

Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall

Bilaga 1c: Teknisk utvärdering komposteringsanläggningar

RVF Utveckling

2005:06

En rapport från BUS-projektet

BUS-projektet – uppföljning och utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall

Delprojekt 1: Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall (RVF Utveckling rapport nr 2005:06)

Delprojekt 2: Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas (RVF Utveckling rapport nr 2005:07)

Delprojekt 3: Driftdatainsamling via webben (ingen rapport)

Delprojekt 4: Innsamling av bioavfall från flerbildningshus – lösningar og virkemidler for store fellesløsninger (RVF Utveckling rapport nr 2005:08)

Delprojekt 5: Tips och råd med kvalitetsarbetet vid insamling av källsorterat bioavfall (RVF Utveckling rapport nr 2005:09)

Delprojekt 6: Användning av biogödsel (RVF Utveckling rapport nr 2005:10)

Delprojekt 7: Smittspridning via kompost och biogödsel från behandling av organiskt avfall – litteratursammanställning och riskhantering (RVF Utveckling rapport nr 2005:11)

Delprojekt 8: Organiske forurensninger i kompost og biorest (RVF Utveckling rapport nr 2005:12)

Delprojekt 9: Emissioner fra kompostering (RVF Utveckling rapport nr 2005:13)

Delprojekt 10: Biologisk avfallsbehandling i Sverige och Norge: Vad fungerar bra och vad kan fungera bättre? En syntesstudie av de nio delprojekten (RVF Utveckling rapport nr 2005:14)

Projektet är finansierat av:

- RVF – Svenska Renhållningsverksförbundet
- Naturvårdsverket
- Energimyndigheten
- NRF – Norsk renholdsverksforening
- VA-Forsk
- Reforsk



RVF Utveckling2005:06
©RVF Service AB

Förord

Betydande investeringar i system för biologisk avfallsbehandling har gjorts under senare år. Samtidigt är tekniken som används vid anläggningarna ny och befinner sig i en utvecklingsfas. Det finns därför starka skäl för att utvärdera befintliga anläggningar. Genom att samla drifterfarenheter och göra dem tillgängliga, kan nya system konstrueras och byggas på ett säkrare och mer tillförlitligt sätt. Detta är huvudmotivet för den serie av utvärderingar som samlats under arbetsnamnet BUS. I dess första etapp har erfarenheter och driftdata från alla delar i kedjan avfallsinsamling, process och produktanvändning dokumenterats på ett enhetligt sätt i ett *utvärderingsprogram*. Föreliggande rapport utgör en delrapport i projektserien. Samtliga delrapporter finns tillgängliga i elektronisk form. Hela ramprogrammet har sammanfattats i en avslutande syntesrapport. Projektserien har genomförts och finansierats i ett samarbete mellan Energimyndigheten, Norsk renholdsverksforening (NRF), Naturvårdsverket, RVF Utveckling, Stiftelsen Reforsk samt VA-Forsk.

April 2005

Håkan Rylander

Ordf. RVFs Utvecklingskommitté

Weine Wiquist

VD RVF

Innehåll

Innehåll	3
1 Anläggningsbeskrivning kompostering	4
1.1 Enkel kompostering utan styrd luftning	5
1.1.1 Uppsala (Hovgården)	5
1.1.2 Västerås (Gryta)	7
1.1.3 Elverum (Hornmoen)	8
1.2 Kompostering med styrd luftning	10
1.2.1 Borås (Sobacken)	10
1.2.2 Göteborg (Marieholm)	11
1.2.3 Karlskrona (Bubbetorp)	13
1.2.4 Sala (Isätra)	14
1.2.5 Bodø (Vikan)	15
1.3 Automatisk kompostering i box	17
1.3.1 Borlänge (Fågelmyra)	17
1.3.2 Kristiansand (Støleheia)	19
1.3.3 Stavanger (Hogstad)	21
2 Resultat och diskussion	23
2.1 Urval av anläggningar och driftstatus	23
2.2 Resultat	24
2.2.1 Inkommande material och leveranser	24
2.2.1.1 Leveranser och mottagningsavgifter	24
2.2.2 Anläggningsutformning	27
2.2.3 Drift och process	29
2.2.3.1 Driftstabilitet	29
2.2.3.2 Processkontroll	29
2.2.3.3 Prestanda och nyckeltal	35
2.2.3.4 Kostnader	36
2.2.3.5 Avsättning av kompost	39
2.2.4 Miljöpåverkan	40
2.2.4.1 Kompostkvalitet	40
2.2.4.2 Emissioner till luft	41
2.2.4.3 Emissioner till vatten	44
2.2.4.4 Övrigt	45
2.3 Sammanfattning kompostering	45

1 Anläggningsbeskrivning kompostering

De komposteringsanläggningar som valdes ut för utvärdering är följande (1-7 är svenska anläggningar, 8-11 är norska anläggningar):

Anläggning	Typ av kompostering
Borlänge (Fågelmäyra)	Automatiserad boxkompostering utan styrd luftning
Borås (Sobacken)	Ag-Bag och strängkompostering med styrd luftning
Göteborg (Marieholm)	Strängkompostering + Ag-Bag med styrd luftning
Karlskrona (Bubbetorp)	Membrankompostering i box med styrd luftning
Sala (Isätra)	Membrankompostering i box med styrd luftning
Uppsala (Hovgården)	Strängkompostering med kompostvändare
Västerås (Gryta)	Idag endast omlastning
Stavanger (Hogstad)	Automatiserad boxkompostering med styrd luftinblåsning
Bodø (Vikan)	Strängkompostering med styrd luftning
Elverum (Hornmoen)	Strängkompostering med vändning
Kristiansand (Støleheia)	Automatiserad boxkompostering med styrd luftning

Nedan följer en beskrivning av respektive anläggning. Anläggningarna har indelats i tre kategorier, enligt processtyp.

Typ K1	Enkel kompostering utan styrd luftning (komposten vänds manuellt)
Typ K2	Kompostering med styrd luftning, enkel utformning
Typ K3	Kompostering med styrd luftning, mer komplex utformning av typen automatisk kompostering i box (även kallad t ex kanalkompostering, eller engelska "agitated bin").

1.1 Enkel kompostering utan styrd luftning

1.1.1 Uppsala (Hovgården)



Figur 1 Strängkompostering, Hovgården, Uppsala

Bakgrund. Hovgården är kommunens enda deponi för industriavfall och ligger ca tio kilometer nordöst om Uppsala. Här sker även kommunens behandling av källsorterat matavfall. De boende i området har vid ett flertal tillfällen klagat på lukt från anläggningen, Hovgården har därför vidtagit en rad åtgärder för att komma tillrätta med problemen.

Kortfakta. Typ av anläggning: Strängkompostering utan styrd luftning. Anläggningens kapacitet: cirka 10 000 ton per år. Mängd färdig kompost: cirka 3000 ton per år.

Process. Komposteringen sker med öppen metod, både vid för- och efterkompostering (strängkompostering med kompostvändning som lufttillförsel). Materialet tippas i tippficka/bunker och blandas med strukturmateriäl i form av park- och trädgårdsavfall. Påsarna öppnas med en krosskopa som river sönder plasten. Plastpåsarna sorteras sedan bort i en trumsikt, där även andra föroreningar avlägsnas såsom metall- och plastföremål. Cirka 60-70 procent av plasten sorteras bort före behandling. Avfallet läggs sedan upp i stora strängar som vänds med hjälp av kompostvändare. Under förkomposteringen vänds materialet 2-3 gånger per vecka, under efterkomposteringen 1-2 på två veckor och under mognadsfasen sker vändning 1 gång per månad. Behandlingstiden är 4-12 månader.

Driftkraven vid hygienisering är minst 55°C i 2 +2 veckor med vändning där emellan, alternativt minst 65°C i 1 +1 vecka med vändning däremellan. Processen kontrolleras i övrigt genom att göra stickprovsmätningar (temperatur) samt att den driftansvarige tittar, känner och luktar. Kontroll av den färdiga produkten sker via stickprov, cirka 5-10 gånger per jordframställningssäsong.

Förorenat vatten som härstammar från anläggningen behandlas i eget reningsverk.

Framtiden. Beslut har fattats om att energiinnehållet i kommunens komposterbara avfall, så långt det är möjligt, ska utnyttjas för biogasframställning (se Bilaga 1a). Det innebär att Hovgården i framtiden i huvudsak nyttjas för behandling och deponering av andra typer av avfall än matavfall, såsom park- och trädgårdsavfall.



Figur 2 *Inkommande avfall tippas i tippficka*



Figur 3 *Plast siktas bort i trumsikt*

1.1.2 Västerås (Gryta)

Bakgrund. Driften vid Gryta avfallsanläggning sköts sedan 1983 av Västmanlands avfallsaktiebolag, Vafab. Vafab är ett företag som bildades 1981 av kommunerna i Västmanlands län och Enköpings kommun. I avvaktan på byggnation av en permanent behandlingsanläggning, har källsorterat organiskt material förts från Gryta till Vafabs komposteringsanläggning på Isätra i Sala samt till Ludvika.

Process. Vid besökstillfället var dock anläggningen i drift (strängkompostering med vändning). Lukten från anläggningen hade då varit ett stort problem med många klagomål från närboende. Orsaken till problemen var troligtvis att vändning av strängarna skedde alltför sällan med anaerobi som följd. Vid besökstillfället hade antalet vändningar ökat till en gång per vecka och problemet med lukt ansågs kontrollerbart. Man hade också minskat mängden behandlat avfall samt utfört behandling av komposten med luktbekämpande medel i samband med vändningar, vid speciella vindförhållanden. Trots detta togs beslutet att föra materialet till andra anläggningar för behandling. Komposterat material har dock transporterats från Isätra till Gryta för eftermognad och jordtillverkning (under 2002 var det 3200 ton).

Framtiden. Under 2002 erhöll Vafab miljödomstolens tillstånd till utförande av en röttningsanläggning på Gryta avfallsanläggning i Västerås. I denna anläggning avses behandling ske av källsorterat organiskt avfall från kommunerna i Vafabregionen. De fyra intressenterna (Vafab, Mälarenergi, Swede Agri Invest (LRF-ägt) och 17 st lokala odlare) har bildat ett nytt bolag, Svensk Växtkraft AB, som nu påbörjat byggnationen av anläggningen. Byggnationen genomförs som en totalentreprenad med utländsk entreprenör. Anläggningen planeras att tas i drift under 2005.

1.1.3 Elverum (Hornmoen)

Bakgrund. Ägs av SØIR (Sør-Østerdal Interkommunale Renovasjonsselskap) och GIR (Glåmdalen Interkommunale Renovasjonsselskap).



Figur 4 Mottagningshall för avfall, Hornmoens komposteringsanläggning, Elverum

Kortfakta. Typ av anläggning: Strängkompostering utan styrd luftning. Drifttagningsår: 1998. Anläggningens kapacitet: 12 000 ton avfall (10 000 ton våtorganiskt + 2000 ton slam). Investeringskostnader: 23,4 miljoner norska kronor. Driftskostnader: 1,4 miljoner norska kronor per år. Behandlingskostnad: 750 norska kronor per ton avfall. Mängd färdig kompost: ca 5000 ton per år.

Processen. Idag tas emot ca 7000 ton våtorganiskt avfall plus 2000 ton slam. Slam och avfall behandlas separat och blandas inte. Avfallet lämnas i en mottagningshall. Strukturmaterial (flis, trädgårdsavfall och hyvelspån) blandas in till en genomsnittlig TS-halt på 40 procent uppnått. Slammet har en TS-halt på 20 procent. Därefter siktas avfallet, felsorterat avfall skiljs ut och avfallet läggs upp i strängar. Förbehandling sker i en kvarn av fabrikatet Allu SM-3-23, som också mixar materialet. En siktning sker också i förbehandlingen. Vändning sker med en kompostvändare, Topturn 3500. Under förkomposteringen vänds materialet en gång per vecka. Ingen luft tillsätts i övrigt. Uppehållstiden är 21-28 dagar.

Efterkomposteringen sker även den i strängar, med en uppehållstid på cirka 70-90 dagar. Råkomposten siktas före eftermognad till 20 millimeter. Vändning sker med en hjullastare en gång på tre veckor. Efterbehandling sker med en dubbel trumskikt, fabrikat Farwick Jumbo, 10 millimeter. Delar av anläggningen ventileras med två fläktar med kapaciteten 50 000 kubikmeter per timme. Luftbehandling sker i ett öppet biofilter med våt flis. Även luktspray används. Förorenat vatten från anläggningen renas genom infiltration i marken.

Komposten lagras i minst 150 dagar före borttransport. Slutprodukten, 5000 ton per år, avsätts via Sør-Østerdal Vekst A/S, som ägs av SØIR och Norsk Jordforbedring A/S. Komposten är av kompostklass I. Komposten nyttjas som bas i olika jordprodukter som säljs på den öppna marknaden. Kompost som inte nyttjas till jordblandningar levereras till jordbruket.



Figur 5 Efterbehandling av komposterat material i trumsikt



Figur 6 Strängkompostering under tak

1.2 Kompostering med styrd luftning

1.2.1 Borås (Sobacken)



Figur 7 Kompostering med Ag-Bag®, Sobacken, Borås

Bakgrund. Sobackens avfallsanläggning ägs och drivs av Borås Stad (Gatukontoret). På grund av de luktproblem som uppstod vid öppen strängkompostering har man på Sobacken övergått till en ny metod kallad Ag-Bag®, från och med februari 2002 (den sorts plastemballage som även används vid lagring av djurfoder m.m.).

Kortfakta. Typ av anläggning: Ag-Bag® med styrd luftning.

Process. I förbehandlingen siktas påsar och säckar bort. Till köskomposten tillsätts sedan cirka 40 % strukturmateriäl i form av flisat trädgårdsris. Processen kommer igång av sig själv. Via en slang i botten blåses luft in och syresätter komposten. Ventiler reglerar lufttillförseln. Vid första mätningen är temperaturen på 30-40 grader, vid andra mätningen cirka 50 grader och efter 3-4 veckor cirka 60 grader. Komposten förblir emballerad 10-15 veckor för att sedan efterkomposteras och siktas till 10 mm. Processen från hushållsavfall till färdig kompost tar ca 20 veckor.

En mer intensiv uppföljning av processen i Ag-Bag® påbörjades under undersökningsperioden. Försöken fick dock avbrytas eftersom man vid kontroll upptäckte att innehållet i plaststrängarna inte såg bra ut. Materialet var blött och hade en ”konstig” struktur och det rann mycket vatten från processen.

1.2.2 Göteborg (Marieholm)



Figur 8 Efterkompostering med Ag-Bag®, Marieholm, Göteborg

Bakgrund. Marieholm komposteringsanläggning ägs och drivs av Renova AB. Tillståndet från Länsstyrelsen, daterat 1999-06-15, gäller kompostering och hantering av högst 75 000 ton avfall per år varav högst 30 000 ton får utgöras av lättnedbrytbart biologiskt avfall.

Kortfakta. Typ av anläggning: Strängkompostering med styrd luftning (inomhus) med efterföljande Ag-Bag® med styrd luftning. Drifttagningsår: 2000. Investeringskostnad: cirka 60 miljoner kronor. Den höga investeringskostnaden beror på att anläggningen byggts om.

Anläggningen, från danska företaget Bioplan, byggdes från början för att vara en automatiserad boxkomposteringsanläggning men det föll inte väl ut. Driftstopp, dålig kvalitet på inkommande avfall, luktproblem i närområdet och höga behandlingskostnader var några av de problem som erfors. Idag strängkomposteras avfallet inomhus med luftinblåsning och efterföljande kompostering i Ag-Bag® för att minska risken för luktproblem.

Process. Det inkommande materialet vägs, kontrolleras och registreras vid in- och utfart från anläggningen. Material som används i jordblandningar lastas av utomhus. Ris som skall användas som strukturmateriäl i inomhusprocessen flisas på en annan anläggning och lagras sedan på Marieholm. Sanden siktas vid behov och lagras.

Lättnedbrytbart biologiskt avfall tippas via tre inmatningsfack, försedda med ridåportar, ned i en mottagningsbunker. En särskild intagsport för flis samt en port med container för felsorterat materiäl. En PC-styrd traverskran med skopa hämtar automatiskt materiäl från de olika facken enligt ett förprogrammerat system och förflyttar det till en mixer. Denna utgörs av två långsamt roterande skruvar som drivs av

var sitt elhydrauliskt pumpaggregat. Efter fem minuter satsvis blandning förs materialet via bandtransportör in i komposteringshallen. Komposteringen sker därefter i 2-3 meter höga strängar vilka läggs upp i hallen med hjälp av hjullastare. Materialet ventileras av ventilationsrör som läggs upp under strängarna. Temperatur och syrehalt mäts i materialets porvolym med en datalogger och används för att styra luftningsintensiteten. Frånluften leds via en skrubber (som inte används) och vidare till ett biofilter. Efter cirka fyra veckor i hallen beräknas materialet ha uppnått Rottegrad III¹ och transporteras då ut med hjälp av hjullastare för efterkompostering i Ag-Bag® cirka 90 dagar. När efterkomposteringen avslutats, så siktas materialet och ligger därefter utomhus under ytterligare en tid tills komposteringsprocessen är helt klar. Den färdiga komposten siktas sedan tillsammans med övriga beståndsdelar, som till exempel sand och torv, till olika jordblandningar. Jordprodukterna säljs främst till stora fastighetsbolag som använder produkterna till jordförbättring.

För att förhindra luktolägenheter vid mottagning av avfallet är mottagningsfickorna försedda med ridåportar som stängs när fickan inte används. Genom att all luft till processen tas in via mottagningen skapas ett kraftigt undertryck i mottagningshallen. Det finns också möjlighet att spola rent insamlingsfordonen vid inmatningsrampen. Vid behov spolas området framför mottagningshallen av. Även processhallen har undertryck.

Då reningsutrustningen dimensionerades var avsikten att ingående luft till skrubbern skulle ha en högre temperatur än vad den har i dagsläget (efter förändringarna i driften). Om vatten tillsätts i skrubbern så sänks luftens temperatur ytterligare. Det finns då risk för att biofiltrets funktion försämras. Av den orsaken används inte skrubbern.

Vatten som uppkommer från komposterings- och arbetsytor skall i första hand samlas upp i ett utjämningsmagasin och återföras till komposteringsprocessen. Förorenat vatten från anläggningen avleds till kommunens spillvattennät.

¹ Rottegrad är ett mått på hur mycket temperaturen kan höjas (energiavgången) i komposten. Ju högre temperatur desto mindre stabil är komposten – och desto lägre Rottegradtal. Skalan går från talet I (råkompost) till talet V (stabil kompost). Rottegrad III motsvarar en icke stabil kompost.

1.2.3 Karlskrona (Bubbetorp)



Figur 9 Membrankompostering vid Bubbtorp, Karlskrona

Bakgrund. Affärsverken Karlskrona AB äger och driver komposteringsanläggningen vid Bubbetorp.

Kortfakta. Typ av anläggning: Membrankompostering med styrd luftning.

Process. Anläggningen är av samma typ och utformad på samma sätt som anläggningen i Sala. Avfallet blandas med parkavfall och komposteras i moduler med betongväggar och överbyggnad med tak och portar av GoreTex-membran. Luft tillförs genom ett datorstyrt luftningssystem. En elektronisk styr- och mätutrustning kontrollerar processen och lufttillförseln. Se vidare processbeskrivning Sala, nedan.

Matavfallet, som samlas in i bruna papperspåsar, sönderdelas och blandas med flisat park- och trädgårdsavfall. Komposten baseras på cirka 70 procent matavfall och resterande flis. Komposteringen sker sedan i luftade moduler.

Fläktar pressar in luft via kanaler i betonggolvet. Under processens första fyra veckor sker en snabb nedbrytning med temperaturer upp till 55-75 grader. Efter cirka åtta veckor avslutas processen och komposten får då mogna i ytterligare åtta veckor, för att sedan siktas till 10 mm partikelstorlek. Det är komposteringens intensiva fas som sker slutet (membran). Mognadsfasen sker öppet.

1.2.4 Sala (Isätra)



Figur 10 Membrankompostering vid Isätra, Sala

Bakgrund. Isätra ägs och drivs av Västmanlands avfallaktiebolag, Vafab. Anläggningen byggdes med lokalt investeringsstöd.

Kortfakta. Typ av anläggning: Membrankompostering med styrd luftning. Drifttagningsår: 1999. Anläggningens kapacitet: 6000 ton våtorganiskt avfall per år + 2000 ton strukturmaterial. Mängd färdig kompost: cirka 4000 ton per år.

Process. Avfallet blandas med parkavfall och komposteras i moduler med betongväggar och överbyggnad med tak och portar av GoreTex-membran. Luft tillförs genom ett datorstyrt luftningssystem. En elektronisk styr- och mätutrustning kontrollerar processen och lufttillförseln. En lågt och en högt placerad temperaturgivare i respektive box genererar ett medelvärde varje timme som lagras i dator. Maskinisten ökar luftningstiden vid för höga temperaturer i kompostmassan. Fläktarna har konstant kapacitet och drifttiden för dessa styrs av ett datorprogram. Behandlingstiden är cirka 8 veckor varpå mognad och lagring följer i cirka 30 veckor.

Rätt TS-halt i efterkomposteringen samt mognadsfasen är svår att hålla. Detta med anledning av svårigheter med den blandare som ska blanda in vatten till jämn TS när materialet omlastas från boxar till lageryta. Lukten från anläggningen var vid uppstart av anläggningen samt den första perioden störande för närboende (1 person). Driftspersonalen upplevde att lukten kom från avfallets lagring på mottagningsplatta samt vid lagring av för stora högar strukturmaterial. Vid ändrade drift-rutiner med kortare lagringstid av materialet har lukten varit under kontroll, några klagomål har inte heller förekommit sedan dess.

Anläggningen drivs med intresserad och kunnig personal. Det är dock endast en man med hjullastare som sköter anläggningen och arbetsbelastningen kan periodvis vara för hög. Konsekvensen blir att lagring av avfall pågår för länge och att underhållet av anläggningen periodvis blir eftersatt.

1.2.5 Bodø (Vikan)



Figur 11 Strängkompostering ("storränker") med styrd luftning, Vikan, Bodø.

Bakgrund. Iris Gjenvinning AS, som ägs av Salten förvaltning IKS, driver anläggningen Vikan. Avfall samlas in från kommunerna Beiarn, Bodø, Fauske, Gildeskål, Hamarøy, Meløy, Saltdal, Skjerstad, Steigen och Sørfold.

Kortfakta. Typ av anläggning: Strängkompostering med styrd luftning. Drifttagningsår: 1997. Anläggningens kapacitet: 10 000 ton våtorganiskt avfall per år. Investeringskostnad: 22,5 miljoner norska kronor. Driftskostnader: 1,45 miljoner norska kronor per år (782 kronor per behandlat ton avfall). Kompost: 2000 ton per år (maximalt) av kompostklass I.

Process. Inkommande matavfall samlas in via två olika källsorteringssystem:

- Ägarkommunerna har ett system baserat på tre behållare varav en behållare för matavfall och en för trädgårdsavfall. Påsarna som nyttjas är av majsstärkelse. Avfallet samlas in var 14:e dag.
- Anläggningen tar även emot 4 000 ton avfall från andra regioner. Dessa använder Optibag-teknik. Matavfallet kommer till anläggningen i gröna plastpåsar.

Mottaget avfall öppnas och krossas med hjälp av en Allu-skopa. Detta gjordes tidigare med hjälp av en kompostvändare som vände avfallet fem gånger. Efter sönderdelning siktas matavfallet i en Doppstadt trumsikt, 80 mm siktduk. Kapaciteten är 20 ton per timme. Av inkommande material körs 22 viktprocent iväg som avfall.

Materialet som ska komposteras blandas med strukturmateriel (2/3 matavfall och 1/3 strukturmateriel) och läggs upp i stora strängar med tidsstyrd luftinblåsning. Avfallet vänds inte under tiden det ligger i strängarna. I det här steget stiger temperaturen i materialet snabbt till över 60°C. Strängkomposteringen pågår från ca 90 till 120 dagar.

Efter strängkomposteringen siktas massan till 10 mm. Den siktade massan efterkomposteras sedan i ca 50 till 70 dagar i mindre strängar, även här med tidsstyrd luftning. Under efterkomposteringen fås en ny ökning av temperaturen till över 55 °C. Det är här man dokumenterar nödvändig hygienisering av massan. När temperaturen sjunkit läggs materialet upp för mognad. Mognadsfasen varierar från 3 månader till 12 månader.

Ventilationsluften behandlas i ett kompostfilter. Förorenat vatten från anläggningen leds in i deponin.

1.3 Automatisk kompostering i box

1.3.1 Borlänge (Fågelmyra)



Figur 12 Fågelmyra komposteringsanläggning, Borlänge

Kortfakta. Typ av anläggning: Automatisk kompostering i box utan styrd luftning. Anläggningens kapacitet: 10 000 ton organiskt avfall per år.

Bakgrund. Fågelmyra öppnades år 1974 som en vanlig deponi. Biogas- och komposteringsanläggningen är byggd av konsortiet BKS Nordic AB/NCC Fågelmyra 1997, tagen i drift 1998 och drivs gemensamt av Borlänge Energi och Falu Energi & Vatten. Den ursprungliga avsikten var att avfallet skulle torrötas och att rötresten därefter skulle efterkomposteras tillsammans med strukturmateriel. Driftproblem uppstod och efter ett axelbrott på en av omrörarna i rötkammaren togs beslutet att stoppa driften. Idag är således endast komposteringen i drift.

Process. Påsarna med matrester och annat biologiskt nedbrytbart avfall kontrolleras utomhus innan de tippas i anläggningens mottagningsbunker (200 m³). Påsarna öppnas och töms på sitt innehåll, fragmenten av plastkassarna siktas bort och avfallet förs vidare till magnetavskiljaren där metallföremål som kapsyler och annat tas bort. Avfallet blandas med strukturmateriel (25 %) som lämnats i en andra, lika stor, bunker. Materialet skruvas sedan in till åtta stycken kompostboxar där för behandling. Boxarnas totala volym är 1440 kubikmeter. Omblandningen sker genom att ett skrapgolv skrapar ut det understa lagret ur boxen till en transportspiral. Ingen luft tillförs utöver vad som fås via omblandningen av materialet vid utläggning. Hanteringen sker per automatik. Behandlingstiden är ca en månad. Komposten får mogna ytterligare en tid utomhus. Ventilationsluften renas i ett biofilter med kapaciteten 40 000 kubikmeter per timme.



Figur 13 Förbehandling före kompostering



Figur 14 Efter den automatiska förkomposteringen i boxar efterkomposteras materialet i öppna strängar

Efter utvärderingsperiodens slut har Fågelmyraanläggningen byggts om och drivs nu på entreprenad. Den styrda luftningen har återinförts och justerats. Efterkomposteringen sker slutet i emballage. Enligt anläggningsansvarig fungerar nu anläggningen mycket bra, luktproblemen har reducerats avsevärt och komposten är på väg att certifieras.

En bidragande orsak till den bättre fungerande driften rapporteras även vara övergången från insamling i plastpåsar till papperspåsar. Detta anges ha medfört att andelen felsorterat i inkommande avfall minskat, vilket avsevärt reducerat slitaget i förbehandlingen och därmed även minskat driftskostnaderna.

1.3.2 Kristiansand (Støleheia)



Figur 15 Vy över Støleheia komposteringsanläggning, Kristiansand

Bakgrund. RKR (Renovasjonsselskapet for Kristiansandsregionen) ägs av kommunerna Kristiansand, Songdalen, Søgne og Vennesla. Komposteringsanläggningen på Støleheia togs i drift i maj 1996. Reaktorkomposteringen är levererad av Longwood Manufacturing Company (LMC) USA.

Kortfakta. Typ av anläggning: Automatisk kompostering i box med styrd luftning. Drifttagningsår: 1996. Anläggningens kapacitet: 15 000 ton våtorganiskt avfall per år och 15 000 ton slam, avhängt av marknadssituationen. Total kapacitet: 30 000 ton/år. Under 2004 inkom 11 000 ton våtorganiskt avfall och 12 000 ton slam. Investeringskostnad: 70 miljoner norska kronor inklusive biofilteranläggning för 15 miljoner norska kronor. Driftskostnader: 10,4 miljoner norska kronor per år, beräknat på 12 000 ton våtorganiskt avfall och 12 000 ton slam. Mängd färdig kompost: ca 13 000 ton (50 % från vardera avfallsfraktion).

Process. Som strukturmateriell nyttjas flisat trädgårdsavfall, trä- och hyvelspån från träindustrin. Inkommande avfall blandas först med strukturmateriell (15 viktprocent). Slam och våtorganiskt avfall behandlas i separata linjer och blandas inte. Bioavfallet körs därefter i en kvarn som finfördelar massan. Kvarnen är en hjullastarmonterad blandningsskopa av fabrikatet Allu med en kapacitet på 20 ton per timme. Efter finfördelningen siktas blandningen i en trumsikt (Farwik Mustang) för att sedan transporteras vidare till processhallen.

Där finns nio kompostboxar i betong, 64 meter långa, där avfallet komposteras i en helautomatisk, datorstyrd process. När avfallet brutits ner i 21-30 dagar flyttas det till en hall för efterkompostering. Efterkomposteringen sker i strängar inomhus

med styrd luftning (3 minuter på och 15-20 minuter av), 3-4 veckor för bioavfall och 2-3 veckor för slam.



Figur 16 Komposteringsboxar och automatisk vändare

Till sist transporteras komposten utomhus för mognad där den siktas i en trumsikt (Magnum 2590) och läggs i strängar som vänds minst två gånger. Kompost som ska nyttjas till jordblandningar lagras i minst ett halvår och vänds minst 4 gånger. Kompost som ska nyttjas inom jordbruket kan användas relativt färsk. Den sammanlagda tiden, från det att avfallet mottagits till leveransklar kompost, är minst 6 månader.

All förflyttning av material på anläggningen sker med hjullastare (bortsett från huvudkomposteringssteget i kompostboxarna). Processen ger ett utbyte på 60-70 procent matavfallskompost som är av kvalitetsklass I (i enlighet med norskt regelverk). Utöver detta fås en betydande andel kompost av klass 0 som också är godkänd för ekologiskt jordbruk (Debio).

Luftrening sker i ett biofilter med kapaciteten 130 000 kubikmeter per timme. Anläggningen är levererad av BBK bioairclean AS (Danmark).

Det inkommande avfallet vägs och blandas med trädgårdsavfall och grenar för att få den rätta strukturen. Förbehandling sker i kvarn som mixar materialet. Kapacitet 33 ton per timme. Är massan för fuktig regleras detta med torrmaterial i form av malda kvistar från trädgårdar och parker. Är den för torr tillsätts recirkulerat vatten från komposteringsprocessen eller kranvatten. Blandningsförhållanden styrs av processoperatören till dess massan har fått rätt porositet och fuktighet. Därefter transporteras massan på band över till komposteringshallen där själva nedbrytningen sker.

Hela processen sker inomhus i en helautomatisk komposteringshall på cirka 3500 kvadratmeter. Komposteringshallen består av 8 parallella betongboxar som är tre meter höga, fem meter breda och 50 meter långa. För att tillföra syre samt avlägsna överskottsvärme och fuktighet, ligger massan på ett perforerat golv som gör det möjligt att trycka in stora mängder luft genom kompostmassan. Luften tillsätts med stora fläktar. Inom loppet av de två månader som processen tar, blandas massan gradvis och förflyttas genom betongboxarna. En kraftig kompostvändare gör jobbet: på toppen av de tre meter höga boxväggarna finns en tung vändmaskin monterad på skenor som med hjälp av en horisontalställd piggvals och ett skrapverk rör om och förflyttar massan gradvis genom boxarna (ca 5 m för varje körning). Vid vändningsprocessen kan maskinen också tillföra massan vatten vid behov. Uppehållstiden i boxarna är 4-6 veckor med nio vändningar.

När den aktiva komposteringsprocessen är färdig, lagras komposten i efterkomposteringshallen. Här siktas den och eftermognas. Efterbehandling sker i en trumsikt med kapaciteten 40-70 ton per timme, av fabrikatet Doppstadt SM 618. Hela komposteringsprocessen skall optimalt sett ta ca två månader.

Inne i anläggningen går all ventilationsluft genom omfattande luktreducering med skrubber och biofilter. Den släpps till slut ut genom en 50 meter hög skorsten uppe i fjällsluttningen, 70 meter över anläggningen. Prover av luften visar att reningsanläggningen fungerar bra. Ventilationskapacitet är 120 000 kubikmeter per timme.

Hogstad komposteringsanläggning är fortsatt i en inkörningsfas, processen fungerar ännu inte optimalt. Komposten är inte mogen när den kommer ut ur komposteringshallen. Därmed förekommer det fortsatt nedbrytning av komposten i lagerhallen. Luktproblemen härstammar här ifrån. Anläggningen arbetar för att förbättra processen så att komposten blir mer luktfri. Samtidigt reduceras mängden omogen kompost i lagerhallen. En ny ventilationsanläggning som fångar upp lukten från lagerhallen är nu installerad. Komposten är godkänd av Landbrukstilsynet som jordförbättringsmedel av klass I.

2 Resultat och diskussion

I detta kapitel följer en redovisning och diskussion av resultatet från undersökningen av komposteringsanläggningar.

2.1 Urval av anläggningar och driftstatus

Ursprungligen ingick 6 st svenska komposteringsanläggningar i undersökningen. För att utöka urvalet med fler tekniker och systemlösningar kompletterades studien med fyra norska anläggningar som valdes ut av RVF i samarbete med Norska Renhållningsverksföreningen. På samma vis som för rötningsanläggningar har anläggningarna delvis ”anonymiserats” i den efterföljande sammanställningen.

Tabell 1 nedan redovisar driftstatusen vid de anläggningar som studerats.

Tabell 1 Komposteringsanläggningar och driftstatus vid utvärderingen

Anläggning	Typ av kompostering	Driftstatus
Västerås (Gryta)	Strängkompostering med kompostvändare	Omställd till samkompostering av slam- och park-/trädgårdsavfall
Uppsala (Hovgården)	Strängkompostering med kompostvändare	I drift, på sikt behandling endast av parkavfall
Elverum (Hornmoen)	Strängkompostering med kompostvändare	I full drift
Borås (Sobacken)	Strängkompostering med styrd luftning och Ag-Bag	I full drift
Göteborg (Marieholm)	Strängkompostering med styrd luftning och Ag-Bag	I full drift
Bodø (Vikan)	Strängkompostering med styrd luftning	I full drift
Karlskrona (Bubbetorp)	Membrankompostering i box med styrd luftning	I full drift
Sala (Isätra)	Membrankompostering i box med styrd luftning	I full drift
Borlänge (Fågelmýra)	Automatiserad boxkompostering utan ¹⁾ styrd luftning	I full drift
Stavanger (Hogstad)	Automatiserad boxkompostering med styrd luftning	I full drift, men under fortsatt intrimning
Kristiansand (Støleheia)	Automatiserad boxkompostering med styrd luftning	I full drift

1) anläggningen har efter utvärderingens slut byggts om och har nu styrd luftning, se kapitel 1, ovan.

2.2 Resultat

2.2.1 Inkommande material och leveranser

De undersökta anläggningarna tar huvudsakligen emot utsorterat organiskt hushållsavfall och annat matavfall, men även mindre mängder av andra typer av fasta och halvfasta material. Park- och trädgårdsavfall används oftast som strukturmateriäl i komposten. Avfallsfraktioner som tas emot inkluderar:

- Organiskt avfall från restauranger och storkök
- Organiskt hushållsavfall
- Industriellt organiskt avfall
- Park- och trädgårdsavfall
- Avloppsslam
- Flisat trä

Tabell 2 nedan visar variationen i torrsubstanshalt i de olika materialen som behandlas vid de olika anläggningarna.

Tabell 2 Torrsubstanshalt i inkommande material från några av de utvärderade anläggningarna

Anläggning	a	b	c	d	e	f	h	i	k
Organiskt avfall från restaurang och storkök	32				20-30				
Organiskt hushållsavfall	32			40-45	30	44	32	35	35
Ind. org. avfall						44			
Park- och trädgårdsavfall	47				35-60	77			
Avloppsslam								22	
Flisat trä	45								

2.2.1.1 LEVERANSER OCH MOTTAGNINGSAVGIFTER

Leverans sker huvudsakligen med containerbil (längre transporter) eller komprimatorbil för (kortare lokala sträckor). Avfallet ligger löst i container eller emballerat i pappers- eller plastpåse alternativt sk biopåse (lättnedbrytbar plastpåse som delvis utgörs av stärkelse). Flera anläggningar tar emot olika typer av påsar.

6 anläggningar tar emot avfall i plastpåsar och 4 av dessa har optisk sortering.

Mottagningsavgifterna för olika avfallsslag redovisas nedan. Norska avgifter har räknats om till svenska kronor.

Tabell 3 Mottagningsavgifter, SEK/ton

Avfallsslag	a	b	e	f		Medel
Matavfall					870	
Organiskt avfall från restaurang och storkök	750		400		680	
Organiskt hushållsavfall	825	685	475	500	798	657
Industriellt organiskt avfall				700		
Park- och trädgårdsavfall	110		270	300		
Flisat trä	160					

Förbehandlingskrav på inkommande avfall omfattar i samtliga fall källsortering. Endast en anläggning anger dock att materialet är kvalitetskontrollerat på något sätt och en att föroreningar (dvs icke-komposterbart material såsom glas, plast, mm) delvis är avskiljda när materialet anländer till anläggningen.

Andel felsorterat som inkommer till anläggningen varierar kraftigt, vilket visas i tabellen nedan.

Tabell 4 Enkät svar - andel felsorterat i inkommande material, %

	Andel felsorterat ¹⁾ vikt- %					
Anläggning	a	b	c	d	e	i
Organiskt avfall från restaurang och storkök	10	-	0	-	0,5	-
Organiskt hushållsavfall	0,1	5-25	Ej mätt	1-2	2	5

1) Uppskattad andel felsorterat material i inkommande avfall, värdet motsvaras av plockanalysresultat. Av den angivna informationen framgår inte hur värdet erhållits, men värdena stöds av de uppgifter som erhållits i enkät svar från insamlingsdelen (Bilaga 2).

2) Anläggning a och b tar emot avfall insamlat i plastpåse, anläggning d, e och f i papperspåse

Ett annat sätt att ange mängden oönskat material är genom den totala föroreningsgraden, vilken då avser allt inkommande avfall. Även dessa angivna värden varierar ganska kraftigt. Vid 3 anläggningar anges att föroreningsgraden är uppemot 10 vikt-% (se Tabell 5 nedan). Plockanalyser stödjer resultaten (se Bilaga 2 - Källsortering och insamling).

Tabell 5 Föroreningsgrad, vikt-% av inkommande avfall

	a	b	c	d	e	f	h	i
Påsmaterial för källsorterat material som levereras till anläggningen ¹⁾	Plast	Plast	Papper	Papper	Papper	Plast	Biopåse ²⁾	Papper
		50 %	75 %					80 %
Föroreningsgrad								
<1 %		X ¹⁾	X	X				X
<5 %					X			
5-10 %	X					X	X	

- 1) Flera anläggningar tar emot en blandning av påsmaterial, det som anges är andelen av det huvudsakliga materialet. Om inget annat anges avses 100 %.
- 2) Angivet värde från enkäten här dålig överensstämmelse med angivna rejektmängder och muntliga uppgifter från den nya anläggningsägaren
- 3) Biopåse är en typ av lättnedbrytbar plastpåse som delvis utgörs av majsstärkelse

Tabell 6 Rejektmängder, andel av total mängd inkommande material

	Andel rejektmaterial, vikt-% av total mängd inkommande material ¹⁾			
Anläggning	b	f	h	i
Organiskt avfall från restaurang och storkök			22	
Organiskt hushållsavfall	25-30	15-20	23	30

- 1) anläggning b, f och h tar emot avfall i plastpåse/biopåse och angivna rejektmängder inkluderar plastmaterialet. Vid anläggning b och h tas emot avfall som sorteras optiskt.

Samtliga anläggningar som rapporterar höga föroreningsgrader och två av dem som anger höga rejektmängder tar emot utsorterat organiskt hushållsavfall i *plastpåse*. Två av dessa har optisk sortering. Samma föroreningsgrad anges också vid den röttningsanläggning som tar emot plastpåsar från optisk sortering. Utifrån dessa uppgifter har den optiska sorteringen därmed inte någon speciell effekt på rejektmängderna, men det statistiska underlaget är alltför litet för att dra några stora slutsatser kring detta.

Sammantaget utifrån Tabell 4, 5 och 6 ovan kan dock urskiljas en tydlig tendens att *insamling i plastpåse ger större risk för högre andel felsorterat i källsorterat hushållsavfall*, vilket också flera anläggningsägars instämmer i utifrån egen erfarenhet. Två av de undersökta kommunerna/anläggningarna har också övergått från plast till insamling i papperspåse av detta skäl. På olika håll framförs ibland att miljömedvetenheten riskerar sjunka i det fall man använder plast för källsortering av organiskt hushållsavfall, vilket skulle kunna vara en del av förklaringen. Vissa anläggningar nämner den pedagogiska svårighet som kan uppstå när biologiskt behandlingsbart avfall läggs i plastpåse samtidigt som plast inte får läggas i påsen.

Fyra anläggningar anger att de siktar avfallet före kompostering, övriga siktar endast den färdiga komposten.

2.2.2 Anläggningsutformning

Kompostering sker i flera steg: förkompostering, efterkompostering och mognad varpå en längre lagringstid ofta följer. Av särskild vikt är vilken metod som används i förkomposteringssteget där den största nedbrytningen av det organiska materialet skall äga rum. Anläggningarna kan utgående från detta indelas i tre huvudtyper (K1, K2 och K3) enligt följande:

Tabell 7 Tre typer av komposteringsanläggningar

Typ av huvudkomposteringsprocess	K1	K2	K3
Teknik	Enkel, utan styrd luftning	Enkel	Mer komplex
Processtyrning	Utan styrd luftning	Styrd luftning	Styrd luftning
System:	– Strängkompostering med kompostvårdare	– Membrankompostering – Strängkompostering med luftinblåsning – Ag-bag	– Boxkompostering med automatisk, kontinuerlig omrörning
Representeras av anläggning	– Uppsala – Elverum – Västerås ²⁾	i) <i>Sträng och Ag-bag</i> – Göteborg – Bodö ii) <i>Membran</i> – Karlskrona – Sala	– Kristiansand – Stavanger – Borlänge ¹⁾

1) utan styrd lufttillförsel

Anläggningarnas processutformning redovisas i tabellen nedan.

Tabell 8 Öppen/sluten process

	a	b	c	d	e	f	h	i	j	k
Förkompostering										
Öppen						x	x	x		
Sluten	x	X	x	x	x				x	x
Efterkompostering										
Öppen	x				x	x	x	x		
Sluten			x	x					x	x
Mognad										
Öppen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sluten										

De anläggningar som har öppen förkompostering använder en strängkomposteringsprocess. Komposteringsanläggningar av typen membran (duk), Ag-bag eller

box har sluten förkompostering. En av strängkomposteringsanläggningarna är inbyggd (ombyggd från en tidigare boxkomposteringsanläggning) och därmed sluten.

Efterkompostering sker delvis slutet vid membranläggningarna och vid de norska boxkomposteringsanläggningarna som efterkomposterar inomhus. Den inbyggda strängkomposteringsanläggningen efterkomposterar slutet i Ag-bag. Mognad sker utan undantag öppet utomhus.

Behandlingstiden i de olika anläggningarna redovisas nedan. Inte oväntat indikerar resultatet att boxkompostering ger det snabbaste resultatet eftersom dessa ger kontinuerlig lufttillförsel kontinuerligt. Jämförelsen förutsätter att den färdiga komposten från anläggningarna är likvärdig. Någon fullständig jämförelse kan dock inte göras enbart med hjälp av behandlingstiden eftersom detta kräver vetskap om nedbrytningsgraden i komposten.

Tabell 9 Behandlingstid i de olika anläggningarna

Behandlingstid, dygn	a	b	c	d	e	f	h	i	j	k
Typ av huvudkomposteringsprocess	Ag-bag	Box	Sträng	Membran	Membran	Sträng	Sträng m luft	Sträng med vänd	Box	Box
Förkompostering	70	25-30	28	28	28		90	21-28	21-30	
Efterkompostering	112		90	28	28		90	70		
Totalt kompostering	182			56	56		180	95		60
Mognad	112			90	90		90	i.u		i.u
Totalt inkl mognad	294	i.u	i.u	146	146	120-360	270		120	

Andelen manuellt arbete varierar i de olika anläggningstyperna. Anläggningarna av typen Ag-bag och strängkompostering anger stor andel manuell hantering, membranläggning högre automatiseringsgrad och boxkomposteringen lägst andel manuell hantering.

Tabell 10 Automatiseringsgrad, enkätsvar

Anläggning	a	b	c	d	e	f	h	i
Typ av huvudkomposteringsprocess	Ag-bag	Box	Sträng	Membran	Membran	Sträng	Sträng m luft	Sträng med vänd
5 Inget manuellt				X				
4		4,5						
3			X		X			
2							X	
1 Stor del manuellt	X					X		X

2.2.3 Drift och process

2.2.3.1 DRIFTSTABILITET

Den mekaniska driftstabiliteten är generellt sett mycket god vid de flesta anläggningarna, speciellt vid K1 och K2-anläggningarna där tekniken är enkel och robust med begränsad mängd maskinell utrustning.

K3-systemen presenterar generellt sett större risker i det här hänseendet. Vid dessa anläggningar vänds materialet kontinuerligt av maskiner under komposteringen. Några uppgifter om tillgänglighet har dock inte erhållits från de norska boxkomposteringsanläggningarna, den svenska anläggningen anger den högsta andelen oplanerade driftstopp, dock inte någon extremt hög andel.

Tabell 11 Anläggningarnas tillgänglighet, driftstopp

Driftstopp, % av drifttid	a	b	c	d	e	f	h	i
Typ av huvudkom- posteringsprocess	Ag- bag	Box	Sträng	Mem- bran	Mem- bran	Sträng	Sträng m luft	Sträng med vänd
Planerade	0	1	10	i.u.	2	1	3	0
Oplanerade	2	4,5	i.u.	i.u.	0	1	3	<2

De flesta mekaniska problem som anges i enkätsvaren rör strängvändare, framför allt i kombination med utomhustemperaturer under nollpunkten.

En anläggning anger problem med den optiska sorteringsanläggningen. En membranläggning anger ”inga” problem och en annan problem med fastfrusna kuggstänger.

En anläggning anger problem med en plastavskiljning med vindsikt (alltför hög fukthalt i materialet för denna typ av sikt).

2.2.3.2 PROCESSKONTROLL

2.2.3.2.1 Provtagning och krav

Processkontroll sker vid de flesta anläggningar genom kontinuerlig loggning av tid och temperatur i komposten (6 av 8 st). De två norska anläggningar som svarat anger att de även utför analyser på komposten. 1 anläggning mäter temp 1 g/v och 1 anläggning har enbart slutproduktanalys.

De krav som styr anläggningen redovisas nedan.

Tabell 12 Hygieniseringskrav och behandling

Hygieniseringskrav	a	b	c	d	e	f	h	i
Inga krav						X		
RVFs cert.	X	X	X	X	X			
SJVFS	X	X			X			
Norska Gjødselvarerforskr.							X	X
EU	X							
Specifika för anl.				X				

Hygieniseringsteknik	a	b	c	d	e	f	h	i
Termofil beh.	55 °C i 2+2 v	X	X	X	X	X	60 °C i 24 h	60 °C i snitt i 14 d
Processkontroll			X					
Loggning av tid & temperatur		X	X	X	X		X	X
Analys						Slutp.	X	X
Annan metod	Temp 1 g/v			X				

Utöver ovanstående sker provtagning på komposten enligt följande (Tabell 13):

Tabell 13 Provtagning och frekvens¹⁾

Analys, antal/år	a	b	c	d	e	f	h	i
Kemisk	1		4	X	1 ²⁾	12	96	4
Bakteriell						12	96	12
Stabilitet	1		4	X				2
Okulär	X	X		X		X		
Annat								Spire-test, 2 st/år

1) antal provtagningstillfällen/år

2) per varje 500 m³ kompost

Som framgår av Tabell 13 ovan är provtagningsfrekvensen mycket varierande. Till exempel genomförs i vissa fall kemisk analys på komposten endast 1 g/år, i andra fall 2 g/vecka.

Generellt sett utför de norska anläggningarna betydligt fler analyser på slutprodukten medan provtagningsfrekvensen i de svenska anläggningarna förefaller mycket låg. De norska anläggningarna följer den norska gjødselvarereforeskriften medan de flesta svenska följer RVFs certifieringssystem. Sedan 1996 har Norge en gödselvarereforeskrift som reglerar produktion, kvalitet och användning av slutprodukter från

biologisk behandling². 2003 blev föreskriften sammanslagen med slamföreskriften och föreskriften om silopressaft. Föreskriften ställer bland annat krav på internkontroll genom alla led i produktionen, vilket sannolikt är förklaringen till den stora skillnaden mellan de svenska och norska anläggningarna.

Den låga provtagnings- och analysfrekvensen överensstämmer med det generella intryck som erhöles vid besöken vid komposteringsanläggningarna och som innebär att komposteringsprocessen som helhet förefaller att betraktas mer som materialhantering än som en nedbrytningsprocess. Begreppet nedbrytningsgrad är på sina håll inte helt bekant och man verkar i vissa fall ovan att tänka i termer av "process". På flera ställen ser man heller inget större behov av utökade analyser eftersom stabil kompost erhålls. En förklaring skulle kunna vara att avfallsbehandling traditionellt haft karaktären av en materialhanteringsfråga (deponering) och inte en process.

Det finns sannolikt stora vinster att göra genom att utveckla ett mer genomgripande processtänkande i branschen. Tid och temperatur kan förvisso vara relativt tillfredsställande för att konstatera hygienisering. Mognadsgrad eller "rottegrad" är stabilitetsmått som används för att kontrollera kompostens stabilitet. Dessa är ändamålsenliga för driften i så mån att stabil kompost kan produceras. Stabilitet är dock ett relativt oprecist mått som inte är tillräckligt för att optimera komposteringsprocessen, till exempel med avseende på luftflöde, uppehållstid, etc. (1 anläggning uppger också att man kommer att sluta använda "Rottegrad" som analysmetod då man inte anser att det ger tillräcklig information om kompostmognad).

Hur mycket det organiska materialet bryts ned i komposten under en viss tidsenhet är sannolikt det bästa måttet på komposteringsprocessens *effektivitet*. En säker uppskattning av komposteringsprocessens effektivitet kräver dock massbalanser och analyser av både inkommande materials organiska halt och utgående organisk halt i färdig kompost. Den typen av värden är inte bara användbara för att optimera driften och kvalitetssäkra komposten. I kombination med driftkostnader är de också mycket viktiga för att kunna utvärdera olika komposteringsystem vid upphandling.

Här uppkommer även frågan vilka krav som skall ställas på en komposteringsprocess. Är det tillräckligt att få en stabil process eller skall en viss nedbrytningsgrad uppnås? Om mer långtgående krav skall ställas, hur skall regleringen ske?

Nedbrytningsgrad är naturligtvis också användbart vid jämförelse av kompostering med andra processer, t ex rötning.

² FOR 2003-07-04 nr 951. Forskrift om gjødselvarer av organisk opphav m.v. Statens forurensningstilsyn. Se www.lovdata.no

2.2.3.2.2 *Luftning*

God luftning är nödvändigt för att åstadkomma en väl fungerande process och någon typ av styrning av lufttillförsel är nödvändig för att få en tillräcklig lufttillsats. Strängkomposteringsanläggningar med kompostvändare har mycket små möjligheter att uppfylla detta eftersom processtyrningsmöjligheterna är obefintliga. Den här typen av kompostering kan ha förutsättningar att fungera för behandling av mindre kompakta material med låga volymvikter (ca < 350 kg/m³), t ex parkavfall.

I andra änden av spektret finns automatiserade boxkomposteringsprocesser har bäst förutsättningar att uppfylla en god luftning eftersom de är utformade för att konstant röra om i materialet i kombination med luftinblåsning.

Strängkompostering med luftinblåsning och membranläggningar befinner sig mitt emellan de två ytterligheterna ovan. Lufttillflödet kan styras; dock måste komposten röras om efter en tid på grund av kanalbildning, kompaktering osv. Detta är sannolikt praktiskt enklare att genomföra vid membranläggningar än vid kompost i strängar.

Diskussion

God luftfördelning vid kompostering är en av nyckelfaktorerna för ett gott resultat, men samtidigt svårt att åstadkomma eftersom man arbetar med små tryckfall på stora ytor i kombination med ett ojämnt material. För att erhålla en god spridning av luften bör luften fördelas *under* materialet innan den går upp genom massan. Vanligtvis kan detta ske genom kompostmassan får vila på ett lager flis eller singel som nyttjas för spridningen av luften. Det är också viktigt att materialet är så homogent som möjligt.

Energinnehållet i vattenångan som avgår från vid komposteringen utnyttjas vid en av de utvärderade anläggningarna. Den används där till uppvärmning av tilluften för ventilation genom recirkulation och värmeväxling mot frånluft från biofiltret. Energin är lågvärdig med begränsad användning, men beroende på förutsättningarna skulle det sannolikt löna sig att undersöka möjligheterna till någon form av energiutnyttjande vid fler anläggningar.

2.2.3.2.3 *Lukt*

Dålig lukt är kanske den allra största problemställningen för komposteringsanläggningar såväl gentemot omgivningen som ur arbetsmiljösynpunkt.

Tabell 14 nedan redovisar enkätsvaren avseende lukt. Som konstaterats tidigare (se rötningskapitlet) är antalet externa klagomål inte alltid representativt för de faktiska luktproblemen utan kan ha många olika orsaker. Vid sidan av tekniska åtgärder är generellt sett rätt lokalisering en nyckelfaktor, men även samverkan med omkringboende har i många fall visat sig ha god effekt för att minska upplevelsen av dålig lukt. När det gäller dålig lukt från *processen* anger membranläggningarna inga luktproblem, vilket sträng- och Ag-Bag[®]-anläggningarna gör (anläggningen med

Ag-Bag[®] rapporterar dock att luktproblemen minskat sedan man införde denna teknik). Så gott som alla anläggningar anger dock att det luktar vid normal drift. Föga förvånande anger man i flera fall lukt från det *obehandlade materialet*.

En viss lukt är sannolikt ofrånkomlig vid kompostering. Anläggningens utformning och grad av slutenhet har stor betydelse när det gäller lukt till omgivningen varför öppna processer naturligtvis är sämre i detta avseende och slutna har större förutsättningar att ge en luktfri miljö för omkringboende.

När det gäller dålig lukt från själva processen är problemet i de flesta fall orsakat av en dåligt fungerande komposteringsprocess. Om obalans uppstår mellan driftparametrarna (syresättning, C/N-kvot, fukthalt, temperatur, pH etc) uppstår luktproblem. Oftast rör det sig om otillräcklig lufttillsats. Det är därför inte förvånande att de två strängkomposteringsanläggningarna med kompostvändare rapporterar detta problem. Mellan vändningarna uppträder anaeroba (syrefria) förhållanden mycket snabbt. Syret i porvolymerna förbrukas redan under det första dygnet. När detta inträffar avtar komposteringsprocessen successivt och en rötningsprocess med metanbildning påbörjas istället. Komposten mörknar och lukten tilltar. I många fall produceras även lakvatten från komposten, vilket är ett säkert tecken på att komposteringsprocessen inte fungerar tillfredsställande. Tiden till fullständig anaerobi är svår att bedöma exakt, men har av somliga uppskattats till max ca 3-4 dygn om materialet får ligga orört. Strängkomposteringsanläggningarna i utvärderingen vänder komposten 1 g/v – 1 g/3v vilket med all sannolikhet är alltför sällan för att en väl fungerande komposteringsprocess skall uppnås.

I den svenska boxkomposteringsanläggning som rapporterar det här problemet hade man vid vårt besök helt stängt av lufttillsatsen till boxarna i syfte att minska luktproblemen för personalen. På så sätt har man försvårat processförutsättningarna. Denna anläggning hade vid besöket också mycket svåra luktproblem. De anläggningar som upplever dålig lukt i processen tar även emot ett relativt högt antal externa klagomål. (I dagsläget är denna anläggning luftad och ombyggd och fungerar väl).

Överbyggda komposteringsanläggningar behandlar processluften från hela anläggningen, membranläggningar behandlar processluften från förkomposteringssteget och öppna anläggningar har av naturliga skäl ingen luftbehandling alls.

Tabell 14 Luftbehandling/ventilation, enkätsvar

Anläggning	a	b	c	d	e	f	h	i
Typ av anläggning	K2 Ag- bag	K3 Box	K2 Sträng	K2 Mem bran	K2 Mem bran	K1 Sträng med vänd	K2 Sträng m luft	K1 Sträng med vänd
<u>Klagomål på lukt</u>								
Antal/år	2	"of- ta"	X	X	10	10	2	5
Kompostering								
Antal/år	2			X		1	10	
Övrig verksamhet								
<u>Upphov till lukt</u>								
Obehandlat material				X	X	X		
Processen	X	X				X		X
Kompost	X	X	X					
Annan del		de- poni					siktrest	
Vet ej				X				X
<u>Då luktar det</u>								
Normal drift	X	X	X	X		X		X
Störning	X		X	X				
Speciella väderförh.	X				X	X		X
<u>Ventilation och luft- behandling</u>								
Hela anl.		X	X					
Delar av anl.	X			X				X
Biofilter		X	X	X	X			X
Våtskrubber			X					
Luktspray	X							X
Annan metod	Ag- bag	bio- torn						

Den gängse behandlingen är i kompostfilter, men en av boxkomposteringarna är även utrustade med skrubberanläggning.

Trots att anläggningsansvariga anger att det ofta förekommer lukt är det bara 1 av 7 som anger att personalen besväras av lukt ibland (boxkompostering). 6 av 7 anger att personalen aldrig eller endast i enstaka fall besväras av lukt.

Personalen besväras av lukt?	Enkätsvar
Nej, aldrig	1 (e)
Nej, endast i enstaka fall	5 (a, c, f, h, i)
Ja, ibland	1 (b)

De flesta av dessa är inte överbyggda utan ligger fritt utomhus. Generellt finns det ofta ett motsägelserförhållande mellan reduktion av lukt till omgivningen och arbetsmiljön. Att sluta systemen ger bättre kontroll över luftflödena och ökar förutsättningarna att reducera lukt till omgivningen. Ju mer inbyggd komposteringen

blir, desto mer riskerar dock personalen utsättas för lukt. Vid de system som är mycket slutna blir det av *arbetsmiljöskäl* därmed än mer viktigt att tillgodose god ventilation och tillräcklig behandling av ventilationsluften.

2.2.3.3 PRESTANDA OCH NYCKELTAL

I Tabell 15 och Tabell 16 nedan redovisas några olika nyckeltal baserade på data från de studerade komposteringsanläggningarna.

Tabell 15 Nyckeltal för komposteringsanläggningar

	Driftdata		
	Min	Medel	Max
Nedbrytningsgrad, % ¹⁾	39	44	48
Mängd producerad kompost/total mängd behandlat avfall, kg/ton ²⁾	180	390	530
Mängd producerad kompost/ton behandlat hushållsavfall, kg/ton ³⁾	680	710	760
Mängd rejekt/ton behandlat avfall, kg/ton ⁴⁾	96	176	250
Mängd rejekt/ton behandlat hushållsavfall ³⁾	125	305	522
I papperspåse (2 anl)	125		270
I plastpåse (3 anl)	300		522

¹⁾ baserat på data från 5 anläggningar

²⁾ baserat på data från 6 anläggningar, i mängden behandlat avfall ingår allt avfall samt strukturmateri

³⁾ baserat på data från 4 anläggningar, mängden hushållsavfall *inklusive* strukturmateri

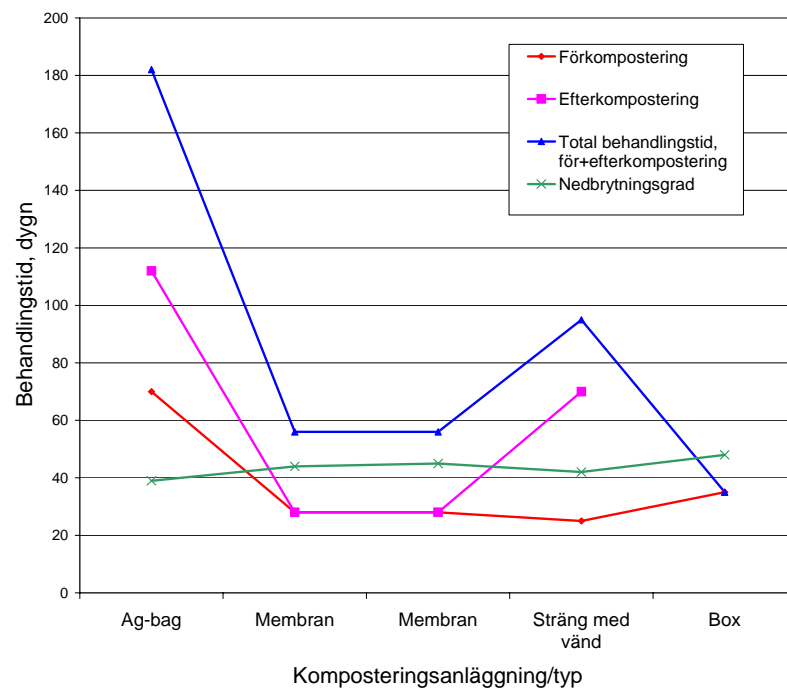
⁴⁾ baserat på data från 7 anläggningar

Några större skillnader i ovanstående nyckeltal mellan olika anläggningstyper kan inte urskiljas (diskussion ang nedbrytningsgrad, se Figur 19 nedan).

Mängden kompost som bildas per ton hushållsavfall är mycket lika i de olika anläggningarna, ca 700 kg/ton.

Den största andelen rejekt anges vara plastmaterial i de flesta anläggningar. Rejektmängderna är som väntat högre för de anläggningar som tar emot hushållsavfall i plastpåsar. Två anläggningar som tar emot ca 5000 respektive 6000 ton hushållsavfall/år anger att man får ca 150 ton plast per månad (se även kapitel 2.2.1).

Komposterings effektiviteten bör som tidigare nämnts på säkrast sätt mätas via nedbrytningsgrad per tidsenhet och sådana data saknas för de flesta anläggningar. Data avseende nedbrytningsgrad har endast erhållits från de två membranläggningarna (44 resp 45 %). Genom beräkningar utifrån angivna uppgifter har vi kunnat uppskatta nedbrytningsgraden vid ytterligare 3 anläggningar, den är där i samma storleksordning och varierar mellan 39 och 48 %. Figur 19 nedan visar nedbrytningsgraden som funktion av behandlingstiden i respektive anläggning.



Figur 19 Nedbrytningsgrad som funktion av behandlingstiden vid komposteringen. (Två av värdena för nedbrytningsgrad har erhållits direkt från anläggningarna, tre är beräknade utifrån erhållna data).

Som figuren ovan visar kan man inte urskilja någon korrelation mellan nedbrytningsgrad och behandlingstid, dvs trots stor skillnad i behandlingstid erhålls i stort samma nedbrytningsgrad, ca 40 %.

Metoderna ser därmed ut att skilja sig åt med avseende på effektivitet, men det går inte med säkerhet att här konstatera någon skillnad eftersom det finns olikheter i övriga förutsättningar. För att avgöra skillnad i effektivitet mätt som nedbrytningsgrad per tidsenhet krävs betydligt mer information om övriga driftdata under komposteringen eftersom det är många parametrar som påverkar resultatet.

2.2.3.4 KOSTNADER

I detta avsnitt redovisas de uppgifter kring kostnader som erhållits från anläggningarna och olika parametrar relaterade till drift- och investeringskostnader.

2.2.3.4.1 Drift- och behandlingskostnader

Tabell 16 Driftkostnader vid utvärderade komposteringsanläggningar

	Driftdata		
	Min	Medel	Max
Elförbrukning, kWh/ton behandlat avfall ¹⁾	9	-	127
Bränsleförbrukning, l/ton behandlat avfall	-	i.u	-
Underhållskostnader, Tkr/år ²⁾	7	200	455
Personal, antal	0,5	2,5	5
veckodagar	1	1	1
helg/jour	1	1	1
Behandlingskostnad, kr/ton avfall ²⁾			
Sträng (2 anl)		860	
Membran (1 anl)		300	
Box (1 anl)		950	

¹⁾ baserat på data från 3 anläggningar (2 membranteknik, 1 sträng+Ag-Bag)

²⁾ baserat på data från 5 anläggningar, varav 3 norska. Behandlingskostnad är en total kostnad och inkluderar således kapitaltjänstkostnad, drift, underhåll, etc.

Elförbrukningen vid anläggningarna är relativt låg, dock har inte erhållits några data från boxkompostering, som kan förväntas ha betydligt högre elförbrukning. Högst underhållskostnader anger inte oväntat boxkomposteringsanläggningarna.

Den angivna behandlingskostnaden för komposteringsanläggningarna skiljer sig kraftigt åt. I detta sammanhang kan nämnas att det i Norge byggdes ett stort antal komposteringsanläggningar under nittioalet och då antogs ursprungligen att man skulle kunna behandla bioavfall till ett pris av 3-400 NOK/ton avfall. Efter en tid uppstod en mängd olika driftproblem vid anläggningarna och behov av tilläggsinvesteringar (t ex efterbehandling, biofilter, omläggning av driften, mm), vilket gjorde att behandlingskostnaden idag ligger närmare 700-800 NOK/ton i genomsnitt. Det är således möjligt – dock på intet vis bekräftat här – att de svenska anläggningarna kan komma att erfara en liknande utveckling.

Nedanstående tabell visar åtgången av strukturmateriel vid de olika anläggningarna, samt graden av återcirkulation.

Tabell 17 Strukturmateriel

Strukturmtrl	a	b	c	d	e	f	h	i
Träflis	X	X	X			X		X
Parkavfall	X	X		X	X	X		X
Annat	X						X	
Åtgång, ton/år	3000	2500	3300		2000	3000-4000	1200	4000-5000 ¹⁾
Recirk., %	20	28	0		10	100	70	25
Återanv., gånger	1	<1				3	2-3	2

Personalbehovet är störst vid strängkompostering, som kräver mycket manuell hantering. Övriga anläggningar är relativt lika.

Tabell 18 Personalbehov och jämförande nyckeltal för komposteringsanläggningar

Personalkostnader	Personal, antal	Personal, värden normaliserade för mängden avfall som behandlas vid anl.
Anläggning		
Sträng med luftinblås och Ag-Bag	5	5
Sträng med luftinblås och Ag-Bag	5	3,4
Sträng med kompostvändare	2	2,2
Sträng med kompostvändare	3	2,7
Sträng med luftinblås	2	1,8
Membran	0,5	2
Membran	1	1,5
Box, automatisk	2	2

2.2.3.4.2 Investeringskostnader

Investeringskostnader för olika typer av anläggningar redovisas i Tabell 19 nedan.

Tabell 19 Investering och jämförande nyckeltal för komposteringsanläggningar

Investering	MSEK	SEK/ton behandlat avfall	SEK/ton behandlat hushållsavfall
Anläggning			
Sträng med kompostvändare	25	2 250	3 790
Sträng med luftinblås	25	2 230	-
Sträng med luftinblås (ombyggd från box)	60	4 140	9 000
Membran	10	3 850	5 000
Membran	10	1 390	1 880
Box, automatisk	79	3 680	6 580
Box, automatiskt	175	6 250	8 540

Nyckeltalen som anges i tabellen ovan utgör endast ett grovt mått för att illustrera skillnaderna och är inte avsedda att ge någon exakt kostnadsbild. Tabellen visar dock att membrankompostering och strängkompostering i detta hänseende generellt sett ligger i samma kostnadsläge, automatisk boxkompostering betydligt högre. (Den strängkompostering som avviker med en betydlig högre investering än övriga är ombyggd från boxkompostering).

En fullständig kostnadsjämförelse inkluderar självfallet driftkostnader, varför ovanstående investeringskostnader ger en ofullständig bild. Dock bedöms tendensen bestå i det fall totala driftkostnader inkluderas eftersom automatisk boxkom-

postering har högre energiförbrukning och antalet personal är relativt lika som för övriga (se Tabell 18 ovan).

Som framgår av ovanstående kan konstateras att en av membrankomposteringsanläggningarna har lägst investering jämfört med behandlad mängd avfall och även lägst personalbehov. En del av förklaringen till detta är sannolikt att anläggningen i fråga drivits vid full kapacitet direkt från och med driftstart.

Boxkomposteringen är dyrast, men har sannolikt bäst förutsättningar att åstadkomma den mest effektiva komposteringsprocessen. Om man jämför de angivna processtiderna är det tveksamt om effektiviteten mätt som snabbhet i komposteringsprocessen kan motivera den större investeringen. Det är snarare miljövinsterna i form av mindre emissioner till luft (inklusive lukt) som utgör den stora vinsten med en automatiserad och helt sluten anläggning (jfr Tabell 9). Fullständiga data saknas dock i denna undersökning för att bekräfta detta. Miljöpåverkan diskuteras vidare nedan.

Kommentar till insamlade drift- och processdata

Mängden inrapporterade data är som framgår ovan begränsad. Personalen vid de undersökta anläggningarna har genomgående visat stort intresse för att mäta och lämna uppgifter, men anger i många fall otillräckliga personalresurser för uppföljning som skäl till att relativt få faktiska data rapporterats. I vissa kommuner har ansvarig för driften vid komposteringsanläggningen en mängd andra ansvarsområden. Vid sidan av resursproblematiken kan förklaringar i vissa fall även hittas i bristen på rutiner för kontinuerlig provtagning och uppföljning (se diskussion ovan under Processkontroll, kapitel 2.2.3.2).

2.2.3.5 AVSÄTTNING AV KOMPOST

I Sverige är inte slutprodukten (komposten) från någon av anläggningarna certifierad, till skillnad från i Norge (se Tabell 20, nedan). Flera svenska anläggningar är dock intresserade av certifiering och planerar för detta. De svenska certifieringsreglerna är dock under revidering av certifieringsorganet Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP), och anläggningarna avvaktar därför tills det nya regelverket fastlagts, vilket förväntas ske under år 2005.

Tabell 20 Produktcertifiering

Kompost certifierad	a	b	c	d	e	f	h	i
Nej	X	X	X	X	X	X		
Ja							X*	X*
Planeras			X					

* enligt Norska Landbrukstilsynet

Avsättning:

Jordbruket	i
Jordtillverkning	a, b, c,d, e, f, h
Jordförbättring	a

Enkätsvaren visar att komposten i mycket liten grad nyttjas för annat än jordtillverkning. Endast 1 anläggning rapporterar nyttjande i ekologiskt jordbruk (Norge). I dagsläget uppfyller komposteringsanläggningarna därmed inte ambitionen om ett kretslopp mellan stad och land. Ett visst resursutnyttjande erhålls genom att komposten utgör en god råvara vid jordtillverkning och jordförbättring. På vissa anläggningar säljs färdigblandad jord i olika sammansättningar (kompost, sand, mineraljord).

I de flesta fall siktas komposten efter behandling för att avlägsna plastrester och andra förorenande material, med gott resultat. 1 anläggning rapporterar problem med att få bort tillräckligt mycket plast med en vindsikt då materialet haft en relativt hög fukthalt. Flera av de anläggningar som tar emot hushållsavfall i plastpåsar rapporterar att de inte upplever någon negativ påverkan på möjligheterna att få avsättning för komposten. De stora mängderna plast begränsar dock återcirkulationen av strukturmateriel och medför således en kostnadsökning.

2.2.4 Miljöpåverkan

2.2.4.1 KOMPOSTKVALITET

Vid kompostering produceras en mullrik och relativt näringsrik jordprodukt. Näringsinnehållet är sannolikt alltför lågt för att någon större användning som gödselmedel i jordbruket skall kunna förväntas. Komposten är framför allt aktuell som jordförbättringsmedel för att höja mullhalten i lerrika jordar och sandjordar. En viss användning i ekologiska jordbruk kan tänkas, och två av anläggningarna rapporterar stort intresse. Möjligheten är naturligtvis starkt avhängig av lokala förutsättningar.

Näringsinnehållet i kompost varierar beroende på vilka material som behandlas i anläggningen. Analyser från några av anläggningarna redovisas i Tabell 21 nedan.

Tabell 21 *Näringsinnehåll i kompost (2003)*

Analysparameter	a	d ²⁾	e ^{2,3)}	f	h	k
N _{tot} , mg/kg TS	10 000	30 000	15 000	25 000	31 000	25 400
NH ₄ -N, mg/kg TS	100	1 800	<15	620	27	3 330
NO ₃ -N, mg/kg TS	200	180	390	i.u.	i.u.	i.u.
P _{tot} , mg/kg TS	0,8 ¹⁾	5 010	4 900	61 000	11 000	4 520
GF, % av TS	65	66	67	54	i.u.	45

1) kg/m³

2) avvikelse ±20 %

3) data från 2001

Kompostens kväveinnehåll uppgår alltså till mellan ca 1 och 3 % av TS vid de sex anläggningar som lämnat uppgifter. Detta stämmer väl med tidigare erfarenheter. Fosforinnehållet anges till mellan 0,45-1,1 % av TS, samt ett avvikande värde på över 6 % från anläggning ”f”. Denna anläggning behandlar stora mängder parkavfall till skillnad mot övriga som behandlar huvudsakligen hushållsavfall.

I Tabell 22 nedan redovisas tungmetallinnehållet i färdig kompost från sex anläggningar. De svenska certifieringsreglerna för kompost är ännu inte fastlagda men som jämförelse har riktvärdena för *rötrest* (biogödsel) lagts in i tabellen. Reglerna i den norska gödselvaruföreskriften inkluderar fyra kompostklasser 0-III, där 0 utgör den högsta kvaliteten; klass 0 och klass I har inkluderats i tabellen för jämförelse.

Tabell 22 Tungmetallinnehåll i kompost (2003)

mg/kg TS	a	d	e ¹⁾	f	h	k	Riktvärden för biogödsel (Obs, rötrest) enl svenska SPCR 120 ²⁾	Maxgränser enl norska gjödselva- reforskriften ³⁾	
								Klass 0	Klass I
Pb	21	23	44	33	26,5	40	100	40	60
Cd	0,3	0,33	0,61	0,6	0,53	0,41	1	0,4	0,8
Cu	41	39	90	130	125	80	600	50	150
Cr	17	7,1	24	27	39	25	100	50	60
Ni	7,3	5,1	12	20	27	11	50	20	30
Zn	160	181	310	360	399	225	800	150	400
Hg	0,07	0,054	i.u.	0,17	0,19	0,09	1	0,2	0,6

1) Data från 2001.

2) Endast för jämförelse, gäller rötrest. Alla värden utom koppar och zink följer riktvärdena för jordförbättringsmedel enligt kommissionens beslut 2001/688/EG (se www.blomman.nu), för dessa tillämpas riktvärdena för röt slam som sprids på åkermark (SFNS1998:4).

3) FOR 2003-07-04 nr 951: Forskrift om gjödselvarer mv. av organisk opphav.

Som framgår av tabellen klarar samtliga anläggningarna Klass I enligt den norska föreskriften. Ingen av anläggningarna klarar Klass 0, framför allt på grund av zinkvärdena. Klass 0 innebär dock mycket låga värden och är väsentligt lägre gränsvärden än de svenska riktvärdena för rötrest.

2.2.4.2 EMISSIONER TILL LUFT

Emissioner till luft som har negativ miljöpåverkan från kompostering är huvudsakligen ammoniak, metan, lustgas samt olika ämnen som orsakar dålig lukt.

Mätningar av emissioner till luft (vid sidan av lukt) från komposteringsprocessen sker vid två av de deltagande anläggningarna. Många anläggningar är öppna vilket gör det mycket svårt att genomföra sådana mätningar; de kräver en sluten process eller någon typ av försöksanläggning eller reaktor. Resultaten från olika försök och forskningsstudier som utförts på området är enligt ledande forskare svåra att över-

föra till verkliga komposteringsanläggningar. Många har erfarit att massbalanserna med avseende på kväve är mycket svåra att sluta. Hur mycket ammoniak eller andra ämnen som kan förväntas avgå till luft under olika förutsättningar i komposteringsprocessen är alltså ännu inte helt klarställt i dagsläget. Det man med säkerhet kan konstatera är att det finns mycket stora variationer i avgången av olika ämnen beroende på förhållandena i processen. Sambanden är dock inte klarlagda fullt ut. En pågående forskningsstudie³ indikerar att temperaturen i komposten har mycket stor betydelse liksom syrehalt och C/N-kvot. Man anger kylning av luftflödet som en tänkbar åtgärd för att minimera ammoniakavgång, vilket i försöken gett mycket gott resultat (ammonium överförs till kondensvattnet som bildas vid kylningen).

För metanavgång är situationen liknande, dvs emissionshalterna från verkliga komposteringsanläggningar är svåra att uppskatta eller mäta. Metanbildning skall normalt inte ske vid kompostering utan inträffar (mycket snabbt) då anaeroba förhållanden uppstår i processen (se Lukt, kapitel 2.2.3.2.3). Forskarna förefaller relativt eniga i att metan som bildas i komposten relativt lätt bryts ned under sin passage ut genom komposten, det är dock inte klart i vilken grad denna nedbrytning sker. Metanavgången kan i alla händelser minimeras genom att säkerställa en väl fungerande komposteringsprocess.

Övriga organiska flyktiga ämnen (VOC) är än mindre undersökta. Kunskap kring förutsättningarna för bildning av olika ämnen och sambandet med förhållandena i komposteringsprocessen saknas i princip totalt.

Luktproblematiken har diskuterats tidigare (se Lukt, ovan). De anläggningar som samlar upp ventilationsluft och behandlar denna i skrubberanläggning överför eventuella föroreningar, framför allt ammoniak, till vattenfas, som därefter kan ledas till behandling i reningsverk.

Uppgifter kring ammoniakavgång har erhållits från två av de norska anläggningarna, där ammoniakhalten i ventilationsluften före och efter behandling i biofilter registreras kontinuerligt. Resultaten har relaterats till producerad mängd kompost respektive avfall och redovisas i Tabell 23 nedan.

³ Personlig kommunikation, Håkan Jönsson och Cecilia Sundberg, SLU Uppsala (pågående forskningsarbeten, se referenslista)

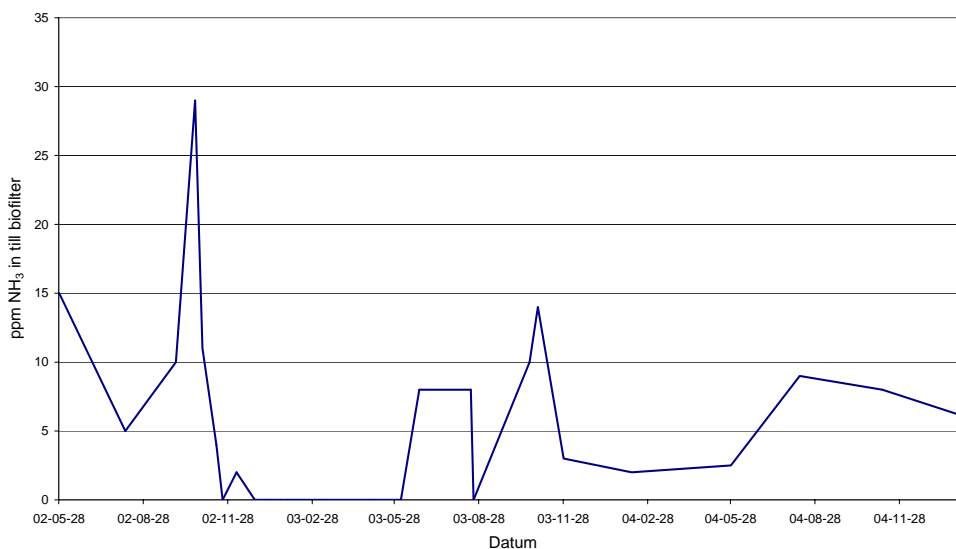
Tabell 23 Ammoniakavgång från två slutna boxkomposteringsanläggningar (årsmedelvärden)

	j	k
Luftflöde ventilation, m ³ /h	125 000	85 000
Behandlat hushållsavfall, ton/år	24 000	28 000
Producerad kompost, ton/år	20 000 ¹⁾	12 000
NH ₃ in till biofilter, kg/år	21 400	11 900
NH ₃ in till biofilter/ton producerad kompost, kg/ton	1,1	0,9
NH ₃ in till biofilter/ton inkommande avfall, kg/ton	0,9	0,4
NH ₃ ut från biofilter, kg/år	7980	930
NH ₃ ut från biofilter/ton producerad kompost, kg/ton	0,4	0,08
NH ₃ ut från biofilter/ton inkommande avfall, kg/ton	0,3	0,03
Reduktion i biofilter, %	63	92

1) Inkluderar även kompost från slamkompostering (gemensam ventilation)

Ammoniakavgången i relation till mängd kompost eller avfall från de båda anläggningarna skiljer sig väsentligt åt, vilket illustrerar diskussionen ovan. Reduktionen är relativt god, men när momentanbelastningen blir för hög klarar inte biofiltret att ta hand om mängderna.

Ammoniakavgången varierar kraftigt under året, vilket illustreras i Figur 20 nedan.



Figur 20 Ammoniakhalt (ppm NH₃) i ventilationsluft från en av de utvärderade slutna boxkomposteringsanläggningarna före behandling i biofilter.

Den aktuella anläggningen i Figur 20 ovan är under intrimning, vilket delvis kan förklara de stora variationerna. Belastningstopparna kan dock även tyda på olika störningar i komposteringsprocessen (t ex för låg C/N-kvot), vilket illustrerar vikten av att få till stånd en väl fungerande komposteringsprocess för att minimera emissionerna.

Olika komposteringsstyper har olika förutsättningar att klara miljöeffekterna. Överbyggda, automatiserade boxkomposteringsanläggningar bedöms ha bäst förutsättningar att minimera emissionerna till luft. Dels har de bäst förutsättningar att åstadkomma en väl fungerande process med mycket liten risk för anaeroba förhållanden. De har även bäst förutsättningar att samla upp och behandla ventilationsluften, vilket reducerar lukten till omgivningen.

Även membranläggningar reducerar lukt till omgivningen. Vid drift av anläggningarna erhålls en viss kondensation på undersidan av de membran som täcker anläggningen. En del av eventuell ammoniak övergår då sannolikt till kondensvattnet och samlas upp tillsammans med detta, vilket verkar bekräftas av data från dessa anläggningar⁴ (se Tabell 24, nedan, anläggning d och e). Detta måste dock verifieras med fler mätningar för att man med säkerhet skall kunna konstatera hur det förhåller sig.

Öppna strängkomposteringsanläggningar har små möjligheter att påverka emissioner till luft utöver att försöka skapa en så god process som möjligt. De som använder strängvärdare med låg vändningsfrekvens riskerar att orsaka högre emissioner till luft än övriga.

2.2.4.3 EMISSIONER TILL VATTEN

2.2.4.3.1 *Spol- och processvatten*

Lakvatten från själva komposteringsprocessen bildas normalt endast vid störningar eller vid en icke-optimal process. Öppna anläggningar kan vara utsatta för betydande mängder nederbörd men ofta rinner en stor del av vattnet endast på ytan av komposten och tränger aldrig ned i denna. Några större lakvattenmängder produceras inte och de flesta undersökta anläggningarna uppvisar en relativt liten produktion av vatten.

Vid de undersökta anläggningarna hanteras allt vatten på ett av tre olika sätt:

- återförs till processen
- blandas med lakvatten från deponi och behandlas på plats i lakvattenrening
- leds till reningsverk

I samtliga fall omhändertas alltså vattnet och miljöpåverkan bedöms som liten. Problem med diffusa läckage till omgivande mark och vatten har inte rapporterats från anläggningarna och vid inom ramarna för denna utvärdering har det inte ingått att konstatera hur det förhåller sig. Vi har dock vid besöken inte kunnat konstatera några uppenbara problem. Olika studier har dock visat på riskerna för näringsläck-

⁴ Andersson, Utvärdering av kompostanläggningar med mass- och energibalans – en fallstudie av Isätra kompostanläggning, Uppsala Universitet, aug 2001.

age⁵. Några mer djupgående undersökningar kring detta har dock inte företagits inom ramarna för denna utvärdering. Några anläggningar har lämnat uppgifter kring innehållet i det vatten som omhändertas, se nedan.

Tabell 24 *Innehåll i spol- och processvatten från kompostering*

Anläggning	c	d	e
N _{tot}	221	664	1130
NH ₄ -N	i.u.	305	760
P _{tot}	15,5	95,5	126
Omhändertagande	Vatten från processen recirkuleras, övrigt vatten leds till avloppsreningsverk	Till avloppsreningsverk	Till avloppsreningsverk

2.2.4.4 ÖVRIGT

Övriga negativa miljöeffekter från kompostering härrör huvudsakligen från de fordon som krävs för hanteringen av avfallet. Kemikalieförbrukningen är låg och utgörs huvudsakligen av mindre mängder smörjolja till fordon och maskinell utrustning.

Några uppgifter om bränsleförbrukningen till hjullastare och andra fordon har inte angetts i enkäterna. Uppgifterna anges i anläggningarnas miljörapporter men inkluderar då den totala förbrukningen för samtliga fordon för avfallsverksamheten. Flera anläggningar anger i sina miljörapporter att de använder till diesel med raps-metylester för att minska fossilbränsleanvändningen.

2.3 Sammanfattning kompostering

Nedan sammanfattas kort de tre olika typerna av komposteringsanläggningar och deras *förutsättningar* för drift- och miljöprestanda.

Det skall poängteras att nedanstående tabell är en *sammantagen bild* av de olika anläggningstyperna, baserad på det som kunnat konstateras vid de *utvärderade anläggningarna*, och skall därför inte ses i absoluta termer. Det innebär att en enskild anläggning kan avvika åt ena eller andra hållet, eftersom faktiskt utfall beror på hur väl respektive anläggning drivs. Viss teknik kan dock ha sämre förutsättningar att uppnå ett gott resultat, vilket är det som sammanfattas här.

⁵ Naturvårdsverket handbok 2003:4 samt SLU Fakta jordbruk, nr 1-2, Sveriges Lantbruksuniversitet, 2003.

Tabell 25 Sammanfattning av de olika komposterings typerna och deras olika drift- och miljöförutsättningar

Typ av huvudkompos- teringsprocess	K1	K2	K3
Teknik	Enkel, utan styrd luftning	Enkel	Mer komplex
Processtyrning	Utan styrd luftning	Styrd luftning	Styrd luftning
System:	– Strängkompos- tering med kompostvända- re	– Membran- kompostering – Strängkomposte- ring med luftin- blåsning – Ag-Bag®	– Box-kompostering med automatisk, kontinuerlig omrör- ning
Mekanisk driftstabilitet	God	God	God
Processmässig drift- stabilitet ¹⁾	Dålig	God	Mycket god
Tillgänglighet	Mycket god	Mycket god	God Längre intrimningspe- riod
Hygienisering	Mindre god	Mycket god ²⁾	Mycket god
Lukt till omgivning	Mindre god	God	Mycket god
Lukt i arbetsmiljön	Mindre god	God	Mindre god
Hantering av material (omflyttning)	Manuell	Manuell	Automatisk
Risk för emissioner till luft	Hög	1. Membran och Ag- Bag: Låg 2. Öppen sträng med lufttillförsel: Hög	Mycket låg
Risk för vattenbildning i processen (och därmed emissioner till vatten)	Hög risk	1. Membran: Hög 2. Sträng med lufttill- försel: Viss risk	Mycket låg

¹⁾ dvs förutsättningar att uppnå en effektiv komposteringsprocess

²⁾ viss osäkerhet för Ag-Bag, ännu ej helt utvärderad

Rapporter från RVF 2005

- 2005:01** Vägledning för klassificering av förbränningsrester enligt Avfallsförordningen
- 2005:02** Avfall blir värme och el. En rapport om avfallsförbränning
- 2005:03** IT-verktyg för kundservice, entreprenörsuppföljning och fakturering
- 2005:04** Effektivitet av fordonsdesinfektion för transport av biogödsel
- 2005:05** Trender och variationer i hushållsavfallets sammansättning
Plockanalys av hushållens säck- och kärlavfall i sju svenska kommuner
- 2005:06** Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall
En rapport från BUS-projektet