

***ANØ-rapport nr. 41/02***

**Slamforvaltning på Romerike**  
**- en regional veileder**

## ANØ-rapport nr. 41/02

Prosjektnr.:	2010205
Tilgjengelighet:	Åpen
Utgitt dato:	19.04.2002



Postboks 38, 2027 Kjeller  
Telefon: 63 84 12 20  
Telefax: 63 84 07 36  
E-post: [firmapost@ano.no](mailto:firmapost@ano.no)  
Internett: [www.ano.no](http://www.ano.no)

**Tittel:** **Slamforvaltning på Romerike**  
- en regional veileder

<b>Forfatter(e):</b> Ingrid Gurena Landet Holøyen Thomas Jølstad Henriksen	<b>Ansvarlig for kvalitetssikring:</b> Karin Espvik
---	---

**Oppdragsgiver:** ORIO-programmet og medlemmer av VA Forum Romerike

**Sammendrag:** I regi av ORIO-programmet er det utviklet en veileder for regional behandling av slam. Veilederen gir ideer til hvordan flere slamprodusenter/kommuner kan gå sammen for å forbedre og styrke mottaksapparatet for slam.

Behandlingsapparatet bør fortrinnsvis bygges opp rundt mottakerens ønsker og behov for kvalitet og kvantitet.

**Emneord:** Slam  
Næringsstoffer  
Regionalt samarbeid

.....  
Ingrid Gurena Landet Holøyen  
Prosjektleder

.....  
Karin Espvik  
Ansvarlig for kvalitetssikring

## **FORORD**

Prosjektet er et spleiselag mellom VA-forum Romerike (bestående av kommunene; Enebakk, Fet, Gjerdrum, Hurdal, Lørenskog, Nannestad, Nittedal, Rælingen, Sørum, Ullensaker, Aurskog-Høland) og ORIO-programmet.

ANØ Miljøkompetanse ønsker med spleiselaget å rette søkelyset mot bruk av slam og de muligheter og ressurser som slam inneholder. Samtidig er det et ønske å opplyse kommunene om de forskjellige slambehandlingsmetodene som eksisterer og hvilke produkter den enkelte metode fremstiller. Målet er å få kommunene til å ta i bruk andre "behandlingsmetoder" enn langtidslagring.

Spleiselagsprosjektet er en renessanse rundt arbeidet med slam på Romerike, og vi i ANØ har stor tro på at tiden nå er moden for en ordentlig satsing på slam og markedsføring av denne ressursen. Vi håper de erfaringer og oppsummeringer som blir lagt frem i veilederen kan komme til nytte hos flere kommunale og/eller interkommunale selskaper.

Kjeller  
April 2002

# INN H O L D

1. AVLØPSSLAM- RESSURS ELLER AVFALL? .....	1
2. FRA UTEDO TIL MODERNE RENSEANLEGG .....	2
3. SLAMBEHANDLINGSMETODER .....	3
3.1 Kompostering .....	3
3.2 Anaerob utråtning + termisk tørking .....	4
3.3 Pasteurisering i kombinasjon med anaerob stabilisering .....	5
3.4 Industriell behandling.....	5
3.5 ORSA-metoden .....	6
3.6 Tilsetning av lesket kalk.....	6
3.7 Aerob termofil stabilisering (Våtkompostering).....	6
3.8 Aerob, termofil forbehandling med etterfølgende anaerob stabilisering .....	7
3.9 Langtidslagring .....	7
4. SAMMENHENG MELLOM MOTTAKERE OG SLAMKVALITET.....	8
4.1 Landbruket.....	8
4.2 Vegvesenet.....	9
4.3 Idrettsanlegg, grustak og landskapssår .....	9
4.4 Jordblandinger og ferdigplen .....	10
4.5 Planteskoler.....	11
4.6 Lecaproduksjon .....	11
5. SLAM PÅ ROMERIKE.....	12
5.1 Kommunene på Romerike.....	12
5.2 Fremtidig slamforvaltning for et område .....	15
5.3 Spørreskjema og informasjon.....	17
5.4 Deklarasjon.....	17
5.5 Slamplasser- muligheter på Romerike .....	18
5.6 Ulike slamtyper .....	19

6. FORDELER OG MOTFORESTILLINGER .....	20
6.1 Tungmetaller og organiske miljøgifter .....	20
6.2 Lukt.....	20
6.3 Liste over fordeler med bruk av slam fra Romerike.....	21
7. SØKNADER OG KRAV .....	22
7.1 Regler og forskrifter som gjelder ved disponering av slam.....	22
7.2 Viktige krav i slamforskriften.....	22
7.3 Søknadsinstanser for spredning, behandling, og mellomlagring av slam .....	24
8. DEFINISJONER .....	25
9. REFERANSELISTE .....	27

## SAMMENDRAG

---

**Det produseres store mengder slam av renselanleggene på Romerike. Slammet behandles forskjellig, fra langtidslagring til ORSA-metoden. De ulike produksjonene av slam bør kunne tilfredsstillе forskjellige mottaksgrupper. På bakgrunn av dette foreslår ANØ å samkjøre slamproduksjonen i regionen og sikre tilgangen på forskjellige slamtyper. Gjennom et samarbeid kan kommunene få en bredere kontaktflate og enklere tilfredsstillе ønskene fra de slammottakerene som eksisterer i regionen.**

---

Kommunene på Romerike har ulike praksis vedrørende behandling og bruk av slam. Flere kommuner langtidslagrer slammet og har ingen organisert utkjøring av det ferdige slamproduktet til kundene. Slam er en ressurs som inneholder store mengder næringsstoffer og det er derfor viktig å ta vare på og utnytte disse stoffene i matproduksjon, da som gjødslingsmiddel eller som jordmasser i områder med lite næringsrik jord.

Slam har i lang tid vært et nyttig næringsmedium for landbruket. Imidlertid er det en tendens til økt skepsis til bruk av slam som gjødsel ved matproduksjon. Spørsmål stilles om slammet er kvalitetssikkert og det er frykt for at tungmetaller og miljøgifter fra avløpsvannet vil ha innvirkning på produkter fra områder hvor slammet blir brukt som gjødsel- eller dyrkningsmedium.

I Norge har vi et av Europas strengeste regelverk for bruk av slam; flere lover og forskrifter regulerer bruken og stiller kvalitetskrav til hvert enkelt slamprodukt. I tillegg er det satt krav til dokumentasjon av leveranse og brukere av slam, samt til et internkontrollsystem for slamprodusenten.

Det er viktig å ha alternativer til landbruket ved omsetting av slam; f.eks. jord- og ferdigplenprodusenter, veivesenet og idrettsanlegg/landskapssår. Hver gruppering har egne behov og ved en samkjøring av dagens slambehandlingsmetoder kan Romerike få til en bred kontaktflate mot mottakerene og sikre leveransen av slam som et viktig produkt.

## 1. AVLØPSSLAM- RESSURS ELLER AVFALL?

---

**Slam og våtorganisk materiale inneholder viktige næringsstoffer som fosfor og nitrogen, i tillegg til mye organisk materiale. Det er ønskelig i størst mulig grad å føre næringsstoffene tilbake til kretsløpet, ved å utnytte materialet til f.eks. fôr, gjødsel og jordforbedringsmiddel. En bedre utnyttelse av nitrogen og fosfor fra slam vil muliggjøre en reduksjon i bruken av kunstgjødsel og dermed redusere bruken av det minkende råstoffet fosfor.**

---

ORIO (Organiske restprodukter- ressurser i omløp) -programmet ble startet i november 2000 og er et samarbeid i regi av Miljøverndepartementet og Landbruksdepartementet. Prosjektet er tenkt å gå over 5 år, der det hvert år utdeles midler og støtte til drift av lokale prosjekter rundt om i Norge. Prosjektene omfatter utredninger og forsøk og har som hovedhensikt å videreføre ORIOs målsetting. Viktige målsetninger er å utarbeide systemer for å sikre kvaliteten av produkter basert på våtorganisk avfall og slam, styrke tilliten til disse produktene og øke bruken, samt å unngå deponering av våtorganisk materiale og slam, slik at man unngår ulemper som lukt, utslipp av klimagassen metan og forurensing av lokale resipienter gjennom sigevann.

Gjennom årene er det blitt laget en rekke slamplaner og rapporter angående bruk, disponering og behandling av slam. Kommunene på Romerike, som er bakgrunnen for denne veilederen, har ulik praksis når det gjelder behandling og bruk av slam. Flere kommuner langtidslagrer slammet og utkjørselen til "kunde" er ikke alltid like godt organisert. Ofte medfører slamforvaltningen store kostnader for små og mellomstore kommuner.

ANØ har tatt utgangspunkt i kommunene på Romerike og laget en *veileder for regional forvaltning av slam*. Vi ønsker at dette skal være en "kokebok", som kan brukes av driftsassistanser og/eller konsulentfirmaer overfor kommuner i et gitt område.

Veilederen inneholder forslag og argumentlister for hvordan man skal markedsføre slam som et produkt tilpasset ulike nisjer. Målet med veilederen er at renseanleggene skal finne frem til alternativer til landbruket som mottaksgruppe av slam. Pr. 2001 er det få behandlingsmetoder som produserer slamkvaliteter som tilfredsstillende andre brukergrupper enn landbruket. For å endre dette bør kommunene eller eier av renseanleggene satse på slambehandlingsmetoder som gir produkter som er aktuelle for flere aktører.

## 2. FRA UTEDO TIL MODERNE RENSEANLEGG

---

**Avløpssystemene har hatt en sterk utvikling de siste 150 årene. Tidligere var utedoen et samlingspunkt, men også årsak til epidemier og luktproblemer. Med økt etableringstetthet ble det nødvendig å samle avløpene og i dag gjennomføres det fullrensing av avløpsvannet for å forhindre spredning av smittestoffer.**

---

Frem til 1800 tallet var den vanligste formen for avløpssystem i de større byene jordgravde groper som lå under selve avtredet. Tømmingen ble foretatt av nattmannen. På midten av 1800 tallet begynte bøndene rundt byene å hente slam til bruk som gjødsel. Kvaliteten på slammet var god og etterspørselen etter slam som gjødsel økte. For å få tak i større mengder slam ble det bygget priveter og pudretter med direkte fall ned i gjødselkjelleren. På denne måten ble det enklere for tjenestefolket hos bøndene å hente gjødsla.

Med byggingen av pudretter og priveter ble det tatt i bruk en blanding av myrjord og kalk i doene for å redusere lukten. Blandingen av slam og jord/kalk ble markedsført som "mineralsk-dyrisk gjødningsmiddel" og den forbedrede kvaliteten førte til enda større etterspørsel etter produktet som gjødsel. Etterhvert ble etterspørselen større enn produksjonen og bøndene måtte betale for det næringsrike produktet. Prisen var avhengig av bl.a. kvalitet og transportdistanse. I Kristiania fikk Cristiania Poudretfabrik (etablert ca. 1850), som holdt til på Tøyen, etter hvert store klager på lukt, og flere innbyggere skrev sinte innlegg i avisen. Fabrikken ble ønsket flyttet og sunnhetskommisjonen gikk rettens vei for å få fabrikken stengt. Firmaet fikk imidlertid rettslig medhold for å fortsette produksjonen av gjødningsmiddel og beboerne på Tøyen måtte fortsatt tåle ubehagelig lukt. På slutten av 1800 tallet bestemte bystyret i Kristiania å kjøpe 200 mål av gården Drømtorp i Ski. Gården skulle benyttes som hovedmottaker for byens slam og for å sikre transporten ble det anlagt jernbanespor direkte til gården. Ved siden av Drømtorp var det i hovedsak bønder i Skedsmo som var interessert i hovedstadens slam (Torstenson 1997).

Rundt 1900 ble Birkeland-Eyde prosessen tatt i bruk. Prosessen kunne fremstille nitrogenoksider som igjen ble omdannet til salpetersyre og en rekke andre produkter, bl.a. kunstgjødsel. På grunnlag av denne prosessen ble Hydro etablert i 1905 og kunstgjødselproduksjonen skjøt fart (Kofstad 1987). På grunn av enklere spredning, større krav til effektivitet innen landbruket og strengere hygieniske krav måtte det ettertraktede slammet etter hvert vike plassen for kunstgjødselen. Skepsisen rundt slam vokste med økt regelverk for bruk og håndtering av slam og flere begynte å se på slam som et avfallsprodukt.

Med den økte skepsisen til bruk av avløpsslam som gjødningsmiddel ble det fremtvunget andre metoder til å bli kvitt avløpsvannet og slam. Den enkleste måten for Oslo i perioden 1931 til 1974 ble å sende kloakken rett ut i Oslofjorden. Dette medførte etterhvert en kraftig oppblomstring av alger og forårsaket store miljøskader. Et stort press fra miljøaktivister og allmuen førte til at saken ble tatt opp på Stortinget hvor det på landsbasis ble vedtatt forbud mot slike utslipp. Etter vedtaket har mye slam blitt kjørt på deponi, mens landbruket har tatt i mot mindre mengder (Johansen 2001).

### 3. SLAMBEHANDLINGSMETODER

---

Behandling av slam skal gi et fullstendig hygienisert og stabilt produkt. For å tilfredsstille de forskjellige mottaksgruppene er det i tillegg nødvendig at det ferdige slamproduktet har spesielle kvaliteter. Det eksisterer i dag flere slambehandlingsmetoder som alle har sine fordeler og ulemper. Utdragene er i stor grad hentet fra NORVARs rapport nr. 51/1995 "Slambehandling".

---

#### 3.1 Kompostering

I komposteringsprosessen brytes organisk materiale i avvannet slam ned av mikroorganismer under tilgang på oksygen. Det organiske materialet omdannes til et stabilt, humuslignende sluttprodukt, samt at det dannes karbondioksid, vann og energi i form av varme. Det tar ca. 3-6 mnd. for å gjennomføre en hygienisering og stabilisering av slammet ved kompostering, avhengig av pH, karbon/nitrogen-forholdet, varmeisolering og oksygentilførselen.

Komposteringsprosessen kommer raskere i gang dersom tørrstoffinnholdet på slammet er over 30%. Dette oppnås bl.a. ved å tilsette forskjellige typer strukturmateriale som bark, sagflis eller papirfiber iblandet polymer. Hensikten er å få en tilfredsstillende porøsitet slik at oksygen og CO<sub>2</sub> står i mest mulig likevekt med atmosfæren, vann dreneres ut fra og produsert energi fordeles i massene. En tilsetning av materiale med høyt C/N-forhold fører i tillegg til at nitrogentapet under komposteringsprosessen reduseres.

Det finnes flere forskjellige måter å foreta kompostering; vi deler de i hovedsak inn i følgende grupper:

- frilandskompostering
- kompostering på luftet plate/madrass
- reaktorkompostering
- våtkompostering (kap. 3.7)

Forskjellen mellom metodene er å finne i driften av hver prosess. Kompostering på plate/madrass, reaktorkompostering og våtkompostering gir mulighet for styring av lufttilførsel og varmetilgang. Det er vanskeligere å kontrollere tilsvarende lufttilgang i en frilandskompostering der massene ligger i ranker på tett flate.

##### *Frilandskompostering*

Massene legges i ranker eller hauger, spredt utover det benyttede området. Siden rankene er utsatt for vær og vind er det ønskelig å ha en TS på minimum 40% for å oppnå en rask start på og en god komposteringsprosess.

En god hygienisk kvalitet sikres gjennom hyppige vendinger, vanligvis foretatt med hjullaster eller rankevender. Ved snuing av rankene kommer luft til alle deler av massene og det blir en jevn omdannelse i hele massen, ikke bare i de ytre lag.

For å sikre tilfredsstillende hygienisering og tilstrekkelig omsetning kreves det at komposten skal holde en temperatur på minst 55°C i minimum 3 uker og at blandingen skal vendes minst en gang ved høyere temperatur (>55°C) (Vråle 1998).

### *Kompostering på luftet plate/madrass*

Komposteringen skjer i to trinn - først en intensiv behandling (3-4 uker) der nedbrytning av lettløselige forbindelser skjer under en semipermeabel membran.

Komposten blir lagt utover en plate, snus og vendes som ved frilandskompostering. Forskjellen er at det tilføres luft til undersiden av rankene for å sikre at det er nok oksygen i massen til å sette igang en omdanningsprosess av organisk materiale også i de nedre lag. Etter madrassperioden legges massen til ettermodning på åpne områder. Avhengig av forholdene er ettermodningstiden på 2-9 mnd. Det settes krav til at ettermodningen skal holde en temperatur på min. 55°C i tre -3- uker og at slamblandingen skal vendes minst én gang ved høy temperatur (>55°C).

Den semipermeable duken sørger for at CO<sub>2</sub> slipper ut fra kompostmassen, mens lukt og vann blir holdt igjen innenfor duken. Som følge av membranen holdes temperaturen i komposten på et jevnt høyt nivå, noe som senker behandlingstiden samt sørger for en god hygienisering. Membranen sørger i tillegg for å holde tørrstoffinnholdet oppe, ved at nedbør og avrenning ikke slipper inn til kompostmassen.

### *Reaktorkompostering*

Komposten legges i tett reaktor der massen kan røres om i en frekvens avhengig av komposteringsprosessens fremgang. Siden reaktoren er tett er det enkelt å holde oversikten over væskemengde og lufttilgang i komposteringsmassen. Dette fører til at komposteringsprosessen kan optimaliseres og behandlingstiden reduseres. I Hjørdal, Telemark, hvor bark blandes inn som strukturmateriale, er det funnet at en oppholdstid i reaktoren på ca. 12 dager med påfølgende 8 uker ettermodning i friluft gir et godt produkt.

Reaktorkompostering muliggjør en oversiktlig kontroll av komposteringsprosessen. Tilførsel av luft og varme, samt mengdeforholdene mellom slam og strukturmateriale kan enkelt følges opp og styres.

Det er lite varmetap ved reaktorkompostering siden reaktorene normalt er isolerte.

## **3.2 Anaerob utråtning + termisk tørking**

Kombinasjonen av anaerob utråtning (stabilisering) og termisk tørking gir en stabil, hygienisert og inhomogen masse med høyt tørrstoffinnhold (TS) (ca. 85-95% TS). Det ferdige slamproduktet tar liten plass og er egnet som næringsrike pellets i landbruket, som brensel (fortrinnsvis med noe lavere TS innhold, ca. 40-65%) eller som fyllmasse ved bl.a. veianlegg.

Anaerob stabilisering innebærer en mikrobiell omsetning av det organiske stoffet i slammet uten tilgang på fritt oksygen. Prosessen foregår i en lukket tank der det organiske materialet brytes ned til enklere organiske forbindelser som organiske syrer og alkoholer. Disse brytes videre ned til sluttproduktene metan, karbondioksid og vann. Den mikrobiologiske aktiviteten i slammet reduseres når det organiske materialet brytes ned, noe som igjen gir en stabilisering av slammet; et produkt er tilfredsstillende stabilisert når 40% av det organiske materialet er nedbrutt.

Det tilsettes ikke strukturmateriale ved denne slambehandlingsmetoden. Råslammet pumpes inn i råtnetanker der slammet blir værende i ca. 15 døgn, avhengig av

nedbrytningsgrad og evt. forbehandling. Selve utråtningen går best i temperaturområdet rundt 35-40°C. For å holde en jevn temperatur varmes innpumpet slam opp før råttingsprosessen starter. Ved utpumping av slam fra bunnen av tanken til atmosfærisk trykk frigjøres HS-gass. I de tilfeller der anaerob stabilisering brukes i kombinasjon med termisk tørking er det ønskelig å benytte HS-gassen til driften av tørken (Nedland og Paulsrud 1995).

Ved termisk tørking fordampes mesteparten av det vannet som er i det allerede maskinelt avvannede slammet. Tørkeprosessen drives til man oppnår den tørrstoffprosenten som er nødvendig i den videre bruken av slammet. Det finnes i hovedsak to typer tørker for kloakkslam; direkte tørking og indirekte tørking. Ved direkte tørking sørger varmluft for fordamping av slammets vanninnhold, ved hjelp av konveksjonstørking. Varmlufttilførselen fører til økte mengder produsert forurenset gass som må renses før den tilfredsstiller standardene for utslipp til atmosfæren. I indirekte tørking er varmemediet og slammet adskilt og derfor minskes mengden produsert forurenset gass. Slammet tørkes ved hjelp av en kontakttørke og mengden produsert gass kommer kun fra avdampet væske fra slammet.

Det kan oppstå støvproblemer ved tørkeanlegg, spesielt av slam som ikke blir pelletert eller granulert. Både den anaerobe stabiliseringen og tørkingen er lukkede prosesser som normalt ikke fører til ulemper for arbeidsmiljøet ved behandlingsanlegget.

### 3.3 Pasteurisering i kombinasjon med anaerob stabilisering

Et alternativ til tørking av slammet er å gjennomføre en pasteurisering. Ved å gjennomføre pasteuriseringen før den anaerobe stabiliseringen vil metoden gi full hygienisering såfremt slammet varmes opp til 70°C i minimum 30 minutter. Pasteuriseringen utføres i lukkede anlegg og oppvarmingen skjer som oftest ved hjelp av gassproduksjonen fra den anaerobe stabiliseringen. Pasteuriseringen gir et slam med gode avvanningsegenskaper (Nedland og Paulsrud 1995).

Den anaerobe stabiliseringen skjer på samme premisser som ved anaerob utråtning i kombinasjon med termisk tørking (se kap. 3.2).

### 3.4 Industriell behandling

I denne rapporten har vi konsentrert oss om to typer industriell behandling av slam; Conterra metoden og Agronova metoden. Metodene har felles at de tilsetter en syre for å få øket temperatur.

*Conterra* metoden bruker kun slam som råvare. Slammet kvernes før det tilsettes svovelsyre som senker pH til 0,5-1, men som samtidig gir en temperaturøkning til mer enn 70°C. Temperaturøkningen gir en midlertidig hygienisering mens det osmotiske trykket i massen sørger for ødeleggelse av de patogene cellene og dermed en stabilisering (Hem 2001). For å øke næringsinnholdet i slammet og samtidig øke pH tilsettes nitrogen i form av ammoniakk. Til slutt tørkes massen før produktet kan selges som pellets. Gjennom tørking oppnås fullstendig hygienisering.

*Agronova* metoden er en hurtig metode (60 minutter) for behandling av både slam og organisk avfall (matavfall) til gjødsel. Massene blandes og kvernes før næringsinnholdet vurderes. Om næringsinnholdet er lavt tilsettes kalk og næringsstoffer til riktig N-P-K-innhold. Metoden benytter salpetersyre for å få lav pH og oppnå en temperaturøkning.

Nitrogendioksydgass tas i bruk for stabilisering. Fullstendig hygienisering oppnås ved å tørke massen før produktet selges som granulert (Kindem 2002).

### 3.5 ORSA-metoden

I ORSA-metoden tilsettes ulesket kalk til avvannet slam. Dette fører til en sterk temperaturøkning som følge av energifrigjøring når ulesket kalk kommer i kontakt med vann. Temperaturøkningen er avhengig av mengden ulesket kalk og TS i det avvannede slammet. Økningen i temperatur kan gi en tilfredsstillende hygienisering såfremt temperaturen holdes over 55°C i mer enn to timer. Isoleringen av lagertankene er avgjørende for hvor lenge temperaturen holdes oppe. Tilsetningen av den uleskede kalken fører i tillegg til temperaturøkningen til en heving av pH. En pH rundt 12,5 ± 0,3 er en god indikasjon på at slammet er stabilisert (Berg et. al 1991).

Kalktilsetningen medfører en betydelig økning i TS, samt en hurtig og sterk temperaturøkning. Økningen i temperatur forårsaker en fordampning av vann; en fordampning som kan føre til en utvikling av ammoniakk-gass (Vråle 1998).

### 3.6 Tilsetning av lesket kalk

Ved tilsetning av lesket kalk er det vanskelig å få til en fullstendig hygienisering siden det sjelden oppnås stor nok temperaturøkning. Patogene bakterier og virus vil bli uskadeliggjort, men parasittegg kan overleve selv om pH stiger til over 11. Metoden gir derfor kun en midlertidig stabilisering. Tilsetningen av lesket kalk til slam forårsaker en markant ammoniakk-lukt. I tillegg er det vanskelig å oppnå full stabilisering og dette forårsaker en del luktproblemer ved lagring av denne typen kalket slam. pH verdien i slammet vil etterhvert synke ved opptak av CO<sub>2</sub> fra luften og forråtnelsen vil medføre betydelige luktproblemer. Det er mengden kalk tilsatt som bestemmer hvor lang tid det vil gå før luktproblemene oppstår.

### 3.7 Aerob termofil stabilisering (Våtkompostering)

Våtkompostering bygger på samme prinsipp som tidligere nevnte komposteringsmetoder (kap 3.1); det organiske materialet blir omsatt av mikroorganismer under tilgang på oksygen, og det utvikles varme. Slammet som behandles er i væskeform og for å opprettholde en høy nok temperatur til at komposteringsprosessen skal fungere må behandlingen foregå i lukkede, isolerte prosesstanker. Tankene må ha spesiell lufting som gir god, men ikke for stor luftgjennomstrømning som kan forårsake varmetap. Etter behandling lagres det ferdige produktet i en kortere periode i et slamlager.

Den overskuddsvarmen som produseres kan gjenvinnes ved varmepumper og benyttes til oppvarming av innkommende slam eller til oppvarming av renseanleggene.

Det er få erfaringer med avvanning av våtkompostert slam. De prøvene som finnes av avvannet slam indikerer at avvanningsegenskapene er omtrent som for anaerobt, stabilisert slam.

### 3.8 **Aerob, termofil forbehandling med etterfølgende anaerob stabilisering**

Prinsippet er det samme som ved våtkompostering, men behandlingstiden i den aerobe fasen er vesentlig kortere siden målet i denne fasen kun er å få hygienisert slammet. Nedbrytningen av det organiske stoffet foregår ved den anaerobe stabiliseringen.

For raskt å oppnå høy temperatur (min. 60°C i 4 timer mellom hver innpumping av råslam) er det nødvendig å tilføre varme til innkommende slam i den aerobe fasen. Varmen hentes fra gassen produsert i den anaerobe stabiliseringen. Etter hygieniseringen sendes slammet til en råtnetank (anaerob stabilisering) hvor slammet blir i 12 døgn. Reduksjonen i antall døgn i råtnetank (sett i forhold til utråtning før tørking, pkt. 3.2) skyldes slamhydrolysen som påbegynnes under forbehandlingen.

### 3.9 **Langtidslagring**

Dette er en anaerob stabilisering og hygienisering der slammet ligger i ro i ranker under hele prosessen. Det er få til ingen vendinger av massen under lagringsperioden, noe som medfører en langsom, men gradvis nedbrytning av massene.

Det foregår en mindre omdanning i de ytre lag av massene hvor det er lett tilgang på oksygen. I de nedre lag er det mangel på oksygen og her dannes det hydrogensulfid ( $H_2S$ ) gass som kan sive ut og forårsake luktsjenanse.

Det er usikkert hvor lang tid det tar før langtidslagrete slammasser er stabilisert og hygienisert. Tidsaspektet er avhengig av slamtype og klima på komposteringsstedet. Prøver tatt av langtidslagret slam etter 3-4 år har ikke vist bakterier eller cyster i massene. Vanligvis vil man etter denne perioden ha et nedbrutt slam som kan sammenlignes med kompostert slam når det gjelder lukt, hygiene og konsistens/struktur. Det er imidlertid ikke dokumentert at parasittegg er "destruert" etter langtidslagring (Vråle 1998).

En fordel med langtidslagring er den lave reduksjonen av opprinnelige næringsstoffer i slammet.

## 4. SAMMENHENG MELLOM MOTTAKERE OG SLAMKVALITET

---

Landbruket har frem til nå vært den største mottakeren av avløpsslam. Imidlertid settes det strenge begrensninger til mengden slam landbruket kan ta imot. Det er derfor nødvendig å finne alternative mottakergrupper som kan nyttiggjøre de næringsstoffene som finnes i slammet.

De forskjellige slambehandlingsmetodene gir ulike typer slamprodukt. For å sikre avsetning på slamproduktene er det ønskelig å finne en mottakergruppe til hver slamtype.

---

### 4.1 Landbruket

Totalt blir det produsert ca 105 000 tonn TS slam hvert år i Norge. 56% av dette går i dag til landbruket (SSB 2000). Romerike har gjennom årene mottatt store mengder slam til spredning på kornarealene. Som følge av kanaliseringspolitikken er mye av husdyrproduksjonen flyttet fra Østlandet, og tilgangen på husdyrgjødsel er begrenset. Landbruket har derfor måttet gå nye veier for å tilføre jorda nødvendig næring. Slam inneholder en god del fosfor som er interessant å nyttiggjøre. Plantetilgjengeligheten er avhengig av kjemikaliumet brukt ved felling av slammet, samt selve slamtypen (se kap 9), bl.a. kan fosfor være bundet til jern, aluminium eller kalsium.

Nitrogen som næringsstoff har stor innvirkning på planteveksten. De totale nitrogenforbindelsene i jord består både av mineralsk nitrogen (lett tilgjengelig for plantene) og organisk bundet nitrogen. For å få en god gjødseffekt bør C/N forholdet i jorda være lavere enn 20 (Ugland et al. 1998).

Tilsetning av kalk til slam fører til en økning av pH i produktet. Kalket slam er derfor godt egnet i områder med sur jord og kan i tillegg benyttes som substitutt for andre kalkingsmiddel. Kalktilsetningen vil gi en fortykningseffekt på næringsstoffene i slammet, ved sammenligning av kalkbehandlet og annet slam. Ved å bruke kalket slam planmessig, vil bonden kunne bruke slamproduktet til å følge opp gårdsbrukets gjødslingsplan samt å justere jordas pH til ønsket nivå. Det er derfor nødvendig at renseanlegget merker sitt slamprodukt med kalkvirkning i kg CaO pr. m<sup>3</sup>. Planteforsk har vist at det er større fordunsting av nitrogen fra kalket enn fra ukalket slam (Ugland et al. 1998). Den samme rapporten viser imidlertid at kalkbehandlet slam inneholder mest plantetilgjengelig fosfor.

I tillegg til kalket slam er slam fra de aller fleste behandlingsmetodene egnet til bruk i landbruket. Tørket slam er enkelt å spre siden produktet i hovedsak foreligger i form av mindre "krystaller". I enkelte tilfeller kan det forekomme støvproblemer som følge av at tørkeprosessen har gitt et slam med høyt tørrstoffinnhold (se kap. 3). Et annet problem med tørket slam er at tørkingen medfører en sterk sammenbinding av næringsstoffene i slammet. Dette sammen med den glassaktige overflaten som dannes på krystallene i tørkeprosessen, gjør at slammet er vanskelig å løse opp. Siden slammet blir mindre løselig kan det bli vanskeligere for plantene å nyttiggjøre seg næringsstoffene som finnes i slammet.

---

Anaerobt stabilisert slam (utråtnet) har redusert innhold av organisk materiale. Dermed vil slammet i mindre grad gi den positive virkningen organisk materiale har på å forbedre jordstruktur og øke vannlagringsevnen. En reduksjon i organisk materiale gir en positiv bieffekt ved å gi en økning i plantetilgjengelig nitrogen pr. tonn slam.

I kompostert slam er det få til ingen næringsstoffer som er redusert samtidig som tilgangen på makronæringsstoffene forblir sterk. Kompostert slam har relativt lavt innhold av organisk materiale (jfr. kap 3.1) og iblandet kalk bør komposten derfor være et godt jordforbedringsmiddel til bruk i landbruket.

I Forskrift om avløps slam (Miljøverndep 1996) står det at slam ikke kan spres på områder der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt. Er slam benyttet på området må det ventes min. 3 år før neste avling av disse produktene. I tillegg er det satt en begrensning på at det ikke skal benyttes mer enn 2 tonn slam pr. daa. pr. 10 år.

De siste årene har det vært en tendens til at spesielt kornprodusenter på landsbasis er blitt mer skeptiske til bruken av avløps slam som gjødsel. Bakgrunnen ligger i det å skulle benytte "avfall" som gjødsel ved matproduksjon. I brosjyren "Korn og oljefrø 2001-2002" anbefaler Statkorn, Norgeskorn og Norgesfôr bøndene å ikke bruke slam på arealer der det dyrkes matkorn. Bakgrunnen for innholdet i brosjyren er den restriktive holdningen Cerealia har til slam. Cerealia er en av Sveriges største produsenter av kornbaserte næringsmidler. Tilsvarende firmaer i Norge ønsker den samme restriktive holdningen her i landet (Nybruket 2001a). Uttalelsene i brosjyren kan tyde på manglende kunnskap om slam og skepsis til dagens rensemetoder, noe som igjen skaper unødvendig frykt både i landbruket og hos andre forbrukere. Målet må være å få snudd denne skepsisen til en positiv innstilling.

## 4.2 Vegvesenet

Ved bygging av nye veganlegg har vegvesenet tradisjonelt brukt matjord fra traseen til plantedekke langs vegskråninger og midtrabatter. Langs de største motorveiene, der fartsgrensen blir satt opp til 100 km/t, er det nå satt krav til at alle fjellskrenter skal dekkes av løsmasser (Tuft 2001). Vegvesenet kan derfor ta unna større mengder slam bare kvaliteten er god nok. Med "god nok" menes her at slammet ikke lukter og at det fortrinnsvis er fritt for ugras.

Anaerobt stabilisert og tørket slam vil være godt egnet til bruk langs veier, da dette både er luktfritt og lett håndterlig. Reaktorkompostert og frilandskompostert slam vil også egne seg godt da det lukter lite, slammet har en jordaktig konsistens og det er lett tilgang på næringsstoffer.

Det er ulike innstillinger til bruk av slam og ulik praksis ved de forskjellige vegkontorene. Syd i Akershus, på grensa til Østfold har vegvesenet brukt mellom 6000 og 7000 tonn slam til tildekking av vegskråninger og fjellskrenter. Slammet fra Søndre Follo rensanlegg var langtidslagret i 6-7 år, mens det resterende (fra Nordre Follo rensanlegg) var ferskt hygienisert slam tilsatt avisfiber (Tuft 2001). I Trondheim har vegvesenet brukt slam ved nyplanting langs vegene. Blandingen som ble brukt var 1/3 slam, 1/3 sand og 1/3 skrapjord. Vegvesenet har inngått avtale med en lokal gartner om stell av busker og trær (Nybruket 2001b).

## 4.3 Idrettsanlegg, grustak og landskapssår

Flere steder på Romerike har det i flere tiår blitt tatt ut sand- og grusressurser. På andre kanter av landet finnes tilsvarende sår i landskapet, der bl.a. leire og pukk blir eller har blitt tatt ut. I de lokale kommunedelplanene og reguleringsplanene kan den enkelte kommune sette krav til tildekking av landskapssårene. Om det settes krav til en slik tildekking er det nødvendig med store mengder jord som kan skape en hurtig vekst i området. Næringsrikt slam burde passe til dette formålet.

Ved bruk av slam til tildekking av landskapssår stilles de samme betingelsene som for bruk av slam ved veianlegg. Slammet bør ha en fast struktur slik at det ikke siger, samtidig som det bør være lett tilgang på næringsstoffene og organisk materiale (Vigerust 1995).

Et eksempel på bruk av slam ved forbedring av utseende på sår i terrenger er utbyggingen av Vikersund Skiflygingsbakke. Høsten 1999 ble det lagt ut ca. 3000 tonn slamkompost fra Lindum Ressurs og Gjenvinning i unnarennet til hoppbakken. Tross kraftig regnvær i løpet av høsten var det ingen tegn på erosjon. Det har heller ikke vært luktproblemer, verken for omgivelsene eller for de som la ut slammet i bakken. Begroing fant sted kun kort tid etter tilsåing (Folkvord 2000).

#### 4.4 Jordblandinger og ferdigplen

Dyrkningsmedier er ifølge definisjonen i gjødselver forskriften: Grunnsbstans av naturlige eller kunstige produkter som enkeltvis eller i blanding, uten eller med tilsatte næringsstoffer eller annen tilsetning, skal brukes til dyrking av planter (Landbruksdepartementet 1996). Dyrkningsmedier er m.a.o. det samme som jordblandingen de fleste kaller matjord. For å få en godkjent jordblanding settes det krav til etterspørsel i marked, kvalitet på råvarene (slamtype) og blandingsforholdet mellom slam, mineraljord og strukturmateriale. En tommelfingerregel sier at en "gjennomsnittsblanding" består av 20% slam, 30 % torv og 50% mineraljord (eks: ulike sandfraksjoner, silt eller leire). Slamforskriften setter i dag krav om max 30 volumprosent slam i en jordblanding.

Slammet som brukes i jordblandinger skal overholde slamforskriftens krav til bruk på jordbruksarealer eller grøntarealer. I tillegg er det satt krav til det ferdige produktet som må godkjennes av landbrukstilsynet. Godkjenningen vil være basert på analyser av tungmetallinnhold, næringsstoffer og hygieniske parametre.

Sluttproduktet er avhengig av innsatsfaktorene som fellingskjemikalium, type strukturmateriale i komposteringsprosessen og lengden på behandlingsprosessene (utråningstid osv.). Slamtyper som er anaerobt stabilisert og tørket egner seg best i vekstjord da denne type slam er luktfri, og enkel å håndtere. Frilandskompostert og reaktorkompostert slam er også egnet til bruk da det har tilnærmet samme kvalitet som anaerobt stabilisert slam. Kalkfelt slam kan føre til høy pH i sluttproduktet.

I produksjon av jord bruker produsentene ofte en blanding av sur skogsjord/jord med mye organisk materiale og sand. Resultatet er en næringsfattig blanding som må tilføres både kunstgjødsel og kalk for å tilfredsstille krav til bl.a. hagejord. I mange tilfelle vil derfor en jordblanding med luktfritt slam være et økonomisk og miljøvennlig alternativ, da slam i utgangspunktet både har optimal pH og de nødvendige næringsstoffene.

Et eksempel på bruk av slam til jordproduksjon/ferdigplen er benyttelse som toppdressing. I slamforskriften står det at: "Slam må kun brukes som del av et dyrkningsmedium i hager, parker, lekeareal og lignende." Golf- og fotballbaner, plener i parker og på strender er områder som har stor slitasje. Det vil være behov for stadig vedlikehold av jorda og som følge av stor slitasje er kravet til jordkvaliteten høy. Med utgangspunkt i slam kan det settes

sammen en blanding etter ønske fra mottaker, med riktig pH og de nødvendige næringsstoffene uten andre tilsetninger.

#### **4.5 Planteskoler**

Såfremt planteskoler ikke omfatter drivhus/gartnerier er det tillatt å benytte slam i produksjonen. Det er en fordel at slammet benyttet på skolene har lavt innhold av organisk materiale siden det er ønskelig med lettest mulig tilgang på næringsstoffene. Derfor anbefaler Norvar at anaerobt stabilisert, tørket slam og kompostert slam er de typene som bør benyttes (Nedland 1997).

#### **4.6 Lecaproduksjon**

Slam kan med sitt høye innhold av organisk materiale fungere som karbonkilde i fremstillingen av lecaprodukter. Produksjonen krever imidlertid et råstoff med høyt smeltepunkt (fortrinnsvis leire med smeltepunkt på ca. 900°C. Kwarts har smeltepunkt på 700°C (Våge 2001)). Norsk Leca har tidligere prøvd ut slam fra forskjellige steder i Norge, deriblant HIAS og Søndre Follo (begge har utråtning/tørking). Utpøvningene viste at bruk av slam i lecaproduksjonen ikke er optimalt siden det er en del luktulempere, samt at slammet inneholder noe sand som vil forhindre nødvendig ekspansjon av råstoffet (jfr. smeltepunkt for kvarts). Kan slamprodusenten garantere et godt stabilisert slam fritt for sand og grus burde det være muligheter for å formidle slam til lecaproduksjon.

## 5. SLAM PÅ ROMERIKE

---

På Romerike er det flere forskjellige grupper av slamprodusenter og slammottakere. Dersom det skal sikres en god disponering av slammet bør produksjon, behandling og disponering samordnes. Et skritt på veien kan være å opprette et regionalt slamregister, til bruk for produsenter og mottakere, med oversikt over tilgjengelige mengder av ulike slamkvaliteter og mottakerens behov.

---

### 5.1 Kommunene på Romerike

I regi av VA-Forum Romerike er det tidligere laget utredninger om hvordan kommunene på Romerike kan samarbeide om slambehandlingsanlegg for å oppnå en tilfredsstillende slamkvalitet til en akseptabel kostnad. I arbeidet har det imidlertid vært lagt liten vekt på disponeringen av slammet og landbruket har hittil vært eneste store mottaker/bruker. Slammet fra renseanleggene på Romerike oppfyller stort sett myndighetenes krav til innhold av tungmetaller, men lite er gjort for å tilpasse kvaliteten til brukernes behov. Flere renseanlegg har problemer med å etablere sikre leveringsmuligheter.

På Romerike er det i dag totalt over 40 renseanlegg som er i drift. Kapasiteten på disse ligger fra 100 000 pe (RA-2) til de minste institusjonsanlegg på rundt 50 pe. De mindre anleggene leverer slam til større anlegg som har avvanningsutstyr. Tabell 5.1 viser dagens situasjon (snittproduksjon 1998-2000) hos kommunene på Romerike.

Tabell 5.1: Kommunale renseanlegg på Romerike; snittmengde produsert slam, slamavvanning og slambehandling i perioden 1998-2000.

Kommune	Ant kommunale RA	Ant RA med sentrifuge	Slamproduksjon (tonn TS/år)	Behandling
Ullensaker	2	2	230	Leverer til Gardermoen RA.
Nannestad	1	1	37	Utråtning og tørking av slam
Eidsvoll	3	1	544	Mellomlagring
Gjerdrum	1	1	117	Tilsetting av papirfiber og polymer.
Nittedal	3	3	557	Mellomlagring/ langtidslagring
Fet	4	1	226	Leverer til RA 2
Hurdal	1	1	71	Leverer til RA 2
Lørenskog	1	1	4 328	Mellomlagring/ langtidslagring
Skedsmo				Kommunene eier og leverer avløp til Sentral-reanseanlegget RA-2
Rælingen				Kalktilsetting, Mellomlagring
Sørum	5	1	376	Mellomlagring/ langtidslagring
Nes	1	1	370	Mellomlagring/ langtidslagring
Enebakk	4	3	79	Leverer til Søndre Follo RA
Aurskog-Høland	3	2	195	Mellomlagring/ langtidslagring
Sum slamproduksjon			7 130	

ANØ Miljøkompetanse samlet våren 2001 halvparten av Romerikes 14 kommuner til et statusmøte for slam med gjennomgang av eksisterende slambehandling og fremtidige planer når det gjaldt slam. De resterende kommunene mente å ha en tilfredsstillende løsning, eller jobbet mot en løsning lokalt på eget renseanlegg.

Møtedeltagerene gikk gjennom slamstatusen på renseanleggene med vekt på følgende punkter

1. Hva slags behandling de ulike renseanleggene har i dag?
2. Er kommunene fornøyd med dagens situasjon?
3. Hva ønsker kommunene å gjøre fremover?

Det viste seg at ingen av de sju kommunene som var representert på møtet var fornøyd med dagens håndtering av slam. Det kom i tillegg frem at kvalitetssystemet hos de minste kommunene ikke fungerer tilfredsstillende. Kommuner med langtidslagring som behandlingsmetode erfarer at lagringen i flere tilfelle fører til opphopning av slam, som er

problematisk å få omsatt. Noen kommuner sender slammet eksternt til andre kommuner og anlegg (se tabell 5.1). Behandlingen i større anlegg varierer fra ORSA-metoden til utråtning og tørking. Kommunene som leverer slam til andre anlegg føler imidlertid ikke at de får nok informasjon om den videre behandlingen av deres slam. Kommunene ble derfor enige om å sette krav til renseanleggene om at slammet skal bli behandlet på en tilfredsstillende måte. I tillegg viser det seg at prisene varierer, avhengig av behandlingsmetoden brukt ved det enkelte anlegg.

ANØ hadde invitert representanter og hentet informasjon fra ulike firmaer, for at deltagerne på møtet i fellesskap kunne diskutere hvilke metoder som mest sannsynlig kunne være aktuelle å ta i bruk på Romerike.

1. Franzefoss kom med en introduksjon av firmaet, produktinformasjon og en gjennomgang av renseanlegg som bruker kalk. Flere Romerikskommuner har erfart at leveranser av slam uten kalk til landbruket har stoppet opp, da bøndene heller ønsker kalket slam fra omkringliggende renseanlegg enn det langtidslagrede slammet kommunene på Romerike i hovedsak kan tilby.
2. Conterra gjennomgikk sin industrielle prosess. De antydte at deres metode kunne benyttes ved Gardermoen renseanlegg, da dette anlegget har tørke. Dermed er en av de største investeringene allerede tatt. Teoretisk kan eksisterende tørke behandle 20.000 tonn slam pr år. Det forutsetter 24 timers drift av tørka, og minimalt med driftsproblemer.
3. Østfold fiber har allerede kommet inn på markedet på Romerike, med leveranser av strukturmateriale til Bårlidalen RA i Eidsvoll. Renseanlegget er fornøyd med det slamproduktet de får. Kommunen har inngått leveranseavtale med jord- og plenprodusenter som mener slamproduktet passer bra til deres type virksomhet.
4. Rankekompostering på friland var et alternativ som ble diskutert. Ingen av kommunene har gjennomført en komposteringsprosess med intern driftskontroll og dokumentasjon for å etterprøve at slammet er hygienisert og stabilisert.

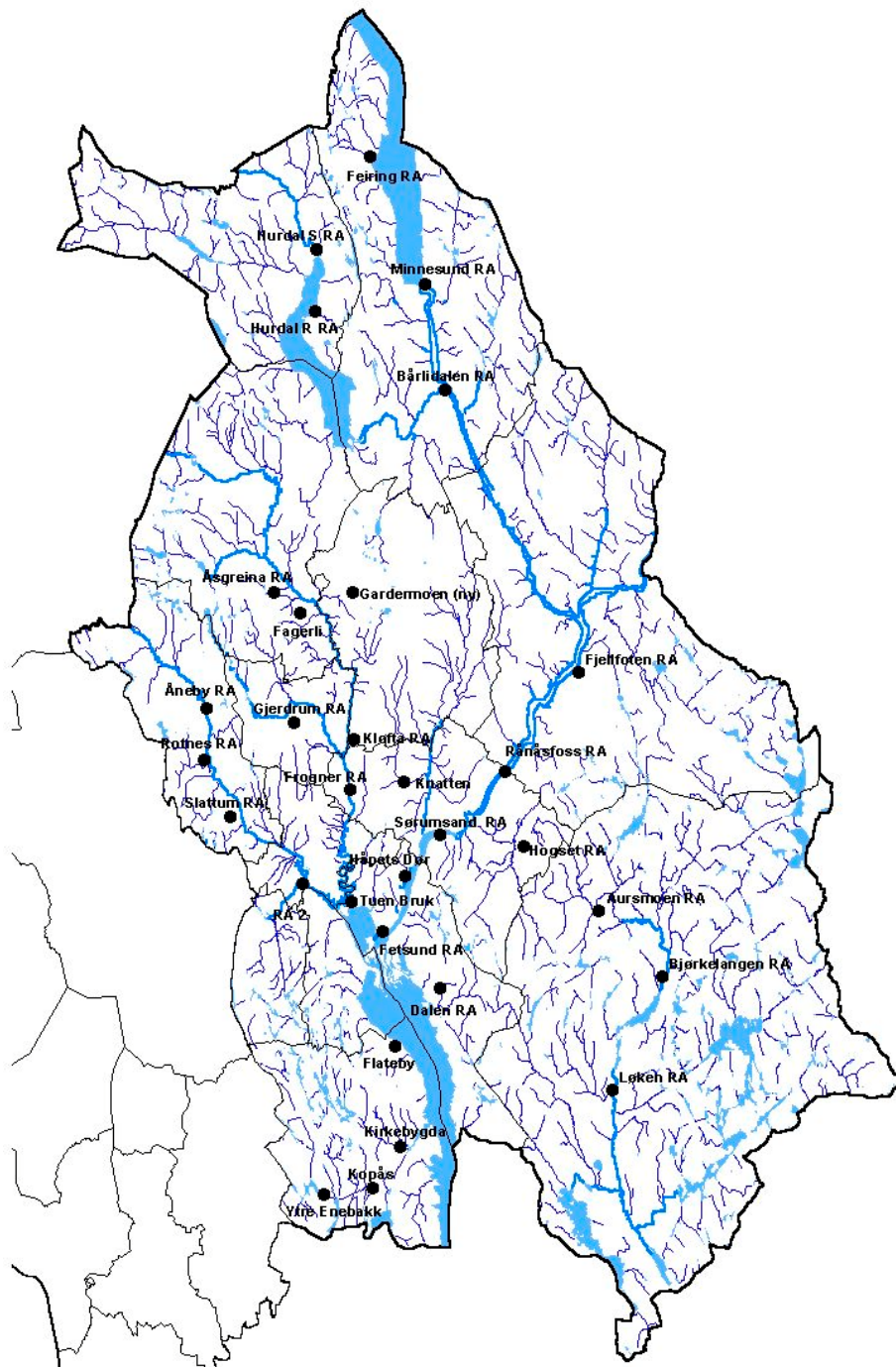
Valg av metode er avhengig av en rekke faktorer. De fleste renseanleggene på Romerike er mindre anlegg som produserer lite slam (se tabell 5.1). Det er ikke kapasitetsmessig, arealmessig, eller økonomisk forsvarlig å investere i et slambehandlingsanlegg i hver eneste kommune. På Romerike er avstandene i tillegg små (se figur 5.1) og transportkostnadene er derfor lave. En fordel med å samle slambehandlingen til få og store anlegg er at disse anleggene kan ta ansvar for mottak, behandling og omsetning (jfr. kap 5.2).

Mulige samarbeidsformer:

1. Flere kommuner kan gå sammen om en behandlingstype; f.eks. et område som kan brukes til frilandskompostering. En kommune eller privat aktør må imidlertid stille arealer til disposisjon. Dette forutsetter at kommunene inngår avtaler om leveranse av slam for en viss periode. Tilsatsmaterialene i komposteringsprosessen kan være avisfiber, bark eller oppmalt hageavfall. På Romerike er det flere sagbruk som kan levere bark billig, og deponiene tar i mot mye hageavfall. Avisfiber vil være det mest kostbare tilsatsmaterialet.
2. Pr. i dag er det kun Sentralrenseanlegget RA-2 av Romerikes renseanlegg som benytter kalk i slambehandlingen. Tre kommuner leverer avløpsvann direkte til renseanlegget, mens to kommuner leverer avvannet slam til RA-2. Dersom kapasiteten

på Sentralrenseanlegget ikke er oppbrukt kan flere kommuner kunne levere slam hos RA-2.

3. Gardermoen rensanlegg er det nest største anlegget på Romerike, og har utråkning og tørking som behandlingsform. Rensanlegget er dimensjonert for mottak av slam fra noen nabokommuner i tillegg til det lokale slamm. Som nevnt har Conterra forslag om å legge inn sin teknologi før tørkeanlegget på Gardermoen. Conterra vil kunne stå for investeringene og driften, forutsatt at de får hånd om sluttproduktet.



Figur 5.1 Kart over Romerike og de rensanlegg som finnes i regionen.

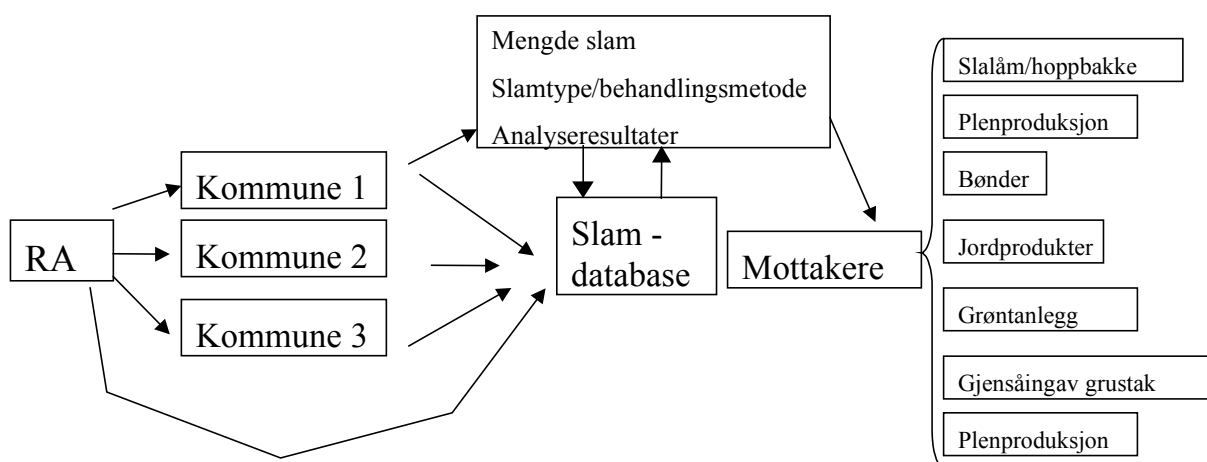
## 5.2 Fremtidig slamforvaltning for et område

På bakgrunn av kommunenes beskrivelse av slamproblematikken på Romerike (s. 13) foreslår denne rapporten at den beste metoden for å få en god slamflyt i et område med

mange små renseanlegg, er å opprette en slamdatabase. Ansvarlig for denne databasen bør fortrinnsvis være et større renseanlegg, konsulentfirma, interkommunalt selskap eller lignende - altså en enhet med relativt stort kontaktnett og tilstrekkelige ressurser. Hensikten med en slik base er å få en oversikt over mengden slam innenfor et område, hvilken behandling slammet har gjennomgått, samt til enhver tid ha oversikt over kvalitet på, mengde og type tilgjengelig slam. Ved en samordning av produksjon og behov blir det raskere flyt av slamproduktene samt minimal ventetid for de kundene som trenger masser.

ANØ Miljøkompetanse tenker seg følgende baseoppbygging (se fig 5.2):

- Behandlingsprosess slammet er igjennom.
- Analyser for hygieniske parametre, tungmetaller og næringsstoffer.
- Oversikt over hvor mye slam som til enhver tid finnes på lager.



Figur 5.2: Oppbygging av en slamdatabase, med oversikt over slamflyten fra renseanlegg til forbruker.

Siden basen er tenkt drevet som en informasjons- og oversiktskilde vil den som driver basen ikke ha direkte ansvar for slammet. Den enkelte kommune/slamprodusent står selv ansvarlig for slam fra egen produksjon og frem til mottaker. Dermed sikres en kvalitetssikring av slammet gjennom behandlingsprosessen, som igjen er med på å trygge mottakergruppens interesser og ønsker.

Økonomisk er databasen tenkt drevet gjennom en medlemsbasert driftsassistanse/teknisk assistanse. Som en del av denne assistansen settes det av et visst antall timer pr. anlegg for markedsføring av slam og opprettholdelse av databasen. Det er opp til den enkelte kommune/slamprodusent i regionen om den/de ønsker medlemskap i denne driftsassistansen.

### 5.3 Spørreskjema og informasjon

Som tidligere nevnt er det ved dannelse og oppdatering av en slamdatabase viktig å få informasjon om kundens behov og bruksområder. Den samme informasjonen kan benyttes ved markedsføring av slammet ovenfor kundene. Kjennskap til behov, grundig kartlegging og forundersøkelser kan forhindre de fleste fallgruver, samt danne et grunnlag for å få hele slamproduksjonen i sirkulasjon.

Nedenfor gis noen spørsmål som kan danne grunnlaget for en slamdatabase. Spørsmålene er generelle og må derfor tilpasses den enkelte mottakergruppe.

1. Hvor skal slammet brukes; jordbruk eller grøntarealer?
2. Hvilket tørrstoffinnhold bør slammet ha for å tilfredsstill kundens brukstype?
3. Dersom kunden skal bruke slammet i jordblandinger, hvilke egenskaper ønsker han ved slammet; eg. surt, basisk, næringsrikt, tørt, fuktig osv.
4. Ønsker kunden høyt eller lavt innhold av næringsstoffer (samkjøring av svarene opp mot ulike behandlingsmetoder).
5. Settes det krav til pH i blandingen?
6. Hva med C/N forholdet? Høyere eller lavere enn 20? Lavere enn 20 medfører en plantetilgjengelig nitrogeneffekt.
7. Hvor store mengder slam trenger kunden.
8. Trenger kunden hjelp til spredning eller tilkjøring av slammet.
9. For produsent av slam: hvilke fellingskjemikalier er brukt? Hovedvekt på jern, aluminium eller kalsium (se spm. 4).

### 5.4 Deklarasjon

I § 7 i Forskrift om avløpsslam er det satt krav til innholdsdeklarasjon ved leveranse av slam. Anlegg større enn 10 000 pe må minimum ta slamprøver hver måned. For anlegg mindre enn 10 000 pe er kravet minimum annenhver måned. Produsentene/leverandørene av slammet er ansvarlig for at innholdsdeklarasjon følger med slamproduktet uavhengig av slammets bruksområde. Innholdsdeklarasjonen skal bla. inneholde analyser for tungmetaller, næringsstoffer, pH, og tørrstoff. Et eksempel på oppsett av en innholdsdeklarasjon er gitt i figur 5.3. I Forskrift om avløpsslam settes det krav til at laboratorier som foretar slamanalyser skal ha akkreditering.

**Eksempel på innholdsdeklarasjon for slam**

Renseanlegg:.....  
 Slambehandlingsmetode:.....  
 Prøvetakingsperiode:.....

**Produktfakta:**

PH	
Tørrstoff, % av TS	
Organisk stoff, % av TS	
Kjeldahl-nitrogen, % av TS	
Total fosfor, % av TS	
Kalsium, % av TS	
Kalium, % av TS	

Tungmetaller	Analyseverdier	Krav ved Jordbruksareal [mg/kg TS]	Krav ved Grøntareal [mg/kg TS]
Kadmium (Cd)		2	5
Bly (Pb)		80	200
Kvikksølv (Hg)		3	5
Nikkel (Ni)		50	80
Sink (Zn)		800	1500
Kobber (Cu)		650	1000
Krom (Cr)		100	150

Figur 5.3: Innholdsdeklarasjon fra Forskrift om avløpsslam.

Avløpsselskapet VEAS (Vestfjorden Avløpsselskap) har utarbeidet en egen innholdsdeklarasjon. Selskapet legger foruten analyseresultater med en beskrivelse av næringsstoffene nitrogen og fosfor og den næringsverdien disse vil tilføre jorda, samt sammenligner slammets kalkverdi med mengde kalksteinsmel og forteller kunden hvilken besparelse kalket slam gir (Haarr 2001). En slik informasjon vil gi mottaker (i stor grad bonden) god informasjon om produktet som blir spredd på jorda, og gjødselverdien kan evt. legges inn i gårdens gjødselplan (se kap 4.1).

## 5.5 Slamplasser- muligheter på Romerike

ANØ Miljøkompetanse har vurdert ulike arealer som kan benyttes til behandling av slam. Behandlingen som vektlegges er kompostering. Begrunnelsen for dette valget er at metoden er enkel å starte opp, er ikke spesielt ressurskrevende og gir i de fleste tilfeller et meget tilfredsstillende produkt. Det må tas visse forholdsregler før en slamplass kan anlegges, deriblant godkjennelse fra grunneier, samt vurdering av plassens beliggenhet i

forhold til bebyggelse og grunnvannsforekomster. Spesielt sistnevnte er utsatt for forurensning fra sigevann som ikke blir forsvarlig håndtert.

På Romerike finnes det allerede et avfallsdeponi som tar imot slam for mellomlagring; Esval Avfallsdeponi mottar slam fra Fjellfoten Renseanlegg i Nes kommune. Kapasiteten ved avfallsdeponiet er allerede oppbrukt og de har ikke mulighet til å ta imot slam fra andre kommuner.

Bøler Avfallsdeponi og Miljøstasjonen Dal Skog er to større avfallsdeponier på henholdsvis nedre og øvre Romerike. Ingen av stedene mottar i dag slam for lagring og er skeptiske til å begynne å motta slam. Begrunnelsen ligger i luktproblematikken slammene vil kunne skape på arbeidsplassen og omliggende områder.

Feiring Bruk på Lørenskog har store grusuttak som kunne benyttes til slambehandling. Imidlertid mener entreprenørene at slambehandlingen vil være i veien for ekspansjonen av grustaket.

To selvstendig næringsdrivende har vært i kontakt med ANØ for å undersøke muligheten for å drive slambehandling på privat område. En landbrukseiendom kan avse områder til å drive kompostering av slam. Området ligger et stykke fra bebyggelse og bonden har allerede noe nødvendig redskap for å sette i gang produksjon av slamkompost. Siden landområdet kun har vært benyttet til landbruksformål er det sannsynlig at den nødvendige dybden med løsmasser til å sikre grunnvannet er tilstede.

En annen selvstendig næringsdrivende er i besittelse av et større nedlagt verkstedsområde som kan omgjøres til slambehandlingsplass. Også dette området ligger tilfredsstillende til i forhold til evt. luktproblematikk og bebyggelse.

## 5.6 Ulike slamtyper

Alle renseanlegg bruker en eller annen form for fellingskjemikalie i behandlingen av avløps slam. Hovedinnholdet i fellingskjemikaliet er kationer som jern, aluminium og kalsium, som har som hovedoppgave å binde fosfor slik at det felles ut.

Fellingskjemikalium basert på aluminium er mest brukt på Romerike. Her topper AVR (aluminiumsulfat med jern) listen med et snitt innhold på 8 %  $\text{Al}^{3+}$  og 0,7%  $\text{Fe}^{3+}$ . ALG (aluminiumsulfat 9 %  $\text{Al}^{3+}$ ) og PAX 21 (Prepolymerisert aluminiumklorid 7,2 %  $\text{Al}^{3+}$  og 0,3%  $\text{Fe}^{2+}$ ) er to andre aluminiumsbaserte fellingskjemikalier som blir brukt i mindre målestokk. Kalkfelling, der  $\text{Ca}^{2+}$  er fellingsionet er brukt en rekke steder i landet, men ikke på Romerike.

Rapporten "Bruk av slam i jordbruket" (Ugland et al. 1998) konkluderer med at:

- Ikke kalkfelt slam forsuret jorda.
- Selv om det er mye fosfor i slam, er lite av fosforet plantetilgjengelig.
- Fosfor er mer plantetilgjengelig i kalket slam.
- Over tid frigjøres mer fosfor i kalkfelt slam, sammenlignet med slam som er jern/aluminiumsfelt.
- Fe og Al har negativ innvirkning på tilgjengeligheten av fosfor.
- Kationer har generelt god strukturstabiliserende effekt på jord, da de binder seg til negativt ladete jordpartikler.
- Metallene vil ha en effekt på miljøet siden fosfor bindes opp i jorda. Med dette reduseres faren for eutrofiering og avrenning.

## 6. FORDELER OG MOTFORESTILLINGER

---

**Slam blir i mange tilfeller antatt å være et avfallsstoff. Det er et produkt som ofte lukter og som må behandles for å fjerne bakterier og smittefare. I tillegg er det skepsis til innholdet av tungmetaller i kommunalt avløpslam og den innvirkningen metallene har på de områder hvor slam blir benyttet som jordforbedringsmiddel.**

---

### 6.1 Tungmetaller og organiske miljøgifter

Tungmetaller er ofte giftige og akkumulere i levende organismer. Norske myndighetene har derfor satt strenge krav til tungmetallinnholdet i slam, for å forhindre en oppkonsentrering av tungmetallene i jorda. Norges krav til grenseverdier for metallinnhold i jord er satt i overensstemmelse med EU-direktivet om slam. Norge har innført det absolutt strengeste kravet, etter førevar prinsippet. Dette, sammen med lite forurensende industri og at det tidlig ble satt strenge krav til industriutslipp, er en årsak til at Norge i dag har lavt innhold av tungmetaller i slammet (SFT-fakta 1996).

I 1996/97 ble det gjort en undersøkelse av innholdet av 50 organiske miljøgifter i slam, kompost og husdyrgjødsel. Dette ble sammenlignet med en undersøkelse i 1989 der 69 tilsvarende organiske miljøgifter ble undersøkt. Konklusjonen var at organiske miljøgifter i ubehandlet slam (bortsett fra polyaromatiske hydrokarboner (PAH)) har sunket. PAH har ligget på et stabilt nivå. (SFT 1997). En tilsvarende undersøkelse om organiske miljøgifter foretas i disse dager (vinter 2001/02) av Aquateam. Undersøkelsen har referanse til prosjektet av 1996/97. Pr. 01.03.02 viser foreløpige resultater fra prosjektets undersøkelser at innholdet av miljøgifter i avløpslam har de siste 5 år blitt redusert med 63% . Endelige resultater vil foreligge i juni 2002 (Nedland 2002).

Kritikerne mener at slammet fra avløpsrensaneanlegg inneholder en rekke miljøgifter, både organiske og uorganiske, som kan være skadelig for både mennesker, dyr, mikroorganismer. Ideen er at giftene vil kunne akkumuleres og forurense jorda. Derfor har Sveits innført restriksjoner ved spredning av slam på jordbruksareal og i Sverige er bøndene restriktive til å ta i mot slam for å spre på jorda.

Et forsøk som er gjort med kompostert slam viser at komposteringsprosessen har stor innvirkning på nedbrytning av tungmetaller og miljøgifter i slam. Resultatet viste at konsentrasjonen av organiske miljøgifter ble redusert med opp til 92 % (Amundsen et al. 2001). Samtidig viser ytterligere undersøkelser at opptak av miljøgifter i planter er begrenset og at de gjenværende organiske miljøgiftene brytes relativt raskt ned i jorda. Norske myndigheter har som mål å redusere utslipp av organiske miljøgifter ytterligere (SFT 1997).

### 6.2 Lukt

---

Mange av motforestillingene mot slam kommer fra den markante lukten som omgir råslam og ikke godt nok stabilisert slam. Det er behandlingsmåten som i stor grad avgjør hvor mye sluttproduktet vil lukte. Selv om Forskrift om avløpsslam setter krav til stabilisering av slam, er det en kjensgjerning at slam som er produsert, tidvis og spesielt etter mellomagring, har luktet noe. Dette gjelder spesielt langtidslagret slam, eller slam tilsatt kalk, der kalkeffekten er redusert etter mellomagring. Dersom slammet brukes i jordbruket, er det i dag krav om nedmulding etter 48 timer. Kravet er satt for å redusere luktproblemene.

### 6.3 Liste over fordeler med bruk av slam fra Romerike

Lista nedenfor er avhengig av en rekke faktorer der vi har tatt utgangspunkt i slammet fra Romerike med kompostering som behandlingsmåte;

- ◆ nyttige næringsstoffer som fosfor, nitrogen, samt høyt innhold av organisk materiale
- ◆ "rent" slam med få forurensninger; grunnet lite industri er det lave tungmetallverdier og lavt innhold av organiske miljøgifter
- ◆ lett tilgang på store mengder slam
- ◆ letthåndterlig
- ◆ kan få den sammensetningen som er mest optimal for "din bedrift" i.o.m. at det kan settes opp ønske over hva som passer best inn i bedriftens produksjon –slamstrukturen tilpasses stedlige behov
- ◆ bedrer jordstrukturen og virker erosjonsdempende
- ◆ godt egnet som vekstjord langs veier, skråninger, plen, gjenfylling av landskapssår
- ◆ deles inn i 2 klasser der hver klasse er sertifisert for bruk på forskjellige områder; spredning i landbruket og på grøntarealer. Det er satt spesielle kvalitetskrav til den enkelte gruppe
- ◆ gir mulighet for å reduserer bruken av kunstgjødsel
- ◆ billig og nyttig gjødseltilbud
- ◆ nærhet mellom produsent og forbruker- forbruker kan følge "slamproduksjonen" fra slammet ankommer renseanlegget til det ferdige produktet foreligger

## 7. SØKNADER OG KRAV

---

Norge har et av Europas strengeste regelverk for bruk av slam. Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet satte i 1995 krav til bruksområder gjennom fastsettelse av slamforskriften. Tilsyn med bruken av slam fordeles mellom forvaltningsmyndighetene: Fylkesmannen, Kommunehelsetjenesten og Landbrukstilsynet.

---

### 7.1 Regler og forskrifter som gjelder ved disponering av slam

Det er en lov og to forskrifter man må forholde seg til når det gjelder spredning og/eller bruk av slam som dyrkningsmedium;

1. Lov om vern mot forurensninger og om avfall. Forurensningsloven (overordnet i forhold til forskriftene). Fastsatt av Miljøverndepartementet 1981.
2. Forskrift om avløpsslam TA 1268 (Slamforskriften). Fastsatt av Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet 1995.
3. Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v. Fastsatt av Landbruksdepartementet 1996.

I løpet av 2002 vil slamforskriften og gjødselverforskriften (sammen med forskrift om husdyrgjødsel, forskrift om silopressaft og forskrift om gjødslingsplanlegging) samkjøres til en forskrift som sannsynligvis skal forvaltes av Landbrukstilsynet. Arbeidstittelen på den samkjørte forskriften er foreløpig "Samordning av forskrifter på gjødselvarer m.v. av organisk opphav".

Den nye forskriften vil fortsatt sette begrensninger for bruken av slam;

- Ved langtidslagring eller annen utendørs behandling må det søkes Fylkesmannen om godkjenning av behandlings/lagringsplassen.
- Ved bruk av slam er det kommunen (sammen med kommunelegen), hvor slammet skal benyttes, som gir tillatelse og fører tilsyn med bruken.
- Ved bruk av slam i jordblandinger må det søkes Landbrukstilsynet om registrering av den enkelte jordblanding før det startes salg av blandingen. Området hvor jordblandingen produseres må godkjennes av Fylkesmannen. Det finnes i dag ikke noe lokalt tilsyn med lagring og bruk av jordblandingsprodukter.

Uavhengig av om slammet brukes på jordbruksareal/grøntareal, som ingrediens i organisk gjødsel eller som en del i jordblandinger er det krav til at slammet skal hygieniseres og stabiliseres og at tungmetallverdiene skal være under bestemte nivåer (Miljøverndepartementet 1996).

Landbrukstilsynet har i tillegg til Gjødselverforskriften utformet en egen forvaltningspraksis mht. godkjenning av jordblandinger og dyrkningsmedier.

### 7.2 Viktige krav i slamforskriften

---

Som nevnt i innledningen har Norge et av de strengeste regelverkene i verden for spredning av avløpsslam. De viktigste punktene "produsenten" og "forbrukeren" skal være klar over er;

- §8 Slam som brukes skal være hygienisert og stabilisert og skal ikke inneholde parasittegg og salmonellabakterier.
- §9 Innholdet av tungmetaller i slam som skal benyttes (uavhengig av formål) kan ikke overstige følgende verdier;

<b>Tungmetaller</b>	<b>Jordbruksareal [mg/kg TS]</b>	<b>Grøntareal [mg/kg TS]</b>
Kadmium (Cd)	2	5
Bly (Pb)	80	200
Kvikksølv (Hg)	3	5
Nikkel (Ni)	50	80
Sink (Zn)	800	1500
Kobber (Cu)	650	1000
Krom (Cr)	100	150

- §10 Innholdet av tungmetaller i dyrket jord før slam tilføres kan ikke overstige følgende verdier;

<b>Tungmetaller</b>	<b>Jordbruksareal [mg/kg TS]</b>
Kadmium (Cd)	1
Bly (Pb)	50
Kvikksølv (Hg)	1
Nikkel (Ni)	30
Sink (Zn)	150
Kobber (Cu)	50
Krom (Cr)	100

- §11 Bruk av slam  
I jordbruket kan det anvendes inntil to tonn slamtørrstoff pr. daa. pr tiår. Det er ikke tillatt å bruke slam der det skal dyrkes rotvekster, frukt og bær. Er det benyttet slam som dyrkningsmedium kan det først dyrkes rotvekster, frukt og bær tre år etter spredning.

På grøntarealer kan slam spres i maksimalt 5 cm tykkelse og det må blandes inn i stedeagne masser. I private hager, parker, lekearealer og lignende må slam bare brukes som en del av et dyrkningsmedium (jfr. kap 4.4).

- §12 Registre om slam  
Slamprodusenter og leverandører skal føre register over
  - total mengde produsert slam
  - hvilke mengder som er disponert på ulike måter (jfr. Slamforskriftens § 3 første ledd)
  - slammets sammensetning
  - navn og adresse på alle mottakere av slam

- mengde slam som er levert til den enkelte mottaker

Slamprodusent/leverandøren skal årlig sende opplysninger fra registeret til kommunen der anlegget er stasjonert. Kommunene plikter å oppbevare opplysningene i minst ti år.

Disse fem paragrafene er kortet ned en del, og det er viktig å gå gjennom Forskrift om avløpsslam nøye når man skal distribuere og bruke slam.

### **7.3 Søknadsinstanser for spredning, behandling, og mellomlagring av slam**

*Kommunal myndighet: Spredning av slam på landbruksarealer og lokal lagring av slam*

Den enkelte bonde skal i henhold til ny samordnet gjødselvereforskrift melde ifra til sin kommune før spredning at det skal benyttes slam i spredningen. Det er helseetaten i kommunen som avgjør om bonden får spre slammet sitt på jorda, mens Landbrukskontoret gir sin anbefaling med utgangspunkt i slamforskriften. Anbefalingen baseres på analyseresultater for tungmetallinnholdet i jord/slam, jordtype/struktur, grad av bakkeplanering i området osv.

Dersom slammet skal lagres på jorda til bonden for et kortere tidsrom før spredning, setter kommunen krav til avstand til bebyggelse, drikkevann, fare for flom osv.

Renseanlegget skal sende over analysebevis direkte til helseetaten i kommunen. Kopi bør fortrinnsvis sendes mottaker av slammet slik at vedkommende er oppdatert på det produktet vedkommende benytter.

*Fylkeskommunal myndighet: Sentral lagerplass for slam, mellomlagring eller kompostering*

Dersom en kommune, et interkommunalt selskap, et privat selskap/person ønsker å opprette en sentral lagerplass eller utendørs behandlingsplass for slam, er det Fylkesmannen som stiller vilkårene. Fylkesmannen kan i tillegg stille vilkår til transporten av slammet. Tabell 7.1 inneholder en sjekklister over de krav Fylkesmannen setter, og forventer skal være besvart i en eventuell søknad.

Tabell 7.1 Sjekkliste ved søknad om mellomlagring av slam.

	Mangler	Anbefalt
<b>Oversiktskart (1 : 50.000)</b>		
* Avmerking av nedslagsfelt		
* Eventuell beskrivelse av topografien (kan være av betydning)		
* Informasjon om eventuell flom- eller rasfare		
<b>Detaljkart (1 : 5.000)</b>		
* Plassering av mellomlagringsplassen		
* Vindforhold (f eks dominerende vindretning)		
* Skjermende vegetasjon		
* Bebyggelse - ikke-stabilisert slam - stabilisert slam		≥ 500 m ≥ 200 m
* Avmerking av turveier, stier ol.		
* Drikkevannsbrønner/Avstand til drikkevannskilde		≥ 300 m
* Avstand til vassdrag og sjø som ikke tjener som drikkevannskilde		≥ 100 m
* Eventuelle grunnvannskilder som benyttes		
* Resipienter og deres tilstand		
<b>Plassens tekniske utforming - underlagsmasser og kapasitet</b>		
* Ved tett dekke - opplysninger om: - dreneringsforhold		
* Ved infiltrasjonsmasser - opplysninger om: - avstand til høyeste grunnvannsstand - helningsforhold - overflateavrenning		> 0,7 m
* Lagerkapasitet		
<b>Slammet</b>		
* Hvor slammet kommer fra (renseanlegg/område)		
* Mengde som skal lagres		
* Opplagshøyde		
* Ikke-stabilisert eller stabilisert slam		
* Tørrstoffinnhold		> 20 %
<b>Ytre påvirkning/Beskyttelse mot forurensning fra slammet</b>		
* Skjerming fra overflatevann.		
* Beskyttelse mot nedbør, eventuell tildekking		
* Beskyttelse mot flom		
<b>Sigevann</b>		
* Oppsamlingsmetode (f eks tilbakeføring til renseanlegget)		
* Kontrollprogram/overvåking (total-N, total-P, TOC, BOF)		2 gg/år
<b>Sikring av arbeidsmiljø og drift</b>		
* Ansvarshavendes (navn, adresse, telefon)		
* Opplysninger om driftsinnstruks, driftsplan, driftsjournal		
<b>Transport til/fra plassen - inkl veiforhold</b>		

## 8. DEFINISJONER

---

**Det er i denne rapporten brukt begreper og definisjoner som er vanlige innen behandling og omtale av slam.**

---

Miljøgifter er stoffer som selv i små konsentrasjoner kan gi skadeeffekter på naturmiljø ved at de er giftige og kan oppkonsentreres til skadelige konsentrasjoner i næringskjeden og/eller har særlig lav/ingen nedbrytbarhet (SFT 1997).

Hygienisering av slam er den behandling som har som hovedmål å redusere faren for overføring av smittestoffer til mennesker, dyr og planter (Miljøverndepartementet 1996).

Stabilisering av slam er den behandling som har som hovedmål å redusere luktulempene (Miljøverndepartementet 1996).

Jordblanding er et vekstmedium fremstilt ved blanding av to eller flere dyrkningsmedier der jord eller kompost utgjør en del av blandingen (NS 2890).

Vekstmedium er et grunnsubstans av naturlige eller kunstige produkter som enkeltvis eller i blanding, uten eller med tilsatte næringsstoffer eller annen tilsetning, skal brukes til dyrking av planter (Landbruksdepartementet, 1996).

Tungmetaller er tyngre metaller med giftvirkning og som akkumuleres i organismen (Erlandsen, Skogesal og Storvik 1992)

Anaerob prosess frigjør energi uten forbruk av oksygen (Berulfsen og Gundersen 1989).

Aerob prosess frigjør energi under forbruk av oksygen (Berulfsen og Gundersen 1989).

Næringsstoff er generell betegnelse på stoffer som er nødvendig for organismers vekst; makronæringsstoff (nitrogen, fosfor) og mikronæringsstoff (sporelementer) (Økland og Økland 1995)

Pasteurisering er desinfeksjon ved oppvarming til en bestemt temperatur under kokepunktet over en gitt tid. Prosessen skal drepe smittestoffer og forhindre gjæring (Rådet for teknisk terminologi 1977).

Organisk materiale er bygget opp av kjemiske forbindelser av grunnstoffet karbon (Rådet for teknisk terminologi 1977).

Uorganisk materiale er en generell betegnelse på kjemiske forbindelser av andre grunnstoffer enn karbon, f.eks. kalk, sand, leire (Rådet for teknisk terminologi 1977).

## 9. REFERANSELISTE

- Amundsen, C.A., Lystad, H., Eggen, T. 2001. Stabilitet og nedbryting av organiske forurensninger i avløpsslam ved storskala kompostering. Rapport 50/01. Jordforsk, Ås. 46s
- Berg, K. G., Hall, G., Haugli, K. Å., Holdhus, O., Christoffersen, B., Magnussen, L. 1991. Slambehandling og –disponering ved større kloakkrensaneanlegg. Delrapport Kalking, Kompostering. Norvar- rapport 20B.
- Berulfsen, B. og Gundersen, D. 1989. Fremmedordbok Blå ordbok. Kunnskapsforlaget, Aschehoug – Gyldendal.
- Erlandsen, H. C., Skogesal, O. og Storvik, K. O. 1992. Miljøvern – Om forurensninger og hva som kan gjøres. Næringslivets Hovedorganisasjon.
- Folkvord, S. 2000. Kommunalteknikk nr. 11.
- Haarr, A. 2001. Mengdeoppgave og deklarasjonsskjema til slamotakrarar i april 2001.
- Hem, P. A., Conterra 2001. Pers. med.
- Johansen, T.A. 2001. Under byens gater. Oslos vann og avløpshistorie. 263s
- Kindem, E. Agronova 2002. Pers. med.
- Kofstad, P. 1987. Uorganisk Kjemi. En innføring i grunnstoffenes kjemi. 466s
- Landbruksdepartementet, 1996. Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v.
- Miljøverndepartementet 1981. Lov om vern mot forurensninger og om avfall (Forurensningsloven).
- Miljøverndepartementet 1996. Forskrift om avløpsslam.
- NS 2890. Dyrkingsmedier. Varedeklarasjon, pakking og merking.
- Nedland, K. T., Aquateam 2002. Foredrag "Organiske miljøgifter i avløpsslam". Norvars faggruppe om slam.
- Nedland, K. T., Aquateam.1997. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt. Norvar- rapport nr. 77.
- Nedland, K. T. og Paulsrud, B., Aquateam. 1995. Slambehandling. Norvar- rapport nr. 51.
- Nedland, K. T. og Paulsrud, B., Aquateam 1996. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge- forprosjekt. Norvar- rapport nr. 64.
- Nybruket, S. 2001a. Statkorn med uheldig utspill om slam. Va-bulletin 4-2001. Nyheter og notiser fra Norvar.
- Nybruket, S. 2001b. Bruk av avløpsslam på grøntarealer. En overheadserie utgitt i regi av Norvar.
- Rådet for teknisk terminologi. 1977. Ordbok for vann og avløp. Norsk, engelsk, tysk, fransk. Universitetsforlaget.

Statens forurensningstilsyn (SFT) 1997. Avløpsslam og kompost er trygge ressurser : Lite organiske miljøgifter i slam og kompost

Statens forurensningstilsyn (SFT) Fakta 1996. Avløpsslam og miljøgifter. Kommunal og landbruk

Statistisk sentralbyrå (SSB) 2000. Naturressurser og miljø 2000. Oslo

Torstenson, I. 1997. Fra nattmann til renholdsverk. Avfall og renovasjon i Oslo gjennom tusen år. 206s.

Tuft, I. Selger Østfold fiber, 2001. Pers. med.

Ugland, T, Ekeberg, E og Krogstad, T. 1998. Bruk av slam i landbruket. Planteforsk og Grønn Forskning rapport nr. 4.

Vigerust, E. 1995. Bruk av slam på grøntarealer. Norvar- rapport nr. 53.

Vråle, L. 1998. Slambehandling. THT 270 Kommunalt og Industrielt avløp, Norges Landbrukshøgskole.

Våge, K. 2001. Norsk Leca, Enebakk. Pers. med

Økland, J. og Økland, K. A. 1995. Vann og vassdrag 1. Resurser og problemer. 357s.