

JTI-rapport

Kretslopp & Avfall

43

Lokal behandling av slakteriavfall från småskalig slakt

Agneta Norén
Mats Edström
Ulf Nordberg
Ola Palm
Anders Ringmar



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

2008

Lokal behandling av slakteriavfall från småskalig slakt

Agneta Norén
Mats Edström
Ulf Nordberg
Ola Palm
Anders Ringmar

Innehåll

| | |
|---|----|
| Förord..... | 5 |
| Sammanfattning | 7 |
| Bakgrund..... | 9 |
| Syfte | 10 |
| Definitioner och regelverk | 10 |
| Avfallskategorier | 10 |
| Krav på hygienisering | 11 |
| Krav på slutprodukt..... | 12 |
| Lagring av slakteriavfall | 13 |
| Tidigare erfarenheter | 13 |
| Lagringsförsök i laboratorieskala..... | 14 |
| Val av tillsatsmedel och dosering..... | 14 |
| Slakteriavfall..... | 14 |
| Försök i laboratorieskala | 14 |
| Försöksled..... | 15 |
| Provtagning och lagring..... | 15 |
| Analysresultat | 16 |
| Slutsatser från lagringsförsök i laboratorieskala | 17 |
| Pilotförsök – lagring..... | 18 |
| Utförande | 19 |
| Syretillgång i tunnorna | 20 |
| Analyser från pilotförsök | 21 |
| Temperatur..... | 21 |
| Variationen av pH-värdet | 21 |
| Gasproduktion och andel CO ₂ | 23 |
| Slakteriavfallets struktur..... | 24 |
| Hantering av syra och melass | 25 |
| Resultat av pilotförsöket..... | 25 |
| Kompostering..... | 27 |
| Kompostering vid slakteri | 27 |
| Temperaturmätning i hög 1, 2007-06-01..... | 28 |
| Uttag av kompostmaterial från hög 1, 2007-06-01..... | 30 |
| Temperaturmätning i hög 2, 2007-06-01..... | 30 |
| Temperaturmätning i hög 3, 2007-06-01..... | 30 |
| Temperaturmätning i hög 3, 2007-06-09..... | 30 |
| Uttag av kompostmaterial ur hög 3, 2007-06-09..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Malning av kompostmaterial..... | 32 |
| Provberedning av material från hög 1 och 3..... | 32 |
| Analysresultat från komposthögar..... | 33 |
| Tänkbara metoder | 34 |
| Sluten kompostering..... | 34 |
| Avfallsmängder | 34 |
| Omhändertagande av slakteriavfall | 35 |
| Komposteringsutrustning..... | 36 |
| Sönderdelning..... | 37 |
| Kalkning..... | 38 |
| Kokning av slakteriavfall | 38 |
| Ekonomi..... | 40 |
| Långtidslagring av animaliskt avfall för behandling i extern anläggning (alternativ 1 och 2) | 41 |
| Kompostering av animaliskt avfall i lokal anläggning (alternativ 3 och 4).... | 42 |
| Summering av tidigare genomförda ekonomiska kalkyler | 42 |
| Diskussion..... | 44 |
| Slutsatser..... | 45 |
| Referenser | 48 |
| Bilaga 1 | 49 |
| Bilaga 2..... | 51 |
| Bilaga 3..... | 55 |
| Bilaga 4..... | 57 |

Förord

Omhändertagande av slakteriavfallet är en stor utgiftspost för småskaliga slakterier. Avfallet är inte lagringsstabil och mängderna är förhållandevis små. Det innebär att slakteriavfallet måste hämtas regelbundet för att bland annat undvika luktstörningar, vilket leder till höga kostnader. Den största mängden avfall är kategori 3-material. Därför är det intressant att undersöka om kategori 3-material kan göras lagringsstabil under en längre tid, för att minska tömningsfrekvensen och därmed transportkostnaderna.

Avfallsmängderna från småskalig slakt är möjliga att behandla och ta omhand lokalt under förutsättning att det finns metoder som dels uppfyller kraven i animaliska biproduktsförordningen (1774/2002), dels ger lägre kostnader. I projektet har därför kostnader för olika metoder för lokalt omhändertagande beräknats.

Arbetet har utförts av JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik i samverkan med Sveriges småskaliga kontrollslakteriers förening, och har finansierats av Jordbruksdepartementet via Livsmedelsverket.

Under arbetets gång har Stig Ericsson och Annelie Andersson vid Sveriges småskaliga kontrollslakteriers förening bidragit med synpunkter om förutsättningar för lokal behandling av avfall från småskalig slakt. Vid Livsmedelsverket har Jan-Erik Eriksson och Paulo Kisekka bidragit med synpunkter på rapportutformningen samt varit diskussionspartners under projektet. Vidare har Susanne Liljenström vid Jordbruksverket kontaktats för att diskutera hur de olika förslagen på behandlingsmetoder för de olika avfallen ska utformas för att uppfylla EU:s animaliska biproduktsförordning.

Projektet har löpt under perioden 2007-06-01 till 2008-04-30 och har genomförts av Agneta Norén, Mats Edström, Ulf Nordberg, Ola Palm och Anders Ringmar. Analyserna har utförts av Johnny Ascue vid JTI.

Nicklas Forsgren, Faringe Kött och Slakt AB, har hjälpt oss med slakteriavfall till försöken, och till honom och samtliga som medverkat och lämnat uppgifter till projektet vill vi framföra ett varmt tack.

Uppsala i juli 2008

Lennart Nelson

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Omhändertagande av slakteriavfallet är en stor utgiftspost för småskaliga slakterier. Avfallet är inte lagringsstabil och mängderna är förhållandevis små. Det innebär att slakteriavfallet måste hämtas regelbundet för att bland annat undvika luktstörningar. Den frekventa tömningen som behövs orsakar höga kostnader. Den största mängden avfall är kategori 3-material. Därför har metoder för att göra kategori 3-material lagringsstabil under en längre tid undersökts i projektet, för att på så sätt minska tömningsfrekvensen och därmed transportkostnaderna.

Avfallsmängderna från småskalig slakt är möjliga att behandla och ta omhand lokalt under förutsättning att det finns metoder som dels uppfyller kraven i animaliska biproduktförordningen (1774/2002), dels ger lägre kostnader. I projektet har därför kostnader för olika metoder för lokalt omhändertagande beräknats. Kostnaderna har beräknats för slakt av 1 000 (200 djurenheter) respektive 5 000 (1 000 djurenheter) svin per år.

Studien har bland annat visat att:

- Det går att göra slakteriavfall (kategori 3-material) lagringsdugligt i minst tre månader genom att först mala avfallet och sedan blanda avfallet antingen med melass eller med myrsyra. Bägge tillsatsmedlen gör att pH-värdet sänks, vilket gör att nedbrytningen av avfallet förhindras och därmed minskar luktproblemen. Malningen gör att pH sänks i hela avfallsvolymer och inte bara ytligt.
- Tillsats av melass (8 viktprocent) till avfallet gör att avfallet ensileras. Avfallens ursprungliga pH-värde var 6,5 och efter fyra dygn sänktes pH-värdet till ca 4,4. Efter drygt tre månaders lagring var pH ca 4,7. Någon större nedbrytningseffekt på avfallet kunde inte konstateras efter tre månaders lagring.
- Tillsats av myrsyra till avfallet ger en direkt sänkning av pH-värdet till ca 3,6 och som sedan var stabilt under den tremånadersperiod som försöket varade. Någon större förändring i avfallet kunde inte konstateras efter tre månaders lagring.
- Vid lagring av slakteriavfall bildas gaser. Lukten från avfallet kan karakteriseras som söt, jästaktig lukt i melasstunnorna och syrlig, lite frän, i tunnorna med myrsyra. Ensilering med melass (8 viktprocent) ger ca 10 gånger större gasproduktion än konservering med myrsyra (2 viktprocent). I försöken var totalmängden slakteriavfall ca 120 kg/tunna. Den ackumulerade gasproduktionen under drygt tre månader blev ca 1 200 liter vid ensilering med melass och ca 120 liter vid konservering med myrsyra.
- Hantering och inblandning av melass eller myrsyra med slakteriavfall är förhållandevis enkelt. Eftersom myrsyra klassas som frätande, ska säkerhetsföreskrifterna i produktbladet gällande hantering och behov av skyddsutrustning följas noga.

- Öppen kompostering av omalet slakteriavfall ger inte den hygieniseringseffekt som krävs av en behandlingsmetod enligt animaliska biproduktsförordningen (1774/2002).
- Sluten kompostering i komposteringstrumma (som bl.a. används för kompostering av matavfall från hushåll och storkök) har troligen förutsättningar att uppfylla animaliska biproduktsförordningens krav för en behandlingsmetod. Som strömmaterial kan flis eller halm användas.
- Slakteriavfall kan först värmebehandlas för att uppfylla hygieniseringskraven och därefter komposteras i en öppen eller sluten kompost med halm eller torv som strukturmedel utan krav på viss temperatur under viss tid.
- För att hygienisera slakteriavfall är det möjligt att tillsätta kalk. Det finns dock igen godkänd metod för detta. Kalkning av slakteriavfall kan dock användas för att förlänga lagringstiden när avfallsmängderna är små. Kalkningen minskar luktproblemen och avfallet blir samtidigt mindre attraktivt för skadedjur.
- Ekonomin för fyra olika behandlingsalternativ för slakteriavfall har beräknats.

Alternativ 1: Långtidslagring av malt slakteriavfall med 2 viktprocent myrsyra.
 Alternativ 2: Långtidslagring av malt slakteriavfall med 8 viktprocent melass.
 En full behållare transporteras i de bägge alternativen till en biogasanläggning för vidare behandling enligt Biproduktsförordningen.

Alternativ 3: Satsvis hygienisering av malt slakteriavfall genom värmebehandling vid minst 70 °C under 1 timme för att uppfylla hygieniseringskraven i Biproduktsförordningen. Därefter komposteras det hygieniserade avfallet i en stuka där 40 viktprocent halm blandas in. Kompsten används sedan på åkermark.

Alternativ 4: Reaktorbaserad (sluten) kompostering av malt slakteriavfall där 40 viktprocent halm tillsätts. Behandlingen kommer att uppfylla hygieniseringskraven i Biproduktsförordningen. Komposten används sedan på åkermark.

Vid 1 000 slaktsvin per år är kostnaderna för konservering (alternativ 1 eller 2) samt värmebehandling följt av kompostering (alternativ 3) jämförbara med den normala hanteringen via Svensk Lantbrukstjänst.

Vid 5 000 slaktsvin per år är behandlingskosten för alla fyra alternativen lägre jämfört med hantering via Svensk Lantbrukstjänst. Lägst kostnad har reaktorkompostering (ca hälften jämfört med hantering via Svensk Lantbrukstjänst).

Observera att lokala förhållanden, utformning, transportavstånd, avtal om behandlingspris etc. påverka kalkylen för varje slakteri.

Bakgrund

Omhändertagande av slakteriavfallet är för småskaliga slakterier en stor utgifts-post. Avfallet är inte lagringsstabil och mängderna är förhållandevis små. Det innebär att slakteriavfallet måste hämtas regelbundet för att bland annat undvika luktstörningar. Den frekventa tömningen som behövs orsakar höga kostnader trots att slakteriet kanske inte har fyllt den behållare som man betalar för.

Den största mängden avfall är kategori 3-material. Därför är det intressant att undersöka om kategori 3-material kan göras lagringsstabil under en lägre tid, t.ex. tre månader, för att minska tömningsfrekvensen och därmed transportkostnaderna.

Sveriges småskaliga kontrollslakteriers förening (SSKS) har klarlagt att de höga kostnaderna för avfallshanteringen utgör en viktig begränsning för att den småskaliga slakterisektorn ska kunna växa. Föreningen har fått medel från Livsmedelsverket för en studie att dels undersöka förutsättningarna för att minska hämtningsfrekvensen för slakteriavfallet, dels att hygienisera och behandla slakteriavfallet lokalt.

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik fick i uppdrag att genomföra denna studie. JTI har tillsammans med SSKS utformat genomförandet enligt följande:

- Genomföra ett pilotförsök för långtidslagring av kategori 3-material.
- Studera en komposteringsprocess vid ett småskaligt slakteri.
- Inventera och ge förslag på alternativa hygieniseringsmetoder som kan genomföras lokalt.
- Beräkna kostnaderna för lokal lagring och de lokala behandlingsmetoder som identifierats som intressanta.

JTI har i en tidigare studie (Edström m.fl., 2006) beräknat avfallsmängderna från slakt av dels nötkreatur, 1 000 djurenheter per år, dels slaktsvin, 1 000 djurenheter per år, inklusive styckning och chark. Avfallet kan hanteras och behandlas på olika sätt. I den tidigare studien (Edström m.fl., 2006) beräknades de ekonomiska konsekvenserna för fem olika behandlingsmetoder för slakteriavfall från småskalig slakt:

1. lokal rötning
2. lokal våtkompostering
3. lokal förbränning
4. regional rötning
5. samförbränning i stor anläggning (det sätt som idag huvudsakligen används vid omhändertagande av avfall från småskalig slakt)

Den genomförda studien visade bland annat att:

- För en hantering av det animaliska avfallet i en regional större biogas-anläggning sänktes kostnaderna för avfallsbehandlingen jämfört med att skicka iväg allt avfall till en samförbränningsanläggning. En förutsättning för detta alternativ var att det animaliska avfallet maldes och därefter konserverades för att möjliggöra långtidslagring så att transportkostnaderna till biogasanläggningen blev kostnadseffektiva.

- Alternativen med lokal biologisk behandling (våtkompostering/rötning) sänkte kostnaderna för avfallsbehandlingen jämfört med att skicka iväg allt avfall för extern behandling (samförbränning/regional rötning), om det fanns avsättning för den energi som genereras.
- Alternativen med lokal biologisk behandling medförde en stor investering för företaget, vilket innebar ett ökat ekonomiskt risktagande. Skötseln av dessa lokala behandlingsanläggningar medförde även att mängden betald arbetstid inom slakteriföretaget ökade.
- Alternativet lokal förbränning vid slakteriet var inte en ekonomiskt realistisk metod eftersom slakteriavfall klassas som avfall och därmed krävs avancerad rökgasrening och kontroller.

Vidare påpekades att det fanns betydande osäkerheter i studiens ekonomiska antaganden för alternativen med lokal behandling av slakteriavfallet. Osäkerheten låg framför allt i att det inte fanns några erfarenheter från röttnings- och våtkomposteringsanläggningar i en så liten skala som för behandling av enbart slakteriavfall. Det bedömdes att ett småskaligt slakteriföretag som år 2006 beslutade sig för att investera i en egen biologisk behandlingsanläggning för sitt avfall tar en stor ekonomisk risk. Vidare rekommenderades det att skaffa ett bättre beslutsunderlag, bland annat att det genomförs praktiskt orienterade studier för malning och lagring av animaliska biprodukter. Det rekommenderades även att undersöka förutsättningarna för förenklade hygieniseringsmetoder som skulle kunna appliceras i liten skala.

Syfte

Detta projekt har haft två syften. Dels att undersöka möjligheten att på det egna slakteriet hantera och hygienisera kategori 3-materialet, och då har särskilt kompostering av materialet studerats. Dels att långtidslagra slakteriavfall utblandat med lämpligt tillsatsämne.

Definitioner och regelverk

Avfallskategorier

Slakteriavfall är samtliga typer av biprodukter och avfall som uppstår vid ett slakteri och omfattar:

- Avloppsvatten efter avskiljning av partiklar större än 6 mm.
- Animaliska biprodukter enligt Biproduktsförordningen [Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1774/2002 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter som inte är avsedda som livsmedel]. Denna fraktion kan av massflödestekniska skäl delas upp i:
 - a) Slakt-, stycknings- och charkavfall
 - b) Mag- och tarminnehåll

Avfallet delas upp i tre stycken kategorier (1-3) enligt Biproduktförordningen:

| | |
|----------------------------|---|
| Kategori 1-material | Material som måste tas omhand (destrueras) genom förbränning. |
| Kategori 2-material | Hit räknas t.ex. naturgödsel, mag- och tarmsystemet och avskilt maginnehåll samt även tarminnehåll och animaliskt material som samlats in vid rening av avloppsvatten från slakterier. |
| Kategori 3-material | Delar från slaktkroppar som är tjänliga som livsmedel, färsk mjölk, äggskal, biprodukter från kläckerier, knäckägg, blod, hudar, skinn, hovar, fjädrar m.m. från besiktigade djur. Hit räknas även matavfall med animaliskt innehåll. |

Avfallet som klassas som kategori 1 eller kategori 2 brukar oftast hanteras tillsammans vid mindre slakterier, och tas om hand av Svensk Lantbrukstjänst för destruktion. Kategori 3-material kan hanteras lokalt genom kompostering, förbränning eller biogastillverkning, men man måste ha en godkänd anläggning för denna typ av lokal behandling.

Krav på hygienisering

Avfall som av olika anledningar kan innehålla smittämnen ska värmebehandlas för att reducera förekomsten av mängden mikroorganismer som kan sprida sjukdomar till växter, djur eller människor.

Beroende på hur avfallet ska omhändertas ställs krav på största partikelstorlek dels ur hygieniseringssynpunkt men även ur behandlingssynpunkt. Enligt förordning 1774/2002 (Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1774/2002) ska animaliskt avfall omhändertas på ett ur smittskyddssynpunkt säkert sätt. Det är i huvudsak genom rätt temperatur under tillräckligt lång tid som en hygienisering säkerställs. För att kunna uppnå en enhetlig temperatur i hela materialet ska processen vara totalomblandad.

I överensstämmelse med förordning 208/2006 (Kommissionens förordning (EG), 2006) ska kategori 3-material som används som råvara i komposteringsanläggningar och/eller biogasanläggningar som är utrustade med en enhet för pastörisering/desinfektion uppfylla följande minimikrav:

- Maximal partikelstorlek före inträdet i reaktorn/enheten: 12 mm.
- Minimitemperatur för allt material i reaktorn/enheten: 70 °C.
- Minimitid i komposteringsreaktorn vid 70 °C (allt material): 60 minuter.
- Minimitid i biogasenheten utan avbrott: 60 minuter.

Vidare gäller att "vid utsläppande på marknaden" (dvs. försäljning där det inte längre går att spåra vem som köper produkten och var den används) av bearbetad naturgödsel och bearbetade naturgödselprodukter ska de komma från en teknisk anläggning, biogasanläggning eller komposteringsanläggning som godkänts av den behöriga myndigheten. De skall ha värmebehandlats vid minst 70 °C i åtminstone 60 minuter, samt även behandlats för att minska halten sporbildande bakterier och produktionen av toxiner.

Därtill ska det, vid behandlingsanläggningen, även vidtas förebyggande åtgärder mot att t.ex. fåglar, gnagare och insekter sprider avfall systematiskt vidtas. Hygieniserat material ska skyddas för att undvika risker för återkontaminering.

Enligt förordning 1774/2002, även kallad animaliska biproduktsförordningen, ABP, samt förordning 208/2006, kan dock den behöriga myndigheten tillåta andra standardiserade bearbetningsparametrar, förutsatt att en sökande kan påvisa att dessa parametrar garanterar minsta möjliga biologiska risk. Detta skall påvisas genom förordningens angivna validering. Detta öppnar för andra behandlingsmetoder än de som hittills använts.

Krav på slutprodukt

I Biproduktsförordningen (1774/2002), med ändring enligt förordning (EG) nr 208/2006, ställs från 1 januari 2006 följande krav på rötresten/komposten då animaliska biprodukter behandlats i biogas- eller komposteringsanläggning, enligt utdrag:

”Representativa prov från rötrest eller kompost, som tagits under eller omedelbart efter bearbetning på biogas- eller komposteringsanläggningen för att övervaka processen, skall uppfylla följande krav:

Escherichia coli: $n=5$, $c=1$, $m=1000$, $M=5000$ i 1 g:

eller

Enterococaceae: $n=5$, $c=1$, $m=1000$, $M=5000$ i 1 g:

och

Representativa prover från rötrest eller kompost, som tagits under lagring på biogas- eller komposteringsanläggningen eller vid den tidpunkt då lagringen i dessa anläggningar upphör, ska uppfylla följande krav:

Salmonella: inga fynd i 25 g: $n=5$; $c=0$; $m=0$; $M=0$

där

n = antal prover som skall testas

m = gränsvärde för antal bakterier; resultatet anses tillfredsställande om antalet bakterier i samtliga prover inte överstiger m

M = maximivärde för antalet bakterier, resultatet anses icke tillfredsställande om antalet bakterier i ett eller flera stickprover är M eller fler

C = antal prover i vilka antalet bakterier får ligga på mellan m och M och provet trots detta kan godtas, förutsatt att antalet bakterier i övriga prover är högst m

Rötrest eller kompost som inte uppfyller kraven i detta kapitel ska bearbetas på nytt, och om det gäller *salmonella* bearbetas eller bortskaffas enligt den behöriga myndighetens anvisningar.”

Lagring av slakteriavfall

Tidigare erfarenheter

Enligt Ockerman och Hansen (2000) finns det två principiella metoder för att syrakonservera animaliskt avfall för långtidslagring:

- tillsats av oorganisk och/eller organisk syra för att sänka pH-värdet
- att fermentera (ensilera) animaliska avfallet via tillsats av fermenterbart socker, eventuellt även med tillsats av bakteriekultur

Vidare anger bl.a. Ockerman och Hansen (2000) att syrakonserverat fiskavfall används som proteinfoder till djur och att produkten är ”nästan” steril där salmonella har avdödats, att energibehovet för konserveringen är lågt samt att kostnaden för syrakonserveringen är förhållandevis oberoende av skalan på anläggningen.

Myrsyra (HCOOH) används inom den storskaliga slakteriverksamhet bl.a. till korttidslagring och vid transporter för att stabilisera malt slakteriavfall. Vid transporter vill man ha ett pH på 3,6, vilket motsvarar en tillsats av myrsyra på ca 2 viktprocent (2 wt %) (Lidholm, 2007). Enligt Susanne Liljenström på Jordbruksverket har myrsyra inte använts för långtidslagring av slakteriavfall.

Vilket pH som krävs för att en ensilering ska resultera i en lagringsstabil produkt beror på vilken TS-halt materialet har. Generellt gäller att ju torrare materialet är, desto mindre behöver pH-värdet sänkas. Detta eftersom även den torrare miljön hämmar tillväxten av oönskade bakterier. För att en ensilering ska uppstå måste följande förutsättningar uppfyllas (Spörndly m.fl., 1988):

- lufttät miljö
- lagom fuktighet
- förekomst av mjölksyrabildande bakterier
- tillgänglig näring för bakterierna att växa på

Ensilering eller fermentering av animaliskt avfall (kategori 3) för att öka hållbarheten sker i dag med främsta syfte att använda materialet som foder, bland annat minkfoder. Genom att tillsätta kolhydratrikt material aktiveras mjölksyrebakterier, som växer till genom att konsumera sockret och därmed producera mjölksyra (C₃H₆O₃) och koldioxid. Processen sker under anaeroba förhållanden, dvs. syrefritt. Produktionen av mjölksyra innebär att pH sänks i materialet. Tillväxten av ”goda” mjölksyrebakterier samt det sänkta pH-värdet orsakar försämrade förhållanden för icke önskvärda bakterier som annars bryter ner slakteriavfallet och bl.a. orsakar luktproblem.

I detta försök är inte syftet att få en produkt som är lämplig som foder. Huvudsyftet är istället att få ett lagringsstabil material. Det finns många exempel på försök med fermentering av animaliskt avfall. I det fermenterade materialet bör pH kvarstå på 4,5 eller lägre för att vara lagringsstabil (Urlings m.fl., 1993). Urlings m.fl. har genomfört försök med att lagra hönsprodukter. Försöket visade bland annat att en tillsats av 4 wt % (viktprocent) dextros (druvsocker) till materialet resulterade i ett pH under 4,5 och var lagringsdugligt i 21 dagar.

Urlings m.fl. tillsatte mjölksyrebakterier till några av satserna i sitt försök men det visade inte på några större förbättringar för att sänka pH i materialet. Detta har även konstaterats av Deshmukh och Patterson (1997). Malmén m.fl. (2001) kunde inte heller uppnå någon nämnvärd förbättring av pH-sänkningen när mjölksyrakultur blandats in i matavfall som skulle långtidslagras.

Lagringsförsök i laboratorieskala

Ett av syftena med detta projekt är att lagra kategori 3-material under en längre tid. Efter litteraturstudier har två tillvägagångssätt valts ut. Det ena är att syrakonservera slaktavfallet genom att tillsätta myrsyra till slakteriavfallet och det andra att ensilera avfallet genom att tillsätta kolhydrater.

Val av tillsatsmedel och dosering

Myrsyra är en väl fungerande produkt inom slakteriverksamheter (Lindholm, 2007) och är dessutom tämligen billig.

När det gäller fermentering och tillsats av kolhydrater är melass en produkt som finns i stora mängder och som är relativt billig. Melass används vanligen som foder till bl.a. nötkreatur. Enligt tillverkarna, Danisco Sugar AB, består melass till ca 50 % av sackaros (socker). Eftersom Urlings m.fl. visat att en tillsats av 4 wt % dextros innebär en god fermentering ($\text{pH} < 4,5$) har denna dosering valts i projektet. Enligt den kemiska formelns molförhållande för sackaros och dextros behöver 8 wt % melass tillsättas.

Eftersom melass är trögflytande och kladdigt har även rent strösocker valts som ett alternativt tillsatsmedel. Sockrets torra konsistens gör det lätt att hantera och förvara. Tillsatsen av strösocker (sackaros) blir med resultaten från Urling m.fl. som utgångspunkt, 4 wt %.

Baserat på att ingen eller ringa effekt har kunnat redovisas av att tillsätta mjölksyrabildande bakteriekultur till avfall som ska ensileras (Urlings m.fl., 1993; Deshmukh & Patterson, 1997; Malmén m.fl., 2001) tillsätts därför ingen mjölksyrabildande bakteriekultur i något av försöksleden i detta projekt.

Slakteriavfall

I detta projekt har slakteriavfallet hämtats hos Faringe Kött och Slakt AB i Karlsberg, Huddungeby i Uppland. Slakteriavfallet består av kategori 3-material, inklusive maginnehåll, från nötkreatur. Slakteriet mal avfallet och det samlas upp i en container. Det malda slakteriavfallet skickas normalt varannan vecka till Uppsala Biogasanläggning.

Försök i laboratorieskala

För att få en indikation på vilken dosering av tillsatsämne som är lämplig till slakteriavfallet genomföres inledande försök i laboratorieskala. Slakteriavfallet hämtades 2007-08-15 från Faringe kött och slakt. Slakteriavfallet lagrades under natten i +4 °C.

Dagen därpå iordningställdes åtta stycken glasbehållare à 5 liter. Glasbehållarna fylldes till 2/3 med slakteriavfall. Därefter tillfördes tillsatsämne som blandades med avfallet, Figur 1.

Behållarna förslöts med gummilock. Ytan mellan glasbehållare och gummilock tätades med silikon för att undvika syretillförsel samt möjliggöra uppsamling av gas med gaspåsar som fästes till behållaren. För att undersöka om det går att få ett bättre resultat på pH-sänkningen med en högre dos kolhydrat tillsattes 12 wt % melass till två av behållarna.

Försöksled

Det malda slakteriavfallet som användes vid laboratorielagringen hade en TS-halt på 37-54 %.

Följande försöksled studerades:

- Behållare 1 innehåller slakteriavfall + 2 viktprocent myrsyra
- Behållare 2 innehåller slakteriavfall + 2 viktprocent myrsyra
- Behållare 3 innehåller slakteriavfall + 8 viktprocent melass
- Behållare 4 innehåller slakteriavfall + 8 viktprocent melass
- Behållare 5 innehåller slakteriavfall + 4 viktprocent strösocker
- Behållare 6 innehåller slakteriavfall + 4 viktprocent strösocker
- Behållare 7 innehåller slakteriavfall + 12 viktprocent melass
- Behållare 8 innehåller slakteriavfall + 12 viktprocent melass



Figur 1. Bild på labbförsöket (utan gaspåsar). Med start från vänster är det myrsyra, 2 wt %, i behållare 1 och 2, melass, 8 wt %, i 3 och 4, strösocker, 4 wt %, i 5 och 6 och melass, 12 wt %, i 7 och 8.

Provtagning och lagring

Slakteriavfallet lagrades i tre månaders tid (2007-08-16 – 2007-11-19). Då pH är den huvudsakliga kontrollparametern för lagringsstabiliteten har pH fortlöpande mätts under lagringens första månad och vid lagringens avslut. Vid pH-mätningen bröts silikonförseglingen och gummilocket togs bort varför ytskiktet på det lagrade avfallet vid varje mättillfälle exponerades för nytt syre. Efter mätningen återför-seglades glasbehållarna igen.

Eftersom slakteriavfallet främst består av partikulärt material och pH måste mätas på en vätska, tillsattes vid mätningen lika mängd (vikt) destillerat vatten till det uttagna provet (dvs. ca 30 gram prov och ca 30 gram destillerat vatten).

Förutom pH mättes även producerad gasmängd och halten koldioxid (CO₂) kontinuerligt under försöket.

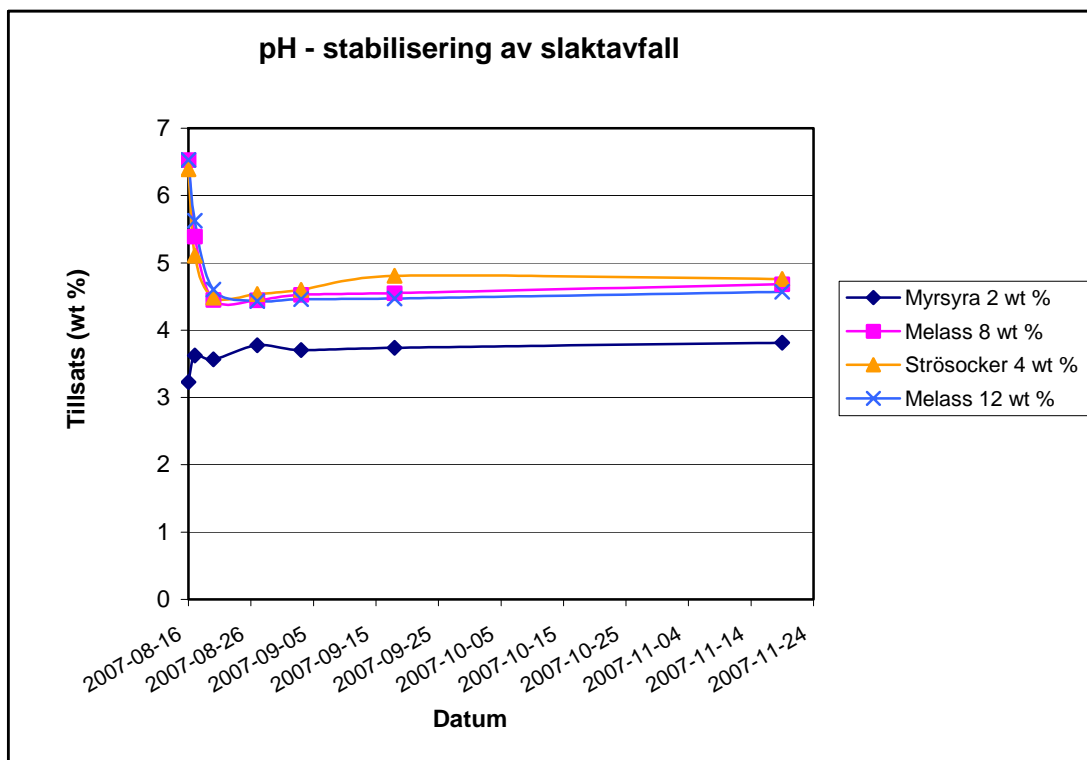
Analysresultat

Under lagringens gång observerades innehållet i behållarna både okulärt och vid provtagning. I behållarna med myrsyra fick slakteriavfallet en ljusare färg när syran tillsattes. Under lagringen mjuknade bitarna då syran troligen tränger in mer och mer i materialet. Materialet luktade svagt fränt och fick under lagringen en något mer unken lukt.

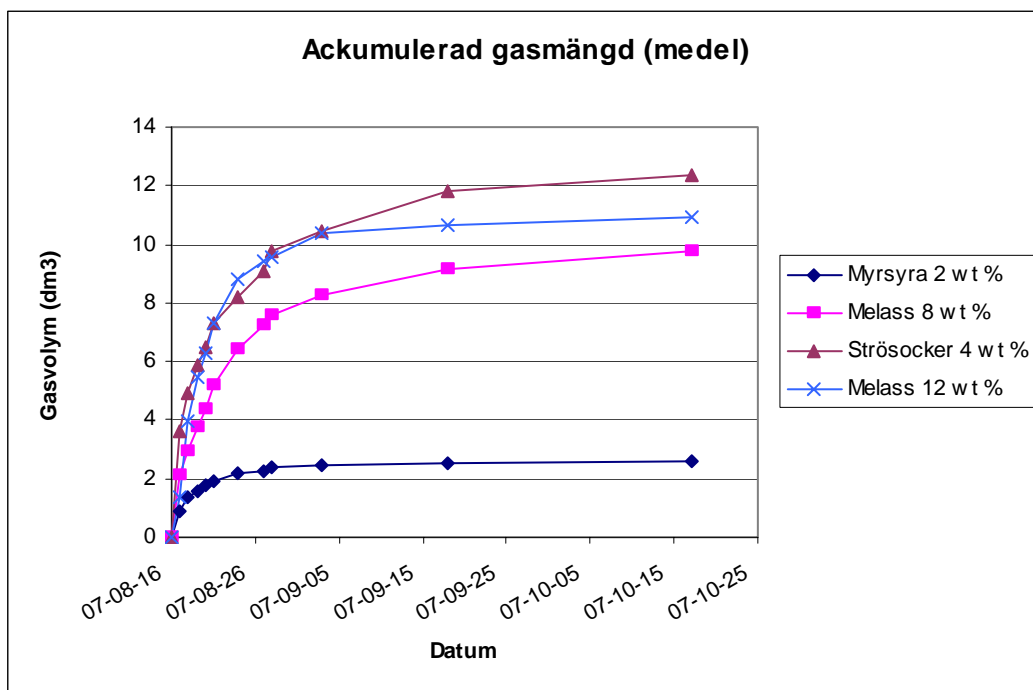
Materialet i melassbehållarna fick vid tillsatsen en rödbrunaktig färg. Det bildades mer vätska i behållarna med melass än för de med myrsyra och strösocker. Efter drygt tre veckor kunde dock en klar vätska ses i behållarna med strösocker.

Efter en månads lagring hade en tredjedel till hälften av det övre materialet i behållarna en gråare färg än det material som låg under. Detta var särskilt tydligt i behållarna där strösocker tillsats. Det material som låg i vätska hade däremot ”bättre” färg. Mest vätska hade behållarna med tillsats av 12 wt % melass. Där och i behållarna med myrsyra var det gråa skiktet inte så tydligt. Behållarna med myrsyra hade en mer jämngrå färg och innehöll inte någon synbar vätska.

Resultaten från pH-mätningen samt den ackumulerade gasproduktionen i behållarna visas i Figur 2 och 3.



Figur 2. Utveckling av pH under lagring av slakteriavfall i labbskala. (Medelvärde av två behållare).



Figur 3. Akkumulerad gasmängd i behållarna under lagring av slakteriavfall i labbskala. (Medelvärde av två behållare).

I behållarna med myrsyra sjönk pH till 3,6 direkt efter tillsatsen. Där kolhydrat tillsatts tog det upp till 11 dagar för pH att nå det önskvärda värdet på 4,5 eller lägre. Jämför man med gasproduktionen i behållarna är den högst i början, vilket kan förklaras med en högre biologisk aktivitet. Gasproduktionen sjunker och klingar av under lagringen. Lågt pH innebär att mikroorganismerna inaktiveras, dvs. en dålig miljö för bakterier att tillväxa i skapas. Den minskade biologiska aktiviteten skulle också kunna förklaras av att kolhydratkällan tog slut.

Efter en månads lagring var pH i behållarna:

| Tillsatsämne | pH medelvärde |
|-------------------|---------------|
| Myrsyra 2 wt % | 3,8 |
| Melass 8 wt % | 4,7 |
| Strösocker 4 wt % | 4,8 |
| Melass 12 wt % | 4,6 |

Slutsatser från lagringsförsök i laboratorieskala

Vid fermentering bildas normalt koldioxid (CO₂) som den dominerande gasen. Halten CO₂ följer gasproduktionen på så sätt att går gasproduktionen upp så går även CO₂-halten upp. Eftersom lagringsbehållarna öppnades vid varje pH-mätning blev resultatet att CO₂-halten i gasbehållarens gasfas sjönk ner mot noll procent. Då behållarna återförslöts bestod gasfasen i behållarna istället av luft d.v.s. kväve- och syrgas. Andelen koldioxid i gasen som lämnar lagerbehållaren ökade dock med tiden tills behållaren öppnades igen vid påföljande pH-mätning. Detta gör att det inte entydigt går att definiera gassammansättning på den gas som genererades vid lagringen. Dessa mätningar redovisas därför inte här. Däremot visar koldioxiden på att en biologisk aktivitet har skett.

Analysresultaten visar att myrsyra verkar vara lämplig att använda för långtidslagring av slakteriavfall. Vad gäller val av kolhydratkälla samt dosering av den visar försöken att en högre tillsats av melass (12 wt %) inte ger någon förbättrad pH-sänkning jämför med den lägre doseringen av melass (8 wt %). Den högre tillsatsen av melass (12 wt %) visar däremot en högre gasproduktion än den lägre doseringen (8 wt %). En högre gasproduktion innebär en större risk för lukt-olägenhet. Sammantaget visar laboratorieförsöken att tillsats av 8 wt % melass är bäst både ekonomiskt och luktmässigt.

Behållarna med tillsats av strösocker hade högst pH-ökning under lagringen efter den initiala pH-sänkningen. Vid själva omblandningen med materialet var det svårare att få en bra inblandning av strösockret i slakteriavfallet eftersom sockret inte smälte vid kontakt med avfallet under omrörningen. Detta kan vara orsaken till att lagringsstabiliteten verkade vara sämre för försöksledet där socker användes som tillsats i jämförelse mot försöksleden med myrsyra och melass. Det är möjligt att strösocker kan användas om man först blandar det med vatten.

Pilotförsök – lagring

Det genomförda laboratorieförsöket visade att tillsatsen av melass 8 wt % och myrsyra 2 wt % innebar bäst förhållanden för lagringsstabilitet.

Vid pilotlagringen studerades därför två försöksled med tunnor med tre stycken paralleller - ett led med melass och ett med myrsyra. Totalt användes sex stycken plasttunnor med lock à 225 liter. Plastlocken spändes fast mot tunnan med en metallbygel för att förbättra tätningen mellan tunna och lock (Figur 5). Påfyllning av slakteriavfall skedde en gång per vecka i sex veckor (2007-10-29 – 2008-12-12). Tunnorna numrerades från 1-6 där nr 1-3 var avsedd för melass och nr 4-6 för myrsyra. Efter det sista påfyllningstillfället lagrades materialet i tunnorna under ytterligare sex veckor (2008-12-12 – 2008-01-22).

Slakteriavfallet hämtades på samma ställe som vid laboratorieförsöket, dvs. hos Faringe Kött och Slakt AB i Huddungeby. Malet kategori 3-material, inklusive maginnehåll, hämtades i plasthinkar med lock och kördes till JTI. Där blandades tillsatsmedel in i slakteriavfallet och lagringen påbörjades samma dag.

För att få en ordentlig omblandning av slakteriavfallet och tillsatsämnet användes en betongblandare (Figur 4). Det är viktigt att det finns en god kontakt mellan slakteriavfallet och tillsatsämnet eftersom det annars finns risk för jäsning av oblandat slakteriavfall.



Figur 4. Blandning av slakteriavfall och tillsatsämne betongblandaren.

Utförande

Vid varje påfyllnadstillfälle tillsattes ca 17 kilo slakteriavfall i varje tunna. Först vägdes slakteriavfall upp för tunna ett. Därefter hälldes materialet och tillsatsmedel i betongblandaren som blandades i ca två minuter. Det blandade materialet hälldes sedan i tunnan efter det att tunnans lock tagits av. Samma procedur genomfördes för de övriga fem tunnorna i turordning nr 2 till nr 6. Mellan tunna 3 och tunna 4 sköljdes och spolades betongblandaren ur med varmtvatten med hjälp av en högtrycksspruta. När materialet lagts i tunnorna förslöts de med lock på vilket sen en gaspåse fästes (Figur 5). Den successiva påfyllningen innebar att innehållet i tunnorna var skiktat, med äldsta materialet underst.

Vid det andra och tredje iblandningstillfället inträffade en avvikelse i utförandet. Då tillsattes endast ca 2 % melass och ca 1 % myrsyra p.g.a. en felräkning vid doseringen av tillsatsämne.



Figur 5. Uppställning av tunnorna med lock och gaspåse.

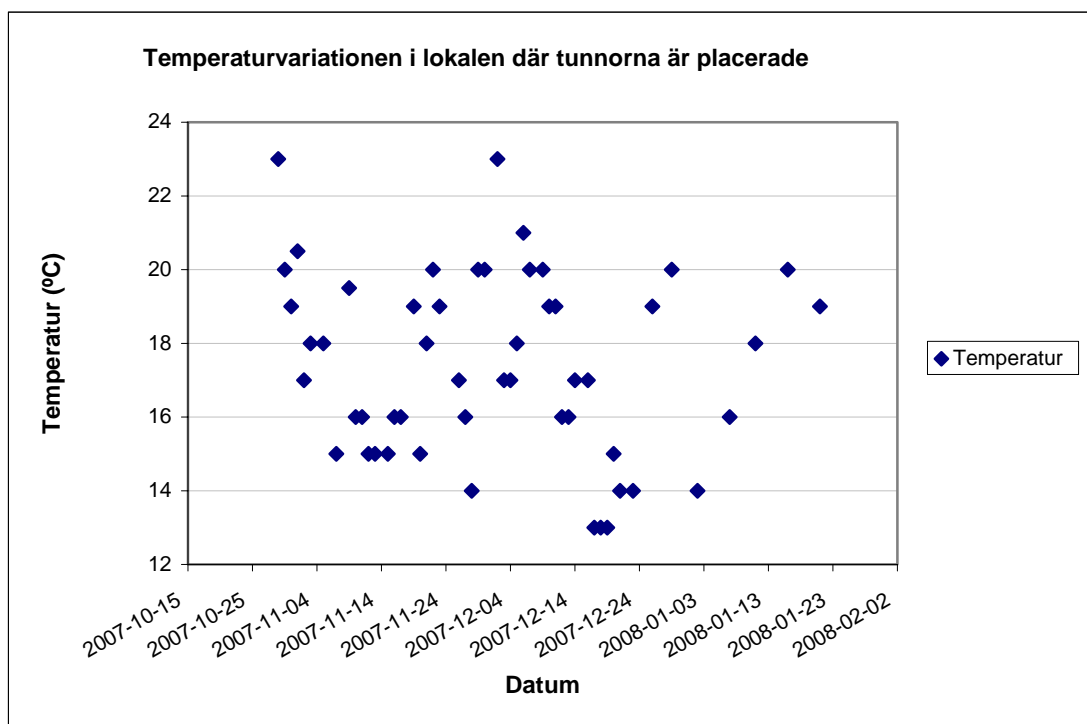
Syretillgång i tunnorna

Det är önskvärt att få tunnorna så lufttäta som möjligt eftersom en tillgång på syre kan störa lagringen. I försöket gjordes ingen kontroll på hur lufttäta tunnorna var. Vid några tillfällen märktes dock ett viss undertryck i faten, vilket tyder på att de var relativt täta. Vid varje ny tillsats av avfall lyftes dock locket av tunnorna och syre kunde komma åt materialet (jämför med kapitel "Lagringsförsök i laboratorie-skala").

Analyser från pilotförsök

Temperatur

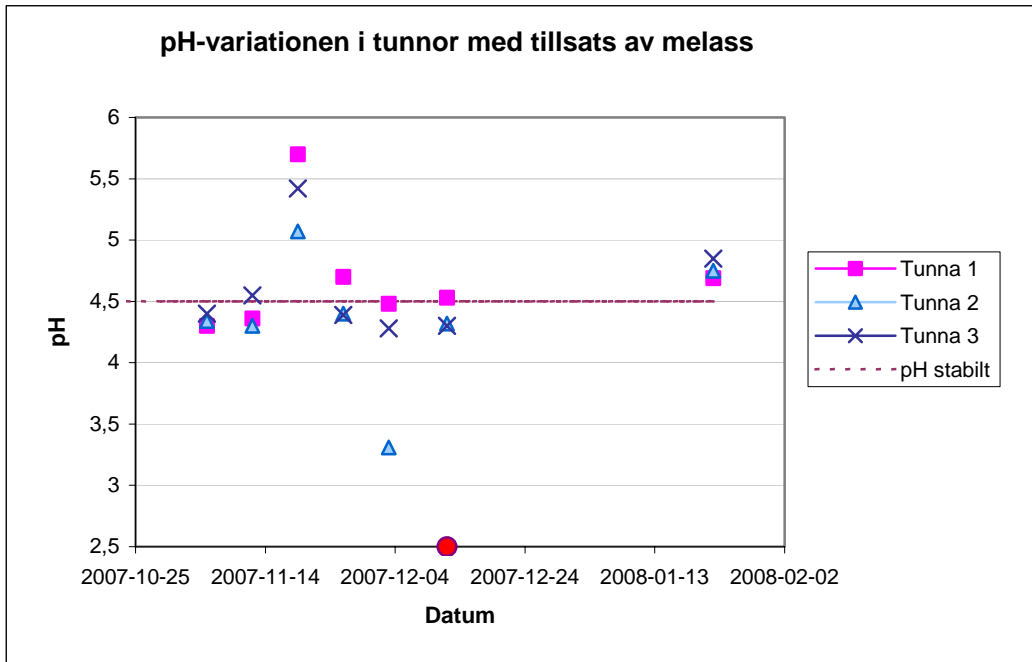
Temperaturen i lokalen avlästes under lagringen och varierade mellan 13 °C och 23 °C, se Figur 6, med medianvärdet 17 °C. Vilken temperatur som lagringen sker i är intressant eftersom en hög temperatur, t.ex. sommartid, ökar den mikrobiella aktiviteten, jämfört med låg. Gasvolymen i tunnorna, tillsammans med gaspåsen, är till viss del beroende av gasens temperatur.



Figur 6. Temperaturvariationen i lagringslokalen.

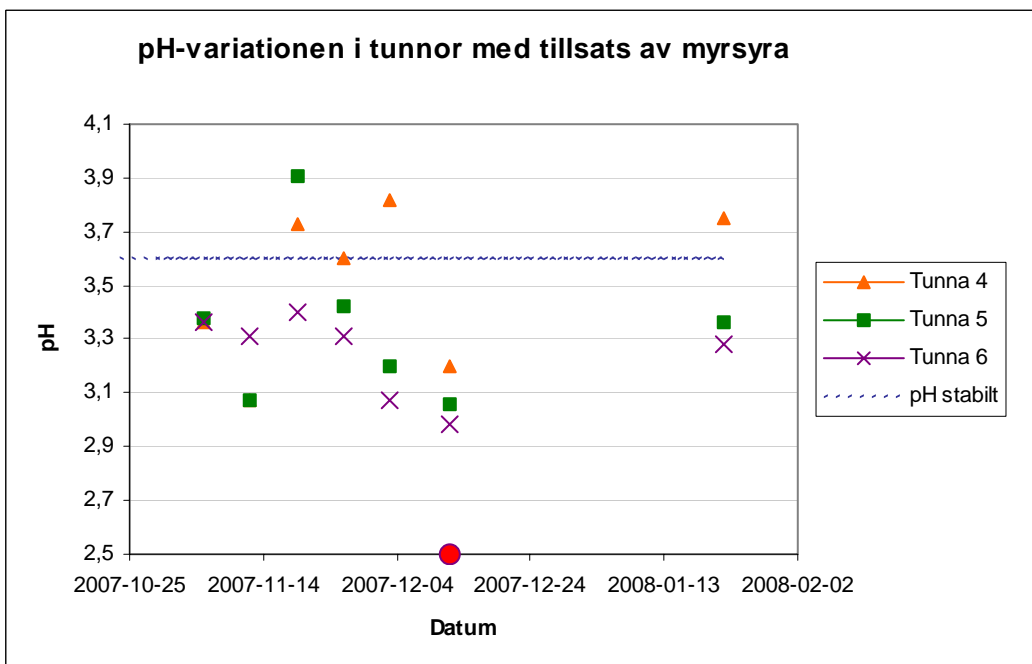
Variationen av pH-värdet

Vid pH-mätningen, som skedde vid varje påfyllnadstillfälle och när lagringsförsöket avslutades, kunde materialet granskas okulärt. Vid i princip varje tillfälle gick det att ta ut vätska ur tunnorna som pH kunde mätas på utan att destillerat vatten behövde tillsättas. Vätskan var brunaktig i melasstunnorna och i tunnorna med myrsyra mer gulaktig och mer genomskinlig. I de fallen där vätska inte kunde tas ut togs materialprov ut från det översta skiktet och blandades likt labbförsöket med destillerat vatten i motsvarande mängd, varefter pH mättes. När lagringsförsöket avslutades analyserades pH dels på ytskiktet, dels på prov efter det att materialet i tunnorna blandats om (Figur 7 och 8).



Figur 7. Variationen i pH i tunnor med tillsats av melass. Cirkeln vid x-axeln visar dagen för sista påfyllningen (2007-12-12).

För att uppnå stabila lagringsförhållanden bedöms det vara önskvärt att pH-värdet i tunnorna med melass kommer ner till 4,5 eller lägre (Urlings m.fl., 1993). Vid de tillfällen då för lite tillsatsmedel blandats i slakteriavfallet orsakade effekten att pH steg. När rätt blandning återtogs gick pH ner igen mot det stabila värdet. Vid lagringens slut hade pH i tunna 3 stigit högst, till strax under 4,9. Medelvärdet på pH för tunna nr 1-3 var 4,7 när lagringen avslutades.



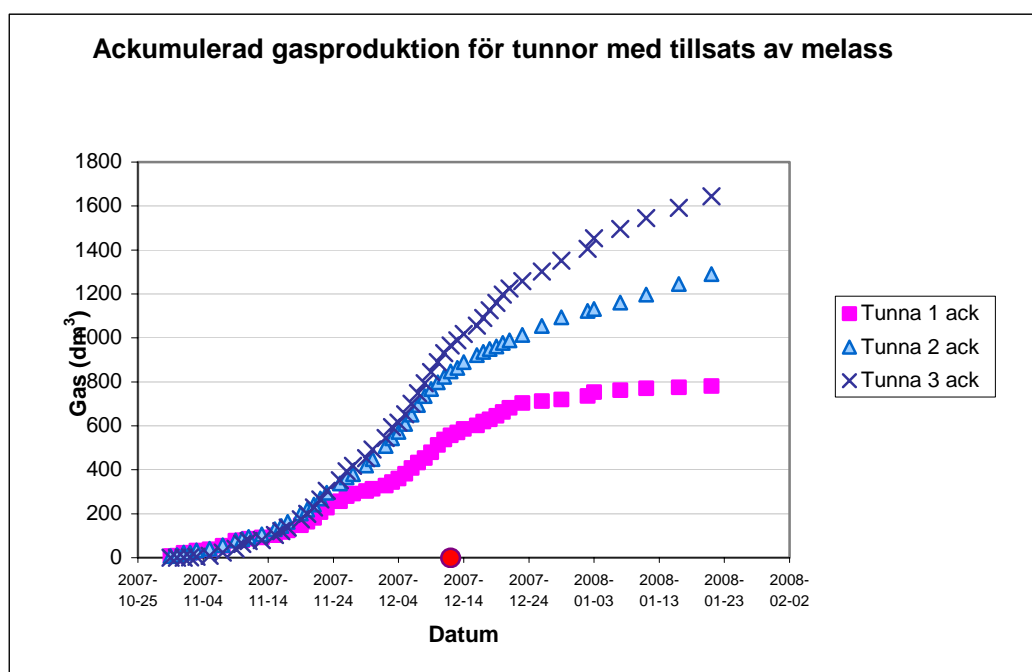
Figur 8. Variationen i pH i tunnor med tillsats av myrsyra. Cirkeln vid x-axeln visar dagen för sista påfyllningen (2007-12-12).

Den doserade mängden myrsyra på 2 wt % visar att pH kan hållas stabil på under 3,6. Figur 8 visar att den feldosering som gjordes vid påfyllningstillfälle 2 och 3 orsakar en höjning av pH-värdet. Det var bara tunna 4 som hade ett pH över 3,6 när lagringen slutfördes. Det visade sig också att det omblandade provet hade högre pH än ytskiktet.

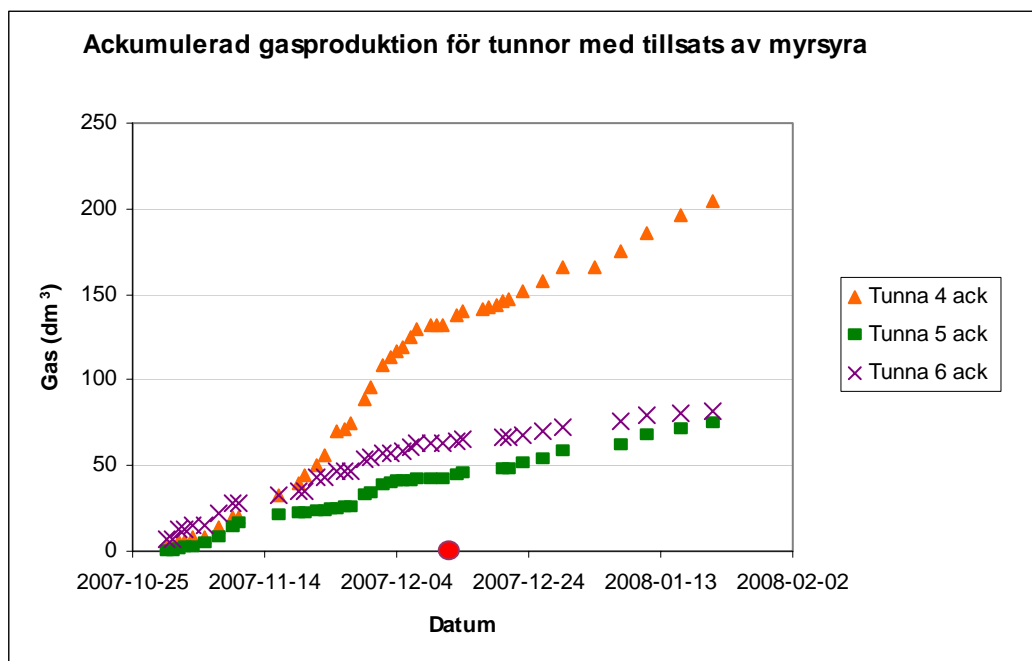
Gasproduktion och andel CO₂

Under lagringstiden mättes gasproduktionen samt mängden koldioxid i tunnorna kontinuerligt. På samma sätt som under laboratorieförsöket varierade CO₂-halten kraftigt eftersom tunnorna öppnades varje vecka de första sex veckorna. Därför har vi valt att inte redovisa CO₂-halten. Under den sista tiden av lagringen efter det att inget nytt material tillsattes steg halten CO₂ i tunnorna.

Produktionen av gas i melasstunnorna ökade efterhand som tunnorna fylldes på. Figur 9 och 10, som visar ackumulerad gasproduktion, tolkas lättast som att ju brantare kurvan är desto mer gas producerades i tunnorna. I tunnorna med myrsyra (tunnorna 4-6) var den ackumulerade gasproduktionen lägre jämfört med melasstunnorna (1-3).



Figur 9. Ackumulerad gasproduktion i tunnor med tillsats av melass. Cirkeln vid x-axeln visar dagen för sista påfyllningen (2007-12-12).



Figur 10. Akkumulerad gasproduktion i tunnor med tillsats av myrsyra. Cirkeln vid x-axeln visar dagen för sista påfyllningen (2007-12-12).

Slakteriavfallets struktur

Utseendet på slakteriavfallet varierade vid de olika hämtningstillfällena. Ibland innehöll det mycket maginnehåll och materialet var därför ganska blött. I vissa fall var andelen fett högre vilket gjorde avfallet mer tungt och kompakt.

Att slakteriavfallets sammansättning varierade visar även de TS-analyser som gjordes på det "färska" avfallet. Tabell 1 visar TS-halterna för det hämtade materialet samt både från ytskiktet i tunnorna och efter det att materialet blandats om i tunnorna när lagringen avslutades.

Tabell 1. Sammanställning av TS-halter på slakteriavfallet.

| | TS-halt (%) | TS-halt (median) (%) | TS-halt (medel) (%) |
|--|-------------|----------------------|---------------------|
| "Färskt" slakteriavfall | 27-78 | 45 | 48 |
| Ytskikt vid avslut av lagringen | 26-61 | 42 | 42 |
| Omblandat material vid avslut av lagringen | 33-50 | 42 | 41 |

När själva omblandningen genomfördes färgades slakteriavfallet till ett mer brunaktigt material av melassen. Myrsyran gav avfallet ett blekare utseende med från (syra) lukt.

Hantering av syra och melass

Hantering av melass i försöket var förhållandevis enkelt. En låg temperatur gör melassen mer trögflytande och skulle därför kunna skapa en mer omständlig hantering, t.ex. att uppvärmning av melassen skulle behövas.

Eftersom slakteriavfallet ibland är rätt så blött kan dimbildning skapas när syran reagerar med vattnet i materialet. Myrsyra är klassat som frätande. Enligt produktens säkerhetsdatablad krävs vid hantering skyddshandkar samt tättslutande skyddsglasögon (Perstorp, 2007). Hantering enligt säkerhetsdatablad är viktig för att undvika skador på människa och miljö.

Resultat av pilotförsöket

Redan efter en veckas lagring hade ett tunt, vitt skikt bildats på ytan av det blandade slakteriavfallet i tunnorna med melass (Figur 11). Det luktar jäst om materialet, varför det kan tolkas att någon form av jästorganism trivs i den miljön som skapats där. Detta skikt verkade dock inte medföra några negativa effekter under lagringstiden.



Figur 11. Ett vitt skikt på ytan av slakteriavfallet blandat med melass.

I tunnorna där myrsyra hade tillsatts ändrades materialet inte mycket under lagringen. Möjligen att konsistensen blev något mjukare på de enskilda bitarna. Vätska kunde konstateras i tunnorna när pH mättes. Jämfört med tunnorna med myrsyra var materialet i melasstunnorna mer homogent, på så sätt att vätskan gärna blandade sig med materialet som därmed blev kompakt.

Vid avslut av lagringen var det mycket vätska i materialet där melass hade tillsatts, men väldigt lite i tunnorna där myrsyra hade tillsatts (Figur 13). För tunnorna med myrsyra var det endast tunna 4 som hade ett pH-värde över 3,6 vid slutet av lagringen. I melasstunnorna gick pH-värdet upp till ca 4,7, vilket var över det önskvärda 4,5.

Även om pH-värdena var något höga vid försökets avslut kunde inte några större nedbrytningseffekter på materialet konstateras i tunnorna.

Jämfört med laborieförsöket med 8 wt % tillsats av melass var pH-värdet i pilotförsöket detsamma – ca 4,7. Tunnorna i pilotförsöket där myrsyra hade tillsatts hade ett något bättre pH-värde (två av de tre tunnorna under pH 3,6) än samma led i laborieförsöket (medel pH 3,8). Lukten var ungefär lika i de enskilda tunnorna under hela lagringstiden; söt, jästaktig lukt i melasstunnorna och syrlig, lite frän, i tunnorna med myrsyra. Tillfället då inblandningen av syra och melass var lägre än planerat resulterade i högre pH-värden i det syrakonserverade avfallet, vilket var en tydlig indikation på att en lägre tillsats inte är att rekommendera.



Figur 12. Utseendet på slakteriavfallet blandat med melass till vänster och med myrsyra till höger vid avslutad lagring.

Gasproduktion i framför allt melasstunnorna tyder på att det sker en biologisk aktivitet i dem (vilket även var syftet med tillsats av melass). Eftersom även pH samtidigt sjönk har en fermentering med hjälp av melassen skapats. Gasproduktionen från tunnorna med tillsats av melass (tunna 1-3) varierade. Tunna 1 hade lägst gasproduktion hela tiden. Detta kan bero på att när blandningen för tunna 1 gjordes så fastnade en del av melassen på väggarna i betongblandaren, vilket kan ha lett till att mängden tillsatt melass blev lägre i tunna 1. Mängden melass skulle, med denna förklaring, i så fall ha ökat successivt och varit som högst för tunna 3. Detta är också fallet, se Figur 9.

Gasproduktionen var mycket högre i tunnorna där melass tillsattes än de där myrsyra tillsattes. Av tunna 4-6 är det tunna 4 som avviker och står för den högsta gasproduktionen – ungefär dubbelt så stor som för tunna 5 och 6. Tunna 4 har även ett högre pH samt att produktionen av koldioxid är högre. Hypotetiskt skulle det, trots en noggrann sköljning av betongblandaren, kunna vara så att det fanns rester av melass kvar som skapat en litet annorlunda miljö i tunna 4 än i tunna 5 och 6.



Figur 13. Avslut av lagringen. Tömning av en tunna på material. Blött utseende på materialet i en melasstunna. Omblandning av material. Uttag av omblandat prov (myrsyra).

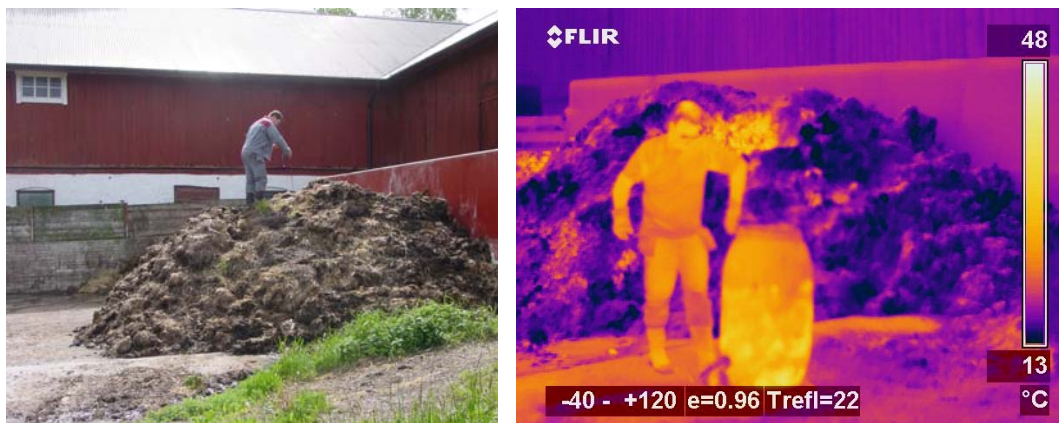
Kompostering

Kompostering vid slakteri

För att undersöka om kategori 3-material kan tas omhand lokalt genom kompostering har en mindre studie genomförts vid ett litet slakteri. Slakteriet komposterar idag sitt kategori 3-material tillsammans med fast svingödsel och strö (halm) från slakteriets suggstall. Komposteringen sker i högar på en betongplatta. Högarna vänds två till tre gånger innan de sprids på åkermark 1 ggr/år i juli. Efter spridningen plöjs materialet ned.

Under våren 2007 hanterades tre stycken komposthögar vid slakteriet (hög 1, 2 och 3). Hög 1 var den hög som hade komposterats längst (ca 1 år) och skulle spridas till sommaren. Hög 2 bestod av färskt material och var den hög som användes för tillfället. Till hög 3 hade inget nytt material tillförts den senaste månaden. För att bedöma om komposteringen medfört en hygienisering togs prover ut för mikrobiologisk analys.

I studien har två provtagningar genomförts 2007-06-01 respektive 2007-06-09. Vid provtagningstillfällena var utomhustemperaturen 23°C respektive 28,5°C. Temperaturen i fältförsöket uppmättes med INTAB:s Tinytag temperaturlogger.



Figur 14. Temperaturmätning i hög 1 samt en bild tagen med värmekamera när prov tagit från hög 1.

Temperaturmätning i hög 1, 2007-06-01

Hög 1 var den största av de tre högarna. Den var 5,5 x 4,5 meter med en höjd på max 3 meter. Materialet i högen bestod av knappt ett år gammalt material. Vid provtagningstillfället hade högen vänts sista gången en månad tidigare.

Vid provtagningen mättes temperaturen i högen på fyra ställen: på krönet av högen; i centrum; på sidorna samt mitt fram, Figur 15. Det gick inte att mäta temperaturen på den sidan som låg an mot gödselplattans sidovägg. Provtagningspunkterna på sidorna var en meter in från kanten på högen och i varje punkt på djupet ca 0,5 respektive ca 1 meter in i högen.

Den uppmätta temperaturen var i intervallet 27-56°C och var högre mot mitten än på kanterna, Tabell 2



Figur 15. Provtagningspunkter i hög 1.

Tabell 2. Temperaturer i hög 1 vid mätilfället 2007-06-01.

| Provtagningspunkt | Nivå | Temperatur, °C |
|-------------------|----------------------|----------------|
| P 1 | 0,5 m ner mot botten | 56 |
| | 1 m ner mot botten | 46 |
| P 2 | 0,5 m in mot mitten | 34 |
| | 1,0 m in mot mitten | 33 |
| | 0,5 m ner mot botten | 28 |
| | 1,0 m ner mot botten | 22 |
| P 3 | 0,5 m in mot mitten | 42 |
| | 1,0 m in mot mitten | 39 |
| | 0,5 m ner mot botten | 33 |
| | 1,0 m ner mot botten | 28 |
| P 4 | 0,5 m in mot mitten | 42 |
| | 1,0 m in mot mitten | 43 |
| | 0,5 m ner mot botten | 32 |
| | 1,0 m ner mot botten | 27 |

Uttag av kompostmaterial från hög 1, 2007-06-01

Materialet i hög 1 hade komposterats och eftermognat under närmare ett år. Vid okulärbesiktning av hög 1 verkade den vara för kompakt för en väl fungerande kompostering (dvs. den skulle behöva en bättre tillgång till syre). En större inblandning av strö/halm hade varit önskvärt.

I hög 1 togs större provmängder ut i punkterna P1, P2 och P3 (Figur 15). Proven samlades upp i separata plasttunnor med lock (kärlvolym ca 160 l). Kärlen fylldes ungefär till hälften. Kärlen fördes till ett kylrum på JTI där de stod i 10 dagar. Mot slutet av förvaringstiden gick kylsystemet sönder varför temperaturen successivt steg till utomhustemperatur.

Temperaturmätning i hög 2, 2007-06-01

Hög 2 var den komposthög som användes vid provtagningsstillfället. Det vill säga det var den hög som nytt slakteriavfall (kategori 3-material) tillfördes. Temperaturen mättes i centrum på toppen av högen på två nivåer. På 1 meters djup ner mot botten var temperaturen 38°C och på ca 1,5 meters djup 35°C. Från hög 2 tog inga prov ut.

Temperaturmätning i hög 3, 2007-06-01

Hög 3 kan sägas vara i stadiet mellan hög 1 och hög 2. Inget nytt material hade tillförts högen under den senaste månaden och högen har inte heller vänts sedan dess. Temperaturmätningar utfördes i två punkter - på högra respektive vänstra sidan ungefär 1 meter in från kanten av högen. Temperaturen var högre än i hög 1 och 2 (Tabell 3).

Tabell 3. Temperaturen i hög 3 vid provtagningsstillfälle 2007-06-01.

| Provtagningspunkt | Nivå | Temperatur, °C |
|-------------------|-------------------|----------------|
| Höger kant | 0,5 m ner i högen | 59 |
| | 1,0 m ner i högen | 53 |
| Vänster kant | 0,5 m ner i högen | 47 |
| | 1,0 m ner i högen | 42 |

Temperaturmätning i hög 3, 2007-06-09

Vid det andra provtagningsstillfället koncentrerades provtagningen till hög 3. Högen hade inte blandats om sedan drygt en månad och innan dess hade högen bara vänts en gång. Hög 3 omblandades genom att den successivt flyttades med hjälp av en traktorskopa från ett ställe på gödselplattan till ett annat, Figur 16.



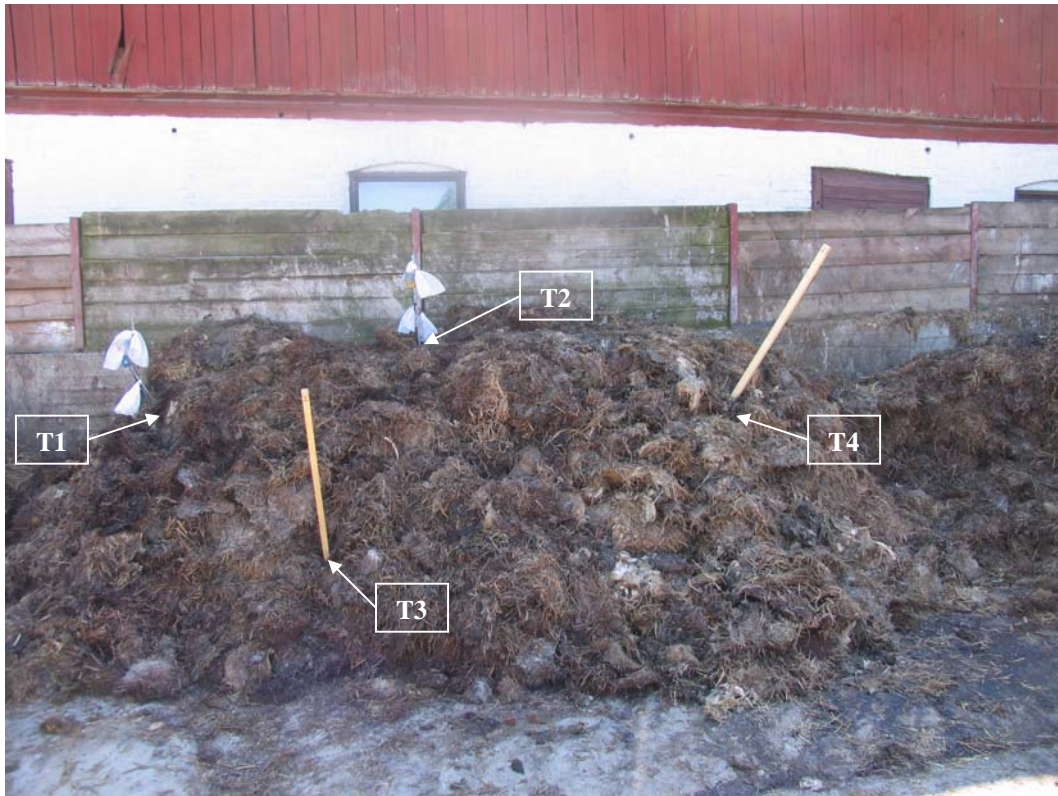
Figur 16. Omblandning av hög 3, 2007-06-09.

Före och efter omblandningen mättes temperaturen i två punkter i högen, höger respektive vänster kant, Tabell 4.

Tabell 4. Temperaturen i hög 3 före och efter omblandning, 2007-06-09.

| Provtagningspunkt | Nivå | Temperatur, °C |
|--------------------------------|-------------------|----------------|
| Höger kant före omblandning | 0,5 m ner i högen | 55,7 |
| | 1,0 m ner i högen | 45,5 |
| Vänster kant före omblandning | 0,5 m ner i högen | 47,6 |
| | 1,0 m ner i högen | 45,5 |
| Höger kant efter omblandning | 0,5 m ner i högen | 36,6 |
| | 1,0 m ner i högen | 38,7 |
| Vänster kant efter omblandning | 0,5 m ner i högen | 20,5 |
| | 1,0 m ner i högen | 40,5 |

För att följa förändring i temperatur efter omblandningen placerades fyra temperaturmätare i hög 3 (Figur 17). Mätarna placerades dels på djupet ca 30 cm ner (T1 och T2), dels ca 80 cm ner i högen (T3 och T4). Temperaturen loggades för T1 och T2 under tidsintervallet 07-06-08 – 07-06-19 och för T3 och T4 under 07-06-08 – 07-06-13. I mätare T1 och T2 registrerades även temperaturen utomhus. Efter omblandning stiger temperaturen i högen. I punkt T2 placerad 80 cm ned uppnås den högsta temperaturen på drygt 68 °C (bilaga 1).



Figur 17. Placering för temperaturmätare i hög 3.

Uttag av kompostmaterial ur hög 3, 2007-06-09

Efter det att hög 3 vänts togs provmaterial ut. Materialet lades i en större sopsäck som var placerad i ett avfallskärl. Kärllet fördes till ett kylrum på JTI där det stod i 3 dagar. Det finns en viss osäkerhet kring hur länge kärlet stod i kyla eftersom kylsystemet mot slutet av förvaringstiden var ur funktion.

Malning av kompostmaterial

Eftersom de tre plastkärnen med material från hög 1 och kärlet med material från hög 3 stod en kortare tid i icke kylt rum kan en viss nedbrytning av kompostmaterialet ha skett. Det bedöms inte ha någon nämnvärd påverkan på kompostmaterialet.

Materialet från hög 1 och 3 maldes med en köttkvarn av fabrikatet Palmia. Vid malning av kompostmaterialet användes först en ekerskiva, därefter en trebladig kniv följt av en 28 mm hålskiva, därefter en trebladig kniv för att avslutas med en 12 mm hålskiva. Malningen genomföres den 12/6 (material från hög 1) respektive 13/6 (material från hög 3).

Provberedning av material från hög 1 och 3

Provmaterialet togs ut successivt under malningen direkt från kvarnen och lades i en påse. Från denna påse fördelades sedan material till två mindre påsar för att dels analysera torrs substans och organiskt material, dels hygienisk status.

Mellan malning av varje prov rengjordes kvarn och kvarnhus med vatten och högtrycksspruta. Grövre material på knivar och skivor spolades av med vatten och högtrycksspruta, samt diskades med diskmedel. Kvarn, kvarnhus och skruv brändes även av med gasolbrännare.

Analysresultat från komposthögarna

Analys av TS och VS på materialet gjordes på JTI och resultaten visas i Tabell 5. Med materialets torrsubstansinnehåll, TS, menas det som blir kvar efter att dess vatteninnehåll torkats bort. Med torrsubstanshalt, TS-halt, menas andelen torrsubstansinnehåll jämfört med den ursprungliga våtvikten.

Med materialets VS-innehåll (Volatile Solids som också går under benämningen glödförlust eller organiskt innehåll) menas den del som försvinner då torrsubstansen föraskas. Kvar efter föraskning blir materialets innehåll av aska.

Med materialets VS-halt menas andelen organiskt material jämfört med den ursprungliga våtvikten.

Tabell 5. Torrsubstanshalt (TS) och organiskt innehåll (VS) i hög 1 och 3.

| Prov | TS (%) | VS (%) |
|-----------------|--------|--------|
| Hög 1 (vänster) | 31,2 | 16,3 |
| Hög 1 (höger) | 29,4 | 18,1 |
| Hög 1 (mitten) | 29,9 | 18,5 |
| Hög 3 (mitten) | 29,9 | 22,9 |

För att uppfylla de hygieniska behandlingskraven enligt animaliska biproduktförordningen (ABP-förordningen) får inte det behandlade materialet innehålla mer än 1 000 (10^3) stycken bakterier av *Escherichia coli* (*e. coli*) respektive *Enterokocker* per gram prov. Ingen *salmonella* får förekomma.

I hög 1 togs tre prover som analyserades på termotoleranta koliforma bakterier, presumtiva *e. coli* samt *enterokocker* (Tabell 6 samt bilaga 2). Analysresultaten anges som logaritm i antal/gram. Siffran 5,0 innebär alltså $10^{5,0}$, vilket är 100 000 stycken. Analyserna visar att två av proven inte kan anses uppfylla ABP-förordningens krav medan det tredje uppfyller kravet.

I hög 3 togs endast ett prov som jämförelse. Analysresultatet visar (Tabell 6 samt bilaga 2) alldeles för högt antal *e. coli* och *enterokocker*.

Tabell 6. Bakterieanalys i prover från hög 1 och från hög 3.

| Bakterieanalys | Hög 1 | Hög 1 | Hög 1 | Hög 3 |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------|-------|
| | Vänster kant | Väster kant | Mitten | |
| Logaritm antal/gram | | | | |
| Termotoleranta koliforma bakterier | 5,0 | 3,9 | 5,2 | 5,4 |
| Presumtiva <i>E. coli</i> | 3,6 | <3,0 | 4,3 | 4,8 |
| Enterokocker | 4,7 | 3,5 | 4,8 | 5,0 |

Analyserna av termotoleranta koliforma bakterier, presumtiva *e. coli* bakterier samt *enterokocker* gjordes på avdelningen för bakteriologi/livsmedelshygien, Livsmedelslaboratoriet, SLU (Sveriges lantbruksuniversitet), som är ackrediterat laboratorium för dessa analyser.

Analysresultaten från komposthögarna visar att det komposterade materialet innehåller för höga halter av indikatororganismer trots att materialet i den ena högen har komposterats under nästan ett år.

Statens veterinär medicinska anstalt (SVA) utreder, på uppdrag av Jordbruksverket, alternativa bearbetningsmetoder som kan motsvara kraven i ABP-förordningen. Enligt SVA, Ann Albihn, kommer inte öppen kompostering av animaliska biprodukter, kategori 3, kunna bli tillåtet. I en öppen kompostprocess går det inte, enligt SVA, att garantera att allt material når den temperatur som krävs. I ytterkanterna kommer det att finnas material som inte når avsedd temperatur. När högen vänds finns risk att delar av detta material återigen hamnar i ytterkanten och kan därmed kontaminera redan behandlat material. I en sluten kompostprocess är det däremot lättare att undvika dessa problem. Det är även lättare att hindra fåglar och gnagare att komma åt och sprida material från komposten.

Tänkbara metoder

Nedan beskrivna metoder har i detta projekt diskuterats som alternativ till slakteriets öppna kompostering. Beskrivningen av metoderna bygger endast på befintligt tillgängligt material och har inte något samband med SVA:s mer grundliga utredning av metoder åt Jordbruksverket, eftersom SVA:s studie inte är tillgänglig när denna rapport lämnas.

Sluten kompostering

Kompostering av matavfall från olika verksamheter - bland annat skolrestauranger, samt från hushåll – kan göras i komposteringstrummor. Tillsats av strukturförbättrande material i form av halm eller spån är nödvändig. Kontinuerlig uppföljning av temperatur måste finnas.

Avfallsmängder

Ett produktionsställe på 1 000 djurenheter motsvarar ca 5 000 slaktsvin per år. Följande beräkningar utgår från att levandevikten är 113 kg per slaktsvin. Vid slakt av svin uppkommer fyra avfallstyper av kategori 3- och kategori 2-material, se Tabell 7.

Tabell 7. Beräknad mängd animaliskt avfall från 1 000 de slaktsvin, från Edström m.fl. (2006).

| Avfallstyp | Kategori ¹ | Mängd kg per år | TS-halt % | Mängd TS kg |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|----------------|
| Blod | 3 | 15 700 | 19 | 2 980 |
| Slakteriavfall | 3 | 85 800 | 31 | 26 600 |
| Mag- och tarminnehåll | 2 | 34 700 | 10 | 3 470 |
| Stycknings- och charkavfall | 3 | 127 700 | 31 | 39 590 |
| Till biologisk behandling | | 263 900 | 28 | 72 640 |

1) Enligt 1774/2002

Till biologisk behandling faller ca 5 075 kg (1 400 kg TS) slakteriavfall per vecka, exklusive strömmaterial. Mängden organiskt material, kväve, fosfor och kalium framgår av Tabell 8.

Tabell 8. Innehåll av organiskt material, kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i slakteriavfall från svin, från Edström m.fl. (2006).

| Avfallstyp | VS Kg/d | N kg/d | P kg/d | K kg/d |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Blod | 8 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| Slakteriavfall | 66 | 6,6 | 1,0 | 0,3 |
| Mag- och tarminnehåll | 8 | 0,3 | 0,1 | 0,2 |
| Stycknings- och charkavfall | 98 | 9,9 | 1,5 | 0,5 |
| Till biologisk behandling | 180 | 18,0 | 2,6 | 1,0 |

Motsvarande mängd slakteriavfall från 200 djurenheter per år (ca 1 000 slaktsvin) är ca 52 800 kg per år våtvikt och ca 14 500 kg TS per år.

Omhändertagande av slakteriavfall

I slakteriavfall med hög proteinhalt, är kvävehalten också hög. Förhållandet mellan kol och kväve (C/N-kvoten) för slakteriavfallet är ca 5. För optimal tillväxt av mikroorganismerna vid kompostering bör C/N-kvoten på blandningen av avfall ligga mellan 25 och 35 (Biddlestone m.fl., 1987; Anderson, 1990). För att höja C/N-kvoten behövs ett kolrikt material tillsätts, t.ex. halm. Tillsats av halm förbättrar även strukturen så att syretillgången i hela materialet underlättas och därmed komposteringen.

Slakteriavfall innehåller kväve som är lätt för mikroorganismer att omsätta. Om kvävehalten i kompostblandningen är hög ökar risken för ammoniakförlust. Dessutom hämmar höga ammoniakhalter mikroorganismernas tillväxt. För lite kväve kan även leda till begränsad tillväxt av mikroorganismerna. Genom att hålla mikroorganismerna välförsedda med tillgänglig energi (kol) under hela komposteringsprocessen undviks överskott på kväve vid nedbrytningen av kväverika material som slakteriavfall. Högre C/N-kvot (dvs. om mer strömmaterial tillsätts) gör att nedbrytningen kan ta längre tid, men i gengäld blir kväveförlusten mindre. Även för att minska risken för luktproblem krävs inblandning av torrt och kolrikt material. Vidare kan för lågt kväveinnehåll (dvs. hög C/N-kvot) leda till en för låg ammo-

niumpkoncentration och därmed också en dålig buffertkapacitet, vilket gör komposteringsprocessen känslig för störningar.

Förutom rätt balans mellan kol och kväve (C/N-kvot) bör fukthalten hållas på en lämplig nivå så att syre (luft) lätt kan tränga in i komposten. Mikroorganismerna förbrukar syre när de bryter ned avfallet och därför är syretillgången mycket viktig för komposteringen. Samtidigt får inte materialet vara för torrt. En lämplig torrsubstanshalt i materialet är ca 40 % (dvs. vattenhalten är 60 %). För att höja TS-halten till ca 40 % och samtidigt få rätt C/N-kvot är det lämpligt att tillsätta halm. Halm har en TS-halt på ca 80-90 % och VS-innehållet (organiska innehållet eller innehållet av kol) är ca 96 %. C/N-kvoten för halm är ca 80 (Strömberg, 2004).

För att skapa lämpliga förhållanden (C/N-kvot samt fukthalt) för att kompostera slaktavfall åtgår mellan 1/3 och 2/3 våtvikt halm av slakteriavfallsmängden i våtvikt. Beräknat utifrån avfallsmängderna i Tabell 8 och att 50 % slakteriavfall och 50 % halm blandas innebär det att ca 10 000 kg kompost skapas per vecka.

Komposteringsutrustning

På markanden finns ett par olika utrustningar för trumkompostering varav JORA kompost JK 5100 och Aletrumman är av de större inom denna kategori komposteringsstrummor. Utrustningen klarar mängder motsvarande 400 – 1 400 kg/vecka.

JK5100 består av en inkastenhets med sönderdelningskvarn och två seriekopplade kompostkammare, en huvudprocesskammare (900 l) och en eftermognadskammare (900 l). Kapaciteten är maximerad till 700 kg per vecka. Matavfallet töms i inkastet där det sedan mals och matas in i huvudprocesskammaren. En automatisk doserare tillsätter en förprogrammerad mängd strömmaterial. Mängden strömmaterial kan programmeras och justeras utifrån sammansättningen på det material som ska behandlas. Omrörning sker automatiskt med 15 sekunder, var 40:e minut, eller enligt egna önskade intervall som även det kan programmeras. Uppehållstiden i första komposteringskammaren är ca två veckor varefter materialet slussas till efterkomposteringskammaren. Efter ytterligare två veckor matas ett färdigkomposterat material ut.

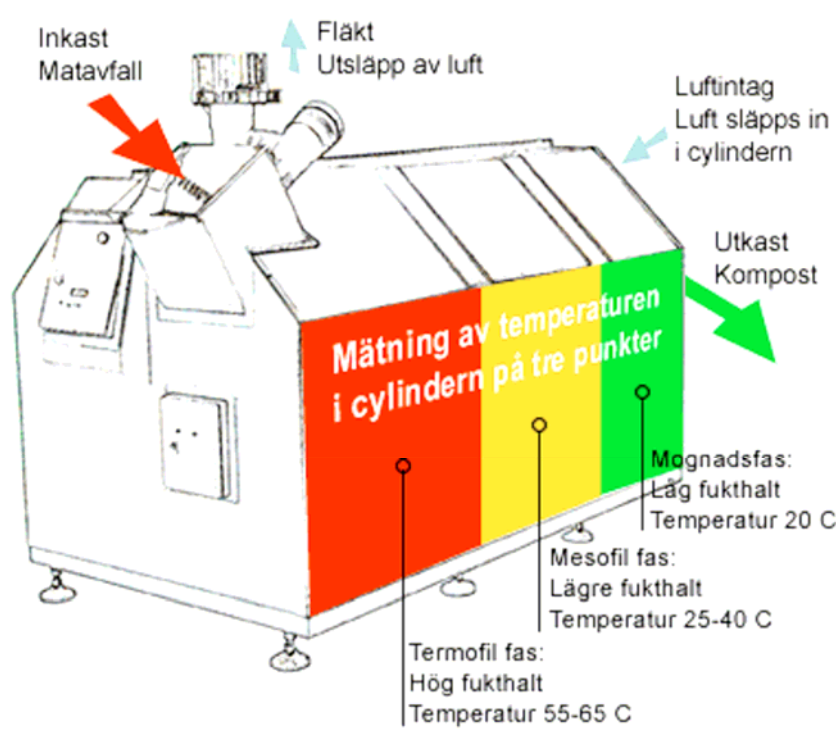


Figur 18. Jora JK 5100 kompostreaktor.

Utifrån mängden slakteriavfall krävs $10\,000/700 = 15$ stycken kompostorer som drivs parallellt eller seriellt i två led. Behovet av komposter för 200 djurenheter är 3 st.

Aletrumman består av en inkastenhets med sönderdelningskvarn och en komposttrumma med volym 4 000 liter. Kapaciteten är maximerad till 1 400 kg per vecka inkl. strömaterial. Efter inmatning roterar och luftas materialet i den slutna cylindertrumman. Vändning sker 1-2 minuter per timme. Efter fullgjord huvudprocess matas komposten ut och behöver efterkomposteras i 4-6 månader innan användning. Aletrumman är isolerad och kan installeras såväl inom- som utomhus. Ventilationsluft kopplas direkt till avloppsledningsnätet. Alternativt släpps ventilationsluften ut i omgivningen efter passage genom ett extra biofilter.

Utifrån mängden slakteriavfall krävs $10\,000/1\,200 = 9$ stycken kompostorer som drivs parallellt eller seriellt. Behovet av komposter för 200 djurenheter är 2 st.



Figur 19. Översiktlig beskrivning av Aletrumman T240.

Skötsel och tillsyn av kompostorerna bedöms kunna kräva ca 0,5-0,75 timme per vecka. Skötsel och tillsynsrutiner finns framtagna för var maskin.

Sönderdelning

Eftersom installerad kvarn som ingår i kompostmaskinerna inte bedöms klara att sönderdela vissa delar av slakteriavfallet krävs en externt placerad kvarn för sönderdelning. Kvarnar finns i ett flertal olika utföranden. Dessa kvarnar har utvecklats för att bearbeta olika sorters material, från mjukare till hårdare material. Snabbgående kvarnar sönderdelar materialet med hjälp av kraft, vilket är lämpligt för hårdare och torrare material. Långsamt gående kvarnar har en skjuvande och

skärade verkan och är lämpligare för segare och blötare material. Inom slakteribranschen finns kvarnar utvecklade för slakteriavfall. Sönderdelning sker med hjälp av medbringande skruvar som pressar materialet mot roterande skär. Genom skruvarnas pressande och knivarnas skärande verkan sönderdelas både hårda och mjukare avfallsdelar.

Kalkning

För att hygienisera slakteriavfall är det möjligt att tillsätta kalk. Det finns idag ingen godkänd metod för detta. Det som redovisas nedan bygger framför allt på de rekommendationer som finns för hygienisering av gödsel som innehåller t.ex. *Salmonella*. Kalkning av slakteriavfall kan dock användas för att förlänga lagringstiden när avfallsmängderna är små. Kalkningen minskar luktproblemen och avfallet blir samtidigt mindre attraktivt för skadedjur.

De grundläggande begreppen som tas upp i detta avsnitt är hämtat från Inger M. m.fl. (1997).

Kalkning, för hygienisering, är en kemisk behandling och den kan göras med släckt kalk, kalciumhydroxid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, eller osläckt/bränd kalk, kalciumoxid, CaO . Att använda kalk för att stabilisera och hygienisera avloppsslam vid reningsverk har en lång tradition och är även idag det dominerande fältet för kalkhygienisering. Inom lantbruket förekommer det att kalk utnyttjas för att reducera smittämnen i gödsel. Material med lågt vatteninnehåll t.ex. fastgödsel, strö eller foderrester, behandlas med bränd kalk medan blötare material som flytgödsel, urin eller gödselvatten behandlas med släckt kalk. För många av dessa materialtyper är det dock mycket ovanligt att kalk används för desinfektion.

Kalkens bakteriologiska effekt på mikroorganismer styrs av pH-värdet. Det är viktigt att man uppnår en pH-nivå över 12 för att mikroorganismerna i materialet ska inaktiveras. Det får till följd att den biologiska aktiviteten upphör och materialet blir stabilt och luktfritt. Under lagring kommer pH att successivt sjunka i materialet vilket bland annat beror på att koldioxid från luften tas upp i materialet. När pH sjunker startar den biologiska nedbrytningen igen och orsakar luktolägenheter. Både vid pH 8-9 och redan vid pH 11 har lukt observerats under lagring. Mängden tillsatt kalk avgör hur länge ett tillräckligt högt pH-värde kan hållas. Kalkåtgången är stor om man ska uppnå en tillfredsställande effekt. Det är dessutom viktigt med en effektiv omblandning och homogenisering av materialet och kalken. Metodbeskrivning för kalkbehandling av avloppsslam samt desinficering av stallgödsel med kalk finns i bilaga 3. Där finns även en beräkning av kalkåtgång vid kalkbehandling av slakteriavfall.

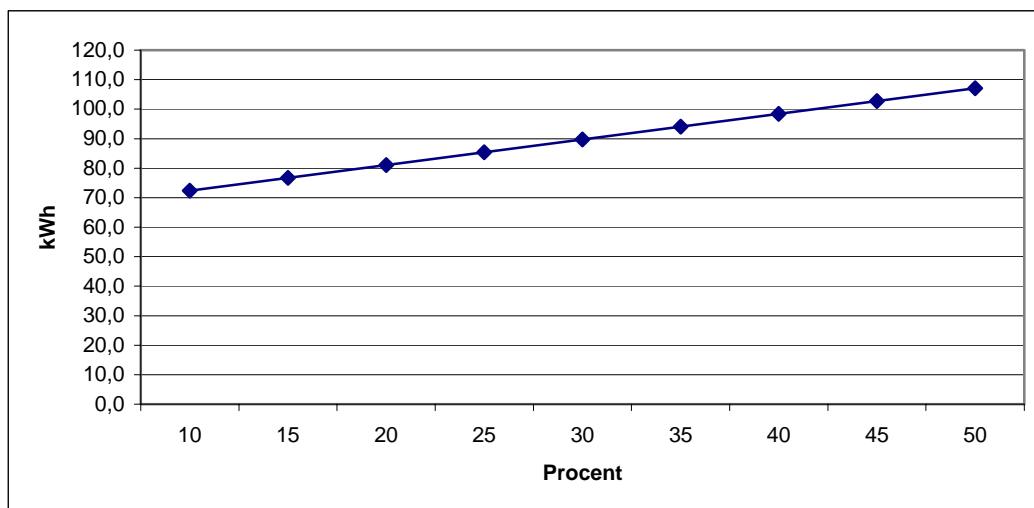
Kokning av slakteriavfall

Slakteriavfallet värmebehandlas i syfte att uppnå hygienisering. Utrustningen består till exempel av kokkärl, uppvärmningsanordning, temperaturmätare, tidmätare etc. För kokningen kan även behövas en viss mängd vatten, som värms via exempelvis en pelletspanna, elektricitet eller annan form av uppvärmning. Därutöver en lämplig avloppshantering, möjlighet till återanvändning av vatten, fettavskiljare, möjlighet att ta ut kokat avfall för vidare hantering/kompostering, etc.

Vid hygienisering krävs att allt material utsätts för lägst 70 °C kontinuerligt under minst en timme. Normalt används en säkerhetsmarginal på några grader, 73-75 °C.

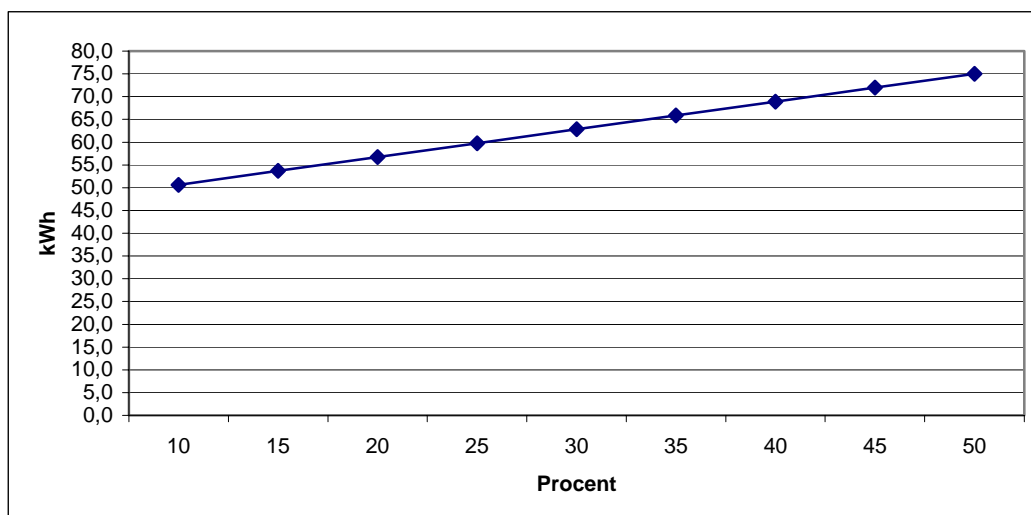
Volymen för beräknad mängd slakteriavfall bedöms vara 1,02 ton per dygn. Värmebehovet (exklusive förluster) för att värma 1 ton slakteriavfall (med ca 30 % TS-halt) från 20 till 75 °C är ca 58 kWh/d. Därtill måste den vattenmängd som tillsätts vid värmebehandlingen också värmas till vald hygieniseringstemperatur. Värmebehovet (exklusive förluster) för att värma rent vatten beror på behovet av mängden vatten som måste tillsättas för att täcka slakteriavfallet. Slaktresternas innehåll av vatten och fett är förhållandevis hög, vilket innebär att mängden tillsatt vatten bedöms vara ca 10 % av slaktavfallets vikt. Värmebehovet (exklusive förluster) för att värma 100 liter tillsatt vatten från 8 °C till 75 °C beräknas till ca 8 kWh/d.

Värmeförlusterna för systemet bedöms till ca 10 %, vilket medför att den totala energiåtgången för hygienisering av slakteriavfallet (uppvärmning av slaktavfall, vatten samt värmeförlust) uppgår till ca 72 kWh/d (energi för pumpar mm. är ej medräknat). Ökat vattenbehov höjer energibehovet enligt Figur 20.



Figur 20. Energibehov för uppvärmning (av slaktavfall, vatten samt värmeförlust) per dag till drygt 70 °C i relation till andel tillsatt vatten i procent.

Enligt ABP är det sedan år 2007 möjligt att andra metoder för hygienisering än behandling vid minst 70 °C under minst 1 timme kan godkännas. Ansökningar, bland annat om att få sänka temperaturen från 70 °C till 55 °C under förutsättning att uppehållstiden förlängs från en timme till 6 timmar, finns hos Jordbruksverket. För metoden ett godkännande innebär detta att energiåtgången minskar för hygienisering med närmare drygt 25 %, se Figur 21.



Figur 21. Energibehov för uppvärmning (av slaktavfall, vatten samt värmeförlust) per dag till 55 °C i relation till andel tillsatt vatten i procent.

Utformning av kärl bör ske så att slakteriavfallet inte bränns fast. Behov av omrörning kan behövas för att samtliga delar av slakteriavfallet ska utsättas för den höga temperaturen under behandlingstiden. Ventilationsluft från kokningen måste omhändertas på ett godtagbart sätt. Flera olika tekniker finns, varav biofilter är vanligast.

Ekonomi

För att kunna belysa de ekonomiska konsekvenserna av att använda resultat från de genomförda lagrings- och komposteringsförsöken och de föreslagna metoderna för hygienisering i praktisk skala, görs i detta kapitel ekonomiska kalkyler. Förutsättningarna för beräkningarna finns i bilaga 4. Kalkylerna är baserade på småskaliga slakterier som slaktar 1 000 (200 djurenheter) alternativt 5 000 slaktvin (1 000 djurenheter) per år och där det också bedrivs styckning och charkverksamhet på slaktkropparna. Samma beräkningsmetodik används som beskrivs av Edström m.fl. (2006). Ekonomin beräknas för följande system:

- Alternativ 1: Långtidslagring av malt slakt-, stycknings- och charkavfall genom konservering via inblandning med 2 wt % myrsyra i en lufttät lagertank som rymmer ca 10 ton slaktavfall. Efter att tanken har fyllts hämtas den av en lastväxlarbil och transporteras till en regional biogasanläggning. Systemet är identiskt med ett av de system som Edström m.fl. (2006) beskriver, men kalkylerna har uppdaterats, framför allt med nya kostnader för tillsats av myrsyra.
- Alternativ 2: Långtidslagring av malt slakt-, stycknings- och charkavfall genom konservering via inblandning med 8 wt % melass i en lufttät lagertank som rymmer ca 10 ton slaktavfall. Efter att tanken har fyllts hämtas den av en lastväxlarbil och transporteras till regional biogasanläggningen. Systemet är identiskt med ett av de system som Edström m.fl. (2006) beskriver, men kalkylerna har uppdaterats med kostnader för att använda melass som konserveringsmedel.

- Alternativ 3: Satsvis hygienisering av malt slakt-, stycknings- och charkavfall tillsammans med mag- och tarminnehåll genom värmebehandling i en blandare vid minst 70 °C under 1 timme. I samband med att hygieniseringen ska påbörjas tillförs också 10 wt % vatten för att förbättra värmeövergången till avfallet. Därefter komposteras det hygieniserade avfallet i en stuka där 50 wt % halm blandas in för att uppnå önskad struktur och kol/kväve-kvot. Kompostering och eftermognad pågår upp emot ett år och stukan vänds vid 3 tillfällen. Efter avslutad eftermognad sprids komposten på åkermark.
- Alternativ 4: Reaktorbaserad kompostering av malt slakt-, stycknings- och charkavfall tillsammans med mag- och tarminnehåll. I komposteringsprocessen uppnås tillräckligt hög temperatur och lång uppehållstid så att hygieniserings-effekten motsvarar en satsvis värmebehandling vid 70 °C under 1 timme. Innan reaktorkomposteringen påbörjas blandas halm in (50 wt %) i avfallet för att uppnå önskad struktur och kol/kväve-kvot. Efter komposteringen eftermognar blandningen under 6-12 månader och vänds varannan vecka under första månaden och därefter en gång i månaden. Efter avslutad eftermognad sprids komposten på åkermark.

Långtidslagring av animaliskt avfall för behandling i extern anläggning (alternativ 1 och 2)

De ekonomiska kostnaderna för att behandla malt avfall som uppkommer vid slakt av 1 000 respektive 5 000 slaktsvin (motsvarar 200 respektive 1 000 djur-enheter) redovisas i Tabell 9 då det långtidslagras i gastät tank där myrsyra (Alt 1) alternativt melass (Alt 2) används som tillsatsmedel. Då lagringstanken är full transporteras avfallet till en regional biogasanläggning.

Tabell 9. Kostnader för avfallshantering vid småskalig slakt där avfallet långtidslagras med hjälp av tillsats av myrsyra alternativt melass. Kkr/år = 1 000 kr/år.

| Konserveringsmedel | Alt 1 | | Alt 2 | | Enhet |
|--|------------|------------------------|------------|------------|---------------|
| | Myrsyra | Myrsyra | Melass | Melass | |
| Slaktade svin | 1 000 | 5 000 | 1 000 | 5 000 | st/år |
| Malning & blandning | 520 | 190 | 520 | 190 | kr/ton |
| Konserveringsmedel | 180 | 180 | 400 | 400 | kr/ton |
| Lagertank | 580 | 150 | 580 | 150 | kr/ton |
| Transporter | 90 | 90 | 90 | 90 | kr/ton |
| Regional biogasanläggning | 400 | 400 | 400 | 400 | kr/ton |
| <i>Summa animaliska biprodukter</i> | <i>82</i> | <i>241</i> | <i>90</i> | <i>287</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Summa andra kostnader</i> | <i>28</i> | <i>92¹⁾</i> | <i>28</i> | <i>93</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Växtnäring i kompost</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Resultterande kostnad, animaliska biprodukter & avloppsvatten</i> | <i>110</i> | <i>334</i> | <i>119</i> | <i>380</i> | <i>kkr/år</i> |

1) inkluderar spridningskostnad för mag- och tarminnehåll

Kompostering av animaliskt avfall i lokal anläggning (alternativ 3 och 4)

De ekonomiska kostnaderna för att behandla malt avfall som uppkommer vid slakt av 1 000 respektive 5 000 slaktsvin (motsvarar 200 respektive 1 000 djur-enheter) redovisas i Tabell 10 för två alternativa komposteringsmetoder som sker lokalt vid slakteriet.

Utgångspunkten är att de bägge komposteringsmetoderna ger den hygieniserings-effekt som krävs enligt animaliska biproduktsförordningen (1774/2002). I alternativ 3 sker först en satsvis värmebehandling av avfallet vid 70 °C under 1 timme (genom kokning) innan avfallet komposteras i en öppen stuka. I alternativ 4 komposteras avfallet direkt i en sluten kompostreaktor (Joraform eller Aletrumman).

Tabell 10. Kostnader för avfallshantering vid småskalig slakt där avfallet komposteras lokalt. Kkr/år = 1 000 kr/år.

| Hygieniseringsmetod | Alt 3 | | Alt 4 | | Enhet |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| | 70 °C, 1h | 70 °C, 1h | Kom-postering | Kom-postering | |
| Fabrikat, trumma | | | Jora | Ale | |
| Slaktade svin | 1 000 | 5 000 | 1 000 | 1 000 | st/år |
| Behandlingsläggning ³⁾ | 2 240 | 1 180 | 3 254 | 3 350 | kr/ton |
| <i>Summa animaliska biprodukter</i> | <i>103</i> | <i>271</i> | <i>149</i> | <i>154</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Summa andra kostnader</i> | <i>27</i> | <i>89</i> | <i>27</i> | <i>27</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Växtnäring i kompost</i> | <i>-6 ¹⁾</i> | <i>-28 ¹⁾</i> | <i>-6 ¹⁾</i> | <i>-6 ¹⁾</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Resultaterande kostnad, animaliska biprodukter & avloppsvatten</i> | <i>124 ²⁾</i> | <i>332 ²⁾</i> | <i>171</i> | <i>176</i> | <i>kkr/år</i> |

6. Växtnäringen i komposten representerar en intäkt. Eftersom tabellen redovisar kostnader blir detta värde negativt
7. Värdet av växtnäringen har dragit bort från totala kostnaderna
8. Inkluderar kostnad för reaktorkompostering, eftermognad och spridning av kompost

Summering av tidigare genomförda ekonomiska kalkyler

Edström m.fl., (2006) har beräknat kostnaderna för avfallshantering som uppstår vid slakt av bl.a. 5 000 slaktsvin per år, inklusive styckning och chark. De ekonomiska konsekvenserna beräknades för fem olika behandlingsmetoder för slakteriavfall från småskalig slakt, vilka delades upp i:

- Ref 1a och 1b. Samförbränning i stor anläggning (det sätt som idag huvudsakligen används vid omhändertagande av avfall från småskalig slakt). Ref 1a gäller vid slakt av 1 000 svin per år och Ref 1b för 5 000 svin per år.
- Ref 2. Slakteriet bygger en egen biogasanläggning där slakteriavfall och avloppsvatten behandlas. Kategori 1-material transporteras till extern förbränningsanläggning.
- Ref 3. Slakteriet bygger en egen våtkomposteringsanläggning där slakteriavfall och avloppsvatten behandlas. Kategori 1-material transporteras till extern förbränningsanläggning.

- Ref 4. Slakteriet bygger en egen förbränningsanläggning där slakteriavfall av kategori 1 och kategori 3 förbränns medan avloppsvatten och mag- och tarm-innehåll sprids på åkermark.
- Ref 5. Långtidslagring av malt slakt-, stycknings- och charkavfall genom tillförsel av konserveringsmedel. När tanken är full hämtas den av en lastväxlarbil och transporteras till en regional biogasanläggning. Kategori 1-material transporteras till extern förbränningsanläggning. Systemet är identiskt med Alt 1 ovan men med andra kostnader för konserveringen.

De ekonomiska kostnaderna för Ref 1 – Ref 5 finns sammanställda i Tabell 11.

Tabell 11. Kostnader för 5 olika behandlingsmetoder för avfall som genereras vid småskalig slakt enligt Edström m.fl. (2006). Kkr/år = 1 000 kr/år.

| Hygieniseringsmetod | Ref 1a ¹⁾ | Ref 1b | Ref 2 | Ref 3 | Ref 4 | Ref 5 | Enhet |
|--|----------------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------|---------------|
| Slaktade svin | 1 000 | 5 000 | 5 000 | 5 000 | 5 000 | 5 000 | st/år |
| Malning, blandning och kokning | 0 | 0 | – ⁴⁾ | – ⁴⁾ | | 190 | kr/ton |
| Konserveringsmedel | 0 | 0 | 0 | 0 | | 180 | kr/ton |
| Lagertank | 0 | 0 | 0 | 0 | | 150 | kr/ton |
| Transporter till behandlingsanläggning | 550 | 550 | 0 | 0 | | 90 | kr/ton |
| Behandlingsläggning | 1 180 | 1 180 | 2 240 | 1 790 | 5 600 ⁵⁾ | 400 | kr/ton |
| <i>Summa animaliska biprodukter</i> | <i>81</i> | <i>370</i> | <i>515</i> | <i>412</i> | <i>1 313</i> | <i>200</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Summa andra kostnader</i> | <i>19</i> | <i>73</i> | <i>17</i> | <i>17</i> | <i>57</i> | <i>93</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Energi och växtnäring²⁾</i> | <i>0</i> | <i>0</i> | <i>- 280</i> | <i>- 189</i> | <i>- 289</i> | <i>0</i> | <i>kkr/år</i> |
| <i>Resulterande kostnad, animaliska biprodukter & avloppsvatten³⁾</i> | <i>100</i> | <i>442</i> | <i>251</i> | <i>240</i> | <i>1 081</i> | <i>322</i> | <i>kkr/år</i> |

1) Egen kalkyl för slakt av 1 000 slaktsvin utgående från beräkningsmetod enligt Edström m.fl. (2006)

2) Energi och växtnäring representerar en intäkt. Eftersom tabellen redovisar kostnader blir detta värde negativt

3) Värdet av energi och växtnäring har dragit bort från kostnaderna

4) Inkluderas i kostnadsposten "Behandlingsanläggning"

5) I detta alternativ slås kostnaden ut på summan av mängden kategori 3- och kategori 1-material, i de övriga referenssystemen slås kostnaden enbart ut på kategori 3-material

Diskussion

För slakterier som årligen slaktar färre än 200 djurenheter (motsvarande 1 000 grisar) är det svårt att sänka avfallskostnaderna genom lokal behandling. Avfallsmängderna är så pass små att de inte kan bära någon investering i ytterligare utrustning för lokal behandling. Hantering via Svensk Lantbrukstjänst ger de lägsta kostnaderna.

Om däremot slaktvolymen är större än 200 djurenheter och närmar sig 1 000 djurenheter per år öppnar sig flera möjligheter. Avfallet kan antingen göras lagringsdugligt med hjälp av melass eller myrsyra för att på så sätt få bättre transportekonomi eller tas omhand lokalt.

För slakterier med en volym som överstiger 1 000 djurenheter per år kan det även löna sig att bygga en egen behandlingsanläggning som våtkomposterar eller rötar avfallet (utvinna biogas), se Edström m.fl. (2006). Behandlingskostnaden per ton avfall för t.ex. en biogasanläggning minskar med ökat antal djurenheter. Ekonomin för en sådan anläggning är dock beroende av att det finns avsättning för värmen från anläggningen.

Öppen kompostering vid slakteriet av avfallet tillsammans med gödsel är en metod som praktiskt fungerar till och med för omalet avfall. Öppen kompostering har dock inte förutsättningar att uppfylla Biproduktsförordningens krav när det gäller uppvärmning av allt material under en bestämd tid. Det kommer alltid att finnas zoner i ytterkanterna där temperaturen inte blir tillräckligt hög. Möjligheten att kontrollera och därmed styra komposteringen är också begränsad i en öppen kompost. Sluten kompostering i en reaktor har däremot förutsättningar att uppfylla kraven genom att reaktorn är isolerad och materialet vänds regelbundet. Behandlingskraven (viss temperatur under viss tid) går att kontrollera och processen kan styras genom tillsats av ytterligare avfall eller strömaterial.

Ett alternativ till reaktorkompostering är att först värmebehandla avfallet så att Biproduktsförordningens krav uppfylls, och därefter kompostera avfallet tillsammans med t.ex. halm.

Kalkning (med släckt och osläckt kalk) används som hygieniseringsmetod för avfall från bl.a. kläckerier. Det kalkade kläckeriavfallet plöjs därefter ned. För att metoden ska fungera på slakteriavfall måste avfallet malas. Inblandning av framför allt osläckt kalk innebär arbetsmiljörisker. Kalkning gör att avfallet får ett mycket högt pH-värde (ca 12). Värmeutvecklingen pga. den osläckta kalken tillsammans med det höga pH-värdet gör att materialet blir hygieniserat. Om avfallsmängderna är mycket små kan det troligen plöjas ned, precis som man gör med kläckeriavfall.

All lokal behandling av slakteriavfall kräver tillstånd. Om avfallet ska göras lagringsdugligt genom tillsats av melass eller myrsyra krävs tillstånd enligt miljöbalken. Normalt bör detta inte vara något problem eftersom slakteriet redan har ett miljö-tillstånd som det i så fall görs ett tillägg till. Ska däremot avfallet tas omhand lokalt – t.ex. genom reaktorkompostering eller värmebehandling – krävs, förutom miljö-tillstånd, även tillstånd för behandling enligt Biproduktsförordningen. Jordbruksverket är den myndighet som kan ge ett sådant tillstånd.

Slutsatser

- Det går att göra slakteriavfall (kategori 3-material) lagringsdugligt i minst tre månader genom att blanda avfallet antingen med melass eller med myrsyra. Bägge tillsatsmedlen gör att pH-värdet sänks, vilket gör att nedbrytningen av avfallet förhindras och därmed minskar luktproblemen.
- Slakteriavfallet måste malas före tillsats av melass eller myrsyra. Malningen gör att pH sänks i hela avfallsvolymen och inte bara ytligt.
- Tillsats av melass (8 viktprocent) till avfallet gör att avfallet ensileras, dvs. tillväxten av mjölksyrabakterier stimuleras genom tillsats av en lättillgänglig energikälla (melass). Mjölksyrabakterierna bildar mjölksyra som sänker avfallets pH-värde. Avfallets ursprungliga pH-värde var 6,5 och efter fyra dygn sänktes pH-värdet till ca 4,4. Efter drygt tre månaders lagring i pilotförsöket var pH ca 4,7. För att få slakteriavfall lagringsdugligt vid ensilering bör pH inte överstiga 4,5. Trots att pH-värdet i pilotförsöket var 4,7 kunde inte någon större nedbrytningseffekt på avfallet konstateras. I lagringsförsök genomförda i laboratorieskala utvärderades tillsats av 12 respektive 8 viktprocent melass. Tillsats av 12 viktprocent melass gav ingen nämnvärd förbättring, dvs. pH-värdet blev bara marginellt lägre.
- Tillsats av myrsyra till avfallet ger en direkt sänkning av pH-värdet från 6,5 till ca 3,6. pH-värdet är sedan stabilt under den tremånadersperiod som pilotförsöket varade. För att få en stabil konservering av slakteriavfall med hjälp av myrsyra bör pH inte överstiga 3,6. Någon större förändring i avfallet kunde inte konstateras efter tre månaders lagring med tillsats av myrsyra.
- Vid lagring av slakteriavfall bildas gaser. Lukten från avfallet kan karakteriseras som söt, jästaktig lukt i melasstunnorna och syrlig, lite frän, i tunnorna med myrsyra. Ensilering med melass (8 viktprocent) ger ca 10 gånger större gasproduktion än konservering med myrsyra (2 viktprocent). I pilotförsöken var totalmängden slakteriavfall ca 120 kg/tunna. Den ackumulerade gasproduktionen under drygt tre månader blev ca 1 200 liter vid ensilering med melass och ca 120 liter vid konservering med myrsyra.
- Det var god överensstämmelse mellan slutliga pH-värden från laboratorieförsöken (2,6–2,9 kg slakteriavfall) och pilotförsöken (ca 120 kg slakteriavfall).
- Laboratorieförsöken visar att strösocker kan ersätta melass vid ensilering av slakteriavfall. Inblandning av strösocker i slakteriavfall är dock svårt och därför bör sockret först lösas upp i vatten. Detta gör att extra lagringsvolym krävs och ytterligare ett arbetsmoment tillkommer jämfört med om melass används.
- Hantering och inblandning av melass eller myrsyra med slakteriavfall är förhållandevis enkelt. I pilotförsöken användes en mindre betongblandare, vilket fungerade bra. För större volymer finns större blandare. Eftersom myrsyra klassas som frätande, ska säkerhetsföreskrifterna i produktbladet gällande hantering och behov av skyddsutrustning följas noga. Myrsyra är dock en vanligt förekommande kemikalie inom jordbruket.

- Vid kontakt med några biogasanläggningar som rötar slakteriavfall har det visat sig att de har olika inställningar till om slakterier som levererar avfall för rötning får använda myrsyra som konserveringsmedel. Generellt kan sägas att både tillsats av socker och organiska syror, som myrsyra, kommer att bidra till en ökad gasproduktion i förhållande till om icke syrakonserverat slakteriavfall rötas. Slakteriavfall är ett energirikt avfall varför det med fördel hanteras separat i anläggningen för att noggrant kunna kontrollera dosering in i röt-kammaren.
- Öppen kompostering av omalet slakteriavfall ger inte den hygieniseringseffekt som krävs av en behandlingsmetod enligt animaliska biproduktsförordningen (1774/2002). Enligt SVA, som på Jordbruksverkets uppdrag utreder alternativa behandlingsmetoder för kategori 3-material, går det inte att garantera att allt material når den temperatur som krävs.
- Sluten kompostering i komposteringstrumma (som bl.a. används för kompostering av matavfall från hushåll och storkök) har troligen förutsättningar att uppfylla animaliska biproduktsförordningens krav för en behandlingsmetod. På marknaden finns två olika trummor. Trummorna har en kvarn, men den bedöms som otillräcklig. En separat kvarn behövs därför. Som strömmaterial kan flis eller halm användas.
- Kalk (bränd och släckt kalk) kan användas för att hygienisera malt slakteriavfall. För att årligen kalkbehandla totalt ca 264 ton slakteriavfall (vilket motsvarar avfall från 5 000 slaktsvin) går det åt 4,4 ton släckt kalk och 33 ton bränd kalk (dvs. 14 % kalk jämfört med avfallsmängden). Bränd kalk är starkt frätande och dammar lätt. Därför innebär hanteringen arbetsmiljörisker.
- Slakteriavfall kan först värmebehandlas för att uppfylla hygieniseringskraven och därefter komposteras i en öppen eller sluten kompost med halm eller torv som strukturmedel (obs, ej fastgödsel, se punkten nedan) utan krav på viss temperatur under viss tid.
- Vid rötning och kompostering av animaliskt avfall (kategori 3) ställer dock Biproduktsförordningen (1774/2002) krav på slutproduktens, dvs. kompostens/ rötrestens hygieniska kvalitet (bestäms via maximalt innehåll av mikroorganismerna *Salmonella*, *Escherichia coli* och *Enterococaceae*). Detta slutproduktprov kan försvåra eller till och med omöjliggöra sambehandling med gödsel, avfall eller avloppsvatten som inte behöver hygieniseras enligt Biproduktsförordningen. Som exempel kan detta resultera i att kategori 3-material som har hygieniserats med godkänd metod (satsvis värmebehandling vid 70 °C under 1 timme), och där det har påvisats att värmebehandlingen uppfyller kraven på reduktion av mikroorganismer, inte kan samkomposteras i öppen stuka efteråt tillsammans med fastgödsel, eftersom denna fastgödsel innehåller betydande mängder *Escherichia coli* och *Enterococaceae*. Det är troligt att reduktionen av fastgödselets innehåll av dessa två mikroorganismer ej kommer att vara tillräcklig vid öppen kompostering. På samma sätt kommer det att ställas krav på att avloppsvatten från småskalig slakt trots allt måste värmebehandlas, om det används vid lokala biologiska behandlingsanläggningar som genererar ett gödselmedel som slutprodukt.

- Ekonomin för fyra olika behandlingsalternativ för slakteriavfall har beräknats. Kalkylerna är baserade på en slakt av 1 000 (200 djurenheter) alternativt 5 000 slaktsvin (1 000 djurenheter) per år och där det också bedrivs styckning och charkverksamhet på slaktkropparna.

Alternativ 1: Långtidslagring av malt slakteriavfall med 2 viktprocent myrsyra. En full behållare transporteras sedan till en biogasanläggning för vidare behandling enligt Biproduktsförordningen.

Alternativ 2: Långtidslagring av malt slakteriavfall med 8 viktprocent melass. En full behållare transporteras sedan till en biogasanläggning för vidare behandling enligt Biproduktsförordningen.

Alternativ 3: Satsvis hygienisering av malt slakteriavfall genom värmebehandling vid minst 70 °C under 1 timme för att uppfylla hygieniseringskraven i Biproduktsförordningen. Därefter komposteras det hygieniserade avfallet i en stuka där 40 viktprocent halm blandas in. Komposten används sedan på åkermark.

Alternativ 4: Reaktorbaserad (sluten) kompostering av malt slakteriavfall där 40 viktprocent halm tillsätts. Behandlingen kommer att uppfylla hygieniseringskraven i Biproduktsförordningen. Komposten används sedan på åkermark.

Kostnaderna för alternativen blir följande:

| Konserveringsmedel | Alt 1 | | Alt 2 | | Enhet |
|--|------------|------------|------------|------------|--------------|
| | Myrsyra | Myrsyra | Melass | Melass | |
| Antal slaktade svin per år | 1 000 | 5 000 | 1 000 | 5 000 | st/år |
| <i>Behandlingskostnad för animaliska biprodukter & avloppsvatten</i> | <i>110</i> | <i>334</i> | <i>119</i> | <i>380</i> | <i>kk/år</i> |

| Hygieniseringsmetod | Alt 3 | | Alt 4 | | Enhet |
|--|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | 70 °C, 1h | 70 °C, 1h | Kompostering | Kompostering | |
| Fabrikat, trumma | | | Jora | Ale | |
| Antal slaktade svin per år | 1 000 | 5 000 | 1 000 | 1 000 | st/år |
| <i>Behandlingskostnad för animaliska biprodukter & avloppsvatten</i> | <i>124</i> | <i>332</i> | <i>171</i> | <i>176</i> | <i>kk/år</i> |

Kostnaden för år 2006 för den normala hanteringen av slakteriavfallet, dvs. hämtning via Svensk Lantbrukstjänst till en förbränningsanläggning, beräknades i en tidigare rapport (Edström m.fl., 2006). År 2006 beräknades den till 100 kkr/år för 1 000 slaktsvin respektive 442 kkr/år för 5 000 slaktsvin.

Vid 1 000 slaktsvin per år är kostnaderna för konservering (alternativ 1 eller 2) samt värmebehandling följt av kompostering (alternativ 3) jämförbara med den normala hanteringen via Svensk Lantbrukstjänst.

Vid 5 000 slaktsvin per år är behandlingskostnaden för alla fyra alternativen lägre jämfört med hantering via Svensk Lantbrukstjänst.

Observera att lokala förhållanden, utformning, transportavstånd, avtal om behandlingspris etc. påverka kalkylen för varje slakteri.

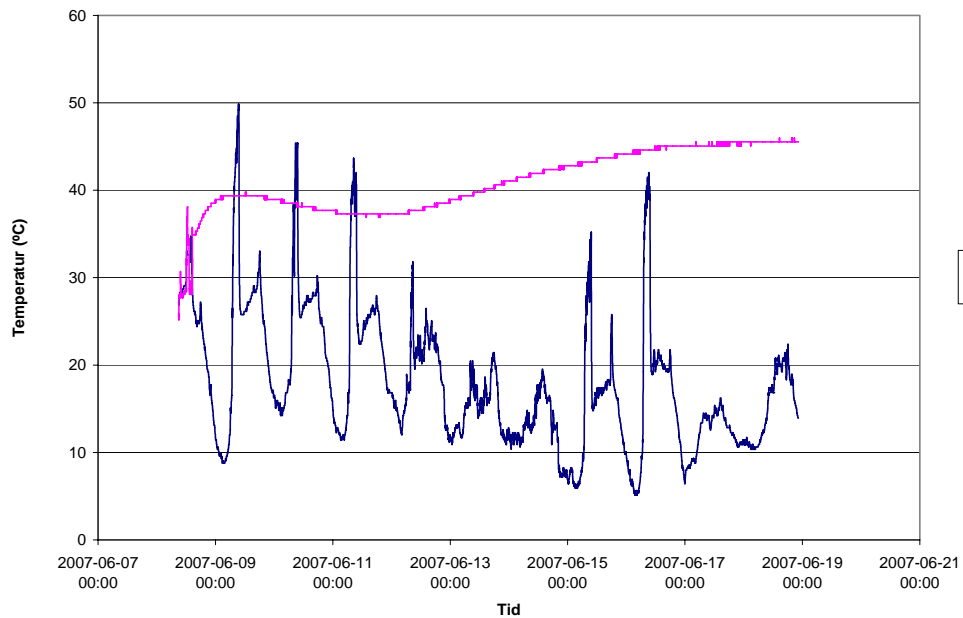
Referenser

- Deshmukh A C., Patterson P H. 1997. Preservation of Hatchery Waste by Lactic Acid Fermentation. 1. Laboratory Scale Fermentation. Department of Poultry Science, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania. Poultry Science 72:1212-1219.
- Edström M., Malmén L., Hansson M., Palm O. 2006. Metoder för avfallshantering vid småskalig slakt. JTI-rapport *Kretslopp & Avfall* nr 37. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- 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 gemenskapernas officiella tidning 2002. Sv. L 273/1 – L 273/94.
- Inger M., Norin E., Mathisen B. 1997. Hygienisering av biologiskt avfall. Hygienization of biological waste. JTI-rapport *Kretslopp & Avfall* nr 10. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. ISSN 1401-4955.
- Kommissionens förordning (EG) nr 208/2006 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 gemenskapernas officiella tidning 2006. Sv. L 36/25 – L 36/31.
- Malmén L., Ringmar A. and Thyselius L. (2001). Ensilering av matavfall. JTI-Rapport *Kretslopp & Avfall* nr 24. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Ockerman, H. W. & Hansen C. L., 2000. Animal By-product Processing & Utilization. ISBN No. 1 –56676-777-6. Technomic Publishing Company book. Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Perstorp 2007. Säkerhetsdatablad. Enligt 1907/2006/EG, Artikel 31. Produktnamn: Formic Acid 85 %. Perstorp.
- SJV 2006. Epizootihandboken 2006. Jordbruksverket, Jönköping.
- SJVFS 2007:2. Föreskrifter och ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2006:84) om befattning med animaliska biprodukter och införsel av andra produkter, utom livsmedel, som kan sprida smittsamma sjukdomar till djur och människor. Saknr K 14. Statens jordbruksverks författningssamling 2007. ISSN 1102-0970.
- Strömberg, B., 2004. Bränslehandboken. Värmeforsk Service AB. Stockholm.
- Urlings H A P., Bijker P G H., van Logtestijn J G. 1993. Fermentation of Raw Poultry By-products for Animal Nutrition. Department of the Science of Food of Animal Origin, Faculty of Veterinary medicine, Utrecht, Netherlands. Journal of Animal Science 71:2420-2426.

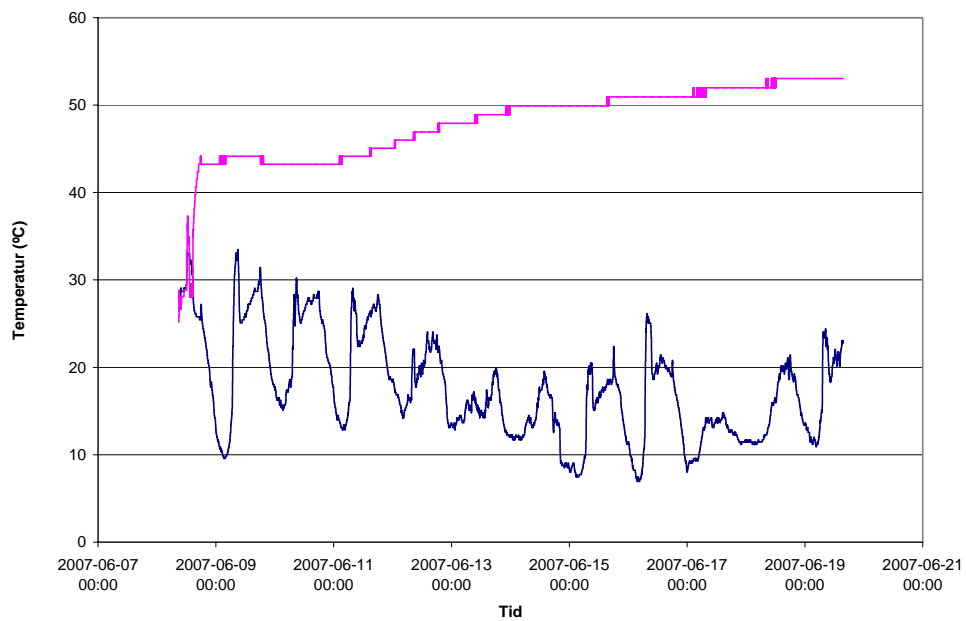
Personliga meddelanden

- Mikael Lidholm, 2007, Konvex AB
 Susanne Liljenström, 2007, Jordbruksverket
 Lena Rodhe, 2008, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik
 Mats Edström, 2008, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik
 Håkan Larsson, 2007, Kobia AB (Grossist för Danisco Sugar AB)
 Lars Wadmark, 2008, Nordkalk AB
 Sture Granlund, 2008. Oy Petsmo Products Ab

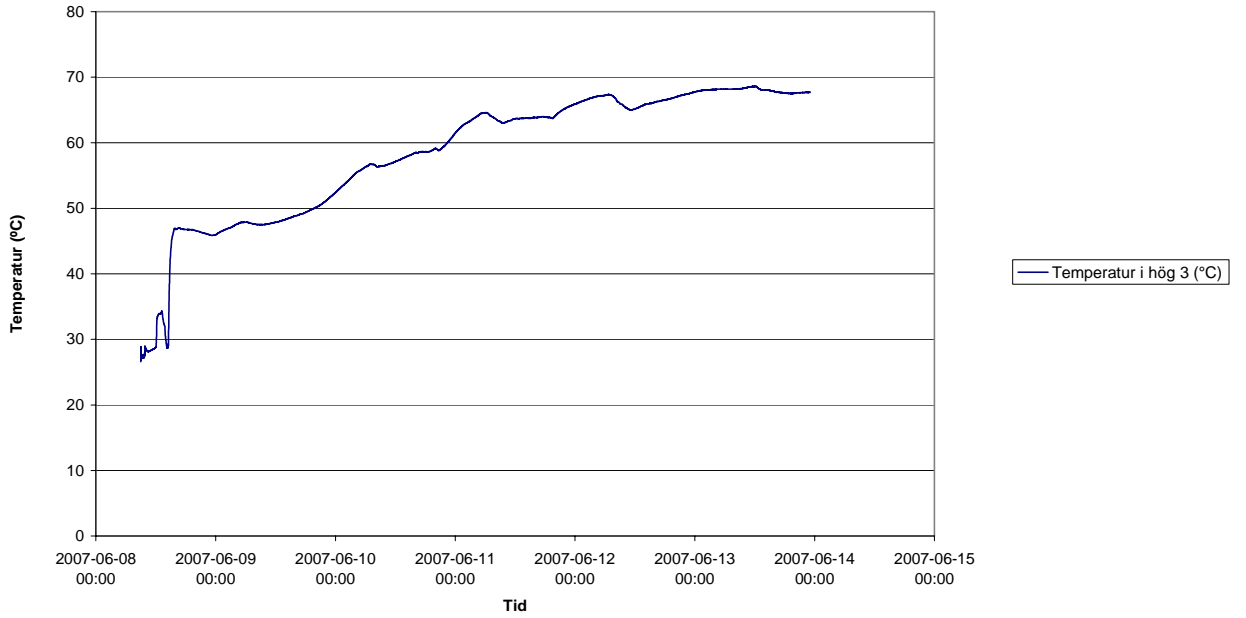
Temperaturvariationen (T1) i hög 3, djup 30 cm



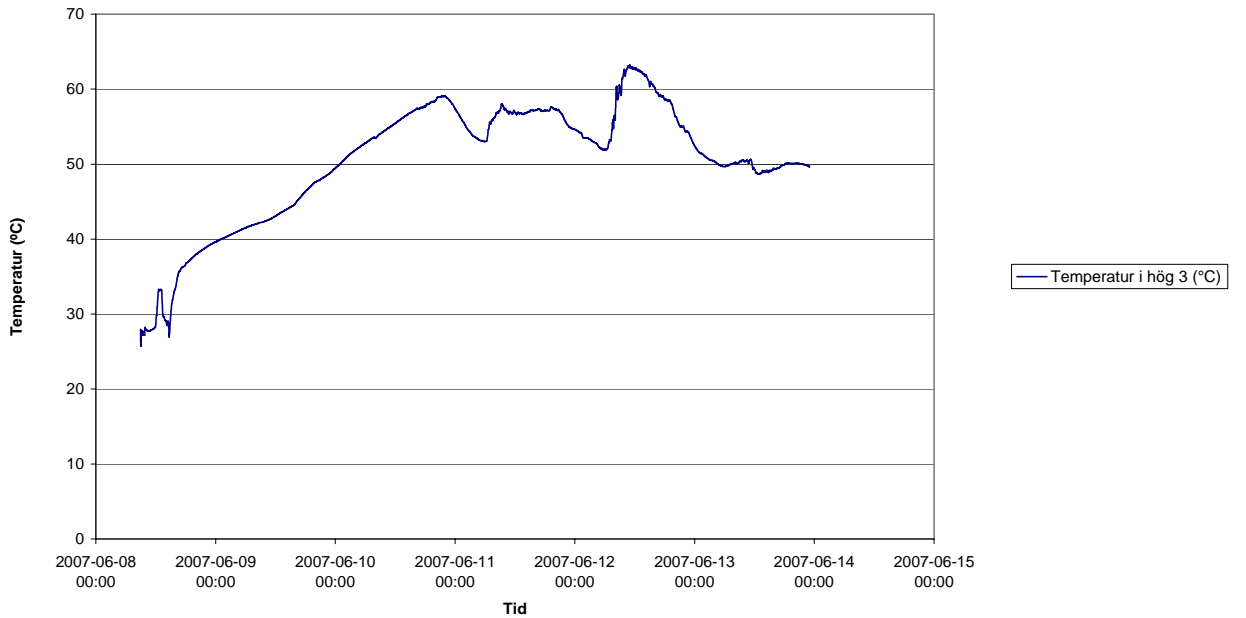
Temperaturvariationen (T2) i hög 3, djup 30 cm



Temperaturvariation (T3) i hög 3, djup 80 cm



Temperaturvariationen (T4) i hög 3 (°C), djup 80 cm





BVF, avdelningen för
bakteriologi/livsmedelshygien
Livsmedelslaboratoriet

RAPPORT

1(1)

Utförd av ackrediterat laboratorium

Datum
070615Prov nr
A.043

RAPPORTERINGSADRESS:

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7033
750 07 Uppsala

FAKTURERINGSADRESS

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7033
750 07 Uppsala

PROVUPPGIFTER

Undersökningstyp: Mikrobiologisk undersökning av gödsel
 Provbeteckning: Hög 1 vänster kant SVA
 Provet taget: 070612
 Provet inkom: 070612
 Provsättningsdatum: 070612 kl 14.30

ANALYSRESULTAT

enhet svaret anges i logaritmer analysmetod

| | | | |
|------------------------------------|---------|-----|--------------------|
| Termotoleranta koliforma bakterier | antal/g | 5,0 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Presumptiva E. coli | antal/g | 3,6 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Enterokocker | antal/g | 4,7 | NMKL nr 68,3,2004 |

Lise-Lotte Fernström, laboratorieassistent

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag.
 Den ackrediterade verksamheten vid laboratorerna uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17 025 (2005).
 Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkämt annat.

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| Postadress | Besöksadress | Telefon | Telefax |
| Box 7009 | Ulls väg 2B | 018- 67 23 89 | 018- 67 33 34 |
| 750 07 UPPSALA | SVA-huset | 018- 67 10 00vx | |



BVF, avdelningen för
bakteriologilivsmedelshygien
Livsmedelslaboratoriet

RAPPORT

(1)

Utfärdad av ackrediterat laboratorium

Datum
070615

Prov nr
A041

RAPPORTERINGSADDRESS:

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7053
750 07 Uppsala

FAKTURERINGSADDRESS

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7053
750 07 Uppsala

PROVUPPGIFTER

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| Undersökningstyp: | Microbiologisk undersökning av gödsel |
| Provbeteckning: | Hög 1 höger kant SVA |
| Provet taget: | 070612 |
| Provet inkom: | 070612 |
| Provsättningsdatum: | 070612 kl 14.00 |

ANALYSRESULTAT

enhet svaret anges i logaritmer analysmetod

| | | | |
|------------------------------------|---------|------|--------------------|
| Termotoleranta koliforma bakterier | antal/g | 3,9 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Presumptiva E. coli | antal/g | <3,0 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Enterokocker | antal/g | 3,5 | NMKL nr 68,3,2004 |


Lise-Lotte Fernström, laboratorieassistent

Laboratorier ackrediterats av Systemet för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag.
Den ackrediterade verksamheten vid laboratoriet uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17 025 (2005).
Denna rapport får endast läsas i sin helhet, och inte offentliggöras utan tillstånd från laboratoriet i förlig skriftlig godkänd ansökan.

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| Postadress | Besöksadress | Telefon | Telefax |
| Box 7009 | Ulls väg 2B | 018-67 23 89 | 018- 67 33 34 |
| 750 07 UPPSALA | SVA-huset | 018- 67 10 00xx | |



RAPPORT

1(1)

Utfärdat av ackrediterat laboratorium

Datum
070615Prov nr
A042

RAPPORTERINGSADDRESS:

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7033
750 07 Uppsala

FAKTURERINGSADDRESS

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI
att Agneta Norén
Box 7033
750 07 Uppsala

PROVUPPGIFTER

Undersökningstyp:
Provbeteckning:
Provet taget:
Provet inkom:
Provsättningsdatum:

Mikrobiologisk undersökning av gödsel
Hög 1 mitten SVA
070612
070612
070612 kl 14.15

ANALYSRESULTAT

enhet svaret anges i logaritmer analysmetod

| | | | |
|------------------------------------|---------|-----|--------------------|
| Termotoleranta koliforma bakterier | antal/g | 5,2 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Presumptiva E. coli | antal/g | 4,3 | NMKL nr 125,4,2005 |
| Enterokocker | antal/g | 4,8 | NMKL nr 68,3,2004 |


Lise-Lotte Fernström, laboratorieassistent

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEAC) enligt svensk lag.
Den ackrediterade verksamheten vid laboratoriet uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17 025 (2005).
Denna rapport får endast läsas i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i övrigt skrivit igen gällande annat.

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| Postadress | Besöksadress | Telefon | Telefax |
| Box 7009 | Ulls väg 2B | 018- 67 23 89 | 018- 67 33 34 |
| 750 07 UPPSALA | SVA-traset | 018- 67 10 00xx | |

Kalkning

Kalkbehandling med släckt kalk

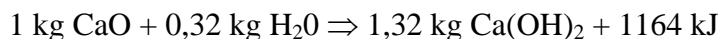
Kalkning med släckt kalk, Ca(OH)_2 , är en teknik som kan hindra spridningen av patogener i miljön men har inte tillräckliga förutsättningar för en hygienisering. Vanligen används släckt kalk vid behandling av avloppsslam och tillsätts då till vått avloppsslam i uppslammad form. Det initiala pH-värdet efter kalktillsatsen måste överstiga 12,6 och blandningen måste lagras i minst tre månader före användning för att anses fritt från patogener.

Kalkbehandling med bränd kalk

Bränd kalk, CaO , tillsätts avvattnat slam. Det initiala pH-värdet efter tillsatsen måste vara minst 12,6. Temperaturen i blandningen måste vara 55 °C eller högre i minst två timmar (70 °C i en timme). Som driftskontroll används:

- förhållandet mängd inblandad kalk och slammets totala TS-innehåll
- initialt pH-värde
- temperaturen två timmar efter kalkinblandningen mätt i minst tre punkter varav en punkt skall vara i en perifer zon.

Bränd kalk måste först omvandlas till släckt kalk för att få en pH-höjande effekt. Detta sker när den brända kalken tillsätts till det material som ska behandlas. Vid kontakt med vatten omvandlas bränd kalk snabbt till släckt kalk. Samtidigt frigörs värme.



Jämfört med släckt kalk innebär inblandningen av bränd kalk ytterligare en stressfaktor – värme – som förstärker avdödningsförloppet och medverkar till hygieniseringen.

Metod för kalkning och dosering

Eftersom det inte finns någon utarbetad metod för att kalka slakteriavfall har vi valt att jämföra med hur fastgödsel desinficeras med kalk enligt SJV, 2006.

Metod

Principen går ut på att gödsel läggs i en stuka på en gödselplatta och blandas med kalk enligt beskrivningen som följer.

På gödselplattan där stukan ska anläggas placeras ett 25 cm högt lager av halm. Ovanpå halmen läggs ett tätt lager med släckt kalk, Ca(OH)_2 , cirka 10 kg/m². För att desinfektion av gödsel ska lyckas krävs att fastgödsel och kalk blandas omsorgsfullt och att man uppnår en tillräcklig inverkanstid. Gödsel och kalk blandas därför med hjälp av en gödselspridare som har en spridningsbredd av cirka 2-3 m. Gödseln lastas på spridaren. Under lastning ska granulerad bränd kalk, CaO , tillsättas i åtminstone två lager. Som riktvärde gäller att 100 kg kalk bör tillsättas per kubikmeter stallgödsel. Gödsel-kalkblandningen sprids från gödselspridaren under ständig bevattning på halm/kalkbädden så att en cirka 1,5 m hög stuka bildas.

Ytan täcks med kalk på ovansidan och runt kanterna. Stukan täcks sedan med en kraftig, stabil plastduk som förseglas mot marken med däck, stenar eller liknande. Om stukan byggs upp utan gödselspridare krävs att gödsel och kalk blandas för hand under kraftig gjutning med vatten. Vid anläggande av stukan ska personer som handskas med kalk vidta nödvändiga försiktighetsåtgärder. Stukan lagras minst sex veckor beroende av efterföljande hantering.

Kalkdosering till fastgödsel

Som exempel antas att fastgödsel väger ca 800 kg/m^3 och har en TS-halt på ca 20 % (Rodhe, 2008). Det innebär att 1 m^3 gödsel innehåller ca 160 kg TS. För desinfektionen ska 100 kg kalk tillsättas per m^3 gödsel, vilket motsvarar en faktor på ca 0,63 (100 kg kalk/160 kg TS).

Detta kan jämföras med hantering av avloppsslam där kalkstabilisering är vanlig. En dosering på 1 200 kg bränd kalk per ton TS (avloppsslam) har resulterat i ett tillräckligt högt pH och en tillfredsställande temperaturhöjning samt en möjlig lagringstid på 28 dagar (Inger m.fl., 1997). Motsvarande faktor att jämföra 0,63 mot är därmed 1,2 (1 200 kg kalk/1 000 kg TS) vilket alltså är en högre dosering.

Kalkdosering till slaktavfall

Avfallsmängden från ett slakteri med 1000 djurenheter (5 000 slaktsvin/år) är ca 5,1 ton per vecka, vilket motsvarar ca 1 400 kg TS/vecka (28 % TS), se Tabell 7. Med denna mängd slakteriavfall, samt med hänsyn till slakteriavfallets begränsade lagringstid, är det lämpligt att göra en stuka per vecka.

Vidare antas att slakteriavfall har en densitet på ca 800 kg/m^3 (Edström, 2008). Stukans längd blir då ca 3,4 meter med en antagen bredd på 2,5 meter och höjden 1,5 meter.

Enligt riktlinjerna ska ett lager släckt kalk, ca 10 kg/m^2 , läggas över halmlagret. Med arean ($2,5 \text{ m} * 3,4 \text{ m} = 8,5 \text{ m}^2$) innebär det 85 kg släckt kalk per vecka och stuka, vilket innebär ca 4,4 ton släckt kalk/år.

Mängden bränd kalk per stuka blir, med motsvarande utgångspunkter som ovan, 640 kg per vecka och stuka, vilket motsvarar 33 ton bränd kalk per år.

För att årligen kalkbehandla totalt ca 264 ton slakteriavfall går det åt 4,4 ton släckt kalk och 33 ton bränd kalk (dvs. 14 % kalk jämfört med avfallsmängden).

Hantering av kalk

Bränd kalk är starkt frätande och arbetsmiljöfrågorna är därför viktiga att beakta. Bränd kalk tar upp vatten mycket lätt under stark värmeutveckling. Därför måste den förvaras torrt. Den komplicerade hanteringen utifrån arbetsmiljösynpunkt gör att det dels krävs malning av slakteriavfallet för att få en bra omblandning samt också en doseringsutrustning för kalken (Wadmark, pers. medd., 2008). Kalkning kan inte sägas ge några större fördelar jämfört med t.ex. syrabehandling av avfallet.

En annan generell aspekt är att den ammoniakavdrivning som kan ske okontrollerat leder till ett lägre växtnäringsvärde hos det kalkbehandlade materialet. Ammoniakavgången ger samtidigt en miljöbelastning. Risken för korrosion måste beaktas vid val av material för hanteringen.

Förutsättningar vid ekonomisk kalkyl

Några av de viktigaste nya indata (som inte användes av Edström m.fl., 2006) för ekonomiska kalkylen är:

- 1 000 slaktsvin (200 djurenheter): 17,2 ton slaktavfall kategori 3 + 3,2 ton blod + 25,5 ton charkavfall kategori 3 (obs ingen mag- och tarminnehåll)
- 5 000 slaktsvin (1 000 djurenheter): 85,8 ton slaktavfall kategori 3 + 16,2 ton blod + 127,5 ton charkavfall kategori 3 (obs ingen mag- och tarminnehåll)
- Vattentillsats: 0,1 ton/ton slakteriavfall som ska hygieniseras genom kokning
- Temperaturhöjning vid hygienisering: 55 °C
- Värme och pannförluster vid hygienisering: 0,2 kWh värme/kWh tillförd värme till blandning som ska hygieniseras
- Antagen kostnad för värme: 2kr/kWh värme (inkluderar även värmeanläggningens kapital- och underhållskostnader)
- Antagen investering för hygieniseringstank: 150 000 kr (begagnad) (Sture Granlund, pers. medd., 2008)
- Antagen avskrivningstid för hygieniseringstank: 10 år
- Antagen underhållskostnad för hygieniseringstank: 10 % av investeringen
- Antal kompoststukor per år: 3 st
- Antal vändningar per stuka: 3 st
- Tidsbehov per vändning: 0,5h/vändning
- Halminblandning: 0,4 ton/ton hygieniserad blandning (TS-halten blir 42 %)
- Kostnad för halm inklusive egna hanteringskostnader för halmen: 1 kr/kg halm
- Viktreduktion vid kompostering: 50 % av den ursprungliga vikten
- Spridningskostnad för kompost: 40 kr/ton
- Investering för Aletrumma-T240: 284 kkr/styck (2 st behövs om slakten är 1 000 slaktsvin/år och 9 st om den är 5 000 svin/år)
- Investering för JK5100-trumma: 187 kkr/styck (3 st behövs om slakten är 1 000 slaktsvin/år och 15 st om den är 5 000 svin/år)

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik samt arbetsmaskiner. Vårt arbete ger dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vi publicerar regelbundet notiser på vår webbplats om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Du får notiserna hemskickade gratis om du anmäler dig på www.jti.se

På webbplatsen finns även publikationer som kan läsas och laddas hem gratis, t.ex.:

JTI-informerar, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö (4-5 teman/år).

JTI-rapporter, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

Samtliga publikationer kan beställas i tryckt form. JTI-rapporterna och JTI-informerar kan beställas som lösnummer. Du kan också prenumerera på JTI-informerar.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):
tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00
e-post: bestallning@jti.se*



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018 - 30 33 00

Besöksadress: Ultunaallén 4

Telefax: 018 - 30 09 56

Webbplats: www.jti.se