

# SLAMPLAN FOR OPPLAND

**Rapportnr.:**

9 / 94

**Dato:**

10.06.94

**Forfatter(e):**

Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S  
v / Kjell Terje Nedland

**Faggruppe:**

Forurensning

**Prosjektansvarlig(e):**

Steinar Fossum, Fylkesmannen i Oppland

**Område**

Oppland

**Finansiering:**

Fylkesmannen i Oppland

**Antall sider:**

70 sider + vedlegg

**Emneord:**

Kloakkslam, behandling, kostnader,  
samarbeid, disponering, tungmetaller

**ISSN - nummer:**

**0801 - 8367**

**Sammendrag:**

Planen oppsummerer slambehandlingen i fylket pr. i dag og kommer med anbefalinger om fremtidige løsninger når de nye slamforskriftene trer i kraft.

Slammengdene forventes å øke fra 6900 tonn tørrstoff i 1992 til ca 8500 tonn tørrstoff i år 2000. Dette tilsvarer henholdsvis 35 000 og 42 500 m<sup>3</sup> avvannet slam.

Kloakkslammet i Oppland inneholder generelt lite tungmetaller. Det er stor interesse for å bruke kloakkslam i jordbruket.

De nye slamforskriftene vil trolig innebære at slammet skal være stabilisert og hygienisert. Behandlingskostnadene vil øke.

Behandlingskostnadene pr. tonn går ned ved økende anleggsstørrelse. Gjennom samarbeid om felles slambehandlingsanlegg for flere kommuner, kan behandlingskostnaden pr. tonn gå ned.

Det foreslås at kommunene går sammen om felles slambehandlingsløsning i hver av regionene Nord-Gudbrandsdal, Midt-Gudbrandsdal, Sør-Gudbrandsdal, Gjøvik-Toten-Land, Hadeland og Valdres. Slambehandlingen i den enkelte region kan eksempelvis organiseres gjennom de interkommunale avfallsselskapene.

**Referanse:**

Slamplan for Oppland  
Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapport nr. 9 / 94, 70 s.

**Fylkesmannen i Oppland,  
miljøvernavdelingen**

Statsetatenes hus, 2600 Lillehammer, Telefon: 612 - 66 000 Telefax: 612 - 66 167



## FORORD

Fylkesmannen i Oppland startet arbeidet med å lage en slamplan for fylket alt i 1988/89. Bakgrunnen var at bare omlag en tredjedel av kloakkslammet ble ført tilbake til jordbruket, mens omlag 50 % ble deponert på avfallsplasser. Dette var ressurser på avveier!

Konsulentfirmaet Berdal Strømme ble engasjert til bl. a. å lage en statusoversikt over produksjonen, kvaliteten, behandlingen og disponeringen av kloakkslammet i fylket.

Fra 1989 er det tatt regelmessige slamanalyser fra drøyt 40 renseanlegg i Oppland. Pr. dato er det tatt ut totalt 460 prøver. Næringsinnhold og innhold av tungmetaller er gjennom dette arbeidet godt dokumentert og viser at slammet er godt egnet for jordbruket.

Fylkesmannen gjennomførte i 1990 en spørreundersøkelse om kloakkslam der 680 gardbrukere ble tilskrevet. Gjennom 270 svar fikk vi bedre greie på holdningene til det å bruke kloakkslam, eventuelle problemer forbundet med bruk i jordbruket og hva som skulle til for at jordbruket skulle bli mer interessert. Drøye 170 gardbrukere med tilsammen 28 000 daa svarte at de ønsket å bruke kloakkslam. Konklusjonen på denne undersøkelsen er at jordbruket ønsker kloakkslam, men at forholdene må tilrettelegges bedre, eksempelvis ved fraktfri levering, utlån av spredutstyr, dokumentasjon, etc..

Arbeidet med slamplanen ble deretter stilt i bero i påvente av de i lang tid bebudede Retningslinjer for lagring og spredning av kloakkslam og den senere bebudede Forskrift om kloakkslam. Regelverket er fortsatt ikke innført, men SFT har bedt fylkesmannen ferdigstille slamplanen.

Fylkesmannen engasjerte derfor Aquateam-Norsk vannteknologisk senter A/S i november 1993 for å sammenstille og fullføre slamplanen for Oppland. Et forslag til slamplan ble sendt kommunene og avfallsselskapene i april 1994. Forslaget ble diskutert med kommunene og avfalls-selskapene regionvis, i 6 møter i mai 94. Gjennom disse møtene fikk vi mange nyttige innspill og tilbakemeldinger, og disse er tatt inn i den endelige rapporten.

Viktigere enn selve rapporten er prosessen og arbeidet som nødvendigvis må foregå i kommunene. Fylkesmannen håper diskusjonen og dialogen internt i kommunene og mellom kommuner og avfallsselskapene, holdes i gang, og fører til handling og forhåpentligvis fruktbare resultater.

Takk til siv. ing. Kjell Terje Nedland i Aquateam-Norsk vannteknologisk senter A/S som har skrevet rapporten og som også deltok på de 6 regionmøtene.

Avd. ing. Steinar Fossum har vært miljøvernavdelingens saksbehandler og representant i arbeidet med slamplanen.

Lillehammer: 10.06.1994



Tor Brustugun  
Seksjonsleder

## Innholdsfortegnelse

<b>1.. Sammendrag og anbefalinger .....</b>	<b>6</b>
<b>2.. Innledning .....</b>	<b>8</b>
<b>3.. Myndighetenes reguleringer av slambehandling og slamdisponering .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.. Generelt .....</b>	<b>9</b>
3.1.1.. Bruksområder .....	9
3.1.2.. Deponering .....	9
3.1.3.. Dumping av slam .....	9
3.1.4.. Lukt .....	9
3.1.5.. Vannforurensning .....	10
3.1.6.. Arbeidsmiljømessige forhold .....	10
<b>3.2.. Krav til brukskvalitet .....</b>	<b>10</b>
3.2.1.. Krav til avvanning av slam .....	10
3.2.2.. Krav til stabilisering og hygienisering av slam .....	10
3.2.3.. Krav til maksimalt tillatt tungmetallinnhold i slam .....	11
3.2.4.. Organiske miljøgifter i slam .....	12
3.2.5.. Videreforedling av slam/innblanding av slam i andre produkter .....	12
<b>3.3.. Særlige krav til anvendelse av slam .....</b>	<b>12</b>
3.3.1.. Jordbruk .....	12
3.3.2.. Grøntareal .....	13
3.3.3.. Skogsareal .....	14
<b>3.4.. Mellomlagring, spredning og deponering .....</b>	<b>14</b>
3.4.1.. Generelt .....	14
3.4.2.. Lagerplasser .....	14
<b>3.5.. Kontroll .....</b>	<b>15</b>
3.5.1.. Tungmetallverdier .....	15
3.5.2.. Innholdsdeklarasjon .....	15
3.5.3.. Kontrollprøver .....	15
3.5.4.. Laboratorier .....	16
3.5.5.. Driftskontroll .....	16
<b>4.. Forhåndsgodkjente metoder for stabilisering og hygienisering av slam .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.. Kalkbehandling .....</b>	<b>17</b>
4.1.1.. Prosessbeskrivelse .....	18
4.1.2.. Driftsresultater .....	19
4.1.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	20
<b>4.2.. Kompostering .....</b>	<b>20</b>
4.2.1.. Prosessbeskrivelse .....	20

4.2.2.. Driftserfaringer .....	22
4.2.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	24
<b>4.3.. Våtkompostering (aerob, termofil stabilisering) .....</b>	<b>25</b>
4.3.1.. Prosessbeskrivelse .....	25
4.3.2.. Driftserfaringer .....	26
4.3.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	27
<b>4.4.. Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering .....</b>	<b>27</b>
4.4.1.. Prosessbeskrivelse .....	27
4.4.2.. Driftsresultater .....	30
4.4.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	31
<b>4.5.. Pasteurisering + anaerob stabilisering .....</b>	<b>32</b>
4.5.1.. Prosessbeskrivelse .....	32
4.5.2.. Driftsresultater .....	33
4.5.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	34
<b>4.6.. Termisk tørking av slam .....</b>	<b>35</b>
4.6.1.. Prosessbeskrivelse .....	35
4.6.2.. Driftsresultater .....	37
4.6.3.. Endring av slamkvalitet og slammengde .....	38
<b>4.7.. Langtidslagring av slam .....</b>	<b>38</b>
<b>5.. Slammengder og slamkvalitet - eksisterende og fremtidige forhold .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1.. Slammengder .....</b>	<b>39</b>
5.1.1.. Nord-Gudbrandsdal .....	41
5.1.2.. Midt-Gudbrandsdal .....	42
5.1.3.. Sør-Gudbrandsdal .....	44
5.1.4.. Gjøvik-Toten-Land .....	45
5.1.5.. Hadeland .....	46
5.1.6.. Valdres .....	47
<b>5.2.. Slamkvalitet .....</b>	<b>48</b>
5.2.1.. Generelt .....	48
5.2.2.. Næringsstoffer i slammet .....	48
5.2.3.. Tungmetaller i slammet .....	49
<b>6.. Disponeringsalternativer for slam .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1.. Bruk i jordbruket .....</b>	<b>52</b>
6.1.1.. Nord-Gudbrandsdal .....	54
6.1.2.. Midt-Gudbrandsdal .....	55
6.1.3.. Sør-Gudbrandsdal .....	56
6.1.4.. Gjøvik-Toten-Land .....	56
6.1.5.. Hadeland .....	57
6.1.6.. Valdres .....	57
<b>6.2.. Bruk på grøntarealer .....</b>	<b>58</b>

<b>6.3.. Mellomlagerplasser</b> .....	<b>58</b>
<b>7.. Kostnader for slambehandling - organisering.</b> .....	<b>59</b>
7.1.. Nord-Gudbrandsdal .....	60
7.2.. Midt-Gudbrandsdal .....	61
7.3.. Sør-Gudbrandsdal .....	62
7.4.. Gjøvik-Toten-Land .....	63
7.5.. Hadeland .....	64
7.6.. Valdres .....	65
<b>8.. Referanser</b> .....	<b>66</b>

Vedlegg 1. Slammengder i Oppland i 1992 og stipulert for år 2000.

Vedlegg 2. Forutsetninger for økonomiske beregninger i kapittel 7.

## 1. Sammendrag og anbefalinger

Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernavdelingen har i flere år arbeidet med å få til en fornuftig disposisjon av slammet i fylket. Denne planen oppsummerer slambehandlingen i fylket pr. i dag, og kommer med anbefalinger om fremtidige løsninger når de nye slamforskriftene trer i kraft.

I kapittel 3 har vi gjennomgått de nye forskriftene for slam som mest sannsynlig vil komme i løpet av 1994. I disse er det fastslått at alt slam som brukes i jordbruk og på grøntarealer skal stabiliseres og hygieniseres ved bruk av forhåndsgodkjente metoder. De forhåndsgodkjente metodene er gjennomgått i kapittel 4, mens en norskutviklet metode som ennå ikke er godkjent (Kambi-metoden) er gjennomgått i kapittel 5.

I Oppland vil slammengdene øke fra 6900 tonn tørrstoff i 1992 til ca. 8.500 tonn tørrstoff il år 2000 som følge av saneringstiltak på avløpsnett og nitrogenrensetrinn på R2 (Lillehammer) og Rambekk (Gjøvik). Dette tilsvarer henholdsvis ca. 35.000 m<sup>3</sup> avvannet slam i 1992 og ca. 42.500 m<sup>3</sup> i år 2000. I alle områder unntatt Sør-Gudbrandsdal og Gjøvik-Toten-Land vil slammengdene øke med mindre enn 10%, men i Lillehammer vil slammengdene nesten fordobles som følge av økt tilknytning og nitrogenrensetrinn. Slammengdene vil imidlertid kunne reduseres med ca. 1/4 ved biologisk stabilisering av slammet.

De nye slamforskriftene vil kreve at slammet er stabilisert og hygienisert, og at det disponeres på jordbruksarealer eller grøntarealer dersom det er egnet for dette. Deponering av slam betraktes som en nødløsning.

Fylkesmannen i Oppland gjennomførte i 1990 en undersøkelse av slammet i fylket, og behov for slam i jordbruket. Konklusjonene fra denne undersøkelsen var at det er lite tungmetaller i slammet fra renseanleggene, og at det er stor interesse for bruk av slam i jordbruket.

I Oppland var det ca. 258.000 daa kornareal i 1989. Behovet for spredeareal for kloakkslam er fra 36.000 til 51.000 daa avhengig av slambehandlingsmetode. Kommunene lengst nord i Gudbrandsdalen og Valdres, og Lillehammer kommune, har for lite spredeareal innenfor egen kommune, men det er nok kornarealer dersom vi også tar med de nærmeste kommunene i denne betraktningen, slik at det skulle være mulig å spre alt kloakkslammet i Oppland på jordbruksarealer. Man bør likevel undersøke mulighetene for alternativ bruk av slammet i tilfelle gardbrukerne ikke ønsker å ta imot slammet.

Ved valg av slambehandlingsmetode for stabilisering og hygienisering er det viktig å ta flere forhold i betraktning. Man bør ta utgangspunkt i mulig disponering når man velger metode. De forskjellige metodene gir forskjellig slam med ulike bruksegenskaper, og stort sett kan man si at anvendelsesmulighetene for slammet er større jo dyrere slambehandlingsmetoden er. Før man investerer i et dyrt anlegg, bør man undersøke hva slags slam gardbrukere og andre vil etterspørre, og velge metode utfra dette ved siden av økonomiske kriterier. Det er også viktig å sammenligne årskostnader og kostnader pr. tonn tørrstoff, fordi enkelte metoder har lave investeringskostnader og høye driftskostnader, mens andre har høye investeringskostnader og lave driftskostnader. Alle slambehandlingsmetodene gir lavere kostnad pr. tonn tørrstoff behandlet jo større anlegget er, og når disse reduserte kostnadene er større enn de økte transportkostnadene til/fra et fellesanlegg, vil det være fornuftig for kommunene å gå sammen om et slikt felles slambehandlingsanlegg. Ved valg av anlegg bør man også ta miljøforhold som lukt og støy i betraktning. Noen

slambehandlingsmetoder (f.eks. langtidslagring eller frilandskompostering) vil kunne medføre luktulempere for omgivelsene, og slike behandlingsanlegg bør eventuelt plasseres langt fra nærmeste nabo.

Vi foreslår at kommunene går sammen om slambehandlingsløsninger i hver av regionene Nord-Gudbrandsdal, Midt-Gudbrandsdal, Sør-Gudbrandsdal, Gjøvik-Toten-Land, Hadeland og Valdres. I disse regionene har man eller er man i ferd med å etablere interkommunale avfallsselskaper, og disse kan med fordel også ta seg av slambehandlingen i den enkelte region.

I hver av regionene ovenfor har vi regnet ut grove kostnadsoverslag for løsninger for hver kommune og for felles slambehandling i regionene.

I **Nord-Gudbrandsdal** anbefaler vi kommunene gå sammen om et fellesanlegg for slambehandling. Dette kan gjerne være et reaktorkomposteringsanlegg som også behandler matavfall og slakteriavfall, slik planene til "slamgruppen" er.

I **Midt-Gudbrandsdal** vil det være naturlig å legge slambehandlingen for hele området på eller i nærheten av Frya renseanlegg. Frilandskompostering er det mest aktuelle alternativet ettersom Midt-Gudbrandsdal Renovasjon allerede er i gang med kompostering av matavfall like ved Frya renseanlegg.

I **Sør-Gudbrandsdal** er det mest naturlig å ha et felles slambehandlingsanlegg på Lillehammer renseanlegg, og her vil vi anbefale at man velger aerob forbehandling eller pasteurisering i kombinasjon med anaerob stabilisering, dersom man er rimelig sikker på å få brukt slammet i jordbruket. Dersom man ikke får avsetning for alt slammet i jordbruket, vil den dyrere metoden tørking av slammet være bedre egnet.

I **Gjøvik-Toten-Land-området** bør man gå sammen om et felles slambehandlingsanlegg på eller i nærheten av Rambekk renseanlegg. Slammengdene i dette området vil være omtrent de samme som i Sør-Gudbrandsdal, og de samme vurderinger bør gjelde for felles slambehandlingsanlegg. I dette området har avfallsselskapet GLT problemer med å finne deponiplass til alt slammet, og man vurderer forskjellige slambehandlingsalternativer. Dersom ikke Gjøvik ønsker å bygge felles slambehandlingsanlegg, bør de andre kommunene satse på et felles anlegg i regi av GLT. Dette anlegget kan f.eks. være frilandskompostering eller reaktorkompostering.

På **Hadeland** er det også flere mellomstore renseanlegg i de tre kommunene. Vi vil her anbefale et felles frilandskomposteringsanlegg på Hadeland-Romerike Avfallsselskaps nye fyllplass i Jevnaker, og at Lunner eventuelt samarbeider med Nitedal om et felles frilandskomposteringsanlegg på Stryken.

I **Valdres** har Valdres Kommunale Renovasjon et frilandskomposteringsanlegg for alt avvannet slam fra Valdreskommunene på Rebnesskogen i Vestre Slidre. Det vil være naturlig å fortsette å bruke dette anlegget også i fremtiden.

Dersom man velger annen løsning enn kompostering eller langtidslagring i noen av regionene, må man sørge for å ha en lagerplass hvor slammet kan mellomlagres i perioder hvor det er vanskelig å få kjørt dette ut til mottakerne av slammet.

## 2. Innledning

Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, startet i 1989 arbeidet med slamplan for Oppland fylke. Berdal Strømme A/S laget dette året en første del av planen der man registrerte eksisterende behandling av slam fra avløpsrenseanleg, septiktanker og industri. Miljøvernavdelingen har siden sammenstilt opplysninger om slammets kvalitet, og gjennom en spørreundersøkelse registrert aktuelle spredningsarealer for slam i jordbruket i kommunene. Konklusjonene på fylkesmannens arbeid så langt er :

- Det er stor interesse for slam i jordbruket
- Det er lite tungmetaller i slammet fra renseanleggene i Oppland

I den siste fasen av arbeidet ble Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S engasjert for å lage prognoser for fremtidige slammengder, foreslå slambehandlingsløsninger for alle anlegg, og sammenfatte alt i en felles slamplan for Oppland fylke.

Ved utarbeidelsen av planen er det tatt utgangspunkt i SFT's mål for slambehandlingen i landet. Disse målene er at slammet skal brukes på en måte som er både hygienisk og forurensningsmessig ubetenkelig, og at minst 75% av slammet skal brukes på jordbruksarealer eller grøntområder innen år 2000. I Oppland kan det siste målet settes enda høyere, ettersom det er så store jordbruksarealer i fylket.



### **3. Myndighetenes reguleringer av slambehandling og slamdisponering**

Statens forurensningstilsyn (SFT) og Helsedirektoratet har i flere år arbeidet med nytt regelverk for kloakkslam. Et utkast til forskrifter var ute til høring med svarfrist 1. oktober 1992. De tilhørende "Tekniske og hygieniske retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam" var ute til høring året før. Etter dette har forskriftene vært innom Finansdepartementet til godkjenning, men har nå ligget en god stund i Miljøverndepartementet (januar 1994), og det er fortsatt usikkert når de vil tre i kraft.

Formålet med det nye regelverket er å forebygge forurensning og unngå helsemessige og hygieniske ulemper ved håndtering av slam, samt å legge til rette for at slam kan benyttes som en ressurs. SFT har i sin handlingsplan for disponering av kloakkslam satt som mål at minst 75% av slammet skal utnyttes på jordarealer innen år 2000.

De nye forskriftene omfatter alle typer slam som oppstår i forbindelse med avløpsrenseanlegg, samt slam fra septiktanker og mindre renseinnretninger som slamavskillere og samle-kummer for avslamming av sanitært avløpsvann og overvann.

#### **3.1. Generelt**

##### **3.1.1. Bruksområder**

I forslaget til nytt regelverk er det skilt mellom følgende bruksområder:

- Jordbruksareal
- Grøntareal

Bruksområder i tidligere retningslinjer og veiledere, slik som private hager, hører nå inn under grøntareal, mens toppdekke på fyllinger kommer under én av disse bruksområdene, avhengig av senere arealbruk.

Bruk på skogsareal er foreløpig ikke tillatt før kontrollerte norske erfaringer foreligger.

##### **3.1.2. Deponering**

Deponering av slam skal så vidt mulig unngås og betraktes som en nødløsning når f.eks. akutt forurensning fører til overskridelser av tillatt tungmetallinnhold i slammet.

##### **3.1.3. Dumping av slam**

Dumping eller utslipp av slam i sjøen blir ikke tillatt.

##### **3.1.4. Lukt**

Transport, lagring, ekstern behandling og annen håndtering av slam må ikke føre til luktu-lemper for allmenheten (herunder naboer).

### **3.1.5. Vannforurensning**

Håndtering av slam må ikke medføre forurensning av drikkevann, grunnvann, vassdrag og sjø, jfr. bl.a. Sosialdepartementets forskrifter om drikkevann m.m. og vannforsyningsanlegg.

### **3.1.6. Arbeidsmiljømessige forhold**

Det vises til Kommunaldepartementets forskrifter av 8.9. 1978 om arbeid ved avløpsanlegg.

## **3.2. Krav til brukskvalitet**

### **3.2.1. Krav til avvanning av slam**

Slam til jordbruksformål bør avvannes til minimum 20% tørrstoff, slik at det blir liggende i en haug og ikke flyter utover.

Slam til grøntareal må være avvannet og i tillegg være opptørket slik at det har løs struktur og smuldrer lett.

### **3.2.2. Krav til stabilisering og hygienisering av slam**

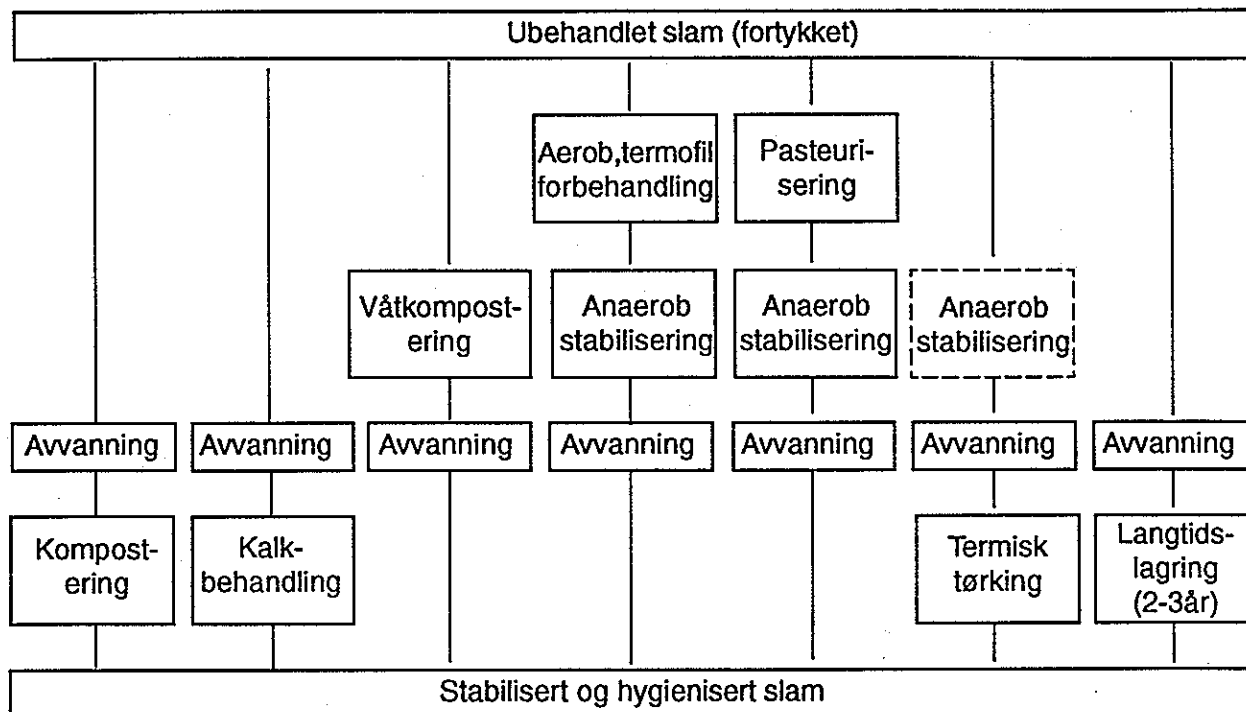
Slam som skal anvendes på jordbruks- eller grøntareal, skal være stabilisert og hygienisert.

For anvendelse på jordbruksareal gjelder kravet til stabilisering og hygienisering av slam først fra 1. januar 1996. (Denne dato kan bli endret, avhengig av når regelverket trår i kraft). Inntil denne dato gjelder krav om minimum 6 måneders mellomlagring av avvannet råslam før bruk, hvorav to måneder skal være sommermåned.

Figur 3.1 gir en oversikt over de kombinasjoner av behandlingsmetoder som SFT i utgangspunktet vil akseptere for å oppnå en tilfredsstillende stabilisering og hygienisering. Alle disse metodene er nærmere beskrevet i kapittel 4.

Et hygienisert slam skal oppfylle følgende krav:

- Ingen salmonellabakterier skal kunne påvises
- Ingen parasittegg skal kunne påvises
- Innholdet av termotolerante koliforme bakterier skal være mindre enn 2.500 pr. gram TS.



Figur 3.1 Forslag til prosesskombinasjoner som vil bli forhåndsgodkjent av myndighetene.

### 3.2.3. Krav til maksimalt tillatt tungmetallinnhold i slam

Tungmetallinnholdet i slammet for de ulike bruksområdene må ikke overstige verdiene i tabell 3.1.

Tungmetallene er gruppert etter skaderisiko på planter, dyr og mennesker.

Dersom kalk eller andre tilsatzmidler inngår i slambehandlingen, måles tungmetallinnholdet i slammet før tilsetning.

Tabell 3.1 Maksimalt tillatt innhold av tungmetaller i slam angitt i mg pr. kg tørrstoff.

Tungmetall	Jordbruksareal, private hager og parker	Grøntareal
<u>Gruppe 1</u>		
Kadmium (Cd)	4	10
<u>Gruppe 2</u>		
Bly (Pb)	100	300
Kvikksølv (Hg)	5	7
<u>Gruppe 3</u>		
Nikkel (Ni)	80	100
Sink (Zn)	1500	3000
Kobber (Cu)	1000	1500
Krom (Cr)	125	200

Før tillatelse til spredning kan gis, skal det foreligge representative prøver som viser at tungmetallinnholdet i slammet ikke overstiger verdiene for maksimalt tillatt innhold i følge tabell 3.1.

Selv om kravene til maksimalinnhold av tungmetaller i slam overholdes, er det viktig at slamprodusenten intensiverer arbeidet med å begrense tilførselen av tungmetaller i slammet.

### **3.2.4. Organiske miljøgifter i slam**

Innholdet av de organiske miljøgiftene som er undersøkt i norsk slam, har vært lavt i forhold til det som er vurdert som betenkelig. De aktuelle bruksmåtene for slam i Norge gjør at risikoen for skadevirkninger av eventuelle organiske miljøgifter er neglisjerbar.

Slamprodusenter bør likevel arbeide for å begrense tilførselen av organiske miljøgifter i slammet.

### **3.2.5. Videreforedling av slam/innblanding av slam i andre produkter**

All håndtering av slam må skje slik at forurensnings-, helse- og hygienemessige forhold er tilfredsstillende ivaretatt. Dette gjelder også når slam anvendes i dyrkingsmedium.

Dersom slam inngår i jordforbedringsmiddel eller dyrkingsmedium, vil slamproduktet bli omfattet av forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler. Produkter som omfattes av denne forskriften, skal bl.a. godkjennes av Landbruksdepartementet eller den det bemyndiger (i dag Statens tilsynsinstitusjoner i landbruket, STIL). Det ble forøvrig sendt ut kvalitetskriterier for gjødsel og jordforbedringsmidler basert på organisk avfall på høring 6.12.1993.

## **3.3. Særlige krav til anvendelse av slam**

### **3.3.1. Jordbruk**

#### **3.3.1.1. Anvendelse av slam i jordbruket**

Slam i mengde som angitt i 3.3.1.2 kan tillates anvendt på arealer med korn, oljevekster, grønnsvekster og ved gjenlegg av eng. (Slam må ikke spres i overflaten på eng.) Det må ikke anvendes slam på arealer der det er vanlig å dyrke grønnsaker, bær eller frukt.

#### **3.3.1.2. Tillatte slammengder**

Den lokale helsemyndighet kan tillate slammengder på inntil 2 tonn slamtørrstoff pr dekar pr 10-års periode. På moldfattig leirjord som har vært bakkeplanert, kan den lokale helsemyndigheten tillate 3 tonn slamtørrstoff pr dekar pr. 10-årsperiode. Forutsetningen er at helsemyndigheten finner det helsemessig ubetenkelig. Landbruksmyndighetens uttalelse skal innhentes før tillatelse gis.

### 3.3.1.3. Gjødslings- og vekstskifteplan

Ved anvendelse av slam skal det foreligge en gjødslings- og vekstskifteplan for det enkelte gårdsbruk.

### 3.3.1.4. Spredetidspunkt og nedmolding

Slam må ikke spres på snødekket eller frossen mark. Etter spredning skal slam moldes ned ved pløying eller harving så snart som mulig og senest 2 dager etter spredning.

### 3.3.1.5. Maksimalinnhold av tungmetaller i dyrket jord

Det skal foreligge representative verdier for tungmetallinnholdet i jorda før tillatelse til spredning kan gis.

Tungmetallinnholdet i dyrket jord skal før slamtilførsel ikke overstige verdiene i tabell 3.2.

**Tabell 3.2. Maksimale tillatt tungmetallinnhold i dyrket jord for å kunne få tillatelse til å spre slam.**

Tungmetall	mg/kg TS i jord med pH 6-7
Kadmium	1
Bly	50
Kvikksølv	1
Nikkel	30
Sink	150
Kobber	50
Krom	100

Det vil bli utgitt egen veileder for prøvetaking og analysering av tungmetaller i jord.

## 3.3.2. Grøntareal

### 3.3.2.1. Anvendelse av ublandet slam

Ublandet slam skal ved anvendelse være godt omsatt, opptørket og skal smuldre lett. Det legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

### 3.3.2.2. Anvendelse av slam i dyrkingsmedium

I et dyrkingsmedium må slammet ikke utgjøre mer enn maksimalt 30 volumprosent og bør blandes med et mineralholdig materiale (sandjord, leirjord, steinjord o.l.) for å bedre fastheten.

Slam bør ikke inngå i innpakkede produkter som eksempelvis selges via forretninger.

### 3.3.2.3. Anvendelse av slam i private hager og parker

I private hager, parker, lekeareal o.l. må slam bare anvendes som en del av et dyrkingsmedium. Grunnen til dette er bl.a. at det er viktig å redusere risikoen for at barn under utleggingen kan få direkte kontakt med slam.

### 3.3.3. Skogsareal

Slam må ikke spres på skogsareal før kontrollerte norske erfaringer foreligger. Det er igangsatt forsøk med slik spredning. Helsedirektoratet og Statens forurensningstilsyn vil bl.a. på bakgrunn av erfaringer fra disse forsøkene vurdere eventuelle endringer med hensyn til dette forbudet.

## 3.4. Mellomlagring, spredning og deponering

### 3.4.1. Generelt

Lagerplasser for slam skal lokaliseres og utformes slik at forurensnings-, helse- og hygiene-messige forhold er tilfredsstillende ivaretatt.

### 3.4.2. Lagerplasser

#### 3.4.2.1. Avstand til drikkevannskilde

Sentrale mellomlagringsplasser og lagerplasser på bruksstedet må skjermes fra overflatevann og ikke plasseres slik i terrenget at de utsettes for flom, eller så nær bekk, elv, sjø, brønn eller annet vannforsyningssystem at det blir fare for forurensning eller hygieniske problemer.

Lagring og spredning av slam på bruksstedet må ikke foretas så nær drikkevannskilde (borebrønn, grunnvannsbrønn eller vanninntak til vannforsyningssystem) at det oppstår fare for forurensning av drikkevann.

Hvor nær drikkevannskilde lagring og spredning m.v. av slam kan skje, må den lokale helsemyndighet etter drikkevannsforskriftene ta stilling til på bakgrunn av konkret vurdering av faren for forurensning av drikkevannskilder m.v.

For vassdrag og sjø som ikke tjener som drikkevannskilde må avstandskrav vurderes lokalt med hensyn på brukerinteressene i vannforekomsten.

I vurderingen bør det også tas med at slam er et godt middel for å hindre jorderosjon.

#### 3.4.2.2. Lukt. Avstand til bebyggelse.

Det må alltid foretas særskilt vurdering av mulige luktulempere ved håndtering av slam.

Avstanden til nærmeste bebyggelse bør være minst 500 m ved håndtering av ustabilisert slam og minst 200 m ved sentral mellomlagring av stabilisert slam.

Ved mellomlagring av slam på bruksstedet vurderes det i det enkelte tilfelle ut fra lokale forhold hvilke avstandskrav som bør stilles. Ved plassering tas det hensyn til topografi, vegetasjon og vindforhold slik at luktproblemer unngås.

#### 3.4.2.3. Deponering av slam

Kravene i pkt. 3.2 vedrørende stabilisering, hygienisering og maksimalinnhold av tungmetaller gjelder ikke for deponering av slam.

For deponering av slam settes følgende krav:

1. Slammet bør avvannes til 30% tørrstoff.
2. Avstanden til nærmeste bebyggelse, allmenn ferdsel o.l. bør være minst 500 m for ustabilisert slam og minst 200 m for stabilisert slam.

Ved at slam går til deponier kan vi i disse få en varig kilde til vannforurensning fremover. Målsettingen her som for andre typer avfall må bli så stor grad av kildesortering og ombruk som mulig. Dette er bakgrunnen for at slam på deponi skal betraktes som unntaksløsning. Slam skal ikke deponeres dersom dette vil medføre fare for forurensning av drikkevann.

### 3.5. Kontroll

#### 3.5.1. Tungmetallverdier

Slam som skal anvendes på jordbruks- og grøntareal, må ikke overskride maksimalverdiene i pkt. 3.2.3 på følgende grunnlag:

Ved minimum 6 prøver skal analyseresultatene fra minst 5 av prøvene ligge under grenseverdiene, men en enkeltprøve må ikke overstige en grenseverdi med mer enn 50%.

#### 3.5.2. Innholdsdeklarasjon

For å kunne føre kontroll med kvaliteten på slammet skal produsenten/leverandøren få gjennomført analyser av representative slamprøver. Analyseresultatene skal meddeles brukeren gjennom en egen innholdsdeklarasjon.

#### 3.5.3. Kontrollprøver

Slamleverandør skal ta kontrollprøver av slammet. Utgiftene med dette bæres av slamleverandøren.

Antall kontrollprøver som er nødvendig for å få en representativ innholdsdeklarasjon av leveransen, vil være avhengig av slammengde, industritilknytning o.a. Som veiledende norm for minimum antall representative kontrollprøver foreslås:

Minimum en prøve av slammet pr. måned for anlegg med dimensjonerende kapasitet lik 10.000 pe eller mer, og minimum en prøve hver annen måned for mindre anlegg.

Slam skal ikke spres på bruksareal før de analysedata som skal representere leveransen, foreligger. Før slam spres av andre enn leverandør, f.eks. av bruker, må vedkommende på forhånd ha fått meddelt analyseresultatene gjennom en innholdsdeklarasjon, jfr. pkt. 3.5.2.

For metaller i gruppe 3, se pkt. 3.2.3, kan den lokale helsemyndigheten tillemppe antall kontrollanalyser noe, hvis disse viser jevne resultater godt under grenseverdiene. Tungmetallinnholdet i slam og jord må ses i sammenheng.

#### **3.5.4. Laboratorier**

Laboratorier som utfører slamanalyser, skal innen 1. januar 1995 være akkreditert/godkjent for de aktuelle analyser av Direktoratet for måleteknikk.

#### **3.5.5. Driftskontroll**

Det henvises til Kommunaldepartementets forskrift om internkontroll.



## 4. Forhåndsgodkjente metoder for stabilisering og hygienisering av slam

I figur 1 er vist hvilke prosesskombinasjoner som myndighetene har forhåndsgodkjent for å få både stabilisert og hygienisert slam. Stabilisering av slammet kan gjøres på to måter: **permanent** eller **midlertidig**. Ved **permanent stabilisering** skjer en kontrollert biologisk omsetning av det lett nedbrytbare organiske materialet i slammet, slik at slammet etterpå ikke forårsaker luktproblemer. **Midlertidig stabilisering** innebærer at man for en viss tid hindrer nedbrytningsprosessen i å komme i gang i slammet, men etter hvert vil nedbrytningen av organisk materiale starte, og det kan oppstå betydelige luktproblemer. Av de forhåndsgodkjente prosesskombinasjonene gir kalkbehandling og termisk tørking uten foregående anaerob stabilisering en midlertidig stabilisering, mens kompostering, våtkompostering, anaerob stabilisering og langtidslagring gir en permanent stabilisering.

Hygienisering av slammet vil si å drepe sykdomsfremkallende organismer i slammet ved å utsette dem for ekstreme betingelser, f.eks. ved å varme opp slammet til en viss temperatur og holde temperaturen på dette nivå over en tid. Et hygienisert slam skal oppfylle følgende krav (SFT, 1991):

- ingen salmonellabakterier skal kunne påvises
- ingen parasittegg skal kunne påvises
- innholdet av termotolerante koliforme bakterier skal være mindre enn 2.500 pr. gram TS (tilsvarer <100 pr. gram slam med 4% TS-innhold).

Ved hygienisering ved høy temperatur vil man trenge mindre tid for å være sikker på at de patogene organismene er drept, jo høyere temperatur man utsetter slammet for. I forslaget til nytt regelverk (SFT, 1991) er det satt opp forskjellige krav til temperatur og oppholdstid avhengig av hvilken hygieniseringsmetode som benyttes.

### 4.1. Kalkbehandling

Kalkbehandling omfatter egentlig de tre alternative metodene

- tilsetting av lesket kalk ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) før slamavvanning
- bruk av kalk som fellingsmiddel ved avløpsrensingen
- tilsetting av ulesket kalk ( $\text{CaO}$ ) til avvannet slam.

De to første av disse metodene gir kun midlertidig stabilisert slam, og ingen fullverdig hygienisering. De krever en etterfølgende kompostering for å oppnå tilfredsstillende hygienisering og permanent stabilisering. Disse metodene er derfor ikke tatt med her.

Kalktilsetting til slammet vil gi en pH-heving som inaktiverer mikroorganismene i slammet så lenge pH holdes over ca. 11. Patogene bakterier og virus vil også bli uskadeliggjort, og metoden innebærer en betydelig hygienisering av slammet, men parasittegg og bakteriesporer kan overleve. Det er bare dersom kalktilsettingen også fører til betydelig temperaturheving av man kan oppnå et slam som både er midlertidig stabilisert og fullstendig hygienisert. Dette kan oppnås ved å tilsette ulesket kalk til avvannet slam (Orsa-metoden).

#### 4.1.1. Prosessbeskrivelse

Metoden med tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam ble først tatt i bruk på Orsa renseanlegg i Sverige i begynnelsen av 1970-årene. Ved tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam vil man i tillegg til høy pH også få en kraftig temperaturstigning i slammene. Dette skyldes den energien som frigjøres når ulesket kalk kommer i kontakt med vann. Temperaturøkningen i slammene vil i første rekke avhenge av tilsatt kalkmengde og TS-innholdet i det avvannede slammene. I tillegg vil isoleringen av lagertanken for det kalkbehandlede slammene avgjøre hvor raskt temperaturen faller igjen under lagring. Et slam med f.eks. 25% TS etter avvanning trenger en kalktilsetning på ca. 550 kg CaO/tonn TS for å oppnå en temperatur på over 60°C (forutsatt 15°C i slammene før kalktilsetning). Sammen med kalkens pH-effekt vil en slik temperaturøkning gi en god hygienisering av slammene. For å oppnå en tilfredsstillende hygienisering skal temperaturen i det behandlede slammene være minst 55°C i 2 timer etter kalkbehandlingen. Samtidig skal pH-verdien i slammene være  $12,5 \pm 0,3$  (SFT, 1991).

En del av vannet i slammene vil bindes kjemisk til kalken, og samtidig vil noe vann fordampe pga. temperaturøkningen. Dette vil, sammen med den tørrstofftilførselen som kalken representerer, medføre at man får en betydelig økning av TS-innholdet i slammene. Slam med TS-innhold på 25% før kalktilsetning vil f.eks. oppnå bortimot 40% TS ved en kalkdosering på ca. 550 kg CaO/tonn TS.

Metoden er i bruk ved flere norske renseanlegg, bl.a. RA-2 (Lillestrøm), Geilo (Hol), Elstrøm (Skien), Bårud, Modum, Rådalen (slambehandlingsanlegg, Bergen) og TAU, Tønsberg.

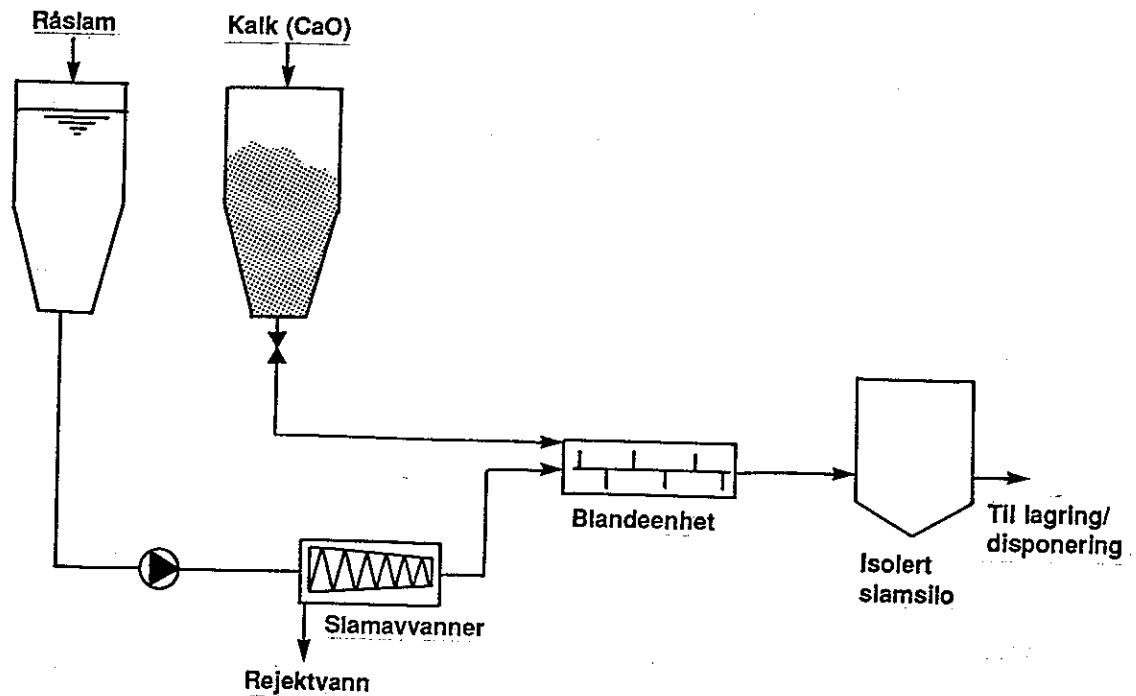
Orsa-metoden krever en kalksilo, en lagersilo for avvannet slam, en blandeenhet for ulesket kalk og avvannet slam, transportbånd til slamsilo (eventuelt pumpe for avvannet slam) og en isolert hygieniseringssilo. Se figur 4.1.

Kalksilo må utformes med skråflater i bunnseksjonen med helning større eller lik 60. Utmatingsflaten bør være så stor som mulig for å unngå brodannelse (minst 400 mm x 700 mm). Doseringsskruene i bunnen bør være minst doble, helst firedobbelte (Magnussen, 1991b).

Siloene må utstyres med slegge, vibrator eller pulsator for å hindre brodannelse. Mellom silo og doserer skal det være avstengningsspjeld/ventil. Doserer bør ha omdreiningsteller for forbrukskontroll.

Hygieniseringssilo bør være adskilt fra lagersilo for avvannet slam. Siloene bør ha sideflater med minimum helning 60, og bør behandles innvendig med tjære-epoxy. Siloene må ha separat avtrekk til luktfjerningsanlegg pga. utvikling av ammoniakk-gass. Ved å utformesiloenes bunnseksjon konisk eller pyramideformet kan utlasting fra siloene gjøres uten innvendige skruer.

Utlasting av slam fra siloene bør gjøres med transportskruer med akselløse skruer (spiral) opplagret i motorenden. Skruene bør utstyres med slitestål i trauret. Utmatingsåpningene fra skruene bør utstyres med en pneumatisk og en motordrevet skyvespjeldventil (Magnussen 1991b). Utlastingsåpningene på siloene bør utstyres med teleskoptrakt for å hindre sprut ved fylling. Utlastingssystem bør ikke plasseres utendørs pga. faren for frostproblemer.



Figur 4.1. Prinsippskisse for Orsa-metoden for tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam.

#### 4.1.2. Driftsresultater

Driftserfaringer med Orsa-metoden på norske renseanlegg er listet opp i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Driftserfaringer med Orsa-metoden på norske renseanlegg.

Anlegg	Størrelse (dim. pe)	Prosess	Kalkdose (kg/tTS)	TS i kalket slam (%)	Temp. i kalket slam (°C)	pH i kalket slam
RA-2	70.000	M/K	250-375	30-35	50-60	12-12,4
Geilo	8.000	M/B/K	430-650	35-40	50-70	>12
Elstrøm	24.000	M/K	500	35-40	55-70	>12,5
TAU	60.000	M/K	500	35-40	>55	12,4-12,6

Tegnforklaring: M = Mekanisk rensing  
K = Kjemisk rensing  
B = Biologisk rensing

Ved RA-2 har man hatt luktproblemer med slammet ved mellomlagring på landbruksarealer. Kalkdoseringen har da ligget i området 250-350 kg CaO/tonn TS.

Geilo er til tider belastet med opptil 11.000 pe. Kalkbehandlet slam som er lagret utendørs i opptil ett år, lukter ikke (Magnussen, 1991b).

De tre første av disse anleggene er ikke bygget med tanke på skikkelig hygienisering av slammet, da de ikke er utstyrt med isolerte siloer. Erfaringene viser ellers at det er robust utstyr på markedet til å behandle avvannet slam.

Erfaringer fra to anlegg med isolerte siloer (Bårud, Modum og TAU, Tønsberg) viser at det er tildels store problemer med ammoniakkluft ved fylling av slambiler, og kondens i siloene. Når slammet blir avkjølt, forsvinner luktproblemene (Fremstad, 1994). Det er god etterspørsel etter slammet i jordbruket, men pga. det store kalkinnholdet i slammet, kan man ofte bare spre 2 tonn slam (0,7 tonn TS) pr. dekar. TAU ønsker av denne grunn å kjøpe sentrifuger som hever tørrstoffprosenten i avvannet slam til ca. 30% for å redusere kalkbehovet.

#### 4.1.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Som tidligere nevnt, vil avvannet slam som er tilsatt tilstrekkelig store mengder ulesket kalk, bli midlertidig stabilisert og fullstendig hygienisert. Ved kalktilsetningen vil vi få en utdriving av ammoniakk-gass, slik at nitrogeninnholdet i kalkslammet blir noe redusert. Kalktilsetning til slammet vil til gjengjeld gjøre slammet mer attraktivt for gardsbruk med surt jordsmonn. En må imidlertid være klar over at med de høye kalkdoseringene som er nødvendige for å oppnå tilfredsstillende hygienisering, vil kalkinnholdet i slammet kunne bli begrensende for hvor mye slam som kan brukes pr. arealenhet ved jordbruksanvendelse.

Kalkslammet vil ha en tørr, "grynaktig" konsistens som gjør den lett å håndtere og spre på jordarealer. Med kalktilsetning på over 500 kg/tonn TS vil det også kunne lagres en god stund før det begynner å skje en nedbrytning av organisk stoff i slammet. Det vil likevel alltid være en fare for at midlertidig stabilisert slam skaper luktproblemer dersom det ikke moldes ned relativt snart.

Kalken som tilsettes slammet, vil bidra til at totalt tørrstoffinnhold øker med opptil 50%. Imidlertid vil vi også få en fordampning fra slammet, slik at tørrstoffinnholdet i slammet øker. Totalt vil slammengden derfor ikke bli særlig større enn den opprinnelige råslammengden. I forhold til biologisk stabilisert slam vil mengdene imidlertid normalt bli større.

Næringsstoffer målt i kalkbehandlet slam fra TAU er vist i tabell 4.2.

**Tabell 4.2 Næringsstoffer i kalkbehandlet slam fra TAU (Fremstad, 1994).**

Anlegg	Middelverdier (% av tørrstoff)					
	Org. stoff	TKN/Tot N	NH <sub>4</sub> -N	Tot P	Ca	K
TAU	30	1,7	0,1	0,6	20	0,08

Tabellen viser at det er lite organisk stoff, nitrogen og fosfor i dette slammet sammenlignet med andre slamtyper. Det er derimot mye kalsium, som naturlig er.

## 4.2. Kompostering

### 4.2.1. Prosessbeskrivelse

Kompostering er en prosess hvor organisk materiale i avvannet slam brytes ned av mikroorganismer som bakterier og sopp under tilgang på oksygen. Det nedbrytbare organiske

stoffet omvandles til et humuslignende sluttprodukt (stabilisering), og som "biprodukter" fås karbondioksid, vann og energi (varme). På grunn av varmeproduksjonen skjer det en temperaturheving i slammet, og nedbrytningen av organisk stoff foregår vanligvis i det termofile temperaturområdet (over ca. 45°C). Det er i først rekke den økte temperaturen som gir en hygienisering av slammet, selv om en toksisk virkning av stoffskifteprodukter fra komposteringsfloraen også er av betydning.

Komposteringen er avhengig av faktorer som pH i slammet, varmeisolering og ikke minst oksygentilførselen. For å kunne kompostere slam alene, har praktiske erfaringer vist at slammet må ha et tørrstoffinnhold over ca. 30%, men forøvrig er det vanligst å blande slam med bark, sagflis, evt. andre organiske avfallsprodukter for å få en tilfredsstillende porøsitet, slik at oksygenoverføringen blir god og stoffskifteprodukter kan frigis.

Vi deler vanligvis komposteringsanleggene i tre typer:

- Frilandskompostering
- Kompostering på luftet plate
- Reaktorkompostering

Forskjellen mellom prosessene er graden av kontroll med driftsbetingelsene. Ved frilandskompostering har man mindre grad av kontroll, mens man i større grad kan kontrollere betingelsene ved de andre to metodene.

#### 4.2.1.1. Frilandskompostering

Ved frilandskompostering legges massen i ranker eller hauger. Dersom det ikke brukes tilsatsmateriale, må slammet tørke opp i sommermånedene for at prosessen skal komme i gang. For å oppnå god hygienisk kvalitet på komposten, bør denne vendes ofte. Vendingen foretas vanligvis med hjullaster på små anlegg, mens man bruker spesialbygde vendemaskiner på større anlegg i utlandet.

Behandlingstiden ved rankekompostering er svært avhengig av tørrstoff i komposten, tilsatsmateriale og antall vendinger. Vanligvis må man regne med fra seks måneder til flere år, men ved intensiv vending den første måneden kan total behandlingstid reduseres til ca. 3 måneder.

For å oppnå en tilfredsstillende hygienisering og en tilstrekkelig omsetning av slammet skal man holde en temperatur på minst 55°C i løpet av tre uker. Dette forutsetter normalt at slamblandingen vendes minst én gang ved høy temperatur (>55°C)(SFT, 1991).

#### 4.2.1.2. Kompostering på luftet plate

Ved denne prosessen legges slam (+ eventuelt tilsatsmateriale) ut på en asfalt- eller betongplate med luftkanaler. Luft suges eller blåses gjennom komposten slik at optimalt oksygeninnhold oppnås. Normalt vil det være bedre å suge enn å blåse fordi man da oppnår bedre luktkontroll.

Normalt vil man klare seg med fire ukers behandlingstid på luftet plate, og to til ni måneders etterbehandlingstid. Også ved denne prosessen skal man holde en temperatur på minst 55°C i løpet av tre uker. Dette forutsetter normalt at slamblandingen vendes minst én gang ved høy temperatur (>55°C)(SFT, 1991).

#### 4.2.1.3. Reaktorkompostering

Ved reaktorkompostering foregår første del av prosessen i en lukket beholder med behandlingstid på vanligvis mindre enn to uker. Det finnes ulike typer reaktorer på markedet. Disse kan inndeles i to hovedgrupper (EPA, 1979):

- Stempelstrømningsreaktorer
- Totalomblandingsreaktorer

Stempelstrømningsreaktorer er vanligvis utformet med vertikal reaktor hvor innmatingen skjer i toppen, og utmatingen i bunnen av reaktoren. Luft blåses vanligvis inn i bunnen.

Totalomblandingsreaktorene er normalt liggende tromler eller rektangulære kar. Innmating skjer i den ene enden, og utmating i den andre enden. Luft tilføres enten i innmatingssenden (trommeltypen) eller i bunnen gjennom en luftet plate (rektangulær type).

Ved reaktorkompostering bør tørrstoffinnholdet i slam + tilsatsmateriale være over 30% før det tilføres reaktoren. Den reelle oppholdstiden i reaktoren skal være minst ti dager ved en temperatur på minst 55°C (SFT, 1991). Ved passering gjennom reaktoren skal alt slammet ha passert en varmesone hvor temperaturen er minst 65°C og oppholdtiden minst 48 timer.

Etter reaktorkomposteringen skal råkomposten ettermodnes i minst to uker. I denne perioden skal det skje minst én vending av haugene. Vanligvis må ettermodningen være like lang som ved platekompostering.

Av forskjellige reaktortyper kan nevnes

- Trommelreaktorer: Dano, Bühler, HKS og Vaa Biomiljø
- Rektangulære reaktorer: INKA, Metro-Waste (USA) og Dansk Rødzone Teknik.
- BAV-reaktoren: Bekkelaget renseanlegg (nedlagt).

#### 4.2.2. Driftserfaringer

I Norge er det i dag i drift flere store frilandskomposteringsanlegg for slam, bl.a. i Drammen, Kristiansand, Vennesla og Nedre Eiker kommune. Det er to store komposteringsanlegg for slam med luftet plate: Isi (VEAS) og Overhalla (Midtre Namdal Avfallsselskap). Det finnes et reaktorkomposteringsanlegg i Sauland i Hjørdal kommune som drives av Vaa Biomiljø, og som behandler slam fra Tinn kommune, og erfaringene med reaktoren er bra (Bergersen, 1994). Den ferdige komposten selges som jordforbedringsmiddel til landbruket, parkvesen og hageeiere.

BAV-reaktoren på Bekkelaget renseanlegg i Oslo ble nedlagt i 1986 etter fem års drift. Grunnene til nedleggelsen var:

- Høye netto driftskostnader
- Kortslutningsstrømmer i reaktoren
- Betydelig slitasje og korrosjon på maskinelt utstyr
- Vanskeligheter med å holde jevn fuktighet i reaktoren.

Kompostering har mistet mye av sin popularitet i Norge i de siste årene, bl.a. pga. høye kostnader, stort arealbehov, driftsproblemer og myndighetenes manglende krav til stabilisering og hygienisering av kloakkslam. I andre land er imidlertid kompostering høyst aktuelt, f.eks. i USA og Nederland. Når SFT's nye regelverk for slam blir innført, vil antakelig også

interessen for kompostering i Norge øke igjen, spesielt for slam fra renseanlegg mindre enn ca. 20.000 pe.

Erfaringer fra forsøk med kompostering av kalkfelt slam på Lindum fyllplass i Drammen i 1989 kan oppsummeres slik (Vråle, 1990):

- Slam blandet med sagflis eller bark i forhold 1:1 komposterer villig.
- Temperaturen har i den gunstigste perioden vært 50-65°C. (maks. 86°C).
- Strukturen på komposten var jordaktig.
- Det var ingen ubehagelig lukt ved vending.
- Tørrstoffinnholdet har økt fra 25% til ca. 50% TS i løpet av fem måneder.
- Det ble oppnådd ca. 50% vekt- og volumreduksjon.
- De hygieniske forholdene var bra både i råslam og kompost. Det ble imidlertid ikke tatt prøver av parasittegg.
- Komposten har vakt betydelig interesse bl.a. hos bøndene.

Ved kompostering på luftet plate er det viktig å konstruere platen slik at luftfordelingen blir god, at sigevannet ikke samles i luftrørene, og at vedlikehold ikke vanskeliggjøres. Midtre Namdal Avfallsselskap har gode erfaringer med sitt system, mens erfaringene fra lsi er mindre gode.

Luftingen av massen styres normalt av et tidsprogram basert på erfaringer fra driften av anlegget. De viktigste styringsparametre for kompostering på luftet plate kan være:

- Kombinasjon blås/sug
- Årstid/klimatiske forhold
- Hvor langt prosessen har kommet
- Temperaturutviklingen i massen
- Oksygeninnhold.

Erfaringsmessig er temperaturen den beste parameter å styre prosessen etter. Vanligvis skjer dette manuelt fordi avanserte styresystemer blir uhensiktsmessige og kostbare. Det bør ikke tilføres mer luft enn det som er nødvendig for å få aerobe forhold i slamblendingen. Ved for stor lufttilførsel øker temperaturtapet fra overflaten, og luktproblemene kan bli større.

Også ved reaktorkompostering gir styring av lufttilførselen basert på temperatur best resultat (Holmström, 1986) fordi:

- Måleteknikken er enkel og pålitelig
- En oppnår informasjon om flere parametre i reaktoren.

Isolering av komposten med f.eks. et 20 cm tykt lag med ferdig kompost vil gi en jevnere temperatur i hele komposthaugen. Erfaringsmessig utvikles det lukt ved kompostering av slam. Anlegget bør derfor ligge i god avstand fra folk, eller man bør ha en eller annen form for luftfjerning ved reaktorkompostering eller kompostering på luftet plate. Ved å suge luften gjennom slamblendingen og blåse den gjennom et lag med ferdig kompost, kan luktu- lempene reduseres betraktelig (Magnussen, 1991a).

Tilsatsmateriale som ikke er blitt nedbrutt, vil kunne siktes/soldes ut av komposten slik at komposten får en mer anvendelig struktur, samtidig som en del av tilsatsmaterialet kan brukes om igjen. Tapet av treflis ved resirkulering i USA har vært i størrelsesorden 25-30% (EPA, 1979). VAV antyder et behov for tilsatsmateriale på fra 2 til 3,5 ganger volumet av slammet ved slam med tørrstoffinnhold fra 15 til 25% (Holmström, 1984). Lager for tilsatsmateriale bør utformes som betongbunkers med tak for å hindre oppbløting ved regnvær.

Sikting av ferdig kompost kan utføres både med vibrerende og roterende sikter. Sikting av regnvåt kompost vil gi problemer og bør derfor foretas etter opp tørking på tørrværsdager. Kapasiteten på sikteanleggene bør derfor være stor.

#### 4.2.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Kvaliteten på ferdig kompost vil avhenge mye av hvordan komposteringen har foregått. Fri-landskompostering uten tilsatsmaterialer og/eller med få vendinger vil som regel gi en dårlig stabilisert og hygienisert kompost. Ved bruk av tilsatsmateriale, kontrollert lufting og styring etter temperatur i slamblandingen, vil man ha mye større forutsetninger for å kunne få en godt stabilisert og hygienisert kompost.

Godt omdannet kompost vil ha en jordlignende struktur og egne seg utmerket til jordforbedringsmiddel. Kompost vil være tørrere (som regel over 40% tørrstoff) og mer fiberrikt enn anaerobt stabilisert slam, og nitrogen vil for det meste være organisk bundet slik at faren for at nitrogen skal forsvinne til luft og vann blir liten. Tørrstoffmengden i selve slammet vil bli redusert tilsvarende som ved anaerob stabilisering (20-35%) samtidig som det skjer en uttørking av slammet, men ved bruk av tilsatsmateriale vil volumet likevel kunne bli større enn råslamvolumet (avhengig av om man sikter komposten etterpå). Godt omsatt kompost som etterpå er siktet, vil kunne selges direkte som jordforbedringsmiddel.

Vi har i tabell 4.3 satt opp næringsinnhold i kompostert kalkfelt slam fra Lindum fyllplass. Vi har ikke tilsvarende verdier fra kompost som ikke er tilsatt kalk.

**Tabell 4.3 Næringsinnhold i kompostert kalkfelt slam på Lindum fyllplass (Vråle, 1990)**

Anlegg	Middelverdier (% av tørrstoff)					
	Org. stoff	TKN/Tot N	NH <sub>4</sub> -N	Tot P	Ca	K
Lindum fyllplass	42	1,2	0,3	0,5	14	-

Både organisk stoff, nitrogen og fosfor vil være mye høyere i kompostert slam som ikke er kalkfelt, mens kalsium-innholdet vil være langt lavere.

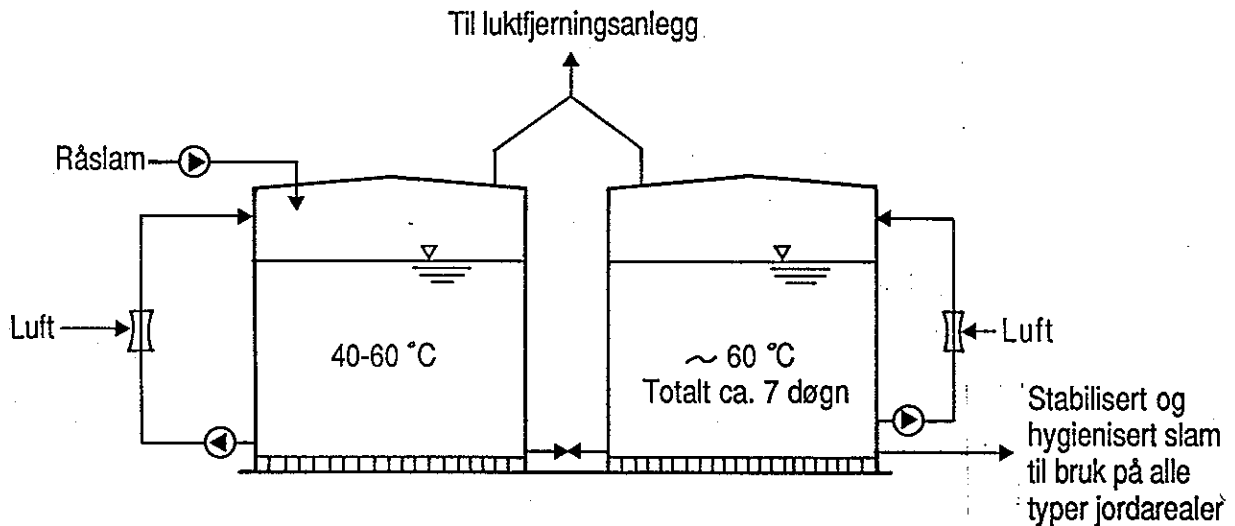


### 4.3. Våtkompostering (aerob, termofil stabilisering)

#### 4.3.1. Prosessbeskrivelse

Aerob, termofil stabilisering (eller våtkompostering som er et mer dekkende norsk ord) er basert på biologisk omsetning av organisk materiale i slammet under tilgang på oksygen. På samme måte som ved konvensjonell kompostering, utvikles det varme ved nedbrytning av organisk stoff, men siden slammet her behandles i væskeform (fortykket slam), kreves det spesiell utrustning for å opprettholde en høy temperatur i prosessen. Dette innebærer bl.a. bruk av lukkede, isolerte prosesstanker og spesielle luftesystemer som ikke gir for stor luftgjennomstrømning med tilhørende varmetap. Prosessen kan også drives med tilførsel av rent oksygen istedenfor med luft, men det alternativet har ikke fått noen særlig utbredelse pga. høye driftskostnader.

Figur 4.2 viser en prinsippskisse av et våtkomposteringsanlegg som vil gi både hygienisering og stabilisering av slammet.



**Figur 4.2. Prinsippskisse av et våtkomposteringsanlegg.**

Det finnes flere systemer for våtkompostering av kloakkslam på det internasjonale markedet, men det tyske Fuchs-systemet er helt dominerende i utbredelse med sine ca. 40 anlegg i drift i Tyskland (Leonhard & Hahn, 1990). De dimensjoneringskriterier som er angitt i tabell 4.4 nedenfor, tar derfor utgangspunkt i Fuchs-anlegg, men i tillegg er det tatt hensyn til de krav som finnes i SFT's forslag til nytt slamregelverk (SFT, 1991).

**Tabell 4.4. Dimensjonering/utforming av våtkomposteringsanlegg.**

Komponent/parameter	Anbefalt verdi/forslag til krav	Merknad
Antall prosessreaktorer	2 eller flere i serie, avhengig av anleggsstørrelse	SFT-krav
Reaktortype	Sylindrisk, Høyde/diameter=0,5-1.0	Fuchs
Hydraulisk oppholdstid	Minimum 7 døgn	SFT-krav
Temperatur/tid-kombinasjon	Min. 55°C i 10 timer eller min. 60°C i 4 timer i siste reaktor mellom hver innpumping av råslam	SFT-krav
Tørrstoffinnhold i råslam	4-6 % TS (40-60 kg/m <sup>3</sup> )	Fuchs
Min. innhold av organisk stoff i råslam	2,5 % FSS (25 kg/m <sup>3</sup> )	Fuchs
Lufttilførsel	4 m <sup>3</sup> /h pr. m <sup>3</sup> effektivt reaktorvolum	Fuchs
Installert effekt	85-105 W/m <sup>3</sup> effektivt reaktorvolum	Fuchs
Energibehov for oksygenering, omrøring og skumdemping	9-15 kWh/m <sup>3</sup> råslam	Fuchs
Potensiale for varmegjenvinning	20-30 kWh/m <sup>3</sup> råslam	Fuchs

#### 4.3.2. Driftserfaringer

Det vesentligste av fullskala driftserfaringer med våtkompostering stammer fra de tyske Fuchs-anleggene, som omfatter anlegg i størrelsesorden 5.000-80.000 pe (de fleste er < 25.000 pe) og hvor de eldste har vært i drift i mer enn 10 år. Anleggene behandler biologisk eller mekanisk/biologisk slam (Leonhard & Hahn, 1990).

Erfaringene fra de tyske anleggene viser at under normale driftsforhold (tilstrekkelig innhold av organisk stoff i råslammet og tilstrekkelig oppholdstid, se tabell 5) vil anleggene gi en tilfredsstillende hygienisering og stabilisering. Dette innebærer bl.a. at det behandlede slammet ikke inneholder *Salmonella* og at innholdet av Enterobakterier er mindre enn 1000/ml, som er det tyske kravet til et hygienisert slam.

Nedbrytningen av organisk stoff varierer mye fra anlegg til anlegg, men ligger stort sett i området 35-40% reduksjon, dvs. litt mindre enn ved et vel fungerende råtnetankanlegg.

Driften av våtkomposteringsanlegg er svært enkel og i den tyske erfaringssammenstillingen (Leonhard & Hahn, 1990) har de fleste anleggene oppgitt et drifts- og vedlikeholdsbehov på 2-6 timer pr. uke. Anleggene kan utstyres for halvautomatisk drift, men de fleste operatørene foretrekker å gjøre endel manuelt (bl.a. start av ut- og innpumpingsyklusen).

For å få erfaringer med det tyske Fuchs-systemet anvendt på mekanisk-kjemisk slam og forøvrig under norske driftsforhold, er det nå bygget et fullskala demonstrasjonsanlegg i Stokke kommune i Vestfold. Anlegget er dimensjonert for ca. 10.000 pe, og det er gitt betydelig statlig finansiering til bygging og oppfølging av anlegget, som er satt i drift våren 1992. Driftserfaringer med anlegget så langt (fra mai til november 1993) er meget gode (Nedland, 1994). Så lenge det er mer enn 2,5% flyktig tørrstoff i slammet som pumpes inn i våtkomposteringen, fungerer prosessen meget bra.

### 4.3.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Slammet vil være stabilisert og hygienisert, og når det gjelder innholdet av organisk stoff, næringsstoffer og tungmetaller vil forholdene være omtrent de samme som for anaerobt stabilisert slam. Nitrogenet i slammet vil i stor grad foreligge som ammonium og som organisk bundet nitrogen, da den høye temperaturen i prosessen forhindrer at det skjer en nitrifikasjon.

Slammengdene vil bli redusert tilsvarende som for anaerobt stabilisert slam, dvs. at 35-50% av organisk stoff i slammet vil bli nedbrutt, og at tørrstoffinnholdet blir redusert med ca. 25-30%. På Vårnes renseanlegg ble det oppnådd en gjennomsnittlig reduksjon av organisk stoff på 38%, selv om prosessen på langt nær ble kjørt optimalt i forsøksperioden.

Når det gjelder fortykkingssegenskapene til våtkompostert slam, så viser de tyske erfaringene (EPA, 1990) med mekanisk-biologisk slam at man lett oppnår 6-9% TS-innhold etter fortykning når temperaturen i slammet har sunket til omgivelsestemperatur (< 25°C).

Ved avvanning på Vårnes renseanlegg brukes det mye polymer i avvanningen (gjennomsnittlig 8,3 kg pr. tonn TS), og tørrstoff i avvannet slam er gjennomsnittlig bare 22,6%. Imidlertid hadde man den første tiden tørrstoff i avvannet slam rundt 35%, før sentrifugen ble justert etter kommunens ønske (det oppsto problemer med pakking av tørrslampumpe). Gjenvinningsgraden i avvanningen var 97% i prøveperioden.

I tabell 4.5 er vist innholdet av næringsstoffer i våtkompostert slam fra Vårnes renseanlegg.

**Tabell 4.5 Næringsstoffer i våtkompostert slam fra Vårnes renseanlegg (Nedland, 1994)**

Anlegg	Middelverdier (% av tørrstoff)					
	Org. stoff	TKN/Tot N	NH <sub>4</sub> -N	Tot P	Ca	K
Vårnes	59	2,7	0,4	2,3	1,3	0,10

Våtkompostert slam fra Vårnes renseanlegg inneholder mye nitrogen og fosfor i forhold til resultater fra norske renseanlegg med anaerob stabilisering.

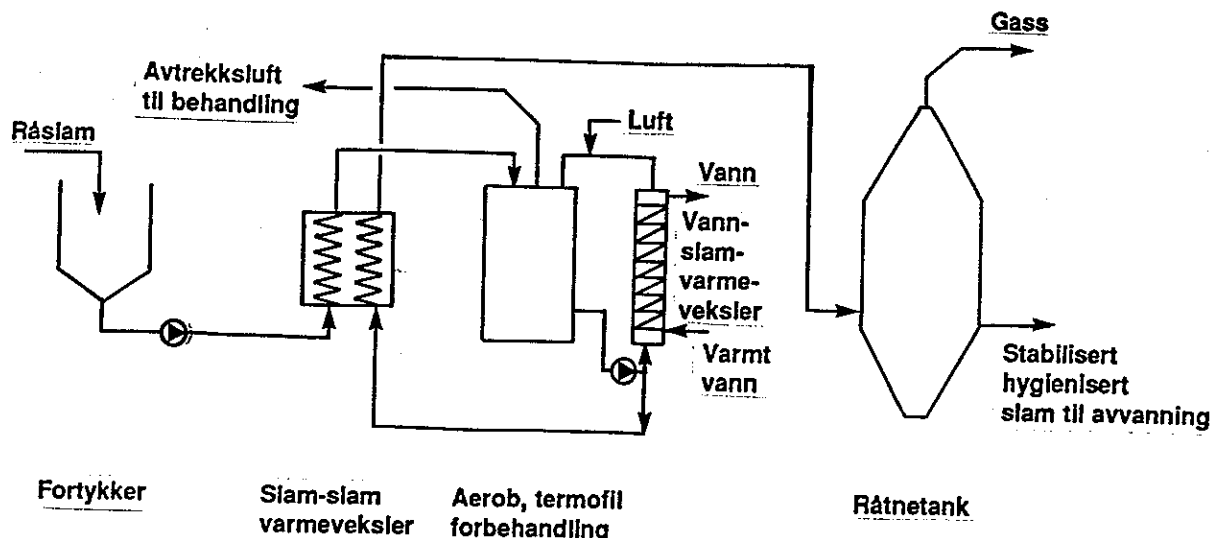
## 4.4. Aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering

### 4.4.1. Prosessbeskrivelse

#### 4.4.1.1. Aerob, termofil forbehandling

Den aerob, termofile forbehandlingen er i prinsippet samme prosess som våtkompostering (aerob, termofil stabilisering). Oppholdstiden er imidlertid vesentlig kortere fordi hensikten bare er å få en hygienisering av slammet og ingen vesentlig nedbrytning av organisk stoff, da dette skal skje i den etterfølgende anaerobe stabiliseringen.

For å få tilstrekkelig høye temperaturer i prosessen for hygienisering (> 55°C) må det tilføres varme i tillegg til den som utvikles i prosessen, og det benyttes ulike typer varmevekslere for dette. Figur 4.3 viser prinsippskisse av aerob, termofil forbehandling kombinert med etterfølgende anaerob stabilisering.



**Figur 4.3** Prinsippskisse av aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering.

På samme måte som med våtkompostering, finnes det flere systemer for aerob, termofil forbehandling på det internasjonale markedet. Det er imidlertid det sveitsiske UTB-systemet som er helt dominerende i utbredelse med over 70 anlegg i Sveits og Tyskland og også tre anlegg i drift i Norge (Alvim renseanlegg, Sarpsborg, Nordre Follo renseanlegg og Knarrdalstrand renseanlegg, Skien/Porsgrunn). Dessuten er det under planlegging et nytt anlegg på Kongsberg (Sellikdalen). De dimensjoneringskriteriene som er angitt i tabell 4.6 nedenfor, tar derfor utgangspunkt i UTB-anlegget, men i tillegg er det tatt hensyn til de krav som finnes i SFT's forslag til nytt slamregelverk (SFT, 1991).

**Tabell 4.6** Dimensjonering/utforming av aerob, termofil forbehandling

Komponent/parameter	Anbefalt verdi/forslag til krav	Merknad
Antall prosessreaktorer	1 + varmeveksler bestående av to konsentriske tanker	UTB
Reaktortype	Sylindrisk, Høyde/diameter = 2-5	UTB
Hydraulisk oppholdstid	12-24 timer	UTB
Temperatur/tid-kombinasjon	Min. 60°C i 4 timer mellom hver innpumping av råslam	SFT-krav
Tørressoffinnhold i råslam	4-6% TS (med foravvanning: 8-10% TS)	UTB
Min. innhold av organisk stoff i råslam	2,5% FSS	UTB
Lufttilførsel	1 m <sup>3</sup> /h pr. m <sup>3</sup> effektivt reaktorvolum	UTB
Installert effekt	120-150 W/m <sup>3</sup> effektivt reaktorvolum	Jacob et.al., 1987
Energibehov for oksygenering og omrøring	3,5-12 kWh/m <sup>3</sup> råslam	Fuchs, 1984

For den etterfølgende anaerobe stabiliseringen er det vanlig å dimensjonere råtnetankene for ca. 12 døgn oppholdstid i stedet for 15 døgn. Grunnen til dette er at det skjer en slamhydrolyse allerede i den aerob, termofile forbehandlingen, og tiden som trengs for en tilfredsstillende stabilisering i råtnetanken, kan derfor reduseres.

#### 4.4.1.2. Anaerob stabilisering

Anaerob stabilisering innebærer en mikrobiell omsetning av organisk stoff i slammet uten tilgang på fritt oksygen. Prosessen skjer i en lukket tank hvor det organiske materialet først brytes ned til enklere organiske forbindelser som organiske syrer, alkoholer osv. Disse forbindelsene omvandles så videre til sluttproduktene metan, karbondioksid og vann. Nedbrytningen av organisk stoff fører til at mulighetene for mikrobiologisk aktivitet med luktutvikling reduseres betydelig i behandlet slam (stabilisering). Slammet er tilfredsstillende stabilisert når ca. 40% av organisk materiale er nedbrutt (EPA, 1979)

Prosessen drives vanligvis i temperaturområdet 35-40°C (mesofil) ved at slammet tilføres varme. Prosessen kan også drives i temperaturområdet 45-65°C (termofil), og kan da også gi en hygienisering av slammet dersom temperaturen holdes over 55°C i minimum 10 timer (SFT, 1991). Det er imidlertid bygget få termofile anlegg i verden, og vi regner ikke metoden for særlig aktuell i Norge. Termofil anaerob stabilisering er mer ømfintlig for temperaturendringer, er mer energikrevende og gir et dårligere rejektivann ved mekanisk avvanning av utrátet slam. Vi skal derfor her konsentrere oss om mesofil stabilisering.

#### Råtnetanker

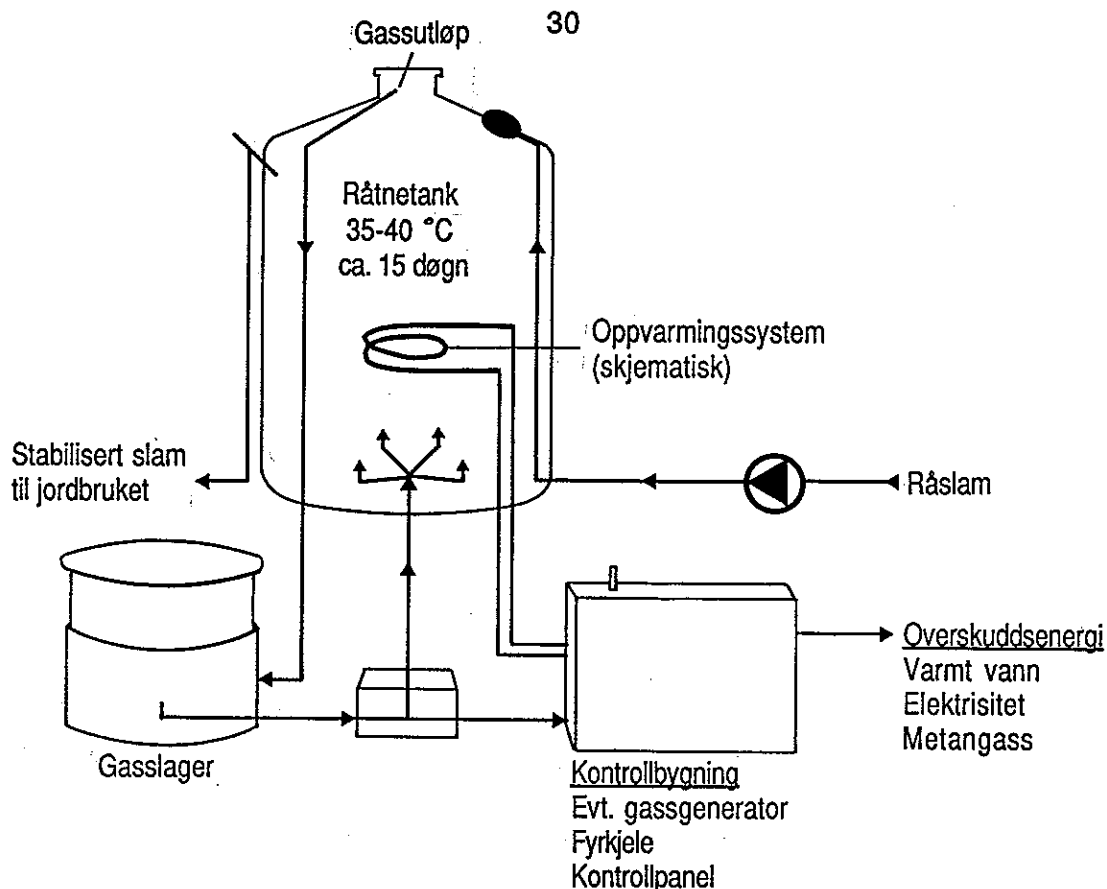
I "Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg. Revidert utgave" (SFT, 1983) er det gitt krav til hydraulisk oppholdstid og organisk belastning for anaerob stabilisering (se tabell 4.7). Normal oppholdstid ved moderne råtnetankanlegg er ca. 15 døgn, avhengig av intensiteten i behandlingen, forbehandling samt ønsket nedbrytningsgrad av organisk stoff.

**Tabell 4.7 Dimensjonering av råtnetanker (SFT, 1983)**

Parameter	Lavt belastet anlegg	Høyt belastet anlegg
Volumbelastning (kg FSS/m <sup>3</sup> )	0,5-1,0	2,4-4,0
Oppholdstid (døgn)	20	10

Et råtnetankanlegg dimensjoneres vanligvis utfra maksimal slammengde i 7-8 sammenhengende døgn (EPA, 1979). I tillegg må man vektlegge lokale forhold og størrelse på buffervolum.

Råtnetankene er vanligvis bygget som sylindriske beholdere i stål eller betong og med utvendig isolasjon. Tankene kan utformes med kon bunn for å få en bedre oppsamling av bunnslam, og kon topp for å konsentrere flyteslammet. Konsentrering av flyteslammet gir god mulighet for fjerning av dette, men også større mulighet for skumproblemer. Det er viktig å legge vekt på uttaksmuligheter for bunnslam og skum på overflaten ved utformingen av tankene. Prinsippskisse av et råtnetankanlegg er vist i figur 4.4.



Figur 4.4 Prinsippkisse av et råtnetankanlegg.

#### 4.4.2. Driftsresultater

Det vesentligste av fullskala driftserfaringer med aerob, termofil forbehandling stammer fra UTB-anlegg i Sveits og Tyskland. Dette omfatter anlegg i størrelsesorden 5.000-100.000 pe., og de eldste anleggene har vært i drift i 7-8 år (Leonhard & Hahn, 1990).

Det er bra driftserfaringer med aerob, termofil forbehandling på Alvim og Knarrdalsstrand renseanlegg, mens Nordre Follo renseanlegg har hatt en del problemer med at dimensjoneringen av anlegget er gjort ut fra at tørrstoffet i slammet skal være ca. 6%, og dette skaper problemer i den aerobe forbehandlingen.

Både sveitsiske erfaringer (Zwiefelhofer, 1985; Baier, 1989) og erfaringer fra Alvim (Magnussen, 1990) viser at nedbrytningen av organisk stoff i råtnetankene (stabiliseringen) ligger på 45-55%, og dette er bedre enn det som er vanlig dersom man ikke har en slik forbehandling. Lav organisk belastning på råtnetanken i forhold til dimensjonerende verdier kan også gi en bedre nedbrytning av organisk stoff enn vanlig.

Når det gjelder forbehandlingens innvirkning på gassproduksjonen fra råtnetankene, så finnes det svært motstridende erfaringer. Tyske undersøkelser (Dichtl & Siekmann, 1986; Jakob et.al., 1987) viser at man kan få en reduksjon i gassproduksjonen på 25-35%, og årsaken oppgis å være nedbrytningen av organisk stoff på ca. 10% (og da spesielt av energirike fettstoffer) som skjer i den aerobe, termofile forbehandlingen. Praktiske erfaringer fra Sveits (Baier, 1989) viser imidlertid at gassproduksjonen heller øker istedenfor å minke sammenlignet med råtnetankanlegg uten forbehandling. Driftsresultater fra Alvim renseanlegg i perioden sept. 1990 - mars 1991 viser at man har hatt en midlere gassproduksjon på ca. 1 Nm<sup>3</sup> gass/kg organisk stoff nedbrutt (Johnsen, 1991), og dette tilsvarer den spesifikke gassproduksjonen som man normalt har ved råtnetankanlegg uten noen forbehandling.

De hygieniske resultatene fra aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering er stort sett gode og tilfredsstillende de krav som bl.a. finnes i Sveits og Tyskland. Foreløpige tall fra Alvim renseanlegg (Magnussen, 1990) tyder på at prosesskombinasjonen vil kunne tilfredsstille de foreslåtte norske krav til hygienisering.

#### 4.4.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Slammet vil være både stabilisert og hygienisert, men innholdet av organisk stoff, næringsstoffer og tungmetaller vil være omtrent det samme som om slammet bare hadde vært anaerobt stabilisert.

Ved anaerob stabilisering av slam er det vanlig å oppnå 35-50% nedbrytning av det organiske stoffet i slammet. Dette gir i størrelsesorden 25-30% reduksjon av totalt slamtørrestoff, slik at slammengdene blir tilsvarende mindre. Avvanningsegenskapene for godt utrånnet slam er bedre enn for råslam, men ved bare delvis utrånning blir avvanningsegenskapene normalt dårligere enn for råslam (Holmström, 1984).

Plantenæringsstoffene i slammet tapes ikke ved anaerob stabilisering, men det finner sted en viss omforming av nitrogenforbindelser i slammet. Nitrogen i råslam er i stor grad organisk bundet. Ved anaerob stabilisering omdannes dette til fri ammonium, som er lettere tilgjengelig for plantevekst. Ammonium vil også lettere kunne forsvinne til luft eller vann, og en god del ammonium vil bli ført tilbake til renseanlegget med rejektivannet fra etterfølgende avvanning. I tabell 4.8 har vi satt opp innhold av næringsstoffer i slammet fra to renseanlegg med aerob, termofil forbehandling og anaerob stabilisering.

**Tabell 4.8 Næringsstoffer i slam fra renseanlegg med aerob, termofil forbehandling og anaerob stabilisering**

Anlegg	Middelverdier (% av tørrestoff)					
	Org. stoff	TKN/Tot N	NH <sub>4</sub> -N	Tot P	Ca	K
Alvim, Sarpsborg	45	1,9	0,2	1,6	1,0	0,25
Nordre Follo	58	1,9	-	1,4	1,0	0,25

Det er stor forskjell i restmengden organisk stoff på disse to renseanleggene. Det er lavt nitrogeninnhold i forhold til råslam og våtkompostert slam, mens innholdet av kalium er høyere enn i slammet fra Vårnes renseanlegg.

Slammets jordforbedrende evne er for en stor del relatert til innholdet av organisk materiale. Dette blir redusert ved stabiliseringen, men det er så vidt vites ikke gjort undersøkelser som viser at stabilisert slam har mindre jordforbedrende evne enn lagret råslam.

Tungmetallinnholdet angitt pr. tonn tørrestoff vil bli høyere etter stabiliseringen, fordi en del av tørrestoffet forsvinner uten at tungmetallene reduseres. Dette kan ha en viss betydning for anlegg som har høyt innhold av tungmetall i slammet.

Utrånnet slam er ikke helt luktfritt. Godt utrånnet slam lukter kun på nært hold, og det er liten fare for lukt over lange avstander, slik man kan risikere ved spredning av råslam eller midlertidig stabilisert slam.

Når det gjelder fortykkings- og avvanningssegenskapene til slam som har passert aerob, termofil forbehandling og anaerob stabilisering, er det igjen motstridende erfaringer fra Sveits og Tyskland. Baier (1989) og Zwiefelhofer (1985) presenterer fullskala resultater fra sveitsiske anlegg som viser TS-konsentrasjoner etter fortykning på 9-13% og TS-innhold i slamkake på 35-45% etter avvanning i silbåndpresse. Tyske kilder (Dichtl, 1986; Eck-Düpont, 1986; Jacob et.al., 1987) støtter ikke disse resultatene, og man mener bl.a. at de gode sveitsiske resultatene heller skyldes bruk av jernklorid i avløpsbehandlingen (simultanfelling) enn effekten av den aerobe, termofile forbehandlingen. Erfaringene fra Alvim renseanlegg viser at avvanning i sentrifuger gir svært bra avvanningsresultater. Det er imidlertid registrert at bruk av jernklorid i den kjemiske fellingen gir mye bedre avvanningsresultater (høyere TS-innhold i slamkaken) enn ved bruk av PAX (polymerisert Al-forbindelse).

Faren for gjensmitte av slam som er ferdig hygienisert og stabilisert anses å være den samme som for pasteurisering + anaerob stabilisering (se kap. 4.5.3).

#### **4.5. Pasteurisering + anaerob stabilisering**

Kapittel 4.4.1.2 omhandler anaerob stabilisering av slam. I dette kapitlet skal vi omtale pasteuriseringsprosessen og egenskaper til slam som både er pasteurisert og anaerobt stabilisert.

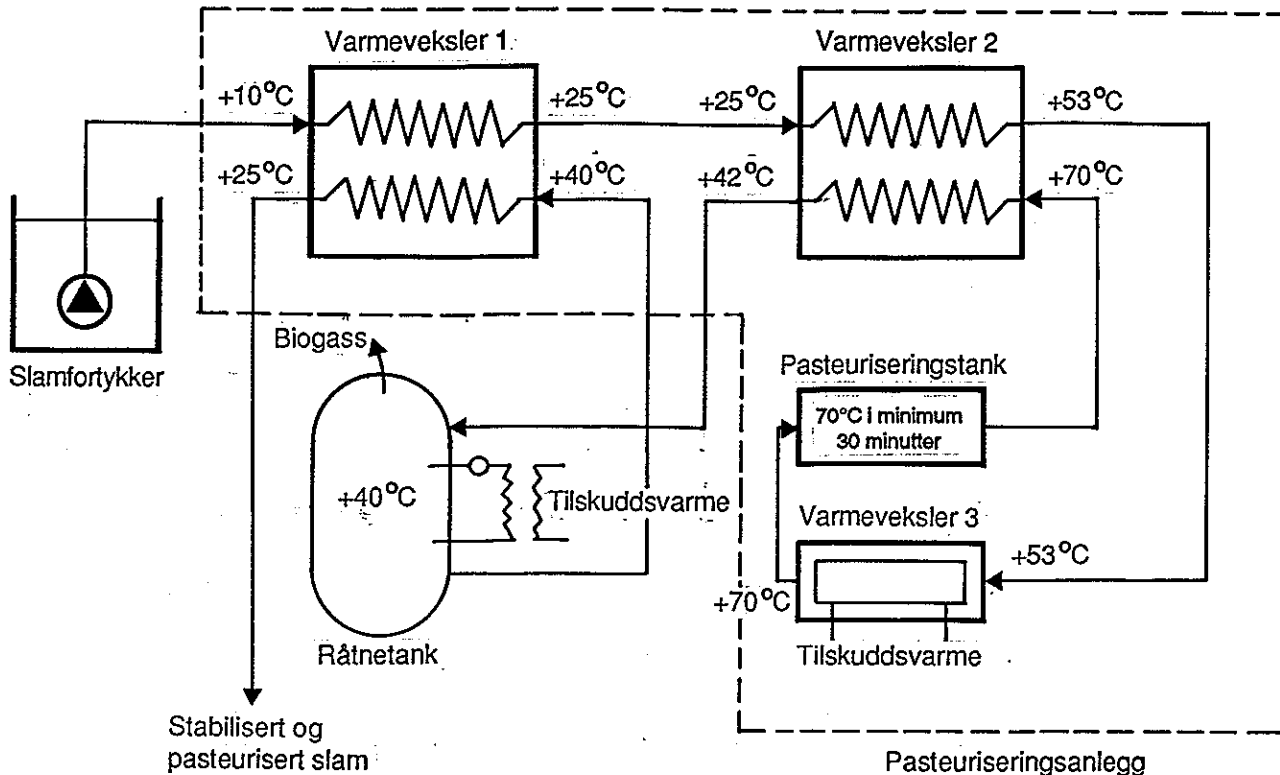
##### **4.5.1. Prosessbeskrivelse**

Pasteurisering vil si å utsette slammet for en temperatur på min. 70°C i minst 30 minutter. Ved pasteurisering før stabilisering oppnår man et slam som er både stabilisert og hygienisert. Tidligere forsøkte man å pasteurisere etter stabiliseringen ved en del sveitsiske anlegg, men dette ga oppblomstring av patogene bakterier i slammet ved etterfølgende lagring før bruk på jordarealer (Clements, 1983). Fra begynnelsen på åttitallet ble alle pasteuriseringsanlegg plassert foran stabiliseringstrinnet.

Oppvarmingen av slammet kan skje på forskjellige måter: ved varmevekslere hvor varmt vann eller slam overfører varme til kaldere slam, ved innblåsing av lavtrykks damp i slammet, eller ved hjelp av gassbrenner neddykket i slammet. I alle tilfeller benyttes gassen fra den anaerobe stabiliseringen som energikilde. Det er vanligst å benytte varmevekslere til pasteuriseringsanlegg. I de neste kapitlene vil vi derfor ta utgangspunkt i denne metoden.

For å få minst mulig energitap i prosessen varmer man vanligvis slammet opp i tre trinn. I første trinn varmes kaldt råslam opp til 25-30°C ved å varmeveksle det mot utrånnet slam fra rånnetanken. I neste trinn varmes det opp til 50-60°C ved å varmeveksle det mot ferdig pasteurisert slam, slik at det pasteuriserte slammet også blir avkjølt til ca. 40°C før det tilføres rånnetanken. I det tredje trinnet varmes slammet ytterligere opp til ca. 70°C ved å varmeveksle det med varmt vann (80-95°C) fra en fyrkjele som benytter biogassen som energikilde. Se figur 4.5.





**Figur 4.5** Prinsippskisse av pasteuriseringsanlegg med tre varmevekslingstrinn.

Tidligere benyttet man varmt vann i varmevekslerne som transportmedium for varmen som skulle overføres fra varmt til kaldt slam. Man måtte da ha to varmevekslere for hvert varmevekslingstrinn: én som overførte varme fra varmt slam til vann, og én som overførte varmen videre fra det varme vannet til kaldt slam. Utviklingen på varmevekslersiden har imidlertid nå kommet så langt at flere firmaer tilbyr platevarmevekslere med overføring av varme direkte fra slam til slam (slam-slam-varmevekslere). Dette gjør varmevekslingen enklere og reduserer varmetap. Som siste varmevekslertrinn brukes normalt en rørvarmeveksler der slammet pumpes i rør gjennom et varmt vannbad.

Ved store anlegg (>ca. 100.000 pe) benytter man normalt helkontinuerlig drift av pasteuriseringsanlegget. På mindre anlegg produseres det ikke nok slam til at man kan pumpe det gjennom pasteuriseringen kontinuerlig. Ettersom råtnetankene helst skal mates jevnt over hele døgnet, vil det ikke være bra å kjøre pasteuriseringen bare en del av døgnet, og la den stå resten av døgnet. Dessuten er man redd for at slammet skal brenne seg fast på de varmeste varmevekslerne dersom det blir stående stille der. Ved diskontinuerlig innpumping av slam må man derfor rundpumpe slammet over de to varmeste varmevekslerne når det ikke pumpes nytt slam inn i systemet. Dette er gjort på Enga renseanlegg i Sandefjord (ca. 50 000 pe.), mens man på FOA-anlegget i Fredrikstad har helkontinuerlig mating av anlegget.

#### 4.5.2. Driftsresultater

FOA-anlegget har nå hatt pasteuriseringsanlegget i drift siden 1990. Til å begynne med hadde man problemer med at fiber i slammet festet seg rundt omrørerne i pasteuriseringstankene. Det er derfor viktig å ha en slamsil eller en maserator foran anlegget, slik at partikkelstørrelsen i slammet ikke er større enn 5 mm. Dette blir forøvrig mest sannsynlig et krav i SFT's nye slamregelverk (SFT, 1991). Dessuten bør man forsøke å unngå røreverk hvor fibre kan henge seg fast.

Det har ikke vært problemer med begroing/fastbrenning av slam i varmevekslerne ved FOA-anlegget. Vasking med varmt vann (ca. 85°C) en gang i året har vært tilstrekkelig til å holde varmevekslerne rene så langt.

Det er viktig at varmevekslerne har et relativt stort gjennomstrømningsareal for å unngå tiltetting. Mulighetene for å kunne komme til og rengjøre inni varmevekslerne bør det også legges vekt på ved valg av varmevekslertyper.

Erfaringer fra tyske renseanlegg tilsier også at slam-slam-varmevekslerne fungerer bra (Stoch, 1990; Sieber, 1990). Etter ett års drift på disse anleggene med temperaturer over 60°C, har man ikke hatt problemer med belegg inne i varmevekslerne. Også på disse anleggene har det vært tilstrekkelig å vaske varmevekslerne årlig med varmt vann.

På Sandefjord renseanlegg har man meget gode erfaringer med slam-slam-varmevekslere. Man har bare prøvevasket varmevekslerne én gang i løpet av de to og et halvt åener anlegget har vært i drift.

Ved flere varmevekslere etter hverandre må man normalt bruke slampumper i serie for å unngå for høyt trykk i varmevekslerne. Ved flere pumper i serie er det viktig at pumpene er samkjørte. Ved FOA har man hatt problemer med mekanisk samkjøring av slampumpene. I Sandefjord har man valgt frekvensstyring av pumpene, og dette har gått uten problemer.

#### 4.5.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Slamkvaliteten vil være lik kvaliteten til anaerob stabilisert slam mhp. næringsstoffer, organisk stoff og tungmetaller, men ved pasteuriseringen blir slammet også hygienisert. Det er litt motstridende opplysninger om hvorvidt pasteuriseringen medfører et slam med bedre fortykkings- og avvanningsegenskaper enn et tilsvarende slam som bare er anaerobt stabilisert (Pfeiffer, 1990). Erfaringene fra FOA og Sandefjord er at slammet avvanner meget bra i sentrifuger. Innholdet av næringsstoffer i slammet fra FOA og Enga er vist i tabell 4.9.

**Tabell 4.9 Næringsstoffer i slam som er pasteurisert og anaerobt stabilisert.**

Anlegg	Middelverdier (% av tørrstoff)					
	Org. stoff	TKN/Tot N	NH <sub>4</sub> -N	Tot P	Ca	K
FOA	44	1,8	0,20	1,8	-	0,20
Sandefjord	53	2,8	0,38	2,0	1,2	0,20

Det er omtrent like mye næringsstoffer i dette slammet som i slam som er aerobt, termofilt forbehandlet og anaerobt stabilisert. Det er større forskjeller mellom analyseresultatene fra forskjellige laboratorier enn mellom forskjellige typer termisk hygienisering.

For at hygienisert slam ikke skal gjensmittes ved avvanning eller lagring i silo, må man være nøye med renhold av tanker, siloer og avvanningsutstyr. Utstyret må vaskes etter at det har vært ikke hygienisert slam i det, før det tilføres nytt hygienisert slam. I Fredrikstad tok det nesten et år før utgående slam overholdt kravene til hygienisert slam pga. gjensmitting av slammet etter stabilisering.

Ved anaerob stabilisering av slam er det vanlig å oppnå 35-50% nedbrytning av det organiske stoffet i slammet. Dette gir i størrelsesorden 25-30% reduksjon av totalt slamtørrstoff, slik at slammengdene blir tilsvarende mindre. Avvanningsegenskapene for godt utrånnet

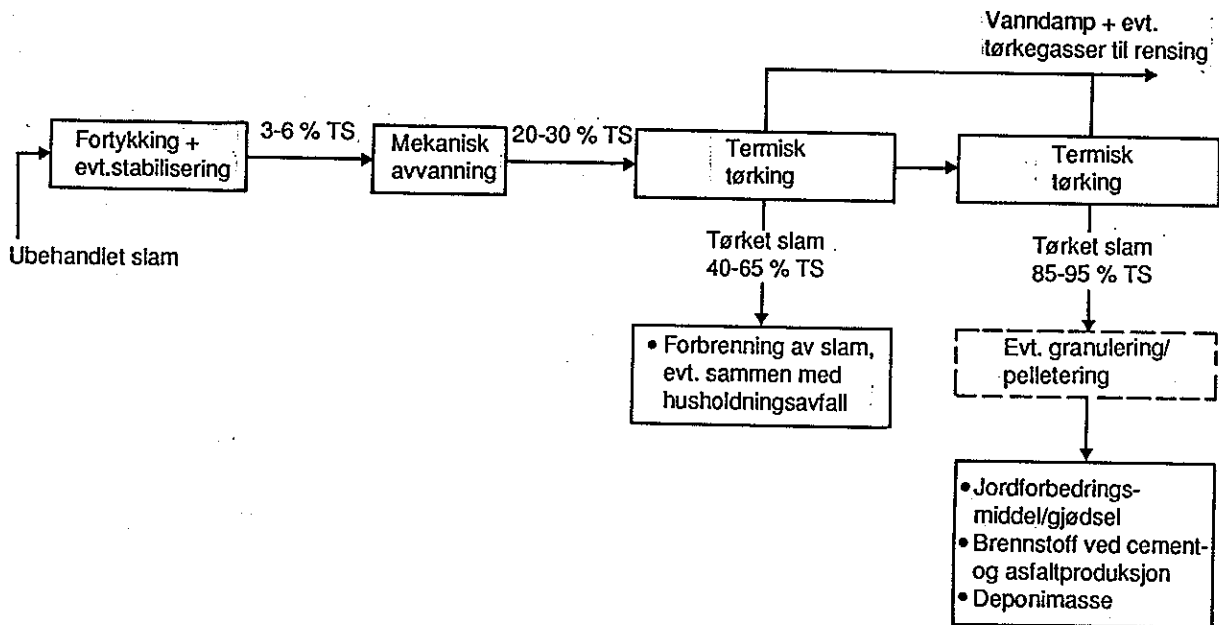
slam er bedre enn for råslam, men ved bare delvis utråtning blir avvanningsegenskapene normalt dårligere enn for råslam (Holmström, 1984).

#### 4.6. Termisk tørking av slam

Ved kombinasjonen anaerob stabilisering og termisk tørking får vi et slam som både er stabilisert, hygienisert, og med høyt tørrstoffinnhold (over 85% tørrstoff). Ved en anaerob stabilisering av slammet vil man også få biogass som kan brukes som energikilde for tørkeprosessen. Vi skal her beskrive prosessen termisk tørking, og egenskapene til slam som både er anaerobt stabilisert og termisk tørket.

##### 4.6.1. Prosessbeskrivelse

Ved termisk tørking fordampes mesteparten av det vannet som er igjen i slammet etter avvanning med maskinelt avvanningsutstyr. Vanligvis drives tørkeprosessen så langt at man oppnår 85-95% TS-innhold i slammet, men tørkingen kan også avsluttes ved et TS-innhold på 40-65% dersom slammet etterpå skal forbrennes (se figur 4.6). Ved lagring av tørket slam bør tørrstoffet i slammet være over 85% for å få god lagringsstabilitet.

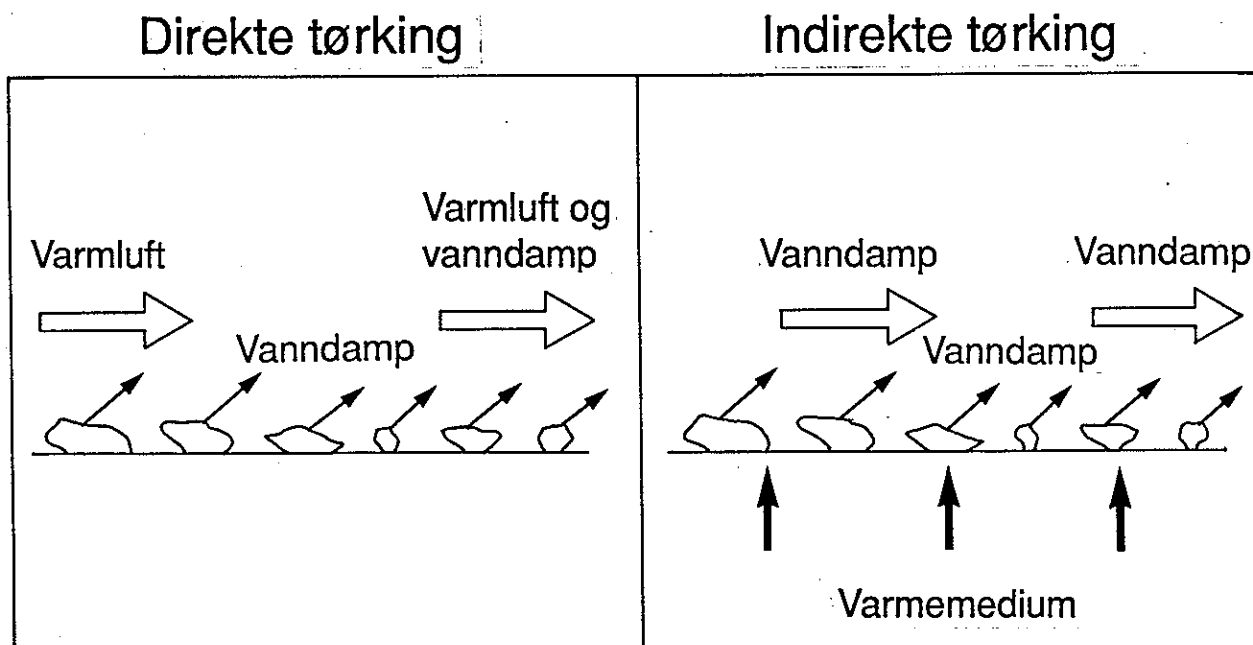


Figur 4.6 Hovedelementene i et anlegg for termisk tørking av slam.

Tørket slam (85-95% TS) vil foreligge som en relativt inhomogen masse bestående av alt fra finkornig pulver til større klumper, dersom det ikke benyttes utstyr for å pelletere eller granulere slammet. Ved nye tørkeanlegg er slikt utstyr tatt i bruk når det ferdige slamproduktet skal brukes som jordforbedringsmiddel/gjødsel på jordarealer. I enkelte tørkeanlegg sikter man det tørkede slammet, og resirkulerer det fineste og groveste materialet til prosessen.

Det finnes en rekke fabrikat av tørkeutstyr for kloakkslam på det internasjonale markedet, men prinsipielt kan disse deles inn i to hovedgrupper (se figur 4.7):

- direkte tørking (konveksjonstørking)
- indirekte tørking (kontakttørking).



Figur 4.7 Prinsipper for termisk tørking av slam.

Ved direkte tørking føres varm luft, vanndamp eller forbrenningsgasser direkte i kontakt med slammene, og en stor del av slammets vanninnhold vil fordampe. I lukkede systemer som arbeider med damp som tørkemedium, vil overskuddsdampen fra slammene bli kondensert ut, mens i åpne systemer vil tørkemediet (damp eller forbrenningsgasser) forlate tørken sammen med partikler (støv) og illeluktende gasser fra det tørkede slammene. Direkte tørking av slam medfører derfor en relativt omfattende rensing av gassene for å kunne tilfredsstille vanlige standarder for utslipp til atmosfæren. Vanlige typer av direkte tørker er roterende trommeltørker (f.eks. Swiss Combi), virvelsjikts ("fluidized bed") tørker (f.eks. Asea Brown Boveri) og båndtørker (f.eks. SEVAR-tørken).

Indirekte tørking er karakterisert ved at varmemediet (damp, evt. termo-olje) og slammene holdes adskilt ved hjelp av en metalloverflate (kfr. varmevekslere). Dette innebærer at mengden forurensede avgasser (damp) fra tørkeprosessen blir liten sammenlignet med den direkte tørkingen, og både gassrensing og varmegjenvinning kan gjøres enklere. Det største problemet med indirekte tørking er kanskje det avvannede slammets tendens til å klebe seg fast på varmeoverflaten i den første delen av tørkeprosessen (størst problem ved slam med TS-innhold mellom 50 og 65%). Dette problemet har noen fabrikanter løst ved å resirkulere en andel av ferdig tørket slam til innløpet av tørkeenheten. Vanlige typer av indirekte tørker er skivetørker (f.eks. Stord Rotadisc-tørker), tynnsliktstørker og rørtørker (f.eks. Kvaerner Eureka's Multicoil-tørker). Hovland (1991) har beskrevet de forskjellige tørkeprosessene mer i detalj.

Ved valg av prosess skal man være oppmerksom på at enkelte av prosessene er laget for å kjøres helkontinuerlig, og har svært lang igangkjøringstid (opptil 8 timer), mens andre prosesser egner seg bedre til intermitterende drift (ca. 1/2 times igangkjøringstid).

Slammene vil gå gjennom flere faser i tørkingen (Siefert 1991). Disse er vist i tabell 4.10.

**Tabell 4.10** Slammet vil gå gjennom flere faser i tørkingen (Siefert 1991)

Tørrstoffinnhold	Konsistens
Under ca. 40%	Pastalignende
Mellom ca. 50 og 60%	"Klabbete", limaktig
Over ca. 60%	Tørt, kornete
Over ca. 90%	Biologisk stabilt under lagring, men tilbøyelig til selvantennelse og vannopptak (hygroskopisk).

#### 4.6.2. Driftsresultater

Det er bygget et termisk tørkeanlegg ved det nye renseanlegget for Nord-Jæren. Det har foreløpig vært problemer med at slammet blir så tørt at det tar fyr, men det arbeides nå med å løse dette problemet.

En del tørkeanlegg for kommunalt slam har periodevis vært i drift i Sverige siden begynnelsen av 1970-tallet (Hökervall, 1972), men forøvrig er metoden lite utbredt i Skandinavia. Erfaringene med de svenske anleggene var relativt negative, bl.a. pga. dårlige arbeidsmiljøforhold (støv og lukt) og høye energikostnader. Nyere erfaringer fra bl.a. Tyskland (Reimann, 1989), Sveits (Conradin og Wiesmann, 1990; Grüter, Matter og Dehlmann, 1990), Frankrike (Levasseur, 1987), og USA (Wolstenholme, 1990; Bush, 1990) viser imidlertid at det har skjedd en betydelig teknologiutvikling, spesielt når det gjelder energiutnyttelse/varmegjenvinning og tiltak for å bedre arbeidsmiljø (helt lukkede prosesser) og det ytre miljø (gass/luftrensing). De tekniske løsningene for tørking av slam synes derfor nå å ha nådd et tilfredsstillende nivå ut fra et driftsmessig syn.

På Sentralrenseanlegg Nord-Jæren har det vært installert et tørkeanlegg fra Stord International. Dette anlegget har hatt en del barnesykdommer som nå er i ferd med å bli rettet. Lukt fjerningsmetoden på anlegget var ikke bra nok. Det ble derfor installert et to-trinns absorpsjonsanlegg foran det opprinnelige kullfilteret, og dette fungerer nå bra. Det har også vært problemer med innkjøringen av pelleteringsanlegget, og med kapasiteten på tørken. Disse problemene er nå overvunnet, og anlegget går nå jevnt og trutt med tørrstoffkapasitet godt over det forventede (Tornes, 1994).

EPA (1979) påpeker at korrosjon og erosjon av utstyret har vært et problem ved flere anlegg. Særlig har bruken av jernklorid som kondisjoneringsmiddel medført korrosjonsproblemer i tørkeutstyr. Bruk av ca. 10% kalk til avvannet slam har redusert problemene med erosjon og korrosjon i Bamberg (Reimann, 1989). Slam som er tilsatt kalk som kondisjoneringsmiddel, får en løs og grynet struktur som medfører at slammet vil være enkelt å tørke. Forsøk har vist at det ikke oppstår klebproblemer ved slikt slam (Holdhus, 1990).

Fett i slammet kan føre til koksdannelse på varme overflater (Hovland, 1991). Lukt- og støvproblemet kan vanligvis løses ved at tørkeanlegg, transportsystem og eventuelt pelleteringsanlegg bygges som et lukket system med undertrykksventilasjon. Det bør også legges vekt på lydisolasjon for å redusere støynivået, og det tørkede slammet bør avkjøles for å redusere faren for brann og støveksplasjon.

Utråtnet, kjemisk slam vil være lettere å tørke enn kjemisk slam som ikke er utråtnet. Dette skyldes at nedbrytningen av organiske forbindelser ved utråtningen gir et mer porøst slam

etter avvanning (Utvik, 1990). Biologisk slam vil trolig være den mest problematiske slamtypen mhp. tørking.

Avvanningsmetodikken vil også ha betydning for tørkeprosessen. Utråtnet, kjemisk slam som er avvannet i silbåndpresse vil ha en bedre struktur mhp. tørking enn tilsvarende slam som er avvannet i sentrifuge (Hovland, 1991).

Tørket slam bør lagres under tak for å hindre at det suger til seg vann. Det bør også være skjermet mot vind.

#### 4.6.3. Endring av slamkvalitet og slammengde

Anaerobt stabilisert, tørket slam skal ha et tørrstoffinnhold på over 85%, og vil dermed være støvtørt. Hvis slammet ikke er siktet, vil det inneholde både støv og grove partikler. Siktet eller granulert/pelletert slam vil være lettere å håndtere og støvfritt. Dette er sannsynligvis også den slamkvaliteten som vil egne seg best, dersom det blir aktuelt å bruke slam i skogbruket (Øyen, 1991).

Tørket slam vil med sin støvtørre konsistens være enkelt å spre på jordbruks- eller grøntarealer. Det kan spres i små mengder pr. arealenhet, og enkelt og lett tilgjengelig spredeutstyr kan benyttes.

Ett tonn tørket slam vil bare oppta mellom en tredel og en firedel av den plassen vanlig avvannet slam opptar, slik at det vil kreve mye mindre lagrings- eller deponeringsvolum enn annet slam. Det vil også kunne forbrennes direkte uten tilleggsbrensel (nødvendig tørrstoff for å oppnå dette er ca. 40-65%).

#### 4.7. Langtidslagring av slam

Langtidslagring av slam er bare aktuelt for mindre slammengder, da det både er arealkrevende og innebærer betydelig risiko for luktsjenanse. Ved lagring av avvannet råslam i hauger utendørs vil det gradvis skje en omsetning av organisk materiale, og patogene organismer vil dø ut. Hvor lang tid det tar før slammet er stabilisert og hygienisert, avhenger bl.a. av slamtype og klima på stedet. Etter 3-4 års lagring vil man normalt ha et slam som kan sammenlignes med slamkompost både når det gjelder lukt, hygiene og konsistens/struktur. Eventuelle parasittegg kan imidlertid fortsatt være infektive.

Slamlagring må foregå i god avstand fra bebyggelse og allmenn ferdsel (SFT, 1982). Veiledende avstand til bebyggelse er for råslam minimum 500 m, og for stabilisert slam 200 m. Ved lokalisering av slamlager må det vurderes om topografi, vegetasjon og vindretning er slik at det likevel kan oppstå luktproblemer.

Slamlagerplassen skal ikke lokaliseres til områder med ras- eller flomfare, og det skal være forsvarlig avsperrert for mennesker og dyr. Vannmengden som tilføres deponiet skal begrenses mest mulig og bare omfatte den nedbør som faller på selve deponiet. Grunnen under slamlageret må ha en viss kapasitet for infiltrasjon kombinert med god, naturlig renseevne.

Fyllingshøyde skal ikke være større enn 1-2 m. For et slamlager skal det foreligge en klargjøringsplan. Det skal også utarbeides en driftsplan og driftsinstruks.

## 5. Slammengder og slamkvalitet - eksisterende og fremtidige forhold

### 5.1. Slammengder

Opplysninger om renseanlegg, tilføringsgrader, septiktanker, septikmengder, og slammengder fra renseanleggene i 1992 samt en del utregninger er vist i vedlegg 1. Vi har forsøkt å kontrollere de oppgitte slammengdene mot de forventede slammengdene ut fra tilknytning til anleggene, tilføringsgrad, stipulerte spesifikke verdier for slamproduksjon, tilført septikslam og tilført slam fra andre renseanlegg. Der det har vært betydelige forskjeller mellom stipulerte og forventede slammengder, har vi i noen tilfeller brukt de stipulerte tallene, ettersom vi vet at slammengder ikke alltid blir målt helt nøyaktig. Vi har forøvrig forklart tallene nærmere i vedlegg 1.

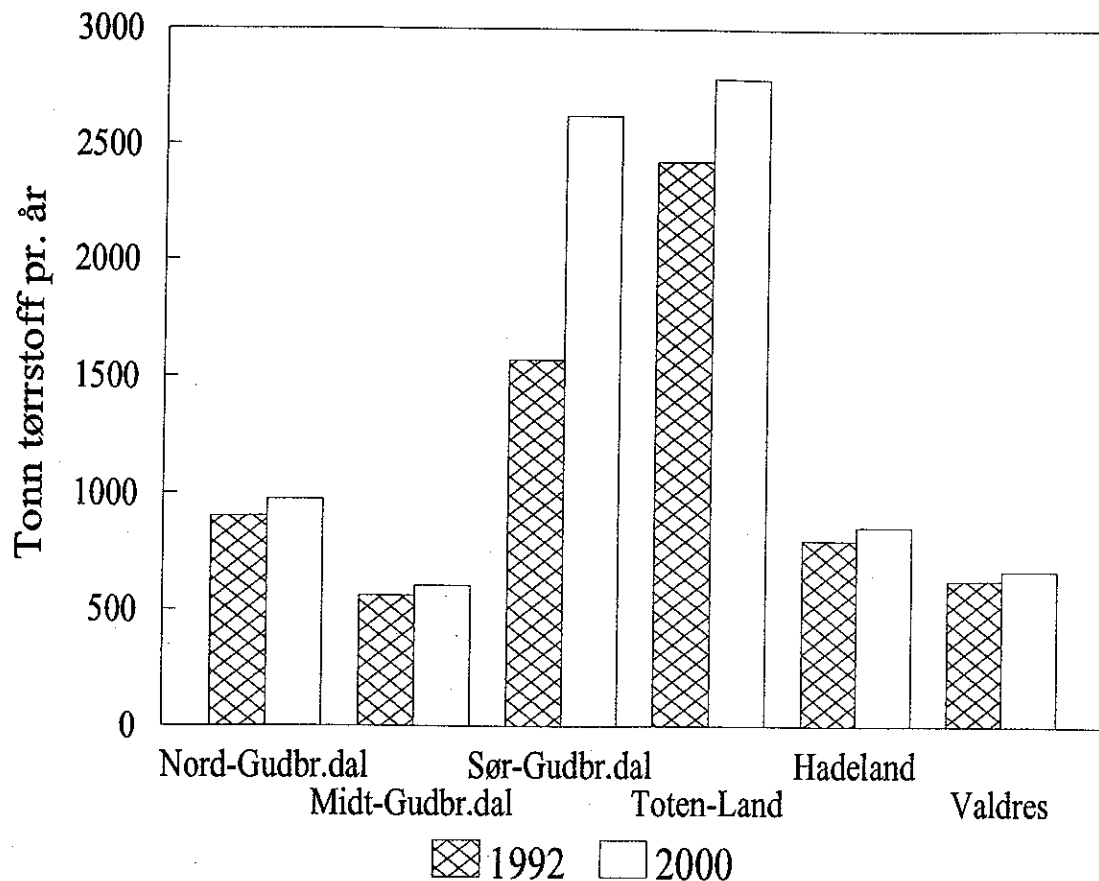
Slammengdene fra de enkelte anleggene i 1992 og år 2000 er listet opp for fylket samlet i tabell 5.1, og i tabell 5.3 til 5.8 for de enkelte regioner av fylket. Tallene fra år 2000 er fremkommet ved å regne med 10% økning i slammengdene fra renseanlegg som følge av forventede saneringstiltak på ledningsnettet, og ytterligere 20% økning fra renseanlegg som vil få nitrogenrensetrinn (R2 og Rambekk).

**Tabell 5.1 Råslammengder i Oppland totalt i 1992 og år 2000.**

1992			2000		
Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam
6.900	34.200	10.500	8.500	41.400	9.900

Vi har valgt å dele fylket inn i seks regioner hvor det kan være naturlig å samarbeide om slambehandling og slamdisponering. I alle regionene er det enten allerede etablert samarbeid om renovasjon og avfallsbehandling, eller dette er på trappene. Det vil være naturlig å se på slambehandlingen som en del av avfallsbehandlingen, og en del steder overlate også slambehandlingen til det interkommunale avfallsselskapet.

I figur 5.1 har vi vist hvordan mengdene slamtørrstoff i råslam fra de kommunale renseanleggene i Oppland forventes å øke i de forskjellige regionene fra 1992 til år 2000. Det er bare i Sør-Gudbrandsdal at slammengdene vil øke mer enn 5-10%. Dette skyldes den økte tilknytningen på Lillehammer renseanlegg (R2) i forbindelse med utbyggingen som skjer i disse dager. Totale mengder tørrstoff i slammet fra Oppland vil være som vist i tabell 5.1 i 1992 og år 2000, dersom slammet ikke behandles på annen måte enn i dag. Hvordan tørrstoffmengder og slammengder vil forandres ved bruk av forskjellige slambehandlingsmetoder, er vist i tabell 5.2.



Figur 5.1 Tørrstoffmengder i slammet fra Oppland i 1992 og år 2000.

Tabell 5.2 Forandring i tørrstoffmengder og slammengder ved forskjellige slambehandlingsmetoder.

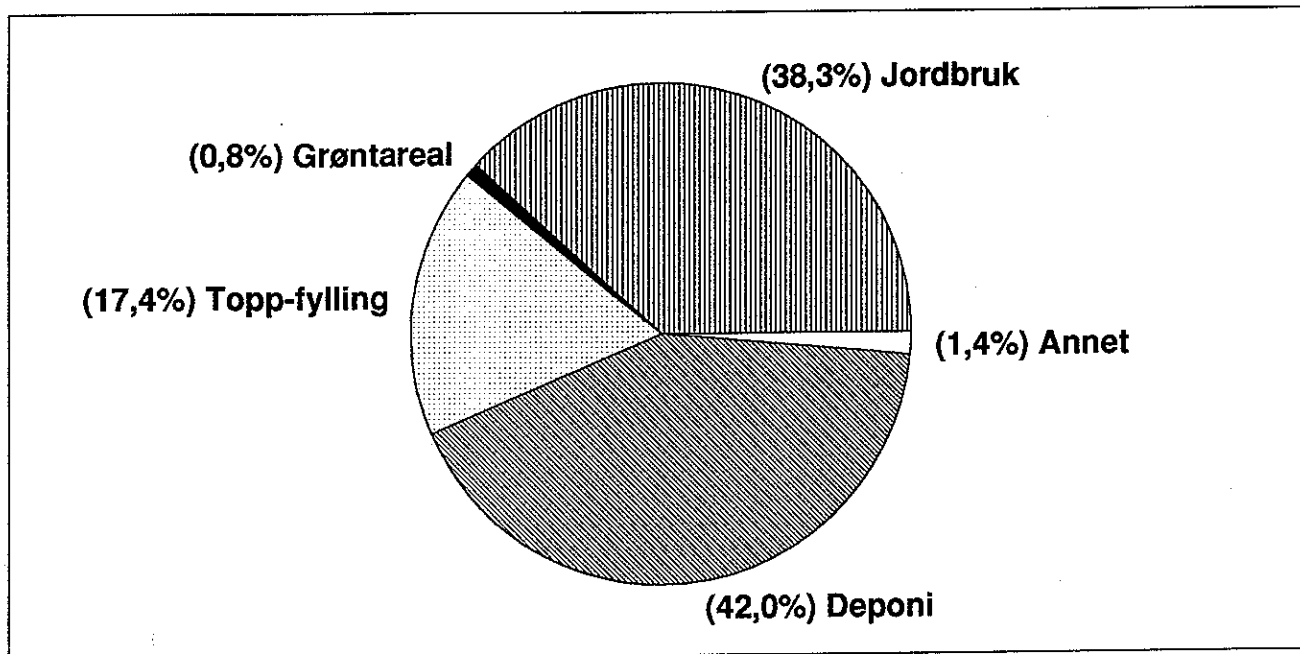
Behandlingsmetode	Slamtørrstoff i % av tørrstoff i råslam	Tilleggstørrstoff i % av råslam	Tørrstoffinnhold i ferdig produkt (%)	Volum av slam i % av råslamvolum
Våtkompostering	73	0	25	60
Aerob forbeh./pasteurisering+anaerob stabilisering	67	0	30	45
Kalkbehandling	100	50	35	85
Kompostering	73	100	50	70
Anaerob stab.+tørking	67	0	85	15
Langtidslagring	80	0	35	45

Verdiene i tabellen må ses på som grove overslagstall, som kan variere mye fra anlegg til anlegg. Når det gjelder spredning på jordbruk, er det slamtørrstoffet i den andre kolonnen man må ta utgangspunkt i. Hvis f.eks. kommunen har en tørrstoffmengde på 100 tonn uten behandling, vil denne mengden reduseres til ca. 73 tonn ved våtkompostering, ca. 67 tonn ved anaerob stabilisering, osv. Slammengden vil reduseres enda mer i forhold til råslammengden, fordi tørrstoffinnholdet i slammet vil øke ved alle slambehandlingsmetodene. Dersom en kommune har 500 m<sup>3</sup> slam som råslam i år 2000 (20% tørrstoff), vil denne mengden reduseres til 300 m<sup>3</sup> ved våtkompostering, 225 m<sup>3</sup> ved anaerob stabilisering, osv. Slamtørrstoff og slammengder for år 2000 i tabell 5.1 og tabellene 5.3 til 5.8 må derfor kor-



rigeres etter hvilke slambehandlingsmetoder man benytter. Det ville fort bli uoversiktlig dersom vi skulle tatt med alle alternativene her.

Slammet i Oppland ble i 1992 disponert som vist i figur 5.2.



*Figur 5.2 Disponering av kommunalt slam i Oppland i 1992.*

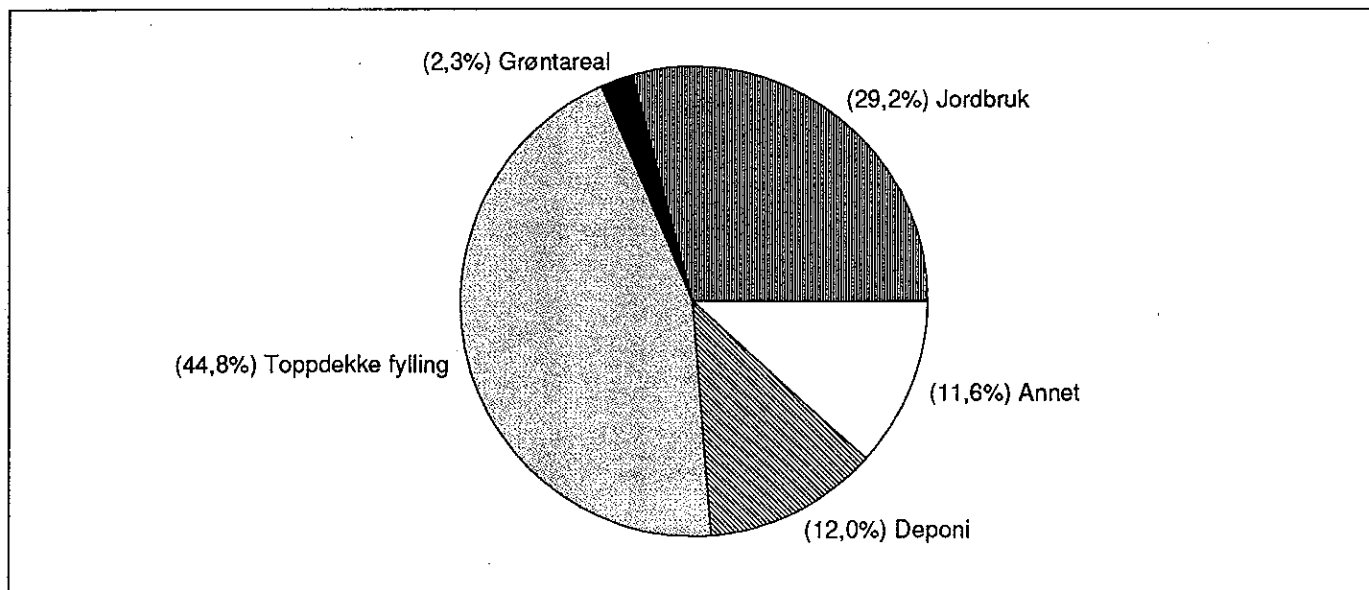
#### 5.1.1. Nord-Gudbrandsdal

I tabell 5.3 er vist slammengdene for renseanleggene i kommunene Dovre, Lesja, Skjåk, Lom, Vågå og Sel. Lesja har laguneanlegg for septikslammet, mens Skjåk har et laguneanlegg for alt slam. De andre kommunene avvanner alt slam på renseanlegg. Kommunene i Nord-Gudbrandsdal diskuterer et samarbeid om renovasjon og avfallsbehandling.

Slammet i Nord-Gudbrandsdal ble i 1992 disponert som vist i figur 5.3.

**Tabell 5.3 Råslammengder fra renseanleggene i Nord-Gudbrandsdal.**

Kommune	Rense- anlegg/ avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam
Dovre	Dombås	121	720		131	777	
	Dovre	35	210		39	231	
Lesja	Lesja	65	327		71	360	
	Bjorli				19	113	
	Lagune	48		2228	31		1532
Skjåk	Lagune	58		2921	61		3026
Lom	Fossbergom	137	915		152	1015	
Vågå	Vågåmo	133	651		142	695	
Sel	Otta	305	1827		329	1972	
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>		<b>902</b>	<b>4650</b>	<b>5149</b>	<b>974</b>	<b>5162</b>	<b>4558</b>



**Figur 5.3 Disponering av kommunalt slam i Nord-Gudbrandsdal i 1992.**

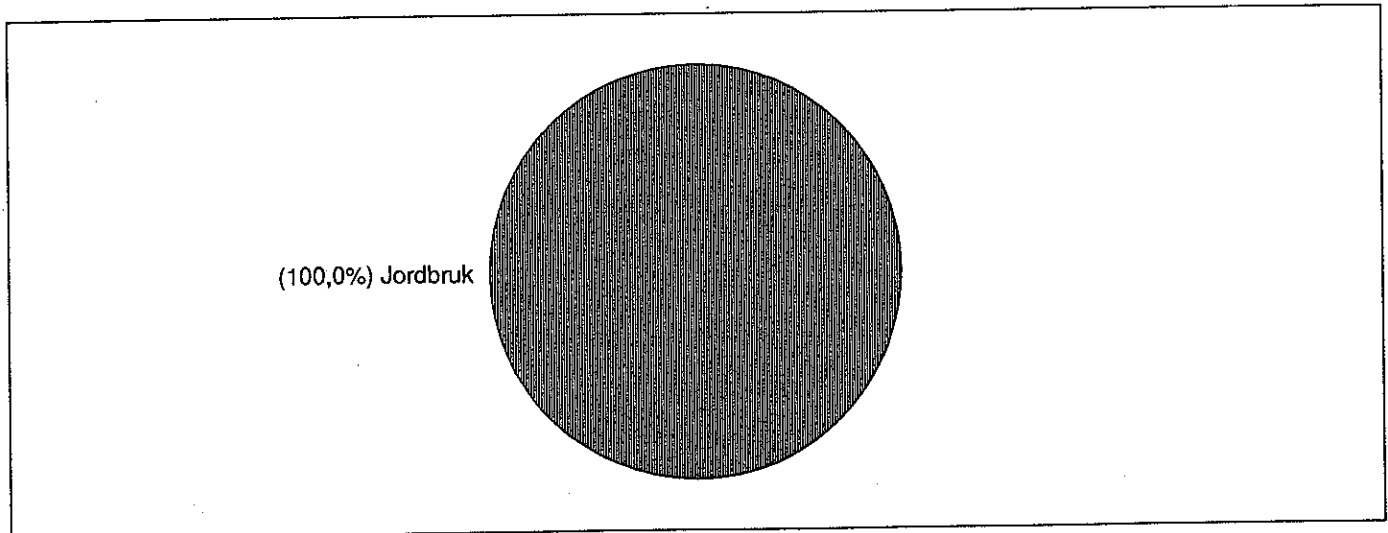
### 5.1.2. Midt-Gudbrandsdal

I tabell 5.4 er opplistet slammengder i 1992 og år 2000 fra kommunene Nord-Fron, Sør-Fron og Ringebu i Midt-Gudbrandsdal. Disse kommunene samarbeider om felles avfallsbehandling gjennom Midt-Gudbrandsdal Renovasjon.

**Tabell 5.4 Slammengder fra renseanleggene i Midt-Gudbrandsdal.**

Kommune	Renseanlegg/- avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam
Nord-Fron	Kvam	32	179		35	197	
	Vinstra	170	966		0		
Sør-Fron	Hundorp	33	204		0		
	Breivegen	35	202		0		
	Mobil avvanning	34	189		34	189	
Ringebu	Ringebu	93	721		98	763	
	Fåvang	75	573		79	599	
	Frya	87	437		358	1791	
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>		<b>559</b>	<b>3471</b>	<b>0</b>	<b>604</b>	<b>3540</b>	<b>0</b>

Sør-Fron kommune har en mobil avvanningsenhet av type Hamstern, som de bruker til septikslammet. I de andre kommunene går septikslammet til renseanlegg for avvanning. Det er derfor bare avvannet slam fra denne regionen, og alt slammet ble disponert i jordbruket i 1992 (figur 5.4). I år 2000 regner vi med at anleggene Vinstra, Vinstra Kraft, Hundorp og Breivegen vil være overført til et utvidet Frya renseanlegg.



**Figur 5.4 Disponering av kommunalt slam i Midt-Gudbrandsdal i 1992.**

### 5.1.3. Sør-Gudbrandsdal

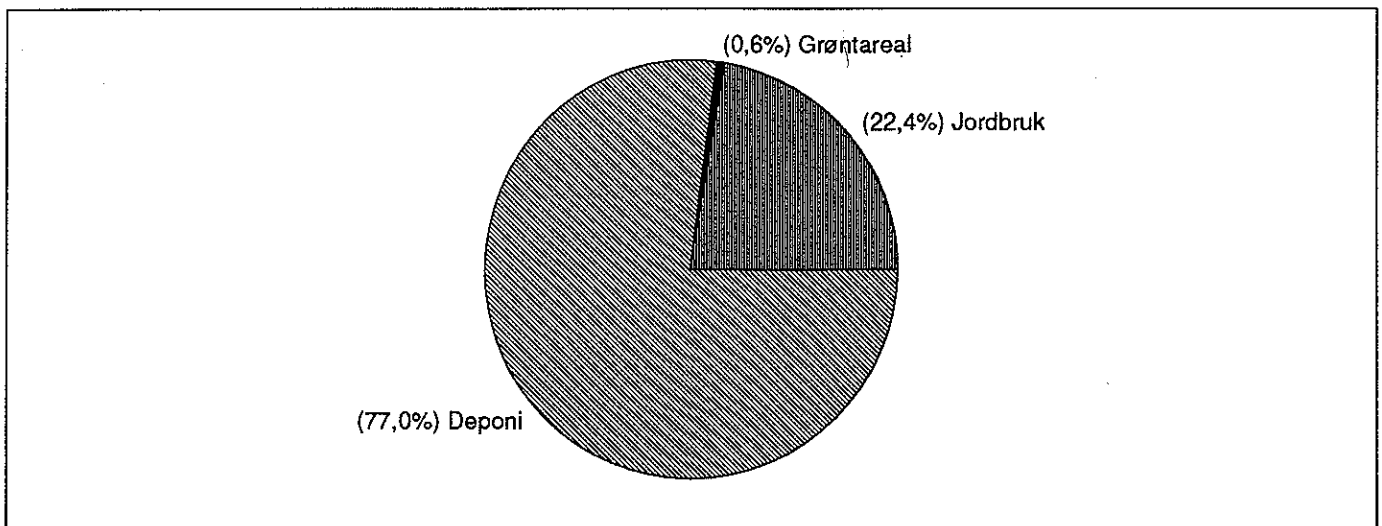
Slammengdene fra kommunene Øyer, Gausdal og Lillehammer er vist i tabell 5.5. I denne regionen har man Avfallsselskapet GLØR som tar hånd om avfallsbehandlingen.

Tabell 5.5 Slammengder fra renseanleggene i Sør-Gudbrandsdal.

Kommune	Renseanlegg/ avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam
Øyer	Granrudmoen	67	435		0	0	
	Tretten	103	550		110	585	
Gausdal	Follebu	204	917		249	1122	
Lillehammer	R2	1151	5230		2260	10274	
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>		<b>1574</b>	<b>7432</b>	<b>0</b>	<b>2620</b>	<b>11982</b>	<b>0</b>

Granrudmoen er nedlagt etter 1992 i forbindelse med utvidelsen av nedslagsfeltet til R2. Slammengdene på dette anlegget kommer omtrent til å fordobles i forbindelse med OL-utbyggingen som nå er nesten avsluttet. Dette skyldes også nitrogenrensetrinnet som vi regner med vil øke slammengdene med ca. 20%. Eventuell biologisk stabilisering av slammet på renseanlegget kan redusere slammengdene igjen (se tabell 5.2).

I denne regionen ble slammet disponert som vist i figur 5.5 i 1992.



Figur 5.5 Disponering av kommunalt slam i Sør-Gudbrandsdal i 1992.

#### 5.1.4. Gjøvik-Toten-Land

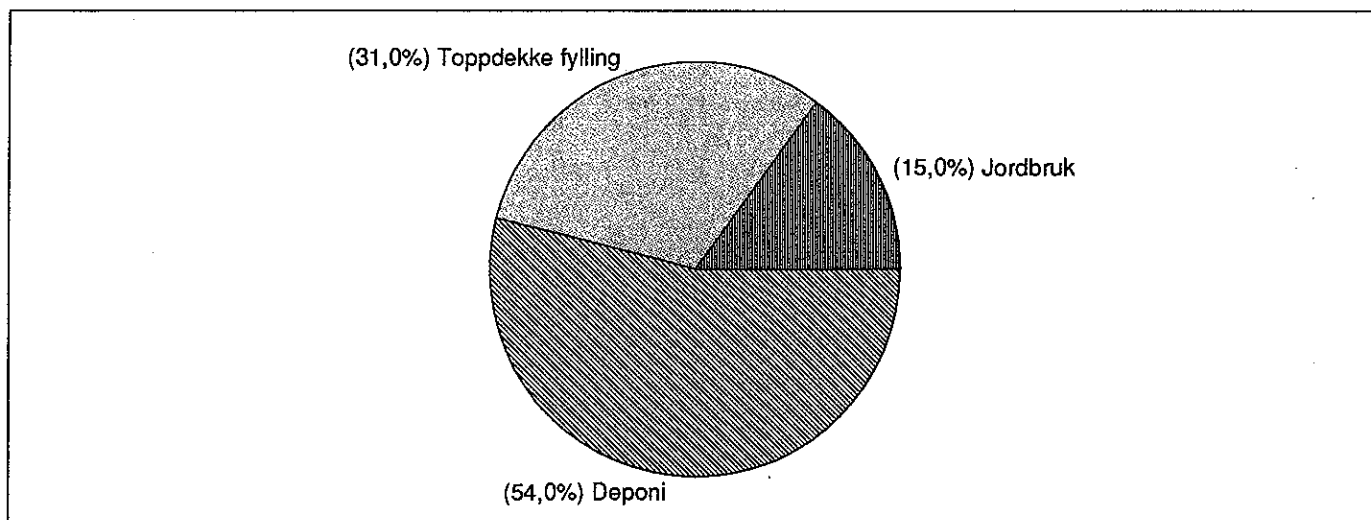
Kommunene Gjøvik, Søndre og Nordre Land og Østre og Vestre Toten samarbeider om GLT-Avfall. Slammengdene fra kommunene er satt opp i tabell 5.6.

**Tabell 5.6 Slammengder fra renseanleggene i Gjøvik-Toten-Land-området.**

Kommune	Renseanlegg/-avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam
Gjøvik	Rambekk	1064	4625		1309	5691	
Søndre Land	Hov	175	840		194	932	
	Fluberg	5	28		5	31	
Nordre Land	Dokka	183	780		214	915	
Østre Toten	Kapp	238	1003		244	1031	
	Lena	129	553		142	608	
	Skreia	171	850		181	902	
Vestre Toten	Breiskallen	463	2317		496	2481	
<b>Sum Toten-Land</b>		<b>2427</b>	<b>10996</b>	<b>0</b>	<b>2787</b>	<b>12592</b>	<b>0</b>

I dette området leveres alt septikslam på renseanlegg, og alt slam blir avvannet. Dokka renseanlegg blir utvidet og får større tilknytning i år 2000 (4000 pe), mens det forventes nitrogenrensetrinn på Ramberg renseanlegg.

I 1992 ble slammet disponert som vist i figur 5.6.



**Figur 5.6 Disponering av kommunalt slam i Gjøvik-Toten-Land-området i 1992.**

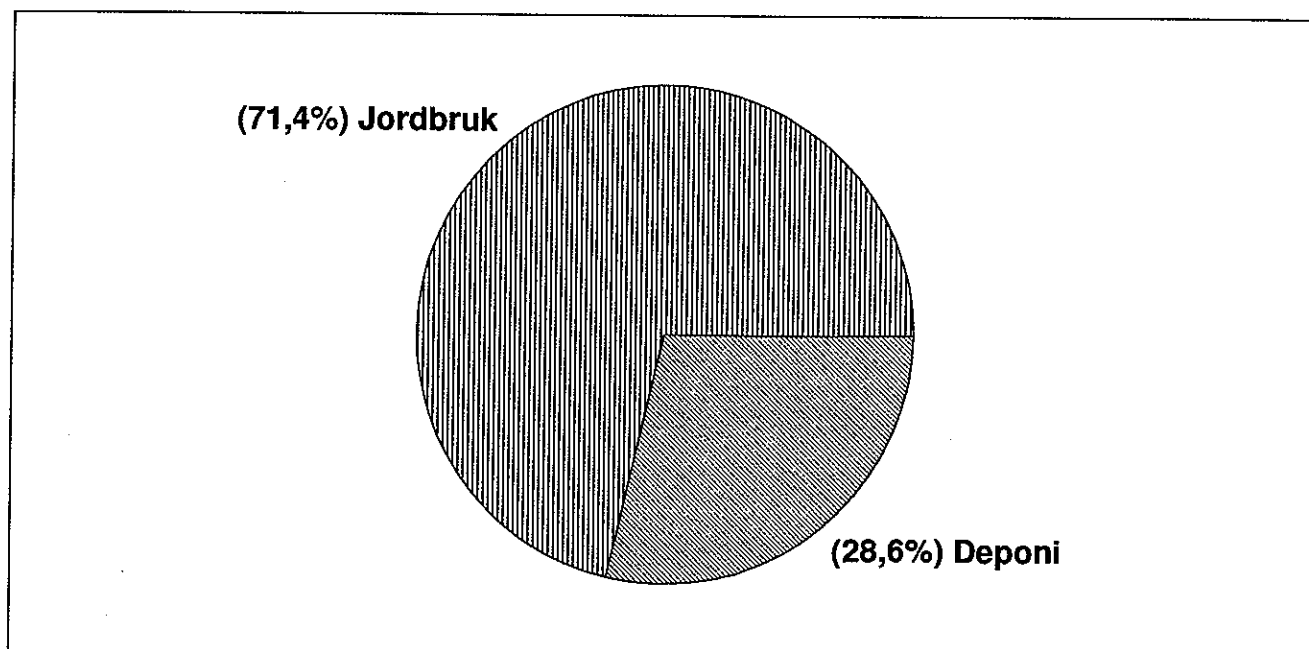
### 5.1.5. Hadeland

Slammengder fra kommunene Lunner, Gran og Jevnaker er vist i tabell 5.7. Disse tre kommunene samarbeider med Ringerike kommune i Buskerud om avfallsbehandling i selskapet Hadeland og Ringerike Avfallsselskap.

**Tabell 5.7 Slammengder fra renseanleggene på Hadeland.**

Kommune	Renseanlegg/-avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> avvannet slam	m <sup>3</sup> uavvannet slam
Jevnaker	Jevnaker	219	959		237	1041	
Lunner	Volla	98	604		105	646	
	Grua	90	528		99	581	
	Mobil avvanning	52	347		52	347	
Gran	Brandbu	238	1488		261	1630	
	Lagune	101		5043	101		5043
<b>Sum Hadeland</b>		<b>797</b>	<b>3926</b>	<b>5043</b>	<b>854</b>	<b>4244</b>	<b>5043</b>

Lunner og Gran kommuner har satt bort tømmingen av septiktanker til Hadeland Bilselskap, som har kjøpt en mobil avvanningsenhet type Hüwer. I 1992 ble Lunner-slammet hentet med denne enheten. Avvannet septikslam kjøres til laguneanlegg i hver av kommunene. I 1992 ble slammet fra området disponert som vist i figur 5.7.



**Figur 5.7 Disponering av kommunalt slam på Hadeland i 1992.**

### 5.1.6. Valdres

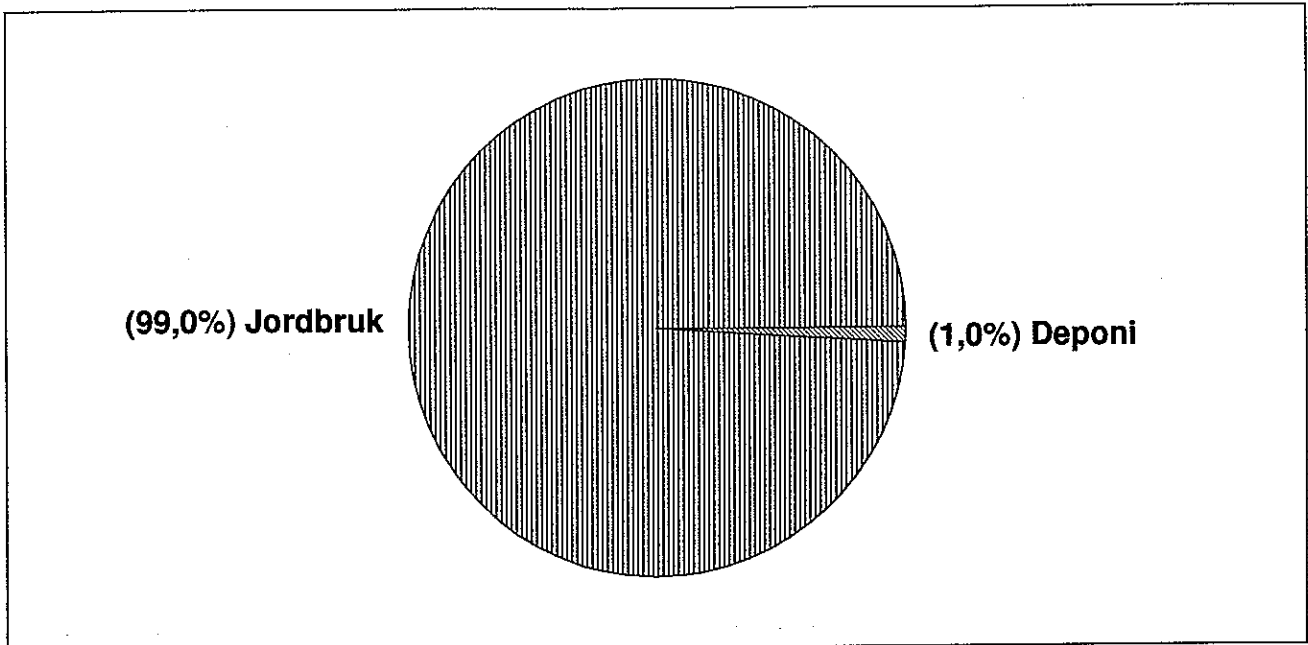
Kommunene Nord-Aurdal, Etnedal, Vestre og Øystre Slidre og Vang har gått sammen om Valdres Kommunale Renovasjon (VKR) som også samler inn septikslam i området med en Moos mobil avvanningsenhet. Sør-Aurdal har valgt å ikke delta i dette samarbeidet. Slammengder fra dette området er vist i tabell 5.8.

I Etnedal kommune finnes det ikke avvanningsutstyr på noe renseanlegg. Alt slam fra renseanleggene avvannes i et laguneanlegg. Septikslam avvannes med mobil avvanning i alle andre kommuner enn Sør-Aurdal. Avvannet septikslam blir i dag blandet med 75 volumprosent bark, og frilandskompostert av VKR.

**Tabell 5.8 Slammengder fra renseanleggene i Valdres.**

Kommune	Renseanlegg/- avvanning	1992			2000		
		Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam	Tørrstoff (tonn)	m <sup>3</sup> av- vannet slam	m <sup>3</sup> uav- vannet slam
Sør-Aurdal	Bagn	114	747		118	774	
Etnedal	Lagune	7		263	7		289
	Mobil avvanning	31	208		31	208	
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira	118	541		128	583	
	Aurdal	49	222		54	244	
	Mobil avvanning	31	208		31	208	
Vestre Slidre	Røn	85	706		93	777	
	Mobil avvanning	11	70		11	70	
Øystre Slidre	Nedrefoss	54	262		58	282	
	Beito	74	394		81	433	
	Mobil avvanning	22	145		22	145	
Vang	Grindaheim	16	77		16	79	
	Mobil avvanning	15	100		15	100	
<b>Sum Valdres</b>		627	3679	263	666	3903	289

I 1992 ble slammet i Valdres disponert som vist i figur 5.8.



**Figur 5.8 Disponering av kommunalt slam i Valdres i 1992.**

## 5.2. Slamkvalitet

### 5.2.1. Generelt

Så godt som alt slammet fra Oppland er i dag råslam, dvs. at det ikke har gjennomgått stabilisering og hygienisering. Slammet vil derfor både lukte og kunne inneholde sykdomsfremkallende bakterier. I de nye forskriftene vil det bli satt krav om at slammet skal stabiliseres og hygieniseres før bruk i jordbruk eller på grøntarealer. Pr. i dag tilsettes det kalk til slammet ved avvanning på renseanleggene i Sør-Fron (Hamstern), og det tilsettes ulesket kalk til avvannet slam på Frya renseanlegg i Ringebu. Slammet fra kommunene som er tilsluttet VKR, komposteres med 75% tilsats av bark. Disse slamtypene blir stabilisert, men ingen av dem overholder kravene til hygienisert slam. På Frya har man ikke isolert silo for kalkbehandlet slam, og komposteringsprosessen hos VKR har foreløpig ikke vært bra nok til at hygieniseringskravet oppfylles.

### 5.2.2. Næringsstoffer i slammet

Fylkesmannen i Oppland har laget en oversikt over næringsstoffer og tungmetaller i kloakkslam fra renseanlegg i Oppland fra november 1989 til mars 1992 (Fossum, 1992). Oversikten bygger på 214 prøver fra ialt 42 renseanlegg. Middelerverdier av næringsstoffer for alle renseanleggene er satt opp i tabell 5.10.



**Tabell 5.10** *Middelverdier av næringsstoffer i slam fra renseanleggene i Oppland (Fossum, 1992) Alle verdier er i % av tørrstoff. Antall prøver i parentes.*

Type slam	Org. stoff	Tot.-N	NH <sub>4</sub> -N	Tot.-P	K	Ca
Råslam	69,1 (155)	3,96 (184)	0,73 (61)	1,50 (185)	0,20 (184)	1,18 (182)
Kalkbeh. slam	32,0 (10)	2,13 (11)	0,15 (2)	0,85 (11)	0,08 (11)	20,3 (11)
Lagret slam	-	3,32 (7)	0,75 (7)	1,95 (7)	0,22 (7)	-

De 11 prøvene av kalkbehandlet slam er tatt fra renseanleggene Breivegen, Harpefoss, Hundorp og Frya.

De sju prøvene av mellomlagret slam er tatt fra slammet i kommunene Ringebu, Sør-Fron, Nord-Fron og Sel. Totalnitrogeninnholdet i dette slammet er noe lavere enn i råslammet, pga. nedbrytning av organisk stoff.

Råslammet fra Oppland inneholder mye totalnitrogen i forhold til råslam i Buskerud (Nedland, 1990), som bare har 2,4% total-nitrogen (målt som Kjeldahl-nitrogen). Dette har sammenheng med at de fleste renseanleggene i Oppland har biologisk rensetrinn, og at det er mye næringsmiddelindustri (meierier) tilknyttet anleggene. Biologisk slam inneholder mer nitrogen enn mekanisk-kjemisk slam. Slammet fra Oppland skulle derfor være godt egnet i jordbruket.

### 5.2.3. Tungmetaller i slammet

Tungmetallverdiene er hentet fra en database hvor Fylkesmannen i Oppland har lagret alle prøveresultatene fra renseanleggene. Det er tatt 376 prøver fra november 1989 til oktober 1993, fra 43 renseanlegg i fylket. Det er tatt flere prøver fra renseanlegg hvor det har forekommet overskridelser av grenseverdiene, og resultatene må ses i denne sammenheng. Middel- og maksverdier samt antall overskridelser av de nye slamforskriftene er vist i tabell 5.11.

**Tabell 5.11** *Middelinnhold og maksinnhold av tungmetaller i slammet fra Oppland sammenlignet med grenseverdiene i de nye forskriftene (Alle verdier i mg/kg TS).*

	Cd	Hg	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Grenseverdi jordbruk	4	5	100	1000	125	80	1500
Grenseverdi grøntareal	10	7	300	1500	200	100	3000
Middelverdi Oppland	1,0	2,5	37	367	31	10	333
Maksverdi Oppland	5,0	20,8	725	1550	112	50	751
Antall overskridelser jordbruk	1	30	15	3	0	0	0
Antall overskridelser grøntareal	0	13	13	1	0	0	0

Stort sett ligger tungmetallinnholdet i slammet fra Oppland godt under grenseverdiene, men det er noen prøver som ikke overholder kravene. Av de 376 slamprøvene bryter 27 prøver (7%) gjeldende grenseverdier for tillatt bruk i jordbruket (samme grenseverdi som for grøntarealer i den nye forskriften). 49 prøver (13%) er høyere enn de nye kravene til tungmetaller for bruk av slammet i jordbruk. De fleste renseanleggene som har brutt

kravene, har funnet kildene, slik at det i dag er svært få anlegg som har prøver med for høye tungmetallkonsentrasjoner.

Når de nye forskriftene for slam trer i kraft, vil kommunene måtte stabilisere slammet, og dette kan medføre at tørrstoffmengden i slammet reduseres (se tabell 5.2). Tungmetallinnholdet i slammet vil være det samme, slik at mg tungmetall pr. kg tørrstoff kan bli opptil 50% høyere enn i dag dersom man velger våtkompostering eller anaerob stabilisering som slambehandlingsmetode. Hvis man velger kalkbehandling, kompostering eller langtidslagring blir tungmetallinnholdet målt i avvannet slam før videre behandling, og tungmetallinnholdet i slammet blir som i dag.

## 6. Disponeringsalternativer for slam

Når man skal lage planer for slambehandling og slamdisponering i kommunene eller regionene vi har delt Oppland inn i, vil det lønne seg å begynne å se på avsetningsmulighetene for slammet. Det nye slamregelverket skiller mellom bruksområdene jordbruk og grøntareal (kap. 3). Private hager hører inn under grøntareal, mens toppdekke på fylling avhenger av senere arealbruk. Deponering av slam skal så vidt mulig unngås og betraktes som en nødløsning når f.eks. akutt forurensning fører til overskridelse av tillatt tungmetallinnhold i slammet.

Dette betyr at man må se seg om etter jordbruksområder eller grøntarealer hvor en kan benytte slammet. Dersom man vil forsøke å bruke slammet i jordbruket, må man finne ut hva slags slam som vil bli etterspurt i det lokale jordbruket. Dersom det er mye sur jord i området, kan det være aktuelt å behandle slammet med kalk etter avvanning (Orsa-metoden) for å få et slam som bøndene vil ha. Er det derimot ikke noe problemer med sur jord, bør man være mer forsiktig med å tilsette kalk til slammet. Man bør også se om det finnes konkurrenter på markedet. Hvis et renseanlegg i nærheten kjører ut kalkbehandlet slam til alle som ønsker det i det samme området som man selv ønsker å levere til, vil det mest sannsynlig være best å velge en annen slambehandlingsmetode.

Hvis det er mer interessant å bruke slammet til grøntarealer, bør man kanskje satse på andre slambehandlingsmetoder enn om jordbruket er den primære avtaker. Det er uansett om å gjøre å ha en slambehandlingsmetode som er fleksibel slik at man kan få avsetning på slammet selv om de lokale gardbrukerne skulle bestemme seg for ikke å ta imot slam. På den annen side bør man heller ikke velge en metode som blir uforholdsmessig dyr.

I tabell 6.1 har vi forsøkt å sammenligne de ulike forhåndsgodkjente metodene for stabilisering og hygienisering med hensyn på egnethet til bruk i jordbruk og på grøntarealer.

**Tabell 6.1 Fordeler(+) og ulemper(-) med de forskjellige slambehandlingsmetodene. 0 betyr midt i mellom.**

Slambehandlingsmetode	Inv. kostn.	Drifts. kostn.	Bruk i jordbruket	Bruk på grøntareal	Slammengder	Luktulempere
Våtkompostering	0	+	+	0	+	-*
Aerob/pasteuris.+anaerob stabilis.	-	+	+	0	+	0
Kalkbehandling	+	-	+	-	-	-
Frilandskompostering	+	-	+	0	0	-
Kompostering på luftet plate	-	-	+	+	0	-*
Reaktorkompostering	--	--	+	++	0	-*
Tørking	--	--	+	++	++	-*
Langtidslagring	+	+	0	--	+	-

\* Luktjerningsanlegg kan eliminere luktulempene.

Som oversikten viser, kan de fleste slamtypene egne seg til jordbruksformål, mens det er større forskjell mellom dem dersom man skal satse på annen bruk av slammet. Da bør slammet foredles så langt som mulig for å unngå luktulempet på spredningsarealet. Metodene som går lengst i foredling av slammet, er også de dyreste, og det blir derfor ofte en avveining mellom pris og hvilken slamkvalitet man behøver.

## 6.1. Bruk i jordbruket

Oppland fylke er et jordbruksfylke med store kornarealer, slik at det skulle være mulig å bruke mesteparten av slammet fra fylket på jordbruksområder i tråd med de nye forskriftene for slam.

Fylkesmannen i Oppland gjorde i 1990 en grundig undersøkelse av jordbruksareal som kunne brukes til kloakkslam. Man tok da utgangspunkt i produksjonsregisteret for jordbruket, og valgte ut de bruk som oppfyller følgende kriterier:

1. Minst 12 daa fulldyrket jord pr. gjødselenhet.
2. Kornarealet på bruket er minst 20 ganger større enn potetarealet.

Kriteriene er for såvidt tilfeldig valgt, men hensikten var å finne frem til husdyrløse bruk og bruk med lite dyr i forhold til jordarealet. I "Forskrift om husdyrgjødsel" er det satt krav om minst 4 daa fulldyrket jord pr. gjødselenhet, og kloakkslam bør ikke spres på områder som har i snaueste laget med spredeareal for husdyrgjødsel. I tillegg ønsket man å utelate bruk som driver potetdyrking i større omfang, pga. frykt for spredning av potetcystenematode med kloakkslammet. Dersom man oppfyller de nye forskriftene for slam, skulle det siste kriteriet være unødvendig.

Det er tilsammen 874.000 daa fulldyrket areal i Oppland (landbrukstelingen 1989), og av dette er snaut 260.000 daa kornareal. Etter nevnte kriterier er det fremdeles 143.000 daa kornareal som kan brukes til kloakkslam. I tabell 6.2 har vi satt opp for hver kommune totalt kornareal og "ledig areal for kloakkslam" utfra de to kriteriene ovenfor. Vi har også tatt med resultatene av en spørreundersøkelse blant 682 av de 1280 gardbrukerne som har "ledig areal". Av de 276 som svarte, ville 172 med tilsammen 27.900 daa fulldyrket jord, uten videre ta imot kloakkslam. Ved informasjon og bedre slamprodukter skulle det være mulig å øke denne oppslutningen betraktelig.

I virkeligheten er "ledig areal for kloakkslam" mye større enn 143.000 daa, ettersom slammet etter det nye slamregelverket vil bli mer attraktivt for bøndene enn det var i 1990 da spørreundersøkelsen ble foretatt. Dertil kommer det en del arealer i fjellet som det kan være interessant å bruke slam på ved gjenlegg av eng. Om kommunene tilrettelegger for slammottak, f.eks. ved å tilby leie av spredevogn, vil etterspørselen mest sannsynlig øke kraftig.

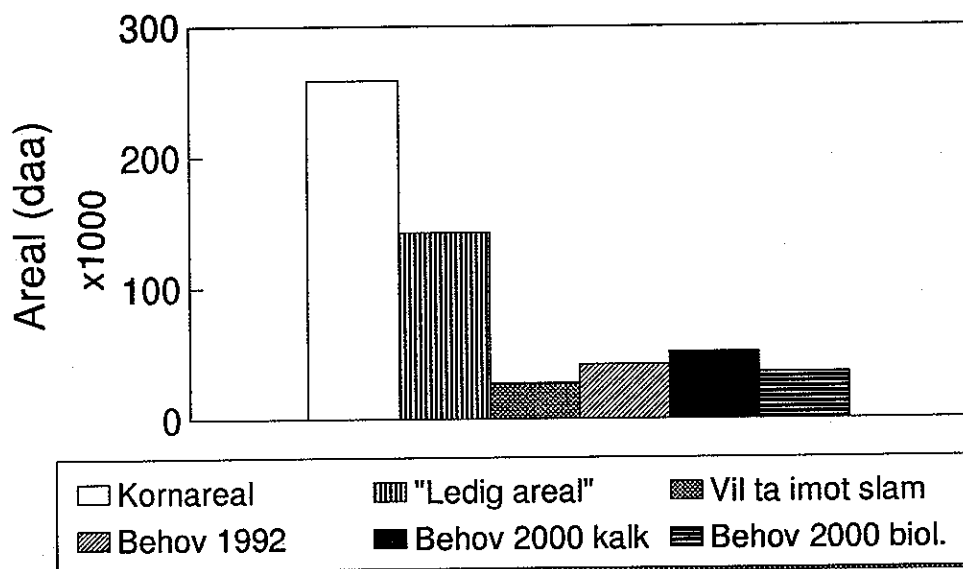
I tabell 6.2 har vi også tatt med behov for spredeareal for kloakkslam ut fra slammengdene i 1992 og i år 2000. Det er tatt utgangspunkt i de nye slamforskriftenes krav om at det kan spres inntil 2 tonn slamtørrstoff pr. daa pr. 10-årsperiode. Vi har antatt at 20% av arealet er uegnet for spredning av slam pga. helning eller nærhet til vannkilder eller tettsteder. Det kreves da 6 daa "ledig areal" pr. tonn slamtørrstoff. I år 2000 avhenger nødvendig spredeareal

**Tabell 6.2 Kornarealer, "ledige arealer" og behov for spredearealer for kloakkslam i kommunene i Oppland. Alle tall i dekar.**

Kommune	Kornareal	"Ledig kornareal"	Vil motta kloakkslam	Behov for spredearealer		
				1992	2000 kalk	2000 biol.
Dovre	553	373	90	936	1015	710
Lesja	72	0	0	677	726	508
Skjåk	2453	780	200	351	363	254
Lom	673	54	640	824	914	640
Vågå	2019	993	552	797	851	596
Sel	7404	6576	2847	1831	1976	1383
<b>Nord-Gudbr.dal</b>	<b>13174</b>	<b>8776</b>	<b>4329</b>	<b>5414</b>	<b>5844</b>	<b>4091</b>
Nord-Fron	5244	2983	1155	1209	208	146
Sør-Fron	5849	3082	405	614	204	143
Ringebu	3681	2335	1565	1533	3211	2248
<b>Midt-Gudbr.dal</b>	<b>14774</b>	<b>8400</b>	<b>3125</b>	<b>3356</b>	<b>3623</b>	<b>2536</b>
Øyer	4030	1582	697	1020	660	462
Gausdal	4864	1990	587	1221	1495	1047
Lillehammer	8427	4812	1302	7202	13562	9494
<b>Sør-Gudbr.dal</b>	<b>17321</b>	<b>8384</b>	<b>2586</b>	<b>9444</b>	<b>15718</b>	<b>11002</b>
Gjøvik	18775	13592	1960	6383	7854	5497
Søndre Land	12162	10966	2838	1077	1195	836
Nordre Land	5621	5040	1366	1095	1285	900
Østre Toten	68122	20659	2136	3228	3408	2386
Vestre Toten	31784	22188	3087	2780	2977	2084
<b>Gjøvik-Toten-Land</b>	<b>136464</b>	<b>72445</b>	<b>11387</b>	<b>14562</b>	<b>16719</b>	<b>11703</b>
Jevnaker	8561	5103	845	1312	1424	997
Lunner	16491	11517	925	1438	1532	1072
Gran	44823	22920	1458	2034	2170	1519
<b>Hadeland</b>	<b>69875</b>	<b>39540</b>	<b>3228</b>	<b>4783</b>	<b>5126</b>	<b>3588</b>
Sør-Aurdal	2215	1975	1193	686	711	498
Etnedal	781	563	404	228	232	162
Nord-Aurdal	1425	1072	290	1194	1279	895
Vestre Slidre	1383	934	400	572	622	436
Øystre Slidre	866	454	133	897	966	676
Vang	16	0	0	184	187	131
<b>Valdres</b>	<b>6686</b>	<b>4998</b>	<b>2420</b>	<b>3760</b>	<b>3997</b>	<b>2798</b>
<b>Oppland</b>	<b>258294</b>	<b>142543</b>	<b>27075</b>	<b>41319</b>	<b>51027</b>	<b>35719</b>

av hvilken slambehandlingsmetode man velger. Ved biologisk stabilisering av slammet, vil ca. 30% av slamtørrestoffet forsvinne, og slammengdene blir ca. 50% mindre (se tabell 5.2). Alle slambehandlingsmetodene bortsett fra kalkbehandling (og tørking uten anaerob stabilisering) vil redusere slamtørrestoffet, men hvor mye er avhengig av omsetningsgraden for den biologiske nedbrytningen. Her har vi valgt å regne 30% reduksjon i tørrestoff uavhengig av metode. Ved kalkbehandling av slammet vil slamtørrestoffet bli det samme som i råslam.

I figur 6.1 har vi vist at det i Oppland totalt er i størrelsesorden tre ganger så mye ledig kornareal som det er behov for til slamdisponering. Det er imidlertid ikke nok gardbrukere som har sagt seg villig til å ta imot slam. Imidlertid har man ikke gått ut og reklamert for slammet i særlig grad før denne spørreundersøkelsen, og man hadde heller ikke annet enn råslam å tilby på dette tidspunktet. Det skulle derfor være mulig å kunne disponere mesteparten av slammet i Oppland i jordbruket dersom ikke gardbrukerne plutselig av en eller annen grunn skulle finne ut at de ikke vil ha slam.

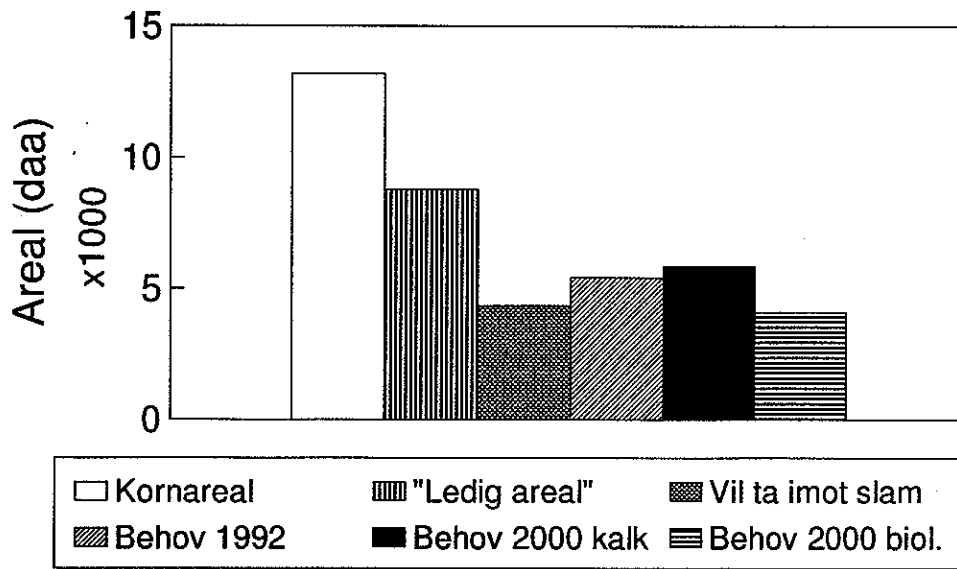


Figur 6.1 Behov for og tilgang på spredearealer for slam i Oppland.

Vi har nedenfor vurdert mulighetene for å disponere slammet i jordbruket i de enkelte områdene av fylket.

### 6.1.1. Nord-Gudbrandsdal

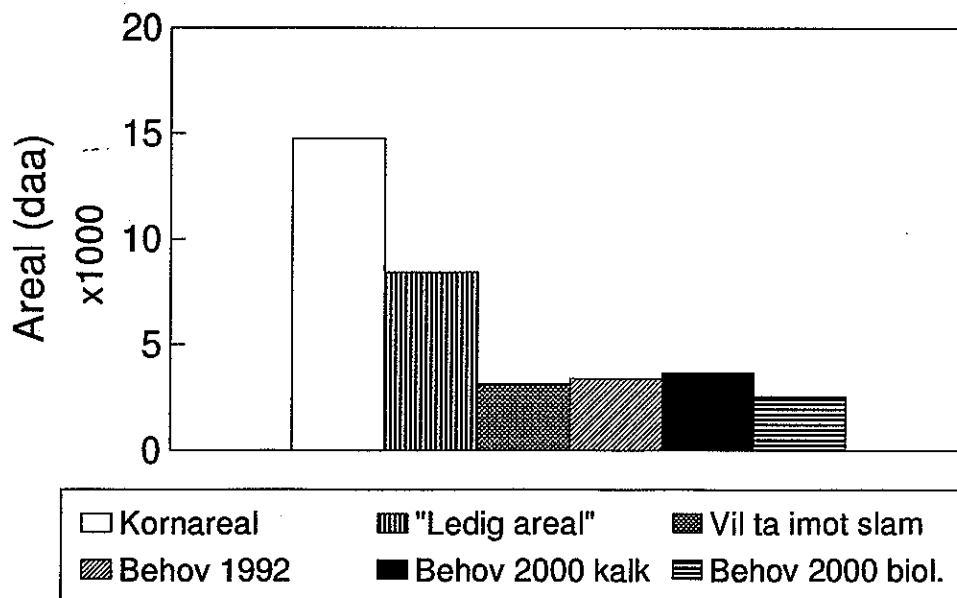
I figur 6.2 har vi vist mulighetene for å disponere slammet fra regionen i jordbruket i regionen. Kommunene helt i nord, Dovre og Lesja har for lite kornareal. Det samme gjelder Lom, mens Sel har mye ledig kornareal. Totalt for regionen er det nok ledig areal, men litt for få gardbrukere som har sagt seg villig til å ta imot slam i spørreundersøkelsen. For å få spredt alt slammet i jordbruket i denne regionen, bør kommunene samarbeide om slambehandlingen. I dette området er det store arealer i fjellet, det er spredt bosetting, og det burde være mulig å finne nok spredearealer for slammet fra området.



Figur 6.2 Behov for og tilgang på spredearealer for slam i Nord-Gudbrandsdal.

#### 6.1.2. Midt-Gudbrandsdal

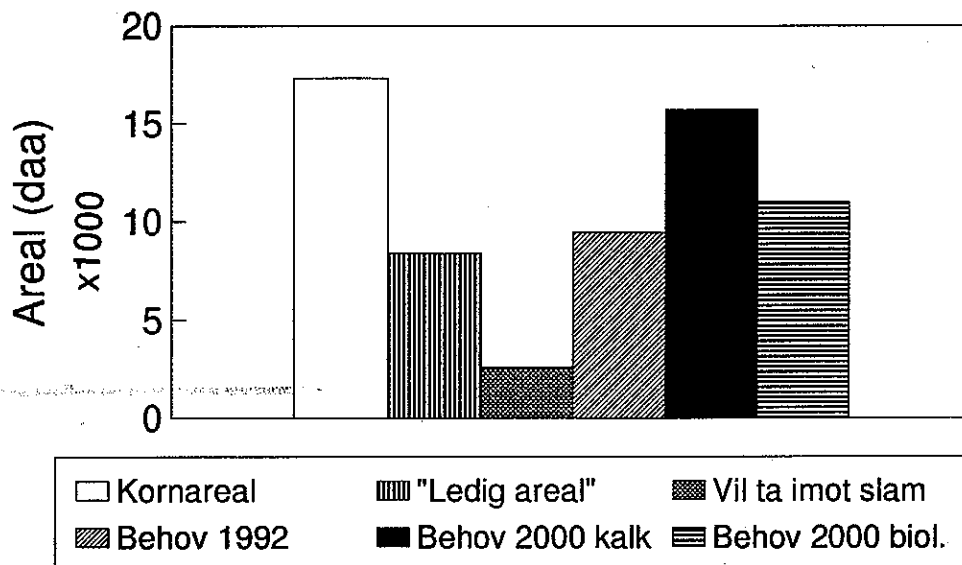
I denne regionen er det mer enn nok kornarealer til å spre slammet fra renseanleggene i regionen (se figur 6.3). Samtlige kommuner har nok spredeareal innenfor egne grenser, bortsett fra at Ringebu vil få problemer dersom man skal fortsette kalkbehandlingen på Frya renseanlegg, og bare skal spre slammet innenfor egen kommune. Ettersom flere kommuner vil være tilknyttet dette anlegget, vil det være naturlig å spre dette slammet også i Nord-Fron og Sør-Fron.



Figur 6.3 Behov for og tilgang på spredearealer for slam i Midt-Gudbrandsdal.

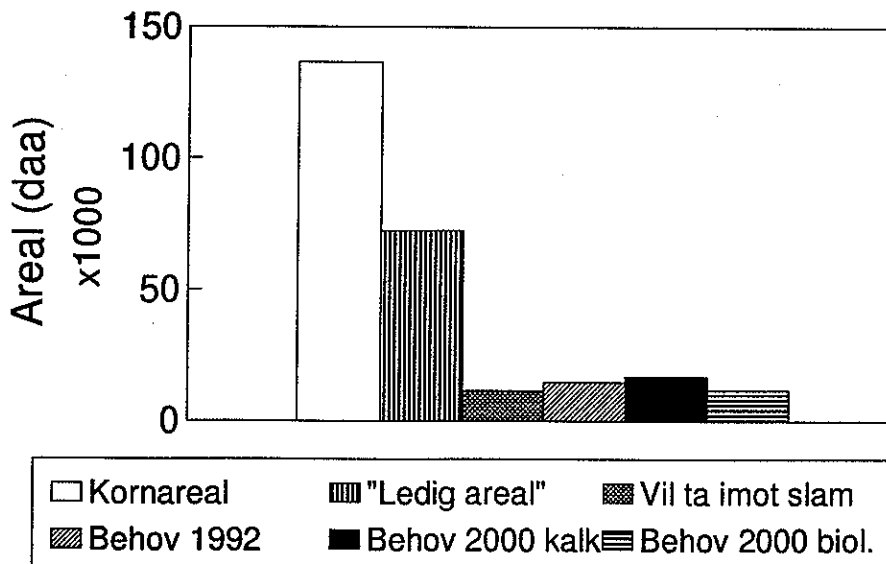
### 6.1.3. Sør-Gudbrandsdal

I denne regionen har Lillehammer omtrent dobbelt så mye slam som man kan disponere på ledige kornarealer i egen kommune. Selv med nabokommunene Øyer og Gausdal som spredeområde, vil man ha for lite areal (figur 6.4). Gjøvik kommune har imidlertid mer enn nok ledig kornareal, slik at det skulle være mulig også for Lillehammer å disponere alt slammet i jordbruket.



### 6.1.4. Gjøvik-Toten-Land

I dette distriktet er det mye kornareal, men det er forholdsvis få som har sagt seg villig til å ta imot slam på disse arealene (figur 6.5). Imidlertid burde det være mulig å få disponert både eget slam og noe av Lillehammerslammet i denne regionen.

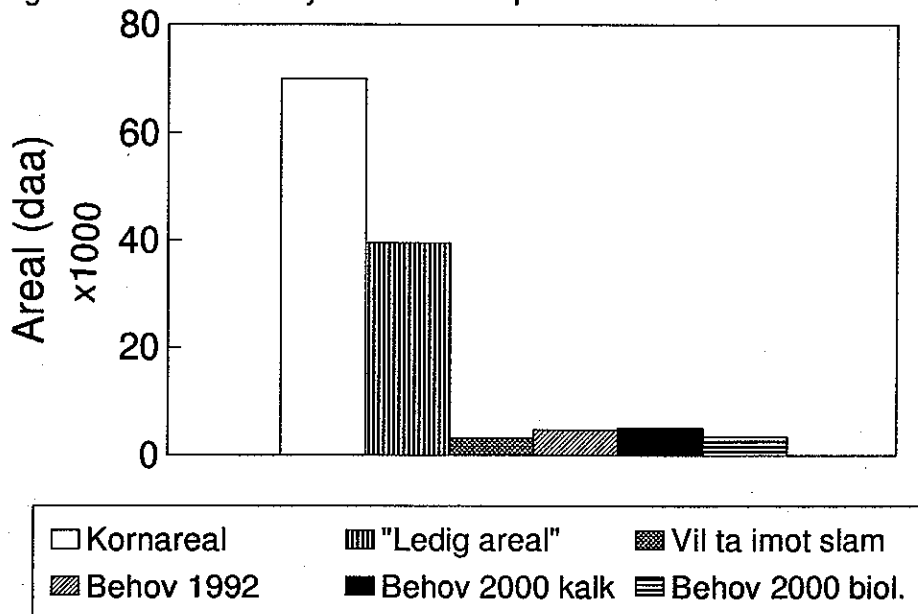


Figur 6.5 Behov for og tilgang på spredearealer for slam i Gjøvik-Toten-Land-regionen.



### 6.1.5. Hadeland

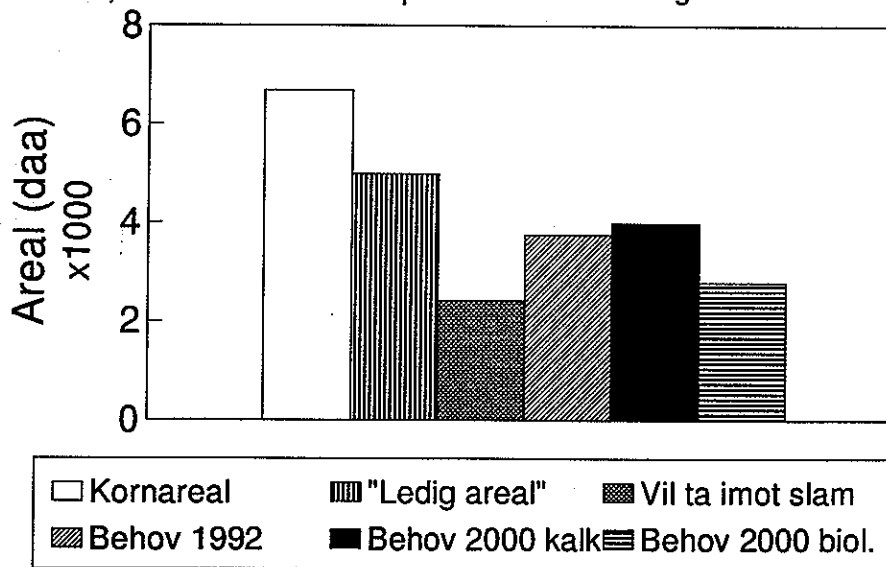
Også i dette distriktet er det rikelig med kornarealer, og alle kommunene har mer enn nok spredearealer for eget slam (figur 6.6). Men også i dette distriktet er det få som har sagt seg villig til å ta imot slam i Fylkesmannens spørreundersøkelse.



Figur 6.6 Behov for og tilgang på spredearealer for slam på Hadeland.

### 6.1.6. Valdres

Også i dette distriktet er det mulig å finne nok ledige kornarealer når en ser hele distriktet under ett (figur 6.7). Det er imidlertid for lite arealer i kommunene Vang, Øystre Slidre og til dels Nord-Aurdal. Dersom noe av dette slammet kan disponeres i Vestre Slidre, Etnedal eller Sør-Aurdal, skulle man kunne disponere alt slammet også i dette distriktet i jordbruket.



Figur 6.7 Behov for og tilgang på spredearealer for slam i Valdres.

## 6.2. Bruk på grøntarealer

Det kan være fornuftig å ha alternativer til disponering av slammet i jordbruket dersom gardbrukerne av en eller annen grunn skulle nekte å ta imot slammet. Enkelte kommuner eller regioner har også litt snaut med jordbruksarealer i nærheten, og det kan være aktuelt å se seg om etter andre disponeringsmåter av denne grunn.

I en rekke kommuner har man brukt slammet til toppdekke på den kommunale fyllplassen, og dette er fremdeles et godt bruksalternativ. De fleste kommunene har også kommunale grøntområder eller parkområder som trenger matjord. Det er fullt mulig å bruke kloakkslam i matjordblandinger, dersom slammet er godt omdannet, og ikke seigt og klinete med vond lukt. Ved veianlegg trenges det også matjord, og Statens Vegvesen har etter hvert begynt å bruke kloakkslam i enkelte veiprosjekter. Også ved sår i terrenget skapt av masseuttak, gruvedrift, kraftanlegg, veibygging e.l. kan det være aktuelt å bruke matjord som inneholder kloakkslam til å pynte på sårene.

Dersom man skal satse på å bruke en større del av slammet på grøntområder, vil det lønne seg å benytte kompostering eller eventuelt tørking av slammet, da en ved disse metodene kan få et tørt og matjordlignende produkt uten ytterligere lagring av slammet. Skal man bruke våtkompostert eller anaerobt stabilisert slam på grøntarealer, bør dette lagres i minst et halvt år, og gjerne vendes noen ganger for å få den riktige strukturen (Thorvik Helgen et al, 1993). Kalkbehandlet slam egner seg etter vår mening mindre godt på grøntarealer, fordi man kan risikere luktproblemer ved denne type slam og fordi gress ikke er særlig glad i jord med høy pH. Langtidslagret slam må i de fleste tilfeller vendes flere ganger for at struktur og lukt skal være akseptabel.

Vi har i denne slamplanen ikke sett på behovet for slam til grøntarealer. Dette må den enkelte kommune eller det enkelte avfallsselskap som skal disponere slammet, finne ut. Det er også mulig å gå sammen med lokale anleggsgartnere og lage matjord eller andre produkter av slammet (jordforbedringsmidler, gress på rull, e.l.)

## 6.3. Mellomlagerplasser

Pr. i dag eksisterer det ingen rene mellomlagerplasser for slam i Oppland. Slammet mellomlagres enten på avfallsfyllplass eller hos gardbrukeren som skal bruke slammet.

## 7. Kostnader for slambehandling - organisering.

I dette kapitlet vil vi se på kostnadene for fremtidig slambehandling (utover de kostnadene man har til slambehandling i dag). Kostnadene til dagens slambehandling (fortykking og avvanning) ble forsøkt stipulert av kommunene i første fase av Slamplan for Oppland (Berdal Strømme, 1989), men disse kostnadene spriker så mye og er til dels så lite realistiske at vi har valgt å ikke ta dem med her. De fleste kommunene har ikke så differensiert oversikt over kostnadene at de kan finne ut hva de virkelig bruker på slambehandlingen.

Kostnader for fremtidig slambehandling utover dagens er også vanskelig å stipulere riktig, fordi det skjer mye på dette feltet, og prisene er i ferd med å bli presset nedover. Det kommer stadig nye løsninger på f.eks. reaktorkompostering, og produsenter og selgere har ikke alltid regnet med alle kostnadene når man markedsfører produktene. Ved sammenligning av forskjellige slambehandlingsmetoder er det svært viktig at man ikke bare ser på investeringskostnaden, fordi metoder som kalkbehandling og frilandskompostering er rimelige i investering, men desto dyrere i drift. Man må derfor basere sammenligningen på årskostnader.

Generelt kan man si at slambehandlingsanlegg blir billigere pr. tonn tørrstoff som skal behandles, jo større anlegget er. Det vil derfor i de fleste tilfeller lønne seg å samarbeide om større slambehandlingsanlegg istedenfor at hvert renseanlegg eller hver kommune skal ha sin egen løsning. De økte transportkostnadene man får ved å kjøre slammet 10-30 km er som regel små i forhold til de reduserte behandlingkostnadene. Dessuten vil det være en fordel for kommunene at disponeringen av slammet overlates til et interkommunalt eller privat selskap som har egne folk til å ta seg av dette. Erfaring så langt har vist at de fleste kommuner har vanskelig med å "selge" slammet sitt til bønder eller andre, mens dette går langt bedre på større interkommunale anlegg.

Ved beregning av kostnadene for slambehandlingen har vi tatt utgangspunkt i NORVAR's beregningsprogram SLAMKOST. Ved hjelp av dette programmet kan man få grove oversiktskostnader for slambehandlingsanlegg ( $\pm 30\%$ ). Forutsetningene for kostnadsberegningene er vist i vedlegg 2. Det kan imidlertid vise seg at kostnadene ved bygging av anlegget blir nokså forskjellige fra disse kostnadene, så disse må brukes med forsiktighet. Det er først ved forprosjektering av et konkret anlegg at man kan få mer nøyaktige kostnadstall.

Vi har valgt å se på to alternativer i de ulike regionene i fylket:

1. Hver kommune behandler slammet alene
2. Kommunene går sammen om et felles anlegg

Det kan selvsagt tenkes en del andre løsninger med at noen kommuner går sammen, mens andre velger å stå utenfor samarbeidet, men vi velger å begrense oss til disse to alternativene.

I kostnadene er ikke tatt med nye mellomlagerplasser for slammet, fordi vi mangler oversikt over hvordan eksisterende mellomlagerplasser fungerer i dag. Ved kompostering av slammet vil komposten naturlig bli mellomlagret på behandlingsstedet. Ved andre slambehandlingsmetoder vil det være behov for å ha et sted å oppbevare slammet i perioder (f.eks. i vårløsningen) da det ikke kan kjøres direkte til stedet der det skal disponeres.

Mellomlagerplassen bør helst ligge like i nærheten av slambehandlings- anlegget for å unngå unødvendig kjøring.

### 7.1. Nord-Gudbrandsdal

Denne regionen består av relativt folkefattige kommuner med lite slam, og lite kornareal i noen av kommunene. I denne regionen vil det ligge godt til rette for langtidslagring eller frilandskompostering av slammet, enten i hver kommune eller i et fellesanlegg. Anlegget bør ligge minimum 500 meter fra nærmeste nabo, ettersom det vil forekomme luktplager fra et slikt anlegg. Til et langtidslagringsanlegg trenger man ca. 2 m<sup>2</sup> pr. m<sup>3</sup> slam, og slammet skal lagres i minimum 3-4 år. Det vil si at man trenger et område på ca. 30 daa for å lagre alt slammet i regionen i tre år. Ved frilandskompostering vil behovet reduseres til ca. 15 daa, ettersom man trenger ca. 3 m<sup>2</sup> pr. m<sup>3</sup> slam til frilandskompostering. Som tidligere nevnt vil vi anbefale kommunene å ta med slambehandlingen når man skal diskutere opprettelse av et interkommunalt avfallsselskap i regionen.

I denne regionen er det et arbeid i gang med vurdering av reaktorkompostering av organisk avfall, både matavfall fra husholdninger, slakteriavfall fra Hed-Opp, og slam fra kommunale renseanlegg. Vi ser på slike felles løsninger som en god måte å tenke helhetlig på.

Det er såpass store avstander i denne regionen at det kan være lønnsomt med flere behandlings- eller lagringsanlegg for slammet. Kostnadene for en langtidslagringsplass vil være svært avhengig av tomtkostnadene, og vi har ikke forsøkt å beregne slike kostnader her. Vi har imidlertid satt opp kostnader for frilandskompostering og kalkbehandling i den enkelte kommune (bortsett fra Skjåk kommune der slammet avvannes i laguneanlegg, og der kalkbehandling derfor ikke er aktuelt), og på et felles anlegg for hele regionen. Våtkomposteringsanlegg er tatt med i kommunene Lom, Vågå og Sel der man har ett renseanlegg hvor alt slammet avvannes. Kostnadene er vist i tabell 7.1.

Tabellen viser at det er omtrent like billig å bygge et felles reaktorkomposteringsanlegg, som å satse på frilandskompostering i den enkelte kommune.

Tabell 7.1 Kostnader for slambehandlingsanlegg i Nord-Gudbrandsdal.

Område	Prosess	Inv.kostn. (mill. kr)	Driftskostn. (1000 kr/år)	Årskostn. (1000 kr/år)	Kr pr. tonn tørrestoff
Dovre	Frilandskompostering	1,3	400	520	3100
	Kalkbehandling	1,9	210	400	2350
Lesja	Frilandskompostering	1,1	320	420	3450
	Kalkbehandling	1,7	180	340	2800
Skjåk	Frilandskompostering	0,7	190	250	4150
Lom	Frilandskompostering	1,2	360	470	3100
	Kalkbehandling	1,9	180	360	2400
	Våtkompostering	2,9	160	430	2850
Vågå	Frilandskompostering	1,2	340	450	3200
	Kalkbehandling	1,8	180	350	4250
	Våtkompostering	2,9	150	420	2950
Sel	Frilandskompostering	1,9	630	820	2500
	Kalkbehandling	2,3	320	540	1650
	Våtkompostering	3,7	230	580	1750
Nord-Gudbr.dal	Frilandskompostering	3,7	1690	2040	2100
	Kalkbehandling	3,2	990	1290	1300
	Reaktorkompostering	11,6	1420	2510	2600

\* Inklusive mottaksanlegg for avvannet slam.

## 7.2. Midt-Gudbrandsdal

I denne regionen vil Frya renseanlegg betjene mesteparten av befolkningen. Det vil bli produsert bare små mengder slam på de lokale renseanleggene i Sør-Fron og Nord-Fron (ca. 10% av slammengdene), og det vil være mest fornuftig å behandle også disse mengdene på et felles slambehandlingsanlegg på eller i nærheten av Frya renseanlegg. Eventuell langtidslagring av slam vil kreve et areal på ca. 21 daa for hele regionen, og frilandskompostering et areal på ca. 11 daa.

Det er installert et kalkbehandlingsanlegg på Frya renseanlegg, for innblanding av ulesket kalk i avvannet slam. Det er mulig at noe av dette utstyret også vil kunne brukes dersom alt slammet fra regionen skal kalkbehandles på dette renseanlegget, slik at investeringskostnadene ved dette alternativet blir lavere enn stipulert i tabell 6.2. Man må iallfall investere i en isolert tørrslamsilo på anlegget for å tilfredsstille de nye slamforskriftenes krav til hygienisering. Vi har også sett på to alternative behandlingsanlegg for slammet, frilandskompostering eller aerob forbehandling/pasteurisering og anaerob stabilisering, med mottak for avvannet slam fra de små renseanleggene. Ettersom det interkommunale avfallsselskapet MGR har satt i gang kompostering av matavfall like ved Frya renseanlegg, og det er god tilgang på hageavfall og bark, kan frilandskompostering være et godt alternativ også for

slammet. Det viser seg også at det ikke er så mange gardbrukere i området som har behov for kalk, slik at kalkbehandling av denne grunn ikke bør velges.

**Tabell 7.2 Kostnader for slambehandlingsanlegg i Midt-Gudbrandsdal.**

Område	Prosess	Inv.kostn. (mill. kr)	Driftskostn. (1000 kr/år)	Årskostn. (1000 kr/år)	Kr pr. tonn tørrstoff
Midt-Gudbr.dal	Frilandskompostering	2,8	1030	1300	2150
	Kalkbehandling	2,8	540	800	1350
	Aerob/pasteuris.+ anaerob stabilisering*	9,0	350	1200	2000

\* Inklusive mottaksanlegg for avvannet slam.

Som tabellen viser, har man i Midt-Gudbrandsdal satset på det billigste alternativet for slambehandling.

### 7.3. Sør-Gudbrandsdal

I denne regionen har Lillehammer så mye mer slam enn nabokommunene at man her bør legge et felles slambehandlingsanlegg til Lillehammer renseanlegg. Det billigste alternativet for Lillehammer enten de andre kommunene vil levere slam til et fellesanlegg eller ikke, er å bygge et anaerobt stabiliseringsanlegg med aerob forbehandling eller pasteurisering (tabell 7.3). Andre alternativer er å kalkbehandle slammet, tørke det eller reaktorkompostere det, men de to siste alternativene vil falle mye dyrere. Frilandskompostering eller kompostering på luftet plate vil medføre så mye luktulempet i et såpass tettbygd område at vi har sett bort fra disse alternativene. Våtkompostering er sannsynligvis ikke konkurransedyktig for et så stort anlegg, og langtidslagring vil kreve for store arealer.

Lillehammer har begynt å se på mulighetene for å behandle matavfall i et anaerobt stabiliseringsanlegg, og eventuelt bruke rejektvannet til karbonkilde til denitrifikasjonen i renseanlegget.

Øyer og Gausdal kan hver for seg velge fritt blant de tre metodene foreslått i tabell 7.3 dersom de ikke ønsker å samarbeide med Lillehammer om et felles anlegg. Imidlertid vil begge disse kommunene komme mye billigere fra det ved å samarbeide med Lillehammer om et felles slambehandlingsanlegg.

Tabell 7.3 Kostnader for slambehandlingsanlegg i Sør-Gudbrandsdal.

Område	Prosess	Inv.kostn. (mill. kr)	Driftskostn. (1000 kr/år)	Årskostn. (1000 kr/år)	Kr pr. tonn tørrestoff
Øyer	Frilandskompostering	1,0	280	380	3450
	Kalkbehandling	1,7	150	310	2800
	Våtkompostering	2,7	130	380	3500
Gausdal	Frilandskompostering	1,6	510	670	2700
	Kalkbehandling	2,1	260	460	1850
	Våtkompostering	3,4	200	520	2100
Lillehammer	Reaktorkompostering	23,3	2860	5060	2250
	Kalkbehandling	4,1	1570	1960	850
	Aerob/pasteuris.+ anaerob stabilisering	12,7	320	1510	650
	Anaer. stab.+tørking	22,6	2430	4560	2000
Sør-Gudbr.dal	Reaktorkompostering	26,3	3360	5840	2250
	Kalkbehandling	4,3	1920	2320	900
	Aerob/pasteuris.+ anaerob stabilisering*	14,9	510	1920	750
	Anaer. stab.+tørking	23,4	2740	4950	1900

\* Inklusive mottaksanlegg for avvannet slam.

#### 7.4. Gjøvik-Toten-Land

Nesten halvparten av slammene i denne regionen kommer fra Rambekk renseanlegg. Det vil derfor være naturlig å plassere et felles slambehandlingsanlegg for denne regionen på eller i nærheten av dette anlegget. Slammengdene er omtrent de samme som i Sør-Gudbrandsdal, og det mest naturlige vil være å bygge et anaerobt stabiliseringsanlegg med aerob forbehandling eller pastuerisering, eller eventuelt et kalkbehandlingsanlegg på Rambekk renseanlegg (tabell 7.4). Anaerob stabilisering og tørking eller reaktorkompostering vil falle mye dyrere, og andre alternativer regner vi som mindre aktuelle.

Situasjonen i dag er at det interkommunale avfallsselskapet, GLT, ikke lenger har plass til å deponere slammene på den gamle fyllplassen, og ikke kan ta det imot på den nye fyllplassen. Man har derfor satt i gang utredningsarbeid om andre muligheter for slambehandling.

Dersom kommunene skal løse slambehandlingen hver for seg, vil vi anbefale Søndre Land og Østre Toten å investere i kalkbehandling eller frilandskompostering (dersom man har et egnet område for kompostering på henholdsvis 3 daa eller 8 daa). Nordre Land og Østre Toten vil utenom denne type anlegg også kunne benytte våtkompostering ettersom det bare er ett anlegg i hver kommune som avvanner slam. For Gjøvik kommune vil det mest naturlige være å velge enten våtkompostering, aerob forbehandling eller pastuerisering i kombinasjon med

anaerob stabilisering, eller kalkbehandling. Det vil nok være vanskelig å finne et areal for frilandskompostering (ca. 17 daa) som ligger usjenert til.

**Tabell 7.4 Kostnader for slambehandlingsanlegg i Gjøvik-Toten-Land-regionen.**

Område	Prosess	Inv.kostn. (mill. kr)	Driftskostn. (1000 kr/år)	Årskostn. (1000 kr/år)	Kr pr. tonn tørrstoff
Søndre land	Frilandskompostering	1,4	440	570	2850
	Kalkbehandling	2,0	220	410	2100
Nordre Land	Frilandskompostering	1,5	460	600	2800
	Kalkbehandling	2,1	230	430	2000
	Våtkompostering	3,3	180	490	2300
Østre Toten	Frilandskompostering	2,7	1070	1320	2300
	Kalkbehandling	2,7	490	750	1300
Vestre Toten	Frilandskompostering	2,5	860	1100	2200
	Kalkbehandling	2,6	440	690	1400
	Våtkompostering	4,2	280	680	1350
Gjøvik	Våtkompostering	5,6	490	1020	800
	Kalkbehandling	3,5	980	1310	1000
	Aerob/pasteuris.+ anaerob stabilisering	10,2	300	1270	950
Gjøvik-Toten- Land	Frilandskompostering	7,0	3460	4120	1500
	Reaktorkompostering	27,7	3920	6530	2350
	Kalkbehandling	4,4	2410	2830	1000
	Aerob/pasteuris.+ anaerob stabilisering*	15,3	830	2130	750
	Anaer. stab.+tørking	23,7	3210	5880	2100

\* Inklusive mottak for avvannet slam.

## 7.5. Hadeland

I denne regionen samarbeider man med Ringerike kommune i Buskerud om avfallsbehandlingen gjennom Hadeland og Ringerike Avfallsselskap A/S (HRA). På Monserud renseanlegg i Ringerike kommune har man bygget et slambehandlingsanlegg for kommunen (aerob forbehandling og anaerob stabilisering). Man har imidlertid ikke regnet med å ta imot slam fra andre kommuner på dette anlegget, selv om det kanskje rent geografisk hadde vært mest naturlig å kjøre slam fra Jevnaker hit. Lunner kommune ser på muligheten for å samarbeide med Nitedal kommune om et felles frilandskomposteringsanlegg på Stryken.



Slik det er nå, er det mest naturlig at kommunene på Hadeland samarbeider om et felles slambehandlingsanlegg. Det mest nærliggende alternativet er et frilandskomposteringsanlegg på HRA's fyllplass på Jevnaker. Lunner kommune kan da enten samarbeide med Nitedal eller resten av Hadeland. Felles våtkomposteringsanlegg eller anaerob stabilisering av slammet er ikke aktuelt ettersom det ikke finns noe renseanlegg som har så mye slam at det er naturlig å plassere et slikt anlegg der. Andre anleggstyper blir for kostbare. En gardbruker i Lunner tar imot alt kildesortert avfall og hageavfall fra HRA til reaktorkompostering, og dersom Fylkesmannen gir konsesjon til dette, vil han også kunne behandle avvannet slam i dette anlegget.

Dersom kommunene skal bygge hver sitt slambehandlingsanlegg, burde man også satse på frilandskompostering, men kalkbehandling og våtkompostering (Gran og Jevnaker) kan være brukbare alternativ. Langtidslagring anses for mindre aktuelt i et såpass tett befolket område. Frilandskompostering vil legge beslag på et areal på ca. 3 daa i Jevnaker, ca. 5 daa i Lunner og ca. 5 daa i Gran, og ca. 13 daa i et fellesanlegg.

I tabell 7.5 har vi vist kostnadene for forskjellige aktuelle slambehandlingsanlegg i regionen.

**Tabell 7.5 Kostnader for slambehandlingsanlegg på Hadeland.**

Område	Prosess	Inv.kostn. (mill. kr)	Driftskostn. (1000 kr/år)	Årskostn. (1000 kr/år)	Kr pr. tonn tørrestoff
Jevnaker	Frilandskompostering	1,6	490	650	2700
	Kalkbehandling	2,1	250	450	1900
	Våtkompostering	3,4	190	510	2150
Lunner	Frilandskompostering	1,7	520	680	2650
	Kalkbehandling	2,2	310	510	2000
Gran	Frilandskompostering	2,1	680	870	2400
	Kalkbehandling	2,4	350	570	1600
	Våtkompostering	3,8	240	600	1650
Hadeland	Frilandskompostering	3,4	1490	1820	2150
	Kalkbehandling	3,1	850	1140	1350

## 7.6. Valdres

I Valdres har allerede Valdres kommunale renovasjon (VKR) begynt med frilandskompostering av slammet fra kommunene på et anlegg på Rebnesskogen i Vestre Slidre. Det vil derfor være naturlig at denne ordningen fortsetter. Sør-Aurdal kommune er ikke med i VKR, men slammet fra kommunen leveres på Rebnesskogen.

Investeringene i et frilandskomposteringsanlegg er allerede gjort av VKR, og vi har derfor ikke satt opp noen tabell over kostnader for denne regionen.

## 8. Referanser

- Audestad, K. 1992                      Personlig samtale med lederen for Hordaland Miljørens A/S.
- Berdal Strømme, 1989                      Slamplan for Oppland fylke. Del 1. Lillehammer 1989.
- Bergersen, O. 1994                      Reaktorkompostering i Hjartdal kommune. Foredrag på NIF-seminar om slambehandlingsmetoder, NTH 5.-7. januar 1994.
- Baier, U. 1989                              Einfluss der aerob-thermophilen Vorstufe auf die Behandlung von Klärschlamm. Korrespondenz Abwasser, 36. Jahrgang, 5:609-616.
- Birkeland, K. 1992                      Personlig samtale.
- Bush, G.M. 1990                          Planning for the Use of Mechanical Sludge Drying and Granulating by Private Vendor in Seattle Metro's Wastewater Treatment System. Sludge Management Conference, Loyola Marymount University, Los Angeles.
- Clements, R.P.L. 1983                      Sludge Hygienization by Means of Pasteurization prior to Digestion, In: Disinfection of Sewage Sludge, Technical, Economic and Microbiological Aspects, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston, London.
- Conradin, F. og Weismann, J. 1990                      The Sludge Disposal of the City of Zürich. Sludge Management Conference, Loyola Marymount University, Los Angeles.
- Dichtl, N., Siekmann, K. 1986              Zweistufige aerob-anaerobe Verfahren zur Schlammstabilisierung, 19. Essener Tagung, Aachen.
- Eck-Düpont, M. 1986                      Untersuchungen zum Entwässerungsverhalten unterschiedlich stabilisierter Klärschlamme. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Ruhr Universität Bochum.
- EPA 1979                                      Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 625/1-79-001. Washington DC.
- EPA 1990                                      Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion of Municipal Wastewater Sludge, Office of Research and Development, EPA/625/10-90/007, Washington, DC 20460.

- Fossum, S. 1992  
Næringsstoffer og tungmetaller i kloakkslam fra rensesanlegg i Oppland. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernavdelingen. ISSN 0801-8367.
- Fremstad, D. 1994  
Kalkbehandling ved TAU rensesanlegg. Foredrag på NIF-seminar om slambehandlingsmetoder, NTH 5.-7. januar 1994.
- Grüter, H., Matter, M., Oehlmann, K.H. and Hicks, M.D, 1990  
Drying of Sewage Sludge. An Important Step in Waste Disposal. Sludge Management Conference, Loyola Marymount University, Los Angeles.
- Haugan, B.E. 1982  
Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen. Delrapport 1, VA-rapport 9/82, NIVA.
- Holdhus, O. 1990  
Personlig meddelelse. Analysedata fra VEAS.
- Holmström, H. 1984  
Slamhantering ved kommunala avloppsreningsverk. VAV P51. Stockholm.
- Holmström, H. 1986  
Styrning av slambehandlingsprosesser. VAV P61. Stockholm.
- Hovland, E.G. 1991  
Slambehandling/disponering ved større rensesanlegg. Termisk behandling av kloakkslam. I.V.A.R., Stavanger.
- Hökervall, E. 1972  
Praktiska erfarenheter från drift av torkningsanläggningar. Åttonde nordiska symposiet om vattenforskning. Publikasjon 1972:3, Nordforsk Miljøsekretariat, Helsingfors.
- Jakob, J., Roos, H.J. and Siekmann, K. 1987  
Zweistufige aerob-thermophil/anaerobe Verfahrenstechnik zur Stabilisierung und Entseuchung von Klärschlamm. Korrespondenz Abwasser, 34. Jhrg., Heft 4, s. 331-338.
- Johnsen, K. 1991  
Personlig meddelelse, Alvim rensesanlegg.
- Leonhard, D., Hahn, H.H. 1990  
Aerob-thermophile Schlammstabilisierung in Deutschland. Bericht über eine Studie für den amerikanischen Bereich, Korrespondenz Abwasser, 37. Jahrgang, Heft 5, s. 522-531.
- Levasseur, J.P. 1987  
Recycling von Klärschlamm durch thermische Trocknung. Recycling von Klärschlamm 1, K.J. Thomé-Kozmiensky und U. Loll (Hrsg.); EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin.

- Løgstrup, J. 1992  
Telefaxmeddelelse fra Dansk Rodzone Teknik til Viodd Maskin A/S.
- Magnussen, L. 1990  
Slambehandling ved det nye Alvim renseanlegg, Sarpsborg. Foredrag ved VAR-dagene -90, Trondheim, Tapir forlag.
- Magnussen, L. 1991a  
Slambehandling/disponering ved større renseanlegg. Arbeidsgruppe AG 3. Delrapport 1: Kompostering. Samfunnsteknikk, Oslo.
- Mathys, W.  
Dynamics of Some Heavy Metals in Sewage Sludge. Hygiene Institut Westring 10 D-44 Münster, Germany.
- Magnussen, L. 1991b  
Slambehandling/disponering ved større renseanlegg. Arbeidsgruppe AG 3. Delrapport 2: Kalkbehandling Samfunnsteknikk, Oslo.
- Moen, S.E., Paulsrud, B. og Langeland, G. 1984  
Vurdering av to våtkomposteringer for hygienisering av kloakkslam ved HIAS-reseanlegget i Hamar-regionen, VANN nr. 4/84.
- Nedland, K.T. 1990  
Næringsstoffer og tungmetaller i slam fra Nedre Buskerud. Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S.
- Nedland, K.T., 1993  
Mottak og behandling av avvannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform. NORVAR Prosjektrapport 27/93.
- Nedland, K.T. 1994  
Våtkompostering ved Vårnes renseanlegg. Foredrag på NIF-seminar om slambehandlingsmetoder, NTH 5.-7. januar 1994.
- Paulsrud, B. and Langeland G. 1986  
Areobic thermophilic digestion of pre-thickened sludge using air, In: Bruce, A.M.; L'Hermite, P. and Newman, P.J. (Eds.) - New developments in processing of sludge and slurries, Elsevier Applied Science, London and New York.
- Paulsrud, B. og Nedland, K.T.  
Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport. NORVAR Prosjektrapport 20/1991. Norske VAR-selskapers forening. Ottestad 1991.
- Reimann, D.O. 1989  
Klärschlammentsorgung - Behandlung - Verwertung - Verbrennung - Deponierung. Beihefte zu Müll und Abfall, no. 28.

- Rosvold, H. 1992 FAB fra Djupvik behandlingsanlegg. Analyse, produksjon og bruk. Foreløpig SINTEF-rapport, Trondheim juni 1992.
- SFT 1982 Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam. TA-573. Statens Forurensningstilsyn. Oslo.
- SFT 1983 Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrense- anlegg. Revidert utgave. TA-525. Statens foru- rensningstilsyn, Oslo.
- SFT 1991 Tekniske og hygieniske retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam. Høringsutkast. Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Sieber 1990 Personlig meddelelse fra driftsbestyrer på Oswald Schulze Anlage Altenmarkt.
- Siefert, F. 1991 Termische Klärschlammbehandlung - heutiger Stand. Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 3.3 "Trocknung, Verbrennung, Energiverwertung". Korrespondenz Abwasser 6/91.
- Stoch 1990 Personlig meddelelse fra driftsbestyrer på Roediger Anlage Werne.
- Tornes, O., 1994 Termisk tørking ved Sentralrenseanlegg Nord-Jæren. Foredrag på NIF-seminar om slambehandlingsmetoder, NTH 5.-7. januar 1994.
- Thorvik Helgen, B., Skaug, A., Paulsrud, B. og Nedland, K.T. 1993 Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. NORVAR-rapport 28/93.
- Utvik, Å. 1990 Personlig meddelelse fra Stord International A/S.
- Vråle, L. 1990 Kalkfelt slam som ressurs - Oppsummering av 1989-resultatene. Miljøpakke Drammen, Drammen.
- Wolstenholme, P. 1990 A Compaction - Granulation Process Turns Municipal Sludge into a Valuable Fertilizer Component. Sludge Management Conference, Loyola Marymount University, Los Angeles.
- Zwiefelhofer, H.P. 1985 Aerobic-thermophilic/Anaerobic-mesophilic two-stage sewage treatment practical experience in Switzerland. Conservation and Recycling 8(1/2):285-301.
- Ødegaard, H. 1992 Fjerning av næringsstoffer ved rensing av avløpsvann. ISBN 82-519-1109-5. Tapir Forlag, Trondheim.

Øyen, O. 1991

Kloakkslam i skog. Status for norske og utenlandske erfaringer. Rapport fra KAMBI A/S.

## **Vedlegg 1.**

**Slammengder i Oppland  
i 1992 og stipulert for år 2000.**

## Forutsetninger for beregningene i tabellene

I tabell 1 har vi regnet ut stipulert tonn tørrstoff fra befolkningen tilknyttet de enkelte renseanleggene. Dette har vi beregnet ved å ta antall tilknyttede personer multiplisert med tilføringsgrad og spesifikk slamproduksjon for renseanlegget basert på erfaringsverdier. Disse verdiene er:

- ◆ Mekanisk-kjemisk renseanlegg 90 g tørrstoff pr. pe d
- ◆ Etterfellingsanlegg >500 pe 90 g tørrstoff pr. pe d
- ◆ Etterfellingsanlegg <500 pe 70 g tørrstoff pr. pe d
- ◆ Simultanfellingsanlegg 70 g tørrstoff pr. pe d
- ◆ Store slamavskillere 50 g tørrstoff pr. pe d

Vi skiller mellom store og små etterfellingsanlegg da små etterfellingsanlegg har vist seg å gi omtrent de samme slammengdene som små simultanfellingsanlegg. Biodammer har vi ikke regnet noe slam fra, da dette slammet fra anleggene i Oppland disponeres lokalt etter at Nordseter renseanlegg er overført til R2.

Det synes åpenbart at tilføringsgradmålingene på en del anlegg er lite å stole på. Dette kan skyldes at vannmåleren på anlegget ikke viser riktig, eller at innløpsprøvene ikke er representative. Følgende kommuner har mye større slammengder enn tilføringsgradene vi har fått oppgitt fra Fylkesmannen skulle tilsi:

- ◆ Sør-Fron
- ◆ Øyer
- ◆ Gausdal
- ◆ Jevnaker
- ◆ Gran
- ◆ Søndre Land

I tabell 2 har vi sett på septikslammengdene i de enkelte kommunene. I kommuner som avvanner septikslam på ett renseanlegg, er septikslammengdene og antall septiktanker i kommunen satt på linjen til dette renseanlegget. I kommuner som leverer septikslam til flere steder, er septikslammengdene fordelt mellom disse stedene, mens antall septiktanker i kommunen bare er registrert ett sted. Dette skyldes at vi ikke vet hvor mange septiktanker som tømmes hvor. Når vi har stipulert hvor store slammengder som gjennomsnittlig tømmes fra hver septiktank, har vi brukt tallene fra VKR for 1992. Her tømte man 6705 m<sup>3</sup> fra 2088 septiktanker, eller 3,2 m<sup>3</sup> pr. tank. Det er klart at dette vil variere mye fra kommune til kommune avhengig av hvor store septiktankene er, men vi har brukt dette tallet for septiktanker tilknyttet helårsbebyggelse, og halvert verdiene for fritidsbebyggelse med septiktanker (disse er mindre og tømmes sjeldnere).



I de målte septikslammengdene har vi antatt 2% tørrstoff. For Oppland fylke som helhet stemmer da mengdene overens med de stipulerte verdiene, men det er store forskjeller mellom kommunene. For Vestre Slidre og Vang kommuner er det store uoverensstemmelser mellom antall septiktanker notert av Fylkesmannen og VKR. Jevnaker og Sør-Aurdal kommuner har ikke oppgitt noen septikslammengder i 1992, og her har vi brukt de stipulerte mengdene. Lunner kommune har bare oppgitt mengdene tilført Volla renseanlegg, men her har man i tillegg en Moos container til å avvanne septikslammet med. Vi har derfor også i denne kommunen antatt at den stipulerte slammengden er riktig. Øyer kommune har ikke tvungen septiktømming, og slammengdene derfra er derfor mye mindre enn stipulert.

I tabell 3 har vi satt opp hvilke uavvannede slammengder som blir tilført større anlegg fra mindre anlegg for avvanning. I flere kommuner kjøres uavvannet slam fra mindre anlegg til større renseanlegg for å spare penger til avvanningsmaskiner. Her har vi hentet stipulert tørrstoff for disse anleggene fra tabell 1. Vi har også fått oppgitt hvor mye slam fra mindre renseanlegg anleggene har mottatt i 1992, og dette har vi multiplisert med et forventet tørrstoffinnhold på fra 2 til 4%. Stort sett ser det ut som tørrstoffinnholdet i dette slammet er lavt, og dette kunne sikkert økes ved anaerob slamlagring eller polymertilsetting til slammet. Ved vurderingen av hvor store slammengdene fra andre renseanlegg er, har vi også tatt hensyn til de slammengdene som er kjørt bort fra disse anleggene, og som er satt opp i tabell 4. Svært ofte er disse slammengdene forskjellige fra slammengdene som er mottatt på mottakeranlegget. Dette viser hvor vanskelig det er å finne frem til de rette slammengdene.

På bakgrunn av stipulerte slammengder fra de mindre renseanleggene, de målte slammengdene fra disse renseanleggene, og slammengdene til hovedrenseanleggene, har vi etter beste skjønn forsøkt å finne frem til de mest riktige verdiene for tørrstoff fra andre renseanlegg. Spesielle forhold er det i disse kommunene:

- ◆ Skjåk hvor alt slammet går uavvannet til lagune, og hvor målt slammengde er nesten dobbelt så stor som den stipulerte. Her har vi valgt stipulert slammengde.
- ◆ Fossbergom renseanlegg som mottar slam fra Lom og Skjåk ysteri. Vi har her antatt at det er et tørrstoff i ysterislammet på ca. 40 tonn, da dette er differansen mellom stipulert og målt tørrstoff.
- ◆ Ringebu og Fåvang renseanlegg har mottatt noe slam fra store slamavskillere, som er notert som "slam fra andre r.a."
- ◆ I Øyer kommune har vi anslått mengdene fra Granrudmoen og Hornsjø høyfjellshotell.
- ◆ På Tretten renseanlegg har man ikke målt slammengdene fra andre renseanlegg. Her får man også slam fra Østlandsmeieriets ostefabrikk. Slammengden tilført dette anlegget er derfor mest sannsynlig høyere enn stipulert her.
- ◆ Til R2 på Lillehammer har det kommet litt slam fra biodammen på Nordseter.
- ◆ Til Dokka renseanlegg har vi antatt at målt mengde slam fra andre anlegg er for liten, og vi har valgt å bruke stipulert mengde slam/tørrstoff her.
- ◆ I Østre Toten kommune kommer det inn mye mer slam enn man skulle forvente ut fra stipulerte verdier, og vi har her valgt å bruke de målte verdiene fra de små anleggene, da disse ligger mellom stipulerte verdier og målte mengder til de tre store renseanleggene.

- ◆ I Lunner kommune kommer det også inn for mye slam fra Harestua og Grindvoll renseanlegg i forhold til de stipulerte verdiene, og også her har vi valgt å bruke de målte mengdene fra de små renseanleggene.
- ◆ I Gran kommune ligger også verdiene fra de små anleggene mellom tallene for stipulert tørrstoffmengde og mengde målt til Brandbu renseanlegg, og vi har brukt tallene fra de små renseanleggene.
- ◆ I Sør-Aurdal og Nord-Aurdal kommuner er det ikke registrert slam fra mindre renseanlegg til henholdsvis Bagn og Fagernes/Leira, og vi har her brukt de stipulerte mengdene.

I tabell 4 har vi beregnet oss frem til sannsynlige tørrstoffmengder i slammet fra renseanleggene med slamavvanning, eller slam til laguneanlegg. Dette har vi gjort ved å sammenligne tørrstoffet i de målte avvannede slammengdene fra renseanleggene med stipulert tørrstoff fra befolkningen tilknyttet renseanlegget/lagunen (tabell 1) pluss tørrstoffet i septikslam tilført renseanlegget/lagunen (tabell 2) pluss tørrstoffet fra mindre renseanlegg (tabell 3). På følgende anlegg var det store uoverensstemmelser mellom disse tallene:

- ◆ Lesja
- ◆ Lagune Skjåk
- ◆ Fossbergom
- ◆ Vinstra
- ◆ Ringebu
- ◆ Fåvang
- ◆ Kapp
- ◆ Skreia
- ◆ Breiskallen
- ◆ Bagn
- ◆ Røn
- ◆ Nedrefoss

På disse anleggene har vi antatt at de målte tørrstoffmengdene er for små, og isteden brukt summen av tørrstoffmengdene beregnet fra befolkningstilknytningen, septikmengdene tilført og slammengdene tilført fra mindre renseanlegg.

På Bjorli renseanlegg har man noe avvannet og noe uavvannet slam, men tørrstoffinnholdet i slammet passer best med at alt slammet er uavvannet. Vi har derfor antatt at alt slammet fra dette anlegget har gått uavvannet til lagune i 1992. På Frya renseanlegg har vi justert ned den oppgitte tørrstoffprosenten i avvannet slam fra 35 til 20%, ettersom dette passet langt bedre med de stipulerte slammengdene. På dette anlegget tilsettes det ulesket kalk til avvannet slam, og tørrstoffet i slammet er her målt etter kalktilsettingen.

I tabell 5 har vi satt opp de beregnede tørrstoffmengdene fra anlegg med slamavvanning, fra mobil avvanningsenhet eller til lagune i 1992 og år 2000. Verdiene for år 2000 er for renseanleggenes del påplussert 10% til 1992-tallene, bortsett fra følgende anlegg:

- ◆ Bjorli som antas å få slamavvanningen til å fungere i år 2000.
- ◆ Fossbergom der Galdesand renseanlegg er lagt til (200 pe).
- ◆ Frya renseanlegg der Vinstra, Vinstra kraft, Hundorp og Breivegen renseanlegg forventes overført innen år 2000.
- ◆ Follebu der kapasitetsøkningen på Svingvold renseanlegg (fra 280 til 1200 pe) er tatt med.
- ◆ Lillehammer som har fått økt tilknytning til 50.000 pe, og nitrogenrensetrinn (antatt 20% mer slam). Vi har brukt samme spesifikk slamproduksjon som for dagens anlegg (85 g TS/pe·d)
- ◆ Rambekk som forventes å få nitrogenrensetrinn (antatt 20% mer slam)
- ◆ Hov som får tilkjørt slam fra de nye renseanleggene Landåsen og Sollia med tilsammen 475 pe tilknyttet.
- ◆ Dokka som vil bli utvidet til 4000 pe. Vi har brukt samme spesifikk slamproduksjon som for dagens anlegg (75 g TS/pe·d)

Grunnen til at man forventer så mye som 10% høyere slammengder i år 2000 enn i 1992, er at saneringsplaner for avløpsnettets skal gjennomføres i stor stil i denne perioden. Septikmengdene kommer i dag stort sett fra spredt bebygde områder, og vi regner derfor ikke med noen forandring i septikmengdene frem til år 2000, selv om man kanskje kunne forvente en nedgang her pga. flere utkoblede septiktanker.

Vi har også regnet ut slammengdene med avvannet og uavvannet slam i 1992 og år 2000 ut fra de tørrstoffprosentene som er oppgitt for slammet i 1992. Disse slammengdene har svært forskjellige tørrstoffprosentene fra anlegg til anlegg, og summen må derfor ikke brukes som om tørrstoffet var ens i dette slammet. For år 2000 kan det hende at en del renseanlegg får høyere tørrstoff i slammet etter å ha installert nye avvanningsmaskiner. Ettersom vi ikke vet hvilke anlegg som vil få slike maskiner, har vi likevel valgt å bruke tørrstoffinnholdene i slammet fra 1992. Alt slammet er regnet ut som råslam. Ved videre slambehandling utover avvanning, vil slammengdene forandre seg en god del. En omregningstabell for dette er laget i kapittel 5 (tabell 5.2).

**Tabell 1. Stipulert tørrstoffmengde fra renseanleggene.**

**Nord-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Dovre	Dombås	Etterfelling	2800	75	69,0
	Hjerkinn	Etterfelling	160	75	3,1
	Dovre	Etterfelling	1600	75	39,4
	Dovreskogen	Etterfelling	70	75	1,3
Lesja	Lesja	Etterfelling	2400	81	63,9
	Bjørli	Sim.felling	850	81	17,6
	Lesjaskog	Sim.felling	110	81	2,3
		Lagune			
Skjåk	Bismo	Etterfelling	690	68	15,4
	Aurmo	Etterfelling	170	68	3,0
	Dønnefoss	Sim.felling	50	100	1,3
	Grotli Høyfjell	Biodam	70	100	1,3
		Lagune			
Lom	Fossbergom	Etterfelling	1930	82	52,0
	Garmo	Etterfelling	250	82	5,2
	Leirmo	Etterfelling	80	82	1,7
	Galdesand	Sim.felling	200	82	4,2
Vågå	Vågåmo	Etterfelling	3150	41	42,4
	Lalm	Etterfelling	390	41	4,1
	Bessheim	Etterfelling	90	100	2,3
	Klones	Sim.felling	90	100	2,3
Sel	Otta	Etterfelling	6740	54	119,6
	Nord-Sel	Sim.felling	510	54	7,0
	Bjølstadmo	Etterfelling	1000	54	13,8
	Faukstad	Prim.felling	120	54	2,1
	Høvringen	Etterfelling	310	100	7,9
	Rondane Høyfjell	Etterfelling	240	100	6,1
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>			<b>24070</b>	<b>76,2</b>	<b>488,2</b>

**Midt-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Nord-Fron	Kvam	Etterfelling	1750	54	31,0
	Vinstra	Etterfelling	5650	54	100,2
	Vinstra Kraft	Etterfelling	60	100	1,5
	Skåbu	Etterfelling	210	100	5,4
Sør-Fron	Hundorp	Sim.felling	1000	39	10,0
	Breivegen	Etterfelling	1070	39	13,7
		Hamster			
Ringebu	Ringebu	Etterfelling	2500	65	53,4
	Fåvang	Etterfelling	1560	65	33,3
	Frya	Etterfelling	3780	65	80,7
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>			<b>17580</b>	<b>64,6</b>	<b>329,2</b>

**Tabell 1. Stipulert tørrstoffmengde fra renseanleggene.**

**Sør-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Øyer	Granrudmoen	Etterfelling	2500	53	43,5
	Tretten	Etterfelling	1800	53	31,3
	Hornsjø høyfjell	Etterfelling	70	100	1,8
Gausdal	Follebu	Etterfelling	2460	45	36,4
	Skei	Etterfelling	460	45	5,3
	Svingvold	Etterfelling	280	45	3,2
	Forset	Sim.felling	770	45	8,9
Lillehammer	R2	Sek.felling	30000	71	699,7
	Nordseter R0	Biodam	1400	71	
	Hovemoen R1	Sim.felling	3000	71	54,4
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>			<b>42740</b>	<b>59,9</b>	<b>884,5</b>

**Toten-Land**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Gjøvik	Rambekk	Sek.felling	30000	73	719,4
	Snertingdal	Sim.felling	250	73	4,7
	Åslendet	Etterfelling	150	73	2,8
Søndre Land	Hov	Etterfelling	3700	35	42,5
	Fluberg	Etterfelling	220	35	2,0
	Odnes	Etterfelling	390	35	3,5
	Trevatn	Etterfelling	540	35	6,2
	Grimebakken	Etterfelling	160	35	1,4
	Landåsen	Sim.felling	220	35	2,0
	Sollia	Etterfelling	50	35	0,4
Nordre Land	Dokka	Sek.felling	3300	54	58,5
	Elverom	Etterfelling	150	54	2,1
	Riisby	Etterfelling	70	100	1,8
	Spåtind	Sek.felling	300	100	9,9
Østre Toten	Kapp	Etterfelling	2200	64	46,3
	Lena	Etterfelling	3250	64	68,3
	Skreia	Etterfelling	4600	64	96,7
	Fjellvold	Sim.felling	120	100	3,1
	Krabyskogen	Etterfelling	30	100	0,8
	Nordlia	Sim.felling	510	64	8,3
	Kolbu	Etterfelling	1600	64	33,6
	Lund/Ruud	Etterfelling	370	64	6,1
	Totenåsen	Etterfelling	20	100	0,5
Vestre Toten	Breiskallen	Sek.felling	12700	74	308,7
	Blåkorshjemmet	Etterfelling	75	100	1,9
	Eina	Etterfelling	710	74	17,3
	Gaukom	Etterfelling	30	100	0,8
<b>Sum Toten-Land</b>			<b>65715</b>	<b>66,8</b>	<b>1449,5</b>

**Tabell 1. Stipulert tørrstoffmengde fra renseanleggene.**

**Hadeland**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Jevnaker	Jevnaker	Sek.felling	6100	71	142,3
Lunner	Volla	Etterfelling	2860	62	58,2
	Grua	Etterfelling	1440	62	29,3
	Harestua	Sek.felling	1380	62	28,1
	Grindvoll	Etterfelling	130	62	2,1
	Mobil avv.				
Gran	Brandbu	Etterfelling	6420	53	111,8
	Grymyr	Etterfelling	150	100	3,8
	Bjoneøa	Sek.felling	90	100	2,3
	Lygnaset	Sim.felling	160	100	4,1
	Lagune				
<b>Sum Hadeland</b>			<b>18730</b>	<b>74,7</b>	<b>382,0</b>

**Valdres**

Kommune	Renseanlegg	Rensemet.	Tilknyttet pe	Tilf.grad (%)	Stip. tonn TS renseanl.
Sør-Aurdal	Bagn	Etterfelling	1630	76	40,7
	Hedalen	Sek.felling	50	76	1,2
Etnedal	Moajordet	Etterfelling	40	69	0,7
	Bruflat	Etterfelling	300	69	5,3
	Os Gjestegård	Etterfelling	10	100	0,3
	Glenna	Biodam	50	69	0,0
	Mobil avv.				
	Lagune				
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira	Prim.felling	4400	59	85,3
	Aurdal	Sek.felling	1660	59	32,2
	Sanderstølen	Sek.felling	250	100	8,2
	Nythun	Sek.felling	40	100	1,3
	Mobil avv.				
Vestre Slidre	Røn	Etterfelling	3000	86	84,8
	Vaset	Biodam	130	86	0,0
	Mobil avv.				
Øystre Slidre	Nedrefoss	Prim.felling	1200	86	33,9
	Beito	Sek.felling	2600	86	73,5
	Ygna	Etterfelling	280	86	6,2
	Mobil avv.				
Vang	Grindaheim	Etterfelling	530	18	3,1
	Tyinkrysset	Biodam	90	100	0,0
	Mobil avv.				
<b>Sum Valdres</b>			<b>16260</b>	<b>77,9</b>	<b>376,6</b>
<b>Sum Oppland</b>			<b>185095</b>		<b>3910,1</b>

**Tabell 2. Septiktanker og septikslammengder i 1992.**

**Nord-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Dovre	Dombås	410	30	27,2	1247	24,9	1,1	24,9
	Hjerkinn							
	Dovre							
	Dovreskogen							
Lesja	Lesja							
	Bjørli							
	Lesjaskog							
	Lagune	600	100	41,6	1532	30,6	1,4	30,6
Skjåk	Bismo							
	Aurmo							
	Dønnfoss							
	Grotli Høyfjell							
	Lagune	775	15	50,1	1875	37,5	1,3	37,5
Lom	Fossbergom	460	15	29,9	1675	33,5	0,9	33,5
	Garmo							
	Leirmo							
	Galdesand							
Vågå	Vågåmo	726	100	49,7	2131	42,6	1,2	42,6
	Lalm							
	Bessheim							
	Klones							
Sel	Otta	880	100	59,5	3163	63,3	0,9	63,3
	Nord-Sel							
	Bjølstadmo							
	Faukstad							
	Høvringen							
	Rondane Høyfjell							
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>		<b>3851</b>	<b>360</b>	<b>258,0</b>	<b>11623</b>	<b>232,5</b>	<b>1,1</b>	<b>232,5</b>

**Midt-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Nord-Fron	Kvam							
	Vinstra	825	45	54,2	3141	62,8	0,9	62,8
	Vinstra Kraft							
	Skåbu							
Sør-Fron	Hundorp							
	Breivegen							
	Lagune	690	10	44,5	1700	34,0	1,3	34,0
Ringebu	Ringebu	785	65	52,3	1918	38,4	0,7	38,4
	Fåvang				2058	41,2	0,6	41,2
	Frya							
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>		<b>2300</b>	<b>120</b>	<b>151,0</b>	<b>8817</b>	<b>176,3</b>	<b>0,9</b>	<b>176,3</b>

**Tabell 2. Septiktanker og septikslammengder i 1992.**

**Sør-Gudbrandsdal**

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Øyer	Granrudmoen Tretten Hornsjø høyfjell	817	50	53,9	1840	36,8	1,5	36,8
Gausdal	Follebu Skei Svingvold Forset	501	150	36,9	2489	49,8	0,7	49,8
Lillehammer	R2 Nordseter R0 Hovemoen R1	1720	100	113,3	10464	209,3	0,5	209,3
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>		<b>3038</b>	<b>300</b>	<b>204,0</b>	<b>14793</b>	<b>295,9</b>	<b>0,7</b>	<b>295,9</b>

**Toten-Land**

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Gjøvik	Rambekk Sneringdal Åslendet	2606	12	167,2	14880	297,6	0,6	297,6
Søndre Land	Hov Fluberg Odnos Trevatn Grimebakken Landåsen Sollia	475	115	34,1	3380	67,6	0,5	67,6
Nordre Land	Dokka Elverom Riisby Spåtind	1830	160	122,2	3897	77,9	1,6	77,9
Østre Toten	Kapp Lena Skreia Fjellvold Krabyskogen Nordlia Kolbu Lund/Ruud Totenåsen	3103	292	207,9	8523	170,5	0,9	170,5
Vestre Toten	Breiskallen Blåkorshjemmet Eina Gaukom	1341	31	86,8	6735	134,7	0,6	134,7
<b>Sum Toten-Land</b>		<b>9355</b>	<b>610</b>	<b>618,2</b>	<b>40736</b>	<b>814,7</b>	<b>0,8</b>	<b>814,7</b>



Tabell 2. Septiktanker og septikslammengder i 1992.

Hadeland

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Jevnaker	Jevnaker	472	25	31,0	0	0,0		31,0
Lunner	Volla				1528	30,6		30,6
	Grua							
	Harestua							
	Grindvoll							
	Mobil avvanning	1230	120	82,6	0,0	0,0	2,7	52,0
Gran	Brandbu				565	11,3		11,3
	Grymyr							
	Bjøneroa							
	Lygnaseter							
	Lagune	2228	322	152,9	5043	100,9	1,4	100,9
<b>Sum Hadeland</b>		<b>3930</b>	<b>467</b>	<b>266,5</b>	<b>7136</b>	<b>142,7</b>	<b>1,9</b>	<b>225,7</b>

Valdres

Kommune	Renseanlegg	Ant. sept.t. hus	Ant. sept.t. hytter	Stip. tonn T septik	Målt m3 septik	Målt TS septik	Stip./målt septik	Bruker septik
Sør-Aurdal	Bagn	980	300	72,3	0	0,0		72,3
	Hedalen							
Etnedal	Moajordet							
	Bruffat							
	Os Gjestegård							
	Glenna							
	Mobil avvanning	550	180	41,0	1560	31,2	1,3	31,2
	Lagune							
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira				1317	26,3		26,3
	Aurdal							
	Sanderstølen							
	Nythun							
	Mobil avvanning	1200	300	86,4	1560	31,2	1,5	31,2
Vestre Slidre	Røn							
	Vaset							
	Mobil avvanning	700	250	52,8	525	10,5	5,0	10,5
Øystre Slidre	Nedrefoss				649	13,0		13,0
	Beito							
	Ygna							
	Mobil avvanning	660	240	49,9	1091	21,8	1,4	21,8
Vang	Grindaheim				573	11,5		11,5
	Tyinkrysset							
	Mobil avvanning	371	10	24,1	747	14,9	0,9	14,9
<b>Sum Valdres</b>		<b>4461</b>	<b>1280</b>	<b>326,5</b>	<b>8022</b>	<b>160,4</b>	<b>2,0</b>	<b>232,8</b>
<b>Sum Oppland</b>		<b>26935</b>	<b>3137</b>	<b>1824,2</b>	<b>91127</b>	<b>1822,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1977,9</b>

Tabell 3. Slammengder fra andre renseanlegg i 1992.

Nord-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Dovre	Dombås	14,3	423	10,6	1,3	10,6	
	Hjerkinn						Til Dombås r.a.
	Dovre	1,3	0	0,0		1,3	
	Dovreskogen						Til Dovre r.a.
Lesja	Lesja		44	0,9		0,9	
	Bjørli						Til lagune
	Lesjaskog						Til Lesja r.a.
	Lagune	17,6	696	17,4	1,0	17,4	
Skjåk	Bismo						Til lagune
	Aurmo						Til lagune
	Dønnfoss						Til lagune
	Grotli Høyfjell						Til lagune
		20,9	1656	38,1	0,5	20,9	Til lagune
Lom	Fossbergom	11,1	2073	51,8	0,2	51,8	
	Garmo						Til Fossbergom
	Leirmo						Til Fossbergom
	Galdesand						Nytt i 1994
Vågå	Vågåmo	8,7	201	7,0	1,2	7,0	
	Lalm						Til Vågåmo
	Bessheim						Til Vågåmo
	Klones						Til Vågåmo
Sel	Otta	37,0	1721	34,4	1,1	34,4	
	Nord-Sel						Til Otta
	Bjølstadmo						Til Otta
	Faukstad						Til Otta
	Høvringen						Til Otta
	Rondane Høyfjell						Til Otta
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>		<b>110,9</b>	<b>6814</b>	<b>160,2</b>	<b>0,7</b>	<b>144,4</b>	

Midt-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Nord-Fron	Kvam						
	Vinstra	6,9	30	1,2	5,7	6,9	
	Vinstra Kraft						Til Vinstra
	Skåbu						Til Vinstra
Sør-Fron	Hundorp						
	Breivegen						
Ringebu	Ringebu	0,0	64	1,3	0,0	1,3	Slamavskillere
	Fåvang	0,0	32	0,6	0,0	0,6	Slamavskillere
	Frya						
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>		<b>6,9</b>	<b>126</b>	<b>3,1</b>	<b>2,2</b>	<b>8,8</b>	

Tabell 3. Slammengder fra andre renseanlegg i 1992.

Sør-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Øyer	Granrudmoen						
	Tretten	11,8	0	0,0		11,8	
	Hornsjø høyfjell						Til Tretten
Gausdal	Follebu	17,4	854	17,1	1,0	17,1	
	Skei						Til Follebu
	Svingvold						Til Follebu
	Forset						Til Follebu
Lillehammer	R2		38	3,8	2,4	9,0	
	Nordseter R0						Til R2.
	Hovemoen R1						
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>		<b>29,1</b>	<b>892</b>	<b>20,9</b>	<b>1,4</b>	<b>37,9</b>	

Toten-Land

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Gjøvik	Rambekk	7,5	336	8,4	0,9	8,4	
	Snertingdal						Til Rambekk r.a.
	Åslendet						Til Rambekk r.a.
Søndre Land	Hov	11,1	588	11,8	0,9	11,8	
	Fluberg						Til Hov r.a.
	Odnes						Til Hov r.a.
	Trevatn						Til Hov r.a.
	Grimebakken						Nytt i 1994
	Landåsen						Nytt i 1994
	Sollia						
Nordre Land	Dokka	13,7	162	4,1	3,4	13,7	
	Elverom						Til Dokka r.a.
	Riisby						Til Dokka r.a.
	Spåtind						Til Dokka r.a.
Østre Toten	Kapp	14,4	1156	23,1	0,6	20,9	
	Lena	36,7	2387	47,7	0,8	36,7	
	Skreia	1,3	623	12,5	0,1	7,8	
	Fjellvold						Til Lena
	Krabyskogen						Til Skreia
	Nordlia						Til Kapp
	Kolbu						Til Lena
	Lund/Ruud						Til Kapp
	Totenåsen						Til Skreia
Vestre Toten	Breiskallen	19,9	825	20,6	1,0	19,9	
	Blåkorshjemmet						Til Breiskallen
	Eina						Til Breiskallen
	Gaukom						Til Breiskallen
<b>Sum Toten-Land</b>		<b>104,6</b>	<b>6077</b>	<b>128,2</b>	<b>0,8</b>	<b>119,2</b>	

Tabell 3. Slammengder fra andre renseanlegg i 1992.

Hadeland

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Jevnaker	Jevnaker	0,0	0	0,0		0,0	
Lunner	Volla	2,1	186	3,7	0,6	2,9	
	Grua	28,1	1620	32,4	0,9	31,3	
	Harestua						Til Grua
	Grindvoll						Til Volla
	Mobil avvanning						
Gran	Brandbu	10,2	438	11,0	0,9	10,5	
	Grymyr						Til Brandbu
	Bjøneroa						Til Brandbu
	Lygnasetter						Til Brandbu
	Lagune						
<b>Sum Hadeland</b>		<b>40,4</b>	<b>2244</b>	<b>47,1</b>	<b>0,9</b>	<b>44,7</b>	

Valdres

Kommune	Renseanlegg	Stip. tonn TS andre r.a.	Målt m3 andre r.a.	Målt tonn TS andre r.a.	Stip./målt andre r.a.	Bruker andre r.a.	Merknad
Sør-Aurdal	Bagn	1,2	0	0,0		1,2	
	Hedalen						Til Bagn r.a.
Etnedal	Moajordet						Til lagune
	Bruflat						Til lagune
	Os Gjestegård						Til lagune
	Glenna						Til lagune
	Mobil avvanning						
	Lagune	6,2	263	6,7	0,9	6,7	
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira	9,5	0	0,0		9,5	
	Aurdal						
	Sanderstølen						Til Fagernes/Leira
	Nythun						Til Fagernes/Leira
	Mobil avvanning						
Vestre Slidre	Røn						
	Vaset						Brukes på stedet
	Mobil avvanning						
Øystre Slidre	Nedrefoss	6,2	364	7,3	0,8	7,3	
	Beito	0,0	7	0,1		0,1	
	Ygna						Til Nedrefoss
	Mobil avvanning						
Vang	Grindaheim						
	Tyinkrysset						Brukes på stedet
	Mobil avvanning						
<b>Sum Valdres</b>		<b>23,2</b>	<b>634</b>	<b>14,1</b>	<b>1,6</b>	<b>24,9</b>	
<b>Sum Oppland</b>		<b>315,1</b>	<b>16787</b>	<b>373,6</b>	<b>0,8</b>	<b>379,9</b>	

Tabell 4. Slammengder fra renseanleggene i 1992.

Nord-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Målt m3 uavv. slam	Målt m3 avv. slam	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker tonn TS tot.	Merknad
Dovre	Dombås		720	16,8	121,0	0,9	121,0	
	Hjerkinn	280		2,0	5,6	0,5		Til Dombås r.a.
	Dovre	110	150	16,7	29,5	1,4	35,0	
	Dovreskogen							Til Dovre r.a.
Lesja	Lesja	135	152	19,8	35,5	1,8	64,7	
	Bjørli	696		2,5	17,4	1,0		Til lagune
	Lesjaskog	44		4,0	1,8	1,3		Til Lesja r.a.
	Lagune				48,0		48,0	Til lagune
Skjåk	Bismo	1213		2,3	27,9	0,6		Til lagune
	Aurmo	443		2,3	10,2	0,3		Til lagune
	Dønnfoss	0			0,0			Til lagune
	Grotli Høyfjell	0			0,0			Til lagune
	Lagune	3531		2,1	75,6	0,8	58,4	
Lom	Fossbergom		555	15,0	83,3	1,6	137,3	
	Garmo	315		2,0	6,3	0,8		Til Fossbergom
	Leirmo	183		2,0	3,7	0,5		Til Fossbergom
	Galdesand	0		2,0	0,0			Nytt i 1994
Vågå	Vågåmo		651	20,4	132,8	0,7	132,8	
	Lalm	150		3,0	4,5	0,9		Til Vågåmo
	Bessheim	30		4,0	1,2	1,9		Til Vågåmo
	Klones	0			0,0			
Sel	Otta		1827	16,7	305,1	0,7	305,1	
	Nord-Sel	50		2,0	1,0	7,0		Til Otta
	Bjølstadmo	821		2,0	16,4	0,8		Til Otta
	Faukstad	114		2,0	2,3	0,9		Til Otta
	Høvringen	104		2,0	2,1	3,8		Til Otta
	Rondane Høyfje	75		2,0	1,5	4,1		Til Otta
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>		<b>8294</b>	<b>4055</b>		<b>932,5</b>	<b>0,9</b>	<b>902,4</b>	

Midt-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Målt m3 uavv. slam	Målt m3 avv. slam	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker tonn TS tot.	Merknad
Nord-Fron	Kvam		179	17,6	31,5	1,0	31,5	
	Vinstra		542	17,6	95,4	1,8	169,9	
	Vinstra Kraft	0				0,0		Til Vinstra
	Skåbu	30		4,0	1,2	4,5		Til Vinstra
Sør-Fron	Hundorp	149	186	16,3	33,3	0,3	33,3	Hamstern
	Breivegen	106	190	17,3	35,0	0,4	35,0	Hamstern
	Lagune						34,0	Hamstern
Ringebu	Ringebu		479	12,9	61,8	1,5	93,0	
	Fåvang		366	13,1	47,9	1,6	75,1	
	Frya		437	20,0	87,4	0,9	87,4	
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>		<b>285</b>	<b>2379</b>		<b>393,5</b>	<b>1,3</b>	<b>559,3</b>	

Tabell 4. Slammengder fra renseanleggene i 1992.

Sør-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Målt m3	Målt m3	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker	Merknad
		uavv. slam	avv. slam					
Øyer	Granrudmoen		435	15,3	66,6	0,7	66,6	
	Tretten		550	18,8	103,4	0,8	103,4	
	Hornsjø høyfje	60		2,0	1,2	1,5		Til Tretten
Gausdal	Follebu		917	22,2	203,6	0,5	203,6	
	Skei	98	112	12,9	16,4	0,3		Til Follebu
	Svingvold	333		2,0	6,7	0,5		Til Follebu
	Forset	450		2,0	9,0	1,0		Til Follebu
Lillehammer	R2		5230	22,0	1150,6	0,8	1150,6	
	Nordseter R0	90		10,0	9,0			Til R2.
	Hovemoen R1		300	16,6	49,8	1,1	49,8	
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>		<b>1031</b>	<b>7544</b>		<b>1616,2</b>	<b>0,8</b>	<b>1573,9</b>	

Toten-Land

Kommune	Renseanlegg	Målt m3	Målt m3	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker	Merknad
		uavv. slam	avv. slam					
Gjøvik	Rambekk		4625	23,0	1063,8	1,0	1063,8	
	Snertingdal	0						Til Rambekk r.a.
	Åslendet	0						Til Rambekk r.a.
Søndre Land	Hov		840	20,8	174,7	0,7	174,7	
	Fluberg		28	17,0	4,8	0,4	4,8	
	Odnes	214		2,0	4,3	0,8		Til Hov r.a.
	Trevatn	311		2,0	6,2	1,0		Til Hov r.a.
	Grimebakken	117		2,0	2,3	0,6		Til Hov r.a.
	Landåsen	0			0,0			Nytt i 1994
	Sollia	0			0,0			Nytt i 1994
Nordre Land	Dokka		780	23,4	182,5	0,8	182,5	
	Elverom	89		2,5	2,2	0,9		Til Dokka r.a.
	Riisby	54		3,0	1,6	1,1		Til Dokka r.a.
	Spåtind	0		2,0	0,0			Til Dokka r.a.
Østre Toten	Kapp		734	23,7	174,0	1,4	237,6	
	Lena		553	23,4	129,4	0,8	129,4	
	Skreia		585	20,1	117,6	1,5	170,9	
	Fjellvold	0		2,0	0,0			Til Lena
	Krabyskogen	390		2,0	7,8	0,1		Til Skreia
	Nordlia	843		2,0	16,9	0,5		Til Kapp
	Kolbu	1405		2,0	28,1	1,2		Til Lena
	Lund/Ruud	201		2,0	4,0	1,5		Til Kapp
	Totenåsen	0		2,0	0,0			Til Skreia
Vestre Toten	Breiskallen		1261	20,0	252,2	1,8	463,4	
	Blåkorshjemm	168		2,5	4,2	0,5		Til Breiskallen
	Eina	175		2,5	4,4	3,9		Til Breiskallen
	Gaukom	0		2,5	0,0			Til Breiskallen
<b>Sum Toten-Land</b>		<b>3967</b>	<b>9406</b>		<b>2180,9</b>	<b>1,1</b>	<b>2427,0</b>	

Tabell 4. Slammengder fra renseanleggene i 1992.

Hadeland

Kommune	Renseanlegg	Målt m3 uavv. slam	Målt m3 avv. slam	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker tonn TS tot.	Merknad
Jevnaker	Jevnaker		959	22,8	218,7	0,8	218,7	
Lunner	Volla		604	16,2	97,8	0,9	97,8	
	Grua		528	17,0	89,8	0,7	89,8	
	Harestua	1566		2,0	31,3	0,9		Til Grua
	Grindvoll	144		2,0	2,9	0,7		Til Volla
	Mobil avvanning		0,0	15,0	0,0		52,0	Mobil avvanning
Gran	Brandbu		1488	16,0	238,1	0,6	238,1	
	Grymyr	416		2,0	8,3	0,5		Til Brandbu
	Bjøneroa	108		2,0	2,2	1,1		Til Brandbu
	Lygnaset							Til Brandbu
	Lagune				100,9		100,9	Til lagune
<b>Sum Hadeland</b>		2234	3579		789,9	0,8	797,2	

Valdres

Kommune	Renseanlegg	Målt m3 uavv. slam	Målt m3 avv. slam	TS (%)	Målt tonn TS	Stip./målt	Bruker tonn TS tot.	Merknad
Sør-Aurdal	Bagn		200	15,3	30,6	3,7	114,3	
	Hedalen	0						Til Bagn r.a.
Etnedal	Moajordet	40		1,2	0,5			Til lagune
	Brufflat	223		2,8	6,2			Til lagune
	Os Gjestegård	0			0,0			Til lagune
	Glenna							Til lagune
	Mobil avvanning			15,0	31,2		31,2	VKR
	Lagune	263		2,6	6,7	1,0	6,7	
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira		541	21,9	118,5	1,0	118,5	
	Aurdal		222	22,2	49,3	0,7	49,3	
	Sanderstølen							Til Fagernes/Leira
	Nythin							Til Fagernes/Leira
	Mobil avvanning			15,0	31,2		31,2	VKR
Vestre Slidre	Røn	400	210	12,0	33,2	2,6	84,8	
	Vaset							Brukes på stedet
	Mobil avvanning			15,0	10,5		10,5	VKR
Øystre Slidre	Nedrefoss		171	20,7	35,4	1,5	54,2	
	Beito		254	18,7	47,5	1,5	73,6	
	Ygna	364		2,0	7,3	0,8		Til Nedrefoss
	Mobil avvanning			15,0	21,8		21,8	VKR
Vang	Grindaheim		77	20,5	15,8	0,9	15,8	
	Tyinkrysset							Brukes på stedet
	Mobil avvanning			15,0	14,9		14,9	VKR
<b>Sum Valdres</b>		1290	1675		460,6	1,4	626,7	
<b>Sum Oppland</b>		13570	32169		6373,6	1,0	6886,5	

Tabell 5. Slammengder i 1992 og forventet i år 2000.

Nord-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Dovre	Dombås	121,0	720		130,6	777		
	Hjerkinn							
	Dovre	35,0	210		38,5	231		
	Dovreskogen							
Lesja	Lesja	64,7	327		71,2	360		
	Bjørli				19,1	113		Til lagune i 1992
	Lesjaskog							
	Lagune	48,0		2228	30,6		1532	Til lagune
Skjåk	Bismo			0				
	Aurmo			0				
	Dønnfoss							
	Grotli Høyfjell							
	Til lagune	58,4		2921	60,5		3026	Septik+r.a. til lagune
Lom	Fossbergom	137,3	915		152,3	1015		Inklusive Galdesand
	Garmo							
	Leirmo							
	Galdesand							
Vågå	Vågåmo	132,8	651		141,8	695		
	Lalm							
	Bessheim							
	Klones							Nedlagt 1994
Sel	Otta	305,1	1827		329,3	1972		
	Nord-Sel							
	Bjølstadmo							
	Faukstad							
	Høvringen							
	Rondane Høyfjell							
<b>Sum Nord-Gudbrandsdal</b>		<b>902,4</b>	<b>4650</b>	<b>5149</b>	<b>974,0</b>	<b>5162</b>	<b>4558</b>	

Midt-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Nord-Fron	Kvam	31,5	179		34,7	197		
	Vinstra	169,9	966		0,0			Overført Frya
	Vinstra Kraft							Overført Frya
	Skåbu							
Sør-Fron	Hundorp	33,3	204		0,0			Overført Frya
	Breivegen	35,0	202		0,0			Overført Frya
	Septik	34,0	189		34,0	189		Hamstern
Ringebu	Ringebu	93,0	721		98,5	763		
	Fåvang	75,1	573		78,5	599		
	Frya	87,4	437		358,2	1791		
<b>Sum Midt-Gudbrandsdal</b>		<b>559,3</b>	<b>3471,5</b>	<b>0</b>	<b>603,8</b>	<b>3540</b>	<b>0</b>	



Tabell 5. Slammengder i 1992 og forventet i år 2000.

Sør-Gudbrandsdal

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Øyer	Granrudmoen	66,6	435		0,0	0		Overført til Lillehammer
	Tretten	103,4	550		110,1	585		
	Hornsjø høyfjell							
Gausdal	Follebu	203,6	917		249,2	1122		Kapasitetsøkn. Svingvold
	Skei							
	Svingvold							
	Forset							
Lillehammer	R2	1150,6	5230		2260,4	10274		Nitrogenrensing, 50000 p Nedlagt Nedlagt
	Nordseter R0							
	Hovemoen R1	49,8	300					
<b>Sum Sør-Gudbrandsdal</b>		<b>1573,9</b>	<b>7432</b>	<b>0</b>	<b>2619,6</b>	<b>11982</b>	<b>0</b>	

Toten-Land

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Gjøvik	Rambekk	1063,8	4625		1308,9	5691		Nitrogenrensing
	Snertingdal							
	Åslendet							
Søndre Land	Hov	174,7	840		193,9	932		Landåsen+Sollia fra 1994
	Fluberg	4,8	28		5,2	31		
	Odnes							
	Trevatn							
	Grimebakken							
	Landåsen							
	Sollia							
Nordre Land	Dokka	182,5	780		214,2	915		4000 pe
	Elverom							
	Riisby							
	Spåtind							
Østre Toten	Kapp	237,6	1003		244,3	1031		
	Lena	129,4	553		142,3	608		
	Skreia	170,9	850		181,4	902		
	Fjellvold							
	Krabyskogen							
	Nordlia							
	Koibu							
	Lund/Ruud							
Totenåsen								
Vestre Toten	Breiskallen	463,4	2317		496,2	2481		
	Blåkorshjemmet							
	Eina							
	Gaukom							
<b>Sum Toten-Land</b>		<b>2427,0</b>	<b>10996</b>	<b>0</b>	<b>2786,5</b>	<b>12592</b>	<b>0</b>	

Tabell 5. Slammengder i 1992 og forventet i år 2000.

Hadeland

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Jevnaker	Jevnaker	218,7	959		237,4	1041		
Lunner	Volla	97,8	604		104,6	646		
	Grua	89,8	528		98,7	581		
	Harestua							
	Grindvoll							
	Mobil avvanning	52,0	347		52,0	347		
Gran	Brandbu	238,1	1488		260,8	1630		
	Grymyr							
	Bjønneroa							
	Lygnasetter							
	Septik	100,9		5043	100,9		5043	Til lagune
<b>Sum Hadeland</b>		<b>797,2</b>	<b>3926</b>	<b>5043</b>	<b>854,3</b>	<b>4244</b>	<b>5043</b>	

Valdres

Kommune	Renseanlegg	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Tonn TS	m3 avv.	m3 uavv.	Merknader
		totalt 1992	slam 1992	slam 1992	totalt 2000	slam 2000	slam 2000	
Sør-Aurdal	Bagn	114,3	747		118,5	774		
	Hedalen							
Etnedal	Moajordet							
	Bruflat							
	Os Gjestegård							
	Glenna							
	Mobil avvanning	31,2	208		31,2	208		
	Lagune	6,7		263	7,4		289	
Nord-Aurdal	Fagernes/Leira	118,5	541		127,7	583		
	Aurdal	49,3	222		54,2	244		
	Sanderstølen							
	Nythus							
	Mobil avvanning	31,2	208		31,2	208		
Vestre Slidre	Røn	84,8	706		93,2	777		
	Vaset							
	Mobil avvanning	10,5	70		10,5	70		
Øystre Slidre	Nedrefoss	54,2	262		58,3	282		
	Beito	73,6	394		81,0	433		
	Ygna							
	Mobil avvanning	21,8	145		21,8	145		
Vang	Grindaheim	15,8	77		16,2	79		
	Tyinkrysset							
	Mobil avvanning	14,9	100		14,9	100		
<b>Sum Valdres</b>		<b>626,7</b>	<b>3679</b>	<b>263</b>	<b>666,1</b>	<b>3903</b>	<b>289</b>	
<b>Sum Oppland</b>		<b>6886,5</b>	<b>34154</b>	<b>10455</b>	<b>8504,4</b>	<b>41423</b>	<b>9890</b>	

## **Vedlegg 2.**

### **Forutsetninger for kostnadsberegningene i kapittel 7.**

## Generelle forutsetninger

I kostnadene er tatt med det utstyr som er nødvendig for å kunne drive slambehandlingsprosessene. I kommuner/områder som har flere renseanlegg med avvanningsutstyr er slambehandlingsanlegget lagt til det største renseanlegget. Det er regnet en transportkostnad på kr 70 pr. m<sup>3</sup> avvannet slam som skal transporteres til dette anlegget.

Det er ellers brukt følgende generelle forutsetninger:

- Lånerente 7% p.a.
- Midlere avskrivningstid investeringer: 20 år
- Pris pr. årsverk til drift av anlegg: kr 250.000,- for slambehandling utenom tørking, kr 300.000,- for tørking
- Vedlikeholdskostnader: 2% av investeringskostnadene
- Transportkostnader (20 km): kr 70,-/m<sup>3</sup> avvannet slam
- Arbeid på mellomlager + videretransport: kr 50,-/m<sup>3</sup> avvannet slam
- Strømkostnader: kr 0,40 pr. kWh
- Verdi av biogass regnet etter brutto produksjon: kr 0,25 pr. kWh
- Verdi av gjenvunnet energi ved tørking og forbrenning: kr 0,25 pr. kWh
- Kostnad for olje til støttebrensel ved tørking/forbrenning: kr 2.000,- pr. tonn.
- Enerkipris for slamoppvarming ved bruk av gass: kr 0,25 pr. kWh.
- Mengde slam til mellomlager i forhold til det som benyttes direkte: 0%
- Arealbehov for mellomlagring ved ett års lagring: 2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> slam
- Tørrstoffinnhold i avvannet slam ved ulik behandling før avvanning:
  - Ingen behandling (råslam): 23%
  - Anaerob stabilisering: 26%
  - Våtkompostert slam: 26%
  - Pasteurisering/aerob, termofil forbehandling + anaerob stabilisering: 28%
  - Tørrstoffinnhold i kalkbehandlet slam: 37%

## **Spesielle forutsetninger for enkeltprosesser**

### Anaerob stabilisering

- Andel organisk stoff i slam: 60%.
- Organisk stoff som nedbrytes: 40%.
- Gassproduksjon: 1,0 Nm<sup>3</sup>/kg nedbrutt organisk stoff.
- Energi i gassen: 6,0 kWh/Nm<sup>3</sup>.
- Dersom anlegget mottar avvannet slam fra mindre renseanlegg, koster mottaksanlegget 1,5 mill. kr i investering og kr 70.000,- pr. år i drift.

### Anaerob stabilisering + tørking

- Etter tørking skal slammet ha minimum 85% TS.

### Frilandskompostering

- Innblanding av bark i forholdet 1:1: kr 100,- pr. m<sup>3</sup> slam inkl. arbeid.
- Transport 20 km fra renseanlegg til komposteringsareal.
- Arealbehov ved frilandskompostering: 3,3 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> slam.

### Kalkbehandling

- 600 kg kalk pr. tonn TS. Kalkpris kr 1.000,- pr. m<sup>3</sup>.
- Isolering av silo for avvannet slam er tatt med.