

Versjonsdato: februar 2010

## Behandlingsmetoder som er i bruk i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam

Dette dokumentet beskriver de ulike behandlingsmetoder som benyttes i Norge for stabilisering og hygienisering av slam. Norsk Vanns anbefalte opplegg for kontroll/dokumentasjon av hygienisering er beskrevet i et eget dokument ("Hygienisering av avløpsslam. Anbefalt opplegg for kontroll/dokumentasjon av hygieniseringsmetoder").

1. Innledning .....	3
2. Terminologi .....	3
3. De ulike slambehandlingsmetodene .....	5
3.1. Våtkompostering (aerob, termofil stabilisering) .....	5
3.1.1. Innledning .....	5
3.1.2. Kort prosessbeskrivelse .....	5
3.1.3. Erfaringer .....	6
3.2. Aerob, termofil forbehandling og mesofil, anaerob stabilisering .....	7
3.2.1. Innledning .....	7
3.2.2. Kort prosessbeskrivelse .....	7
3.2.3. Erfaringer .....	8
3.3. Pasteurisering og mesofil, anaerob stabilisering .....	9
3.3.1. Innledning .....	9
3.3.2. Kort prosessbeskrivelse .....	9
3.3.3. Erfaringer .....	10
3.4. Termofil, anaerob stabilisering .....	11
3.4.1. Innledning .....	11
3.4.2. Kort prosessbeskrivelse .....	11
3.4.3. Erfaringer .....	12
3.5. Anaerob stabilisering og termisk tørking .....	12
3.5.1. Innledning .....	12
3.5.2. Kort prosessbeskrivelse .....	12
3.5.3. Erfaringer .....	14
3.6. Termisk hydrolyse og anaerob stabilisering .....	15
3.6.1. Innledning .....	15
3.6.2. Kort prosessbeskrivelse .....	15
3.6.3. Erfaringer .....	16
3.7. Kalktilsetning til avvannet slam (Orsa-metoden) .....	16
3.7.1. Innledning .....	16
3.7.2. Kort prosessbeskrivelse .....	17
3.7.3. Erfaringer .....	18
3.8. Rankekompostering .....	18
3.8.1. Innledning .....	18
3.8.2. Kort prosessbeskrivelse .....	18
3.8.3. Erfaringer .....	20
3.9. Reaktorkompostering .....	20

3.9.1.	Innledning .....	20
3.9.2.	Kort prosessbeskrivelse .....	20
3.9.3.	Erfaringer .....	21
3.10.	Langtidslagring og enkel rankekompostering .....	21
3.10.1.	Innledning .....	21
3.10.2.	Kort prosessbeskrivelse .....	22
3.10.3.	Erfaringer .....	22
4.	Referanser .....	23

## 1. Innledning

Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (gjødselvarerforskriften) regulerer behandling, lagring og bruk av avløpsslam og en rekke andre organiske avfallsprodukter. Forskriften inneholder bl.a. krav om stabilisering og hygienisering av det organiske avfallet før bruk. Kravet til stabilisering har en generell formulering: "Produkter må være stabilisert slik at de ikke forårsaker luktulempere eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk", mens hygieniseringskravet er konkret: "Produktene skal ikke inneholde *Salmonella*-bakterier eller infektive parasittegg, og innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 pr. gram tørrstoff".

For å oppfylle kravene i gjødselvarerforskriften om stabilisering og hygienisering av avløpsslam, benyttes det i Norge ulike behandlingsmetoder. Noen av metodene kan gi både stabilisering og hygienisering av slammet i én prosess, mens de fleste omfatter en kombinasjon av prosesser for å oppnå både stabilisering og hygienisering av slammet. Dette dokumentet har som mål å gi de som til daglig ikke arbeider innen fagområdet slam/slambehandling, en innføring i disse slambehandlingsmetodene. Det er vanskelig å unngå at beskrivelsen blir teknisk preget, da flere av metodene er relativt avanserte.

Norsk Vanns anbefalte opplegg for kontroll/dokumentasjon av at hygieniseringskravene i gjødselvarerforskriften overholdes, er beskrevet i et eget dokument: "Hygienisering av avløpsslam. Anbefalt opplegg for kontroll/dokumentasjon av hygieniseringsmetoder".

Erfaringer med metodene er nærmere beskrevet i en VA-forsk rapport (Nybruket et al., 2003).

## 2. Terminologi

I tabell 1 nedenfor er det gitt en forklaring på de mest benyttede faguttrykk i etterfølgende tekst.

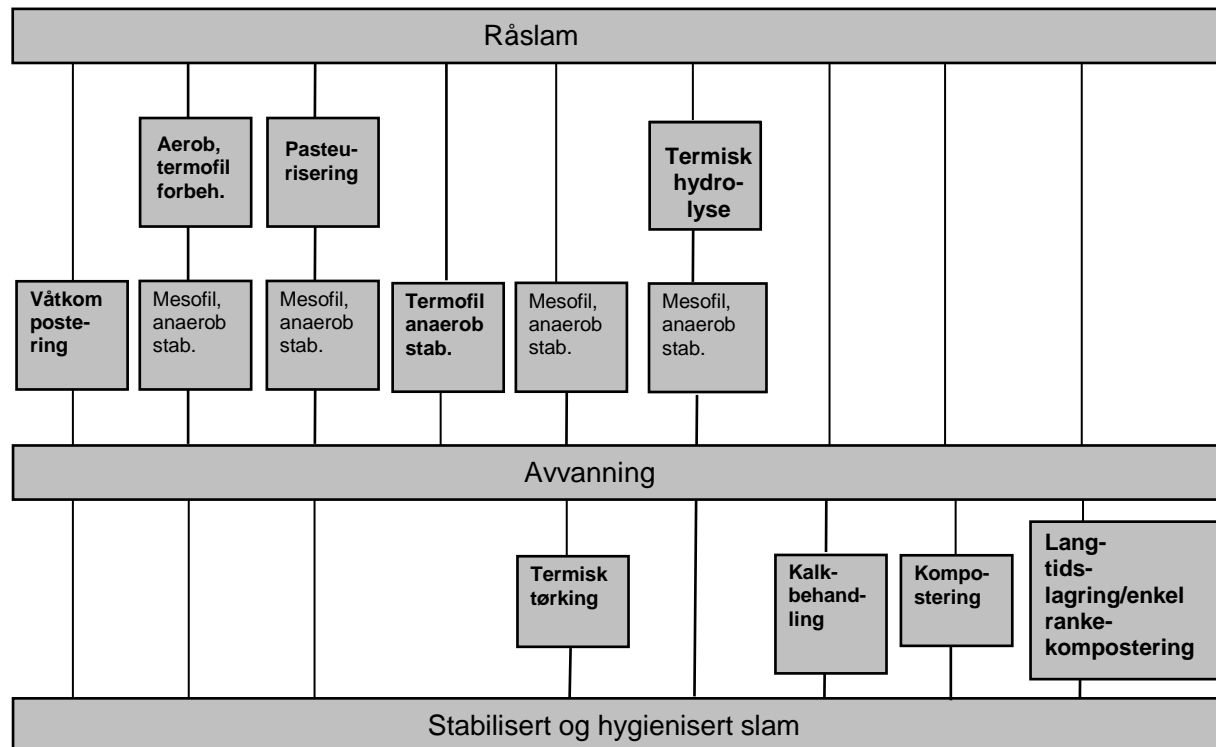
**Tabell 1: Terminologi**

Begrep/ord	Forklaring
Aerob slamstabilisering	Mikrobiell prosess for omdanning av organisk stoff i slam til stabile forbindelser ved tilførsel av oksygen (lufting).
Aerob, termofil forbehandling	Aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff med korte oppholdstider (1,5-2 timer). Prosessen produserer varme, men det må også tilføres eksternt varme for å få en hygienisering av slammet.
Anaerob slamstabilisering	Mikrobiell prosess uten tilførsel av oksygen for omdanning av organisk stoff i slam til stabile forbindelser. Prosessen produserer biogass. Også kalt utråtning eller biogassanlegg.
Anaerobt stabilisert og tørket slam	Slam som har gjennomgått anaerob slamstabilisering, avvanning og tørking slik at tørrstoffinnholdet er over 85 %. (Tørket slam fra VEAS har lavere tørrstoffinnhold). Foreligger som granulat eller pellets.
Avløpsslam	Slam fra avløpsrensaneanlegg.
Avvannet slam	Slam som er behandlet slik at det oppnås en volumreduksjon ved fjerning av en del av vanninnholdet. Avvannet slam ligger i haug og inneholder normalt fra 20 til 40 % tørrstoff (60 til 80 % vann).
Biologisk slam	Slam fra biologiske renseprosesser for avløpsvann.

Biogassanlegg	Se anaerob slamstabilisering
Enkel rankekompostering	Lagring av avvannet råslam og strukturmateriale (ca 1:1 på volumbasis) i haug eller ranke i minst 2 år, uten tilførsel og uttak av slam i denne perioden, og eventuelt med vending av hauger/ranker 1-2 ganger pr. år.
Fellingskjemikalier	Kjemikalier (normalt jern- eller aluminiumsalter, eller kalk) for koagulering og flokkulering av avløpsvann (kjemisk felling).
Fortykket slam	Slam som har gjennomgått gravitasjonsfortykking eller maskinell fortykking for å fjerne en del av vanninnholdet (tørrestoffinnhold normalt fra 3 til 7%, vanninnhold: 93-97%).
Hygienisering	Behandling som har som hovedmål å redusere faren for overføring av smittestoffer til mennesker, dyr eller planter ved bruk eller annen håndtering av slam eller annet organisk materiale.
Hygienisert og anaerobt stabilisert slam	Avvannet slam som er hygienisert ved aerob, termofil forbehandling, pasteurisering eller termisk hydrolyse og deretter anaerobt stabilisert.
Kalkbehandling	Tilsetning av ulesket (brent kalk) til avvannet slam i slike mengder at temperaturen i slammet økes til over 55 °C og holde r dette nivået i minst to timer.
Langtidslagring	Lagring av avvannet råslam i haug eller ranke i minst 3 år, utent tilførsel eller uttak av slam i denne perioden.
Mesofil	Temperaturområde mellom 30 og 40 °C
Pasteurisering	Oppvarming til minimum 70 °C i minst 30 minutter.
Råslam	Slam som ikke er stabilisert og/eller hygienisert.
Septikslam	Slam fra slamavskillere eller septiktanker som har gjennomgått en ufullstendig anaerob nedbrytning.
Kompostering	Aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff i slam under kontrollerte betingelser og ved bruk av tilsatsmateriale (strukturmateriale).
Stabilisering	Behandling som har som hovedmål å redusere luktulempene ved disponering av slam og annet organisk materiale.
Strukturmateriale	Organisk materiale (f.eks. bark, flis, knust hageavfall) som tilsettes slam ved ulike typer komposteringsprosesser for å forbedre prosessbetingelsene.
Termofil	Temperaturområde over ca. 50 °C.
Termofil anaerob stabilisering	Anaerob stabilisering av slam ved en temperatur på minimum 55 °C, der alle slampartiklene har vært utsatt for denne temperaturen i minst 2 timer.
Termisk hydrolyse	Spalting av organisk materiale ved høy temperatur og høyt trykk. Ved slambehandling brukes over 130 °C og over 6 bar trykk.
Utråtning	Se anaerob slamstabilisering
Våtkompostering	Aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff i slam ved lavt tørrestoffinnhold (3 – 5% TS). Ved lufttilførsel og isolering av reaktorer stiger temperaturen i slammet til over 55°C og en oppnår hygienisering.

### 3. De ulike slambehandlingsmetodene

Det finnes i prinsippet 9 forskjellige slambehandlingsmetoder i bruk i Norge som kan gi et stabilisert og hygienisert slam. Disse er vist i figur 1.



**Figur 1. Slambehandlingsmetoder som kan gi et stabilisert og hygienisert slam. Hygieniseringstrinnet for hver metode er uthevet.**

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

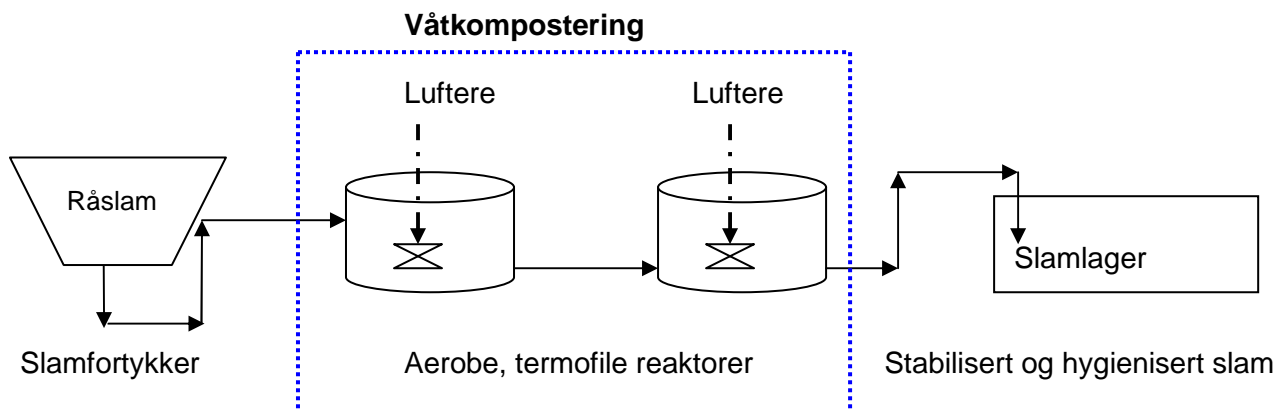
##### 3.1.1. Innledning

Det er bare ett kommunalt renseanlegg i Norge som har tatt i bruk denne metoden, Vårnes renseanlegg i Stokke kommune. I tillegg er det ett anlegg for slam fra biologisk-kjemisk rensing av avløpsvannet fra potetchipsproduksjon ved Maaruds anlegg på Disenå, og tre små anlegg for samkompostering av husdyrgjødsel og septikslam på gårdsbruk i Etnedal i Valdres, i Meldal i Sør-Trøndelag og i Aremark i Østfold.

##### 3.1.2. Kort prosessbeskrivelse

Våtkompostering er basert på biologisk omsetning av organisk materiale i fortykket slam (>2,5-3 % TS) under tilgang på oksygen. Prosessen utnytter varmen som aerobe bakterier utvikler ved nedbrytning av organisk stoff, slik at temperaturen i prosessen stiger til mellom 40 og 70°C, avhengig av omstendighetene. På grunn av de høye temperaturene i prosessen blir omsetningshastigheten høy. Med nok oksygen til stede vil oppholdstider på fra 5 til 10 døgn være tilstrekkelig til å oppnå et stabilisert slam. Dersom temperaturen holdes over 50-55°C, og det skjer en satsvis (batch) tilførsel av råslam, oppnås det også en hygienisering av slammet. For å opprettholde høy temperatur i prosessen samtidig som det blåses inn luft, benyttes det isolerte, lukkede prosesstanker og spesielle luftesystemer som ikke gir for stor luftgjennomstrømning med tilhørende varmetap. I figur 2 er vist en prinsippskisse av et våtkomposteringsanlegg som vil gi både hygienisering og stabilisering av slammet dersom

anlegget dimensjoneres og drives i henhold til nasjonale retningslinjer. Anlegg for våtkompostering av slam er mest utbredt i Tyskland, USA og Canada.



**Figur 2. Prinsippkisse av et våtkomposteringsanlegg**

Skumproduksjonen i reaktorene kontrolleres vanligvis ved bruk av skumkniver. Avtrekksluften fra våtkomposteringsanlegg lukter vondt, og avhengig av avstander til bebyggelse etc., vil det være behov for å installere luktfjerningsutstyr. Dette kan løses på mange forskjellige måter, men ved flere av de tyske anleggene har man enten ført avtrekksluften inn i det biologiske rensetrinnet (aktivslamanlegg), eller det er bygget separate kompostfiltre (jordfiltre) eller biofiltre.

Tyske retningslinjer for våtkomposteringsanlegg som skal gi et stabilisert og hygienisert slam, er:

- Minimum 2 reaktorer i serie.
- Hydraulisk oppholdstid: min. 5 døgn
- Kombinasjoner av temperatur og eksponeringstider: 50°C i minimum 23 timer, 55°C i minimum 10 timer eller 60°C i minimum 4 timer uten at det tilføres nytt råslam

Tilsvarende krav i USA:

- Minimum 55°C ved midlere slamoppholdstid på 10 døgn

I EUs forslag (3. utgave) til revidert EU-direktiv settes krav om minst 55°C i 20 timer for alle slampartiklene.

### 3.1.3. Erfaringer

Våtkompostering av slam er en relativt rimelig og velegnet stabiliserings- og hygieniseringsmetode for renselanlegg mindre enn ca. 15.000 PE hvor slammet kan brukes i jordbruket eller til revegetering av massetak, gruveområder osv. Dersom man skal lage

jordblandinger av slammet, bør det ligge ute noen måneder etter avvanning og tørke før man blander det med andre komponenter.

## **3.2. Aerob, termofil forbehandling og mesofil, anaerob stabilisering**

### **3.2.1. Innledning**

Denne metoden var svært populær på begynnelsen av 1990-tallet for mellomstore rensesanlegg (15.000 – 50.000 PE). Det ble bygd 8 anlegg i Norge med denne metoden, alle av type UTB (et sveitsisk leverandørfirma), som var den dominerende anleggstypen også på det internasjonale markedet. Ett av anleggene i Norge er senere ombygd til termofil, anaerob stabilisering av slam og våtorganisk avfall, og den aerobe forbehandlingen er tatt bort.

### **3.2.2. Kort prosessbeskrivelse**

Den aerobe, termofile forbehandlingen er i prinsippet samme prosess som våtkompostering (aerob, termofil stabilisering). Se figur 3. 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 (> 60°C ved de aktuelle eksponeringstider), må det tilføres varme i tillegg til den som utvikles i prosessen, og det benyttes ulike typer varmevekslere for dette.

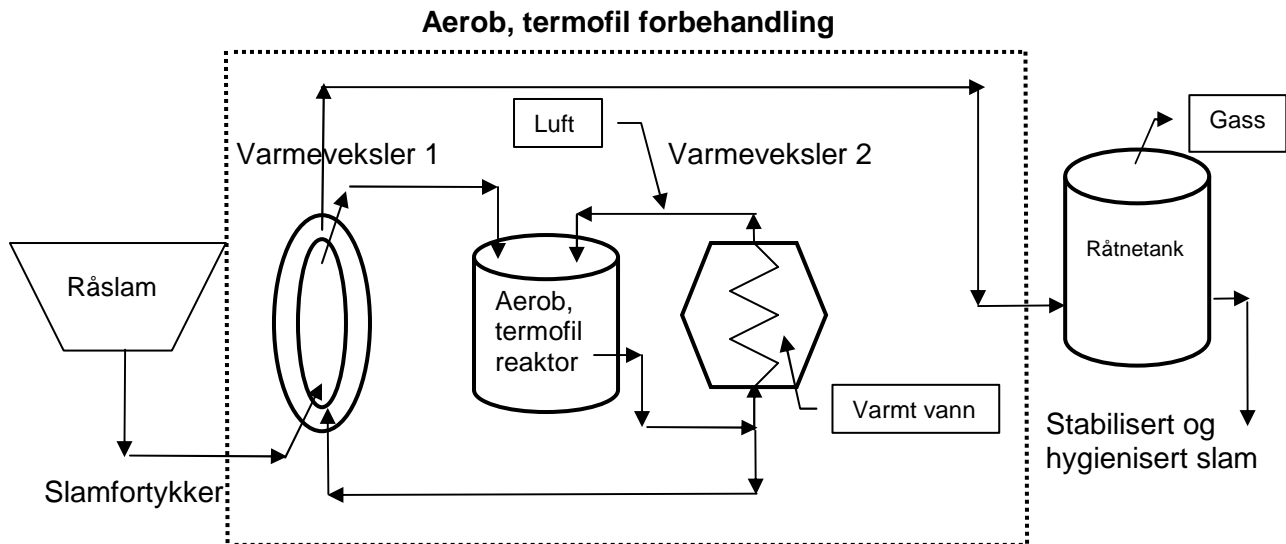
For den etterfølgende anaerobe stabiliseringen er det vanlig å dimensjonere råtnetankene for ca. 12 døgn oppholdstid i stedet for 15 døgn. Grunnen til dette er at det skjer en slamhydrolyse allerede i den aerobe, termofile forbehandlingen, og tiden som trengs for en tilfredsstillende stabilisering i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

Råtnetanker bør tilføres slam jevnt fordelt over hele døgnet, og det innebærer at den aerobe, termofile forbehandlingen også må ha ut- og innpumping av slam mange ganger i døgnet. Det er vanlig å benytte 10-15 innpumperinger av slam per døgn, dvs. at det teoretisk sett blir en eksponeringstid på 1,6-2,4 timer mellom hver innpumping av råslam.

De fleste systemer for aerobe, termofil forbehandling benytter rundpumping i en ekstern rørsøyfe for omrøring, og med en venturiluft på rørsøyfen for lufttilførsel. Ved noen av systemene (bl.a. UTB) blir noe av avtrekksluften fra reaktoren resirkulert til venturilufteren for å redusere varmetapet via avtrekksluften.

En normal driftssyklus starter med at varmt slam pumpes fra forbehandlingsreaktoren til slam/slam varmeveksleren. Kaldt råslam pumpes så inn i det andre kammeret i varmeveksleren, og slammet får stå så lenge at temperaturen i det forbehandlede slammet reduseres til litt i overkant av 40°C, slik at det deretter kan overføres direkte til råtnetanken. Det forvarmete råslammet pumpes så til reaktoren, hvorfra det rundpumpes via vann/slam varmeveksleren for å oppnå ønsket temperatur og få tilført luft via venturilufteren.

Også avtrekksluften fra den aerobe, termofile forbehandlingen har en sterk lukt, og det kan være nødvendig å foreta de samme luktbegrensende tiltak som ved våtkomposteringsanlegg.



**Figur 3. Prinsippskisse av et anlegg med aerob, termofil forbehandling og anaerob stabilisering.**

Tyske retningslinjer for hygienisering ved aerob, termofil forbehandling er:

- $\geq 60^{\circ}\text{C}$  i minimum 4 timer eller som for pasteurisering
- $\geq 30^{\circ}\text{C}$  i etterfølgende råtnetank

I USA og i forslag til revidert EU-direktiv er det ikke angitt noe spesielt krav til aerob, termofil forbehandling.

Basert på Norsk Vanns metodekontroller (validering ved fullskala testing med parasittegg av typen *Ascaris suum*) må aerob, termofil forbehandling ha en holdetid på minimum 1 time ved  $60^{\circ}\text{C}$ , men anlegg bør etter en konkret risikovurdering dimensjoneres for høyere temperatur og/eller lengre holdetider for å ha en sikkerhetsmargin i den daglige driften. Det anbefales minimum 1,5 times holdetid ved  $60^{\circ}\text{C}$  (Paulsrud et al., 2004).

### 3.2.3. Erfaringer

Aerob, termofil forbehandling er en hygieniseringsmetode med relativt lite problemer og lave driftskostnader. Det har vært noe belegg i varmevekslere og reaktortanker på mekanisk-kjemiske anlegg som bruker jernklorid som fellingskjemikalie, og dette belegget må fjernes med et halvt til to års mellomrom. Alle anleggseiere som har erfaringer med metoden, anbefaler den. Dersom man skal lage jordblandinger av slamm etter avvanning, bør det ligge ute noen måneder og tørke før man blander det med andre komponenter.



### **3.3. Pasteurisering og mesofil, anaerob stabilisering**

#### **3.3.1. Innledning**

Det ble bygd tre norske slambehandlingsanlegg med pasteurisering og anaerob stabilisering på begynnelsen av 1990-tallet: Øra renseanlegg (FREVAR) i Fredrikstad, Sandefjord renseanlegg og Ladehammeren renseanlegg i Trondheim, Lillevik renseanlegg i Larvik og Søndre Follo renseanlegg. I tillegg har Høvringen renseanlegg i Trondheim også basert slambehandlingen på denne prosess-kombinasjonen (oppstart i 2003).

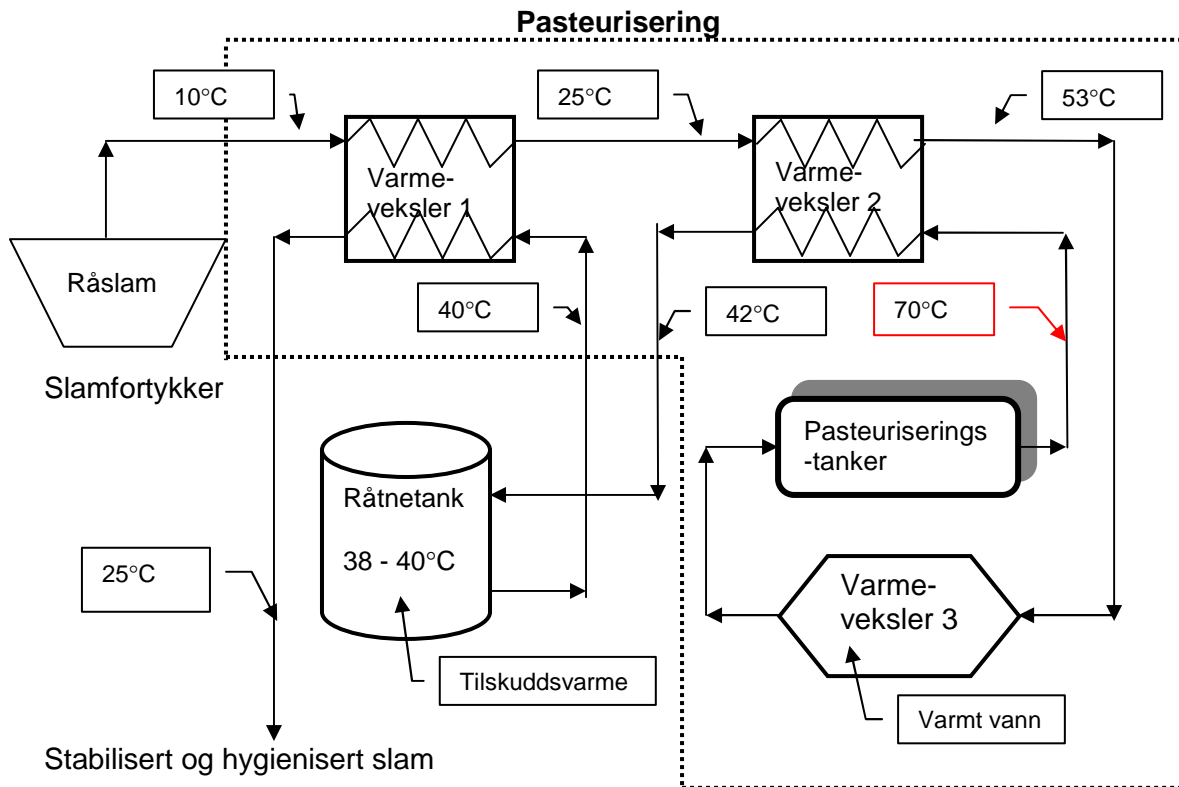
#### **3.3.2. Kort prosessbeskrivelse**

Pasteurisering betyr i denne sammenheng å utsette slammet for en viss temperatur (normalt 70°C) i så lang tid (normalt 30 minutter) at bakterier og parasittegg i slammet blir inaktivert. Slammet kan varmes opp ved hjelp av varmevekslere, ved lavtrykks damp som blåses inn i slammet eller ved hjelp av gassbrenner neddykket i slammet. I Norge brukes kun varmevekslere. Se figur 4.

For å få minst mulig energitap i prosessen varmer man vanligvis slammet 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.

Varmevekslerne kan være av type slam/slam eller vann/slam. Tidligere var det vanlig å bruke platevarmevekslere av type slam/slam i de to første varmevekslertrinnene, og rørvarmevekslere, der slammet pumpes i rør gjennom et varmt vannbad, i det tredje varmevekslertrinnet. I dag anbefales det å bruke to parallelle vann/slam-vekslere i stedet for slam/slam-vekslere i de to første varmevekslertrinnene for å bedre varmeoverføringen og redusere vedlikeholdsbehovet. Moderne pasteuriseringsanlegg bygges med 3 parallelle pasteuriseringstanker som vil ha alternerende faser for oppfylling, holding (eksponering) og tømning. Dette innebærer at man kan ha kontinuerlig drift selv ved små slammengder.

Ettersom både pasteurisering og anaerob stabilisering er lukkede prosesser uten avtrekksluft, er det ikke nødvendig med separat luktbehandling ved disse prosessene.



**Figur 4. Prinsippkisse av et anlegg med pasteurisering og anaerob stabilisering.**

Tyske retningslinjer for pasteurisering angir:

- Alle slampartikler < 5 mm (siling, kverning)
- Kombinasjon av temperaturer og holdetider: 65°C i 30 minutter; 70°C i 25 minutter; 75°C i 20 minutter; 80°C i 10 minutter

I USA er kravet til pasteurisering minimum 70°C i minimum 30 minutter. I forslag til revidert EU-direktiv er det satt krav om minimum 30 minutter ved 70°C etterfulgt av mesofil, anaerob stabilisering med en temperatur på minst 35°C ved en midlere oppholdstid på 12 døgn.

Basert på Norsk Vanns fullskala validering av metoden må pasteurisering foran anaerob stabilisering ha en eksponeringstid på minimum 30 minutter ved 65°C, men her må det også legges inn sikkerhetsmarginer basert på en risikovurdering ved hvert anlegg. Det anbefales derfor 70°C i minimum 30 minutter (Paulsrud et al., 2004).

### 3.3.3. Erfaringer

Pasteurisering har fungert bra på de fire norske renseanleggene som benytter denne hygieniseringsformen. Det har vært noe problemer med belegg i slam/slam spiralvarmevekslere, mens man har hatt lite problemer med belegg i vann/slam varmevekslere. Slammet fra anlegg med pasteurisering har hatt tendenser til å være "utflytende" etter avvanningen, dvs. sprute ved opplastning (Sandefjord) og måtte tørkes opp i laguner (Øra) selv om tørrstoffinnholdet har vært høyt. Dersom man skal lage jordblandinger av slammet, bør det avvannede slammet ligge ute noen måneder og tørke før man blander det med andre komponenter.

### 3.4. Termofil, anaerob stabilisering

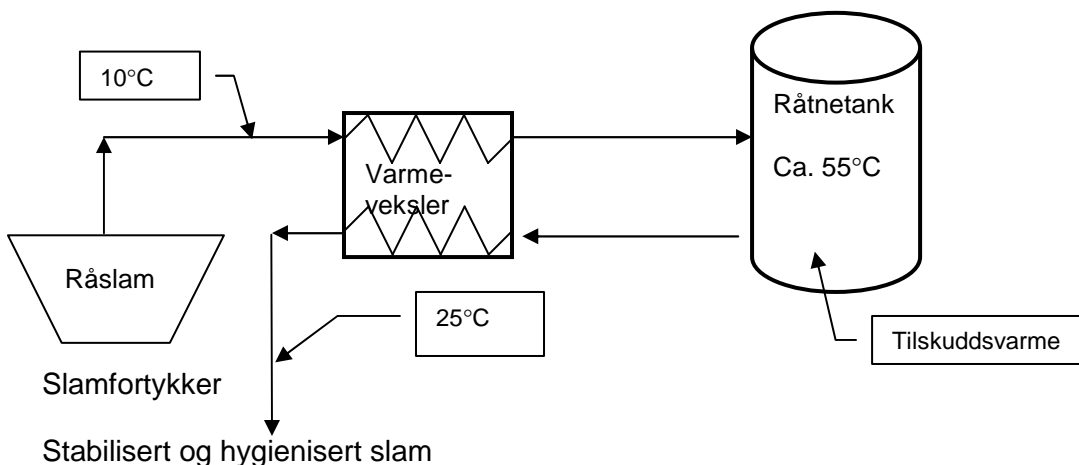
#### 3.4.1. Innledning

Denne metoden er tatt i bruk på 4 norske renseanlegg: Bekkelaget renseanlegg i Oslo, Sellikdalen renseanlegg i Kongsberg (anlegget sambehandler avløpsslam og våtorganisk avfall i felles råtnetanker), Gardermoen renseanlegg og Øra renseanlegg (FREVAR), men flere andre renseanlegg har utredet mulighetene og har konkrete planer om å gå over fra mesofil til termofil drift av råtnetanker.

#### 3.4.2. Kort prosessbeskrivelse

Anaerob stabilisering (biogassanlegg) har tradisjonelt blitt drevet ved en temperatur på mellom 35 og 40°C (mesofil stabilisering). Det finnes imidlertid et høyere temperaturområde (53–58°C) hvor omdanningshastigheten og gassproduksjonen er spesielt høy (termofil stabilisering) (se figur 5). Allerede på midten av 1970-tallet ble det etablert termofil, anaerob stabilisering ved Hyperion avløpsrenseanlegg i Los Angeles.

For å oppnå tilfredsstillende hygienisering i henhold til den norske gjødselverforskriften, må man sikre en minimum eksponeringstid for alt slam i råtnetanken(e) ved en gitt temperatur, og det kan f. eks ordnes ved at slam pumpes ut av råtnetanken(e) før nytt ubehandlet slam pumpes inn (d.v.s. satsvis drift av råtnetanker). En annen mulighet er fortsatt å bruke tilnærmet kontinuerlig drift av råtnetanken(e), men sikre den nødvendige holdetiden (eksponeringstiden) ved å bruke 3 parallelle tanker (hver med den ønskede holdetiden) plassert etter råtnetanken(e).



**Figur 5. Prinsippskisse av et anlegg med termofil, anaerob stabilisering (ett-trinns anlegg).**

Denne formen for hygienisering er ikke tatt med verken i det tyske eller det amerikanske slamregelverket. I USA er metoden ikke godkjent som hygieniseringsmetode for å oppnå klasse A slam med mindre man kan dokumentere en satsvis drift som sikrer at hver slampartikkel eksponeres for minimum 55°C i 24 timer. I forslaget til nytt slamregelverk for EU fra 2003 er følgende krav satt til metoden: Temperatur på minst 55°C i 4 timer for alle slampartikler.

I Danmark er metoden godkjent så lenge hver slampartikkel oppholder seg i råtnetanken i:

- 10 timer ved 52°C
- 8 timer ved 53,5°C eller
- 6 timer ved 55°C

Samtidig er det stilt krav om minimum 7 døgn hydraulisk oppholdstid i råtnetanken. Det danske regelverket har ikke krav til inaktivering av parasittegg i slam.

Ved validering av metoden etter Norsk Vanns opplegg (fullskala testing med parasittegg) har en dokumentert at for termofil anaerob stabilisering er det tilstrekkelig med en eksponeringstid på 1,5 time ved 55<sup>0</sup>C, men for å ha en sikkerhetsmargin anbefales min. 2 timer ved 55<sup>0</sup> C (Paulsrud et al., 2006).

### **3.4.3. Erfaringer**

Det er mange renseanlegg som bruker termofil, anaerob stabilisering i dag, bl.a. i Sverige, Danmark og USA. Erfaringer fra disse anleggene tyder på at det ikke er mer ustabil drift ved termofil, anaerob stabilisering enn ved mesofil.

Erfaringene med termofil, anaerob stabilisering i Norge er av relativt kort varighet. De fire anleggene som har termofil drift, er fornøyd med metoden. Ved omlegging fra mesofil til termofil drift anbefales det en rask økning av temperaturen, kombinert med en betydelig reduksjon av belastningen i en overgangsperiode. Det har ikke vært problemer med ustabil drift av prosessen, selv med store temperatursvingninger på ett av anleggene. Dersom ikke slammet kjøles før avvanning, kan dette skape store luktproblemer under og etter avvanningen, kfr. erfaringer fra Bekkelaget renseanlegg. Høyere temperatur i råtnetankene gir mer kondens i biogassen, mens skumproblemene reduseres.

## **3.5. Anaerob stabilisering og termisk tørking**

### **3.5.1. Innledning**

Det er bygd 8 tørkeanlegg for slam i Norge, men halvparten av disse er tatt ut av drift av økonomiske eller driftsmessige årsaker. Det finnes lite informasjon og veiledning om planlegging, bygging og drift av tørkeanlegg i Norge. I England og Tyskland, hvor denne teknologien er mer utbredt, satses det mye på utarbeidelse av håndbøker og veiledninger.

Mangel på kjennskap til erfaringer, praksis, veiledninger etc. er trolig en medvirkende årsak til problemene ved noen norske anlegg. I tillegg er valg av tørkeutstyr ofte gjort uten hensyn til aktuelle bruksområder for slammet etter behandling.

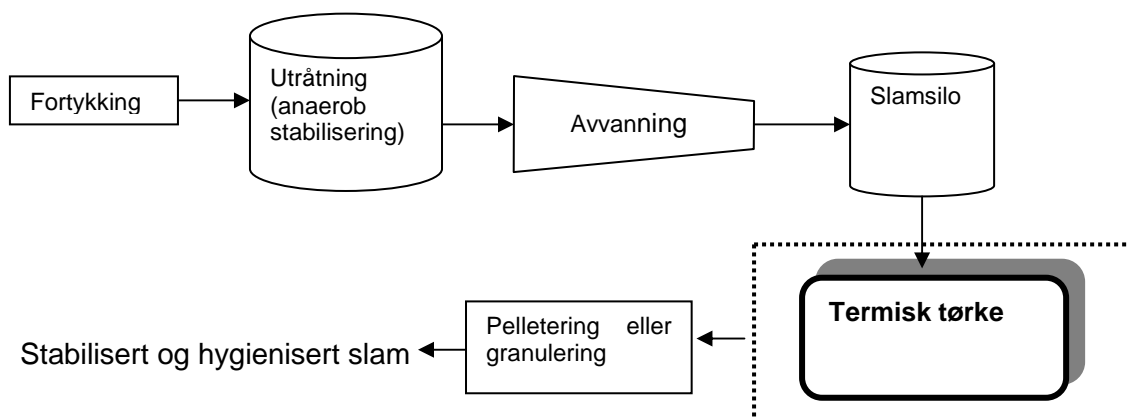
### **3.5.2. Kort prosessbeskrivelse**

Ved kombinasjonen anaerob stabilisering og termisk tørking får vi et slam som både er stabilisert, hygienisert, og med tørrstoffinnhold over 85% (se figur 6). Dette betyr at slammengdene (m<sup>3</sup>/d) etter tørking utgjør bare 25-35% av slammengdene etter avvanning. Ved en anaerob stabilisering av slammet vil man også få biogass som kan brukes som energikilde for tørkeprosessen. Det kan brukes både mesofil og termofil, anaerob stabilisering foran tørkeprosessen. Ved termofil, anaerob stabilisering får man dobbel sikring

av at hygieniseringen er tilfredsstillende, dvs. at slammene kan brukes på jordarealer selv om tørkettrinnet er ute av drift.

Ved termisk tørking fordampes mesteparten av det vannet som er igjen i slammene etter avvanning med maskinelt avvanningsutstyr. Vanligvis drives tørkeprosessen så langt at man oppnår 85-90% TS-innhold i slammene, men tørkingen kan også avsluttes ved et TS-innhold på 40-65% dersom slammene etterpå skal forbrennes. Ved lagring av tørket slam bør tørrstoffet i slammene være over 85% for å få god lagringsstabilitet, men samtidig er det viktig å ta hensyn til faren for selvantennelse ved lagring av tørket slam.

Tørket slam (85-90% 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 slammene. Ved nye tørkeanlegg er slikt utstyr tatt i bruk når det ferdige slamproduktet skal brukes som jordforbedringsmiddel/gjødsel på jordarealer.



**Figur 6. Prinsippskisse av et anlegg med anaerob stabilisering og termisk tørking.**

Det finnes en rekke fabrikat av tørkeutstyr for avløpsslam på det internasjonale markedet, men prinsipielt kan disse deles inn i to hovedgrupper:

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

Ved direkte tørking føres varm luft, vanddamp 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 tilfredsstillende vanlige standarder for utslipp til atmosfæren. Det er imidlertid mulig å ha indirekte oppvarming av direkte tørker, men dette er mindre energieffektivt, selv om man da unngår ulempene med utslippene. Vanlige typer av direkte tørker er roterende trommeltørker, virvelsjikts ("fluidized bed") tørker og båndtørker.

Indirekte tørking er karakterisert ved at varmemediet (damp evt. termoolje) og slammet holdes atskilt ved hjelp av en metalloverflate (jf. 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 de fleste fabrikanter løst ved å resirkulere en andel av ferdig tørket slam til innløpet av tørkeenheten. Vanlige typer av indirekte tørker er skivetørker, tynnsjiktstørker og rørtørker.

Generelt er oppstart og nedkjøring de mest kritiske fasene under tørkeprosessen hvor det er størst fare for brann og eksplosjon. Det er derfor både tekniske og økonomiske fordeler med døgnkontinuerlig drift. Erfaringer viser at dersom de sikkerhetsmessige forhold er ivaretatt under design for fullautomatisert drift, kan anlegget driftes døgnkontinuerlig og uten bemanning. Nødvendig tid for igangkjøring vil være avhengig av temperatur i konstruksjonen/slammet og betryggende inerte forhold i anlegget.

På VEAS har man en spesiell form for tørking av slammet, idet fortykket slam tilsettes lesket kalk (ca. 40 % av slamtørrestoff) og avvannes i spesielle kammerfilterpresser som tilføres varmt vann og opererer under vakuum. Slammet kommer ut av tørkene som "sponplater" med et tørrstoffinnhold på ca 55%. Platene blir malt opp til en grynet struktur før slammet kjøres ut til jordbruket.

Termisk tørking er ikke tatt med som en godkjent hygieniseringsmetode i det tyske regelverket. I USA er det stilt krav til 90% tørrstoffinnhold i tørket slam, samt at temperaturen i tørket slam eller gass ved utløp av tørke skal være minimum 80°C.

Ved IVAR sitt slamtørkeanlegg (Rotadisc indirekte tørking) er det gjennomført tracertester for å bestemme den korteste oppholdstid (eksponeringstid) for slammet i tørken, og det er utført metodekontroll (validering) med parasittegg. Resultatene viste at parasittegg (*Ascaris suum*) ble inaktivert ved ca. 100°C (normal temperatur i slammet i tørken) og en eksponeringstid på 6 minutter, mens minimum eksponeringstid ved normal drift er 11 minutter.

### **3.5.3. Erfaringer**

Det har vært store innkjøringsproblemer med de fleste norske anlegg med termisk tørking av slam. Det er derfor kun på de største renseanleggene som satser på å lage høyverdige produkter som organisk gjødsel eller vekstjord av slammet, at metoden kan anbefales brukt. For disse anleggene er også den store volumreduksjonen viktig. Man må regne med lang innkjøringstid fordi termisk tørking er en prosess som krever høy kompetanse hos driftspersonalet, og det er en rekke delprosesser/utstyrskomponenter som er kritiske for at totalprosessen skal fungere bra.

Det foreligger nå gode erfaringer med fullautomatisert drift.

Norsk Vann har etablert et forum (Slamtørkeforum) der anleggseierne kommer sammen og drøfter driftsrelaterte problemstillinger og bruk av ferdig produkt. De problemområder Slamtørkeforum har arbeidet mest med, er støvproblemer i anlegg og i sluttprodukt og egnet spredeutstyr som gir mindre støv og som gir kontrollerbar spredemengde.

Norsk Vanns Slamtørkeforum har et samarbeid med Dryer User Group (DUG) i England for å utveksle erfaringer med design, drift og bruk av tørkede produkter samt utvikling av eksplosjonsverndokumenter for å tilfredsstille EU-direktiv på området.

### **3.6. Termisk hydrolyse og anaerob stabilisering**

#### **3.6.1. Innledning**

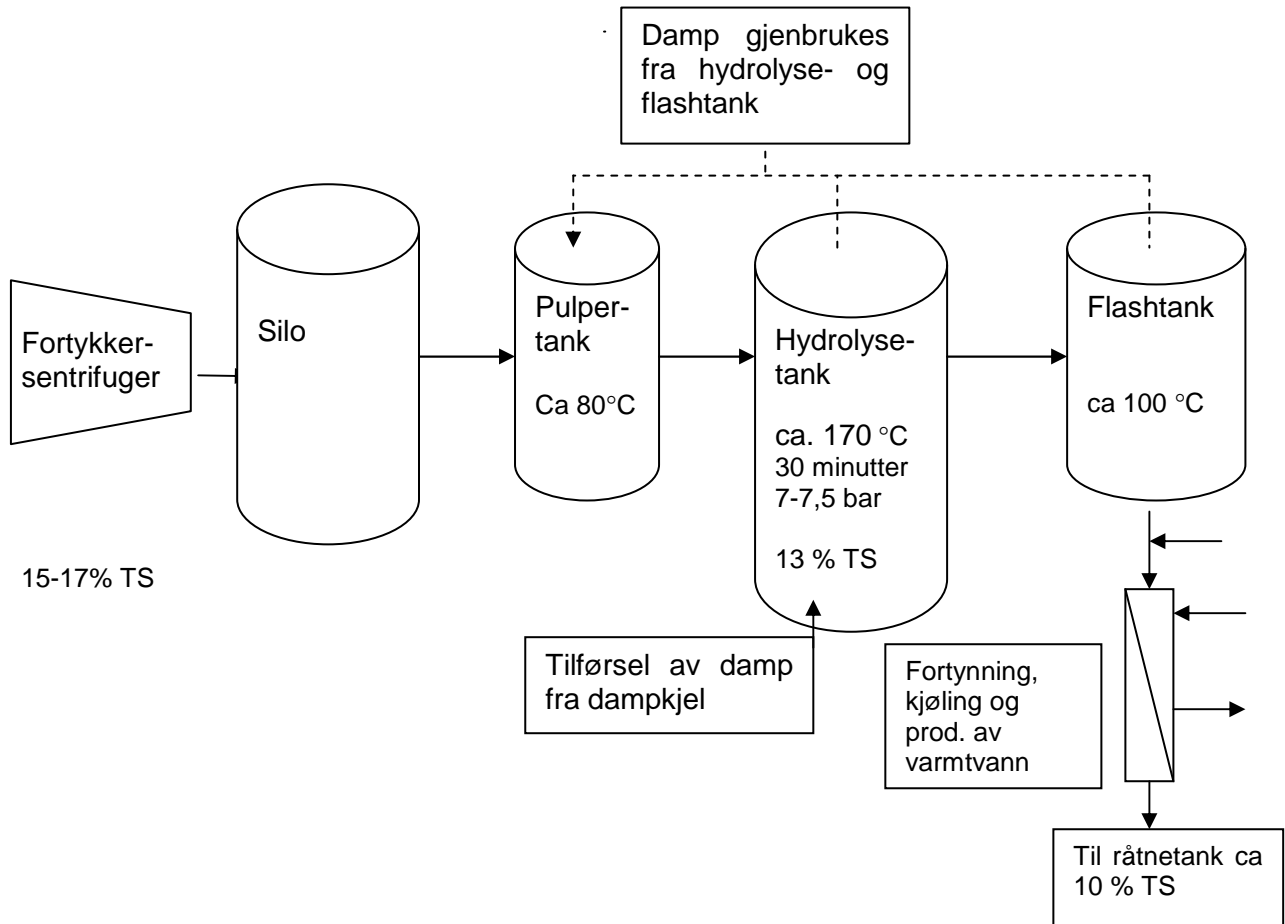
På HIAS-anlegget ved Hamar har man bygget et anlegg for termisk hydrolyse av slammet før anaerob stabilisering og avvanning. Anlegget er levert av Cambi AS, og har vært i drift siden 1996. I tillegg er det et interkommunalt anlegg i Verdal (anleggseier er Ecopro AS) hvor det behandles en blanding av slam, matavfall og annet organisk avfall. Det er forøvrig bygget mer enn 10 anlegg basert på Cambi-teknologien rundt om i verden de siste 10 årene.

#### **3.6.2. Kort prosessbeskrivelse**

Slam fortykkes med sentrifuger til 15-17% TS, før det pumpes til en silo (se figur 7). Fra siloen pumpes slammet til pulpertanken. Denne tanken er der for å utnytte dampen som er i etterfølgende hydrolysetank og flashtank (gjenbruk av damp/energi), og temperaturen øker her til ca. 80°C. Etter pulpertanken går slammet til selve hydrolysen.

I hydrolysetanken tilsettes damp, og TS-innholdet synker til ca 13 %. Temperaturen øker til 165-170°C og trykket øker til 7-7,5 bar. Temperaturen holdes i ca. 30 minutter. Dette dreper alle patogene organismer og organismer som kan forårsake plantesykdommer. Damp kjøres i retur fra hydrolysetanken til pulpertanken, og trykket reduseres fra 7-7,5 bar til ca 1,5 bar.

Etter hydrolysetanken kommer det som kalles flashtank. Gjenværende trykk i hydrolysetanken (1,5 bar) benyttes til å få slammet inn i flashtanken. Dette er en trykløs tank hvor temperaturen er ca. 100°C. Før slammet pumpes til utråkning, kjøles og fortynnes det, slik at temperaturen går ned til ca 40°C før råtnetanken.



**Figur 7. Prinsippskisse av et anlegg med termisk hydrolyse og anaerob stabilisering.**

Den termiske hydrolysen fører til at slammene blir sterilisert. Statens Landbrukstilsyn (nå Mattilsynet) har derfor gitt tillatelse til at det ferdige produktet kan benyttes fritt uten bruksrestriksjoner (bortsett fra krav til tungmetallinnhold), og HIAS betegner det ferdige produktet som "biomasse".

### 3.6.3. Erfaringer

Termisk hydrolyse egner seg bra for større anlegg dersom man ønsker et sterilt slam som kan brukes i alle sammenhenger. Det har vært lite driftsproblemer med anlegget og lite arbeid med oppfølging/kontroll. Det er viktig å ta hensyn til luktproblematikken ved bygging av nye anlegg.

## 3.7. Kalktilsetning til avvannet slam (Orsa-metoden)

### 3.7.1. Innledning

Tilsetning av ulesket (brent) kalk til avvannet slam ble først tatt i bruk ved Orsa renseanlegg i Sverige på slutten av 1960-tallet. I Norge er metoden tatt i bruk på mange mindre og noen få store renseanlegg (totalt ca 10 anlegg).



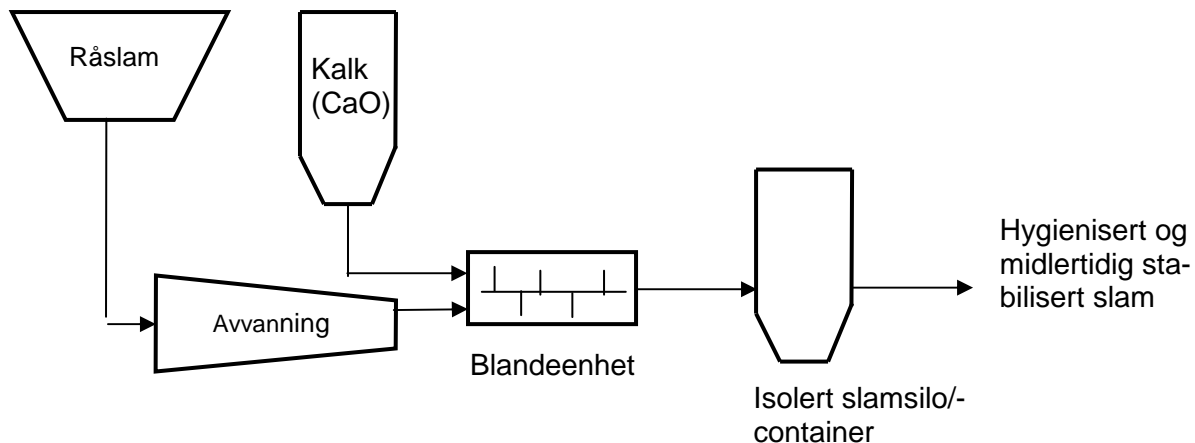
### 3.7.2. Kort prosessbeskrivelse

Ved tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam vil man i tillegg til økning i pH også få en kraftig temperaturstigning i slammet. Dette skyldes den energien som frigjøres når ulesket kalk kommer i kontakt med vann. Temperaturøkningen i slammet vil i første rekke avhenge av tilsatt kalkmengde og TS-innholdet i det avvannede slammet. I tillegg vil isoleringen av lagertanken for det kalkbehandlede slammet avgjøre hvor raskt temperaturen faller igjen under lagring. Det kan gjøres teoretiske beregninger av hvor mye temperaturen og TS-innholdet i slammet øker ved økende kalkmengder. Et slam med for eksempel 25% TS etter avvanning trenger en kalktilsetning på ca. 550 kg CaO/tonn TS for å oppnå en temperatur på ca. 60°C (forutsatt 15°C i slammet før kalktilsetning). Sammen med kalkens pH-effekt (inkl. ammoniakkeffekten) vil en slik temperaturøkning gi en god hygienisering av slammet.

En del av vannet i slammet 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 slammet. Slam med TS-innhold på 25% før kalktilsetning vil for eksempel oppnå ca. 50% TS ved en kalkdosering på ca. 550 kg CaO/tonn TS.

Figur 8 viser hvordan et kalktilsetningsanlegg i prinsippet kan se ut. Tidligere brukte man bare toakslede skruer som blandeenhet for slam og kalk, men nå har man også tatt i bruk tørrslampumper til dette formålet. Det siste forutsetter <30% TS-innhold i avvannet slam. Etter kalktilsetningen må slammet lagres i en lukket, isolert beholder for å sikre at temperaturen i alt slammet holder seg over 55°C i minst 2 timer. I vanlige vertikale siloer for avvannet slam med regelmessig tilførsel og uttak av slam kan det være vanskelig å dokumentere reell eksponeringstid for hver slampartikkel.

En annen kalkbehandlingsmetode som er i bruk i USA og også ved ett anlegg i Norge (Veidekke Gjenvinning Vestfold), er å bruke en kombinasjon av elektrisk energi og ulesket kalk for oppvarming av slammet til 55°C. På denne måten kan kalkdoseringen omtrent halveres, og det kan gi større fleksibilitet ved bruken av det ferdige produktet. Prosessen er utformet som en "plug flow" prosess for å ha kontroll på eksponeringstiden for alt slammet.



**Figur 8. Prinsippkisse av et anlegg med kalktilsetning til avvannet slam (Orsa-metoden).**

I henhold til det tyske slamregelverket skal pH i slammet være 12,5 rett etter kalkinnblanding, og temperaturen i slammet skal være minst 55°C i minimum 2 timer etter kalkinnblanding. Det er ikke angitt krav til en slik metode i det amerikanske slamregelverket. I EUs forslag til revidert slamdirektiv er det satt krav om pH 12 eller mer og en temperatur på minst 55°C i minimum 2 timer etter kalkinnblanding. Validering av metoden, basert på Norsk Vanns opplegg for testing med parasittegg, har gitt de samme krav til minimum temperatur og eksponeringstid (Paulsrud et al., 2004).

### 3.7.3. Erfaringer

Kalkbehandling av slam egner seg godt for mindre renseanlegg i områder hvor slammet kan brukes i jordbruket. Slammet egner seg ikke så bra på grøntarealer, da pH i slammet er for høyt for de fleste grøntanleggsplanter. Det er lite driftsproblemer med metoden, men det er viktig å ta hensyn til den sterke ammoniakklukta som prosessen avgir.

## 3.8. Rankekompostering

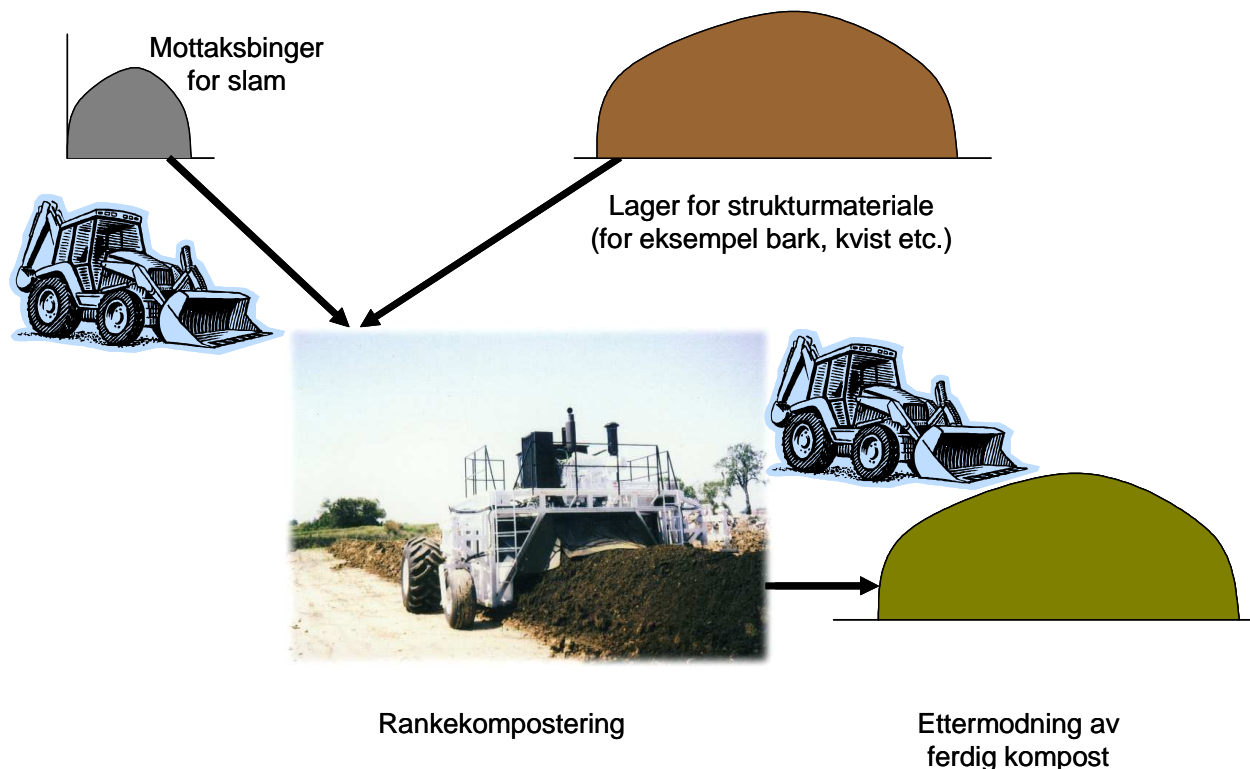
### 3.8.1. Innledning

Rankekompostering er tatt i bruk på mange mindre og noen få store slambehandlingsanlegg i Norge. På mange mindre rankekomposteringsanlegg oppnår man ikke en temperatur i rankene på minst 55°C i minimum 15 døgn, med minst 5 vendinger ved høy temperatur, som er minstekravet for å få et hygienisert slam i henhold til det amerikanske slamregelverket og forslaget til EUs reviderte slamdirektiv. Tyske retningslinjer krever 3 uker ved over 55°C.

Rankekompostering er her definert som en metode som skal kunne opprettholde en temperatur på over 55°C i minst 15 døgn.

### 3.8.2. Kort prosessbeskrivelse

Ved rankekompostering (også kalt frilandskompostering) blandes avvannet slam og strukturmateriale (for eksempel bark, flis, oppmalt hageavfall) og legges opp i ranker (se figur 9). Normalt må det tilsettes 1 til 2 volumdelere strukturmateriale til 1 volumdel slam for å få tilstrekkelig lufttilførsel til massen. Jo lavere tørrstoffinnholdet i slammet er, jo mer strukturmateriale må tilsettes. Rankene kan være store eller små (3 til 6 m<sup>2</sup> tverrsnitt), og dette avhenger som regel av størrelsen på rankevenderen.



**Figur 9. Prinsskisse av et anlegg med rankekompostering.**

Kompostering er en aerob prosess som avgir varme. Når det er nok lufttilgang i rankene, vil aerobe bakterier starte nedbrytningen av organisk stoff og utvikle varme. For å oppnå en stabil temperatur på minst 55°C i hele kompostmassen, må rankene normalt vendes et par ganger i uken. Vendingen bør foregå med en rankevender, men på mindre plasser kan man også bruke hjullaster. Komposten bør ligge ute i ranker i minst to, helst tre måneder, for å oppnå et godt resultat. Komposten vil da ha skrumpet inn til ca. halvdel av det opprinnelige volumet. Etterpå bør komposten legges til ettermodning i hauger i tre-seks måneder. Det er da ikke nødvendig med vending av komposten.

Temperatur, O<sub>2</sub>-, CO<sub>2</sub>- og CH<sub>4</sub>-innhold i komposten bør måles minst en gang i uken under rankekomposteringen, og resultatene bør logges i anleggets internkontrollsystem. Det bør også måles stabilitet i ferdig kompost ved hjelp av Dewar (rottegrad), Solvita- eller SOUR-tester, samt gjøres tester med hensyn på spirehemming (Asdal et al., 2002). Ved bruk av bark som strukturmateriale kan det være en fordel å sikte fra barken før komposten brukes, og bruke noe kompostert bark i nye kompostranker, da ferdig kompostert bark inneholder mikroorganismer som vil være en fordel i nye ranker.

### 3.8.3. Erfaringer

Det er blandede erfaringer med rankekompostering i Norge. Det har vist seg å være luktplager fra slike anlegg, spesielt under vending av rankene. På enkelte plasser har man måttet vente til vindretningen er "riktig" før man vender rankene, for å unngå klager fra naboer. På steder med mye nedbør som regn om vinteren (Vestlandet og Trøndelag) har man problemer med å få opp temperaturen i rankene, og her kan det være en fordel å legge tak over anlegget. Også i andre deler av landet kan det være perioder med mye nedbør, og da kan man bli nødt til å øke mengden strukturmateriale og komposteringstiden for å få et godt nok resultat, både hygienisk og når det gjelder bruksegenskaper.

Skal man oppnå et tilfredsstillende resultat, er det viktig å blande inn strukturmateriale av riktig kvalitet og i stor nok mengde til at man får god lufttilgang i komposten.

## 3.9. Reaktorkompostering

### 3.9.1. Innledning

Reaktorkompostering er kompostering av avvannet slam og strukturmateriale i en lukket prosess hvor driftsbetingelsene kan holdes optimale, slik at ferdig kompost kan tilfredsstillende gjødselvereforskriften med kortere behandlingstid enn ved rankekompostering. I Norge er det i dag 5-6 anlegg for reaktorkompostering av slam.

### 3.9.2. Kort prosessbeskrivelse

Ved reaktorkompostering foregår første del av komposteringsprosessen i en lukket beholder eller komposteringshall med behandlingstid på vanligvis mindre enn to uker. I Norge er det flere typer komposteringsreaktorer som brukes:

- Trommel- eller bingekompostering
- "Pølse"-kompostering
- AgroNova-prosessen

Trommelreaktorene er normalt liggende ståltromler som roterer langsomt og skyver komposten gradvis gjennom trommelen. Bingereaktorene er støpte haller eller binger hvor en vendemaskin vender slammet og flytter det gradvis fra innløpsenden til utløpsenden av bingen.

"Pølse"-kompostering innebærer at slam og strukturmateriale plasseres i lange plastpølser hvor det også ligger fleksible lufterør og hvor man har et kontrollert avsug for den brukte lufta. Systemet kalles "AG BAG" og er relativt nytt i Norge (1-2 anlegg), men det finnes flere anlegg i Skandinavia og ellers i Europa. Det positive ved dette systemet er at investeringskostnadene er relativt lave, men det er fortsatt usikkert om metoden gir en tilfredsstillende inaktivering av parasittegg, da det kan være vanskelig å få temperaturer over 55 °C i slammet som ligger ute ved veggene i pølsa.

AgroNova-prosessen er basert på en innblanding av polymerbehandlet avisepapir ("Superfibral") i avvannet slam før blandingen komposteres. Hittil har komposteringen foregått satsvis i spesialbygde containere, men prosessleverandøren (AgroNova i Moss) arbeider nå med å utvikle en kontinuerlig kompostering i trommel e.l. Det finnes så langt ett fullskala-anlegg med satsvis kompostering i Moss, og det er dokumentert at prosessen kan gi en tilfredsstillende hygienisering av slam i henhold til gjødselvereforskriften (Paulsrud et al., 2006).

Ved reaktorkompostering bør tørrstoffinnholdet i slam pluss strukturmateriale være over 30% før det tilføres reaktoren. C/N-forholdet i slam pluss strukturmateriale bør være mellom 20 og 35, oksygeninnholdet 5 - 15% metning og ideell temperatur er 55 – 65°C.

Den reelle oppholdstiden i reaktoren skal etter tyske retningslinjer være minst 10 døgn ved en temperatur på minst 55°C, og med en varmesone hvor temperaturen er minst 65°C og oppholdstiden minst 48 timer. Etter reaktorkomposteringen må komposten ettermodnes i minst to uker med minst én vending av haugene, i henhold til tyske retningslinjer. I USA er det nok å ha 55°C i minst 3 døgn ved reaktorkompostering for å dokumentere at hygieniseringskravene er overholdt.

### **3.9.3. Erfaringer**

Reaktorkompostering er en metode som først og fremst bør benyttes dersom slammet primært skal brukes på grøntområder, og der mulighetene for rankekompostering er begrensede (for eksempel på grunn av naboer nær anlegget). Erfaringene med reaktorkompostering av slam er rimelig gode, men det er viktig med riktig luktbehandlingsanlegg for avtrekksluften fra anlegget. Også etter reaktorkomposteringen lukter det av slammet, slik at ettermodning må foregå på et sted hvor ikke naboer blir sjenert av lukt fra plassen.

## **3.10. Langtidslagring og enkel rankekompostering**

### **3.10.1. Innledning**

Langtidslagring og enkel rankekompostering av slam har vært brukt som slambehandlingsmetode i Norge i en årrekke. En undersøkelse gjort på oppdrag fra Mattilsynet ved årsskiftet 2004/2005 (Nedland, 2005) viste at vel halvparten av Norges kommuner (ca. 225 stk.) hadde egne anlegg eller leverte slammet til anlegg, som benyttet langtidslagring eller enkel rankekompostering som behandlingsmetode for slammet. Disse anleggene er spredt over hele landet, men de fleste finnes i kystområdene fra Agder-fylkene til Finnmark. Dette er anlegg som betjener store deler av distrikts-Norge med lange avstander og gjennomgående små slammengder.

Mattilsynet utfordret høsten 2004 de kommuner og selskaper som benytter disse metodene, til å dokumentere at metodene kan tilfredsstillere kravene til hygienisering og stabilisering av slam i henhold til gjødselvereforskriften. Norsk Vann gjennomførte i 2005 et forprosjekt for å avklare omfang og kostnader knyttet til en fullskala validering av langtidslagring og enkel rankekompostering m.hp. inaktivering av parasittegg i slam (Paulsrud et al., 2005). Selve valideringen av metodene ble gjennomført i perioden juni 2006 – juni 2009 (Paulsrud et al., 2010).

### 3.10.2.Kort prosessbeskrivelse

Avvannet slam legges ut i hauger eller ranker. Det er mange forskjellige praktiske løsninger på anleggene, fra utlegging av slammet i hauger uten mer bearbeiding, til utlegging av slam i ranker med strukturmateriale og flere vendinger i lagringstiden.

Langtidslagring vil si å legge slammet ut i hauger eller ranker og la det ligge i ro til det skal brukes uten tilførsel eller uttak av slam i lagringsperioden. Nedbrytningen av organisk stoff i slammet vil foregå både anaerobt og aerobt, og temperaturen i slike hauger/ranker vil ved oppstart kunne variere mellom 20 og 70°C, avhengig av strukturen på slammet og TS-innholdet. Slammet bør ligge i minst et halvt år (inklusive sommermånedene) for å overholde gjødselvereforskriftens krav til bakterieinnhold, men det må ligge i minimum 3 år for å inaktivere parasittegg med tilstrekkelig grad av sikkerhet. Slammet vil lukte når det skal brukes, selv om det har ligget i flere år.

Enkel rankekompostering vil si å legge ut slammet sammen med et strukturmateriale (bark, flis, knust hageavfall etc.) i hauger eller ranker som vendes en sjelden gang (normalt 1 til 2 ganger i året). Temperaturen i slammet vil kunne komme opp i 70-80°C i en kort periode etter oppstart, avhengig av struktur og TS-innhold i blandingen av slam og strukturmateriale, og etter noen år vil slammet bli luktsvakt og få jordkonsistens. Ved enkel rankekompostering vil parasittegg inaktiveres raskere enn ved vanlig langtidslagring, og det er tilstrekkelig med en lagringstid på 2 år for å oppnå tilfredsstillende hygienisering.

### 3.10.3.Erfaringer

Langtidslagring og enkel rankekompostering av slam er metoder som egner seg i spredt bebygde områder der man har lagringsplasser som ligger langt fra naboer. Metoden medfører luktuemper, og det er derfor svært viktig å ta hensyn til dette i lokaliseringen av behandlingsstedet.

Slam som er tilsatt strukturmateriale som ikke brytes fullstendig ned etter endt lagring, bør siktes før bruk. Dette gjelder også silslam fra silanlegg uten forbehandling.

Langtidslagring og enkel rankekompostering vil ikke gi et slam som er garantert fritt for plantepatogener (f.eks. potetcystenematoder), og det vil fortsatt inneholde spiredyktige ugrasfrø. De mest aktuelle bruksområder for langtidslagret slam vil derfor være toppdekke på deponier samt i jordbruk og på grøntanlegg der hvor noe ugrasfrø og plantepatogener kan aksepteres.

Ved langtidslagring og enkel rankekompostering vil innholdet av organisk stoff og nitrogen (% av TS) reduseres langt mer enn ved andre behandlingsmetoder (kompostering, anaerob stabilisering), men innholdet av fosfor og kalium (% av TS) vil være tilnærmet uendret. På grunn av den langtgående nedbrytningen av organisk stoff er det viktig å kontrollere at tungmetallinnholdet (mg/kg TS) ikke overskrider grenseverdiene i gjødselvereforskriften.

#### 4. Referanser

Asdal, Å., Breland, T.A., Herrero, M.L. og Nordgaard, E. (2002). Kompostkvalitet – Dokumentasjon og anbefalinger, Planteforsk Grønn forskning 16/2002, Planteforsk, avd. Landvik, Grimstad.

Nedland, K.T.: Utbredelse av laguner, langtidslagring og enkel rankekompostering i 2004. Aquateam-rapport 05-004. O-04146. Januar 2005.

Nybruket, S., Paulsrud, B. og Nedland, K.T. (2003). Erfaringer med hygienisering av slam i Norge, VA-forsk rapport 2003-32, Svensk Vatten AB, Stockholm.

Paulsrud, B., Gjerde, B. and Lundar, A. (2004). Full scale validation of helminth ova (*Ascaris suum*) inactivation by different sludge treatment processes. *Water Science and Technology*, 49 (10), 139 – 146.

Paulsrud, B., Ofte, J. og Nedland, K.T. (2005): Hygienisering av slam ved langtidslagring og enkel rankekompostering – Forprosjekt. Aquateam-rapport 05-041. O-05080, September 2005.

Paulsrud, B. Lundar, A., Tharaldsen, J. og Zerihun, M.A. (2006). Hygienisering av avløpsslam. Fastsettelse av kritiske driftsbetingelser for to hygieniseringsmetoder: Termofil anaerob stabilisering og AgroNova-prosessen, Aquateam-rapport 05-016. O-04147, Aquateam AS.

Paulsrud, B., Christensson, D., Lundar, A., Barlindhaug, J. Og Thorvaldsen, J. (2010): Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering – Resultater fra 3 års valideringstesting, Norsk Vann rapport 174/2010.