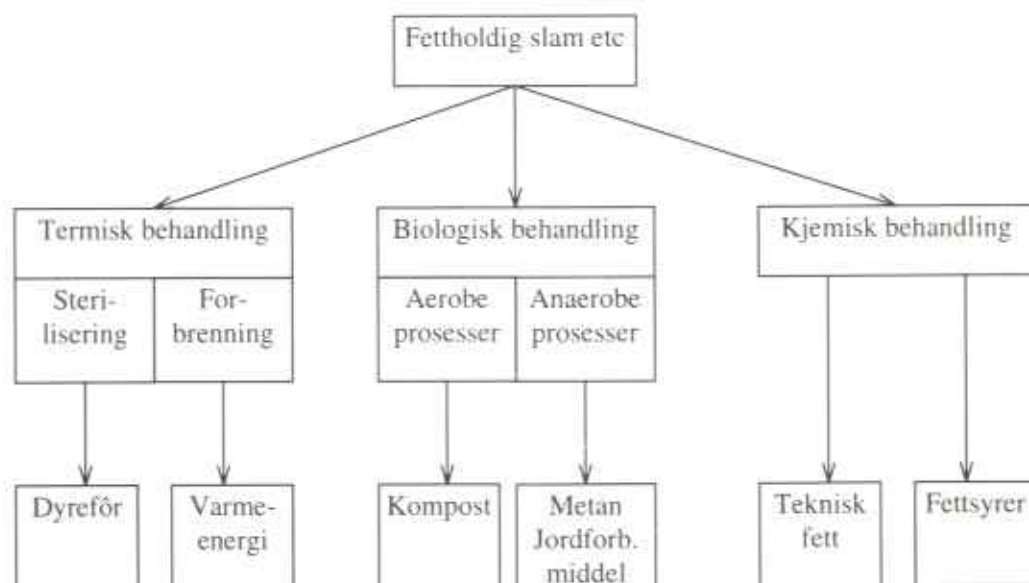


Prosjektrapport

Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere



Norsk VA-verkforening

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar

Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar

Telefon: 62 52 86 50

Rapportnummer:

78-1997

Dato:

16.07.1997

Antall sider (inkl. bilag)

60

Tilgjengelighet:

Åpen: x

Begrenset:

Rapportens tittel:

ALTERNATIVE BEHANDLINGSMETODER FOR FETTSLAM FRA
FETTAVSKILLERE.

Forfatter(e):

Jacob Jacobsen, Asplan Viak Sør.

Ekstrakt:

Fettslam fra fettavskillere er i økende grad et problem for kommunene. Fettmengdene øker og restriksjoner mht. deponering av våtorganisk avfall medfører behov for å finne løsninger for en forsvarlig håndtering av fettslammet.

Rapporten omhandler:

- Vurdering av fettslam som problem og ressurs.
- Kvalitetskrav til fettslam i relasjon til utnyttelse av fett som ressurs og annen sluttedeponering.
- Anvisninger for aktuelle løsninger for behandling av fettslam sett i forhold til alternative former for utnyttelse av dette som ressurs og sett i sammenheng med håndtering av andre typer våtorganisk avfall.
- Mottak av fettslam på avløpsrenseanlegg. Erfaringer fra anlegg i Danmark, Sverige og Norge. anbefalinger for å unngå problemer.

Emneord, norske:

Fettavskiller, fettslam, fettmengder,
fettbehandling.

Emneord, engelske:

Andre utgaver:

Gjennom arbeidet med NORVAR-rapport 65-1996 (Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett) , fremkom det behov for å se nærmere på hvordan kommuner bør behandle fettslammet som avskilles og tømmes fra fettavskillerne.

Fettslam regnes som våtorganisk avfall og vil ikke bli tillatt deponert på fyllplass, som til nå har vært det mest vanlige i landets kommuner. Dette medfører at kommunene må finne andre løsninger for håndtering av fettslammet. Det er viktig at fettslam sees i sammenheng med andre typer våtorganisk avfall mht. behandling og ressursutnyttelse.

Rapporten er ment å gi en oversikt over fett som problem og ressurs og gi anvisninger på aktuelle løsninger for behandling. Det er fokusert spesielt på løsninger det fett fra fettavskillere mottas på avløpsrenseanlegg og behandles der i anleggets slambehandlingsprosesser.

Prosjektet er blitt gjennomført som et spleiselagsprosjekt der følgende kommuner/anlegg har deltatt:

- Bergen kommune, Va-seksjonen
- Fredrikstad kommune
- Oslo vann- og avløpsverk (OVA).
- Sandefjord kommune
- Sandnes kommune
- Sarpsborg kommune
- Skien kommune
- Stavanger kommune
- Trondheim kommune
- Tønsbergfjorden Avløpsutvalg (TAU).
- Ullensaker kommune
- Ålesund kommune

Rapporten er utarbeidet av Jacob Jacobsen, Asplan Viak Sør.

Vi håper rapporten kommer til nytte i kommunene og ser gjerne at erfaringer med ulike løsninger blir meddelt NORVAR. Dette vil gi grunnlag for å vurdere behov for ytterligere innsats fra vår side.

Hamar, den 16.07.1997

Steinar K. Nybruket

Fettslam fra fettavskillere blir et voksende problem i årene som kommer. Det er viktig at kommunene vurderer mottak og behandling av fettslammet i sammenheng med behandling av våtorganisk avfall. Det er fullt mulig å behandle fettslammet ved eksisterende utråtningsanlegg ved avløpsrenseanlegg (forutsatt at det har kapasitet), men det er en del forhold som det er viktig å ta hensyn til under planlegging og drift. Kommuner bør tenke på samarbeid over kommunegrensene ved vurdering av alternative tekniske mottaks- og behandlingsanlegg.

Mengden fettslam i norske kommuner varierer betydelig da den er avhengig av mange ulike faktorer. Blant de kommuner som inngår i prosjektet er gjennomsnittlig mengde ca. 7 l/pe/år. I Trondheim kommune, som har kommet langt i arbeidet med oppfølging og tømming av fettavskillere, er mengden ca. 13 l/pe/år.

Når det gjelder behandling av fettslam i dag, så varierer også dette betydelig fra kommune til kommune. En vanlig løsning er deponering på fyllplass, en løsning som nå er/blir forbudt idet våtorganisk avfall ikke skal til fyllplass.

Håndteringskostnadene varierer også betydelig fra kommune til kommune. Rapporten gir eksempler på kostnader i deltakende kommuner i prosjektet.

Ved vurdering av behandlingsløsninger for fettslam er det viktig å være klar over at sammensetningen vil kunne variere betydelig avhengig av type bedrifter som ligger i kommunen, type fettavskillere, tømmefrekvenser osv. Eksempler på spesifikke data for fettslam er vist i rapporten.

Fettslam er en ressurs som kan utnyttes til mange formål, eksempelvis varmeenergi, produksjon av biogass, produksjon av dyrefôr og fettsyrer. Eksempler på hva fettslam kan ha av verdi i ulike sammenhenger er vist i rapporten.

Det foreligger flere løsninger for behandling av fettslammet. Rapporten tar for seg de mest aktuelle metodene:

- anlegg for oppkonsentrering/volumreduksjon
 - avskillere med separat fettavtapping
 - sentralt mottaks-/avvanningsanlegg
 - mobil avvanning
- aerob biologisk behandling
- anaerob biologisk behandling
- forbrenning

Basert på befaringer ved renseanlegg som mottar og behandler fettslam i Danmark, Sverige og Norge, er det gitt relativt omfattende beskrivelse av anleggsoppbygging, driftsopplegg og erfaringer.

Hovedkonklusjonen er at det er fullt mulig å motta og behandle fettslam på eksisterende utråtningsanlegg på renseanlegg. Det er en del forhold som må beaktes spesielt ved behandling av fettslammet og rapporten gir anbefalinger for dette.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side

1 INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Mål med prosjektet.....	1
1.3 Gjennomføring av prosjektet.....	1
2 OVERSIKT OVER SITUASJONEN I DELTAKERKOMMUNENE	3
2.1 Orientering	3
2.2 Noen statistiske opplysninger	3
2.3 Kriterier og bakgrunn for installering av fettavskiller.....	4
2.4 Dekningsgrad.....	4
2.5 Tvungen tømning og tømmefrekvens	5
2.6 Eventuelle problemer på grunn av manglende avskiller eller mangelfull tømning.....	5
2.7 Dagens behandling av fettslammet i den enkelte kommune.....	5
2.8 Håndteringskostnader.....	7
3 KARAKTERISERING AV FETTSLAM.....	8
3.1 Mengder.....	8
3.2 Fysisk/kjemisk/biologisk karakterisering.....	9
3.2.1 Orientering	9
3.2.2 Hva er fett?	9
3.2.3 Nedbryting av fett	10
3.2.4 Spesifikke egenskaper	11
4 OVERSIKT OVER BEHANDLINGSMETODER	15
5 RESSURSVERDI OG RESSURSUTNYTTELSE	16
5.1 Oversikt.....	16
5.2 Forbrenning.....	16
5.3 Produksjon av biogass ved anaerob utråtning	18
5.4 Produksjon av dyrefôr	19
5.5 Kompostering.....	21
5.6 Annen utnyttelse	21
6 ANLEGG FOR OPPKONSENTRERING/VOLUMREDUKSJON	22
6.1 Avskiller med separat fettavtapping	22
6.2 TM-fettavskiller.....	24
6.3 Sentralt mottaks-/avvanningsanlegg	26
6.3.1 Konsept fra Odin Maskin	26
6.3.2 Mulig enkel løsning for mindre anlegg.....	27
6.3.3 Flotasjonsanlegg/barkbehandling i Bergen.....	27
6.4 Mobil avvanning	28
7 AEROB BIOLOGISK BEHANDLING	32
7.1 Kompostering.....	32

7.1.1 Frilandskompostering i Gøteborg	32
7.1.2 Reaktorkompostering	33
7.2 Komposteringsreaktor for fettslam	33
7.3 Aerob reaktor for behandling av vått fettslam	34
7.4 Biologisk behandling med spesielle bakteriekulturer	34
8 ANAEROB BIOLOGISK BEHANDLING	35
8.1 Celledeposering	35
8.2 Behandling i utråtningsanlegg	36
8.2.1 Innledning	36
8.2.2 Eget anlegg	36
8.2.3 Sambehandling med annet organisk avfall i rene biogassanlegg	37
8.2.4 Sambehandling med renseanleggslam	40
9 FORBRENNING	53
9.1 Generelt	53
9.2 Forbrenning ved positiv energibalanse	53
10 LITTERATURLISTE	54

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Fettslam fra fettavskillere er i stadig økende grad i ferd med å bli et problem for kommunene. En grunn til dette er at fettslammengdene som en må ta hånd om øker på grunn av økt antall fettavskillere og økt krav til tømming av disse. Den viktigste grunnen er imidlertid at dagens vanlige praksis med å legge fettslammet på kommunal fylling vil bli vanskelig på grunn av myndighetenes restriksjoner angående deponering av våtorganisk avfall. Dette medfører at behovet for å se på andre løsninger tvinger seg fram.

1.2 Mål med prosjektet

Hovedmålet med prosjektet har vært å gi kommunene anvisninger for hvordan de skal løse problemet med håndtering av fettslammet fra fettavskillerne.

Mer konkret skulle prosjektet omfatte følgende hovedpunkter:

- Gi en vurdering av fettslammet som problem og ressurs.
- Gi en oversikt over krav til kvalitet på fettslammet i relasjon til utnyttelse av fettet som ressurs og annen sluttdeponering.
- Gi anvisninger om aktuelle løsninger for behandling av fettslammet sett i forhold til alternative former for utnytting av dette som ressurs der en også ser dette i sammenheng med håndtering av andre typer våtorganisk avfall.
- Gi en mer detaljert anvisning av hvordan fettslam kan mottas på kloakkrensingsanlegg med hygieniserings-/slamstabiliseringsanlegg og behandles i dette sammen med det øvrige slammet.

Under arbeidet med prosjektet viste det seg at det forelå lite materiale om emnet og da særlig angående karakterisering av fettslam og spesifikke metoder for å utnytte det som en ressurs. Dette var vel egentlig ikke noen stor overraskelse da håndtering av fettslam fram til nå, på mange måter ikke har blitt tatt alvorlig, og utfordringen har i hovedsak begrenset seg til å «bli kvitt» slammet på en enkel måte uten at det er blitt stilt noen kritiske spørsmål til en slik løsning. Dette har medført at en ikke har funnet fram til så fyllestgjørende svar på en del av problemstillingene som ønsket i utgangspunktet.

1.3 Gjennomføring av prosjektet

Prosjektet er gjennomført i regi av NORVAR som en videreføring av NORVAR-prosjekt 65-1996: Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett. Det ble opprettet en prosjektgruppe med representanter fra deltakerkommunene og NORVAR. Prosjektet er blitt gjennomført i nær kontakt med denne.

Bakgrunnsmateriale og øvrig tilgjengelig informasjon er i hovedsak hentet fra de deltakende kommunene, fra litteraturstudier, ved henvendelse til bedrifter som håndterer denne type avfall

og ikke minst ved besøk på anlegg, og da særlig renseanlegg, som mottar og behandler fettslam sammen med annet slam.

2 OVERSIKT OVER SITUASJONEN I DELTAKERKOMMUNENE

2.1 Orientering

For å få en oversikt over situasjonen i deltakerkommunene ble det samlet inn data gjennom en liten spørreundersøkelse der de fleste deltok. I tillegg ble en del informasjon samlet inn på annen måte. For Tønsberg som er den største deltakeren i TAU, er opplysningene hentet fra en egen rapport om fettoppsamling i kommunen som de selv har utarbeidet [1]. I det følgende skal de viktigste forholdene presenteres. Noen statistiske opplysninger presenteres i avsnitt 2.2, og en del av de enkelte spørsmålene blir kommentert i avsnitt 2.3-2.12.

2.2 Noen statistiske opplysninger

Noen statistiske data fra undersøkelsen er gjengitt i tabell 2.1.

Tabell 2.1. Noen data fra spørreundersøkelsen.

Kommune	Antall innbyggere	Er antall fettavskillere registrert?	Antall fettavskillere	Er dekningen tilfredsstillende?	Mengde fettslam pr år m ³ /år
Tønsberg	33.000	Ja	35	Trolig behov for 15-30 til	384
Bergen	223.000	Ja	153	Vurderes	540
Trondheim	144.000	Ja	230	Ja	1950, økende til 2500 utfra prognosene
Sandefjord	37.500	Ja	45	Ja	150, økende til 300 ved økt tømme-frekvens
Sandnes	50.000	Nei (skal gjøres i 1997)	?	Trolig ikke	Ikke oppgitt
Ålesund	36.000	Ja	30	Nei	Ikke oppgitt
Stavanger	100.000	Delvis	50 (anslag)	Nei-anslår behov for 40 til	Ikke oppgitt
SUM	573 500 ekskl. Sandnes		540		

Mengden for Tønsberg omfatter ikke de tre største næringsmiddelindustriene i kommunen (meieri, slakteri og eggcentralen). Disse produserer store mengder fettslam som hentes 2 ganger pr uke til daglig, og går rett til dyreforproduksjon. De resterende mengdene angitt for Tønsberg er trolig noe i overkant da de er beregnet utfra oppgitt tømmehyppighet og ikke leverte mengder.

Tabell 2.2. Beregnede spesifikke størrelser. Tallene i parentes angir Antall personer pr avskiller utfra anslaget ved ønsket dekning.

Kommune	Antall personer pr fettavskiller	Spesifikk fettslammengde m ³ /fettavskiller-år	Spesifikk fettslammengde	
			l/pe-år	g/pe-år
Tønsberg (TAU)	1000 (660)	11,0	11,6	32
Bergen	1457	3,5	2,4	6
Trondheim	630	8,4	13,5	37
Sandefjord	833	4,0	4,0	11
Ålesund	1200	Data mangler		
Stavanger	2000 (1100)	Data mangler		
SNITT	1060 (960)	6,5	7,0	20

Av tabell 2.1 ser en at 6 av kommunene anga antall avskillere. Antall personer pr avskiller varierer fra ca 600 til 2000 med et snitt på litt over 1000.

4 av kommunene ga oversikt over fettslammengder. Av tabell 2.2 ser en at de spesifikke mengdene varierer betydelig. Dette er naturlig da tømmerutinene og dekningen varierer. Den midlere spesifikke fettslammengden utfra de oppgitte verdiene er ca 7 liter pr person og år. Trondheim har den absolutt største spesifikke mengden, 13,5 liter pr person og år. Her har en også en tilfredsstillende dekning og gode tømmerutiner. For en by med variert virksomhet bør en da regne med slammengder av denne størrelsen.

2.3 Kriterier og bakgrunn for installering av fettavskiller

Som hjemmel for å kunne pålegge installasjon av fettavskiller oppga de fleste de kommunale sanitærbestemmelsene samt kommunens utslippstillatelse.

De som oppga hvilke virksomheter som skal ha fettavskiller oppga enten en oversikt over aktuelle bedrifter der fett i avløpet kan bli et problem eller et generelt krav om avskiller for alle virksomheter med fettkonsentrasjon større enn 150g/m³ i avløpsvannet. Av aktuelle virksomheter kan nevnes spise- og produksjonssteder for varm mat som restauranter, kantiner, kafeter, gatekjøkkener og storkjøkkener, slakterier, bakerier, pøsemaker, fisketoredding, meierier og annen næringsmiddelindustri med fettholdig avløpsvann.

Når det gjelder pålegg om installering av avskillere i eksisterende virksomhet som ikke har, men burde ha hatt, gis dette i varierende grad.

2.4 Dekningsgrad

Det ble spurt om dekningsgraden av fettavskiller var tilfredsstillende. De fleste mente at det var en klar underdekning, men det totale behovet er usikkert hos de fleste. I Tønsberg er det gjort en undersøkelse i 1995 som viser at hele 57 % av de bedriftene som burde ha fettavskiller

ikke hadde det, og at 45 % av virksomheter som drev med frityrsteking eller liknende ikke samlet opp brukt fett på egne kanner/fat.

2.5 Tvungen tømning og tømmefrekvens

Bare et par av kommunene oppga at de har tvungen tømning av avskillerene, og da etter en frekvens godkjent av kommunen. Flere vurderer imidlertid å få innført tvungen tømning

Tømmefrekvensen varierer betydelig fra kommune til kommune og fra avskiller til avskiller. I de fleste tilfellene varierer tømmefrekvensen fra hver 2. til hver 3. uke til en gang årlig. En kommune har innført tømning 2 ganger årlig som et minimum. Tømning 3-4 ganger pr år kan sies å være normalt.

2.6 Eventuelle problemer på grunn av manglende avskiller eller mangelfull tømning

Flere har problemer med gjentetting av ledninger på grunn av utslipp av fettholdig avløpsvann til det offentlige ledningsnettet. Dette underbygger behovet for flere avskillere og bedre drift som de fleste av kommunene gir uttrykk for.

2.7 Dagens behandling av fettslammet i den enkelte kommune

Tønsberg

Det er en differensiert behandling av fett i kommunen.

Fettslammet fra de ordinære fettavskillerene (oppgitt til 384m³ pr år fra ca 30 virksomheter i tabell 2.1) samles inn sammen med septikslam fra slamavskillere og leveres inn på det store renseanlegget til TAU på Valle. Her pumpes blandingen inn foran innløpsristene og behandles sammen med det øvrige avløpsvannet. At fett ikke medfører ekstra problemer ved levering inn på anlegget på denne måten skylles trolig utblanding med septikslam. Etter ristene er det sand-/fettfang. Her tas det ut noe i underkant av 1m³ relativt konsentrert fettslam pr uke. I tillegg vil en del fett tas ut på innløpsristene sammen med ristgodset. Fettslammet fra sand-/fettfang og ristgodset deponeres deretter på fylling.

Det øvrige fett samles inn og går til gjenvinning i form av dyrefôrproduksjon. Dette gjøres fra ca 40 virksomheter og utføres på flere måter.

Fettslam og slakteriavfall fra slakteriet og eggseentralen hentes daglig av Norsk fett og lim i Fredrikstad der det inngår i bonmelproduksjonen som brukes til dyrefôr.

Frityroffe fra gatekjøkkener som i hovedsak ikke har fettavskillere, og noen restauranter, samles opp på stedet på fat/kanner som hentes av Resirk Norge gratis og som lever dette til Felleskjøpet i Larvik som bruker det til produksjon av for (dette var situasjonen i 1994/95, det

er nå en annen ordning). Totalt samles det inn ca 750 l/uke på denne måten fra i alt 15 virksomheter derav 10 gatekjøkkener. Den midlere mengden fra gatekjøkken er 20-25 liter olje pr sted i uken.

Øvrige storkjøkkener og liknende er i hovedsak tilknyttet en ordning for innsamling av matavfall for produksjon av grisefôr i et steriliseringsanlegg hos en lokal produsent. Konsentrert fett og oljer blir da tømt i skylledunken sammen med matavfallet og samles inn sammen med dette. De fleste av disse har også fettavskiller. Ved at det er et opplegg for innsamling av fett og oljer på denne måten reduseres belastningen på fettavskilleren slik at denne primært vil ta seg av fettrester i vaskevann etc.

Kommunen arbeider konkret med å få økt omfanget av fettoppsamling ved kilden slik at mer kan gå til gjenvinning og mindre til fettavskillerene.

Bergen

Fram til nå er fettslammet fra avskillerene blitt deponert på fylling etter fortykning i et sentralt flotasjonsanlegg. Fra 1997 vil en slik deponering ikke bli tillatt lenger. Kommunen har arbeidet med å finne en annen løsning og for tiden komposteres fettslammet sammen med annet slam i et lukket komposteringsanlegg i Odda. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 7.1.2.

For frityroljer er det en egen ordning med oppsamling i den enkelte virksomheten og innsamling av et privat firma som leverer dette til et anlegg på Sunnmøre for produksjon av dyrefôr.

Trondheim

Fettslam fra de vanlige avskillerene blir deponert på avfallstylling. Da en ikke lenger har konsesjon for deponering av blant annet flytende avfall på deponiet, må kommunen finne en annen løsning.

Frityroljer samles opp i den enkelte virksomhet og samles inn regelmessig hver annen uke for transport til et destruksjonsanlegg. Fisklim og Fôrstoff, på Orkanger der det inngår i fôrproduksjonen. Fettavfall og annet slakteriavfall fra større næringsmiddelindustrier i området behandles også der.

Sandefjord

Sandefjord har samme ordningen for frityrolje som Tønsberg.

Når det gjelder det øvrige fettslammet har kommunen problemer med å finne løsninger på dette etterat deponering på Grinda avfallsanlegg i Larvik ikke lenger ble tillatt. Pr dato leveres noe til slamlagune i Larvik mens mesteparten leveres til steriliseringsanlegget (MEG-anlegget) til Vestfold Gjenvinning på Tarandred utenfor Tønsberg. Der inngår det sammen med matavfall i dyrefôrproduksjonen. En er imidlertid usikker på hvor lenge denne ordningen kan opprettholdes og om kapasiteten vil være stor nok på sikt. Kommunen holder derfor på å utarbeide planer for behandling av fettslammet i slamlinjen på sentralrenseanlegget i kommunen, Enga RA. Dette er et primærfellingsanlegg med slambehandling i form av

pasteurisering og utråtning. En har tidligere prøvd å behandle fettslammet i slambehandlingsanlegget ved å pumpe det rett inn på pasteuriseringsanlegget. Dette måtte en imidlertid oppgi på grunn av driftsproblemer i denne delen av anlegget. Nå arbeides det med en mer omfattende løsning der fettslammet skal gjennomgå en egen hygienisering slik et pasteuriseringsanlegget ikke blir belastet med dette. Deretter skal fettslammet pumpes over i råtnetankene for videre behandling sammen med det øvrige slammet. Anlegget blir nærmere omtalt i kapittel 8.2.4.

Stavanger

Det er bygd mottak for fettslam på SJA (Sentralrenseanlegget på Nord-Jæren). Fettslammet leveres dit og behandles i anleggets slambehandlingsanlegg som består av utråtning, avvanning og tørking. Dette vil bli nærmere omtalt i kapittel 8.2.4. Det arbeides også med mulighetene for å utnytte en større del av fettavfallet til produksjon av dyrefôr.

Øvrige deltakerkommuner

I de øvrige deltakerkommunene blir fettslammet i hovedsak deponert på avfallsfylling. Det arbeides imidlertid med å finne andre løsninger i de fleste.

Sarpsborg har planer om å ta imot slammet på Alvim RA og behandle det i anleggets slambehandlingsanlegg som består av aerob termofil hygienisering, utråtning og avvanning. Likeledes vurderes mulighetene for å behandle fettslam fra Oslo-området i slambehandlingsanlegget på VEAS da en her har overkapasitet i råtnanlegget.

Ullensaker bygger nytt renseanlegg med slambehandling i form av utråtning og tørking. Det legges opp til at fettslammet, både det eksterne og det som genereres på renseanlegget skal kunne behandles i dette sammen med det øvrige slammet.

2.8 Håndteringskostnader

Med håndteringskostnader menes kostnader til innsamling/transport og behandling. Noen av kommunene oppga dette. Hos disse ligger innsamlings/transportkostnaden på 400-800 kr/m³. Behandlingskostnadene varierer enda mer avhengig av behandlingsformen.

I Trondheim som har deponering, er deponeringskostnaden ca 100 kr/m³.

Kostnaden i Bergen til fortykking i flotasjonsanlegget og deponering var 320 kr/m³.

Levering til MEG-anlegget til Vestfold Gjenvinning for produksjon av dyrefôr koster 440 kr/m³.

Ålesund oppgir en kostnad på 800 kr/m³. Denne omfatter både innsamling, transport og deponering på fyllingen.

3 KARAKTERISERING AV FETTSLAM

3.1 Mengder

I [2] er det gjort en anslagsvis beregning av mengde fett og slam/fett som tas ut som avfall fra næringsmiddelindustrien årlig idag og hva som kan tas ut teoretisk. Verdiene er angitt i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Uttak av fett og fett/slam fra næringsmiddelvirksomheten idag og potensielle mengder [2].

Bransje	Dagens mengde (tonn TS/år)			Uttakspotensiale (tonn TS/år)		
	Slam+fett	Slam	Fett	Slam+fett	Slam	Fett
Kjøtt (inkl. fjørfe)	960			2.500		
Destruksjon	0			30		
Fôrprodusenter	25			140		
Fiskeoppdrett	<100			25.000		
Fiskeforedling/-mottak	<100			Ukjent		
Sildolje/-mel	25			250		
Konserves	700			3.000		
Potet	1.430			2.000		
Bakeri	<10	0	<10	40	15	25
Bryggeri	<5	<5	0	3.200	3.200	0
Meieri (inkl. isprod.)	185	40	145	3.000	2.500	450
Margarin	40	0	40	55	0	55
Sjokolade/sukkervarer	10	0	10	350	325	25
Servering/kjøkken	950	0	950	4.000	2.000	2.000
TOTALT I NORGE	4.540	45	1.155	43.565	8.040	2.550

Av tabellen ser en at mesteparten er angitt som en blanding av fett og slam. Mye av de angitte mengdene vil tas hand om av den enkelte virksomheten og det omfattes av eksisterende ordninger for gjenvinning. Når det for eksempel gjelder potetindustrien som idag er den største «bidragsyteren» med 1.430 tonn er, mesteparten av dette frityrolje som går til kraftfôrproduksjon eller returneres til leverandøren.

Det fettene som avskilles i de fettavskillerne som omfattes i denne rapporten vil imidlertid i hovedsak være en del fra kjøttindustrien og det som er angitt som spesifikt fett i tabellen, og der dominerer andelen fra servering/storkjøkken etc. Denne delen utgjør anslagsvis ca 1000 t TS/år pr dato, men kan ved en full utbygging av fettavskillere og tilfredsstillende drift av disse kunne forventes å kunne fordobles.

Av tabell 2.2 ser en at volumet av fettslammet (dvs fett, bunnfelt slam og vann) utgjør i snitt 7 l/pe år for de kommunene som vi har data fra. Om dette benyttes som et gjennomsnitt for hele landet vil det totale vårvolumet utgjøre ca 30.000 m³/år. Trolig utgjør fettandelen av dette bare 1.500 - 2.000 tonn TS noe som da bare utgjør 5 - 7 % av den totale vårlammengden. Dette viser at den rene fettfraksjonen utgjør en liten del av den totale mengden som hentes fra fettavskillerne.

Av de kommunene som har levert inn data er Trondheim den som har best dekning når det gjelder fettavskillere og som i tillegg har gode tømmerutiner. Trondheim har da også iflg

tabell 2.2 den største spesifikke mengden på 13,5 l/pe-år. Som en dimensjonerende spesifikk mengde for et vanlig bysamfunn med variert industri kan da 15 l/pe-år være passende.

3.2 Fysisk/kjemisk/biologisk karakterisering

3.2.1 Orientering

Det finnes svært lite data når det gjelder karakterisering av fettslam fra fettavskillere. I tillegg vil kvaliteten variere kraftig fra avskiller til avskiller avhengig av type virksomhet, tømmerutiner, utformingen av avskilleren og øvrige lokale forhold. Dette medfører at det er svært vanskelig å sett opp en generell karakteristikk. Det som presenteres i det følgende må da vurderes i denne sammenhengen med den store grad av usikkerhet dette innebærer.

3.2.2 Hva er fett?

Med fett forstås i denne sammenhengen fett- og oljer av vegetabilsk eller animalsk opphav i motsetning til oljeprodukter av mineralsk opprinnelse, som tynningsolje, smørefett, bensin etc. En annen betegnelse på fettstoffer er lipider. Disse er i hovedsak bygd opp av glyserol og fettsyrer. Fettsyrene kan enten være bundet til glyserolet som bundet fettsyre eller oppløst som frie fettsyrer.

Fett kjennetegnes på flere måter. En viktig egenskap er at det er svært lite løselig i vann, i det bestandelene i hovedsak er hydrofobe (vannavstøtende) og derfor ikke emulgerer naturlig i vann. Fett kan imidlertid løses i forskjellige løsningsmidler som for eksempel kloroform, eter eller benzen.

Normalt vil en stor del av det fettene som er i en fettavskiller være i form av frie fettsyrer. En viktig egenskap ved disse er at de er «førsåphare», dvs at de danner fettsyresalter ved reaksjon med alkaliske stoffer som for eksempel lut eller soda. På denne måten vil da størket fett kunne løses opp i vannet ved at det dannes nye kjemiske forbindelser (såper). Fettsyrer som ikke er blitt transformert på denne måten betegnes som frie fettsyrer.

Rent kjemisk er fett bygd opp av en kjede av ledd bestående av karbon og hydrogen med en karboksylgruppe (-COOH) til slutt som vist på figur 3.1.

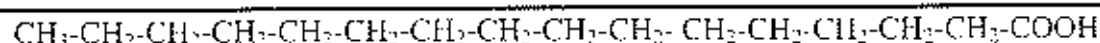


Fig. 3.1: Eksempel på fettmolekyl. Palmetinsyre med 16 karbonatomer (16C).

Fettsyren vist på figur 3.1 er en mettet fettsyre. En umettet fettsyre er i prinsippet bygd opp på samme måten, men en eller flere CH₂-grupper er byttet ut med CH-grupper. Hydrogenet inngår da i en dobbeltbinding med karbonat. Antall CH-grupper angir graden av umettethet. Er det kun en CH-gruppe er fettene enkelt-umettet, to eller flere CH-grupper gir betegnelsen flerumettet.

Fettsyren i fig.3.1 er en lang fettsyre og inneholder hele 16 karbonatomer. Ved mikrobiell nedbryting av slikt fett omvandles dette til en stor grad til kortere fettsyrer med 1-6 karbonatomer. Disse fettsyrene går over i gassfase ved tørking av fettene eller drives av ved lav pH (<4) og betegnes som flyktige fettsyrer (VFA). Flyktige fettsyrer opptrer i hovedsak som nedbrytingsprodukter og ved dannelse av disse sier en da at fettene harskner. Eksempler på slike flyktige syrer er smørsyre og propionsyre. Disse lukter vondt, og medfører sammen med andre vanlige nedbrytingsprodukter som for eksempel hydrogen-sulfid, at gammelt fettslam frigjør ubehagelig lukt.

Iflg /3/ består fettene i kommunalt avløpsslam i hovedsak (størrelsesorden 80%) av forurensede fett og frie fettsyrer. Dette vil også trolig normalt være tilfelle med fettslammet fra fettavskillerne. De vanligste typene frie fettsyrer som opptrer i kommunalt avløpsslam er:

Mettede: Myristinsyre
 Palmitinsyre
 Stearinsyre

Umettede: Oljesyre
 Linolsyre

Iflg /3/ utgjør fettsyrene ovenfor normalt over 90% av den totale fettsyremengden i avløpsslam.

3.2.3 Nedbryting av fett

Fett er et organisk materiale som enten kan brytes ned aerobt under tilgang på oksygen eller anaerobt ved fravær av oksygen. Ved aerob nedbryting er sluttproduktene i hovedsak vann og CO_2 og ved anaerob nedbryting metan (CH_4), CO_2 og vann.

Ved aerob nedbryting er det stor forskjell i energipotensialet i det opprinnelige materialet og sluttproduktene. Dette fordi en stor del av energien går over til varmeenergi som går tapt samtidig som det bygges opp mye nytt cellemateriale som tilveksten av nytt cellemateriale er stor, opp imot 2/3 av mengden av nedbrutt materiale, og mye energi brukes til dette. Dette medfører at slamproduksjonen er stor i en aerob prosess samtidig som den utnyttbare energimengden er liten.

I den anaerobe prosessen frigjøres det lite energi i de biokjemiske prosessene og forskjellen i energiinnhold i det opprinnelige materialet er liten og en stor del av energipotensialet er overført og lagret i metangassen. Da lite energi tas ut i prosessen er også tilveksten av nytt organisk materiale liten og utgjør for fett bare ca 5-10% av det nedbrutte fettene /3/. Resultatet av en slik prosess er da liten slamproduksjon og stor utnyttbar energimengde i form av energirik metangass.

Figur 3.2 viser skematisk forløpet ved anaerob nedbryting av organisk materiale som fettslam.

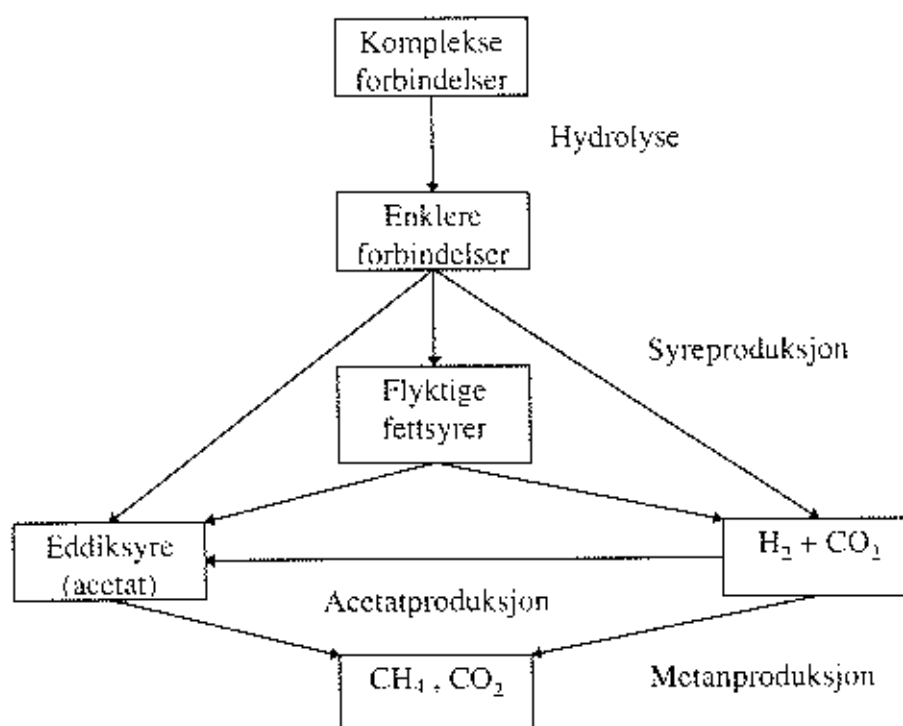


Fig.3.2: Oversikt over prosessforløpet ved anaerob nedbryting /3/.

På figur 3.2 er utgangspunktet komplekst organisk materiale som for eksempel lipider (fettstoffer). Lipidene brytes ned først via hydrolyse til enklere bestandeler som i hovedsak vil være frie fettsyrer. Hydrolysen skjer ved hjelp av enzymer. De enzymerne som hydrolyserer fett kalles lipaser. I neste omgang blir så fettsyrene brutt videre ned til enda enklere forbindelser enten direkte til edikksyre eller til flyktige fettsyrer som så omdannes til edikksyre. Om prosessen får gå heft ut vil det da til slutt dannes metan og CO_2 .

3.2.4 Spesifikke egenskaper

Det er umulig og gi en generell karakteristik av egenskapene til fettslam da disse vil variere betydelig avhengig av de spesifikke forholdene. De data og opplysninger en er kommet over er gjengitt i tabell 3.2-3.3. Det understrekes at datagrunnlaget er mangelfullt og de analyser som er gjort på enkeltprøver som ikke nødvendigvis er karakteristisk for slam fra den aktuelle type virksomhet.

Tabell 3.2 viser analyser på forskjellig typer fettavskillerslam som er benyttet ved en forsøksserie ned biologisk nedbryting av disse slamtypene /3/.

Tabell 3.2 Spesifikke data for forskjellige typer fettavskillerslam fra en undersøkelse i Sverige/3/

	Fettavskillerslam fra					
	Matprod. (halvfabr.)	Margarin- produksj.	Oste- produksj.	Kjøtt- bearbeid.	Hambur- gerprod.	Stor- kjøkken
pH	ca 4	5	5-6	5-6	ca 4	ca 4
Tørrestoff (gTS/kg tot.)	220	140	8	17	340	130
Glødetap (g/kg tot.)	216	67	7,5	6,5	326	121
Tørrestoff (% av tot)	22	14	0,8	1,7	34	13
Glødetap (% av TS)	98	48	94	38	96	93
TOC (g/kgTS)	82	239	275	94	152	299
KOF (g/kgTS)	1 020	1 660	920	580	1 270	630
BOF (g/kgTS)	140	230	320	120		200
TOC (g/kg tot.)	18	33	2	2	52	39
KOF (g/kg tot)	224	232	7	10	432	82
BOF (g/kg tot)	31	32	3	2		26
Tot N (g/kgTS)	3,8	10,1	2,0	13,8	15,6	12,7
P (mg/kgTS)	380	2 550			700	1 280
S (mg/kgTS)	470	103			950	560
Fettsyrer i % av fettst:						
Stearinsyre (18 C)	13,9	7,4	8,0	12,9	14,6	8,3
Palmitinsyre (16 C)	27,2	15,2	45,7	23,5	26,8	16,7
Oljesyre (18C)	39,7	35,4	22,0	34,8	36,9	47,2
Linolsyre (18C)	4,0	18,8	4,5	6,9		15,9
Myristinsyre (14 C)			4,2		4,1	
Laurinsyre (12 C)		9,3				

Tabell 3.3 viser sammensetningen av fettslam fra en fettavskiller på en kjøttbearbeidende bedrift i Tyskland /5/.

Tabell 3.3 Sammensetning av fettslam fra en kjøttbearbeidende industri/5/

Parameter	Enhet	Verdi
KOF	g/l	65-170
Glødetap (organisk TS)	g/l	25-90 (2,5-9%)
Fett	g/l	30-70(3-7%)
Protein	g/l	1,6-2,6
Kullhydrater	g/l	0,003
Flyktige fettsyrer (2C-7C)	g/l	1,0-3,8
C/N-forhold		40-50:1

Tabell 3.4 viser tall fra en større undersøkelse i Berlin /6/. Undersøkelsen var gjort i forbindelse med forsøk med mobil avvanning av fettslam fra forskjellige fettavskillere med Moos avvanningsbil. Innholdet i de enkelte fettavskillerne (fett/flyteslam, bunnslam, også fra separat slamavskiller om det var slik, og alt vannet) ble sugd opp i bilen og det ble tatt prøver av blandingen fra hver enhet. I undersøkelsen inngikk avskillere fra forskjellige virksomheter (storkjøkken i hoteller, sykehus, barnehager etc og mindre næringsmiddelindustri

som slakterier, ferdigmatprodusenter etc) der en prøvde å få til et representativt utvalg av fettavskillere i Berlin.

Tabell 3.4 Sammensetning av fettslam fra et representativt utvalg av fettavskillere i Berlin/6/

Parameter	Enhet	Min-verdi	Maks-verdi	Middel-verdi
KOF	g/l	16	123	64
BOF ₅	g/l	8	118	39
Filtrert tørrstoff (– TS)	g/l	10 (1 %TS)	390 (39% TS)	83 (8,3% TS)
Lipofile stoffer (dvs tungt løselige fettstoffer, i hovedsak lange fettsyrer)	g/l	7,8	103	30
AOX (adsorberte organiske halogener)	mg/l	0	0,7	0,3
Sulfid	mg/l	0,2	3,0	1,5
Klorid	mg/l	270	1 800	950
pH		3,9	5,8	5,0
Temperatur	°C	15,0	26,0	20,3

Her i landet er det gjort noen enkle undersøkelser av fettslam fra fettavskillere i Trondheim i forbindelse med forsøksmottak av dette på destruksjonsanlegget Fisklim og Førstoff AS på Orkanger /7/. Dette er i hovedsak slam fra avskillere på restauranter etc. Disse er av vanlig type dvs med slamavskiller integrert i avskilleren slik at også det bunnfelte slammet er inkludert i den totale mengden ved tømning av avskillerene. Det generelle inntrykket fra dette forsøket når det gjelder egenskapene til det mottatte slammet var at fettinnholdet normalt var relativt lavt og mengde bunnslam var relativt høyt. Som et gjennomsnitt er angitt at fettmengden utgjorde ca 2-3% og bunnslammengden ca 8-10% av den totale våtslammengden. Bunnslammet besto for en stor del av kaffegrut og skrell. Det ble også observert at det var relativt mye frie fettsyrer i slammet. Andelen av disse vil være avhengig av alderen på slammet og vil øke med redusert tømmefrekvens.

Oppsummering

Ut fra det som er presentert av data om egenskapene til fettslam kan følgende trekkes fram:

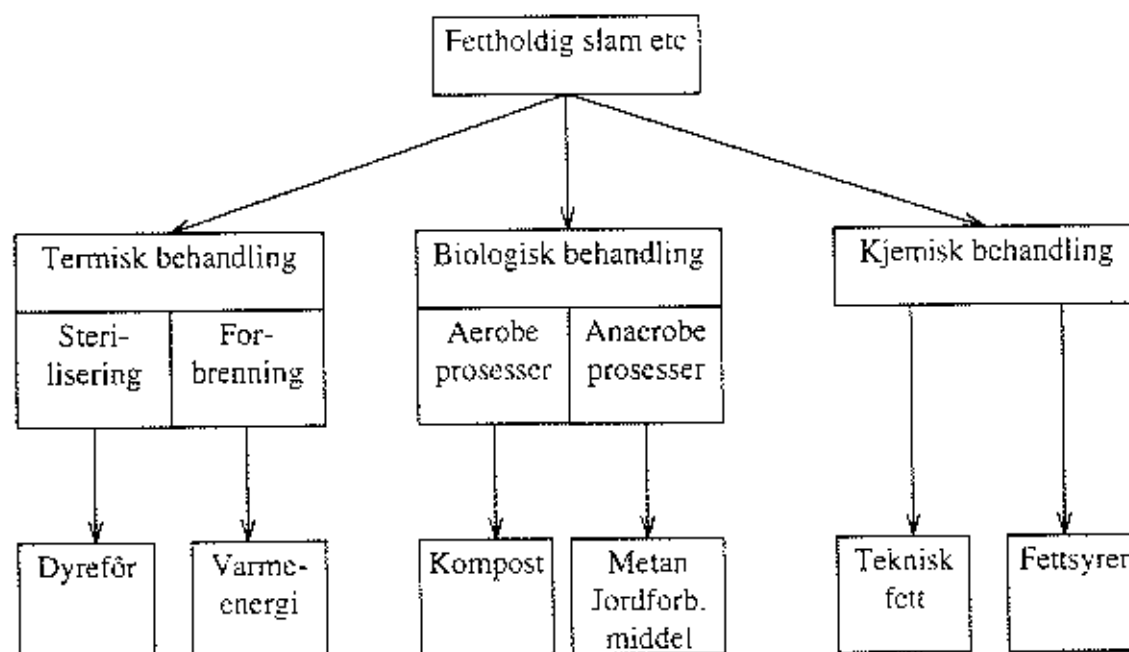
- Egenskapene vil være svært avhengig av de lokale forholdene dvs type avskiller, om det er separat slamavskilling og separat tømning av denne, tømmefrekvens og type virksomhet. Karakteren til slammet vil da variere betydelig fra avskiller til avskiller.
- pH vil naturlig ligge i det sure området på grunn av den mikrobielle aktiviteten. Normalt vil pH ligge på 4-6 med et gjennomsnitt på rundt 4,5-5. Surheten øker med økende alder på slammet.
- Tørrstoffinnholdet varierer betydelig, fra under 1% til 40%. Normalt vil det ligge på under 10%. Mesteparten av tørrstoffet er organisk, og av dette er kun en viss andel fett. Som et midlere anslag kan ca 1/3-2/3 av det totale tørrstoffet sies å være fett slik at fettandelen, som tørrstoff, kan settes til 2-6 % av den totale slammengden. Slam fra spesielle virksomheter kan imidlertid ha betydelig høyere fettandel enn dette.

Innholdet av organisk stoff uttrykt som KOF eller BOF er svært høyt, men variasjonen er her også stor. Tallene fra undersøkelsen i Berlin angir i middel konsentrasjoner for BOF og KOF

på 2000-3000 ganger konsentrasjonene i vanlig kommunalt avløpsvann. Dette tilsvarer konsentrasjonene i septikslam. Når det gjelder forholdet mellom BOF og KOF ser en av tallgrunnlaget at BOF-verdiene ligger en del under KOF-verdiene og i en del tilfeller betydelig under. I for eksempel Berlin-undersøkelsen er midlere BOF-verdi ca 60% av midlere KOF-verdi. Dette tilsvarer omtrent det som er vanlig i normalt kommunalt avløpsvann. I den svenske undersøkelsen er BOF-andelen for de slamtypene som er analysert der betydelig lavere og ligger bare på ca 15-30% av KOF-verdien. Hva dette skyldes er vanskelig å si ut fra det foreliggende materiale. Lange fettsyrer er imidlertid relativt tungt nedbrytbart. Om en stor andel av fettstoffer foreligger på denne formen ved at lite av dette ennå ikke har blitt hydrolysert til kortere og mer flyktige fettsyrer som er betydelig lettere tilgjengelig for mikroorganismene, vil da dette fettstoffer ikke i så stor grad bli fanget opp i en vanlig BOF-analyse. Dette resulterer da i en relativt lav BOF-verdi i forhold til KOF-verdien. Resultatene fra Sverige kan da tyde på at det analyserte fettslammet er relativt ferskt slik at lite av fettstoffer har rukket å bli hydrolysert til enklere forbindelser.

4 OVERSIKT OVER BEHANDLINGSMETODER

Figur 4.1 viser en skjematisk oversikt over aktuelle behandlingsformer for fettslam.



Figur 4.1 Oversikt over aktuelle behandlingsmetoder for fettholdig slam

Ofte vil en behandling sammen med annet organisk materiale være aktuelt. Avvanning/oppkonsentrering vil også være en naturlig prosess i forbindelse med de fleste sluttbehandlingsløsningene.

5 RESSURSVERDI OG RESSURSUTNYTTELSE

5.1 Oversikt

Fettdelen i fettslammet eller annet fettavfall kan eventuelt utnyttes som ressurs på følgende måter:

- Varmeenergi ved direkte forbrenning
- Produksjon av biogass ved anaerob utrålning
- Andel av kompost ved kompostering sammen med annet materiale
- Produksjon av dyrefôr
- Produksjon av fettsyrer

Tidligere er slikt fettslam blant annet brukt ved produksjon av stearinlys. Først gjennomgikk fettslammet en forsåpning med hjelp av lut slik at en fikk tak i fettsyrene. Deretter ble fettsyrene felt ut ved lav pH ved tilsetning av syre. De vanligste fettsyrene en fikk tak i på denne måten var stearinsyre og palmitinsyre som så inngikk som en del av råvaregrunnlaget ved stearinlysproduksjonen. Fettslammet utgjorde bare en mindre andel av råvarene. En slik utnyttelse er lite aktuelt i dag da det er tilgang på renere og mer egnete råvarer /3/.

5.2 Forbrenning

Fettslammengdene er så små at eget anlegg for forbrenning av dette ikke er aktuelt. Skal slammet forbrennes forutsettes det da at det kan inngå som en del av annet brennbart materiale i et forbrenningsanlegg for fast brensel.

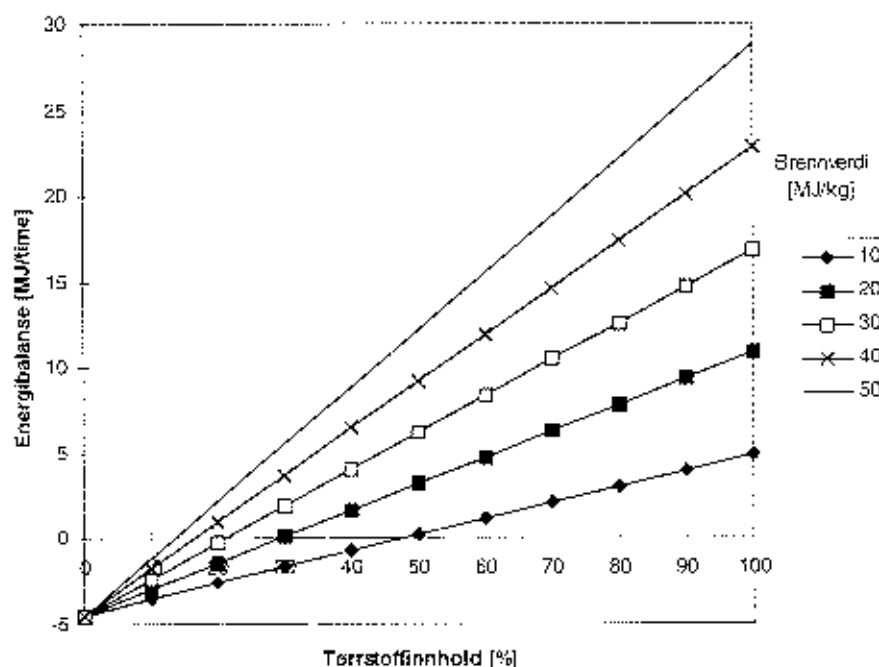
Forbrenningen foregår ved luftoverskudd. Den frigjorte energien vil kunne gi et netto energioverskudd dvs at forbrenningen er autoterm, først når energibehovet til forbrenningen av det aktuelle materialet er dekket. Generelt vil dette energibehovet fordeles på følgende poster /8/:

1. Oppvarming av forbrenningsluften
2. Oppvarming av tørrstoffet til antenningstemperaturen
3. Oppvarming og fordamping av vannandelen i slammet
4. Oppvarming av det vannet som produseres ved forbrenningen
5. Varmetap på grunn av stråling fra ovnen

Ved de tørrstoff-prosenter som er normale for fettslam fra fettavskillere vil oppvarming av vannet, og særlig fordampingen av dette, kreve en betydelig energimengde. Brennverdien til tørrstoffet i fettslammet vil være avhengig av sammensetningen av dette.

Biologisk råslam fra renseanlegg kan ha en brennverdi på 14-21 MJ/kgTS /8/. Olje har en brennverdi på 40-46 MJ/kg /9/ mens rent animalsk fett har en brennverdi på 35-40 MJ/kgTS /16/. Brennverdien til tørrstoffet i fettslammet, som normalt vil inneholde en større andel fett, vil ligge mellom disse verdiene, og en brennverdi på 30 MJ/kgTS kan da være et realistisk og konservativt anslag for et slikt sammensatt materiale.

Figur 5.5.1 viser energibalansen ved forbrenning av fettslam i en hvirvelsjiktsovn som funksjon av andelen organisk materiale i slammet ved forskjellige brennverdier på dette. Beregningene er gjort i henhold til beregningsmodell i /8/ for forbrenning av 1 kg våtslam pr time. Følgende er forutsatt: Tørrestoffet består 100% av organisk materiale, temperaturen på slam og luft er 10 °C, relativ luftfuktighet 80 % (0.02 kg vann / kg luft), varmekapasiten til tørrestoffet er 1,2 kJ/kg·K, luftbehovet ved forbrenningen er 0.39 kg/MJ og forbrenningen skjer med et luftoverskudd på 20 %.



Figur 5.5.1 Energibalansen ved brenning av 1 kg fettslam pr time i hvirvelsjiktsovn som funksjon av tørrestoffinnholdet forutsatt at tørrestoffet kun består av organisk materiale

Av figuren går det frem at en positiv energibalanse er svært avhengig av brennverdien av det organiske materialet (lik tørrestoffet i dette tilfellet) og tørrestoffinnholdet. Trolig vil brennverdien ligge mellom 20 og 30 MJ/kgTS. For å få et energioverskudd må da tørrestoffinnholdet ligge mellom 30 og 20 %. Av dette ser en at fettslammet normalt må avvannes på forhånd for å kunne bidra positivt i en forbrenningsprosess.

Om vi setter den totale fett-tørrestoffmengden til 1500 t/år (jfr kap.3.1), brennverdien til 30MJ/kg og tørrestoffinnholdet til 30% representerer dette et energioverskudd lik 2.8 GWh/år noe som tilsvarer energiforbruket i ca 100 boliger ved direkte utnyttelse. Økes tørrestoffinnholdet til 40% vil dette fordobles. Uansett ser en at den nyttbare energimengden i fettslammet er relativt beskjeden da mengdene er relativt små og vanninnholdet som regel er stort. I enkelte tilfeller der en har tilgang på tilnærmet rent fett uten vann kan forbrenning av dette være en positiv utnyttelse der en har eksisterende forbrenningsanlegg som kan håndtere dette.

5.3 Produksjon av biogass ved anaerob utråtning

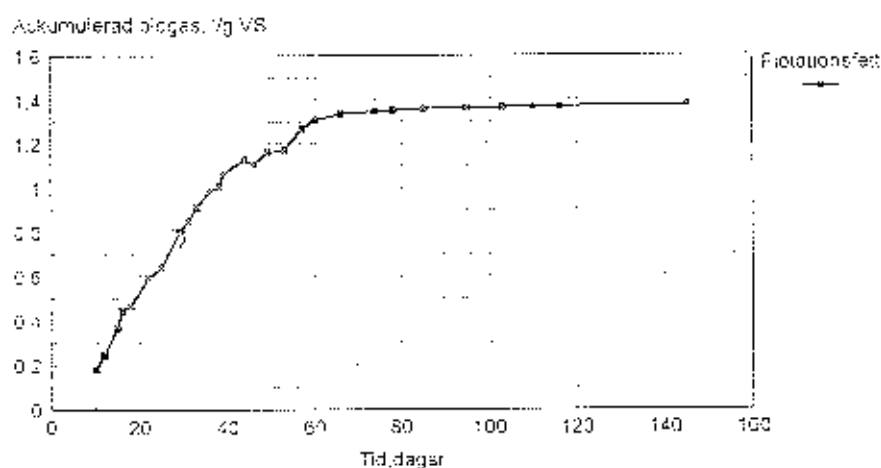
Ved anaerob utråtning produseres biogass som i hovedsak består av karbondioksyd (CO_2) og metan (CH_4). Tabell 5.1 viser biogassproduksjonen pr kg nedbrutt tørrstoff av forskjellige organiske materialer.

Tabell 5.1 Biogassproduksjon ved ulike organiske materialer [10,11]

Materialtype	Nm ³ biogass pr kg nedbrutt organisk tørrstoff.	Metaninnhold %	Nm ³ metan pr kg nedbrutt organisk tørrstoff
Cellulose	0,83	50	0,41
Fett (typisk $\text{C}_{55}\text{H}_{106}\text{O}_6$)	1,43	71	1,02
Protein	1,00	51	0,51
Kloakkslam	0,75-1,1	55-65	0,4-0,7

Biogassproduksjonen pr tilført kg organisk materiale i et utråtningsanlegg vil være mindre enn angitt i tabellen da oppholdstiden normalt vil være kortere enn det som er nødvendig for 100 % nedbryting av det tilførte organiske materialet. Ved for eksempel utråtning av kloakkslam har en i praksis ofte en oppholdstid på 15-25 døgn slik at en normalt har kan regne med en nedbryting på 40-50 % av det tilførte organiske materialet i råtnetanken. Dette medfører at en erfaringsmessig normalt har en produksjon på 0,4-0,5 Nm³ biogass eller ca 0,3 Nm³ metan, pr kg tilført organisk materiale.

Når det gjelder fett ser en av tabellen at metangasspotensialet er stort og ca det dobbelte av hva en har for kloakkslam. At en i praksis kun vil få utnyttet deler av dette potensialet gjelder imidlertid også for slam av denne typen. Dette ser en blant annet av figur 5.2 som viser biogassproduksjonen fra forsøk med s tsvis utråtning av flotasjonsfett fra et slakteri [12].



Figur 5.2 Biogassproduksjon ved forsøk med utråtning av flotasjonsfett fra slakteri [12]

Fettslammet som ble benyttet i forsøket på figuren hadde et totalt og et organisk tørrstoffinnhold på henholdsvis 16,3 og 15,6 %. Tørrstoffinnholdet mhp fett var 10 % slik at ca 64 % av det organiske tørrstoffinnholdet var fett. Metaninnholdet i biogassen var relativt

høyt idet 61 % var metan. Utråtningen foregikk ved 37 °C. Slammet var varmebehandlet en time ved 70 °C på forhånd slik at en viss grad av hydrolyse var blitt gjennomført. Det går fram av figuren at en ikke har full utråtning før etter ca 60 døg. Biogassproduksjonen er da kommet opp i ca 1.4 Nm³ pr kg tilført organisk materiale. Av dette er 0,2 forårsaket av det benyttede podematerialet slik at fettslammet står for 1.2 Nm³. Med metaninnhold på 69 % gir da dette et produksjonspotensial på ca 0.85 Nm³ metan pr kg tilført organisk materiale. Ved en utråtningstid på 25 døg ser en at gassproduksjonen ca halveres i forhold til dette.

Tilsvarende forsøk i Tyskland med utråtning av fettslam fra en fettavskiller ved en kjøttbehandlerindustri ga et utbytte på 0,6 - 0,87 Nm³ biogass pr kg tilført organisk materiale med fettinnhold ca 80 % ved utråtning i en stegs reaktor over 30 - 45 døg. Metaninnholdet var på 70 - 75 % [5].

Utfra disse forsøkene kan da regne med en metangassproduksjon på 0,4-0,6 Nm³ pr kg tilført organisk materiale ved utråtning av fettslam.

Selv om dette er noen enkelttilfeller, vil en med stor sannsynlighet generelt sett kunne regne med at fettslammet vil ha en større spesifikk gassproduksjon enn kloakkslam. Som en orienterende verdi kan en sette den spesifikke metangassproduksjonen, dvs Nm³ metan pr tilført kg organisk materiale, ved utråtning av fettslam til ca 1,5 ganger verdien for vanlig slam ved samme oppholdstid.

Om en setter den praktisk oppnåelige metanproduksjonen til 0,5 Nm³ pr kg tilført organisk materiale og den totale fett-tørrstoffmengden i fettslammet for hele landet til 1500 tonn pr år, som i vurderingen av energipotensialet ved forbrenning, vil dette utgjøre 750.000 Nm³ metan pr år. En Nm³ metan gir ca 10 kWh ved forbrenning. Totalt vil da dette representere en energiressurs på 7,5 GWh/år som tilsvarer energibehovet til 250 boliger ved direkte utnyttelse.

5.4 Produksjon av dyrefôr

En stor del av fettavfallet bruker i dag til produksjon av dyrefôr. Dette kan gjøres på flere måter. En måte er ved behandling i destruksjonsbedrifter som produserer beinmjøl, der fett inngår, eller destruksjonsfett som begge benyttes som en del av råstoffgrunnlaget ved produksjon av kraftfôr. Rent fettavfall som for eksempel fritertfett kan også inngå direkte i kraftfôrproduksjonen. Fettavfall kan også brukes ved produksjon av fôr i steriliseringsanlegg der fettavfallet for eksempel kan benyttes sammen med kildesortert matavfall.

I alle tilfellene vil andelen fett i ferdige fôrproduktet være begrenset. Hvor stor andel fett som er tillatt er avhengig av fôrtype og hva det skal brukes til. I kraftfôr kan fettandelen typisk ligge på 3-5%. Det totale fôrbehovet er imidlertid så stort at dette ikke vil være en begrensende faktor ved utnyttelse av fettavfallet til fôr.

Ved forskriftsmessig sterilisering, som for eksempel varmebehandling ved 133 °C i 20 minutter, vil det ikke være noen hygieniske problemer ved utnyttelse av fettavfallet på denne måte. Der er imidlertid en viss skepsis til bruk av fett fra vanlige fettavskillere da en har dårlig kontroll med renheten på dette. Det vil for eksempel kunne inneholde detergenter og andre uønskede stoffer fra vaskemidler etc. som er tilført avskilleren. At bunnslammet også normalt inngår i det tømte volumet medfører en ytterligere usikkerhet med hensyn til å utnytte dette i

førsammenheng. EU har da også innført visse restriksjoner på dette, og det er for eksempel ikke tillatt å bruke slam til beinmjølkproduksjon (EU-direktiv 91/516).

I destruksjonsanleggene er stort vanninnhold i slammet et stort problem da en her oppkonsenterer fett ved inndamping av vannet. Stort vanninnhold medfører da et stort energibehov i tillegg til at transportkostnadene fram til anlegget blir betydelige. I tillegg vil kaffegrut og annet bunnslam som erfaringsmessig følger med i relativt store mengder ved tømning av avskillere ved storkjøkkener og liknende separeres fra og representerer da et avfallsproblem for bedriften. Dette medfører at den totale kostnaden for behandling av normalt fettslam i destruksjonsanlegg blir relativt høy, opptil 1000 kr pr m³ mottatt fettavskillerslam /7/.

Ved opphold i fettavskilleren og lagring forøvrig, vil fett naturlig harskne ved at det brytes ned til flyktige fettsyrer som beskrevet i kapittel 3.2. For stor andel frie fettsyrer er ikke ønskelig ved produksjon av fôr. For eksempel er det ikke tillatt med mer enn 10% frie fettsyrer i kraftfôrråstoffet fra destruksjonsanleggene. Dette kan medføre behov for kortere tømmeintervaller enn det en forøvrig ville ha valgt, og så hyppig tømning som hver andre til hver tredje uke kan da være aktuelt /7/.

Av dette følger at det i hovedsak er de reneste fettavfallsfraksjonene som er mest interessante i førsammenheng. En slik fraksjon er frityrfett fra restauranter, gatekjøkkener og liknende og det er da en organisert innsamling av dette over store deler av landet. Brukt frityrolje samles da opp hos den enkelte produsent i spann og fat som så hentes ukentlig til hver 14.dag. For eksempel samler destruksjonsbedriften Fisklim og Fôrstoff AS på Orkanger inn ca 100 tonn frityrfett fra ca 150 leverandører, dvs 10-15 liter pr leverandør i uken, i Trøndelag på denne måten. Dette utgjør ca 90 % av det totale potensialet i området. Flere tilsvarende bedrifter andre steder driver på tilsvarende måte slik at en vesentlig del av frityrfettavfallet tas hånd om. På landsbasis vil det kunne dreie seg om en total mengde på i størrelsesorden 1000 tonn pr år.

Fra forskjellig næringsmiddelindustri vil en også kunne ta ut fettavfallsfraksjoner der en vil være tilstrekkelig trygg på renheten til at det kan utnyttes som fôr. Ved bedret kvalitetsikring av tilførslene til den enkelte avskiller kan trolig denne mengden økes betydelig. Kvaliteten på fettavskillerslammet fra vanlige fettavskillere ved storkjøkkener etc vil imidlertid være usikker, slik at det kan være vanskelig å utnytte dette i fôrproduksjonen i noen større grad. Det normalt store vanninnholdet i dette slammet medfører også at en slik utnyttelse kan bli vanskelig. Det arbeides imidlertid med et prosjekt i regi av MEG AS (Mat og emballasjegjenvinning) i Tønsberg og Bjugn Industrier i Sør-Trøndelag for en mulig utnyttelse av dette fettslammet /31,32/. Bjugn Industrier produserer i hovedsak proteiner til kraftfôrproduksjon fra fiskeavfall. Det arbeides nå også med muligheten av å produsere pelsdyrfôr av matavfall. En stor del av dette matavfallet leveres fra MEG-anlegget der det ensileres (syrebehandles) for transport slik at det skal holde seg. Ved produksjon av protein og pelsdyrfôr inngår sterilisering ved 120 °C i 20 minutter. Til dette trengs mye varme som skaffes fra en fyrkjel. Som brensel benyttes i dag vrakfiskolje fra proteinproduksjonen. Man ser imidlertid muligheten av å utnytte denne bedre for eksempel til fôrproduksjon og en vurderer da alternative brenstoffer. En aktuell mulighet er å bruke oppkonsentrert fett fra fettavskillere. Ved bruk av separasjonstanker og oppvarming av fettslammet burde det være mulig å få dekantert en fettfraksjon med ca 80 % fett. Ved MEG-anlegget arbeides det da med en system for å få til dette, både for å få redusert transportkostnadene opp til Bjugn og få en

fettandel som gjør brenning i den aktuelle ovnen mulig. En ser heller ikke bort fra at dette fett alternativt kan utnyttes i pelsdyrfôrproduksjonen, men det er mer usikkert på nåværende tidspunkt.

5.5 Kompostering

Fettfraksjonen vil kunne omdannes til kompost ved kompostering sammen med annet egnet materiale. En kan da få utnyttet fettslammets innhold av organisk materiale og innholdet av eventuelle næringsstoffer ved bruken av komposten som vekstmateriale. Dette vil imidlertid være en relativt dårlig utnyttelse av ressursverdien i fettene ved at for eksempel energipotensialet for en stor del går tapt bortsett fra at det vil bidra til oppvarming av komposten gjennom den mikrobielle nedbrytingen av fettene. Kompostering kan imidlertid være en praktisk metode for å behandle fettslammet slik at den videre sluttdisponeringen ikke medfører miljømessige problemer.

5.6 Annen utnyttelse

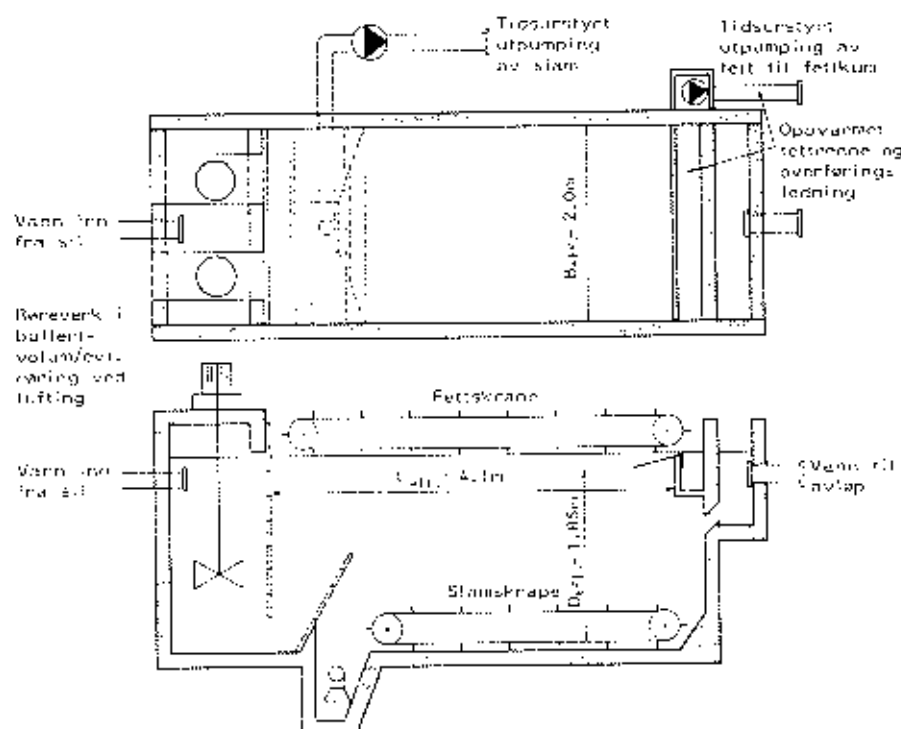
Fettavfallsfraksjoner kan eventuelt inngå i en industriell produksjon av fettsyrer eller teknisk fett.

6 ANLEGG FOR OPPKONSENTRERING/VOLUMREDUKSJON

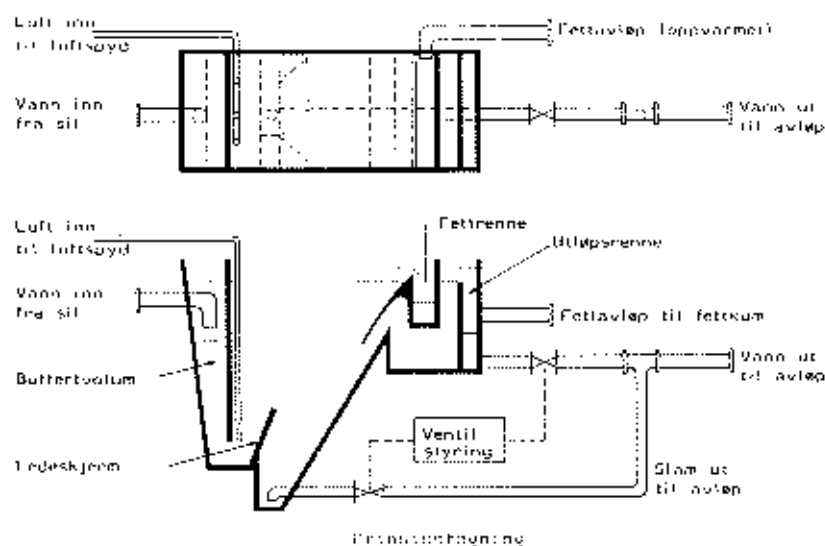
6.1 Avskiller med separat fettavtapping

Ved tømning av de vanlige fettavskillerene vil en normalt suge opp alt innholdet. En vesentlig del av dette vil da nødvendigvis bli vann og den rene fettandelen vil være relativt liten. De vanligste fettavskillerene som er i bruk her i landet er dimensjonert i henhold til DIN-norm 4040 og iflg denne skal fettlagringsvolumet utgjøre minst ca 16% av det totale våtvolumet. I teorien skulle en da få en fettandel på minst 16% ved tømning av slike avskillere. Som angitt tidligere vil fettandelen i praksis bli betydelig lavere enn dette.

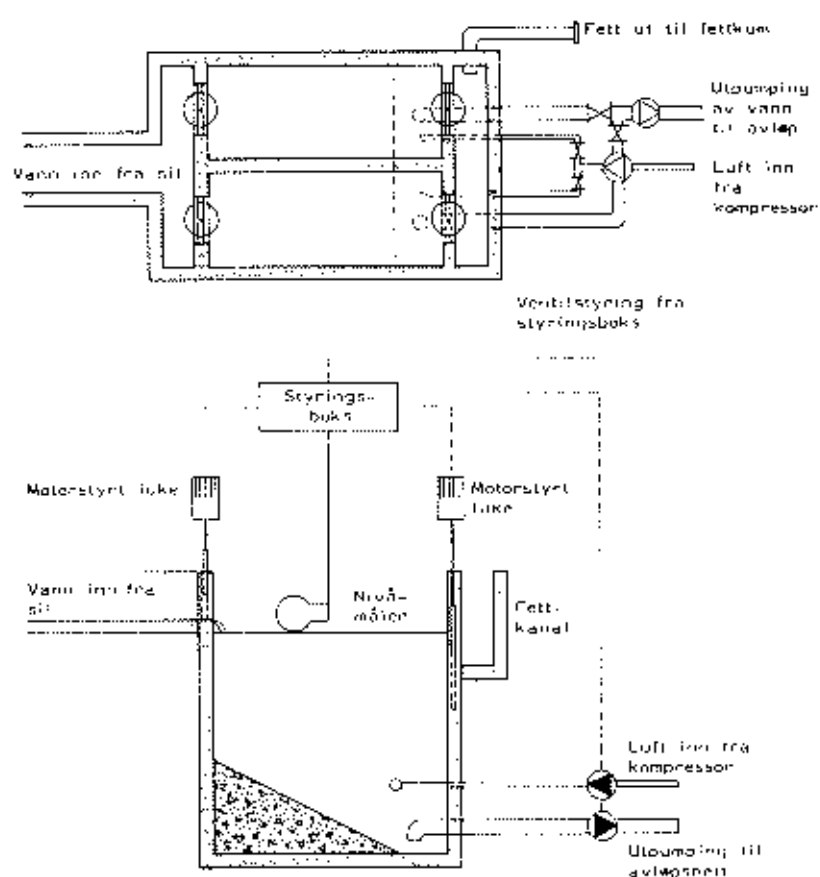
En måte å få økt fettkonsentrasjonen på og dermed få redusert mengden som må tømmes er å foreta en kontinuerlig eller periodevis avtapping av fett-/flyteslamfraksjonen i avskilleren. Dette kan gjøres på forskjellige måter som vist på figur 6.1-6.3 som er hentet fra Indrens veileder nr 1 /13/.



Figur 6.1 Eksempel på stor fettavskiller med fettskraper og bunnskraper /13/



Figur 6.2 Eksempel på fettavskiller med ventilstyrt fett- og slamtapping /13/



Figur 6.3 Eksempel på fettavskiller for diskontinuerlig drift /13/

Figur 6.1 viser en ikke uvanlig utforming for større avskillere der en har overflateskraper for fett. Avskilleren er i dette tilfellet også utstyrt med bunnskraper for bunnslam. Anlegget er i prinsippet utformet som et tradisjonelt flotasjonsanlegg, men uten lufttilsetning da en ikke trenger dette siden fett floterer av seg selv.

Figur 6.2 viser en enklere mekanisk utforming der skrapeverkene er erstattet av motorstyrte ventiler og automatisk aktivering av disse. Ved normal drift er utløpsventilen åpen. En overløpsterskel på utløpet holder da vannstanden under overløpskanten til fettrennen slik at fett akkumuleres i avskilleren. Når en ønsker å dekantere fett stenges utløpsventilen og vannstanden i avskilleren vil stige når det tilføres vann til denne. Fett og annet flyteslamm vil da etterhvert renne over i den viste fettrennen og føres til oppsamlingstank. Det viste anlegget har også en automatisk uttapping av bunnslammet til utløpsledningen via en slamtappeledning med automatisk ventil. Åpnes denne vil bunnslammet bli spylt ut.

Figur 6.3 viser en løsning basert på diskontinuerlig drift i to paralleller med avtapping av fett med motorstyrt luke. Det viste anlegget er også utformet med innløpssil for fjerning av større partikler, men dette har ingen betydning for anlegget som sådan. Ved drift føres vannet inn i en av de to parallellene via motorstyrt innløpsluke eller eventuelt ventil. Vannet fyller så dette kammeret. Når et bestemt nivå er nådd stenges så tilløpet til dette kammeret mens tilløpet til det andre åpnes. Mens dette fylles får da det først kammeret stå i ro. En vil da ha optimale forhold her for avskilling av fett og bunnslam. Fettet dekanteres så av ved å senke luken mot fettrennen og dette renner så videre til fettkummen. Deretter kan en totalomblende innholdet i avskillerkammeret ved for eksempel innblåsing av luft, slik at sedimentert materiale ikke akkumuleres, før innholdet dreneres eller pumpes ut til avløpsledning.

I de viste anleggene vil alltid noe vann måtte følge med fett ved dekanteringen eller avskrapingen. Hvor mye dette vil være er avhengig av de lokale forholdene og hvor optimalt en får anlagt driften av det aktuelle anlegget.

Flotasjonsegenskapene kan økes ved luft-flotasjon ved tilsetning av trykkluft til vannet. Dette vil kunne øke avskillingsgraden. Samtidig vil en da imidlertid også få flotert en del av det sedimenterbare materialet slik at dette vil komme ut sammen med fett. Ønskes en så ren fettfraksjon som mulig i et slikt anlegg må da ,om tilløpet inneholder sedimenterbart materiale, dette separeres fra på annen måte.

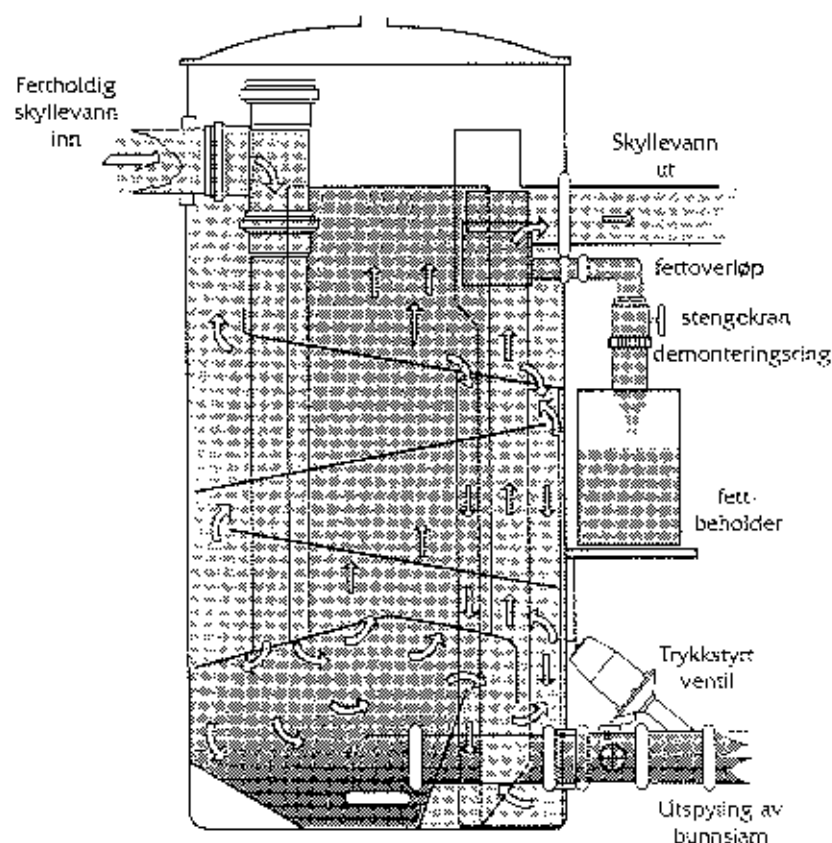
Avskillingseffekten øker med temperaturen. En oppvarming av avskiller-innholdet vil da være gunstig. At en i praksis har opplevd at tilførsel av varmt vann til avskilleren ofte har medført problemer må skyldes at det da kan oppstå store temperaturskiftninger i avskilleren ved at det varme vannet flyter oppå det kalde, slik at en da bare får utnyttet en del av avskillervolumet.

6.2 TM-fettavskiller

Det er nylig presentert en type mindre fettavskiller for storkjøkkener og liknende med separat fettavtapping. Avskilleren er utviklet her i landet og er blitt installert noen steder i løpet av forrige år. Figur 6.4 viser en tegning av enheten.

Avskilleren har automatisk avtapping av fett og bunnslam. For å bedre avskillingen og for å forhindre størkning av fett i avskilleren er denne utstyrt med varmeelement i bunnen slik at

innholdet varmes opp og holder en relativt stabil temperatur. Fettet dekanteres av seg selv over en overløpskant og ned i en oppsamlingsbeholder når fettlaget har nådd en viss tykkelse og tilrenningen er så stor at en får en viss oppstuvning i avskilleren. Dette reguleres inn på forhånd utfra de lokale forholdene. Noen få ganger pr dag åpnes bunnaventilen automatisk noen sekunder og bunnslammet tappes da ut og kan føres til avløpsledningen. Typisk vannmengde ut ved en slik utspyling er ca 20 liter for en avskiller med kapasitet 2 l/sek. Etter utspylingen etterspyles automatisk med varmt vann på innløpet til avskilleren er fylt opp igjen.



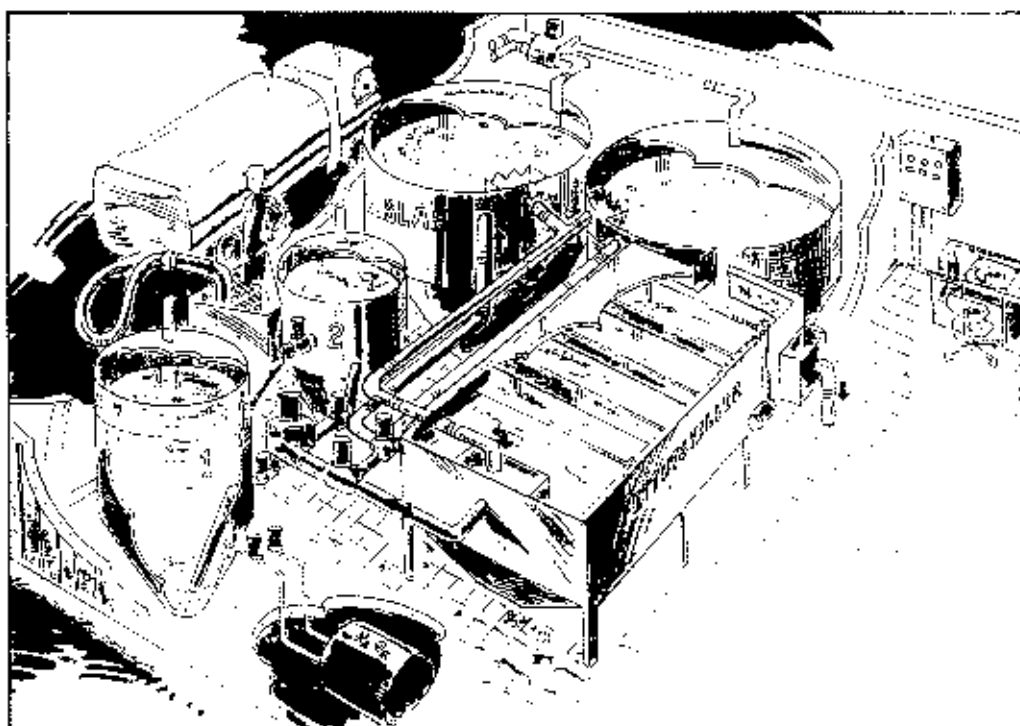
Figur 6.4 TM-fettavskiller /14/

Erfaringene med de installerte enhetene er, etter en viss tilpassing og justering av prototypen, gode. En stor fordel er at tømmebehovet er betydelig redusert i forhold til de tradisjonelle avskillerene. Tømmingen er nå redusert til henting av det oppsamlede fett. I de installerte enhetene samles da dette inn uten kostnad, på samme måte som frityrfett 2-4 ganger i måneden og brukes til produksjon av råstoff til kraftfôr. Kvaliteten på fett er bra og innholdet av frie fettsyrer er så lavt at det ikke representerer noe problem da fett kan hentes tilstrekkelig ofte.

6.3 Sentralt mottaks-/avvanningsanlegg

6.3.1 Konsept fra Odin Maskin

Odin Maskin AS har utviklet et konsept for mottaksanlegg for fettslam fra tradisjonelle fettavskillere /15/. Formålet med anlegget er å motta fettslammet fra slamsugebilene, avskille bunnslammet og separere og oppkonsentrere fett slik at dette kan fraktes videre for en lav kostnad og benyttes på en eller annen måte. Det forutsettes at anlegget betjener et relativt stort område. Det er dimensjonert for et mottak av 2-3 fulle slamsugebiler pr dag noe som vil utgjøre ca 5000 tonn våtslam pr år. Anlegget vil da kunne betjene et opptand på 200 - 300 000 personer. Figur 6.5 viser en illustrasjonstegning av anlegget.



Figur 6.5 Konsept for sentralt mottaks- og avvanningsanlegg for fettslam fra Odin Maskin /15/

Anlegget er planlagt bygd opp av prefabrikkerte moduler som vist på tegningen. Fettslammet kjøres til anlegget i vanlige slamsugebiler og pumpes fra disse inn på en mottakskum der det er en grovsil med engangs silsekk for fjerning av større ting som kluter etc. For å redusere luktulempene tilsettes det hydrogenperoksyd til fettslammet i mottakskummen i en dose på ca 1 l/m³ mottatt slam. Deretter renner det til en av to mottakstanker (merket 1 og 2 på figuren). Disse drives intermittert slik at det mottatte slammet får en henstandstid på minst en time i disse. Det vil da skje en grovseparasjon i tre faser, en fase med bunnslett slam, en fase med fett på toppen og en større mellomfase med fettholdig vann. Det sedimenterte slammet pumpes så til en slamlagertank, fettet pumpes til en fettsamletank og vannfasen pumpes til en

fettavskiller for ytterligere behandling. Fra denne skrapes fettene med en overflateskraper til fettksamletanken mens vannet er forutsatt å være så rent (dvs mindre enn 100 mg fett/l) at det ledes til offentlig nett. Ved å benytte luft-flotasjon kan effekten på fettavskillingen effektiviseres om det er behov for dette. En kan i tillegg også legge inn varmeelementer i fettlaget slik at fettet smelter og lettere gir fra seg vannet.

Anlegget er planlagt satt i et hus med grunnflate ca 50 m². Luften fra anlegget er forutsatt rensert i et biofilter. Utfra erfaringer med sammensetningen av fettslam regner en med at den oppkonsentrerte fettfraksjonen vil kunne utgjøre anslagsvis opptil 25% (trolig vil gjennomsnittet ligge betydelig lavere enn dette) av den innkomne mengden og det sedimenterte slammet omtrent det samme. Resten er da vann som ledes bort. Slammet må behandles på samme måte som septikslam. Fettfraksjonen kan så transporteres til anlegg for eventuelt utnyttelse. For å lette tømmingen av fettksamletanken kan det legges inn varmeelementer for smelting av fettet før tømming.

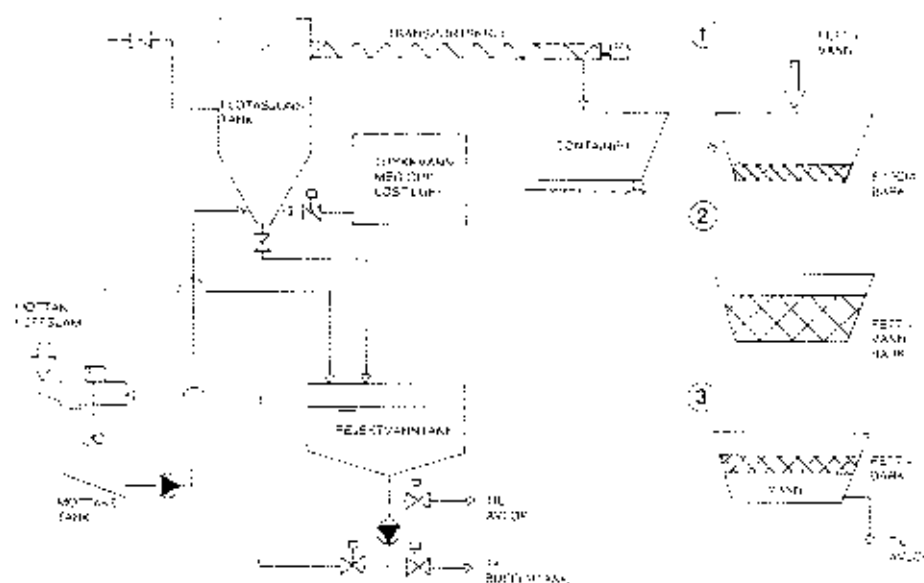
6.3.2 Mulig enkel løsning for mindre anlegg

For mindre anlegg kan det prøves om en enklere løsning enn det skisserte anlegget kan benyttes. Da fett normalt separerer relativt enkelt fra vann kan en for eksempel prøve med et anlegg som bare består av en enkel kombinert mottaks- og lagertank der fettslammet kan stå en viss tid før henting slik at en får en god separering. Det forutsettes at vannfasen kan føres til offentlig nett. For å hindre størkning må tanken ha varmeelementer slik at fettet varmes opp før henting. Oppvarmingen vil også medføre bedre fettavskilling. En må regne med at et slikt anlegg vil kunne avgi en del lukt. Dette må det tas hensyn til ved plasseringen av anlegget og eventuelt bør en ha et mindre luktreanseanlegg, for eksempel i form av et biofilter.

6.3.3 Flotasjonsanlegg/barkbehandling i Bergen

Bergen kommune har i flere år drevet et sentralt mottaks- og avvanningsanlegg på avfallsbehandlingsanlegget i Rådalen for fettavskillerslammet i kommunen /18/. Her ble det i 1996 mottatt ca 470 t slam fra vanlige fettavskillere ved storkjøkkener etc samt en del fiskefett og liknende fra blant annet lakseslakterier. Vanninnholdet i det tilkjørte slammet, som hentes med vanlige slamsugebiler, ligger i området 70-95 %. Figur 6.6 viser et forenklet flytskjema for anlegget. Slammet mottas i en mottakstank. For å redusere problemene på grunn av størkning er tanken utstyrt med varmeelementer slik at slammet varmes opp til 30-35 °C i tanken. Deretter pumpes det med eksenterskrupumpe over til en luftflotasjonstank. Her floterer fettfraksjonen som skrapes av og føres over i container. Det vil nødvendigvis også bli dratt med en del vann slik at massen i containeren vil inneholde ca 30-35 % vann. Det vil også være en del sedimenterbart slam i det tilkjørte slammet. Dette skaper problemer i anlegget ved at det sedimenterer i flotasjonstanken som etter hver blir så full at den må tømmes. Som container for det oppkonsentrerte fettet benyttes 3 m³ container for hullaster. Tidligere ble denne tømt på fyllingen, men dette er ikke lenger tillatt og en har da i den senere tiden kjørt dette til kompostering i komposteringsanlegget til Bioplan i Odda. I forbindelse med dette har en gjort en del interessante erfaringer med tilsetning av bark i oppsamlingscontaineren som vist på figuren. Det er benyttet en spesiell oljevernark fra Treschov Fritzoe i Larvik. Denne barken som er relativt finoppmalt og er et godt tørket har en særlig god evne til å binde opp oljer. Det ble da lagt et 10 til 15 cm tykt lag av denne barken som strø i bunnen av containeren. Fettslammet fra flotasjonsanlegget blir så tilført ovenfra og barken medførte en

barken medførte en svært god separasjon av fett- og vannfasen etter bensland over natten. Barklaget holder tilbake de mer lettflytende fraksjonene i fettet og løfter det øvrige opp samtidig som vannet drenerer igjennom og samles i bunnen av containeren. Dette vannet er relativt rent med lavt fettinnhold og tappes ut og overføres til avløpssystemet. Massen en har igjen i containeren er da relativt tørr (så tørr at den ligger i haug) og barken medfører i tillegg at luktproblemene er redusert betraktelig. Barkbehandlingen medfører også at fettene ikke lenger kleber seg til overflatene i containeren slik at denne er enkel å tømme. Den ferdige massen inneholder anslagsvis 15-20 % bark og kjøres sammen med øvrig avvannet rensanleggsslam fra Bergen til komposteringsanlegget i Odda.



Figur 6.6 Avvanningsanlegg for fettslam i Bergen

6.4 Mobil avvanning

Flere steder har en med svært godt resultat benyttet mobilt avvanningsutstyr, av samme type som benyttes for avvanning og transport av septikslam, for tømning av fettavskillere. Dette gjelder blant annet i Tyskland, for eksempel i Hamburg, der en har 2-3 standard MOOS KSA avvanningsbiler for tømning av byens fettavskillere. I Danmark og også her til lands er dette benyttet en del steder. Utstyrets prinsipielle virkemåte er vist på figur 6.7 for septikslam, men opplegget er helt tilsvarende for tømning av fettavskillere bortsett fra at det må brukes en spesiell polymer som er bedre egnet for fettslammet enn den som vanligvis brukes for septikslam.

Hele fettavskillerinnholdet suges opp i en mottakstank (vakuumbank) på bilen. Rejektvannet fra avvanningen av den foregående avskilleren eller eventuelt den som en holder på med tilbakføres deretter til den tomme avskilleren. Deretter pumpes fettavskillerinnholdet videre til avvanningstanken samtidig som det tilsettes polymer. Avvanningstanken er utstyrt med

filterduk og vannfasen presses ut gjennom denne og renner ned til rejektivannslanken som vist på figuren.

I Danmark og Tyskland kjøres det oppkonsentrerte fettslammet som regel enten til renseanlegg der det behandles sammen med det øvrige slammene i anleggets utråtningsanlegg eller det kjøres til destruksjonsanlegg for utnyttning og gjenvinning av fett.

Fig. 1
Innhold av septiktank suges opp i slamsugetanken.

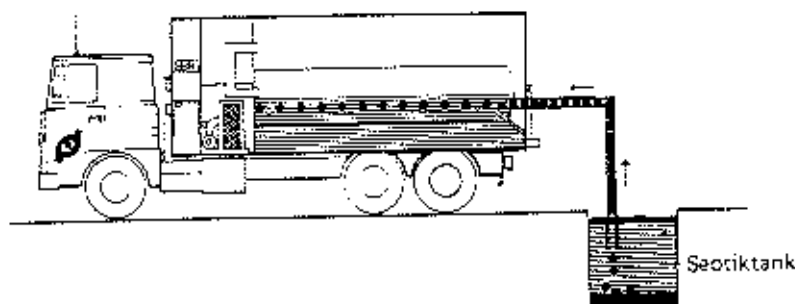


Fig. 2
Septiktanken fylles med rejektivann fra foregående septiktank.

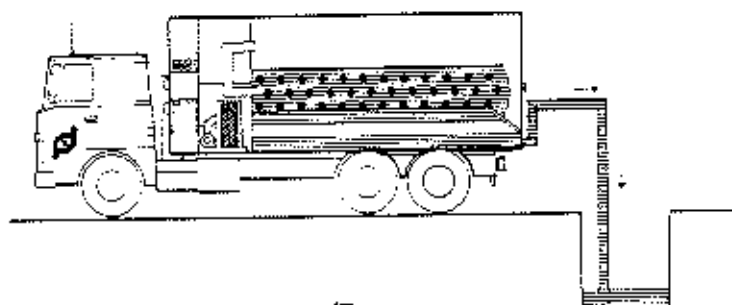


Fig. 3
Slamsugetankens innhold pumpes opp i avvanningstanken samtidig med at polymer tilsettes (ufarlig kondisjoningsmiddel).

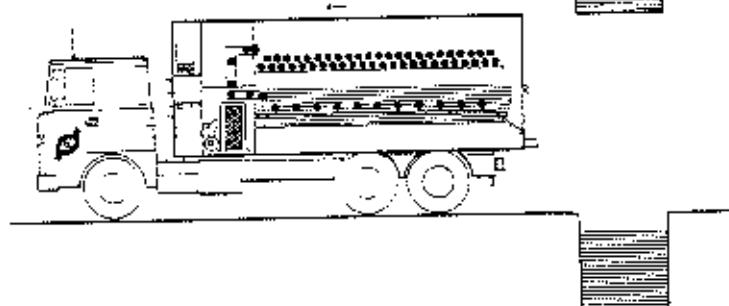
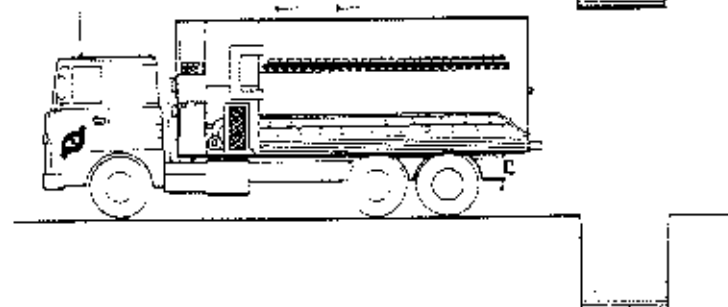


Fig. 4
Hele dagen gjennom skjer det en kontinuerlig avvanning fra slamkaken ned i rejektivannstanken.



Figur 6.7 Prinsipiell virkemåte for MOOS KSA avvanningsbil

Det opprinnelige volumet blir typisk redusert med 70-90 % og tørrstoffinnholdet blir typisk økt fra 5-10 % til 20-40 % . Hvor mye som oppnås er blant annet avhengig av hvor mye bunnslam det er i forhold til det rene fettinnholdet (ved en blanding av kun fett og vann vil en trolig kunne få en vesentlig høyere oppkonsentrering). Avvanningsegenskapene er også avhengig av hvor gammelt fettslammet er og erfaringsmessig er det vanskelig å få avvannet dette om fettavskilleren tømmes skjeldnere enn hver 3.måned /17/.

Effektiviteten og avskillingsgraden er dokumentert i en omfattende undersøkelse fra Berlin /6/ som det også er referert til tidligere i denne rapporten. Her ble fettavskillere fra 10 forskjellige virksomheter, som skulle representere et typisk utvalg, tømt med en vanlig MOOS avvanningsbil. På hvert sted ble rejektet ført tilbake til den aktuelle avskilleren. Det ble tatt prøver av rejektet, avløpet fra avskilleren før tømningen og av en homogen blanding av innholdet i fettavskilleren inklusiv slamavskillerdelen om denne var integrert i fettskilleren eller var en egen separat enhet. Tømmevolumet besto da av fett/flyteslam, sedimentert slam og vann. Prøvene ble analysert og resultatet er vist i tabell 6.1. At de enkelte anleggene også inneholdt en del sedimentert slam avspeiles i forholdet mellom filtrerbart stoff og fett. En del av denne forskjellen må skyldes innhold av sedimentert slam.

Tabell 6.1 Analyser av prøver fra forsøk fra tømning av fettavskillere i Berlin med MOOS avvanningsbil /6/.

		Homogenisert innhold i fettavskilleren		Utløp fra fettavskilleren ved normal drift		Rejektet fra avvanningsbilen	
		Min-max	Middel	Min-max	Middel	Min-max	Middel
KOF	mg/l	16.300-123.000	64.000	740-30.000	6.150	2.100-8.700	5.100
BOF ₅	mg/l	8.200-118.000	39.000		1.400	1.750-5.900	3.000
Filtrert tørrstoff	mg/l	10.200-390.000	83.000	64-6.900	1.200	63-560	300
Fettinnhold (lipofile stoffer)	mg/l	7.800-103.000	30.000	27-6.100	1.000	130-600	350
AOX (Adsorberte organiske halogener)	mg/l	0-0.7	0.3	0-0.8	0.3	0-0.7	0.3
Sulfid	mg/l	0.2-3.0	1.5	0.2-20.0	6.4	0.1-0.5	0.2
Klorid	mg/l	270-1.800	950	270-1.400	590	330-1.800	930
pH		3.9-5.8	5.0	5.4-7.6	6.1	4.8-5.4	5.2
Temperatur	°C	15.0-26.0	20.3	17.0-35.0	23.5	15.0-25.0	19.8

Av tabellen ser en at kvaliteten på rejektet som ble returnert til avskilleren hadde omtrent samme kvalitet som det normale avløpet fra avskillerene når disse var i drift. Når det gjelder fettinnhold og filtrerbart materiale var rejektet til og med bedre enn det vanlige utløpet. Det kan imidlertid bemerkes at innholdet av fettstoffer i det vanlige utløpsvannet fra avskilleren i

hovedsak var relativt høyt med et middel på 1.000 mg/l. Det er grunn til å merke seg at dette er vesentlig høyere enn tillatt etter forskriftene i Tyskland der øvre grense er satt til 250 mg/l.

Av tallene kan det beregnes at ca 99 % av fett og filterbart stoff og ca 92 % av det organiske stoffet uttrykt ved KOF eller BOP ble fjernet fra avfallerene ved tømmingen.

Det er ikke angitt hvilket tørrstoffinnhold en oppnådde i undersøkelsen, men utfra tallopplysninger i artikkelen kan det midlere TS-innholdet i det som ble kjørt bort for håndtering beregnes til ca 40 %. Da det midlere tørrstoffinnholdet i det opprinnelige slammet var ca 8 % betyr dette at volumet som skal viderebehandles er redusert til ca 1/5 del av det opprinnelige.

Den oppsamlede massen ble i dette tilfelle fraktet til et destruksjonsanlegg for dyrekadavere og annet slakteriavfall for gjenvinning av fett ved produksjon av teknisk fett. Av den totale leverte mengden ble 7-9 % gjenvunnet som teknisk fett noe som tilsvarer ca 50 % av den totale fettmengden i massen. Det er videre opplyst at bruken av polymer ikke medførte noen problemer ved gjenvinningen av fett da den nødvendige doseringen av polymer er svært lav. Den anvendte polymeren er i seg selv heller ikke skadelig da den er av en type som er godkjent for bruk ved drikkevannsbehandling.

7 AEROB BIOLOGISK BEHANDLING

7.1 Kompostering

Det er mulig å blande fettslam og fettavfall inn i annet organisk materiale for kompostering. Fettet vil bidra positivt i den biologiske omsetningen som en relativt lett tilgjengelig karbonkilde. Nedbrytingen av fett krever imidlertid kraftig lufting. Dette fordi fettene med sine lange karbonkjeder og lavt oksydasjonstall for karbon krever mye oksygen for å bli oksydert /3/.

Videre har fettene i seg selv normalt et noe ugunstig C:N-forhold og samkompostering med materiale med høyere innhold av nitrogen og fosfor er da som regel nødvendig.

Det normalt høye vanninnholdet i fettavskillerslammet vil som regel være ugunstig da en del av de øvrige organiske avfallsfraksjoner som det kan være aktuelt å kompostere fettene sammen med ofte inneholder mye vann. Dette medfører at behovet for tørt strukturmateriale ofte vil øke.

Kompostering av fett alene er vanskelig på grunn av den lave permeabiliteten til fettene og den tette strukturen, noe som gjør at luftingen blir vanskelig. Samkompostering med annet materiale eller innblanding av strukturmateriale for å bedre konsistensen vil da som regel alltid være nødvendig.

7.1.1 Frilandskompostering i Göteborg

Erfaringer med kompostering av fettslam har en blant annet fra Göteborg, der har drevet med frilandskompostering av fettslam sammen med annet materiale i flere år ved komposteringsanlegget på Maricholm /20/. Ved anlegget behandles 30-40 000 tonn organisk avfall pr år. Avfallstypene er i hovedsak forskjellige typer organisk industriavfall, stallgjødsel, husholdningsavfall og fram til 1995 også fettavskillerslam. Det ble da mottatt ca 6 000 tonn slikt slam til behandling årlig. Slammet ble først oppkonsentrert i en avvanningsdam med tett bunn der fettslammet fikk stå rolig en viss tid. Fettfraksjonen fløt da opp mens vannfraksjonen ble liggende underst. Vannet ble pumpet over på eksisterende kompostranker for å holde høy nok fuktighet i disse (en driver komposteringen med relativt høy fuktighet, (60-75 %)). Fettfraksjonen ble deretter pumpet opp og blandet sammen med annet materiale, i hovedsak stallgjødsel og bark/flis og lagt ut i ranker for kompostering på vanlig måte. Hovederfaringene med dette er at denne løsningen er en rimelig metode å behandle fettslam på. Selve komposteringen av massen foregikk meget tilfredsstillende, og sluttproduktet var av en svært god kvalitet. Håndteringen av fettslammet medførte imidlertid betydelige luktproblemer før det ble blandet sammen med barken. Fra 1995 gikk man over til å behandle fettslammet i råneanlegget på hovedrenseanlegget i Göteborg (Ryaverket). Hovedårsaken til dette var ikke nødvendigvis luktproblemene ved den tidligere behandlingen, men ønske om å få utnyttet energipotensialet i fettene bedre ved produksjon av metan.

7.1.2 Reaktorkompostering

Egne reaktorkomposteringsanlegg for fettslam er ikke aktuelt da mengdene er små slik at kostnadene vil bli uforholdsmessig høye. Der en har et eksisterende anlegg eller et nytt anlegg for annet organisk avfall, bør imidlertid fettslam også kunne inngå i behandlingen. Dette har en blant annet begynt på gjøre ved Lindenes Miljøstasjon i Odda /19/. Her er det mottak av forskjellig typer avfall og kompostering av organisk avfall i en komposteringsreaktor av type BioPlan. Dette er en stasjonær reaktor plassert i et lukket overbygg der en har god kontroll med prosessparametre som temperatur, fuktighet, oksygenkonsentrasjon etc. Reaktoren har bunninnblåsing av luft og massen forflyttes og luftes ytterligere med en vertikalt arbeidende trommel som beveger seg fra innlastingsenden til utlastingsenden. Massen har en oppholdstid i reaktoren på ca 3 uker og temperaturen holdes da tilnærmet konstant på 55 °C under hele denne tiden. Komposteringsanlegget er bygd for å behandle avvannet slam, kildesortert våtorganisk husholdningsavfall og annet organisk avfall og har en kapasitet på ca 10 000 tonn eller 15 400 m³ avfall pr år.

Bergen kommune leverer for tiden avvannet råslam fra et større kjemisk renseanlegg til anlegget og har i den senere tid også levert avvannet fettslam til anlegget. Dette er det fettslammet som er beskrevet i kapittel 6.3.3 og som er oppkonsentrert i det sentrale flotasjonsanlegget og behandlet videre med oljevernark som beskrevet. Fettslammet blir blandet inn sammen med det øvrige materialet på anlegget. Fettslammengden utgjør kun en beskjeden del av den totale masseflyten gjennom prosessen og det er da heller ikke observert noen negative effekter på grunn av fett i anlegget. Det er heller ingen grunn til å anta at en ville få problemer selv om fettslammet skulle utgjøre en større del av den totale mengden, bare strukturen og sammensetningen forøvrig i den blandede massen er tilfredsstillende. At slammet er behandlet med ark på forhånd, som beskrevet, har liten betydning for selve komposteringen da mengdene som nevnt er små, og vil da ikke representere noen nødvendig forutsetning for å behandle fettslam på denne måten.

7.2 Komposteringsreaktor for fettslam

At fettslam er godt egnet til kompostering bekreftes i et omfattende pilotforsøk i Australia /20/. Her ble fettslammet forbehandlet i rist og oppkonsentrert i et separasjonsanlegg før fettfraksjonen ble blandet med strukturmateriale i form av halm og trespon og kompostert i en lukket reaktor. Ved komposteringen steg temperaturen raskt til 65 °C som ble holdt i to døgn før den ble senket til 46-50 °C ved å regulere lufttilførselen. Etter en oppholdstid på 5-11 døgn var komposteringen sluttfort. Sluttproduktet var da hygienisert og biologisk stabilt ved at oksygenbehovet var ubetydelig og at det viste ingen tendens til videre varmeutvikling. Det var da ikke noe behov for ettermodning av komposten.

Oppkonsentreringen av fettslammet ble gjennomført i flere trinn. Først ble det stående i en mottakstank i 24 timer der en fikk en separering i en bunnslamfase, en vannfase og en fettfase. Bunnslammet og mesteparten av vannet ble så pumpet og varmt vann fort inn i tanken slik at fettet smeltet. Dette ble så pumpet over i en ny tank for videre oppvarming og etterfølgende avkjøling slik at fettet størknet og slapp vannet på en effektiv måte slik at vannet kunne tappes fra. En sto da igjen med en relativt ren fettfraksjon med svært lite restvann og denne ble så blandet med strukturmaterialet for videre kompostering som beskrevet ovenfor.

7.3 Aerob reaktor for behandling av vått fettslam

Det er mulig å behandle fettslam som våtslam i aerob reaktor på tilsvarende måte som våtslam fra renseanlegg. Ved CIRSEE (Senter for Water and Environmental Research) som er en del av Lyonnaise des Eaux-gruppen i Frankrike, har de utviklet et eget reaktor-anlegg, BIOMASTER G, for aerob behandling av fettslam [21,22]. En grunn til dette er at fettslammengdene i Frankrike er betydelige (i området 500 000 m³ pr år) og vil øke framover på grunn av økt bruk av fettavskillere for å redusere driftsproblemene på ledningsnettet og redusere den biologiske belastningen på renseanleggene. Anlegget består av egen mottakstank med omrøring for homogenisering av slammet og en biologisk reaktor med luftinnblåsing for nedbryting av det organiske materialet ved en oksygenkonsentrasjon på ca 5 mg/l. Luftinnblåsing skjer via et spesielt dysesystem og har også som oppgave å holde massen homogen. Oppholdstiden er relativt lang, 20-30 dager, og en har da oppnådd en omdanning av 85-90 % av den tilførte fettmengden til CO₂, vann og biomasse. Nedbrytingen skjer ved temperatur på 25-30 °C. Det er ønskelig med et C/N/P lik 100/5/1 og for å oppnå det er det som regel nødvendig å tilsette noe nitrogen og fosfor. Da prosessen utvikler fettsyrer vil pH reduseres, og for å forhindre for lav pH kan det settes til kalk.

At aerob nedbryting i reaktor ikke alltid er like vellykket viser utførte forsøk i Sverige [3]. Her ble det utført laboratorieforsøk med aerob nedbryting med de forskjellige fettslamtypene i tabell 3.2. Forsøkene ble gjort med en hydraulisk oppholdstid på 30 dager og det ble analysert på organisk stoff målt som KOF og BOF før og etter behandlingen. Etter 30 dagers lufting var det kun reduksjon i organisk stoff for et par av slamtypene (henholdsvis 55 og 65 %) mens det var liten eller ingen reduksjon for de andre. I tillegg måtte det luftes kraftig og en fikk en betydelig skumdannelse noe som vil kunne medføre problemer i et virkelig anlegg. Konklusjonen fra disse forsøkene var at aerob behandling av fettslam på denne måten ikke var å anbefale.

At erfaringene er forskjellige kan skyldes forskjeller i metode og utforming av anleggene. Erfaringene fra Frankrike viser at aerob behandling av fettslam alene er mulig om dette gjøres på den riktige måten. Ut fra den tilgjengelige dokumentasjonen (i hovedsak på fransk) er det imidlertid vanskelig å bedømme i hvilken grad et slikt anlegg kan være aktuelt for våre forhold. Trolig er systemet først og fremst beregnet på en del større forhold enn hva som er aktuelt for oss, der en større investering for kun behandling av fettslam kan forsvares.

7.4 Biologisk behandling med spesielle bakteriekulturer

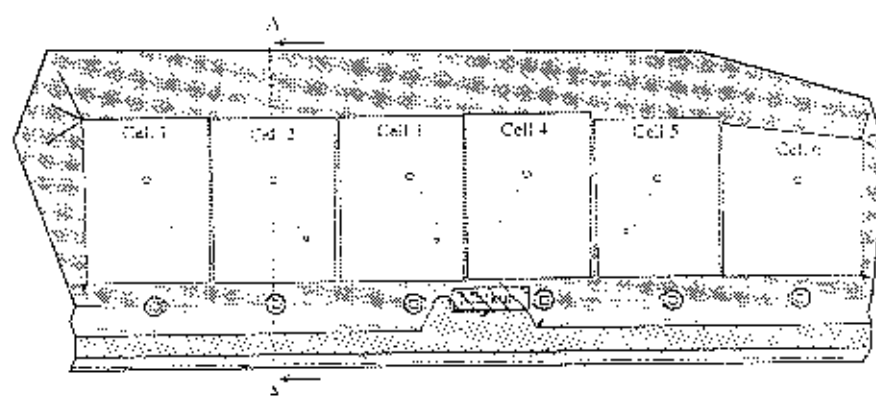
Oljeavfall kan behandles biologisk ved bruk av spesielle bakteriekulturer. En tilsvarende behandling av fettslam burde da være en mulig løsning. Der er allerede på markedet spesielle bakteriekulturer for nedbryting av fett i fettavskillere [4]. En kan da tenke seg en løsning der oppkonsentrert fettslam blandes med bark eller annet egnet strukturmateriale og podes med egnede bakteriekulturer for deretter å gjennomgå en kontrollert biologisk nedbryting. Prosessen vil i hovedsak være aerob slik at det trolig vil være nødvendig med vending av massen på tilsvarende måte som ved vanlig frilandskompostering.

8 ANAEROB BIOLOGISK BEHANDLING

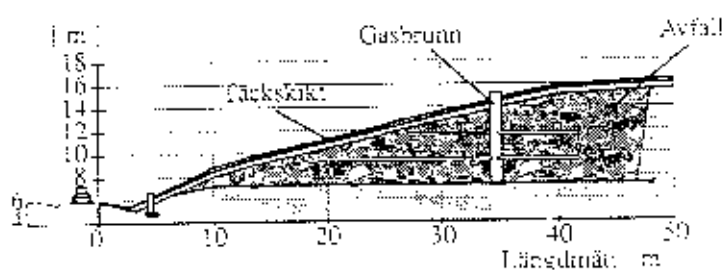
8.1 Celledeposering

Med celledeposering menes en kontrollert deposering av organisk nedbrytbart avfall i avgrensede, tette celler der en får en god kontroll med de prosessene som skjer i avfallet. Dette for å få optimalisert produksjonen av biogass samt minimalisere deponiets negative effekter på miljøet. Celledeposering forutsettes kombinert med et system for uttak av biogassen og utvinningen av denne økes 2-10 ganger i forhold til hva som er tilfelle ved konvensjonelle deponier med gassutvinning [23]. Erfaringsmessig vil en da kunne forvente et gassuttak på 3-10 Nm³ metan/tonn avfall fra celledeposier mot gjennomsnittlig ca 1 Nm³/tonn avfall fra konvensjonelle deponier. Celledeposering gir imidlertid bare ca halvparten av det gassutbyttet en ville ha hatt ved utråtning i råtneanlegg [25].

Figur 8.1 viser eksempel på utforming av celledeposier på Spillepengen avfallsplass i Malmø. Anlegget drives av Sydvestre Skånes Avfallsaktiebolag (SYSAV). Bunnen er tettet med plastduk og cellene er avskilt med en vull av moreneleire. Øverst er det et tetningsjikt av 0,5 meter moreneleire under et topplag av 0,3 meter matjord. Celledybden varierer fra ca 2 meter i framkant til ca 9 meter i bakkant og grunnflaten i hver celle er 35 x 35 meter slik at de inneholder ca 8 000 m³ eller ca 4 000 tonn avfall hver. Hver celle har et dreneringssystem for sigevann i bunnen og et system for oppsamling av biogassen. Cellene er anlagt som forsøksceller der forskjellige typer organisk avfall er deponert i de enkelte cellene.



Vy från ovan, testcell 1-6.



Figur 8.1: Eksempel på celledeposier. Overste tegning viser plan og nederste snitt A-A [24].

I to av cellene er det deponert 5 % fettslam (200 m³) i tillegg til det øvrige avfallet som i det ene tilfelle er en blanding av husholdningsavfall og industriavfall (30/70 %) og i det andre bare husholdningsavfall. Det er ikke rapportert noen ulemper med tilsetning av fettslammet, men det var heller ingen økt gassproduksjon i cellene med fettslam i forhold til celler med tilsvarende avfall, men uten fettslam /24/.

Deponering av fettslam i celledponier har en erfaringer med fra andre anlegg i Sverige også og ved avfallsdeponiet i Helsingborg har en over et par år med godt resultat deponert ca 2 000 tonn fettslam årlig i celledponier sammen med husholdningsavfall. Dette er nå imidlertid opphørt da en nylig har startet opp et eget utråtningsanlegg for slikt slam.

Interessen for celledponering er økende i Sverige og slike anlegg er i drift ved over 10 avfallsanlegg. Erfaringene viser at celledponier også er egnet til å ta imot fettslam om dette deponeres sammen med annet egnet avfall som for eksempel husholdningsavfall. Det er imidlertid viktig at fettslamandelen ikke blir for stor da dette kan medføre for tett struktur i massen slik at en får problemer med transporten av vann og gass i deponiet samt redusert bæreevne.

Her i landet er det i utgangspunktet fra myndighetenes side en utbredt skepsis til celledponering idet en i prinsippet ikke ønsker deponering av våtorganisk avfall. Der forholdene ligger til rette for det burde imidlertid en riktig gjennomført celledponering være et alternativ. En viktig forutsetning i den sammenhengen vil da være at en har mulighet for en positiv anvendelse av biogassen slik at en får utnyttet energipotensialet i avfallet. I framtiden når avfallet er ferdig utråtnet vil en også ha muligheten for å utnytte det organiske restproduktet på en eller annen måte. Sett i en ressursmessig sammenheng burde da celledponering i prinsippet ikke være noe dårligere enn for eksempel kompostering.

8.2 Behandling i utråtningsanlegg

8.2.1 Innledning

Med utråtningsanlegg menes anlegg med lukkede tanker der nedbrytingen skjer under anaerobe forhold med danning av biogass som da for en stor del består av metan.

Fettslam kan behandles for seg i eget utråtningsanlegg eller sammen med annet organisk som for eksempel kildesortert husholdningsavfall, avfall fra næringsmiddelindustri, gjødsel etc eller slam fra renseanlegg.

8.2.2 Eget anlegg

Utførte pilotforsøk blant annet i Sverige og Tyskland med anaerob behandling av forskjellige typer fettslam alene i eget anlegg viser at dette kan gjennomføres og er en aktuell metode der forholdene ligger til rette for det /3,5/.

Forsøkene i Sverige ble utført på de forskjellige fettslamtypene i tabell 3.2 både i en en-trinns prosess og en to-trinns med en separat hydrolyse som første trinn. Begge prosessene ga omtrent samme nedbrytingsgrad og det ble benyttet relativt lange oppholdstider, 40-60 døgn.

Ved en-trinns prosess erfarte en at det var behov for relativt stor andel returslam slik at en ikke vil spare noe reaktorvolum ved en-trinns prosess i forhold til to-trinns. I tillegg medfører en to-trinns prosess en del fordeler framfor en en-trinns som bedre muligheter til å optimalisere prosessen, økt grad av prosess-stabilitet og bedre sedimenteringsegenskaper for biomassen. På bakgrunn av dette konkluderte man med at en to-trinns prosess er å foretrekke selv om den er mer komplisert enn en-trinns-prosessen både i anlegg og drift.

De tyske forsøkene omfatter også både to-trinns prosess med eget hydrolysetrinn og en-trinns prosess. Forsøkene ble utført på fettslam fra en kjøttbehandlerende industri gjengitt i tabell 3.3. Den hydrauliske oppholdstiden varierte fra 26 dager i to trinns prosessen (11 dager i hydrolysereaktoren og 15 dager i metanreaktoren) til 30-46 dager i forsøkene med en-trinns prosess. Prosessene var ikke forsøkt optimalisert med hensyn på oppholdstid, blant annet var det ikke inkludert slamretur, noe som vill ha redusert oppholdstiden noe. Ved begge prosessene ble det oppnådd en reduksjon av fettinnhold, KOF og organisk tørrstoff på henholdsvis ca 90, 70-80 og ca 80 % ved en organisk belastning på rundt 2,5 kgVVS/m³ d. Metaninnholdet i biogassen var ca 70-75 % i alle tilfellene. I en-trinns prosessen var biogassproduksjonen 0,6-0,87 Nm³/kg tilført organisk tørrstoff (VVS) eller 0,87-1,32 Nm³/kg tilført fett. I to-trinns prosessen var de tilsvarende tallene i metanreaktoren 1,03 Nm³/kg og 0,6-0,87 Nm³/kg.

I motsetning til i det svenske arbeidet konkluderer man i den tyske undersøkelsen at en-trinns anlegg er å foretrekke framfor to-trinns. Dette ble begrunnet med at et-trinns anlegg har lavere investeringskostnad, er mindre komplisert og prosess-styringen er enklere. At den hydrauliske oppholdstiden er større for en-trinns anlegg i forsøkene tillegges ikke så stor betydning da en regner med å få redusert denne en del ved en optimalisering av prosessen blant annet ved å benytte slamretur.

Da fettslammengdene i vår sammenheng normalt er små vil et eget biogassanlegg for fettslam alene bli en svært kostbar løsning. Der det eventuelt kan forsvares er i de tilfeller der en har en spesiell industri som produsere mye fettslamavfall. Et eksempel på dette er Filborna Biogassanlegg i Helsingborg [26,27]. Dette anlegget behandler i hovedsak fettslam fra en lokal gelatinfabrikk (15 000 t/år) i tillegg til 2-3 000 tonn fettslam fra et slakteri. Slammet tømmer i en 900 m³ stor mottakstank og pumpes fra denne med en skjærende pumpe (knivpumpe) til en varmeveksler. Denne er utviklet spesielt for anlegget og drives kontinuerlig. Kapasiteten er 5 m³/h og den gir hygienisering ved 70 °C i en time. Videre pumping skjer med eksenterskruepumper. Utråningen foregår mesofilt (37 °C) i to tanker à 3000 m³ med hydraulisk oppholdstid på 4 uker. Oppvarmingen skjer gjennom slamsirkulasjon, 1 m³/min via varmeveksler på reaktorenes utside. Det ferdige utrånede slammet har 8 %TS og lagres i en 800 m³ stor lagertank før det hentes for spredning på åker. Biogassen benyttes til intern oppvarming og for ekstern leveranse i form av varme og el samt leveranse av drivstoff til 10-12 personbiler via en nyoppført tankstasjon. Anlegget har kostet ca 20 millioner kroner.

8.2.3 Sambehandling med annet organisk avfall i rene biogassanlegg

I blant annet Danmark og Sverige er det i de siste årene bygget flere rene biogassanlegg for forskjellige typer organisk avfall [25]. Dette kan være matavfall fra storkjøkkener og husholdninger, slakteriavfall, fiskeslam og annet avfall fra næringsmiddelindustri, husdyrgjødsel og halm etc. Erfaringene fra Sverige viser at det fordelaktig å ha et visst innslag

av fiberrikt avfall i «råstoffet» som for eksempel husdyrgjødsel og/eller matavfall etc og ikke bare behandle rent næringsmiddelavfall og fettslam. Innblanding av slikt fiberrikt materiale gjør at de biologiske prosessene blir mer stabile. I tillegg gir dette en stabil tilgang på større avfallsmengder slik at økonomien i prosjektet blir bedre.

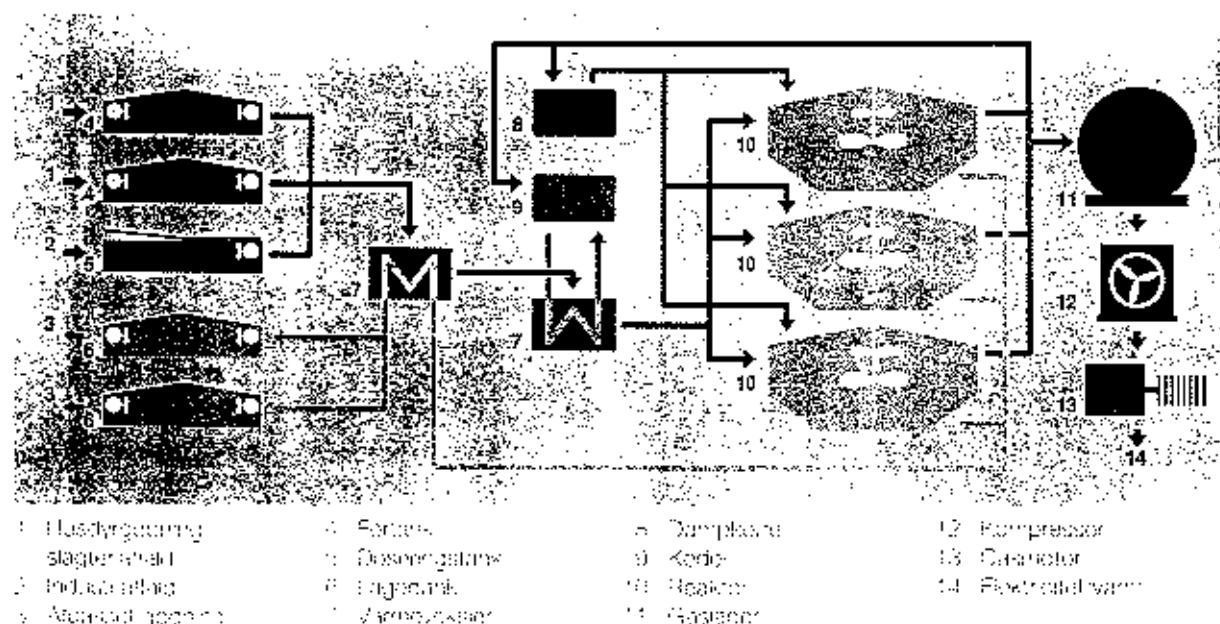
Eksempler på slike anlegg i Sverige er biogassanlegg i Borås (6 000 tonn husholdningsavfall pr år), Eslöv (næringsmiddelavfall og eventuelt kildesortert husholdningsavfall), Kristianstad (73 000 tonn husdyrgjødsel og matavfall pr år), Laholm (120 tonn husdyrgjødsel og næringsmiddelavfall pr dag), Linköping (husdyrgjødsel og slakteriavfall) og Uppsala (32 000 tonn husdyrgjødsel og avfall fra slakteri og storkjøkken pr år) samt anlegget i Helsingborg omtalt ovenfor.

I Danmark er det flere anlegg. Et av disse er Ribe Biogas A/S. Dette ble besøkt som et av befaringsmålene i forbindelse med dette prosjektet, og skal derfor refereres noe mer inngående i det følgende.

Ribe Biogas A/S

Ribe Biogas har vært i drift siden 1990 og er Danmarks største rene biogassanlegg. Det eies av en sammenslutning av blant annet lokale bønder, Vestjyske Slagterier og Sønderjyllands Højspendingsverk.

Et forenklet flytskjema for anlegget er vist på figur 8.2.



Figur 8.2 Forenklet flytskjema for Ribe Biogas

Bakgrunnen for etableringen av anlegget var skjerpede miljøkrav til oppbevaring og utspreiding av husdyrgjødsel.

Anlegget mottar husdyrgjødsel fra storfe og svin fra ca 120 gårdbrukere i området, slakteriavfall og forskjellig annen type organisk avfall fra øvrig industri, deriblant fettslam fra fettavskillere som er foravvannet i MOOS avvanningsbil (jfr kapittel 6.4).

Formålet med anlegget er å produsere et gjødselprodukt fri for smittekim og ugrasfrø, og som kan spredes uten luktulempne for omgivelsene, samt å redusere tørrstoffmengden og produsere biogass som kan utnyttes kommersielt.

Det er en overbygd hall for lossing av flytende husdyrgjødsel og slakteriavfall ned i to mottakstanker à 680 m³. Disse er begge utstyrt med propellomrørere. I denne hallen hentes også den ferdige biomassen som så kjøres med de samme bilene i retur til jordbrukerne. Bilene vaskes i hallen før utkjøring for å bedre de hygieniske forholdene og unngå spredning av plantesykdommer etc.

Mer fast avfall som for eksempel avvannet fettavskiller slam, har et eget mottak utendørs. Her tippes avfallet ned i en nedgravd tank på 150 m³ der det kan oppblandes med varmt bioslam fra råtnetankene. Tanken er utstyrt med propellomrører for homogenisering. Fra denne tanken pumpes massen, som da skal ha et maksimalt TS-innhold på 6-7 %TS, med en eksenterskruepumpe til et felles varmeveksleranlegg. Varmevekslerene er av type spiralvekslere fra Alfa Laval. Det veksles både på ferdig behandlet slam fra råtnetankene og varmt vann.

Etter oppvarmingen ledes biomassen til 3 utråningstanker med volum 1.750 m³ hver. Utråningen drives termofilt med temperatur i området 50-53 grader i 12-14 døgn. For hygienisering er kravet 53 grader i minst 4 timer, og anlegget drives slik at dette oppnås. Ved en så høy prosess temperatur foregår nedbrytingen raskere enn ved de normale 37 gradene slik at en oppholdstid på 12-14 døgn er tilstrekkelig for å få et stabilt og luktfritt produkt. Ved å benytte en så høy temperatur kan en da redusere reaktorvolumet og samtidig oppnå en tilfredsstillende hygienisering.

Anlegget er dimensjonert for en biomassetilførsel på 400 m³/døgn i gjennomsnitt. Fettslammengden er relativ liten i forhold til dette. De hadde ikke noe nøyaktig tall, men anslø fettslammtilførselen i gjennomsnitt til ca et lass eller 10 m³ pr uke. Dette er vel og merke fettslam som for en stor del er samlet inn med MOOS avvanningsbil slik at det er relativt konsentrert fett med lite vann.

Det produseres ca 12.000 Nm³ biogass pr dag med et metaninnhold på 55-65 %. Noe av gassen kan brukes til oppvarming av slammet på anlegget ved avbrenning i kjelanlegg for produksjon av varmt vann og damp, mens resten komprimeres og sendes i en 2,5 km lang gassledning til et fjernvarmeanlegg der den omsettes til fjernvarme og elektrisitet i en gassmotor. Tabell 8.1 viser energiproduksjonen.

Tabell 8.1: Energiproduksjonen utfra en biomassetilførsel på 400 m³ pr dag

	Energimengde pr døgn (MWh/døgn)	Prosentvis fordeling (%)	Energimengde pr m ³ biomasse kWh/m ³
Total biogassproduksjon	77	100	190
- Forbruk prosessvarme	12	15,5	30
- Forbruk el	2	2,5	5
Netto energioverskudd	63	82	155

Av tabellen ser en at 82 % av energipotensialet i den produserte gassen kan gå til eksternt forbruk. I dette tilfellet benyttes dette til å forsyne mer enn 500 bolighus med både varme og el som leveres fra det nevnte fjernvarmeanlegget.

Når det gjelder erfaringene med mottak av fettslam er disse positive. En har hatt noen problemer med at fett har medført tetting av pumpeledningen fra mottakstanken, men dette ble ikke karakterisert som noe stort problem. Når det gjelder energiproduksjonen hadde en ikke noen oversikt over hva fettslammet betydde for denne, men at det har en positiv effekt er helt tydelig.

8.2.4 Sambehandling med renseanleggslam

En svært aktuell løsning er å behandle fettslammet sammen med renseanleggslammet på eksisterende utrátnings-/hygieniseringsanlegg for slam på renseanleggene. Det er nå 15-20 slike anlegg i drift fordelt over store deler av landet. Disse anleggene er som regel konservativt dimensjonert i forhold til den reelle belastningen og vil i de fleste tilfellene ha rikelig reservekapasitet til også å kunne behandle fettslammet i området og eventuelt også tilstøtende områder. Det gasspotensialet som fettslammet representerer vil være gunstig å få utnyttet på denne måten. Det er imidlertid visse problemer og usikkerheter forbundet med dette, som den praktiske utførelsen av mottaket for fettslammet og innpumpingen videre, samt eventuelle problemer i varmevekslere som økt avleiring og skumming i rånetankene. Nå vil imidlertid fettslammengden normalt være svært liten i forhold til de øvrige slammengdene slik at en vil ha en betydelig fortynning, noe som vil redusere de eventuelle negative effektene av fettslammet.

Ifer til lands er det få erfaringer med behandling av fettslam i noe større omfang på denne måten. Dette gjøres imidlertid ved flere anlegg i blant annet Danmark. For å få førstehånds kjennskap til hvordan dette er løst og hvilke erfaringer en har ble det som en del av prosjektet gjennomført en befaring til noen av disse anleggene. I det følgende skal resultatet fra denne befaringen presenteres sammen med de få norske erfaringene en har med dette samt

erfaringene fra et svensk anlegg. En har valgt å gi en forholdsvis omfattende presentasjon av de danske anleggene da fettslamproblematikken må sees i sammenheng med anlegget forøvrig.

De danske anleggene som ble besøkt var i tillegg til Ribe Biogas som er omtalt tidligere, Grindsted RA, Marselisborg RA og Viby RA.

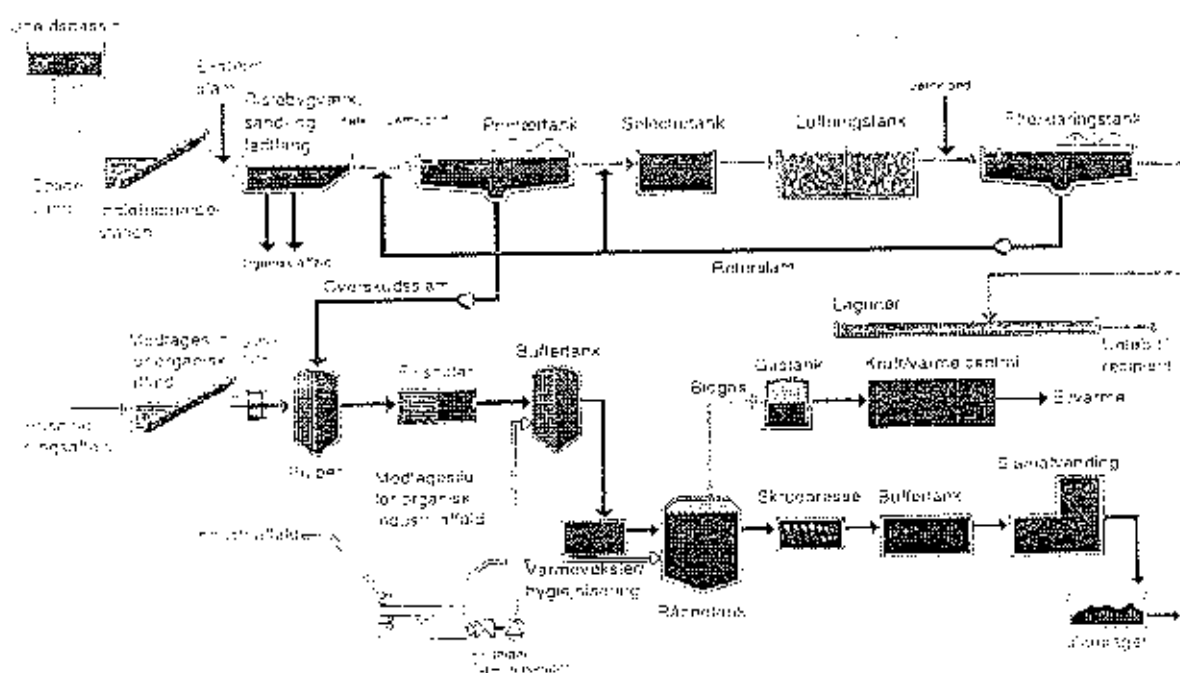
Det svenske og de norske anleggene som skal omtales der en har erfaring med fettslammottak er Öresundsverket i Helsingborg, Odderøya RA i Kristiansand, Enga RA i Sandefjord og Sentralrenseanlegget for Nord-Jæren i Stavanger.

Grindsted RA

Grindsted RA er et mekanisk/biologisk renseanlegg basert på en BIO-DENITRO-prosess for biologisk fjerning av organisk stoff og nitrogen. Fosfor fjernes ved kjemisk felling. Selve renseanlegget ble satt i drift i 1994 og det er dimensjonert for 70.000 PE.

Årsaken til at vi besøkte anlegget er at det har et spesielt slambehandlingsanlegg der en både skal behandle renseanleggs slammet og tilkjørt våtorganisk avfall av forskjellige typer i et felles biomasseanlegg. Anlegget er under oppstartning og når vi var der hadde en kun begynt behandlingen av slam fra renseanlegget. En hadde således ennå ingen erfaring med de andre avfallstypene.

Figur 8.3 viser et forenklet flytskjema over anlegget. Av dette ser en at alle avfallstypene behandles i et felles hygieniserings og utråtningsanlegg for produksjon av biogass og et stabilisert og hygienisert slam som ble avvannet på anlegget. Biogassen vil dekke 80-100 % av hele anleggets totale energibehov. Etter avvanning pumpes slammet til slamlager der det skal mellomlagres i 9 måneder før det skal anvendes på landbruksarealer eller i skogbruk.



Figur 8.3 Forenklet flytskjema for Grindsted RA

Biomasseanlegget er dimensjonert for å kunne behandle følgende avfallstyper:

1. Egenprodusert slam fra Grindsted RA.
2. Kildesortert våtorganisk husholdningsavfall fra ca 10.000 husholdninger i Grindsted og Billund kommuner.
3. Organisk industriavfall, blant annet flotasjonsslam fra næringsmiddelabrikk (Danisco AS), fettavskillerlam og eventuelt husdyrgjødsel.

Tabell 8.2 viser kapasiteten til biomasseanlegget.

Tabell 8.2 Biomasseanleggets kapasitet fordelt på avfallskategorier.

Avfallskategori	t/år	t TS/år
Renseanleggslam	43.750 (4%TS)	1.750
Kildesortert husholdningsavfall	2.400 (30%TS)	720
Organisk industriavfall	3.000 (7%TS)	200

Av flytskjemaet ser en at det er egne mottak for det våtorganiske husholdningsavfallet og for industriavfallet.

Husholdningsavfallet tømmes fra bilene i en utendørs mottaksbunker. Herfra transporteres det med et transportbånd med magnetavskiller til en buffersilo. Fra denne transporteres det med et nytt transportbånd til en «pulper» der det blandes med overskuddslammet fra renseanlegget til en passende konsistens. Pulperen er i prinsippet utført som en gigantisk food-prosessor med en roterende kniv i bunden. Mottaksanlegget fram til pulperen var forøvrig levert av Saxlund AS i Risør.

Fra pulperen blir så blandingen av husholdningsavfall og slam pumpet til en stor felles buffertank som også mottar det organiske industriavfallet. Som pumpe er det benyttet tannhjulspumpe og på sugesiden av pumpen er det montert en finsnitter av type SEEPEX-Maserator. I biomasseanlegget var forøvrig alle slampumpene utført som tannhjulspumper. Alternativt kunne en ha benyttet eksenterskrupumper og det var ikke noen spesiell faglig begrunnelse for at det var valgt tannhjulspumper. For å sikre god blanding av de forskjellige avfallskategoriene er buffertanken utstyrt med kraftige propellormørere i tre nivåer.

Industriavfallet etc mottas i et eget utendørs mottaksanlegg. Avfallet tømmes fra bilene ned i en nedgravd liggende GUP-tank på 30 m³ gjennom en kvadratisk lukeåpning som er utstyrt med grovrist/sikkerhetsnett med maskeåpning ca 15x15cm. Tanken er utstyrt med en propellormører for homogenisering. Den har også en returledning for varmt slam fra utråtningstanken. Dette både for å ha muligheten for å tynne ut avfallet og for å løse opp størknet fett samt forhindre fettavleiringer. Avfallet blir så pumpet til den felles buffertanken

med en tannhjulspumpe. Denne har også en SEEPEx finsnitter på sugesiden tilsvarende som for husholdningsavfallet. Pumpen og finsnitteren er plassert i en sjakt ved enden av mottakstanken. For å redusere trykkslagene ved pumpingen er det montert vindkjel på ledningen (dette var forøvrig tilfelle ved alle installasjonene med tannhjulspumper).

Etter den felles buffertanken skal blandingen pumpes til varmeveksler/hygieniseringsanlegg. Her varmes blandingen opp til 70 grader i minst 1 time. Varmeveksleren er av en spesiell Krüger - patent og foregår over 3 trinn. Varmevekslerene er utført som horisontale, konsentriske rør med grove dimensjoner for å redusere problemet med gjentetting.

Etter hygieniseringen pumpes blandingen videre til utråkning i **en felles** konvensjonell utråkningstank med volum 2.800m³. Råtnetanken skal i utgangspunktet drives mesofilt med en prosessstemperatur på 35 grader. Den er imidlertid forberedt for termofil drift med en prosessstemperatur på 55 grader.

Biogassen fra utråkningstanken tilføres en gassstank utført som membrantank med volum 500m³. Gassen utnyttes i et kraft-/varmeanlegg der det produseres el og varme. El produseres i en gassmotor der kjølevannet utnyttes til oppvarmingen av slamblandingene i varmevekslerene. På denne måten får en utnyttet mesteparten av energien i biogassen. Som reserve, for blant annet bruk når gassmotoren er ute av drift, er det installert en fyrkjel for olje og gass. Kraft-/varmesentralen har en effekt på 0,5-1 MW. Eventuell overskuddsgass brennes av i fakkel.

Det utråtnede slammet pumpes til en buffertank via en separator utført som en skruepresse, der eventuelle større partikler som plaststykker etc, sorteres fra. Deretter avvannes slamblandingene i en silbåndpresse til 25-30 %TS.

Etter avvanning pumpes slammet med en tørrslampumpe til et slamlager som er plassert i en egen overdekket bygning. Lageret er på 1.900 m² og kan romme en slammengde på 5.500 m³ slik at en har lagringskapasitet for ca 9 måneders produksjon. Sigevannet samles opp på et betonggulv under massen og føres tilbake til renseanlegget.

Slammet er forutsatt benyttet på jordbruk eller i skogbruk. Bruken av slam fra renseanlegg og kildesortert våtorganisk husholdningsavfall i jordbrukssammenheng, er underlagt bestemmelsene i det danske Miljøministeriets kunngjøring nr 730 av 5.9.1995 om anvendelse av avfallsprodukter til jordbruksformål, og kan anvendes i jordbruket uten ytterligere godkjenning når det er behandlet som på anlegget og forøvrig tilfredsstiller kravene i kunngjøringen. Når det gjelder bruk av slam med innhold av organisk industriavfall er dette underlagt bestemmelsene i den samme kunngjøringen, og kan benyttes til jordbruksformål om det er egnet til dette, og innholdet av eventuelle miljøskadelige stoffer ikke overskrider visse grenseverdier. Visse typer organisk industriavfall trenger imidlertid en særskilt tillatelse fra Amtet (Fylket) om det skal brukes i jordbruket. De typene som kan brukes direkte går fram av en egen liste i kunngjøringen.

Anlegget inklusiv renseanlegget, har en total anleggskostnad på ca 160 millioner danske kroner.

Anlegget er på mange måter et pioneranlegg ved at så mange typer avfall skal kunne behandles på anlegget. Da erfaringsgrunnlaget er mangelfullt når det både gjelder enkelte deler av utstyret og den sammenhengen det skal brukes i, må en regne med en viss innkjøringsperiode

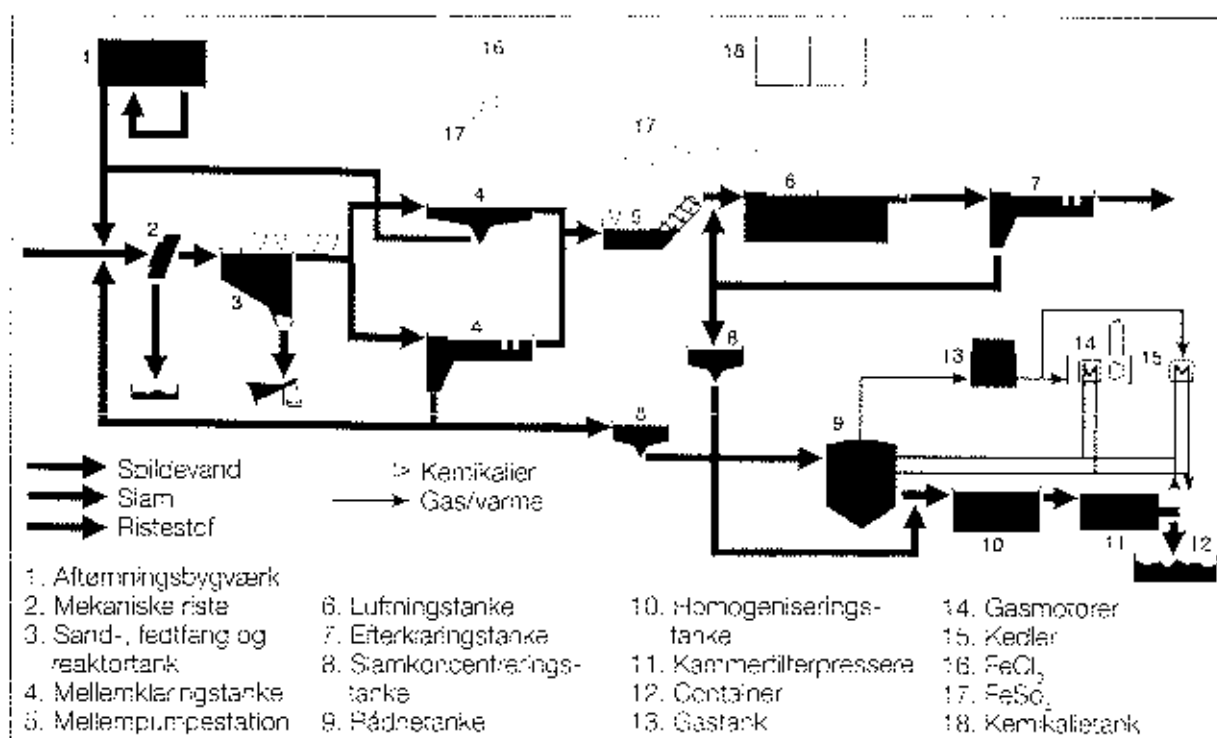
der en trolig må foreta en del justeringer og endringer. Det blir derfor interessant å følge med på utviklingen av anlegget når det kommer skikkelig i gang og trolig vil konseptet også være av stor interesse her til lands.

Marselisborg RA

Marselisborg RA er hovedrenseanlegget for Århus. Det er dimensjonert for en organisk belastning på 220.000 PE. Det er mye næringsmiddelindustri knyttet til anlegget som medfører at den organiske belastningen til tider kan være vesentlig større. Tidligere var en større matoljefabrikk knyttet til, den er for tiden innstilt, og den organiske belastningen var da oppe i ca 300.000 PE. Den rene spillvannsbelastningen til anlegget er beregnet til 45.000 m³/døgn. Den dimensjonerende tilrenningen er imidlertid vesentlig større enn dette. Maksimal tørrvæstilrenning er angitt til 3.600 m³/h og maksimal tilrenning ved regnvær er hele 10.000 m³/h. Den store variasjonen i tilrenningen skyldes at mesteparten av tilrenningsområdet er kloakkert etter fellessystemet, blant annet Århus sentrum.

Figur 8.4 viser et forenklet flytskjema for anlegget.

Anlegget har i årene 1986-90 vært gjennom en større utbygging og er nå et mekanisk/kjemisk/biologisk anlegg. Den biologiske delen er en BIO-DENITRO-prosess der nitrogen fjernes biologisk. Fosfor fjernes i utgangspunktet ved flokkulering gjennom forfelling og simultanfelling med henholdsvis bruk av jernklorid og jernsulfat. I den senere tiden har en imidlertid observert en relativ betydelig biologisk fosforfjerning på anlegget slik at bruken av fellingskjemikalier nå er redusert kraftig i forhold til hva som er brukt tidligere. De gjennomsnittlige utslippskravene er på 8 mgN/l, 1,5 mgP/l og 15 mg BOP5/l.



Figur 8.4 Forenklet flytskjema for Marselisborg RA

Anlegget har en konvensjonell slambehandling med utråtning uten hygienisering, og avvanning i kammerfilterpresser til 25 %TS. Pr dato går alt slammet til forbrenning i et stort avfalls-forbrenningsanlegg da landbruket ikke vil ta imot det. Det produseres ca 50 tonn slam pr dag med 25 % TS slik at tørrstoffproduksjonen er på ca 12,5 t/d.

Råslammet foravvannes til ca 6 %TS og pumpes deretter via varmevekslere til 3 råtnetanker på 2.000 m³ hver. Som slampumper ble det i stor grad benyttet skrue-sentrifugalpumper (type Hidrostat eller tilsvarende).

I gjennomsnitt belastes råtneanlegget med en slammengde på ca 300 m³/d slik at den hydrauliske oppholdstiden er ca 20 døgn. Råtneanlegget drives mesofilt med prosessstemperatur 37 grader. Det arbeides imidlertid med å få lagt om driften til en termofil prosess med temperatur på minst 50 grader. Årsaken til dette er ikke at anlegget er overbelastet, men at en ønsker å få ført nedbrytingen videre for å redusere tørrstoffmengden ut av anlegget for å få redusert mengden slam til forbrenning.

Biogassen fra utråtningen går til en membrantank for mellomlagring, og brukes til oppvarming av vann ved avbrenning i en kjel eller til drift av 3 stykk gassmotorer som daglig produserer en el-mengde på 9.500 kWh og en varmemengde på 19.000 kWh. Den produserte el-mengden dekker ca 70 % av rense- og slambehandlingsanleggets totale el-behov.

På anlegget er det et **eget mottaksanlegg for fettslam**. Rundt på anlegget er det også noen egne fettkummer for fettslam som fjernes i prosessen i fettfangene i forbindelse med sandfangene og i flyteslamavdragene i forsedimenteringsbassengene.

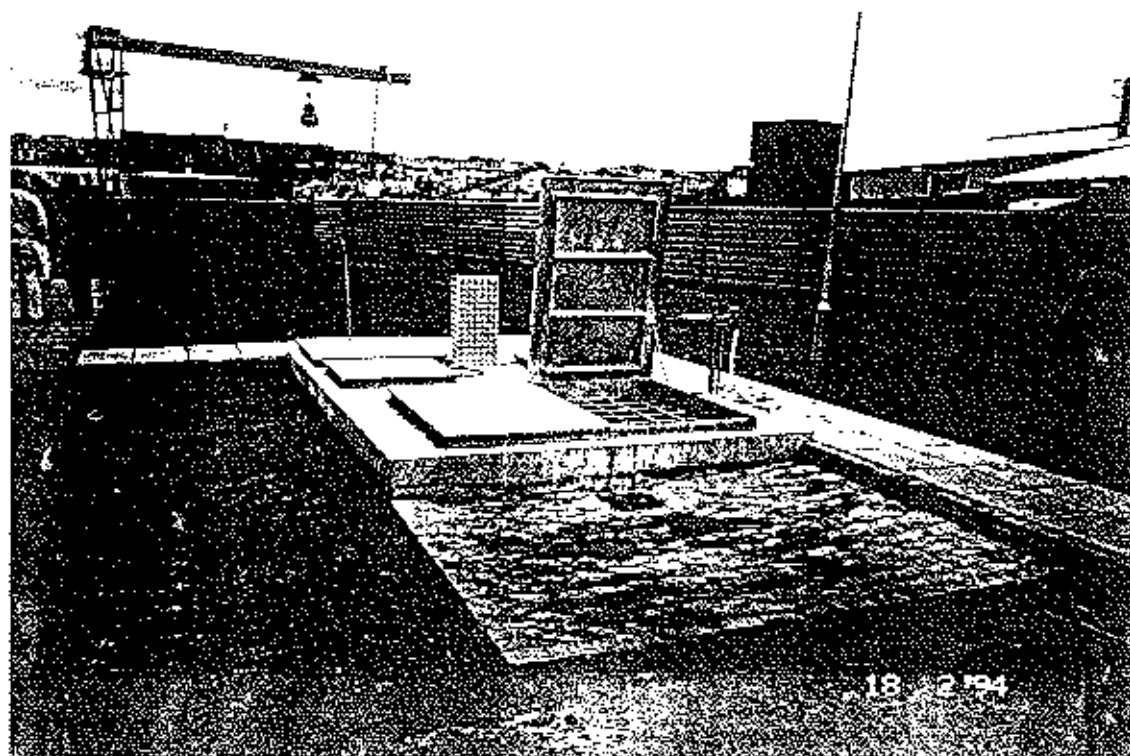
Anlegget har også mottak av septikslam. Dette har en svært enkel utforming ved at bilene tømmer slammet direkte via en fast ledning, i innløpskanalen foran innløpsristene. Som innløpsrister er det montert 3 stykk relativt grove (15mm) trapperister. Ristgodset blir vasket i en skråstilt skrue med perforert trau (hull Ø10mm) før det havner i containeren og transporteres til forbrenning.

Vanlig fettslam fra fettavskillere fra restauranter etc. hentes med tradisjonelle slamsugebiler. Dette leveres inn på anlegget via septikmottaket. Grunnen til dette er at en har erfart at dette slammet inneholder en del sand og andre fremmedstoffer som en ønsker å få separert fra før slammet går inn på slambehandlingslinjen. Fettfraksjonen samt øvrig flyteslam som avskilles gjennom anlegget samles da opp i de lokale flyteslammommene på anlegget. Her vil det skje en oppkonsentrering ved at vannfasen samles i bunnen. Slamfasen samles opp med jevne mellomrom med slamsugebil som leies inn for anledningen, og denne transporterer slammet til det spesielle fettslammottaket.

Renere fettslam tømmes direkte i fettslammottaket. Dette er i hovedsak fettslam fra næringsmiddelindustrien som meieri, slakteri etc. Dette slammet har en mer homogen karakter og har et beskjedent innhold av fremmedstoffer i forhold til det vanlige fettslammet. Det er også som regel mer konsentrert da det ofte er flotasjonsslam fra flotasjonsanlegg på den enkelte bedriften.

Normalt leveres det ca 3-5 m³ fettslam til fettslammottaket pr uke fra fettslammommene på anlegget eller direkte fra industrien om slammet herfra er av en slik karakter et en ikke ønsker en forbehandling av det gjennom rensaanlegget.

Fettslammottaket er vist på figur 8.5.



Figur 8.5 Fettslammottaket på Marselisborg RA

Som en ser er fettslammottaket plassert utendørs og er utformet som en nedgravd firkantet betongkum med volum ca 15 m³. Slammet tømmes ned i kummen fra bilene via en lukeåpning. I kummen er det montert en strømsetter for homogenisering. For å unngå storkning og for å få et passende tørrstoffinnhold tilsettes varmt slam fra råtnetankene til kummen. En typisk blanding kan være like deler fettslam og varmt slam fra råtnetankene. Denne blandingen pumpes så inn på den ordinære slamtilførselsledningen til varmevekslerene/råtnetankene med en kvernpumpe type ABS Piranha som er plassert dykket i mottakskummen. Innpumpingen skjer manuelt med betjeningspanel ved mottakskummen slik at en visuelt kan følge pumpeforløpet. Under dette er den tanken en pumper mot satt i manuell slik at det ikke pumpes vanlig slam til denne samtidig. Ved avsluttet pumping kan en la varmt slam fra råtnetanken gå i retur i ledningen for utspyling av denne for å hindre storkning av fett i ledningen.

Råtnetankene er utstyrt med en vertikal aksel med tre horisontale propellomrørere i forskjellige nivåer. Den øverste ligger rett under overflaten. For blant annet å forhindre flyteslammansamling i tankene skiftes omdreiningstretningen på omrørerne et par ganger i døgnet. Når dette gjøres senkes vannspeilet i deler av tanken pga hevegelsen, og den øverste omrøreren tar tak i overflatevannet og et eventuelt flyteslamlag/skorpe vil bli slutt i stykker.

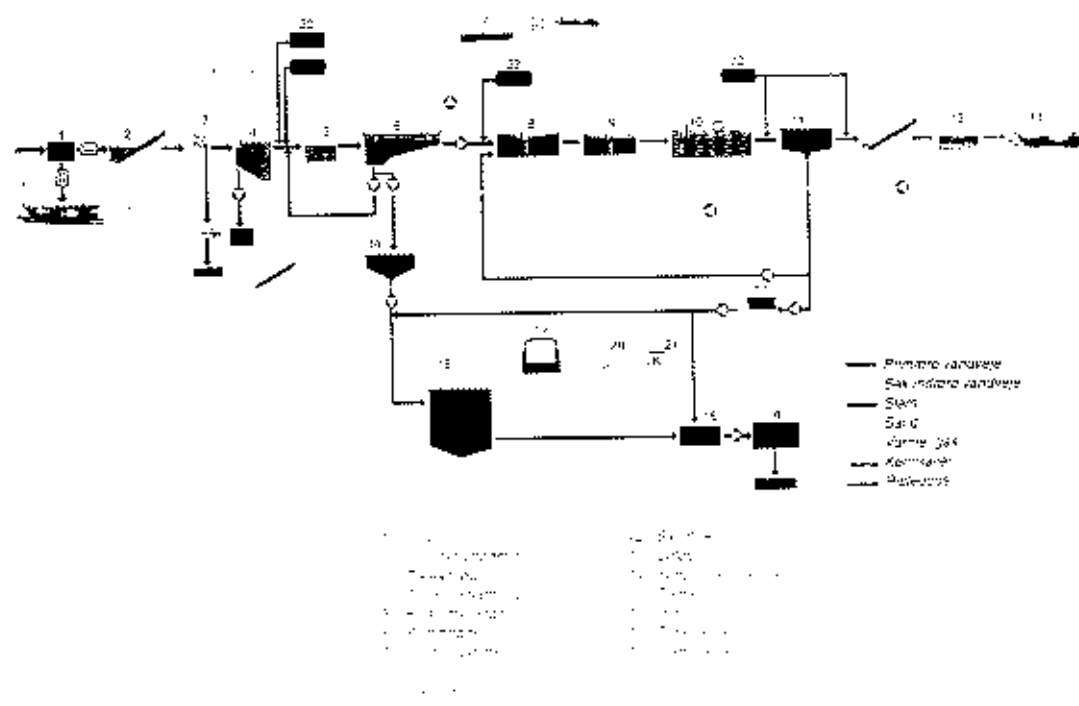
Erfaringene med fettslammottaker og behandlingen av dette i den videre slambehandlingen, er positive. Det ble imidlertid understreket at fettslam kan være svært korrosivt på grunn av utvikling av fettsyre og at det er viktig å benytte materialer med god motstand mot korrosjon.

i utstyr nede i mottakskummen. Alternativt kan en benytte rimeligere utstyr, men en må da regne med en del utskifting og økt vedlikeholdsbehov. Det er ikke observert noen spesielle problemer i noen deler av prosessen på grunn av dette slamm. Det er heller ikke noen problemer med flyteslamskorpe i rånetankene. Om dette skylles den omtalte driften av omrørerne eller ikke vites ikke. I denne sammenhengen må det imidlertid understrekes at fettslammengdene er svært små i forhold til de øvrige slammengdene som går til råneanlegget. Når det gjelder gassproduksjonen har en ikke spesifikke tall som viser effekten av fettslammet. Det er imidlertid observert en betraktelig økning av produksjonen i kjølevannet av dosering av særlig visse typer fettslam (slam fra meieri nevnes spesielt). Fra anleggets side er man derfor takknemlig for alt fettslam en kan få inn i prosessen.

Viby RA

Viby RA er det nest største renseanlegget i Århus. Det er dimensjonert for en tilknytting på 100.000 PE. Det er dimensjonert for en maksimal tørrværstilrenning på 2.000 m³/h og en maksimal tilrenning ved regnvær på 3.000 m³/h. Tilrenningsområdet har i hovedsak separatsystem, derav den relativt lille variasjonen i vannføringen ved tørrvær og regn. Området er i hovedsak boligområder og andelen industriavløp er vesentlig mindre enn ved Mørelisborg RA og da særlig for tiden grunnet innstilling av en større næringsmiddelvirksomhet.

Flytskjema for anlegget er gjengitt i figur 8.6. Anlegget slik det fremstår i dag er fra 1993. Det er et mekanisk/biologisk anlegg der den biologiske delen er en BIO-DENITRO-prosess med biologisk fjerning av både nitrogen og fosfor. Anleggets resipient er en lite vassdrag og dette medfører at utslippskravene, og da særlig mhp fosfor, er relativt strenge. Maks midlere grense for fosfor er da 0,4 mgP/l, nitrogen 8 mgN/l og organisk stoff 10 mgBOF5/l. Det strenge fosforkravet gjør det nødvendig med noe bruk av fellingsskjemikalier.



Figur 8.6 Forenklet flytskjema for Viby RA (fremmedslam-/fettslammottaket er ikke vist)

Anlegget har en tradisjonell slambehandling bestående av fortykning av primærslam, foravvanning av overskuddslam, utråtning og avvanning i kammerfilterpresser. Det er ikke hygienisering av slammene. Utråtningen foregår ved ca 38 grader i opptil 4 stk råtnetanker med volum 1.300 m³ hver dvs totalt 5.200 m³. Slammengden til utråtning er pr dato ca 200 m³ pr døgn noe som vil gi en hydraulisk oppholdstid på 26 døgn om alle tankene er i funksjon. Anlegget er derfor lavt belastet. Dette gjør det mulig å benytte en av råtnetankene til hydrolyse av primærslammet. Dette gjøres ved en temperatur på 20 grader i ca 3-5 døgn. Etter dette foravvannes slammene og pumpes videre til utråtning. Rejektet fra foravvanningen av det hydrolyserte slammene brukes så som karbonkilde i det biologiske rensetrinnet.

Anlegget behandler også våtslam og fettslam fra andre, mindre renseanlegg (ca 20 stk) i kommunen som ikke har egen slambehandling. For dette er det bygd et eget mottaksanlegg. Dette består av en utendørs, nedgravd betongtank på 30 m³ der slammene tømmeres via en ca 2,5 m bred lukeåpning som er utstyrt med en fast rist med lysåpning 10 mm. Tanken er utstyrt med en strømsetter for homogenisering og for å forhindre sedimentering. Slammene pumpes så til en og samme utråtningstank via en egen pumpeledning med en Hidrostat skrue-sentrifugalpumpe som står i pumpekjelleren ved siden av kummen. Pumpe og omrører heljenes med egne brytere ved mottaket slik at utpumpingen kan følges visuelt. Som på de andre anleggene er det mulig å kjøre varmt slam i retur i pumpeledningen fra råtnetanken. Dette både for å få ledningen gjennomspylt for å forhindre gjennetting på grunn av størket fett etc, og for å kunne blande ut det tilkjørte slammene om det har for høy tørrstoffinnhold, samt varme det opp for å forhindre størkning av fettslammene.

Erfaringene fra mottak og behandling av fremmedslam og fettslam er gode. Det er observert en merkbar økning i gassproduksjonen ved tilførsel av fettslammene. Mengde fettslam er imidlertid relativt liten, og kan utgjøre ca 15 m³ pr 14. dag.

Hele slamproduksjonen benyttes i dag i jordbruket. Biogassen benyttes til oppvarming av slammene og til produksjon av el i en gassmotor på 180 kW.

Öresundsverket

Öresundsverket er et stort kjemisk/biologisk renseanlegg for Helsingborg. Slambehandlingen er utråtning uten hygienisering. Utråtningen foregår i to råtnetanker, hver på 3 100 m³, som er koblet i serie.

Fra 1991 og fram til nylig har en tatt imot og behandlet relativt store mengder med eksternt fettslam fra vanlige fettavskillere på anlegget. Nå går dette til annen behandling. Årsaken til dette er imidlertid ikke at det medførte så store problemer på anlegget at en ikke ville ta imot det lenger.

Fettslammene ble tømt direkte fra slamsugebilene i en egen mottakstank på anlegget. Fra denne ble det pumpet til utråtningsanlegget med en kvernpumpe da en viss oppmaling var nødvendig for knusing av bein og liknende.

Fettslamhåndteringen har ikke medført problemer bortsett fra to forhold /28/:

1. Pumpeledningen for fettslam ble tett på grunn av fettavleiringer.
2. Økte problemer med skum og flyteslam i råtnetankene.

Fettavleiringene i pumpeledningen medførte at denne måtte rengjøres med varmt vann og lut med jevne mellomrom.

I råtnetankene var det opprinnelig bare en saktegående propellomrører. Denne ga ikke nok bevegelse slik at en fikk problemer med skum og flyteslam. Dette ble løst ved å montere en hurtigomrører i overflaten i hver tank.

En observert tydelig økning i gassproduksjonen ved tilførsel av fettslammet.

Odderøya RA

Odderøya RA i Kristiansand er et primærfellingsanlegg dimensjonert for 61 000 pe. Det har slambehandling i form av aerob, termofil hygienisering og utråkning. Utråkningen foregår i to tanker, hver på 1 500 m³. Slambebehandlingsanlegget er rikelig dimensjonert da en også har lagt forholdene til rette for eventuelt mottak av avvannet råslam fra andre renseanlegg.

Anlegget er opprinnelig utstyrt med et septikslammottak bestående av rist og sandfang. Dette er ikke i bruk idet en har valgt å pumpe septikslammet direkte opp i kanalen rett foran innløpsristene til renseanlegget. I det siste året har en også tatt imot fettslam fra fettavskillerne i kommunene. Totalt er det ca 80 fettavskillere i kommunen og det hentes ca 400 m³ fettslam årlig fra disse. Det fettslammet som inneholder lite fett og eventuelt mye sedimentert slam håndteres på samme måte som septikslammet. For det øvrige benyttes det ledige septikslamsandfanget som mottakstank ved at bilene tømmer direkte i dette via en slange. Anlegget har 4 store fortykkere hver på ca 200 m³. En av disse er utstyrt med en kraftig strømsetter og benyttes ikke som fortykker, men som blande-basseng for fettslam og fortykket slam fra renseanlegget. Fettslammet pumpes da til denne fra mottakstanken med en eksisterende eksenterskruepumpe og fortykket renseanleggsslam pumpes over fra en av de andre fortykkerene. Eksenterskruepumpen som benyttes til fettslammet har gearmotor og har kapasitet opp til 25 l/s. De to slamtypene blandes så ved hjelp av strømsetteren og omrøringen er også så kraftig at fettslammet ikke legger seg på toppen. Deretter pumpes den homogeniserte blandingen til slambebehandlingsanlegget på vanlig måte.

Eventuelt sedimentert materiale i fettslammottaket som en ikke ønsker å pumpe videre sammen med fett delen, kan pumpes opp i renseanlegget med sandpumpen i det opprinnelige septiksandfanget.

Til nå er det ikke registrert noen negative effekter som kan tilbakeføres til fettslammet. Da mengdene er relativt små er det vanskelig å påvise noen vesentlig økt gassproduksjon på grunn av dette, men trolig er det en viss positiv effekt. Teoretisk er det beregnet at fettslammet skulle medføre en økning på opptil ca 5 % av gassproduksjonen (29).

Under planleggingen av systemet var en ut fra erfaringene fra andre anlegg, engstelig for tilstopping av pumpeledningen på grunn av fett, og det ble lagt opp til spyling av denne med varmtvann. Det har vist seg at det ikke har vært behov for dette til tross for at ledningen er relativt lang. En grunn til dette kan være at hastigheten i pumpeledningen er stor idet pumpen som benyttes er relativt kraftig og vil gi en hastighet ved full ytelse på opptil 3 m/s i pumpeledningen som har dimensjon 100 mm.

Enga RA

Enga RA er et primærfellingsanlegg for Sandefjord kommune. På anlegget er det slambehandling i form av pasteurisering og utråtning.

En har tidligere prøvd å behandle fettslam fra kommunen sammen med renseanleggslammet i slambehandlingsanlegget. Det ble da blandet sammen med det øvrige slamm i en buffertank med strømsetter og så ble den homogeniserte slamblanding pumpet inn til pasteuriseringsanlegget på vanlig måte. Alt fungerte bra bortsett fra at en fikk betydelige problemer med ett par pumpetrinn i hygieniseringsanlegget. Pumpene var en eksenterskruepumpe og temperaturen på det aktuelle stedet var relativt høy, 50 og 70 °C. Det var ikke forventet at en skulle få problemer på dette stedet da en trodde at høy temperatur var gunstig. En fikk imidlertid en kraftig beleggdannelse på statoren i pumpene og da særlig i pumpen med høyest temperatur. En stor del av fettslammet som ble behandlet kommer fra et slakteri og inneholder mye proteiner. En forklaring kan da være at proteinene nærmest brant seg fast på grunn av temperaturen og forårsaket belegget. En observerte også pumping av kaldt fettslam med eksenterskruepumper medførte visse problemer da fettstoffer klinte seg til inne i pumpa slik at pumpingen ble vanskelig. Dette medførte at en til stadighet måtte rense og renovere de aktuelle pumpene og ulempene og kostnadene til dette ble så høye at en måtte stanse videre mottak av fettslam.

En er imidlertid svært interessert i å ta imot fettslammet på anlegget og det arbeides med planer om et nytt mottaksanlegg som en ønsker å få realisert i løpet av de nærmeste årene. Det legges da opp til en egen hygienisering av fettslammet slik at en ikke behøver å ta dette inn i det eksisterende pasteuriseringsanlegget der problemene oppsto. De foreliggende planene går da ut på at fettslammet mottas i en egen liggende tank der det oppvarmes til 70 °C ved varmeveksling med varmt vann. Varmt vann har en rikelig tilgang på fra det eksisterende anlegget. Hvorvidt en skal ha slamretur fra råtnetanken og omrøring i tanken er ikke fastlagt ennå. Etter en avkjøling skal så fettslammet pumpes direkte til råtnetanken med egen pumpe og egen pumpeledning. Ut fra de dårlige erfaringene en har hatt med bruk av eksenterskruepumpe for pumping av det aktuelle fettslammet ønsker en ikke å benytte slike pumper i denne sammenheng. Endelig pumpevalg er ikke foretatt, men skruesentrifugalpumpe type Hidrostaal eller tilsvarende kan være en aktuell løsning.

Sentralrenseanlegget for Nord-Jæren (SNJ)

Sentralrenseanlegget for Nord-Jæren ligger i Stavanger. Det er et primærfellingsanlegg dimensjonert for 240 000 pe. Slambehandlingen på anlegget består av mesofil utråtning med etterfølgende avvanning og deretter tørking. Før utråtningen er det en buffertank på 600 m³ og det er to råtnetanker på hver 3 500 m³. Etter utråtningen er det en ny buffertanker med volum 1 100 m³ for avgassing og mellomlagring av slamm for avvanning.

På anlegget er det nylig tatt i bruk et mottaksanlegg for septikslam og fettslam/fremmedslam /30/.

Septikslammet har egen mottakskum og pumpes fra denne direkte inn på innløpstunnelen til renseanlegget.

Fett-/fremmedslammottaket skal ta imot:

- Biologisk våtslam fra Vik RA (ca 90 m³ pr dag)
- Oppmalt fiskeavfallslam
- Fettslam fra næringsmiddelindustri blant annet Felleskjøpet
- Fettavskillerslam fra vanlige fettavskillere i storkjøkkener etc

Fett-/fremmedslammet tømmes først via luke eller rør i en mottakstank med volum ca 90 m³. I senter av tanken er det en slamfomme der det står en dykket gjødselpumpe av fabrikat Vaughan med kutteskive. Pumpemotoren står tørt på dekket over tanken. Pumpen har en kapasitet på 30 m³/ha (8 l/s). Ved å manøvrere ventiler over dekket kan denne pumpen enten pumpe slammet videre eller tilbake til mottakstanken via et dreibart returør som går ned i tanken. Dette røret har et 90 graders bend ved utløpet slik at utløpstrålen rettes horisontalt i tanken. Ved å dreie røret kan strålen rettes rundt i tanken. Formålet med dette er å få en spyling og blanding/homogenisering av tankinnholdet. En har også mottatt underhudsfett fra et garveri. Dette fett er spesielt og returpumpingen har ikke vært tilstrekkelig kraftig for å få en effektiv homogenisering og innblanding av dette fettslammet.

Det er en returledning for varmt slam fra råtnetankene til mottakstanken. Denne kan benyttes for utspeing av det mottatte slammet for å få en bedre konsistens på blandingen (for eksempel justering av TS) slik at den videre håndteringen forenkles. Da slammet i råtnetankene holder 35-37 °C vil en også få en oppvarming av det mottatte slammet på denne måten.

Ved viderepumping fra tanken pumper den omtalte pumpen slammet først til en slamkvern som er montert på ledningen og deretter inn på en Scepex eksenterskruepumpe. Denne pumper så slammet videre til den eksisterende buffertanken for råtnetankene. Der blandes det eksterne slammet med det egenproduserte slammet på renseanlegget og pumpes så videre sammen med dette til utråtningstankene.

All forurenset luft fra den nye mottaksanlegget renses i biofilter.

Til nå har det nye anlegget fungert bra bortsett fra det nevnte problemet med noe liten omrøringskapasitet ved mottak av det spesielle garverifettslammet. Det er ikke observert de samme problemene som en hadde ved Enga RA ved bruk av eksenterskruepumper noe som viser at det ofte er vanskelig å overføre erfaringer fra et anlegg til et annet da forholdene vil være forskjellige.

Konklusjon

Konklusjonen etter befaringen og innhentede opplysninger er helt entydig positive, dvs at det er fullt mulig å motta og behandle fettslam på eksisterende utråtningsanlegg på renseanlegg. Når det gjelder konkrete forhold kan nevnes:

- Det benyttes egne mottakstanker som fettslammet tømmes ned i. Disse har normalt et volum på 15-30 m³ og er utstyrt med omrøring med strømsetter eller med sirkulasjonspumping.
- Fettslammet pumpes til utråtningstank/varmeveksler, og forskjellige typer pumper er benyttet som gjødselpumper med kuttekniv, kvernpumper, skruce-sentrifugalpumper og tannhjulspumper. Der en også mottar industriavfall i større stil som kan inneholde store

mengder større partikler og gjenstander etc bør det inkluderes en oppmaling. Dette kan, som på Grindsted RA, gjøres i en finsnitter eller med slamkvern som på SNJ, som monteres på ledningen. Ved mindre mengder kan det være tilstrekkelig med en kvernpumpe som på Marselisborg RA.

- Vanlig fettslam fra fettavskillere kan inneholde en del fremmedstoffer (sand, grus etc) som det kan være fordelaktig å få fjernet før slammets pumpes til utråtningsanlegget. Ved et anlegg ble da slikt slam tatt inn på selve renseanlegget før innløpsrislene, og fettet ble så tatt ut i renseprosessen via fettfang og flyteslamavdrag, mens mer renere fettslam ble tilsatt direkte fra mottakskummen.
- Varmt slam fra råtnetankene benyttes for utblanding og spyling av pumpeledningene for å unngå fettavleiringer/størkning. Dette er et effektivt og enkelt tiltak som er benyttet på alle de besøkte anleggene i Danmark og på SNJ.
- Etter tilsetning av fettslammet det på flere anlegg observert en tydelig økning av gassproduksjonen. Bidraget på årsbasis er imidlertid ikke så stort da fettslammengdene tross alt er relativt små i forhold til de øvrige.
- Det er ikke observert noen problemer i råtnetankene på grunn av fettslammet bortsett fra ved Øresundsverket, der en fikk problemer med skum/flyteslam. Dette ble løst ved å montere ekstra stømsetter nær overflaten.
- Erfaringene fra Enga RA viser et fettslam kan medføre problemer i eksenterskruepumper i pasteuriseringen.
- De danske og svenske anleggene har ikke noe eget hygieniseringstrinn før utråtningen og en har da lite erfaring med hvordan fettslam påvirker driften av dette. Hvor ømfintlig anlegget er vil avhenge av anleggstype og anleggsutforming. Ved Odderøya RA der en har termofil aerob hygienisering, er det til nå ikke observert noen negative effekter som kan tilbakeføres til fettslammet. Ved Enga RA der en har pasteurisering er man mer skeptisk.

9 FORBRENNING

9.1 Generelt

Normalt vil en kunne regne med at tørrstoffet i fettslam vil ha en brennverdi på 30-35 MJ/kg. Av figur 3.1 ser en at fettslam da vil ha en positiv brennverdi ved forbrenning allerede ved et tørrstoffinnhold på 20 %. Det fettslammet en får ved tømning av fettavskillerne har imidlertid sjelden så høy tørrstoffprosent. Forbrenning av slikt slam vil da kun være aktuelt der en har et stort søppelforbrenningsanlegg der fettslammet kan blandes inn sammen med avfall med høyere brennverdi, og en samtidig aksepterer at fettslammet ikke skal bidra positivt.

9.2 Forbrenning ved positiv energibalanse

Forbrenning er mer aktuelt om fettslammet kan bidra positivt ved forbrenningen. Dette forutsetter at vanninnholdet er lavere enn 80 % og jo lavere desto bedre. Dette medfører at fettslammet må oppkonsentreres på forhånd. Aktuelle metoder er kan være innsamling med MOOS avvanningsutstyr eller behandling i stasjonært anlegg som beskrevet i kapittel 5.

Forbrenning av slikt fettslam kan være aktuelt flere steder. Eksempler på dette kan være Dentor/Norcems forbrenningsanlegg i Brevik. Forbrenningsanlegg for biobrensel burde også være aktuelle avtakere. Dette må imidlertid vurderes nærmere for det enkelte anlegget for avklaring av de reelle muligheten, mengder og krav til maks vanninnhold etc.

Tilnærmet rent fett som for eksempel frityrfett og eventuelt fettfraksjonen en taper av fettavskillere av type TM (jfr kap 6.2) eller tilsvarende kan også brukes som brensel i en del fyrkjeler som er basert på bruk av tungolje. Ett eksempel på dette er Bjugn Industrier i Sør-Trøndelag som er omtalt tidligere i kapittel 5.4. Her produseres det i første rekke protein fra fiskeavfall til kraftfôr. De har behov for mye varme til steriliseringen. Til dette har de en fyrkjel for flytende brensel med roterende brennerhode. Som brensel til fyrkjelen benyttes vrakfiskolje fra produksjonen. Denne kan imidlertid utnyttes på annen måte og det arbeides da med muligheten av å benytte fett fra vanlig fettslam isteden. Det forutsettes da at vanninnholdet er minimalt slik at en har en fettandel på 80-90 %.

10 LITTERATURLISTE

- /1/ Myhre, T.:
«Forprosjekt. Fettoppsamling fra næringsvirksomheter i Tønsberg kommune»
Tønsberg kommune Sektor for Miljøvern og Kommunalteknikk.
Tønsberg 27.01.95
- /2/ Farestveit, T., Jaren, S., Hoel, T.:
«Slam fra næringsmiddelindustrien».
SFT-rapport 94:09, TA 1073/1994, Høvik, 23.03.94
- /3/ Kylefors, K., Lager, A.:
«Behandling av fetthaltig slam», Stiftelsen Reforsk, FOU nr.85,
Helsingborg juni 1994.
- /4/ Jacobsen, J.:
«Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett»,
Norvar-rapport 65-1996, Hamar 11.01.96
- /5/ Deckena, S., Jahnsen, S.:
«Anaerobe Behandlung von Fettshblämmen aus Kommunen und der
Nahrungsmittelindustrie in ein- und zweistufigen Anlagen».
Korrespondenz Abwasser 3/95
- /6/ Sterger, O. et al:
«Mobile Entwässerung von Fettabscheiderrückständen. Ergebnisse eines
Grossversuchs in Berlin» Wasser-/Abwassertechnik 1995
- /7/ Fisklim og Forstoff AS, Orkanger v/ Martin Gudmundsen:
Personlig meddelelse
- /8/ Hallberg, P. et al:
«Termisk behandling av kloakkslam»,
Norvar-rapport 20 D-1991, Ottestad 12.07.1991
- /9/ Smedby og Kobberstad:
«Tekniske tabeller», 3. Opplag, J. W. Cappelens forlag 1977
- /10/ Retzner, L.:
«Celldeponering, praktiska och ekonomiska konsekvenser»
Symposium om svensk upplagsforskning 1996 v/ redaktør Anders Lagerkvist,
Luleå 1995
- /11/ Nedland, K., Paulsrud, B.:
«Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering av og hygienisering av slam i
Norge-forprosjekt» Norvar-rapport 64-1996, Hamar 09.01.96

- /12/ Personlig meddelelse fra Anna Lindberg ved Jordbrukstekniska institutet, Uppsala
- /13/ SINTEF:
«Dimensjonering, utforming og drift av fettavskillere. Veiledning nr 1»
NTNFs utvalg for utvikling og kontroll av industrielle rensesiltak
- /14/ Brosjyre fra FiberProdukt AS, Otta
- /15/ Odin Maskin AS:
«Odin mottaksanlegg for tømte fettutskillere» Informasjonsskriv fra Odin Maskin
- /16/ Personlig meddelelse fra mikrobiolog Erik Norgaard ved NIVA avd. Grimstad
- /17/ Personlig meddelelse fra Nils Gunnar Schrøder ved Moos Maskin AS.
- /18/ Personlig meddelelse fra T. Mork og Horn i Bergen kommune.
- /19/ Personlig meddelelse fra Arnfinn Førsunde ved Lindenes Miljøstasjon i Odda.
- /20/ Joshua, R. S., et al:
«Recycling grease trap sludge» BioCycle/Journal of composting and recycling. 35(1994) nr 12.
- /21/ Grulois, pH., et al:
«L'eliminatin des graisses par traitement biologique aerobique»
Technique sciences methodes 88 (1993) no 5
- /22/ NN:
Wastewater & sewage treatment. WWI aug. 1996
- /23/ Retzner, L.:
«Cefldeponering, praktiska och ekonomiska konsekvenser» Svenska Renhållningsverks-Förenings Service AB. Symposium om svensk upplagsforskning 1996. Redaktør: Anders Lagerkvist. Luleå 1995.
- /24/ Lagerkvist, A., et al:
«Kolbalanser vid testceller» Svenska Renhållningsverks-Förenings Service AB. Symposium om svensk upplagsforskning 1996. Redaktør: Anders Lagerkvist. Luleå 1995
- /25/ Wengström, T., Rd. :
«Kompostering och rötning - en översikt av svenska projekt 1996»
Prosjektarbeid for I. Krüger, Göteborg 1996.
- /26/ Personlig meddelelse fra Teresia Rd. Wengström. Krüger AB, Göteborg
- /27/ Kontaktperson for Filborna Biogassanlegg: Anders Fridh, Nordvästra Skånes

Renhållnings AB, Helsingborg, tlf 042107570

- /28/ Personlig meddelelse fra Johnson på anlegget tlf 00 46 42 10 50 00
- /29/ Mottak av fettslam på Odderøya RA. Forprosjekt. Asplan Viak Sør, Arendal
8.februar 1995
- /30/ Personlig meddelelse fra Bjørnevik ved SNJ tlf 51 41 26 00
- /31/ Personlig meddelelse fra Nils Henrik Aker ved MEG tlf 33 33 33 58
- /32/ Personlig meddelelse fra Frode Rones ved Bjugn Industrier tlf 73 50 41 60

NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for myk start/stopp av store motorer.
- Rapport nr. 2: Betongnedbrytning i kloakkbassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
- Rapport nr. 4: Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
- Rapport nr. 5: Arbeidsmiljø i kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982-87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-selskapet HIAS.
- Rapport nr. 7: Datasentral og EDB på avløpsrenseanlegg. Forprosjekt.
- Rapport nr. 8: EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
- Rapport nr. 9: NORVAR's årsberetning 1988.
- Rapport nr. 10: NORVAR's årsberetning 1989.
- Rapport nr. 11: Forfellingens innflytelse på veksten i et biofilmanlegg. Forsøk i laboratorieskala ved VEAS.
- Rapport nr. 12: NORVAR's årsberetning 1990.
- Rapport nr. 13: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjon ut fra VAR-bransjens behov.
- Rapport nr. 13A: Prosess-styresystemer for VAP-anlegg. Funksjonsblokker for avløpsanlegg.
- Rapport nr. 13B: Funksjonsbeskrivelser for avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 13C: Funksjonsbeskrivelser for ledningsnett.
- Rapport nr. 14: Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. Anbefaling fra anleggsseierne.
- Rapport nr. 15: Driftsovervåking av aktivert-karbonfilter
- Rapport nr. 16: EDB i VAR-teknikken. FDV - kravspesifikasjoner.
- Rapport nr. 17: EDB i VAR-teknikken. Driftskontrollanlegg for VA-transportssystemer. Innsamling og bearbeidning av data.
- Rapport nr. 18: EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
- Rapport nr. 19: EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring i VAR-sektoren.
- Rapport nr. 20: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Hovedrapport.
- Rapport nr. 20A: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- Rapport nr. 20B: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering.
- Rapport nr. 20C: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning.
- Rapport nr. 20D: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam.
- Rapport nr. 21: NORVAR's årsberetning 1991.
- Rapport nr. 22: EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Statusbeskrivelse og forslag til videre arbeid.
- Rapport nr. 23A: Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontrollhåndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23B: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg.
- Rapport nr. 23C: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk.
- Rapport nr. 23D: Internkontroll for VA-anlegg. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23E: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved vannbehandlingsanlegg.
- Rapport nr. 23F: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 23G: Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks. Østtalen kloakkrenseanlegg.
- Rapport nr. 23H: Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks. Smøla vannverk.
- Rapport nr. 23I: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel på aktivitetsstyrende håndbok for avløpsvirksomheten, Nedre Eiker kommune.
- Rapport nr. 24: NORVAR-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
- Rapport nr. 25: NORVAR's Slamgruppe. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
- Rapport nr. 26: NORVAR's Slamgruppe. Installasjon av gassmotor for strømproduksjon ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 27: NORVAR's Slamgruppe. Mottak og behandling av avannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform.
- Rapport nr. 28: NORVAR's Slamgruppe. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt.
- Rapport nr. 29: Rapport fra SFT-prosjekt. Regnvannsoverløp.
- Rapport nr. 30: Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren. Erfaringer fra et pilotprosjekt.
- Rapport nr. 31: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr. 1993. Leverandører - produkter - konsulenter. Referanseanlegg, litteratur, terminologi.
- Rapport nr. 32: Bruk av statistiske metoder (kjemometri) til å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
- Rapport nr. 33: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere.
- Rapport nr. 34: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/firister.
- Rapport nr. 35: Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier.
- Rapport nr. 36: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere.
- Rapport nr. 37: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning.
- Rapport nr. 38: NORVAR-prosjekter 1992/93.
- Rapport nr. 39: Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra et referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget Renseanlegg. Sjekk-/momentliste for bruk ved implementering av EDB-basert vedlikehold.
- Rapport nr. 40: Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover.
- Rapport nr. 41: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. METRI-TEL. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
- Rapport nr. 42: Industriavlop til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekter.
- Rapport nr. 43: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk. Resultat fra fullskalaforøk.
- Rapport nr. 44: Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994.
- Rapport nr. 45: Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993. Kartlegging av slam- og slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94.
- Rapport nr. 46: Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll.

NORVAR-rapporter forts.:

- Rapport nr. 47: Oslo kommune, Vann- og avløpsverket: Strategidokument for industrikontrollen.
- Rapport nr. 48: NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt.
- Rapport nr. 49: Grunnundersøkelser for infiltrasjon i små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging av separate avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 50: Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok. Standarddefinisjoner.
- Rapport nr. 51: Slambehandling
- Rapport nr. 52: Bruk av slam i jordbruket
- Rapport nr. 53: Bruk av slam på grøntarealer
- Rapport nr. 54: Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder.
- Rapport nr. 55: Vannbehandling og innverdig korrosjonskontroll i vannledninger
- Rapport nr. 56: Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til vannkvalitet. Vannverkernes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen.
- Rapport nr. 57: Trykkreduksjon. Håndbok og veileder.
- Rapport nr. 58: Karbonatisering på alkaliske filter.
- Rapport nr. 59: Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier.
- Rapport nr. 60: Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt renseanlegg.
- Rapport nr. 61: Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett.
- Rapport nr. 62: Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett.
- Rapport nr. 63: Mal for søknad om godkjenning av vannverk.
- Rapport nr. 64: Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge. Forprosjekt.
- Rapport nr. 65: Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett.
- Rapport nr. 66: EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren.
- Rapport nr. 67: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere. Fase 3: Resultater for pilotforsøk og praktiske erfaringer fra vannverk.
- Rapport nr. 68: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Stange Vannverk. Forsøk med tilsetning av mikronisert marmor og CO₂ ved Råvannspumpestasjonene.
- Rapport nr. 69: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2: Siler/finnister
- Rapport nr. 70: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2: Store slamavskillere samt underlag for veileder.
- Rapport nr. 71: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3: Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter.
- Rapport nr. 72: Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging (LTP) i VA-sektoren.
- Rapport nr. 73: Etablering av NORVARs VA-INFOTORG. Bruk av Internett som kommunikasjonsverktøy.
- Rapport nr. 74: Spesialrapport – 5. utgave. Beskrivelse av 34 EDB-programmer/moduler for bruk i VA-teknikken.
- Rapport nr. 75: NORVARs faggruppe for EDB og IT: IT-strategi i VA-sektoren.
- Rapport nr. 76: Dataflyt-Klassifisering av avløpsledninger.
- Rapport nr. 77: Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt.
- Rapport nr. 78: Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere.