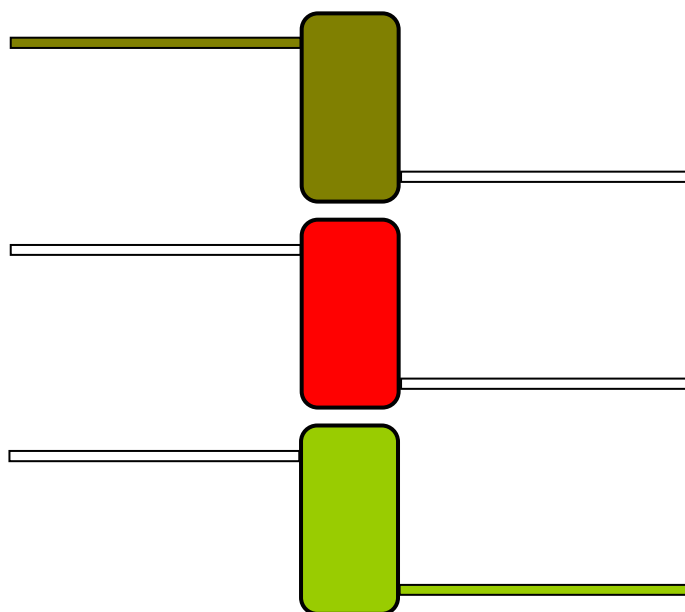

Rapport SGC 179

Alternativa hygieniseringsmetoder

©Svenskt Gastekniskt Center – Oktober 2007



Erik Norin
SWECO VIAK

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

SGC är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD).

SGC har följande delägare:

Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Statens energimyndighet
Avfall Sverige
Svensk Biogas i Linköping AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

Sammanfattning

På uppdrag av Avfall Sverige och Svenskt Gastekniskt Center har SWECO VIAK utrett konsekvenserna av och möjligheterna som ges utifrån EU-förordning nr 208/2006 om ändring av bilagorna VI och VIII till förordning 1774/2002 om animaliska biprodukter vad gäller bearbetningskrav för biogas- eller komposteringsanläggningar och krav för naturgödsel. Statens Veterinärmedicinska Anstalt, som arbetat med motsvarande frågor i ett projekt finansierat av Jordbruksverket, har bidragit med mikrobiologiskt kunnande.

I rapporten diskuteras innebörden av de nu gällande ändringarna, främst med avseende på den så kallade valideringen av alternativa bearbetningsmetoder till den idag etablerade hygieniseringsmetoden för kategori III-material, pastörisering vid 70 °C i 1 timme. Förslag ges på ett arbetssätt där Jordbruksverket med stöd av lämplig institution definierar driftkriterier för alternativa hygieniseringsmetoder utifrån studier och erfarenheter i Sverige och internationellt. Som en andra del ansöker verksamhetsutövaren om att få använda den alternativa hygieniseringsmetoden. Ansökan till myndigheten föreslås innehålla de uppgifter som förordningen föreskriver att verksamhetsutövaren ska redovisa inom ramen för valideringsförfarandet (beskrivning av funktion, risker, kontroll och uppföljning).

När det gäller dagens pastöriseringsteknik beskrivs i rapporten dess funktion vid användning i anslutning till en biogasanläggning med typiska data avseende energiförbrukning, investerings- och driftkostnader. Som de flesta andra metoder är ett pastöriseringssystem beroende av anläggningsskalan och vilka energislag som utnyttjas, grad av värmeåtervinning med mera. För en större biogasanläggning beräknas drift- och kapitaltjänstkostnader för pastöriseringssteget motsvara cirka 20 kr per ton behandlat substrat.

Vidare redovisas i rapporten de övergripande principerna och förutsättningarna för hygienisering av organiskt avfall samt ett antal idag kända hygieniseringstekniker med schablondata på energibehov och kostnader där det bedömts relevant. Slutligen ges förslag på vilka hygieniseringsmetoder som bör kunna accepteras som alternativ till 70 °C i 1 timme och vilka metoder som troligen bör undersökas vidare. Den delen av redovisningen kan dock bara ses som ett avstamp inför ett fortsatt arbete med utvecklingen av ett anpassat svenskt arbetssätt avseende validering av alternativa hygieniseringsmetoder.

Innehåll

	Sammanfattning	
1	Inledning	4
2	Förordning (EG) nr 208/2006	5
2.1	Validering av nya bearbetningsmetoder (punkt 13a i kapitel II bilaga VI)	5
2.2	Nya mikrobiologiska krav för rötrest och kompost (punkt 15 i kapitel II bilaga VI)	6
2.3	Övriga ändringar i bilaga VI	7
2.4	Nya krav för bearbetad naturgödsel etc. (punkt 5 i kapitel III bilaga VIII)	7
3	Förslag till arbetsgång vid introduktion av alternativa bearbetningsmetoder	8
3.1	Validering av metoder	8
3.2	Ansökan om bearbetning med alternativ metod	9
4	Beskrivning av nuvarande bearbetningsmetod – pastörisering vid 70 °C i 1 timme	10
4.1	Processbeskrivning	10
4.2	Beskrivning av typanläggning	11
4.3	Energianvändning	12
4.4	Energikostnader	12
4.5	Investerings- och driftkostnader	13
5	Allmänt om hygienisering	13
5.1	Hygienisering från ett systemperspektiv	13
5.2	Inaktivering av mikroorganismer	14
5.2.1	Temperaturpåverkan	14
5.2.2	Torka, näringsbrist och predation	15
5.2.3	Kemiska faktorer	16
5.2.4	Strålning	16
5.3	Uppfyllelse av kraven i 208/2006	16
6	Beskrivning av hygieniseringsmetoder	18
6.1	Termisk behandling	19
6.1.1	Autoklivering	19
6.1.2	Pastörisering	20
6.1.3	Värmebehandling vid termofila temperaturnivåer	21
6.1.4	Termisk torkning	21
6.2	Biologisk behandling	22
6.2.1	Mesofil rötning	22
6.2.2	Termofil rötning	23
6.2.3	Termofil aerob slamstabilisering (våtkompostering)	23
6.2.4	Kompostering	24
6.3	Kemisk behandling	24
6.3.1	Kalkbehandling	24
6.3.2	Urea/ammoniakbehandling	25
6.3.3	Behandling med syra	25
6.3.4	Övriga kemikalier	26
6.4	Övriga metoder	26
6.4.1	Långtidslagring	26
6.4.2	Elektroporation	26
6.4.3	Superkritisk oxidation	26

7	Val av alternativa bearbetningsmetoder	27
7.1	Metoder som bedöms kunna uppfylla kraven	27
7.2	Metoder som behöver värderas ytterligare	28
7.3	Kommentarer till övriga metoder	29
8	Slutsats och kommentarer	29

1 Inledning

På uppdrag av Avfall Sverige och Svenskt Gastekniskt Center AB har SWECO VIAK utarbetat föreliggande rapport. I rapporten diskuteras konsekvenserna av den nya EU-förordningen nr 208/2006 om ändring av bilagorna VI och VIII till förordning 1774/2002 om animaliska biprodukter (EU, 2006; EU, 2002). Ändringarna berör bearbetningskrav för råvara till biogas- och komposteringsanläggningar och bearbetningskrav för naturgödsel. I uppdraget ingick dessutom att redovisa funktion och driftförutsättningar för nuvarande bearbetningsmetod för kategori III-material, det vill säga pastörisering vid 70 °C i en timme. Vidare ingick i uppdraget att redogöra för vilka alternativa hygieniseringstekniker som kan bli aktuella utifrån de kriterier för alternativa metoder som redovisas i förordningen 208/2006.

Från SWECO VIAK har Erik Norin svarat för utarbetandet av rapporten med stöd och granskningshjälp från Bernt Karlsson och Hans Nilsson. Jakob Ottoson, Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) har deltagit i diskussioner och varit behjälplig som med granskning av mikrobiologiska frågeställningar.

I rapporten presenteras uppgifter avseende driftkostnader, energiförbrukning och investeringsnivåer för några hygieniseringsmetoder. Det är dock svårt att presentera jämförbara data från befintliga anläggningar beroende på skillnader i bland annat anläggningsstorlekar, hur olika energislag eller värmeåtervinning används för olika metoder samt vilken typ av substrat metoden är avsedd för. I vissa fall samverkar dessutom metoden med exempelvis röt-kammare vilket gör att det kan vara vanskligt att värdera kostnader med mera då hygieniseringen bryts ut ur sitt sammanhang. Det samma gäller investeringar där kostnaden för exempelvis byggnader ofta samordnas med andra verksamheter. I de fall data redovisas i rapporten bör man därför vara försiktig med att jämföra dessa med data för andra anläggningstyper.

I rapporten används en del närbesläktade begrepp. I det följande ges kortfattade beskrivningar av dessa som bakgrund till hur de används i rapporten.

Med *autoklavering* avses värmebehandling vid hög temperatur och högt tryck och innebär normalt en total avdödning av levande organismer. Metoden används bland annat används för att göra material och verktyg inom sjukvården fria från smittämnen. Begreppet *hygienisering* avser en inte lika långtgående behandlingsmetod som autoklavering, men avser ett tillvägagångssätt som reducerar eller avdödar sjukdomsalstrande organismer i exempelvis organiskt avfall och gödsel (kategori III-material enligt förordning 1774/2002). Benämningen hygienisering används även när avloppsslam behandlas för att uppnå patogenreduktion.

Pastörisering är en definierad hygieniseringsmetod bland flera och avser värmebehandling under en viss tid, till exempel 70 °C i 1 timme. Det förekommer även andra tid- och temperaturkombinationer i andra tillämpningar (t.ex. inom livsmedelsindustrin).

2 Förordning (EG) nr 208/2006

Den 7 februari 2007 meddelade kommissionen den nya förordningen nr 208/2006 om ändring av bilagorna VI och VIII till förordning nr 1774/2002 vad gäller bearbetningskrav för biogas- eller komposteringsanläggningar och krav för naturgödsel. Ändringar av bilaga VI och VIII har däremellan införts genom förordning nr 808/2003 (EU, 2003). I det följande diskuteras innebörden av de ändringar som förordning 208/2006 medför med koppling till kraven för dels biogas- eller komposteringsanläggningar (kapitel II i bilaga VI), dels bearbetad naturgödsel (kapitel III i bilaga VIII).

2.1 Validering av nya bearbetningsmetoder (punkt 13a i kapitel II bilaga VI)

Punkt 13a är ny och innebär att den behöriga myndigheten får tillåta andra standardiserade bearbetningsmetoder för råvaror till biogas- eller komposteringsanläggningar (än vad som anges i punkt 12 och 13, d.v.s. bearbetning vid 70 °C i 1 timme), förutsatt att en sökande kan påvisa att dessa parametrar garanterar minsta möjliga biologiska risk. Detta ska påvisas genom en validering enligt en beskriven metodik (a-f). Valideringsprocessen kan brytas ner till tre delmoment:

- Riskanalys (a-b)
- Test av behandlingseffekt (c-d)
- Kontroll och övervakning (e-f)

Den första delen av valideringsprocessen innebär att metoden ska beskrivas ingående och att man ska göra en riskvärdering utifrån kritiska behandlings- och driftparametrar inklusive insatsmaterial (kemikalier etc.) samt belysa konsekvenser av onormala driftfall.

Testkriterier i det andra momentet är:

- att man vid termiska och kemiska processer ska uppnå:
 - en reduktion av *Enterococcus faecalis* (art av fekala streptokocker) eller *Salmonella Senftenberg* (775W, H₂S negativ) med 5 log₁₀.
 - en reduktion av en smittsam titer av värmeresistent virus, som *parvovirus*, med minst 3 log₁₀, i alla fall då de konstaterats utgöra en relevant fara.

och

- att man vid kemiska processer även uppnår:
 - en reduktion av resistent parasiter, som ägg av *ascaris sp.* med minst 99,9 % (3 log₁₀) livsdugliga skeden

I förordningstexten beskrivs även att de organismer som ska mätas antingen ska vara endogena indikatororganismer som förekommer naturligt och med vissa specifika egenskaper eller vara en väldefinierad testorganism eller virus som införs i utgångsmaterialet.

Den tredje delen avser att man för anläggningen ska ha ett kontrollprogram som beskriver övervakningsförfaranden och att man ska genomföra övervakning och driftuppföljning av relevanta processparametrar.

Kommentar:

De krav som ställts upp rörande validering av alternativa bearbetningsmetoder är omfattande, särskilt vad gäller undersökningarna av en metods reduktion av patogena mikroorganismer. Tester av den typen är komplicerade och kostsamma, och kan bara utföras av speciallaboratorier. Det är tveksamt om det är rimligt att utföra den typen av undersökningar för varje ny bearbetningsanläggning som ansöker om tillstånd hos den behöriga myndigheten om den aktuella metoden är väl belyst sedan tidigare. I kapitel 3 ges därför ett förslag på tillvägagångssätt för att uppfylla kraven i förordningen. Viktigt att observera är att reglerna gäller råvaror till biogas- och komposteringsanläggningar vilket reducerar antalet tillämpbara metoder.

Noterbart är att en reduktion till <1 000 st indikatorbakterier/g innebär en reduktion motsvarande i storleksordningen 2-3 log₁₀ vid biogasanläggningar. Typiska halter av *Escherchia coli* och enterokocker vid svenska biogasanläggningar som behandlar flytgödsel och organiskt avfall är 1×10⁴-1×10⁵ st/g.

2.2 Nya mikrobiologiska krav för rötrest och kompost (punkt 15 i kapitel II bilaga VI)

Punkt 15 avser test av "slutprodukt" i form av rötrest eller kompost. Ändringen avser val av testorganismer, men även i vilket skede prover ska tas ut.

Tidigare skulle prov tas efter lagring, den nya formuleringen innebär att provning ska ske av "representativa prov från rötrest eller kompost, som tagits under eller omedelbart efter bearbetning på biogas- eller komposteringsanläggningen för att övervaka processen".

De nya testkriterierna innebär att man får välja mellan att undersöka *E. coli* eller *Enterococcaceae* (enterokocker). Fem prover ska tas. För godkänt resultat ska alla eller minst fyra av proven ha ett bakterieantal på max 1 000 st/g, om ett femte prov överstiger detta får antalet bakterier i det provet vara max 5 000 st/g. Därtill ska rötresten eller komposten undersökas med avseende på *Salmonella* och här tillåts inga fynd (per 25 g) i fem prover.

Rötrest eller kompost som inte uppfyller kraven ska bearbetas på nytt eller om det gäller *Salmonella* bearbetas eller bortskaffas enligt den behöriga myndighetens anvisningar.

Kommentar:

Genom provuttag omedelbart efter bearbetning får man en väldefinierad provtagningspunkt och svar på effekten av och funktionen hos behandlingssteget. Detta är bra, men sett till ett systemperspektiv bör denna kompletteras med en provtagning på den produkt som levereras från anläggningen (för kontroll av eventuell återkontaminering i hanterings-systemet efter behandling) i de fall detta är tillämpligt.

De nya indikatororganismerna, *E. coli* alternativt enterokocker, är etablerade testorganismer som flera laboratorier har erfarenheter av att odla. Enterokocker har, tack

vare att det är en värmetålig indikator (upp till det termofila temperaturområdet), använts i flera genomförda studier av hygieniseringssystem och bedöms därför vara en lämplig testorganism i dessa sammanhang. Den anses dessutom vara mindre känslig för desinfektionsmedel jämfört med *E. coli* (Stenström, 1996).

2.3 Övriga ändringar i bilaga VI

- Vid biogasanläggningar är inte enhet för pastörisering/desinfektion obligatorisk om man vid anläggningen endast omvandlar animaliska biprodukter (ABP) som får användas som råvara utan krav på bearbetning (kap II bil VI pkt 1 b iii). Exempel på sådana råvaror är mjölk, gödsel och mag-tarminnehåll.
- Vid komposteringsanläggningar ska anordningar för *kontinuerlig* registrering av temperaturen plottad mot tiden finnas *i tillämpliga fall* (kap II bil VI pkt 2 a ii).
- Andra typer av komposteringsystem får dock tillåtas förutsatt att de *garanterar tillräckliga åtgärder för bekämpning av skadegörare* (kap II bil VI pkt 2 b i).
- Om produktionsdjur hålls i anslutning till biogas- eller komposteringsanläggning och man vid anläggningen inte enbart behandlar naturgödsel från dessa djur ställs krav på att man håller avstånd mellan anläggningen och djuren samt håller djur, deras foder och strö åtskiljda från anläggningen (kap II bil VI pkt 1 b resp. 2 b).
- Rötrest *och kompost* ska lagras och hanteras på biogas- *resp. komposteringsanläggningen* på ett sådant sätt att återkontaminering förhindras (kap II bil VI pkt 11).
- Kategori 3-mjölk, råmjölk och mjölkprodukter får användas som råvara i biogasanläggningar utan pastörisering/desinfektion om den behöriga myndigheten inte anser att det medför risk för spridning av allvarliga överförbara sjukdomar (kap II bil VI pkt 12).

Kommentar:

Flera av punkterna innebär förtydliganden och i en del fall lättnader avseende förutsättningarna för behandling i vissa specifika fall. De ger samtidigt ett tolkningsutrymme som kräver ställningstaganden av den behöriga myndigheten.

2.4 Nya krav för bearbetad naturgödsel etc. (punkt 5 i kapitel III bilaga VIII)

För utsläppande av bearbetad naturgödsel och bearbetade naturgödselprodukter har regelverket kompletterats med regler som i huvudsak överensstämmer med vad som beskrivits i föregående avsnitt ovan. Således tillåts andra bearbetningsmetoder som alternativ till bearbetning vid 70 °C i 1 timme om metoderna kan godkännas i en valideringsprocess (samma förfarande som beskrivits under avsnitt 2.1). Vidare har man ändrat testkraven så att *E. coli* eller *Enterococcaceae* ska användas i enlighet med avsnitt 2.2 ovan, dock med en viktig skillnad: i samtliga fem prover får antalet bakterier vara max 1 000 st/g.

Kommentar:

Tillägget avseende validering av alternativa bearbetningsmetoder och ändringarna av indikatororganismer är desamma som redovisats under avsnitt 2.1 och 2.2, se kommentarerna för dessa.

En viktig skillnad från kraven i bilaga VI är att bearbetningskraven inte uttalat gäller råvaran, bearbetningen skulle således kunna ske efter produkterna lämnat den tekniska anläggningen, biogas- eller komposteringsanläggningen.

3 Förslag till arbetsgång vid introduktion av alternativa bearbetningsmetoder

Som konstaterats är kraven i förordning 208/2006 (punkt 13a i kapitel II bilaga VI) rörande validering av alternativa bearbetningsmetoder omfattande och vad gäller tester både komplicerade och kostsamma. Eftersom det är tveksamt om det är meningsfullt att låta utföra unika undersökningar för varje ny bearbetningsanläggning som ansöker om tillstånd, lämnar vi här ett förslag på ett alternativt tillvägagångssätt. Förslaget bygger på att man skiljer på *anläggningsspecifika* frågeställningar som blir unika för varje anläggning och *metods specifika* frågor som är knutna till förutsättningar och kriterier för en enskild behandlingsmetod. Ett valideringsförfarande gällande mikrobiologiska tester knyts till det senare.

Utifrån detta föreslås här en arbetsgång där förutsättningarna för att kunna utnyttja en viss metod som alternativ till dagens hygieniseringssteknik (pastörisering vid 70 °C i 1 timme) fastställs på nationell basis där en institution som SVA kan svara för mikrobiologisk validering och upprättandet av kriterier gällande drift etc. Frågeställningar rörande riskanalys, kontroll och övervakning åligger verksamhetsutövaren att beskriva.

3.1 Validering av metoder

Arbetet med att validera alternativa bearbetningsmetoder föreslås innebära att en metod utvärderas om den kan betraktas som godkänd eller inte, och att det för godkända metoder upprättas generella kriterier för drift utifrån identifierade relevanta processparametrar. Fastställande av driftkriterier för godkända alternativa bearbetningsmetoder sker av Jordbruksverket (med stöd av SVA).

För sedan länge etablerade hygieniseringsmetoder som bedöms motsvara 70 °C i 1 timme bör driftkriterier kunna fastställas utifrån dagens kunskaper, eventuellt kompletterat med vissa nya studier. För "nya" hygieniseringsmetoder där tidigare erfarenheter saknas måste mikrobiologiska tester, utifrån de krav som beskrivs i förordning 208/2006, kunna redovisas av den sökande. Utifrån dessa resultat ska Jordbruksverket/SVA värdera om metoden kan accepteras och i så fall formulera de driftkriterier som ska gälla vid användning av metoden.

Viktigt är att informationen om accepterade metoder och driftkriterier sprids bland verksamhetsutövare och i branschen i övrigt. Detta kan exempelvis ske via allmänna råd från Jordbruksverket.

Exempel på metoder kan vara:

- kompostering
- termofil anaerob behandling
- termofil aerob behandling
- hydrolys
- kemisk behandling med kemikalien X

Exempel på vad som kan komma att ingå i driftkriterier för metoder:

- Tid- och temperaturkrav (termiska metoder)
- Kemikaliedos och exponeringstid (kemiska metoder)
- Största partikelstorlek
- Krav på omrörning eller vändningar
- Krav på utförande av temperaturmätning
- Annat

Förutom temperaturlågliga bakterier innehåller testkraven en undersökning av värmeresistenta virus som *parvovirus* i det fall de konstaterats utgöra en relevant fara. Metodik för och relevansen av att testa virus bör utredas mellan undersökande institution och Jordbruksverket. Eftersom det knappast är praktiskt möjligt att arbeta med riktiga virus kan det vara ett alternativ att använda bakteriofager som testorganism för virus.

3.2 Ansökan om bearbetning med alternativ metod

Ansökan om godkännande av bearbetningsanläggning för animaliska biprodukter sker hos Jordbruksverket. För den alternativa hygieniseringsmetoden kan det, som beskrivits ovan, antingen redan finnas driftkriterier definierade, eller inte. För ny metod måste alltså ansökan innehålla resultat från de tester som förordningen föreskriver. Jordbruksverket kan redovisa krav på ansökans utformning. För att uppfylla kraven i förordningen 208/2006 avseende valideringsförfarandet och för att ge Jordbruksverket underlag att göra en korrekt bedömning av den alternativa metoden i sitt sammanhang föreslås att verksamhetsutövaren redovisar följande uppgifter:

- En beskrivning av bearbetningsmetoden och det system som metoden används i samt en analys av risker. Om metoden innebär hantering av kemikalier eller andra insatsmedel ska detta beskrivas.
- En riskbedömning för hur driftkriterierna uppnås vid normala och onormala driftsituationer.
- Redovisning av hur bearbetningsmetoden kommer att övervakas under drift och hur de relevanta processparametrarna kommer att mätas och dokumenteras.

Verksamhetsutövaren ska även kunna visa att metoden ingår i ett kontrollprogram som beskriver övervakningsmetodik enligt ovan.

4 Beskrivning av nuvarande bearbetningsmetod – pastörisering vid 70 °C i 1 timme

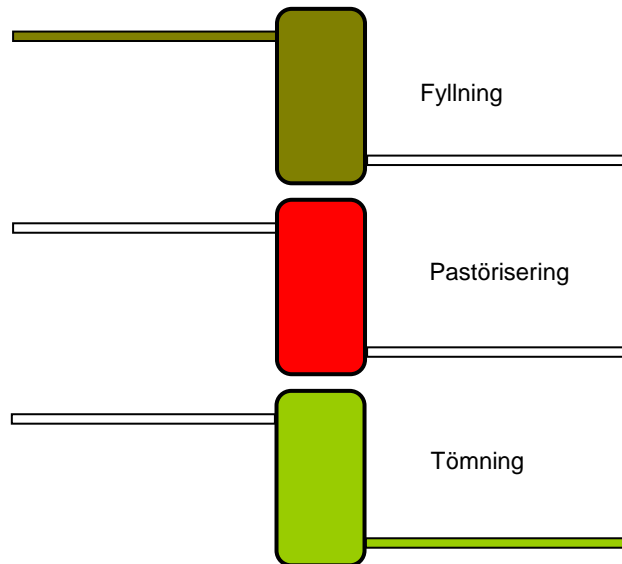
De alternativa bearbetningsmetoder som kan komma att tillåtas vid hygienisering av ABP ska ställas i relation till den nu ensamt accepterade metoden, pastörisering vid 70 °C i 1 timme. I detta kapitel ges en kortfattad beskrivning av metoden tillsammans med några schablondata avseende investerings- och driftkostnader samt en typisk energibalans för metoden i ett rötningsssystem. Den pastöriseringsprocess som beskrivs svarar mot dem som används vid svenska biogasanläggningar.

4.1 Processbeskrivning

Värmebehandlingen sker satsvis i isolerade kärl försedda med omrörning så att totalomblandade förhållanden råder. Behandlingen föregås av att fast avfall mals eller på annat sätt sönderdelas och därefter blandas med flytande avfallsprodukter eller spädvatten. Pastörisering i anslutning till biogasanläggning kan ske på olika sätt beroende på anläggningens storlek och utförande. Antingen kan pastöriseringen utföras i en tank eller, vilket är vanligt vid större biogasanläggningar, i två eller tre parallella tankar. Vid större biogasanläggningar där röt-kammaren (eller röt-kammarna) beskickas kontinuerligt används vanligen tre parallella tankar där man hela tiden växlar användningen av tankarna. Under drift kommer en tank att fyllas på med substrat, en tank användas för satsvis pastörisering och en tank att tömmas på substrat (**figur 1**).

Uppvärmningen av substratet kan ske på olika sätt. Vanligt är att det kalla substratet värms i två till tre värmeväxlarsteg där de första är slam-slamvärmväxlare och i fall man använder en tredje så är den en slam-hetvattenvärmväxlare. Alternativt kan den tredje värmväxlaren ersättas med direktvärmning med ånga. När substratet väl är i pastöriseringstanken kan temperaturnivån upprätthållas med tillsatsvärme i form av ånga, hetvatten i tankens mantel eller genom att elvärme tillsätts i en cirkulationskrets. I vissa fall klarar man sig utan tillsatsvärme i en välisolerad tank med låga värmeförluster. Uppvärmningen av inkommande substrat sker då först till en övertemperatur på några grader.

Tankarna ska vara utrustade med ett effektivt omrörningssystem som ofta är toppmonterade propelleromrörare, en eller helst två temperaturgivare placerade på olika nivåer samt separata ledningar för fyllning respektive tömning. Tankarna måste vara försedda med två tömningsmöjligheter, en för normal tömning av hygieniserat substrat för vidareledning till röt-kammaren och en för nödtömning av icke hygieniserat substrat till buffertlager innan pastöriseringstanken. Viktigt här är att obehandlat substrat vid nödtömning inte leds genom ledningssystemet för den normala tömningen eftersom detta kan orsaka en kontaminering av röt-kammaren om inte särskilda åtgärder vidtas. Vidare har tankarna normalt någon form av nivågivare för styrning av fyllnings- och tömningscyklerna.

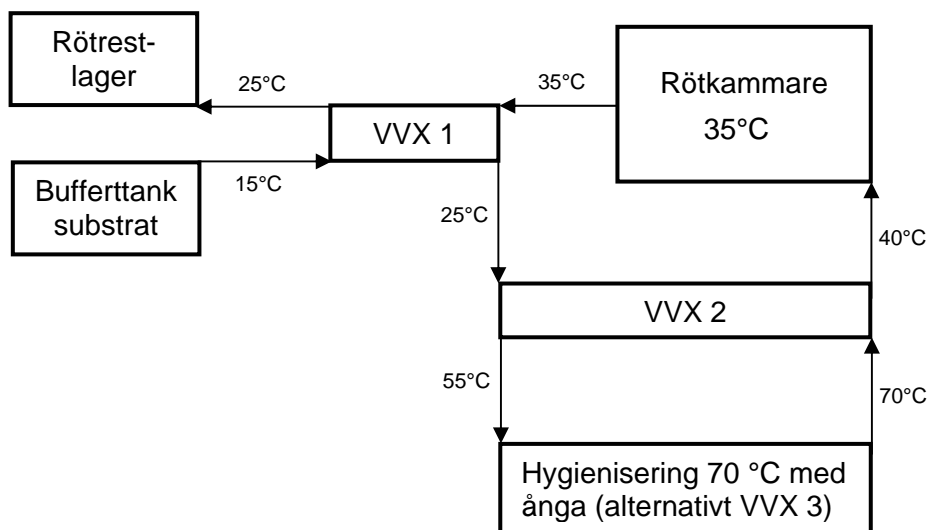


Figur 1. Illustration av drift av pastöriseringssystem med tre parallella tankar vid biogasanläggning med kontinuerlig beskickning av röt-kammare.

En central komponent är styr- och övervakningssystemet som ska se till att behandlingen uppfyller uppställda krav. Vanligast är att systemet har en tidsräknare som startar efter att tanken fyllts färdigt med substrat. Om temperaturen inte underskrivit 70 °C någon gång under 60 minuter tillåter systemet att det behandlade substratet töms till röt-kammaren. Om temperaturen någon gång under perioden sjunker under inställt värde ska inte satsen kunna tömmas framåt i systemet. Det finns olika sätt att lösa denna situation på, vanligt är att tillsättning av extravärme och låta behandlingscykeln starta om.

4.2 Beskrivning av typanläggning

Beräkning av energibehov och investeringar i en pastöriseringsanläggning har gjorts utifrån en biogasanläggning där röt-kammaren drivs mesofilt (ca 35 °C) och där hygieniseringen sker i system med tre parallella pastöriseringstankar. I **figur 2** illustreras principiell uppbyggnad av och temperaturförhållanden i uppvärmningssystemet.



Figur 2. Principiell utformning och temperaturförhållanden i ett pastöriseringssystem vid en biogasanläggning (mesofil drift).

I exemplet använder man sig av värmeåtervinning genom värmeväxling med mellanliggande vattenkrets. Denna värmeåtervinning är alltid lönsam beroende på att man kan erhålla en stor temperaturdifferens mellan ut- och ingående flöden.

4.3 Energianvändning

Som bilden illustrerar ska substratet värmas till 55 °C med hjälp av värmeväxlarna för att inte substratet in till röt-kammaren ska överstiga 40 °C. Det innebär att VVX 2 blir mycket stor till ytan med risk för stora tryckfall och stora ytor att rengöra.

Efter värmeväxlingen ska substratet värmas från 55 °C till drygt 70 °C. Att använda värmepump är inte intressant eftersom man erhåller röt-kammartemperaturen via hygieniseringen och hygieniseringstemperaturen inte kan erhållas från värmepump på grund av temperaturnivån. Det är inte heller möjligt att använda sig av vattenburen värme från ett fjärrvärmenät eftersom framledningstemperaturen en stor del av året är låg och på sommaren endast cirka 65 °C. Varmvattentemperaturen för det sista uppvärmningssteget bör överstiga 85 °C. I detta fall utgår vi därför från att den sista uppvärmningen från 55 °C till drygt 70 °C sker med ånga. Ångpannan kan eldas med biogas, el, olja eller biobränsle.

I följande exempel redovisas data för ett substratflöde genom hygieniseringen på 10 m³/h (eller ton/h eftersom densiteten är ca 1) vilket motsvarar en årsmängd på knappt 90 000 ton per år. Tillförd effekt för sista föruppvärmningssteget är 175 kW som medeleffekt. Transmissionsförluster från röt-kammare räknas inte med här eftersom dessa inte är knutna till pastöriseringen, utan finns även vid rötning utan hygienisering. Maxeffekten om inkommande substrat är 10 °C blir 250 kW. Om inkommande substrat håller en högre temperatur kan det bli problem att hålla önskvärda temperaturer i VVX 2 och det kan bli aktuellt att kyla röt-kammaren externt vilket leder till att mer värme behöver till-sättas i hygieniseringen. Exemplet gäller pastörisering innan mesofil rötning, men noterbart är att det inte blir någon större skillnad i energibehov om det skulle ha varit termofil rötning.

4.4 Energikostnader

I kommande beräkningar antas följande energipriser. Elpriset kalkyleras med 0,70 kr/kWh (inkl. elcertifikat och skatt) som en trolig nivå för 2007. Som värmeenergipris kalkyleras med 0,25 kr/kWh utgående från en fjärrvärmeflexa.

Vid en medeleffekt på 175 kW blir energiförbrukningen för uppvärmningen 1 500 MWh/år. Effektbehovet för pumpar antas vara 7 kW och för omrörare cirka 3 kW (3x1 kW) vilket motsvarar en elförbrukning på cirka 140 MWh per år. Utslaget på hela substratflödet uppgår uppvärmningsbehovet till 17 kWh/ton medan el till maskinerna motsvarar knappt 2 kWh/ton.

Vid uppvärmning i sista steget med el kostar uppvärmningen 1 000 kkr per år (12 kr/ton) medan el till maskiner kostar 100 kkr per år (1,15 kr/ton). Om uppvärmningen sker med biogas och biogasens värde ansätts till samma som fjärrvärmepriset motsvarar uppvärmningen en kostnad på 375 kkr per år (4,30 kr/ton).

4.5 Investerings- och driftkostnader

Nedanstående erfarenhetsbaserade investeringskalkyl (**tabell 1**) bygger på ett hygieniseringssystem för en anläggning på cirka 90 000 ton per år, bestående av tre pastöriseringstankar på 10 m³ vardera, värmeåtervinning i värmeväxlare samt ångpanna för uppvärmning av det sista steget. Kostnadsnivån kommer inte att skilja sig i någon större utsträckning om systemet sitter i en biogasanläggning för termofil eller mesofil rötning. I kalkylen finns inga kostnader för bygg (maskinhall etc.) vilket, om inte pumpar och värmeväxlare ryms i befintliga byggnader, tillkommer även om pastöriseringstankarna ställs utomhus.

Tabell 1. Investeringskalkyl för ett pastöriseringssystem (maskinkostnader, ej bygg) till en större biogasanläggning (kapacitet ca 90 000 ton per år, substratflöde 10 m³/h då densiteten är ungefär 1).

Del	Pris (kkr)
Värmeväxlare	600
Hygieniseringstankar	2 500
Ångpanna	1 200
Pumpar	500
Rörinstallationer	1 500
Instrument	400
Maskinmontage	800
Elinstallation	500
Projektering, oförutsett	2 000
Totalt	10 000

Kapitalkostnaden vid en genomsnittlig avskrivningstid på 15 år och en kalkylränta på 5 % blir 900 kkr/år.

Utslaget på hela substratflödet motsvarar kapitaltjänstkostnaden för pastöriseringssteget cirka 10 kr/ton. Med energikostnader enligt tidigare och ett gaspris motsvarande fjärrvärmepriset blir således den totala behandlingskostnaden vid pastörisering cirka 16 kr/ton substrat. Underhållskostnaden för maskinutrustning beräknas bli liten i sammanhanget, cirka 1 kr/ton, medan personalkostnaden blir 2 kr/ton vid tillsyn cirka 8 h/vecka. Total kostnad för drift och kapitaltjänst blir således cirka 20 kr/ton eller 400 kr/ton TS vid en TS-halt i substratet på 5 %.

5 Allmänt om hygienisering

5.1 Hygienisering från ett systemperspektiv

Hygienisering av organiskt avfall handlar i grunden om att avdöda eller reducera förekomsten av sjukdomskallande mikroorganismer i sådan grad att någon risk för

människor, djur eller växter inte föreligger vid en given användning av restprodukten (i detta fall rötrest/biogödsel eller kompost). I de flesta fall vill man även att hygieniseringen ska resultera i en varaktigt smittfri produkt som inte är känslig för återkontamination eftersom det oftast finns ett efterhanteringsled (transport, lagring och användning). I annat fall måste produkten snarast komma till användning.

Själva hygieniseringen kan betraktas som en enhetsprocess där man i ett visst behandlingsmoment erhåller en ur smittskyddssynpunkt acceptabel produkt. Idag har man i branschen dock i allmänhet tagit åt sig synsättet att hygieniseringsprocessen bara är en del i ett system där hänsyn måste tas till hela hanteringskedjan. Detta innebär exempelvis att en behandlingsanläggning är strikt utformad vad gäller rena och orena avdelningar, att man i pumpsystem bygger säkra ledningssystem som inte tillåter att obehandlat material kan ledas i förbigångar till slutlager för hygieniserat material och att man åtskiljer transportmedel för obehandlat råmaterial och behandlade produkter.

Ett exempel på angreppssätt där man lagt fokus på att se hygieniseringen från ett systemperspektiv är Avfall Sveriges regelverk för certifiering av biogödsel, SPCR 120 (SP, 2006a), och kompost, SPCR 152 (SP, 2006b). Aspekter kring detta slår även igenom i tidigare nämnda EU-förordning (1774/2002) samt de tillstånd som Jordbruksverket beslutar med anledning av denna förordning.

5.2 Inaktivering av mikroorganismer

Avdödning eller inaktivering av organismer (bakterier, virus, parasiter, svampar, protozoer osv.) går ut på att skapa en omgivningsmiljö som leder till att deras livsfunktion skadas. Letala faktorer för levande organismer är bland annat:

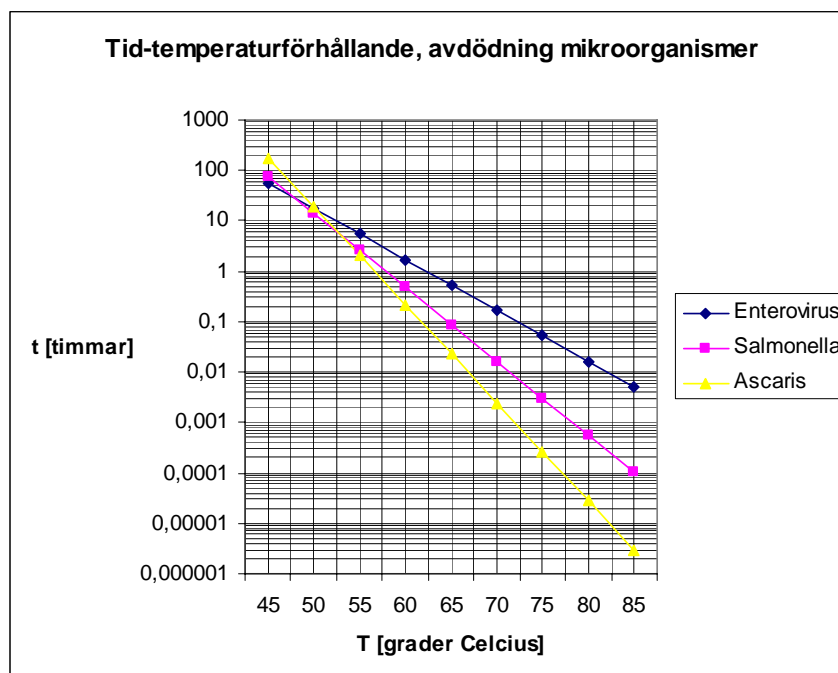
- Höga temperaturer
- Torka
- Strålning
- Kemisk miljö
- Näringsbrist/konkurrens
- Predation/antagonism

I rapporten "Hygienisering av biologiskt avfall" (Inger et al., 1997) redovisas hur olika faktorer påverkar organismernas överlevnad. I följande ges ett kort sammandrag av de viktigaste aspekterna.

5.2.1 Temperaturpåverkan

Organismer är anpassade till ett liv inom ett specifikt temperaturintervall. Över och under den optimala tillväxttemperaturen mattas tillväxthastigheten och vid kraftigt förhöjd temperatur påverkas proteinbindningar i cellerna (denaturering) så att de koagulerar och förlorar sin funktion. De flesta mikroorganismer som är patogena för människor och djur har tillväxtoptimum vid kroppstemperatur, d.v.s. 35-40 °C och tar skada när

temperaturen blir 45-50 °C eller högre. Effekten är beroende av exponeringstid och temperaturnivå vilket illustreras i **figur 3** där tid- och temperaturförhållanden för några vanliga patogena organismer beskrivs (ur Svensson, 2007).



Figur 3. Tid- och temperaturförhållanden för avdödning *Enterovirus*, *Salmonella* och *Ascaris*. Utdrag ur Svensson (2007).

Vid frysning erhålls inte samma effekt på cellerna som vid behandling vid hög värme, istället är det effekter som uttorkning och sönderfrysning av celler som spelar in. Inaktiveringseffekten av frysning varierar betydligt mellan olika typer av organismer, men generellt får man sämre behandlingsresultat jämfört med konventionell värmebehandling.

5.2.2 Torka, näringsbrist och predation

Alla levande organismer är beroende av en tillgänglighet på vatten för att kunna tillväxa och vid TS-halter på 80-90 % som normalt uppnås vid aktiv termisk torkning erhålls en konservering av materialet. Levande celler är mycket känsliga för uttorkning, medan bakteriesporer kan tåla uttorkning bra. Även om det inte är säkert att avsaknaden av vatten i sig innebär att organismerna dör, kan en hög torktemperatur leda till inaktivering.

På motsvarande sätt som levande organismer är beroende av vatten har de ett behov av näring och energi för sin tillväxt och överlevnad. I organiskt avfall kommer det normalt alltid att finnas en tillfredsställande näringssammansättning för att levande mikroorganismer ska kunna fortleva, dock kan man begränsa förutsättningarna för att de ska kunna växa till genom att stabilisera materialet biologiskt så att mängden lättomsättbar energi begränsas. Detta är ett viktigt motiv till att låta biologisk behandling ingå som en del i hygieniseringssystemet. Ett biologiskt aktivt material med "vänliga" mikroorganismer

kommer dessutom att bidra till en konkurrenssituation som begränsar möjligheten för skadliga organismer att växa till.

Betydelsen av predation vid biologisk behandling från hygieniseringsynpunkt är osäker, man vet dock att bakterier konsumeras av olika protozoer i aktivslamsystem för avloppsvattenrening.

5.2.3 Kemiska faktorer

Normalt tillväxtoptimum för bakterier ligger vid pH 6,5-7,5. Även om det finns bakterier som klarar extrema pH-värden (ca 2 eller 9) kommer de flesta bakterier att ta skada till följd av förändringar i cellmembranet och koagulering vid pH-nivåer utanför det normala. I sur miljö orsakas detta av vätejonerna vilka tillhör de starkaste koagulanterna. Behandling med kalk eller lut till högt pH är annars en välkänd hygieniseringsmetodik.

Utöver styrning av pH-nivå finns ett stort antal antimikrobiella ämnen, till exempel fenolföreningar, formaldehyd, alkohol eller oxiderande ämnen som klor, perättikssyra och väteperoxid. Lämpligheten att använda oxidationsmedel är dock oftast mindre i de sammanhang som avses här på grund av materialens betydande innehåll av organisk substans.

Förekomsten av ammoniumkväve vid rötning är en viktig anledning till att man kunnat se en hygieniseringseffekt vid mesofil rötning trots att man inte kan tillräkna sig någon temperatureffekt. Svenska forskare har på senare år tittat närmare på hygienisering vid höga halter med oladdad ammoniak och fått intressanta resultat vid tillsats av såväl ren ammoniak som urea och olika typer av organiskt avfall (Vinnerås & Ottoson, 2006a).

5.2.4 Strålning

Mikroorganismer är känsliga för ultraviolett ljus inom det kortvågiga området. UV-ljus tränger dock inte igenom partikulära material som fasta eller pumpbara avfallsblandningar varför det är svårt att tillgodoräkna sig effekten av behandlingen i dessa sammanhang. Även den ännu mer kortvågiga och joniserande gammastrålningen är mycket letal för levande organismer. Svårigheten med denna metod är att strålningen även är farlig för omgivningen vilket innebär att sådan strålbehandling innebär komplicerade anläggningar. Den hygieniseringseffekt på organiskt material som mikrovågor ger upphov till är primärt kopplad till den uppvärmningseffekt som erhålls.

5.3 Uppfyllelse av kraven i 208/2006

Testförfarandet inom valideringsproceduren innebär en reduktion av termotoleranta bakterier och även temperaturtåliga virus om det bedöms relevant. Flera av de etablerade hygieniseringsmetoder som finns (se kapitel 6) har under flera decennier varit föremål för mer eller mindre grundliga undersökningar avseende avdödningen av vanligt förekommande indikatororganismer.

Ser man till värmebaserade metoder som termisk torkning och termofil biologisk behandling finns det sedan länge formulerade tid- och temperaturkrav som baseras på

en reduktion av sådana bakterier som valideringskraven omfattar. Ett exempel på detta är för behandling av pumpbara substrat en temperatur på minst 55 °C och 6 timmars exponeringstid, ett krav som bland annat föreslagits vid hygienisering av avloppsslam (SNV, 2002). För organiskt avfall måste detta kombineras med ett krav på största tillåtna partikelstorlek.

Vilka tid- och temperaturkriterier som ska accepteras vid värmebaserad hygienisering liksom vilka driftkriterier som ska gälla för andra etablerade hygieniseringsmetoder är en kärnfråga. Fastställandet av kriterier kan som nämnts antingen ske utifrån nya valideringstester eller utifrån tidigare genomförda kartläggningar (eller som en kombination av befintliga resultat och kompletterande undersökningar).

En stor forskningsstudie gjordes i början av 1990-talet i Danmark gällande reduktion av smittämnen i organiskt avfall. En bidragande orsak till intresset för dessa frågor i Danmark vid den tiden var att det då etablerats ett stort antal gårdsbiogasanläggningar ("biogasfællesanlæg"). Resultaten finns redovisade i rapportserien "Smitstofreduktion i biomasse" (Bendixen, 1995) och de föreslagna hygieniseringskriterierna lades fast i den danska lagstiftningen samma år (Miljø- og Energimin, 1995). I lagtexten talar man om fyra behandlingsnivåer som kopplas till avfallskategori och användningsrestriktioner. Tid-temperaturkrav för behandlingskategorin "Kontrolleret hygienisering" för behandlingar som motsvarar pastörisering vid 70 °C i 1 timme redovisas i **figur 4**.

Det som gör de danska riktlinjerna intressanta är att de kopplar tid-temperaturkrav vid termofila nivåer till att motsvara det etablerade hygieniseringskravet 70 °C i 1 timme. De accepterade nivåerna innebär tekniskt-praktiskt genomförbara behandlingsupplägg vid biogasanläggningar. Även kalkbehandling finns definierad som en metod som svarar mot kontrollerad hygienisering, medan kompostering behandlas i en egen kategori.

Eftersom de danska riktlinjerna nu gällt under mer än 10 år föreslås att vi i Sverige undersöker vilka erfarenheter som man har i Danmark från tillämpningen av systemet och att vi använder dessa vid utarbetandet av svenska driftkriterier.

Ett annat exempel på ett fördjupat arbete inom området som på samma sätt bör finnas med vid kommande ställningstaganden är det som redovisades från den engelska myndigheten DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (Defra, 2002).

Både de danska och engelska studierna hanterar etablerade metoder som rötning, kompostering och i viss mån kalkbehandling. För övriga metoder bedömer man att det saknas motsvarande fördjupade studier varför det för dessa kan finnas motiv att utföra kompletterande valideringstester i enlighet med vad som beskrivits tidigare.

Kontrolleret hygiejnisering svarende til 70°C i 1 time

Temperatur °C	Holdetid ved udrådning i termofil ¹⁾ reaktortank Timer	Holdetid ved separat behandling i hygiejniseringsstank ²⁾	
		før el. efter udrådning i termofil reaktortank ³⁾ Timer	før el. efter udrådning i mesofil reaktortank ⁴⁾ Timer
52,0	10		
53,5	8		
55,0	6	5,5	7,5
60,0		2,5	3,5
65,0		1,0	1,5

- ¹⁾ Ved termofil udrådning forstås i denne sammenhæng udrådning ved 52°C eller derover. Mindste garanterede holdetid i reaktortanken (MGRT) er angivet i timer. Det forudsættes samtidig, at den hydrauliske opholdstid (HRT) i reaktortanken er mindst 7 døgn.
- ²⁾ Den kontrollerede hygiejnisering foregår i separat hygiejniseringsstank i forbindelse med en termofil eller en mesofil biogasreaktor. Udrådningen foregår enten før eller efter hygiejniseringen. Mindste garanterede holdetid i hygiejniseringsstanken (MGRT) er angivet i timer.
- ³⁾ Ved termofil udrådning forstås i denne sammenhæng udrådning ved 52°C eller derover. Det forudsættes samtidig, at den hydrauliske opholdstid (HRT) i reaktortanken er mindst 7 døgn.
- ⁴⁾ Ved mesofil udrådning forstås i denne sammenhæng udrådning ved temperaturer i området mellem 20°C og 52°C. Det forudsættes samtidig, at den hydrauliske opholdstid (HRT) i reaktortanken er mindst 14 døgn.

Figur 4. Utdrag ur den danske lagstiftningen "Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål" (1995). Tabellen viser de tid- og temperatur-kombinationer som motsvarer pastörisering ved 70 °C i 1 time dels ved termofil rötning, dels ved behandling i separat tank före eller efter termofil eller mesofil rötning.

6 Beskrivning av hygieniseringsmetoder

I följande kapitel redovisas en sammanställning av behandlingsmetoder för pumpbart och fast avfall med olika status från hygieniserings synpunkt. Metoderna är antingen att betrakta som etablerade och väl undersökta eller som metoder som kan antas ha potential att klara de aktuella behandlingskraven.

De hygieniseringsmetoder som tas upp är anpassade för behandling av "slamformigt" material (pumpbart, partikulärt med TS-halter normalt upp till ca 10 %) eller "fast" avfall (ej att betrakta som pumpbart med TS-halter på 18-20 % eller mer). Viktigt att observera är att långt ifrån alla metoder lämpar sig att använda på råvara till biogas- eller komposteringsanläggning. Andra metoder kan dock ändå vara intressanta för exempelvis naturgödsel eller i specialfall där den behöriga myndigheten kan godkänna alternativ användning.

För tydlighetens skull kommenteras om respektive metod (utom biologiska metoder) lämpar sig för behandling av råvaror till biogas- eller komposteringsanläggningar eller inte.

6.1 Termisk behandling

Metoder för termisk behandling bygger på de grundläggande principerna för avdödning av patogena mikroorganismer genom temperatur och exponeringstid.

6.1.1 Autoklivering

Autoklivering innebär tryckkokning och metoden bygger på trycksatt behandling vid hög temperatur (120 °C eller högre) under en verkanstid på cirka 20 minuter. I förordning 1774/2002 om animaliska biprodukter definieras metoden ("bearbetningsmetod 1") som "upphetning till en kärntemperatur på mer än 133 °C i minst 20 minuter utan avbrott och vid ett absolut tryck på minst 3 bar som åstadkoms genom mättad ånga". All luft i behållaren ska således vara ersatt av ånga vilket ger en behandling med fuktig värme.

Inom avfallsbehandlingen har metoden förekommit som en del i Konvex AB's destruktion av animaliska biprodukter. En sedan tidigare etablerad behandlingsmetod för avloppsslam som ger motsvarande behandlingseffekt är så kallad termisk hydrolys där ett företag som Cambi AS bygger sin behandling på tryckkokning vid 165 °C (133-200 °C) och 30 minuter. Utöver steriliseringen uppnår man sönderdelning av långa kolkedjor vilket ger en ökad gasproduktion vid efterföljande rötning samt bättre avvattningsegenskaper hos behandlat slam jämfört med vad som uppnås vid konventionell slamrötning. Vid några enstaka norska anläggningar används metoden även för behandling av organiskt avfall.

Som behandlingsmetod för avloppsslam och organiskt avfall bör termisk hydrolys i första hand utnyttjas i kombination med en röttningsprocess eftersom man då kan dra nytta av de behandlingseffekter som uppnås i hydrolyssteg. Sett över ett sådant system blir skillnaderna i drift förhållandevis stora jämfört med en konventionell röttningsanläggning. Utifrån uppgifter från leverantören Cambi (Sargalski, pers. medd., 2007) kan följande generella aspekter redovisas (gäller behandling av kommunalt avloppsslam):

- Röt-kammaren belastas med föravvattnat slam (högre TS-halt än vid konventionell rötning) och drivs med en något kortare hydraulisk uppehållstid vilket ger att behovet av röt-kammarvolym minskas med ungefär hälften.
- Den termiska hydrolysen leder till att gasutbytet ökar med cirka 35 % för blandslam (kem + bio) och cirka 50 % för bioslam.
- Ångproduktionen till hydrolyssteg förbrukar i storleksordningen 35 % av producerad gas, varav ungefär hälften därefter utnyttjas vid uppvärmningen av röt-kammaren. Den mindre röt-kammarvolymen kommer dock att leda till ett minskat uppvärmningsbehov.
- Elbehovet till hydrolyssteg är i storleksordningen 5-7 kWh per m³ (ton) behandlat slam/substrat, därtill tillkommer ett elbehov till den mekaniska föravvattningen. Samtidigt minskar elbehovet vid slutavvattningen av slammet liksom elbehovet för omrörning och pumpning till följd av de mindre slammängderna och att slammet är mer lättavvattnat.

- I ett exempel redovisat av Cambi för en större kommunal anläggning (800 000 pe, 400 000 m³ slam per år) skulle man öka nettoproduktionen av biogas med 80 % (från 18 till 32,5 GWh/år) och elförbrukningen med 63 % (från 790 till 1 290 MWh/år) vid övergång från konventionell rötning till hydrolys + rötning.

Metoden lämpar sig för råvara till biogas- eller komposterings-anläggning.

6.1.2 Pastörisering

Pastörisering kan betraktas som den kanske mest konventionella hygieniseringsmetoden för pumpbara substrat. I länder med hygieniseringskrav för avloppsslam förekommer pastörisering oftast som försteg till rötning. Som nämnts är metoden den dominerande vid svenska biogasanläggningar för organiskt avfall. Tid- och temperaturkraven kan variera vid olika tillämpningar och mellan olika lagtexter, men för animaliska biprodukter enligt förordning 1774/2002 är kravet alltså en temperatur på minst 70 °C under minst 60 minuter vid en partikelstorlek på högst 12 mm, och i den tillämpningen gäller kravet även avfall som inte är pumpbart. För att erhålla en enhetlig temperaturfördelning gäller att processen ska vara totalomblandad. Den värmebehandling som pastörisering har visat sig leda till ett högre gasutbyte vid rötning jämfört med rötning av icke värmebehandlat substrat.

Utifrån kalkylerna i kapitel 4 har pastörisering i ett system med värmeåtervinning via värmeväxlare och mesofil rötning ett ungefärligt energi- och kostnadsläge enligt **tabell 2**.

Tabell 2. Ungefärliga energiförbrukningar och kostnader för en större pastöriseringsanläggning (ca 90 000 ton substrat per år 5 % TS) i anslutning till biogasanläggning (1 ton motsvarar ungefär 1 m³). Data sammanställt från beräkningar i kapitel 4.

Energiförbrukning och kostnader	Per ton substrat (6 % TS)
Energiåtgång: Värmeenergi Elenergi till pumpar, omrörare	17 kWh/ton 2 kWh/ton
Kostnad energi Uppvärmning med gaspanna – ånga ¹ Elkostnad ²	4,5 kr/ton 1,5 kr/ton
Investering maskin – kapitaltjänstkostnad ³	10 kr/ton
Underhållskostnad maskiner + personal	3 kr/ton
Total drift- och kapitaltjänstkostnad	20 kr/ton (våtvikt 5 % TS)
Vid 5 % TS i substratet	400 kr/ton TS

1) Gaspris 0,25 kr/kWh utifrån antagen fjärrvärmeflexa.

2) Antaget elpris 0,70 kr/kWh.

3) Avser maskinutrustning utifrån tidigare redovisad investeringskalkyl.

Metoden lämpar sig för råvara till biogas- eller komposteringsanläggning.

6.1.3 Värmebehandling vid termofila temperaturnivåer

Som alternativ till pastörisering vid en så hög temperaturnivå som 70 °C kan man tänka sig värmebehandling vid omkring 55 °C, till exempel enligt de krav som redovisats i det danska regelverket (se **figur 4**). Temperaturnivån är densamma som uppnås vid termofil biologisk behandling enligt beskrivningarna i avsnitt 6.2. Skillnaden är att behandlingen sker i ett separat steg på samma sätt som vid pastörisering.

6.1.4 Termisk torkning

Värmebehandling kan åstadkommas på fler sätt än de som redovisats ovan och det finns flera exempel på tillvägagångssätt till värmning i de anläggningstyper som finns för torkning av avloppsslam. Vanligen skiljer man då på direkt eller indirekt torkning. Med indirekt torkning menas att värmemediet (t.ex. het luft, hetvatten, ånga eller het olja) inte är i direkt kontakt med materialet som skall torkas. Värmeöverföringen sker istället indirekt genom mantelväggarna. Med direkt torkning menas att värmemediet är i direkt kontakt med materialet som skall torkas. Värmande medium är typiskt heta gaser (rök-gaser, förvärmad luft el dyl), men man skulle även kunna tänka sig annan teknik, till exempel mikrovågor som i första hand är en torkteknik och inte är att räkna som en strålningsteknik (Svensson, 2007). Konventionella torkar för avloppsslam är ofta kontinuerliga processer (trummor, band) vilket gör att man särskilt måste beakta hur man säkerställer att erforderlig exponeringstid uppnås.

För torkar specificeras normalt energiförbrukningen som energibehov per ton avdrivet vatten. Vidare är de torkar som levereras i kommunala applikationer anpassade för att torka material med en TS-halt på från omkring 22 % till 35 % TS, d.v.s. motsvarande avvattnat avloppsslam. Fast organiskt avfall kan således i de flesta fall torkas i sådana anläggningar direkt medan pumpbara avfallsblandningar först måste avvattnas. I **tabell 3** beskrivs energiförbrukning och ungefärliga investeringskostnader för en torkanläggning avsedd för avvattnat avloppsslam.

Det är inte meningsfullt att rakt av jämföra torkens kostnadsposter med pastöriseringsanläggningens eftersom metoderna ger så olika behandlingsresultat. I fallet pastörisering uppnås i stort sett enbart hygienisering medan torkningen dessutom ger en pelletsprodukt som kan transporteras och lagras till en avsevärt lägre kostnad.

Metoden är inte lämplig för råvara till biogas- eller komposteringsanläggning, dock är den tillämpbar på material som genomgått biologisk behandling.

Tabell 3. Ungefärliga energiförbrukningar och kostnader för en slamtorkningsanläggning (ca 15 000 ton avloppsslam per år 25 % TS) i anslutning till biogasanläggning.

Energiförbrukning och kostnader	
Energiåtgång:	
Värmeenergi	1 000 kWh/ton avdrivet H ₂ O 650 kWh/ton (25 % TS)
Elenergi till pumpar, omrörare	100 kWh/ton avdrivet H ₂ O 65 kWh/ton (25 % TS)
Kostnad energi	
Uppvärmning med gaspanna ¹	162 kr/ton (25 % TS)
Elkostnad ²	45 kr/ton (25 % TS)
Investering – kapitaltjänstkostnad ³	95 + 65 kr/ton (25 % TS)
Underhållskostnad maskiner + personal	35 kr/ton (25 % TS)
Total drift- och kapitaltjänstkostnad	402 kr/ton (våtvikt, 25 % TS)
Vid 25 % TS i substratet	1 600 kr/ton TS

1) Gaspris 0,25 kr/kWh utifrån antagen fjärrvärmeflexa. 2) Antaget elpris 0,70 kr/kWh.

3) Avser maskinutrustning + bygg (hall) för en anläggning med kapaciteten ca 20 000 ton per år (25 % TS), bygger på erfarenhetsvärden vad gäller investeringskostnader och 5 % kalkylränta.

6.2 Biologisk behandling

Vid termofil biologisk behandling kommer temperaturnivå tillsammans med exponeringstid att vara den viktigaste letala aspekten för avdödningen av mikroorganismer. Utifrån det kan termofila behandlingar betraktas som värmebehandlingstekniker. Dock innehåller dessa processer även inslag av andra parametrar av betydelse för inaktiveringsförloppen, till exempel pH-nivå samt närvaro av aktiva mikroorganismer, salter osv.

En generell fördel med biologisk behandling jämfört med renodlad termisk eller kemisk behandling är att man uppnår en biologisk stabilisering som innebär att mängden lättomsättbar energi i substratet minskar. Eftersom mikroorganismer är beroende av energi för sin tillväxt kommer detta att innebära att möjligheten till återväxt av patogena mikroorganismer begränsas. Den behandlade restprodukten kommer också att innehålla en rik flora av "vänliga" mikroorganismer som kommer att konkurrera om närsalter och energi vilket ytterligare kommer att försvåra för patogener att föröka sig.

6.2.1 Mesofil rötning

Mesofil rötning, d.v.s. anaerob behandling vid en temperatur omkring 35 °C, är traditionellt en kontinuerlig process för pumpbara substrat och uppfyller därmed inte de tid- och temperaturförhållanden som gäller för värmebaserad hygienisering. Ökad kunskap om betydelsen av närvaron av ammoniak för avdödning av sjukdomsalstrare har dock lett fram till labundersökningar av mesofil rötning vid höga ammoniumhalter. Vinnerås & Ottoson (2006b) redovisar att kraven i förordning 208/2006 (*Salmonella* och *Enterococcus*) kunnat uppfyllas i röttkammare med en ammoniumhalt på 8 mg/l vid en expo-

neringstid på cirka 1,5 dygn (tid mellan beskickning). Ett beskickningsintervall på 36 timmar är långt, men kan möjligen vara acceptabelt i vissa fall, främst vid små anläggningar (beror bland annat på substrattyp och uppehållstid). Ett alternativ är att låta den kontrollerade ammoniakbehandlingen ske satsvis i mindre kärl efter röt-kammaren.

Vid värmeåtervinning via värmeväxlare och mesofil rötning behöver man sätta in uppvärmningsenergi för att höja temperaturen från cirka 25 °C till cirka 35 °C. Detta kräver knappt 15 kWh/ton och kostar cirka 4 kr/ton vid produktion av hetvatten till VVX 2 och ett antaget gaspris på 0,25 kr/kWh.

6.2.2 Termofil rötning

Termofil rötning innebär rötning inom temperaturområdet 53-57 °C. Fördelen är, förutom möjligheten till hygienisering, att reaktionshastigheten är högre jämfört med rötning i det mesofila temperaturområdet vilket gör att den hydrauliska uppehållstiden kan minskas något. Processvarianten har dock tidigare inte fått något genomslag vid exempelvis kommunal rötning av avloppsslam på grund av det ökade uppvärmningsbehovet som blir konsekvensen av den högre temperaturen. Den högre reaktionshastigheten kan även innebära att processen blir känslig för stora belastningsvariationer vid rötning av vissa substrat.

Som diskuterats ovan kan man uppnå kraven för termisk hygienisering i den termofila röt-kammaren under förutsättning att man kan uppnå kravet på exponeringstid som i detta fall ska motsvara tiden mellan två beskickningar. Ofta drivs större röt-kammaranläggningar kontinuerligt (kontinuerligt matning av substrat), men i de flesta fall bör man kunna få ungefär samma prestanda även vid semikontinuerlig drift där det går några timmar mellan varje beskickningstillfälle. Annars kan man uppnå hygieniseringskravet genom att låta utgående rötrest passera uppehållstankar efter röt-kammaren där erforderlig exponeringstid hålls.

Vid värmeåtervinning via värmeväxlare och termofil rötning behöver man sätta in uppvärmningsenergi för att höja temperaturen från cirka 35 °C till cirka 55 °C. Därtill kommer transmissionsförlusterna att öka. Sammantaget kräver detta i storleksordningen 25 kWh/ton och kostar cirka 6 kr/ton vid produktion av hetvatten till VVX 2 och ett antaget gaspris på 0,25 kr/kWh. Vid uppgradering av en mesofil röt-kammare till termofil drift tillkommer kostnader för viss modifiering beroende på anläggningens status. Om inte annat kommer den semikontinuerliga driften att kräva kompletteringar i utrustningen, särskilt om man väljer att bygga uppehållstankar direkt efter röt-kammaren. Detta driftsätt kan även komma att kräva en ökad buffertvolym före röt-kammaren.

6.2.3 Termofil aerob slamstabilisering (våtkompostering)

Termofil aerob slamstabilisering, eller våtkompostering, är en totalomblandad behandlingsmetod för pumpbara substrat (omkring 3-8 % TS) som från början utvecklades just som en hygieniseringsmetod. Till skillnad från rötning är denna process självuppvärmande (biologisk värme och friktionsvärme från omrörare, luftare) till det termofila området. Driftsättet är med semikontinuerlig beskickning, vanligen med en beskickning per dygn och en fungerande process uppfyller därför tid-temperaturkravet vid normalt

driftsätt. För att erhålla tillfredsställande värmeutveckling krävs bland annat att man har ett energirikt substrat, en välisolerad reaktor och ett väl fungerande luftningssystem.

En ren reaktorläggning utan förbehandlingsutrustning, buffertlager och efterlager bedöms utifrån erfarenhetsvärden svara mot en årlig kapitaltjänstkostnad på 100-150 kr/ton beroende på anläggningsstorlek. Det höga priset (jämfört med kalkylen för pastöriseringssystemet) beror på att denna typ av anläggningar är ganska små och drar därmed inte nytta av skalfördelar. Erfarenheter från befintliga anläggningar visar att energikostnaden kan bli förhållandevis stor om inte värmeåtervinning används, cirka 35 kWh/ton i form av el motsvarande cirka 25 kr/ton för syresättning och omrörning (vid antaget elpris på 0,70 kr/kWh).

6.2.4 Kompostering

Konventionell kompostering är liksom våtkompostering självvärmade om utgångsmaterialet är energirikt och man i övrigt uppfyller krav på fukthalt, kol/kvävekvot och porositet med mera. Det finns ett stort antal varianter (öppen sträng- eller madrasskompostering, reaktorkompostering: trumma, container, under semipermeabelt membran osv.) och även om satsvis drift är vanligast förekommer även kontinuerliga processer. Diskuterade tid- och temperaturkrav kan uppnås vid kompostering. Svårigheterna med metoden är att kunna visa att alla delar av en kompost genomgått erforderlig värmebehandling. Detta ställer krav på temperaturmätning, men även genomförande av vändning och omrörning.

Nivåer på energiförbrukningar och drift- och investeringskostnader kan variera stort beroende på anläggningens utförande, tekniknivå, driftsätt, behov av miljöskyddsåtgärder med mera. I den enklaste formen av kompostering (öppen strängkompostering) utgörs anläggningen av en hårdgjord yta där blandning och omrörningsarbetet kan utföras av hjullastare. Dyrare tekniker är olika former av reaktorsystem. Därutöver kan utrustningsnivån och behoven variera och kan exempelvis omfatta: kvarnar, siktningsutrustningar, luftningssystem, processluftbehandling, lakvattenbehandling, styr- och reglerutrustning, automatiska vändningsmaskiner osv.

6.3 Kemisk behandling

Vid kemisk behandling eftersträvar man att få en toxisk verkan på mikroorganismer, antingen genom att skapa ett högt eller lågt pH-värde eller genom att använda ämnen som är direkt skadliga för organismerna.

6.3.1 Kalkbehandling

Kalkbehandling kan ske med osläckt kalk (CaO) eller släckt kalk $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Båda sorterna leder till en pH-höjning, men användning av osläckt kalk leder även till en betydande värmeutveckling när kalken reagerar med vatten i det material som behandlas. Av den anledningen betraktas normalt osläckt kalk som ett effektivare hygieniseringsmedel än släckt kalk, även om båda leder till en kraftig höjning av pH-nivån.

Kritiskt vid kalkinblandning i fast avfallsmaterial är att uppnå en god homogenisering så att man får en verkan i hela materialet. Det finns en risk att det obehandlade materialet bildar klumpar och att patogener därigenom avskärmas från behandlingen. Vid en längre tids lagring kommer pH-värdet i det kalkade materialet börja sjunka till följd av CO₂-upptag från luften. När pH-värdet sjunker ner mot 8-9 kan det ske en tillväxt av olika mikroorganismer. Risken för "intern" tillväxt är inte lika stor efter behandling med osläckt kalk till följd av temperatureffekten, dock finns det före båda metoderna en risk för tillväxt efter ofrivillig ympning utifrån. Det är därför viktigt att tiden mellan behandling och användning är så kort som möjligt.

Vid behandling (hygienisering) av avloppsslam är en normal dosering omkring 500 kg kalk/ton TS (d.v.s. ca 10 vikt-% inblandning vid 20 % TS). Priset för osläckt kalk (CaO) som bulkvara ligger i storleksordningen 1 000 kr per ton + frakt (Olars, pers. medd., 2007).

Metoden är inte lämplig för råvaror till biogasanläggningar, om inte det kalkade materialet utgör en mindre del av inkommande substratflöde. Samma förutsättningar gäller för råvaror till komposteringsanläggningar.

6.3.2 Urea/ammoniakbehandling

Behandling med ren ammoniak (eller i form av urea) innebär en behandling med den starkt basiska lösningen ammoniumhydroxid. Liksom vid kalkbehandling ställer metoden krav på god inblandning och även vid denna behandling kommer man att få en höjning av pH-nivån, men inte av samma grad som vid kalkbehandling. Fördelen med metoden är att den tillsatta kemikalien är ett närsalt som kommer till direkt nytta vid den efterföljande användningen.

Metoden har utvärderats på SLU vilket visat att effektiv behandling på fast material fås vid inblandningar på omkring 0,5-1 vikt-% ammoniak och 2 vikt-% urea. Kostnaderna för kemikalierna är tre till fyra kronor per kilo kväve vilket gör att ammoniakens kostnad är 15-20 kr och urean 30-40 kronor per behandlad kubikmeter (Vinnerås & Ottoson, 2006a). Behandlingen bör ske i täckta behållare för att förhindra ammoniakavgång och därmed luktproblem.

Metoden är möjlig att tillämpa på råvaror till biogas- eller komposteringsanläggningar, men lämpligheten bör utvärderas från fall till fall.

6.3.3 Behandling med syra

I kommunaltekniska tillämpningar har det genom åren kommit fram olika tekniska system där avloppsslam behandlas med syra för att uppnå upplösning av celler och ämnen i slammet. Ett exempel är Kemiras patenterade "Kemicond" som bygger på surgöring med svavelsyra till pH 4 följt av behandling med oxidationsmedlet väteperoxid. Förutom positiva effekter på fällningsmedlet i slammet järn erhålls en effektiv hygienisering avseende bakterier. Efter behandlingen fås också ett mer avvattnat slam till följd av destruktionen av celler. Metoden är utvecklad för att användas på färdigrötat avloppsslam direkt innan avvattning.

6.3.4 Övriga kemikalier

Lut, NaOH, kan användas som desinfektionsmedel och ger då ungefär motsvarande effekt som kalkbehandling, det vill säga en hygieniseringseffekt som baseras på högt pH. Eftersom ingen temperatureffekt uppnås kan effekten antas motsvaras av behandling med släckt kalk. Lut är starkt frätande varför det ställs stora krav från hanteringssynpunkt.

Perättiksyra (PAA) är ett starkt oxidationsmedel som bäst lämpar sig för pumpbara material eftersom doseringen måste ökas med ökat innehåll av organiskt material. PAA är ett effektivt desinfektionsmedel, men försök (Vinnerås et al., 2003) indikerar att det kan ske en tillväxt en tid efter behandling varför rekommendationen är att medlet bör tillsättas direkt innan den organiska produkten ska användas. Doseringen ligger i storleksordningen 0,5 % vid behandling av pumpbara material.

Exempel på en annan kemikalie som kan användas för desinfektion är formalin. Denna bedöms dock vara av mindre intresse i dessa sammanhang, bland annat av hälsoskäl.

6.4 Övriga metoder

6.4.1 Långtidslagring

Lagring av naturgödsel eller andra organiska material under lång tid ger en reduktion av flera av de aktuella mikroorganismerna på grund av faktorer som UV-bestrålning (från solen) och uttorkning. Frågetecken finns dock angående hur man ska kunna garantera avdödningen av virus vilket gör det tveksamt om de kan godkännas i den aktuella tillämpningen. Öppen lagring på stora ytor under lång tid försvårar dessutom kontrollen avseende återinfektion under lagringstiden. I vissa fall är det dock möjligt att den behöriga myndigheten kan godkänna metoden för naturgödsel vid alternativa användningssätt.

6.4.2 Elektroporation

Elektroporation är en destruktionsmetod som bland annat används inom livsmedelsindustrin för att förstöra cellmembran i till exempel frukt. Med metoden skapas porer i organismernas cellmembran genom korta elektriska spänningsspulser som leder till att cellerna inaktiveras. Metoden har, förutom försök med avloppsslam, tidigare inte utnyttjats till behandling av avfallsmaterial. Försök vid Luleå Tekniska Universitet där elektroporation användes för behandling av rötsubstrat fann man dock att hygieniseringseffekten var begränsad (Ecke, pers. medd., 2007)

Metoden bedöms lämplig för råvara till biogas- eller komposteringsanläggningar.

6.4.3 Superkritisk oxidation

Superkritisk oxidation, eller våtoxideration, är en oxidationsprocess av organiska (och oorganiska) ämnen i vätskefas som sker vid högt tryck (20-150 bar) och hög temperatur (200-300 °C) där man tillsätter syre, oftast i form av luft. Genom processen bryts organiskt material brytas ner till CO₂ och vatten, graden av nedbrytning kan styras men i

stort sett kan fullständig nedbrytning nås om så önskas. Processen används i industriella applikationer, och kan betraktas som dyr i de sammanhang som här avses.

Metoden bedöms inte lämplig för råvara till biogas- eller komposteringsanläggningar.

7 Val av alternativa bearbetningsmetoder

Utifrån den kunskap som finns idag redovisas här en sammanställning över de metoder som bedöms kunna uppfylla testkraven enligt punkt 13a i kapitel II bilaga VI i förordning 208/2006. I redovisningen ges förslag på parametrar som bedöms vara kritiska för uppfyllande av kraven. Bedömningen grundar sig dels på vilken teknik metoden bygger på, dels resultat av genomförda studier (se tidigare referenser).

De metoder som tagits upp finns sedan tidigare väl beskrivna och har utifrån det varit möjliga att bedöma vad gäller effektivitet och tillämpbarhet. Utöver dessa kan det finnas flera "nya" metoder som kan vara fullt acceptabla utifrån de kriterier som satts upp. Sådana metoder utvärderas i enlighet med det ovan beskrivna valideringsförfarandet.

7.1 Metoder som bedöms kunna uppfylla kraven

Metoder som bedöms kunna kvalificera sig till en "godkännandelista" för hygienisering av råvara till biogas- och komposteringsanläggningar anges i **tabell 4**.

Tabell 4. Metoder som bedöms kunna motsvara dagens pastörisering vid 70 °C i 1 timme för råvaror till biogas- och komposteringsanläggningar.

Metod	Parametrar och kriterier att reglera
Autoklivering Termisk hydrolys	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek
Värmebehandling vid termofila temperaturnivåer.	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek
Termofil rötning	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek
Termofil slamstabilisering (våtkompostering)	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek
Kompostering	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek Vändningsfrekvens/antal vändningar Genomförande av temperaturmätning

I **tabell 5** anges metoder som kan ge motsvarande höga behandlingseffekt, men som är mindre lämpliga för råvara till biogas- och komposteringsanläggningar. Nivåer på kritiska driftparametrar och andra driftkriterier återstår att fastställa.

Tabell 5. Metoder som bedöms kunna motsvara dagens pastörisering vid 70 °C i 1 timme, men som inte alltid lämpar sig för råvaror till biogas- och komposteringsanläggningar.

Metod	Parametrar och kriterier att reglera
Termisk torkning	Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek
Behandling med CaO	pH-nivå Temperatur Exponeringstid Partikelstorlek Omrörning/inblandning

7.2 Metoder som behöver värderas ytterligare

Metoder i **tabell 6** bedöms behöva ytterligare värdering avseende dess hygieniserings-effekt i förhållande till uppsatta krav. Vid ett godkännande efter validering ska kritiska driftparametrar och andra driftkriterier fastställas. Generellt har metoderna redan idag visat sig vara effektiva i viss utsträckning och kan för naturgödsel möjligen godkännas av den behöriga myndigheten vid alternativ användning (produkten kommer att klassificeras som "obearbetad").

Tabell 6. Metoder som i dagsläget inte bedöms motsvara dagens pastörisering vid 70 °C i 1 timme, men som ändå är dokumenterade som effektiva hygieniseringsmetoder.

Metod	Parametrar och kriterier att reglera
Behandling med släckt kalk, Ca(OH) ₂ Behandling med lut, NaOH	pH-nivå Exponeringstid Partikelstorlek Omrörning/inblandning
Urea/ammoniakbehandling	Dosering Exponeringstid pH Partikelstorlek Temperatur
Mesofil rötning vid hög NH ₃ -halt	NH ₃ -koncentration Exponeringstid pH Partikelstorlek
Långtidslagring	Exponeringstid (lagringstid) Lagringsförhållanden

Till den grupp metoder som behöver värderas ytterligare genom validering eller motsvarande grundläggande undersökningar räknas även nya metoder inte kunnat bedömas för att det saknats underlag till det.

7.3 Kommentar till övriga metoder

Följande metoder bedöms i dagsläget inte vara aktuella för de tillämpningar som denna rapport avser.

- Superkritisk oxidation (våtoxidering) bedöms kunna drivas så att valideringskraven uppfylls. Dock är metoden oprövad i de aktuella tillämpningarna och är troligen för kostsam och komplicerad för att bli aktuell inom den närmaste framtiden. Möjligen kan en utbyggnad av anläggningar inom kommunaltekniken visa på potentialen inom behandling av organiskt avfall.
- Syrabehandling kan också drivas så att valideringskraven uppfylls. Även denna metod är oprövad för organiskt avfall och eftersom syrabehandling är en förhållandevis kemikalieinriktad metod (surgörningen måste följas av en neutralisering innan spridning kan ske på jordbruksmark) kan man anta att den känns mindre attraktiv i de aktuella tillämpningarna.

8 Slutsats och kommentarer

Utifrån genomförd studie dras bland annat följande slutsatser:

- Det bedöms finnas 5-6 alternativa hygieniseringsmetoder till pastörisering vid 70 °C i 1 timme som passar att använda vid bearbetning av råvaror till biogas- och komposteringsanläggningar.
- Det finns ytterligare några effektiva hygieniseringsmetoder som dock antingen inte lämpar sig i den aktuella tillämpningen eller idag inte kan anses tillräckligt bra. Metoderna kan vara intressanta i vissa tillämpningar, till exempel för behandling av naturgödsel.
- För etablerade och sedan länge väl belysta hygieniseringsmetoder (kompostering, termofil rötning etc.) föreslås att driftkriterier ställs upp på initiativ av Jordbruksverket. Verksamhetsutövaren ska vid en ansökan om alternativ bearbetningsmetod visa hur dessa kriterier och övriga kontrollkrav uppfylls.
- Det danska regelverket för smittstofreduktion i biomassa från 1995 medger hygienisering vid 52 °C och uppåt som alternativ till 70 °C i 1 timme. Erfarenheter från Danmark hämtas förslagsvis in för att ligga till grund för svenska kriterier.
- Om system för värmeåtervinning används har dagens pastöriseringsmetod vid 70 °C en drift- och kapitaltjänstkostnad som är 2-3 gånger högre än termofil rötning (vid uppgradering från mesofil rötning).

Värt att notera är att för verksamheter där matavfall utgör den enda animaliska biprodukten gäller fortfarande artikel 6.2 g i biproduktförordningen, det vill säga att den behöriga myndigheten får tillåta andra specifika krav än de som diskuterats tidigare i denna utredning.

Referenser

- Bendixen, 1995. Smittostofreduktion i biomasse. Det veterinære forsøgsprogram i biogasfællesanlæg. Bind I og II. Landbrugs- og fiskeministeriet, Veterinærdirektoratet.
- Defra, 2002. Risk Assessment: Use of Composting and Biogas Treatment to Dispose of Catering Waste Containing Meat. Final Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Ecke, H., 2007. Luleå Tekniska Universitet. Personligt meddelande.
- EU, 2002. Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1774/2002 av den 3 oktober 2002 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter som inte är avsedda att användas som livsmedel. Europeiska gemenskapens officiella tidning.
- EU, 2003. Kommissionens förordning (EG) nr 808/2003 av den 22 maj 2003 om ändring av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1774/2002 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter som inte är avsedda att användas som livsmedel. Europeiska unionens officiella tidning.
- EU, 2006. Kommissionens förordning (EG) nr 2008/2006 av den 7 februari 2006 om ändring av bilagorna VI och VIII till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1774/2002 när det gäller bearbetningskrav för biogas- och komposteringsanläggningar och krav för naturgödsel. Europeiska unionens officiella tidning.
- Inger, M, Norin, E & Mathisen, B., 1997. Hygienisering av biologiskt avfall. Jordbrukstekniska institutet (JTI), Rapport Kretslopp och avfall nr 10.
- Miljø- og Energimin, 1995. Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 730 af 5. september 1995.
- Olars, J., 2007. Nordkalk. Personligt meddelande.
- Sargalski, W., 2007. Cambi A/S. Personligt meddelande.
- SNV, 2002. Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp. Bilaga 2, Förslag till förordning. Naturvårdsverket Rapport 5214.
- SP, 2006a. SPCR 120 – Certifieringsregler för biogödsel. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- SP, 2006b. SPCR 152 – Certifieringsregler för kompost. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- Stenström, T-A, 1996. Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem. Riskvärdering av traditionella och alternativa avloppslösningar. Naturvårdsverket/Smittskyddsintitutet/Socialstyrelsen. Rapport 4683.
- Svensson, M., 2007. Hygienisering av torkat bioavfall. Examensarbete vid Institutionen för biometri och teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. ISSN 1401-5765
- Vinnerås, B. & Ottoson, J., 2006a. Kvävebaserad hygienisering ger säkrare livsmedelsproduktion. SVA-vet 1 & 2, 2006. Statens veterinärmedicinska anstalt.
- Vinnerås, B. & Ottoson, J., 2006b. Hög ammoniakhalt under rötning är bra för hygien. Nytt om biogas nr 4 2006.
- Vinnerås, B., Holmqvist, A., Bagge, E., Albihn, A & Jönsson, H., 2003. The potential for disinfection of separated faecal matter by urea and peracetic acid for hygienic nutrient recycling. Bioresorce Technology 89 (2003), p. 155-161.



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
