatter et lille antal enheder, som kun lader sig påvise ved specielle opsummeringsmetoder. Ormeæg må generelt betegnes som væsentligt mere resistente end bakterier og virus i samme miljø. I jord og slam sker næppe betydelig decimering inden for halve og hele år. På overjordiske plantedele, udsat for tør luft, intenst sollys og høj temperatur, dræbes æggene inden for en må-

nedstid. Virksom ved drabet af kimcellerne er især høj temperatur, hvorfor man under fugtig-kølige, solfattige klimaforhold må regne med væsentligt længere overlevelsestid.

Spredningsveje.

Følgende muligheder for spredning af smitteenheder fra det kontaminerede deponeringsmiljø til andre miljøer, herunder også retur til mennesker og dyr, må forudses:

- 1) Ved nedsivning med frigjort vand gennem jordsystemet til grundvandet.
- 2) Ved overfladeafstrømning gennem dræn og grøfter til akvatiske recipienter.
- 3) Med spiselige afgrøder til brug for mennesker og dyr.
- 4) Aktiv og passiv transport med højere og lavere dyreformer (insekter, fugle, gnavere), som har forbindelse til deponeringspladsernes miljø.

Nedsivning af smitteenheder.

Ud fra det eksisterende kendskab til de kræfter, der bestemmer vandbevægelse og transport af partikulære elementer (bakterier, virus, ormeæg) i jordsystemet, kan muligheden for transport af smitteenheder, der anbringes i jordens pløjelag eller på jordoverfladen, til grundvandet ved direkte nedsivning, anses for udelukket. Når grundvandsforekomster angives at være blevet mikrobielt kontamineret fra de omhandlede affaldsdepoter, bør forklaringen søges i kontakt til overfladeafstrømning. Nedpløjning af naturgødning (der indeholder de samme arter af smitstoffer som kloakslam), har som bekendt været almindelig landbrugspraksis i århundreder. Det anførte skal ikke opfattes som en opfordring til at vælge afgravet terræn, med kort afstand til grundvandet, eller terræn i kort afstand fra naturligt overfladevand, som deponeringsplads for større mængder slam.

Overfladeafstrømning.

Hvor talen er om udbringning og nedpløjning af slam på landbrugsjord, på linie med tilsvarende markbehandling med naturgødning,

kan borttransport af smitteenheder med overfladeafstrømning ikke tillægges praktisk betydning. Ved indretning af en losseplads til slamdeponering vil det, ligesom det er tilfældet med møddingvandet fra en møddingplads, være nødvendigt at tage vare på eventuel overfladeafstrømning fra dræn og grøfter, således at dette vand holdes borte fra kontakt med vandindvindingsanlæg og nærliggende, naturlige overfladevandsressourcer.

Afgrøder fra slambehandlede arealer.

Selv om man kun udbringer slam i forbindelse med jordbehandling, og ikke på voksende afgrøder, kan vedhængende jordpartikler på høstede afgrøder medbringe eventuelle, overlevende smitteenheder. Dette gælder navnlig underjordiske dele, såsom kartofler, gulerødder, roer, men også jordnære, overjordiske dele af planter, f.eks. kål, salat, persille, spinat, jordbær o.lign. Sandsynligheden for signifikant spredning af bakterier og virus ad denne vej er ringe, mens der med hensyn til ormeæg kan foreligge et problem. Dette taler for at undlade udbringning af slam i gartneri- og havebrug på arealer til dyrkning af grøntsager og bær, som spises rå.

Transport med insekter, fugle, gnavere o.lign.

I forbindelse med deponering af større slammængder på lossepladser, eller udlægning af slam i skov- og plantagearealer, hvor tæt plantning udelukker samtidig jordbearbejdning, rejser sig spørgsmålet, om denne form for overfladeanbringelse af slam kan tiltrække højere og lavere dyreformer, som ved kontakt med slammet kan blive aktive eller passive transportører af smitteenheder herfra til andre miljøer. Egentlige økologiske, zoologiske undersøgelser over dette problem synes ikke at være foretaget, men ifølge erfaringer fra renseanlæg synes de der anvendte slambede ikke at virke tiltrækkende, på i hvert fald højere dyreformer.

Smitteintensitet/modtagelighed.

Ved den endelige bedømmelse af, hvilken betydning eventuel transport af smitteenheder fra slamdepoter, via de nævnte spredningsveje, måtte have som kilde til infektioner hos mennesker og dyr, er det nødvendigt at medinddrage almindelig infektionsteoretiske erfaringer.

Om møde mellem smitteenheder og en værtsorganisme (mennesker, dyr) resulterer i etableret infektion eller sygdom, bestemmes af balancen mellem 2 størrelser: Antallet af smitteenheder (d.v.s. infektionsdosis) og den eksponerede værtsorganismes modtagelighed (resistens). De indtil nu her i landet indsamlede data, vedrørende normaltbelastet slam og det antal smitteenheder, som kan genfindes i jord, tilført dette slam, samt afgrøder, høstet herfra, viser, at smitteintensiteten er ringe, såvel i selve det slambehandlede jordmiljø som i det "konsumentmiljø", hvortil høstede afgrøder føres. Der synes således ikke grund til at antage, at deponering af normaltbelastet slam i jordbrug, foretaget på hensigtsmæssig måde, åbner en returvej via dyrkede afgrøder, som kan tilføre det animal/humane miljø et kvantum smitteenheder, der vil være udslag-givende over for værtsorganismernes infektionsresistens. Det bidrag, som ad nævnte veje kan gives til miljøets forsyning med smitteenheder, er ubetydeligt, i forhold til den tilførsel til miljøet af de samme smitstofenheder, som fremkommer gennem direkte og indirekte interhuman, eller interanimal kontakt. Om visse af de aktuelle smitstoffer må antages, at deres udbredelse er så universel, at de fleste befolkningsgrupper gennem stadig kontakt erhverver en balanceret immunitetsstatus, således at det ikke er smittekontakt, men resistensvariationer, der styrer morbiditetsraten i den eksponerede gruppe.

Risikogrupper.

For visse erhvervsgrupper, f.eks. personale ved rensningsanlæg, som har direkte kontakt med frisk slam, kan der være tale om at blive udsat for større infektionsdoser. Sådanne personer bør derfor sikres, specielt gennem helbreds kontrol og et hensigtsmæssigt vaccinationsprogram.

Slagterispildevand.

De nævnte undersøgelser over slammets smitstoffer har yderligere vist, at slamprøver fra rensningsanlæg med tilførsel af slagterispildevand må vurderes for sig, idet sådant slam ud over normalbelastningen har modtaget en ekstra belastning med parasitæg, og muligvis også andre smitstoffer fra slagtedyrenes tarmindehold. Parasitæggene er overvejende æg af svinets spolorm, Ascaris suum, i mindre udstrækning æg af piskeorm, Trichuris trichiura. Disse æg er af mindre betydning for men-

nesket, men det må absolut frarådes at deponere slam, som er massivt belastet med disse arter af ormeæg i jordbruget, således at husdyr, specielt ormens naturlige værter, svin, men også f.eks. kalve, kan opnå direkte, eller indirekte kontakt med ægkontamineret materiale. De pågældende ormeæg er som allerede nævnt langvarigt overlevelsesdygtige i jord, og med hensyn til infektionens kinetik skal fremhæves, at der normalt kan etableres anslag med langt mindre antal enheder, når talen er om ormeæg, end det er tilfældet, hvor enhederne består af bakterier eller virus.

Konklusion.

Efter de indtil nu foreliggende erfaringer, og de herpå baserede, faglige afvejsninger af forskellige hensyn, kan konkluderes, at den infektionshygiejniske problematik, som knytter sig til slutanbringelse af kloakslam i og på jord, ikke anses af en sådan vægt, at en fortsat benyttelse af denne mulighed må udelukkes. Både infektionshygiejniske og almene miljøhygiejniske hensyn motiverer, at jord må foretrækkes som recipient fremfor overfladevand (dumping i havet). Det vil dog være i høj grad ønskeligt, at en fortsat og eventuelt udvidet benyttelse af jord som slamrecipient reguleres gennem fastsættelse af visse betingelser og regler, til afløsning af den hidtil fulgte, mere tilfældige praksis.

Sådanne regler må tilgodese, såvel infektionshygiejniske som hygiejnik-kemiske hensyn. Til imødegåelse af den infektionshygiejniske side af sagen bør følgende punkter iagttages:

- 1) Det anvendte slam skal altid være stabiliseret ved anaerob eller aerob udrådning, eventuelt tillige afvandet ved centrifugering eller lignende.
- 2) Den bedste anvendelse af slam er på ubevokset jord, eventuelt i forbindelse med jordbehandling, og forud for såning af korn, rodfrugter, eller industri- og frøafgrøder.

Slam vil dog også i moderate mængder kunne anvendes i efterårs- og forårsperioden på fremspirede afgrøder som frøgræs-kulturer og vintersæd.

Af hensyn til muligheden for overfladeafstrømning bør slam ikke udbringes på snedækket eller frossen jord, og i øvrigt aldrig for tæt på søer og vandløb.

- 3) Slam må ikke anvendes ved dyrkning af grøntsager, spisekartofler, bær og lignende kulturer, der spises rå.

Ligeledes må slam heller ikke anvendes på græsarealer, uanset om disse anvendes til afgræsning, eller slæt til staldfodring, ensilage, hø eller kunstig tørring.

- 4) Såfremt slammet indbefatter slam fra slagterispildevand, må det ikke anvendes på landbrug med husdyrhold - kvæg og svin - medmindre slammet er effektivt dekontamineret ved termisk behandling.
- 5) På skov- og plantagearealer, der ikke er for kuperede, og hvor der ikke foretages jordbehandling, vil slamdeponering kunne finde sted på samme betingelser som ved anvendelse på landbrugsjord, når arealerne afspærres, eller på anden måde sikres mod færdsel.
- 6) Ved deponering på udyrkede arealer, opfyldning, oplagring på losseplads skal der ved udvælgelse af arealer tages hensyn til begrænsning af adgang til overfladeafstrømning til vandindvindingsanlæg, vandløb, strandbred o.lign.

Litteratur.

Kampelmacher, E. H., M. Lucretia & van Noorle Jansen:
 "Salmonella. Its Presence in and Removal from a Wastewater System."
 Journal Water Pollution Control Federation 42, 2069 - 2073
 (1970)

Kristensen, K. Krongaard:
 "Kvantitative undersøgelser af spildevand og spildevandsforurenede havvand."
 Nordisk Veterinärmedicin 22, 201 - 217 (1970)

Lund, E., E. C. Hedström & N. Jantzen:
 "Occurrence of Enteric Viruses in Waste Water of Activated Sludge Treatment."
 Journal Water Pollution Control Federation 41, Part 1, February 1969

Shephard, M. R. N.:
 "The Role of Sewage Treatment in the Control of Human Helminthiases."
 Helminthological Abstracts. Series A 40, Part 1, 1970:
 1 - 16

Hess, E., G. Lott & E. Breer:
 "Klärschlamm und Freilandbiologie von Salmonellen."
 6th International Symposium of the World Association of Veterinary Food Hygienists, Helsingør, 1973

Jepsen, Aa.:
 "Jord/vand hygiejne."
 Carl Fr. Mortensen, København, 1972

BILAG IV

"SLAMDISPONERING PÅ DYRKET JORD."

Af professor, dr. agro. Sigurd Larsen.

Ved slamdisponering på dyrket jord må der tages hensyn til følgende forhold:

- 1) Smitterisiko.
- 2) Forurening af jord og planter med giftige grundstoffer og kemiske forbindelser.
- 3) Slams gødningsvirkning.

Ad 1).

Dette punkt er behandlet af professor Aage Jepsen ("Smitterisiko i forbindelse med slamdisponering"), og punkterne 2) og 3) vil blive behandlet i det følgende.

Ad 2.

Sammensætningen af slam fra 22 danske, kommunale spildevandsrensaneanlæg er rapporteret af professor Hans Pauly. Indholdet af nogle spormetaller, bestemt i denne undersøgelse, er anført i tabel 1. Til sammenligning er der anført resultaterne fra tilsvarende svenske, engelske og amerikanske undersøgelser.

Det ses, at medianindholdet af metaller i dansk slam er langt mindre end i slam fra England og U.S.A. og, med undtagelse af zink og bly, noget mindre end i svensk slam.

Indholdet af spormetaller i slam fra alle de anførte lande varierer meget kraftigt og falder i 2 adskilte grupper, nemlig en stor gruppe, der indeholder relativt små mængder spormetaller, og en mindre gruppe, der har ekstremt højt indhold af spormetaller. De første stammer fra beboelseskvarterer, og de sidste fra områder med virksomheder, der producerer spildevand med stort metalindhold.

Dette må der tages hensyn til ved disponering af slam på dyrket jord, hvor anbringelsen af metalbelastet slam må undgås, eventuelt helt forbydes. Selv i ikke-industribelastet slam er indholdet af spormetaller dog flere gange større end i stald-

IV.3

gødning (tabel 2), hvoraf der produceres og bruges ca. 10 mill. tons tørstof pr. år i Danmark, eller gennemsnitligt 4 tons pr. ha dyrket jord. En tilsvarende anvendelse af slam vil således medføre en berigelse af jorden med spormetaller, der er betydeligt større end den berigelse, staldgødning forårsager. Hovedparten af staldgødningens spormetaller cirkulerer imidlertid i et omtrent lukket kredsløb. Der tilføres dog kredsløbet en beskeden mængde spormetaller, især zink og kobber, med indkøbte foderstoffer. Desuden tilføres der jorden spormetaller i meget beskedne og aftagende mængder med handelsgødninger.

Jord er således tilført spormetaller i en meget lang årrække, uden at der har kunnet konstateres skadevirkning på planter, og tilstedeværelse af spormetaller i mængder, der er skadelige for dyr og mennesker, som konsumerer planteproduktionen. I betragtning heraf kan der ikke, selv på længere sigt, forventes skadevirkning af ikke-metalbelastet slam, tilført jord i rimelige mængder. Hvis der derimod tilføres metalbelastet slam, er der risiko for, at planteprodukterne efter få år vil indeholde spormetaller i mængder, der er skadelige for dyr, og eventuelt mængder, der også er skadelige for planter.

For at kunne skelne mellem ikke-metalbelastet slam, der kan anvendes i jordbruget, og metalbelastet slam, der er uegnet til dette formål, må der foretages kontrolanalyser og fastsættes et egnet indeks og grænseværdier, der kan justeres, efterhånden som vort kendskab til spormetallers forhold i jord/vand/plantesystemet øges.

Ad 3.

Slams gødningsværdi på kortere sigt må udelukkende baseres på dets kvælstofindhold. Slams indhold af fosfor er betydeligt (5% i dansk slamtørstof i henhold til Pauly's undersøgelser), men det er til stede i ikke-vandopløselige fosfater. Dette forhold, sammenholdt med, at dansk agerjord i forvejen som oftest er velforsynet med fosfor, gør, at slamfosfor ingen umiddelbar virkning vil have på udbyttet. På længere sigt vil det dog bidrage til at opretholde fosforniveauet i jord. Kaliumindholdet i slam er så ringe, at det ikke kan tillægges nogen gødningsværdi.

Mikronæringsstofferne (mangan, kobber og bor) vil, hvor jorden er fattig på disse stoffer, kunne øge slams gødningsværdi. Dette

vil dog næppe berettige en reduceret tilførsel af mikronæringsstoffer med handelsgødninger.

Det bliver derfor kvælstoffaktoren, der bestemmer, hvor og hvordan slam skal anvendes som gødning.

Slamtørstof indeholder ret varierende mængder kvælstof (ikke bestemt i danske undersøgelser). Udenlandske undersøgelser angiver imidlertid kvælstofprocenter mellem 1 og 5.

Størsteparten af kvælstoffet i slam er til stede i tungtopløselige, organiske forbindelser og frigøres ved mineraliseringen af disse. Den umiddelbare gødningsvirkning (1. års virkning) afhænger derfor af, hvor hurtigt de N-holdige, organiske forbindelser nedbrydes. Frigørelsen ved disse nedbrydningsprocesser er imidlertid ikke ensbetydende med, at kvælstoffet står til rådighed for planterne, idet en del af det frigjorte kvælstof på ny bindes af de mikroorganismer, der forårsager nedbrydningen af både N-holdige og N-frie, organiske stoffer i slammet. Et højt indhold af let nedbrydelige, N-frie forbindelser kan således medføre, at N-bindingen bliver af samme størrelsesorden som N-frigørelsen. Dette er et forhold, som er velkendt fra halmnedpløjning, der medfører en midlertidig binding af tilgængeligt kvælstof i jorden. En forudsigelse af et givet slamprodukts værdi som kvælstofgødning forudsætter således et omfattende analyse- og forsøgsarbejde, og der må forventes betydelige forskelle mellem forskellige slamprodukter.

Indtil yderligere oplysninger foreligger, kan det antages, at den N-mængde, der bliver tilgængelig for planter i første vækstsæson efter udbringningen, kan variere fra næsten intet til ca. halvdelen af det tilførte kvælstof. Denne usikkerhed vedrørende gødningsvirkningen af kvælstof medfører, at det næppe vil være økonomisk forsvarligt at erstatte mere end halvdelen af den med handelsgødninger tilførte N-mængde med kvælstoftilførsel i slam; d.v.s., at af en gennemsnitsgødskning på 100 kg N/ha i form af handelsgødninger kan 50 kg erstattes med kvælstof i slam. Hvis slammet indeholder 3% N, og hvis der regnes med, at en fjerdedel af dette kvælstof bliver tilgængeligt for planterne i første vækstsæson, kan der tilføres 6 - 7 tons slamtørstof pr. ha.

Hvis indholdet af spormetaller i slam anvendes som kriterium, og hvis der kun tolereres en tilførsel af disse i mængder, der sva-

rer til, hvad der tilføres med staldgødning, må mængden af slam pr. ha reduceres. Hvor meget afhænger af slammets indhold af spormetaller, og hvilket metal der bruges som kriterium. Bruges f.eks. cadmium, der er spormetallet i slam, og som optages i relativt store mængder af planter (tabel 3), må slammængden reduceres til 0,5 - 1 ton pr. ha. Det kan gøres ved kun at tilføre slam hvert 5., eller hvert 10. år.

Blandt de almindeligste landbrugsafgrøder er korn bedst egnet til gødskning. Arealet med korn udgør henved halvdelen af landbrugsarealet, så det vil, bortset fra vækstperioden fra april til august, altid være muligt at finde tilstrækkelige arealer. Endvidere vil eventuelle spormetaller, der er optaget i kornplanterne, kun i meget begrænset omfang blive optaget i produktet, kernerne, men vil blive deponeret i rødderne, strået og avnerne, hvorved risikoen, for at spormetaller kommer ind i fødekæden, formindskes.

Tabel 1. Sammenligning af mediankoncentration og maksimum/minimumkoncentrationer for spormetaller i kloakslam fra Danmark, Michigan (U.S.A.), England og Wales, samt Sverige. Målt i g pr. ton tørstof.¹⁾

Metal	Mediankoncentration			Hyppigste koncentrationer ²⁾				
	Danmark	U.S.A. (Michigan)	England og Wales	Sverige	Danmark	U.S.A. (Michigan)	England og Wales	Sverige
Cd	7	12	-	6.7	1- 10 (60)	1- 10 (49)	-	1- 10 (72)
Cr	36	380	250	80	40- 60 (50)	10- 100 (33)	100- 1000 (45)	10- 100 (52)
Cu	241	700	800	560	100- 1000 (90)	100- 1000 (74)	100- 1000 (79)	100- 1000 (74)
Ni	20	52	80	51	10- 100 (80)	10- 100 (58)	10- 100 (50)	10- 100 (70)
Pb	314	480	700	180	100- 1000 (80)	100- 1000 (75)	100- 1000 (85)	100- 1000 (88)
Zn	1731	2200	3000	1567	1000-10000 (91)	1000-10000 (76)	1000-10000 (81)	1000-10000 (87)

1) De anførte data stammer fra 22, 57, 42 og 93 renseanlæg, henholdsvis i Danmark, Michigan, England og Wales, samt Sverige. For Danmark, Michigan, England og Wales, samt Sverige stammer dataene fra publicerede oplysninger, af henholdsvis Pauly (1973), Blakeslee (1973), Berrow and Webber (1972) og Berggren og Odén (1972).

2) Procentdel prøver inden for det angivne koncentrationsområde er anført i parentes.

Tabel 2. Indhold af spormetaller i staldgødning og slam.

Målt i g pr. ton tørstof.

(A. Anderson & K. O. Nilsson. Rapport nr. 79.

Avd. f. Växtnäringslära, Lantbrukshögskolan,

Uppsala, 1974.)

	Staldgødning			Slam,	Uppsala
	1	2	3	÷71	÷73
Mn	250	219	90	242	425
Zn	110	102	124	3380	2248
Cu	19,8	17,5	22,7	1625	1643
Pb	2,7	2,9	3,9	245	140
Ni	4,1	4,0	4,6	48	35
Cd	1,16	0,97	0,79	13,2	9,7
Cr	3,8	3,0	5,1	97	88
Mo	1,1	1,4	2,8	7,0	8,3

Table 3. Indhold af spormetaller i halm og kerne fra parceller, som siden 1956 er gødet med henholdsvis staldgødning og slam. Målt i g pr. ton tørstof.

(A. Anderson & K. O. Nilsson. Rapport nr. 79. Avd. f. Växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, Uppsala, 1974.)

	Halm		Kerne	
	Staldgødning	Slam	Staldgødning	Slam
Mn	16,6	9,9	33,3	24,0
Zn	10,6	26,4	22,3	45,8
Cu	6,9	7,4	2,0	2,9
Pb	1,96	1,95	0,34	0,35
Ni	2,4	2,9	1,1	6,3
Cd	0,046	0,101	0,040	0,084
Cr	0,69	0,72	0,17	0,17
Mo	0,73	0,58	1,3	1,1

BILAG V.
DISPONERING AF SLAM (incl. SAND fra sandfang, SVØMMESLAM fra sandfang og primære tanke, samt Fe- og Al-slam fra kemisk rensning) FRA KOMMUNALE SPILDEVANDRENSSEANLÆG.

Karakterisering Slutdisponering	Stabilitet	Hygiejnisering	Cd-indhold i TS	Pb-indhold i TS	Ni, Cr, Cu, Fe, Zn, Hg	N, tilgængeligt for planter (gødningsværdi)	P, tilgængeligt for planter (gødningsværdi)	Anmærkninger	
								Myndighedernes krav om stabilisering af afvandsningsforhold: Afledningsvning og ned-sivning til vandløb og grundvand skal hindres. Reduktion af slammet's vandindhold er derfor hensigtsmæssig. Døglig Jordafvækning af hensyn til risiko for lugt og rotter.	"Industribelastet slam" kan deponeres under forudsætning af, at affaldsmængde og slammængde er fra ca. ens antal husstande. Myndighedernes eventuelle tilladelse må indeholde vilkår, som er fastsat på grundlag af de lokale forhold.
På kontrolleret losseplads	Se anmærkn.	÷	Bør kendes	Bør kendes	Bør kendes	÷	÷		
På specialdepot for slam og/eller aske	Se anmærkn.	÷	Bør kendes	Bør kendes	Bør kendes	÷	÷		
Jordbrug: Kornafgrøder + industri- og frøafgrøder	Ja	Ikke nødvendig	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Jordbrug: Rodfrugter til opfødring	Ja	Ikke nødvendig, såfremt ikke slagte-ribelastet	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Jordbrug: Grøsafrøder A)	Ja	Ja	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Gartneri og havebrug, samt frugt- og bærplantesager B)	Ja	Ja	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Gartneri og havebrug: Blomster	Ja	Ikke nødvendig, såfremt ikke slagte-ribelastet	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Skovbrug, planteskoler, parker C)	Ja	Ikke nødvendig, såfremt ikke slagte-ribelastet	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	Bør kendes		
Vejanlæg (skråninger, rabatter) C)	Ja	Stabiliseret slam vil ved "fuld" stabilisering ikke give anledning til lugtgener.	< 30 ppm	< 1200 ppm	Bør kendes	Skal angives	÷		
<p>N-indholdet er normalt bestemmende for den mængde TS, der pr. gang udbringes på jorden, når gødningssekt tilstræbes. se rapport punkt 4.1.3.</p>								<p>A) Udbringning må kun ske i tidsrummet fra dyrene bringes i stald og indtil 1. februar.</p> <p>B) Udbringning ikke senere end 1/2 år før indhøstning.</p> <p>C) Afspærring er ønskelig i indtil 1 år, for så vidt der ikke sker nedpløjning af udbragt slam, der ikke er hygiejniseret.</p>	

NOTE 1:

Slam fra renseanlæg med et væsentligt tilløb af industrispildevand fra galvanisk, eller metallurgisk industri (incl. akkumulatorfabrikker o.lign.) må som hovedregel henvises til kontrolleret losseplads, eller specialdepot for slam og/eller aske, eventuelt skovbrug, parker, vejanlæg.

NOTE 2:

RISTESTOF må kun deponeres på kontrolleret losseplads, eller specialdepot for slam. Hvis ristestoffet brændes, kan asken disponeres som aske fra slamforbrænding.

NOTE 3:

Disponering efter særlig slambehandling, hvor det resulterende produkt ikke længere betegnes slam.

- a) Aske fra forbrænding eller pyrolyse. Asken/slaggen skal disponeres i overensstemmelse med ovennævnte, mulige slutdisponeringer. Emission til luft skal holdes inden for tilladelige mængder.
- b) Kompost, fremstillet ved samkompostering af slam og dagrenovation (husaffald), med henblik på udnyttelse som jord. Komposten skal overholde de begrænsninger, der gælder for udbringning af slam på jord. Kompost₀ regnes for hygiejniseret, når det gennem omluftning over nogle uger er modnet ved temperatur over 60° C.

NOTE 4:

Hygiejnisering kan ske ved opvarmning til 70° C i 20 - 30 minutter, eller tilsvarende behandling.

NOTE 5:

Slam fra renseanlæg, hvor en biologisk vandrensning og/eller biologisk slambehandling ville hømmes væsentligt, på grund af skadelige stoffer i tilløbet fra industri, må betegnes som "industribelastet slam", og må kun deponeres på egnet losseplads eller specialdepot. (Cr > 500 mg/kg TS, Cu > 700 mg/kg TS, Zn > 6.000 mg/kg TS, kan nævnes som eksempel på størrelsesordenen.) Modsatning hertil er "normaltbelastet slam", der kan slutdisponeres i henhold til ovennævnte skemas muligheder i øvrigt.

NOTE 6:

Analyse af en repræsentativ slamprøve bør udføres mindst én gang årligt. Hvor der er tale om "industribelastet slam", kan kortere analyseinterval være motiveret. Analysens omfang vil være afhængigt af den påtænkte slutdisponering, jf. skemaet. Skulle slammet være belastet med spormetaller, eller giftstoffer i et omfang, der går ud over de i rapporten angivne, observerede grænser for "industribelastet slam", bør sådant ekstrordinært slamindhold begrænses ved "kildekontrol".

ISBN 87 503 1712 1
Pris 30,00 kr. i. m.