

# **JTI-rapport**

## Kretslopp & Avfall

# **27**

# Uppsamling, våtkompostering och användning av klosett- vatten och organiskt avfall i Sunds kommun, Åland

Linda Malmén  
Ola Palm



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

---

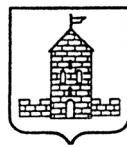
# **2003**





# Uppsamling, våtkompostering och användning av klosettwater och organiskt avfall i Sunds kommun, Åland

*Collection, treatment by liquid composting and agricultural use of organic waste and toilet wastewater in the municipality of Sund, Åland*



Linda Malmén  
Ola Palm





# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning .....	7
Summary .....	8
Bakgrund och syfte.....	9
Systembeskrivning .....	10
Begrepp och definitioner.....	10
Systemets utformning .....	10
Vad är våtkompostering? .....	11
Avloppssystem hos berörda hushåll och turistanläggningar.....	13
Teknisk beskrivning av våtkompostanläggningen.....	13
Användande av restprodukt .....	17
Utvärderingsmetodik.....	19
Enkätundersökning .....	19
Mätning och registrering av driftparametrar .....	19
Kemiska och fysikaliska parametrar .....	20
Mikrobiologiska undersökningar .....	21
Resultat .....	23
Erfarenheter från berörda hushåll och turistanläggningar.....	23
Råmaterialens kvalitet.....	24
Driftserfarenheter vid våtkompostanläggningen .....	26
Användande av våtkomposten .....	30
Kommentarer och slutsatser .....	33
Uppsamlingsystemen vid hushåll och turistanläggningar .....	33
Erfarenheter från våtkomposteringen.....	33
Hygienisering.....	33
Luftbehandlingssystemet .....	34
Användning av våtkomposten.....	34
Ekonomi .....	34
Sammanfattande slutsatser.....	34
Referenser .....	35
Bilagor.....	37



## Förord

Sunds kommun beviljades medel från EU:s miljöfond Life år 1998 för att genomföra ett demonstrationsprojekt med titeln "Batchwise Aerobic Thermophilic Sludge Treatment in a Recycledbased System for Organic Waste and Waste water in Bomarsund" (B.A.T.T. in Bomarsund). Projektledare för Life-projektet har varit Erik Nordback, Sunds kommun. JTI har anlitats i projektet dels som rådgivare vid projektering och igångsättande av behandlingsanläggningen, dels för att utvärdera hela projektet. JTI har även varit behjälplig vid seminarier som Sunds kommun genomfört samt vid del- och slutrapportering till EU.

Spridning av information är ett centralt moment i alla Life-projekt. Förutom en slutrapport till EU-Life sprids information kring projektet via hemsidor (bl.a. Sunds kommun och JTI), vetenskapliga artiklar, seminarier, en 4-sidig folder på engelska om projektet samt en projektrapport på svenska. Denna rapport utgör den svenska sammanställningen av projektutvärderingen.

Utvärderingen har huvudsakligen genomförts av Linda Malmén, Christopher Gruvberger och Ola Palm (projektledare). Erik Norin, SWECO VIAK, har även medverkat och tackas för gott samarbete och värdefulla kommentarer under arbetets gång.

Uppsala i februari 2003

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik



## Sammanfattning

I Sunds kommun på Åland har ett demonstrationsprojekt, finansierat av EU:s miljöfond Life, genomförts med syfte att bygga och driva ett kostnadseffektivt källsorterande avloppssystem för insamling, behandling och återföring av växt-näring till åkermark. I projektet har system för separat uppsamling av klosett-vatten, med hjälp av Mini Flush-toaletter, installerats i 30 fastigheter med permanentboende i tätorterna Bomarsund och Prästö. För BDT-vattnet har infiltrations-anläggningar byggts. Dessutom har separat klosett-vattensystem installerats vid två campingplatser. Från dessa samlas även matavfallet in och förs till våtkompost-anläggningen som byggts. I våtkompostanläggningen behandlas insamlat klosett-vatten, BDT-slam och matavfallet från campingplatserna. För att få processen att fungera tillsätts energirikt organiskt avfall i form av potatisskal från en närliggande chipsfabrik. Våtkompostanläggningen behandlar materialet satsvis och myndighetskravet är att behandlingstemperaturen ska vara minst 55 °C under minst 10 timmar. Värmeökningen i det behandlade materialet åstadkoms av mikrobiell aktivitet. Anläggningen består av två isolerade gödselbehållare (ca 400 m<sup>3</sup> vardera) i vilka lagring och behandling sker. Anläggningen är dimensionerad för ca 60 hushåll.

Klosett-vatten och BDT-slam samlas kontinuerligt in under hela året och lagras i en av lagrings- och behandlingsbehållarna. Ett halvår innan man planerar att sätta igång våtkomposteringsprocessen stoppas tillförseln av nytt material till den första lagrings- och behandlingsbehållaren, och nytt material tillförs i stället till den andra behållaren. Under sex månader lagras materialet i den första behållaren, innan det är dags att sätta igång våtkomposteringsprocessen genom att påbörja luftning och omrörning av materialet i behållaren. Start av våtkomposteringsprocessen planeras så att det våtkomposterade materialet kan användas som gödsel på jordbruksmark i direkt anslutning till att materialet är behandlat (hygieniserat).

JTI har utvärderat hela systemet tekniskt och även intervjuat brukarna. Utvärderingen omfattar två behandlingscykler, där 120 m<sup>3</sup> respektive 130 m<sup>3</sup> klosett-vatten och BDT-slam har behandlats. Organiskt avfall i form av potatisskal har tillsatts i bägge fallen (ca 12 m<sup>3</sup> respektive 22 m<sup>3</sup>). Vid den första behandlingscykeln uppnåddes 55 °C och vid den andra uppnåddes ca 60 °C. De mikrobiologiska undersökningarna visar att råmaterialet blivit hygieniserat genom den behandling det genomgått. Någon återväxt av mikroorganismer verkar inte ske i behållaren efter att materialet behandlats och sedan efterlagrats.

Anläggningen är dimensionerad för ca 60 hushåll och har kostat ca 300 000 € (ca 2,7 milj. SEK), inklusive markarbeten, att uppföra. Driftkostnaden har beräknats till ca 235 € (ca 2 100 SEK) per fastighet. Vid beräkningen har antagits att anläggningen behandlar klosett-vatten från 60 hushåll, vilket är den dubbla mängden mot idag.

Tekniskt har systemet fungerat bra och utan större driftstörningar. De enda problem som noterats är att stopp i ledningssystem mellan fastighet och uppsamlingstank har förekommit liksom omfattande skumbildning under våtkomposteringen.

Klosett-vattensystemet, med våtkompostering och jordbruksanvändning av behandlat material, innebär att >80 % av fosfor och kvävet i ett hushålls avloppsvatten används som gödselmedel istället för att ledas till annan avloppsvattenbehandling.

## Summary

In the municipality of Sund, located in a sensitive rural area in Åland, an EU-Life demonstration project is carried out with the overall objective to move the most concentrated fractions of wastewater from the coastal area to a treatment plant situated close to arable land. Blackwater and greywater septic sludge from about thirty households and two tourist camps are treated together with energy rich organic material from a nearby potato-chip factory.

The collection concept is based on the use of extremely efficient water-saving toilets, with separate systems for the blackwater and greywater in the households. The collected materials are co-treated in a batchwise aerobic thermophilic treatment process (wet composting process), where the materials reach at least 55 °C during a minimum of 10 hours. The dry matter content of the collected material was about 2 %. After stabilisation and sanitation (by the temperature rise caused by microbial activity during the treatment process), the compost slurry is utilised as a liquid organic fertiliser on arable land.

Economically it was more favourable to invest in separate collection and treatment system for toilet wastewater than in a conventional sewer and small-scale wastewater treatment system. The operation costs for the system is about 235 €/household compared to about 210 €/household for a conventional system. However, the discharge of phosphorus and nitrogen are considerable lower (>80 % reduction of phosphorus and nitrogen) from the system compared to a conventional one. Hence, if a conventional small-scale system should meet the same discharge requirement the operation costs would probably be higher compared to the new system.

An evaluation have been made of the whole system from both a technical (collection, treatment, agricultural use) and users point of view. The dissemination includes seminars, scientific papers, an article in business magazine, a scientific report and web site information.

## Bakgrund och syfte

Avloppsvattenbehandling i glesbebyggelse sker som regel i enskilda anläggningar. Dessa renar ofta avloppsvattnet sämre än i tätorter, där det finns en gemensam behandling i avloppsreningsverk. Avloppsvatten från enskilda hushåll genomgår i många fall endast slamavskiljning innan det släpps ut i en recipient. Om recipienten är känslig kan dessa utsläpp orsaka eutrofiering, vilket ofta är fallet för havsvikar i Östersjön med dåligt vattenutbyte. Sunds kommun på Åland med tätorterna Bomarsund och Prästö är exempel på ett sådant område. Sunds kommun har ca 1 000 invånare. I områdena Prästö och Bomarsund finns ca 60 hushåll utan gemensam vatten- och avloppsanläggning. Avloppsvattnet behandlas enskilt i slamavskiljare och infiltreras eller släpps direkt ut i det omgivande vattnet. Slammet från slamavskiljarna behandlas i ett avloppsreningsverk ca 20 km bort. Det organiska hushållsavfallet samlas in och deponeras. Detta område har prioriterats av Sunds kommun och Ålands Landskapsstyrelsen för åtgärder när det gäller avloppsvattenutsläpp från enskilda anläggningar och ett demonstrationsprojekt med stöd från EU:s miljöfond Life har genomförts.

Syftet med projektet är att demonstrera ett nytt och kostnadseffektivt källsorterande avloppssystem för insamling, behandling och återföring av växtnäring till åkermark. Systemet karaktäriseras av vattenbesparing, låga utsläpp till vatten och luft samt hygienisering av växtnäringen som återförs till jordbruket. Systemet lämpar sig för landsbygdsområden med dålig avloppsvattenrening, känsliga recipienter och där det finns tillgång till jordbruksmark.

Projektet har genomförts med Sunds kommun som projektledare (Erik Nordback), SWECO VIAK (tidigare VBB Viak) och JTI som projektstöd. JTI har även utvärderat systemet både när det gäller dess tekniska delar och hur användarna uppfattar systemet.

# Systembeskrivning

## Begrepp och definitioner

I rapporten har ambitionen varit att använda vedertagna termer inom VA- och avfallsbranschen. Vissa termer och begrepp är dock mindre vanliga och vi har därför valt att redovisa betydelsen av några begrepp som återkommande används i rapporten, men som där inte förklaras.

Hygienisering	Reduktion av sjukdomsalstrande organismer till en sådan nivå att någon smittrisk inte föreligger vid en given rest-produktanvändning.
Klosettatten	Avloppsvatten från klosett, även kallat svartvatten.
Lagrings- och behandlingsbehållare	Den behållare där material som ska behandlas (råmaterial) lagras. I behållaren finns eller kan sättas in utrustning för omrörning och luftning. När tillräcklig mängd material finns startas behandlingen utan att materialet flyttas. Efterlagring kan även ske i behållaren.
Råmaterial	Material som samlats in, men som inte är behandlat.
Termofil	Temperaturområdet 50 - 65 °C.
Våtkompost	Slutprodukten efter våtkompostering, i detta fall ett flytande gödselmedel baserat på klosettatten och organiskt avfall, framför allt potatisskal. Har i andra sammanhang benämnts ”kompostslam” utifrån genomgången behandling (aerob behandling) och fysikalisk form (slamform).
Våtkompostering	Behandling genom aerob, termofil slamstabilisering.
Våtkomposterings- anläggning	Hela behandlingssystemet med komponenter som lagrings- och behandlingsbehållare, kompostfilter, driftbyggnad etc.

## Systemets utformning

I projektet har system för separat uppsamling av klosettatten installerats i fastigheter med permanentboende. För BDT-vattnet har infiltrationsanläggningar byggts. Dessutom har separat klosettattensystem installerats vid två campingplatser. Från dessa samlas även matavfallet in och förs till våtkompostanläggningen som byggts. I våtkompostanläggningen behandlas insamlat klosettatten, BDT-slam och matavfallet från campingplatserna (figur 1). För att få processen att fungera tillsätts energirikt organiskt avfall i form av potatisskal från en närliggande chipsfabrik. Våtkompostanläggningen behandlar materialet satsvis och myndighetskravet är att behandlingstemperaturen ska vara minst 55 °C under minst 10 timmar.



Figur 1. Principfigur över systemet.

## Vad är våtkompostering?

Våtkompostering (aerob termofil slamstabilisering) är en behandlingsmetod där slamformigt organiskt material stabiliseras i en behandlingsbehållare (reaktor) genom aktiv syretillförsel. Traditionellt har metoden använts för behandling av avloppsslam och flytgödsel. Numera har metoden även blivit aktuell för organiskt avfall, klosettvatten och brunnesslam. Denna typ av användning har framför allt utvecklats i Norge och Sverige (Skjelhaugen, 1999; Skjelhaugen & Sæther, 1994; Norin et al., 2000; Norin, 1996).

De stora fördelarna med våtkomposteringen är att man uppnår hygienisering och stabilisering av materialet samtidigt som det knappast blir några förluster av växtnäring under behandlingen.

Aeroba förhållanden upprätthålls i processen genom aktiv syretillförsel. Det slamformiga materialet bör ha en TS-halt på mellan 3 och 10 %. Lägre TS-halt innebär normalt för lågt energiinnehåll för att hygienisering ska uppnås, och högre gör att syretillförseln blir ineffektiv och energikrävande (Skjelhaugen, 1999). Låga TS-halter innebär även konsekvenser som låg växtnäringskoncentration samt en ökad bulkvolym, vilket har en negativ påverkan på energiåtgång vid transporter respektive val av storlekar på anläggningskomponenter (lager, behandlingsbehållare etc.). Då avloppsvatten från klosetter ska våtkomposteras är det därför viktigt att extremt snålspolande toaletter används.

Våtkomposteringsprocessen karakteriseras av hög behandlingstemperatur, eftersom värme bildas vid den aeroba nedbrytningen av materialet som behandlas. Om materialet är tillräckligt energirikt kan behandlingstemperaturen i en välisolerad reaktor nå upp till 60 - 65°C (Norin, 1996). Om allt material når en viss minimitemperatur under en bestämd tid medför detta att slammet hygieniseras genom att patogena (sjukdomsalstrande) organismer i slammet avdödas eller reduceras. Med vedertagna hygieniseringskriterier innebär detta att någon efterföljande lagring normalt inte erfordras av hygieniseringsskäl. Man måste dock ha lagringskapacitet för materialet efter behandling, eftersom det endast bör spridas när växtnäringsämnen kan komma växterna till godo. Beroende på typ av anläggning kan också ett förlager för inkommande material behövas.

Många typer av material har visat sig kunna behandlas genom våtkompostering. Fast organiskt avfall som är lättnedbrytbart passar bra för processen. Avfallet måste kunna sönderdelas för att kunna hanteras i ett vått system. Sönderdelningen

gör att materialet blir mera tillgängligt för bakteriell nedbrytning, vilket även underlättar hygienisering och stabilisering.

Följande avfallsslag är möjliga att våtkompostera, under förutsättning att de är sönderdelade och pumpbara. Observera att för animaliska biprodukter råder särskilda restriktioner enligt EU-förordningen (EG) nr 1774/2002 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter som inte är avsedda att användas som livsmedel. Grundprincipen i förordningen är att matavfall som innehåller animaliskt avfall måste behandlas i minst 70 °C under minst 1 timma. Matavfall från hushåll är undantaget.

- latrin och klosettavloppsvatten från snålspolande toaletter
- matavfall från hushåll, storkök och restauranger
- livsmedelsavfall från grossister, handel och industri
- fast- och flytgödsel
- slam från avloppsreningsverk och trekammarbrunnar

Växtmaterial från lantbruket (t.ex. halm) kan i princip användas som ett tillskott i en slamblandning. Växtmaterial kan dock vara problematiska vid behandling i slamform och detta ställer normalt höga krav på de tekniska lösningarna.

Även om gödsel och växtmaterial inte skulle ingå vid behandlingen är lantbrukarens roll central som mottagare av det behandlade materialet – våtkomposten. Om den anknutna gården är djurhållande finns där normalt utrustning och rutiner för spridning av flytgödsel eller urin, vilket är den spridningsutrustning som våtkomposten kräver. I övriga fall måste gården kompletteras med spridningsutrustning, vilket kan ske genom inhyrning från t.ex. maskinstationer.

Våtkompostering är en energikrävande behandlingsprocess då det åtgår el för att driva luftare och pumpar i anläggningen. Värme kan dock utvinnas ur det våtkomposterade materialet. Storleken på elbehovet beror på hur anläggningen utformas, hur mycket material som behandlas etc. Insatt elenergi till luftare och omrörare kommer att ge ett energitillskott till processen, vilket innebär en temperaturökning hos kompostmaterialet. Dränkta maskiner ger effektivare omhändertagande av insatt elenergi jämfört med komponenter som står utanför reaktorn, men kan i sin tur innebära försämrade servicemöjligheter.

Processen drivs vanligen intermittent (semi-kontinuerlig anläggning), vilket innebär en kontinuerlig behandling där en mindre del av reaktorinnehållet byts ut mot råmaterial med jämna tidsmellanrum, till exempel en gång per dygn. Vid satsvis drift samlas råmaterialet i en större behållare där allt material våtkomposteras under en kort, intensiv period utan materialutbyte under driften. Beroende på anläggningens utformning kan satsvis våtkompostering ske en eller flera gånger per år.

Anläggningen i Sunds kommun behandlar insamlat material satsvis.

## Avloppssystem hos berörda hushåll och turistanläggningar

I 30 hushåll och 2 turistanläggningar är klosettavattensystem installerat, vilket innebär att klosettavattnet samlas upp separat från BDT-vattnet (Bad- Disk- och Tvättvattnet). Klosettavattnet samlas upp i en sluten tank, medan BDT-vattnet leds till slamavskiljare med efterföljande markbädd eller infiltration. De nödvändiga installationerna i hushåll och turistanläggningarna har delvis bekostats av Sunds kommun och EU-medel. Beroende på antal toaletter och boende i hushållen har storleken på de slutna tankar som installerats varit 3 eller 5 m<sup>3</sup>. I vissa hushåll med två toaletter i skilda delar av huset, har två slutna tankar för klosettavattnet installerats för att undvika komplicerad ledningsdragning.

Vid turistanläggningen ”Puttes Camping” har klosettavattensystem installerats dels i anläggningens servicehus, dels i fyra uthyrningsstugor på området. Vid servicehuset har en sluten tank på 10 m<sup>3</sup> installerats och i stugorna har mindre tankar installerats. Även vid ”Prästö Camping” har klosettavattensystem installerats vid anläggningens servicehus. BDT-vattnet behandlas efter slamavskiljning i en nyanlagd markbädd och klosettavattnet samlas upp i en sluten tank på 10 m<sup>3</sup>.

Extremt snålspolande toaletter av märket ”Mini Flush” (tillverkade av Gustavsberg AB) har installerats (bild 1). Totalt har 69 toaletter installerats inom projektet. Toaletten har en skål av porslin och i skålens vulst finns en spolning med små hål monterad. Det finns ingen vattentank i toaletten utan vid toalettspolningen utnyttjas vattentrycket för att ”spraya” skålen med spolvatten. Toaletterna är förinställda så att spolvattenvolymen är ca 0,8 liter per spolning. På grund av lågt vattentryck i fastigheterna har spoltiden förlängts så att ca 1 liter används vid varje spolning. Samtliga fastigheter har enskilt vatten.



Bild 1. Mini Flush toalett.

## Teknisk beskrivning av våtkompostanläggningen

Vid projektets start fanns ingen utvärdering av Mini Flush-toaletterna när det gäller använd spolvattenmängd. Ytterligare en osäkerhet vid dimensionering av anläggningen var om det gick att åstadkomma tillräcklig värmeutveckling,

dvs. effektiv syreöverföring till råmaterialet, genom luftning i behandlingsbehållare av den storleken (ca 400 m<sup>3</sup>) som planerades i Sund. På grund av dessa osäkerheter utformades anläggningen med dubbla behållare och därmed kapacitet att kunna lagra materialet i sex månader före våtkomposteringen. Detta som en extra säkerhetsmarginal med avseende på hygien, om det skulle uppstå problem med våtkomposteringsprocessen.

Anläggningen dimensionerades för ca 60 hushåll. Våtkompostanläggningen i Sunds kommun är belägen i ett skogsparti, utan närliggande bebyggelse, och består av en mottagningsdel samt två lagrings- och behandlingsbehållare. Ritning över anläggningen finns i bilaga 1.

Klosettvattnet och BDT-slam samlas kontinuerligt in under hela året och lagras i en av lagrings- och behandlingsbehållarna (figur 1). Ett halvår innan man planerar att sätta igång våtkomposteringsprocessen stoppas tillförseln av nytt material till den första lagrings- och behandlingsbehållaren, och nytt material tillförs i stället till den andra behållaren. Under sex månader lagras materialet i den första behållaren, innan det är dags att sätta igång våtkomposteringsprocessen genom att påbörja luftning och omrörning av materialet i behållaren. Start av våtkomposteringsprocessen planeras så att det våtkomposterade materialet kan användas som gödsel på jordbruksmark i direkt anslutning till att materialet är behandlat (hygieniserat).

## Mottagningsdel

Mottagningsdelen består av en tippficka med ca 10 m<sup>3</sup> volym, se bild 1. På tippfickan finns en anslutning, till vilken slambilens utlopp kopplas vid tömning av slambilen. En kvarn för matavfall är också placerad ovanpå tippfickan. Kvarnen är av samma typ som används vid minkfarmar för att mala foder och "klarar det mesta" (bild 2).



*Bild 2. Mottagningsdelen vid anläggningen i Sund, med tippficka (locket uppfällt), kvarn för matavfall samt anslutning till vilken slambilens utlopp kan kopplas.*



*Bild 3. Kvarn för matavfall, placerad ovanpå tippfickan.*

Från tippfickan pumpas materialet till en av lagrings- och behandlingsbehållarna. Pumpen är placerad i ett hus med utrustning för övervakning av processerna vid anläggningen, se bild 3. I lagrings- och behandlingsbehållarna finns temperaturmätare, och värdena från dem loggas i driftshuset. Larmfunktioner från processövervakningen kan överföras externt via GSM-telefon.



*Bild 4. Mottagningsdelen, samt huset där pumpen som transporterar materialet till lagrings- och behandlingsbehållarna står.*

### **Lagrings- och behandlingsbehållare**

De båda behållarna för lagring och behandling har en volym på ca 400 m<sup>3</sup> vardera, se bild 4. Behandlingskapaciteten är beräknad till ca 290 m<sup>3</sup> per behållare. Behållarna är av impregnerat trä som invändigt klätts med en gummiduk (EPDM-duk, ca 1 mm tjock). Även innertaket är klätt med duk. Taket, som också är en

träkonstruktion, är isolerat med 200 mm cellplast (styrox) i innetaket. En stål-  
pelare i behållarens mitt bär upp taket. Allt stål är syrafast under vätskeytor och  
rostfritt ovanför vätskeytor.



*Bild 5. En av två lagrings- och behandlingsbehållare vid våtkomposteringsanläggningen.*

## Luftning

Vid behandling luftas materialet med en ejektorluftare på ca 10 kW och rörs om med en dränkt propelleromrörare på ca 13 kW. På utgående luft från behållarna finns kylare och kondensatet rinner tillbaka till behållaren, för att minska förlusterna av ammoniakkväve. Den utgående luften går vidare genom ett kompostfilter, dels för att reducera risken för dålig lukt vid lagring och behandling, dels för att eventuellt gasformigt kväve ska fångas upp i filtret. Kompostfiltret är en syrafast stålkonstruktion med möjlighet till avtappning av vätska i botten, och med vattenlås på utgående luft från filtret (bild 5). Vid anläggningen finns två kompostfilter, dvs. ett per lagrings- och behandlingsbehållare. Materialet i kompostfiltret består bland annat av torv och bark.



*Bild 6. Kylare och kompostfilter med vattenlås.*

## Användande av restprodukt

### Allmänna aspekter kring lagring och spridning

Vid lagring av organiska gödselmedel kan kväveförluster ske i form av ammoniakavgång. Att begränsa denna avgång är viktigt ur miljöhänsende eftersom ammoniak bidrar till såväl försurning som övergödning. Dessutom vill man återföra så mycket kväve till åkermark som möjligt. Det vanligaste sättet att minska ammoniakavgång från lagring av flytande (pumpbara) gödselmedel är att förse lagret med någon form av täckning (Karlsson, 1996).

Vid spridning av organiska gödselmedel kan kväve förloras dels som ammoniak i samband med spridning, dels via förlustvägar som nitratutlakning, ytavrinning och denitrifikation. För att minska dessa förluster och därigenom minska miljöpåverkan krävs att man noga väljer tidpunkt, gröda och spridningsteknik.

Med hänsyn till dessa faktorer är den bästa tidpunkten för spridning en period då grödan växer samtidigt som marktemperaturen inte är för hög. Dessa förhållanden inträffar nästan enbart under våren, men även hösten kan erbjuda någorlunda bra spridningsförhållanden. Väderleken påverkar också förlusterna. Mulet väder och lugna vindförhållanden begränsar emissionerna av ammoniak (Malgeryd, 1996).

Förutom årsmån och väderlek har spridningstekniken och typ av gröda en stor betydelse när det gäller ammoniakemissioner i samband med spridning. Grundregeln är att man bör se till att materialet kommer i kontakt med jordpartiklarna så fort som möjligt eftersom dessa binder ammoniaken. Vid spridning på markytan är således nedplöjning och harvning det mest effektiva sättet att minska ammoniakemissionerna (Karlsson, 1996).

Spridning kan ske genom bandspridning med släpplangsramp eller bredspridning med spridarplatta eller pendelspridare. Bandspridning med släpplangsramp ger normalt lägre förluster än bredspridning (Karlsson, 1996). Alternativ till dessa metoder är nedmyllnings- eller injektionsaggregat. Dessa karakteriseras av att materialet sprids under markytan, vilket leder till de bästa resultaten med avseende på ammoniakavgång. Myllningsaggregaten har dock allmänt nackdelen att de kräver en relativt stenfri och lättarbetad jord.

## Lagring och spridning av våtkompost i Sunds kommun

Vid våtkomposteringsanläggningen i Sunds kommun efterlagras materialet, i väntan på spridning, i samma behållare som själva våtkomposteringen har skett i. Behållaren är försedd med tak, och utgående luft kondenseras och passerar genom ett biofilter för att minska eventuella ammoniakemissioner. Vid spridning har myllningsaggregat använts, bild 7.



*Bild 7. Myllningsaggregat som använts för att sprida våtkomposterat material.*

## Utvärderingsmetodik

### Enkätundersökning

I slutet av april 2002 genomfördes enkätintervjuer med boende i 15 hushåll samt föreståndaren för en av de båda turistanläggningarna. Både i hushållen och turistanläggningen hade snålspolande toaletter av typen Mini Flush installerats. Enkätintervjuerna genomfördes vid personligt besök hemma hos de boende, vilka fick svara på frågor från en i förväg sammanställd frågeenkät (bilaga 2). Vid besöket ställde intervjuaren frågorna i enkäten, och fyllde i de boendes svar. De boende hade under intervjun tillgång till kopia av enkäten för att även själva kunna läsa frågorna.

### Mätning och registrering av driftparametrar

Mängd klosettavatten, slam och organiskt matavfall som kommit till behandlingsanläggningen har registrerats via nivå i slambil och kärl. Avstämning har skett med den volym som nivågivarna i behandlingsbehållarna visat. Loggbok har förts över mottaget material.

I varje behandlingsbehållare finns två elektroniska temperaturgivare. Under behandlingens gång loggas temperaturen var 15:e minut.

Energiförbrukningen för behandlingen har beräknats genom att anta att maskinutrustningen förbrukar 50 % av sin märkeffekt. Några effektmätningar på luftar- och omrörarmotorerna har inte utförts.

Ammoniämätningar i utgående luft från behandlingsbehållarna har utförts i samband med behandling av den andra satsen insamlat material (april 2002). Mätningen skedde i tre olika punkter:

1. överst i reaktorn (från en av de båda manluckorna)
2. längst ner i biofiltret, efter tömning av vattenlåset
3. högst upp i biofiltret

Mätningarna skedde dels med en Kitigawa-mätare, dels med Drägermätare (Dräger 21/31).

I samband med ammoniämätningarna utfördes även kompletterande temperaturmätningar av materialet i reaktorn, med extern mätutrustning. Målet var att via mätning av materialets temperatur på olika platser i reaktorn, kunna utläsa om temperaturerna var densamma överallt och reaktorn därmed kunde anses totalomblandad. Då det endast finns två manluckor till reaktorn, vilka dessutom är placerade bredvid varandra, är det dock mycket svårt att nå annat än en mycket liten del av reaktorn för temperaturmätningar. Mätningar utfördes vid manluckorna, inom en area av ca 25 m<sup>2</sup> (behållarens totala area är ca 95 m<sup>2</sup>).

## Kemiska och fysikaliska parametrar

De material som tillförts anläggningen har provtagits (klosett-vatten, BDT-slam, organiskt material (potatisskal) samt blandningen av materialen i början av och under behandlingen). Provtagning av färdigbehandlat material som lagrats har även skett. Av tabell 1 framgår vilka parametrar som analyserats på respektive material, samt det totala antalet analyser. Provtagning av klosett-vatten och BDT-slam skedde med en flödesproportionerlig provtagare som kopplades mellan slambilens utloppsslang och tippfickan. Stickprover av potatisskal togs ut från den container som användes för att transportera skalen.

Med undantag för analys av fettsyror, vilka utfördes vid JTI:s laboratorium, analyserades samtliga parametrar av AlControl Laboratories (ackrediterat laboratorium). För analysmetoder, se tabell 2.

Tabell 1. Parameter, samt antal analyser, på respektive provtaget material (siffran i kolumnen anger antalet).

Parameter	Klosett-vatten	BDT-slam	Potatis-skal	Råmaterial före behandling	Hygieniserat material	Hygieniserat o. lagrat material före användning
TS	2	3	3	2	2	1
Glödrest	2	3	3	2	2	1
Glödförlust	2	3	3	2	2	1
pH	2	3	3	2	2	1
N-tot	2	3	3	2	2	1
NH <sub>4</sub> -N	2	3	3	2	2	1
P-tot	2	3	3	2	2	1
K	2	3	3	2	2	1
Ca	2	3	3	2	2	1
Mg	2	3	3	2	2	1
COD	1	2		2	1	1
Hg	2	3	3	2	1	
Cd	2	3	3	2	1	
Pb	2	3	3	2	1	
Cr	2	3	3	2	1	
Ni	2	3	3	2	1	
Cu	2	3	3	2	1	
Zn	2	3	3	2	1	
Fettsyror				2	1	1

Tabell 2. Metodbeteckningar för de analyser som utförts.

Analys	Metodbeteckning
Torrsubstans, TS	SS-EN 12880-1/TR-STM
Glödrest	SS-EN 12879-1/TFR-STM
Glödförlust	Beräknad
pH vid 20°C	SS-EN 12176-1/PH-RTAL
Totalkväve, N-tot	SS 028101-1/NTOT-NDK
Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N	Std.Meth.417A+D/NH4N-NTM
Totalfosfor, P-tot	SS-EN ISO 11885-1
Kalium, K	SS-EN ISO 11885-1/K-AIM
Kalcium, Ca	SS-EN ISO 11885-1/CA-AIM
Magnesium, Mg	SS-EN ISO 11885-1/MG-AIM
COD (Cr)	SS028142-2
Kvicksilver, Hg	SS028175-1/HG-AVM
Kadmium, Cd	SS-EN ISO 11885-1/CD-AIM
Bly, Pb	SS-EN ISO 11885-1/PB-AIM
Krom totalt, Cr	SS-EN ISO 11885-1/CR-AIM
Nickel, Ni	SS-EN ISO 11885-1/NI-AIM
Koppar, Cu	SS-EN ISO 11885-1/CU-AIM
Zink, Zn	SS-EN ISO 11885-1/ZN-AIM

## Mikrobiologiska undersökningar

För närvarande (hösten 2002) finns inga finska rekommendationer för hur en våtkomposteringsprocess, som behandlar material som inte är av animaliskt ursprung, bör bedrivas. Behandling av animaliska biprodukter regleras av en EU-förordning (EC No 1774/2002). Det finns dock ett frivilligt system för certifiering av restprodukten från våtkompostering i Sverige (Lundeberg et al., 1999; för aktuellt dokument se [www.sp.se](http://www.sp.se) – se 'certifierade produkter', 'kompost och rötrest'). Myndigheter i Sverige refererar ofta till detta system vid tillståndsgivning för anläggningar för biologisk avfallsbehandling. Dokumentet som ligger till grund för det frivilliga systemet, inkluderar rekommendationer för hur lång tid och vid vilken temperatur materialet bör våtkomposteras för att en hygienisering (avdödning av mikroorganismer) ska uppnås. Rekommendationerna som är tillämpbara för våtkomposteringen i Sund, innebär att materialet ska hålla en temperatur av minst 55 °C under minst 10 timmar. Dessutom gäller att materialet ska behandlas i en reaktor med totalomrörning, för att garantera att allt material kommer att hålla den nödvändiga temperaturen under tillräcklig tid.

Under utvärderingsperioden genomfördes sammanlagt 13 mikrobiologiska analyser, samtliga på råmaterial eller behandlat material. Analyserna utfördes av det ackrediterade laboratoriet vid SVA (Statens Veterinärmedicinska Anstalt). Parametrar för mikrobiell analys valdes enligt rekommendationer från SVA (tabell 3). De mikrobiella proverna togs ut med steriliserade provtagare för flytgödsel, och enligt instruktioner från SVA.

Tabell 3. Parametrar för mikrobiell analys.

<b>Parameter</b>
Bakterieräkning
<i>Koliforma bakterier</i>
<i>Termotoleranta koliforma bakterier</i>
<i>Presumptiva Escherichia coli</i>
<i>Enterokocker</i>
<i>Clostridium perfringens</i>
Kvalitativ undersökning (finns/finns ej)
<i>Salmonella</i>
<i>Campylobacter</i>
<i>EHEC</i>

## Resultat

### Erfarenheter från berörda hushåll och turistanläggningar

#### Installationer inomhus

I de berörda hushållen och turistanläggningarna har de tidigare använda toaletterna bytts ut mot modellen ”Mini Flush” (tillverkade av Gustavsberg AB). Denna toalettmödel spolar med en vattenmängd av ca 0,8 liter per spolning, vilket kan jämföras med en ”vanlig” toalett som normalt spolas med ca 4 - 6 liter per spolning. I många av hushållen har man dock ett lägre vattentryck än rekommenderat för denna toalettmödel, och vid installationen ställdes därför spolvattenmängden in till ca en liter per spolning.

Toaletten ”Mini Flush” tillverkades tidigare i plast. Numera finns en vidareutvecklad mödel i porslin. Då leveransen av porslinsmödeln blev försenad, installerades till en början plastmödeln hos hushåll och turistanläggningar. Plastmödeln är ersatt av porslinstoaletter i samtliga fall.

#### Installerat ledningsnät och uppsamlingstank för klosettatten

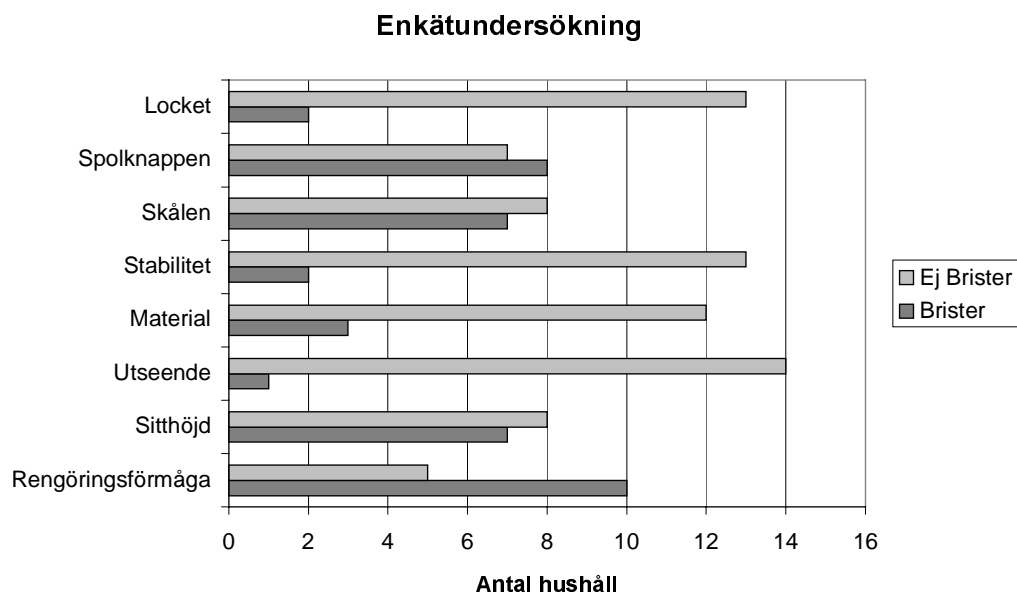
Inledningsvis förekom det att vissa slutna tankar sprack, men problemet åtgärdades och alla installerade slutna tankar är täta. Det har även förekommit stopp i ledningen mellan toalett och den slutna tanken vid flera hushåll.

#### Enkätundersökningen - toalettstolen

Resultat från enkätundersökningen när det gäller toalettstolens utformning redovisas i figur 2 och hela svarssammanställningen finns i bilaga 2. De som inte var nöjda med sitthöjden, angav att de tyckte att toaletten var något för låg. De främsta synpunkterna som framfördes angående skålens utformning, var att ”vippluckan” sitter för långt bak i toaletten, vilket medför att mycket smuts fastnar på ”hyllan” framför luckan. Särskilt besvärligt upplevdes detta av en småbarnsfamilj, där papper och avföring från barnens toalettbesök hamnade mycket långt fram i toaletten och inte följde med vid spolning.

Mer än två tredjedelar av de tillfrågade uppgav att de alltid spolade minst två gånger, i vissa fall fler gånger, efter ”stort” toalettbesök. Enligt de flesta räckte det dock att spola en gång i de fall man bara hade kissat. Två tredjedelar av de tillfrågade tyckte att toaletten hade brister med avseende på rengöringsförmågan, och hälften av de svarande upplevde det som problematiskt att hålla rent i toaletten.

Ungefär hälften av de tillfrågade upplevde brister i spolknappens utformning och placering. De främsta synpunkterna var att spolknappen är olämpligt placerad vid rengöring av toaletten. Detta då man gärna vill ha locket uppfällt för att komma åt att rengöra toaletten medan man spolar, samtidigt som spolknappen lättast nås med locket nedfällt. Andra synpunkter på spolknappen var att det krävs att man trycker mycket hårt på den för att spolning ska ske, vilket visat sig vara problematiskt framför allt för barn. Konsumentverkets test av Mini Flush-toaletten (bilaga 3) visar även på problem med rengöringsförmåga och hantering.



Figur 2. Resultat av enkätundersökning, gällande toaletten, i 15 hushåll. För sammanställning av hela enkäten, se bilaga 2.

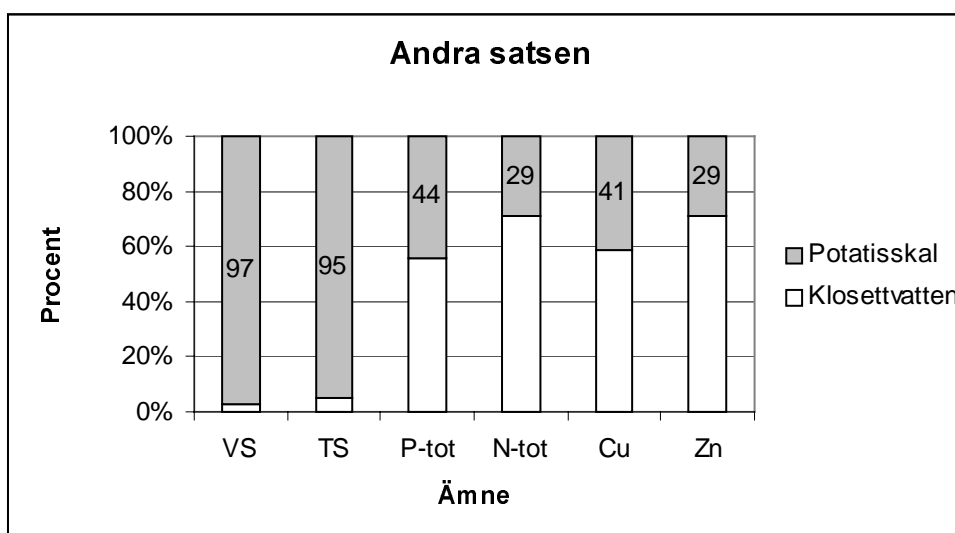
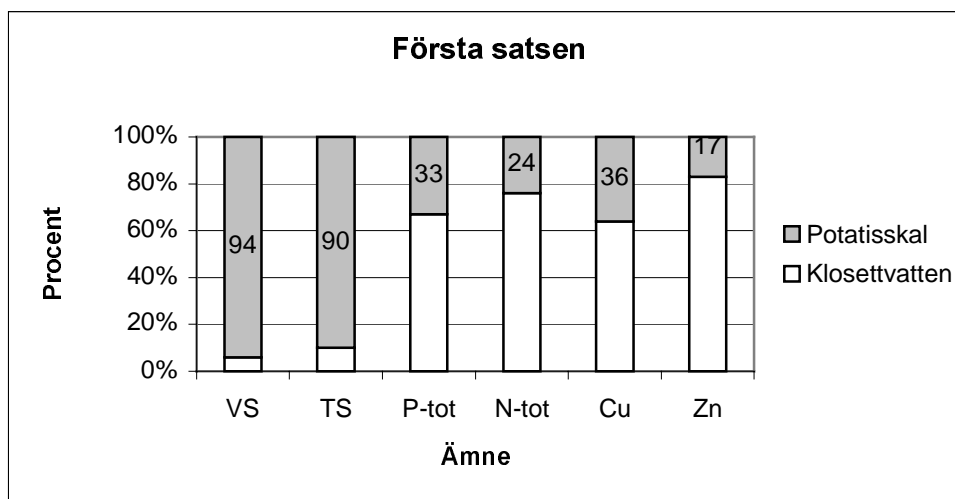
## Råmaterialens kvalitet

Analyser av klosettvattnet visar att det är mer utspätt än förväntat, vilket stöds av enkätundersökningen där det framkom att det i många hushåll behöver spolas flera gånger för att hålla rent efter ett ”stort” toalettbesök. Klosettvattnets förväntade TS-halt var ca 2 %, medan den uppmätta var 0,31 – 0,50 % (tabell 4). Även BDT-slammets TS-halt är lägre än den förväntade ca 1 %.

Tabell 4. Resultat från analyser av klosettvattnet, potatisskal samt BDT-slam.

Parameter	Enhet	Klosettvattnet			Potatisskal		BDT-slam	
		Prov 1	Prov 2	Prov 3	Prov 1	Prov 2	Prov 1	Prov 2
TS	% av provet	0,36	0,31	0,50	32	32	0,34	0,22
VS	% av TS	58	47	62	97	98	67	59
pH		7,8	8,0	8,2	5,6	5,6	6,9	7,6
N-tot	g/kg TS	240	320	190	0,9	0,7	29	46
P-tot	g/kg TS	28	27	24	0,2	0,1	6,2	9,3
K	g/kg TS	66	92	62	0,9	0,9	5,3	8,6
Ca	g/kg TS	33	30	25	0,1	0,1	24	48
Mg	g/kg TS	6,8	6,7	6,0	0,04	0,03	3,5	5,8
Hg	mg/kg TS	0,22	0,45	0,16	<0,3	<0,05	0,12	0,36
Cd	mg/kg TS	0,19	0,28	<0,30	0,12	<0,005	1,2	1,0
Pb	mg/kg TS	13	<5,6	8,4	<5	<5	24	50
Cr	mg/kg TS	<5	1,7	3,5	<5	<0,5	16	31
Ni	mg/kg TS	5,5	407	4,7	<2	<1	12	19
Cu	mg/kg TS	100	120	100	6,2	4,6	740	840
Zn	mg/kg TS	300	240	300	6,9	5,5	510	800

Klosettvattnet är källan till huvuddelen fosfor, kväve, koppar och zink i de bägge satsen som behandlats (figur 3). Det ska dock noteras att ca en tredjedel av kopparinnehållet kommer från potatisskalen.



Figur 3. Ursprung i procent av torrsubstans (TS), organiskt material (VS), fosfor, kväve, koppar och zink i de två behandlade satserna.

Det är dålig överensstämmelse mellan resultaten från analyserna av klosettvattnet, BDT-slam, potatisskal och analyserna av råmaterial före, under och efter behandling (bilaga 4). Speciellt anmärkningsvärd är den dåliga överensstämmelsen när samma materialsats provtagits före, under och efter behandling. Vid beräkning av ursprung i figur 3 har vi därför valt att utgå ifrån analysresultaten för respektive råmaterial (potatisskal respektive klosettvattnet).

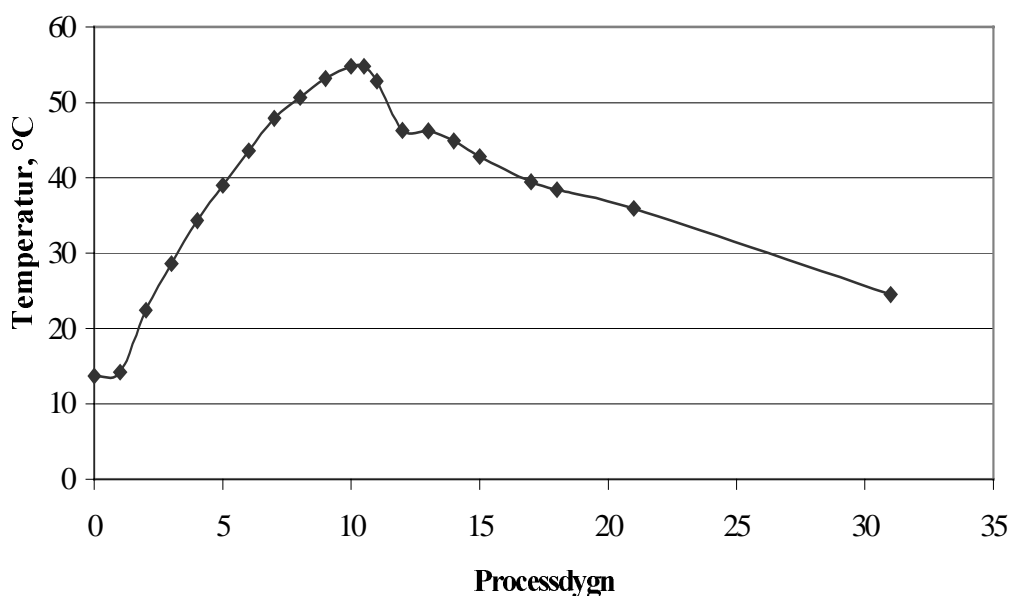
## Driftserfarenheter vid våtkompostanläggningen

### Behandling av första satsen

Med början under sommaren 2001 och fram till oktober samma år samlades totalt 160 m<sup>3</sup> klosettwater och BDT-slam upp och transporterades till behandlingsanläggningen. Av detta våtkomposterades ca 120 m<sup>3</sup> i första satsen, medan resterande 40 m<sup>3</sup> pumpades över till den andra reaktorn för att behandlas tillsammans med ytterligare material i sats två.

Då klosettwater och BDT-slam samlats in tillfördes även ca 12 m<sup>3</sup> potatisskal, med en densitet på ca 0,65 ton/ m<sup>3</sup>, för att tillgodose behovet av energirikt organiskt material. Under tillförseln av potatisskalen var omrörningen i reaktorn påslagen, för att minska risken för sedimentering av skalen. Ingen förlagring utfördes och våtkomposteringsprocessen startades den 8 oktober 2001, genom att luftare och omrörare slogs på för att tillgodose de aeroba bakterierna med syre. Vid uppstart av våtkomposteringsprocessen förekom viss skumbildning.

Vid starten var temperaturen på materialet i reaktorn ca 14 °C. Värmen som utvecklades av de aeroba bakterierna, tillsammans med friktionsvärme från den maskinella utrustningen i reaktorn, innebar att temperaturen i materialet efter 10 dagar ökat till 55 °C. Materialet förblev vid denna temperatur under 10 timmar, innan temperaturen började sjunka. Under dag 21 av processen stängdes luftare och omrörare av. Figur 4 visar temperaturkurvan för våtkomposteringsprocessen.



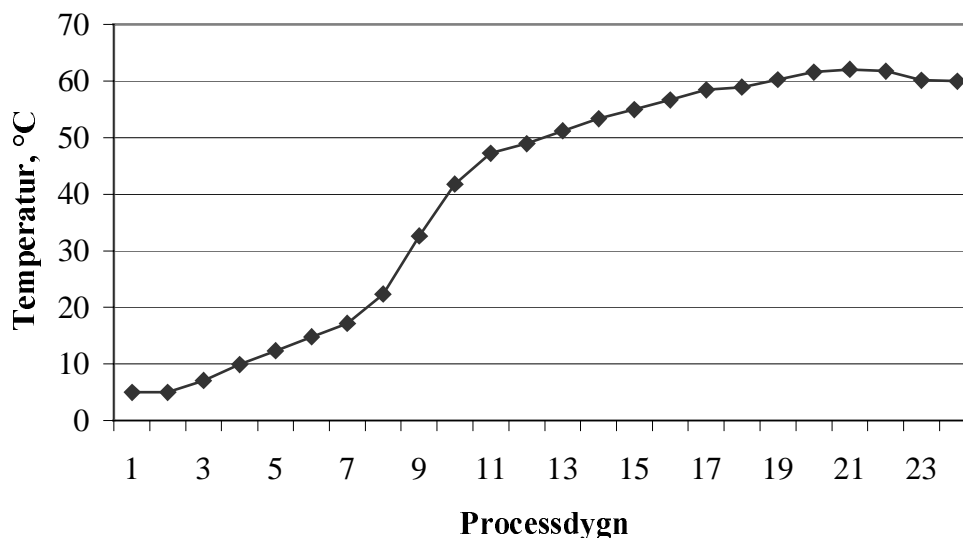
Figur 4. Temperaturutvecklingen under våtkomposteringsprocessen för den första satsen. Dag 21 stängdes luftare och omrörare av.

### Behandling av andra satsen

Mellan oktober 2001 och februari 2002 samlades ca 90 m<sup>3</sup> klosettwater in till den andra reaktorn, där det blandades med ca 40 m<sup>3</sup> av det tidigare insamlade klosettwater och BDT-slammet. Då det inte fanns någon marginal för tid/temperaturkriteriet för hygienisering (dvs. minst 10 timmar vid minst 55 °C) under behand-

lingen av den första satsen, beslöts att mer energirikt organiskt material skulle tillföras vid behandling av den andra satsen, för att möjliggöra en högre behandlingstemperatur. Totalt tillsattes därför ca 22 m<sup>3</sup> potatisskal, av samma typ och med samma densitet som använts tidigare, till den andra reaktorn.

Under 10 veckor våren 2002 förklarades sedan råmaterialet i den andra reaktorn, utan att något nytt material tillsattes. Därefter startades våtkomposteringsprocessen den 21 april, genom att luftare och omrörare sattes i drift. Temperaturen på materialet i reaktorn var då ca 5 °C. Efter ungefär en vecka med måttlig temperaturökning ökade temperaturen kraftigt under 3-4 dagar, för att sedan öka långsammare igen. Efter 14 dagars drift hade temperaturen nått upp i 55 °C, och fortsatte därefter att stiga till ca 60 °C innan den började vända neråt igen (figur 5). Luftare och omrörare stängdes av 23 dagar efter att behandlingen startats. Vid start av processen uppstod en mycket kraftig skumbildning och skum trängde ut ur bl.a. manluckorna. Anläggningsområdet blev helt täckt av skum och försök gjordes att slå ned skummet i reaktorn med hjälp av vatten. Effekten av detta var måttlig. Det diskuterades även att tillsätta skumdämpningsmedel, men något försök genomfördes inte. Så småningom avtog dock skumbildningen och området kunde spolas rent.



Figur 5. Temperaturutvecklingen under våtkomposteringsprocessen för den andra satsen. Dag 23 stängdes luftare och omrörare av.

## Energibalans

Elförbrukningen under processen har inte mätts, utan beräknats med utgångspunkt från luftarens och omrörarens märkeffekt och gångtid. Vid energibalansberäkningen (tabell 5) har antagits att 50 % av utrustningens märkeffekt används (Malmén et al., 2002). Det bör observeras att denna beräkning är mycket grov. En osäker faktor är om energiförbrukningen ska beräknas fram till tidpunkten för att hygieniseringskravet uppfyllts (55 °C under 10 tim.) eller tills utrustningen stängts av? Beräkningen i tabell 5 är baserad på energiförbrukningen fram tills utrustningen stängts av.

Tabell 5. Energibalans (kWh/m<sup>3</sup> behandlat råmaterial) för behandling av den första satsen.

Energibalans	kWh/m <sup>3</sup> behandlat råmaterial
<b>Energitillförsel</b>	
Maskiner/friktion	19
Mikrobiell nedbrytning av råmaterial	47
<i>Totalt</i>	<i>66</i>
<b>Energiförluster</b>	
Uppvärmning av råmaterial	47
Värmeförluster genom utgående luft	11
Transmissionsförluster genom reaktorn	8
<i>Totalt</i>	<i>66</i>

### Mikrobiologiska undersökningar – hygienisering

De mikrobiologiska undersökningarna visar att råmaterialet blivit hygieniserat genom den behandling det genomgått (tabell 6). Av de undersökta mikroorganismerna som fanns i råmaterialet reducerades alla av behandlingen, utom de sporbildande bakterierna *Clostridium* spp. Detta är förväntat, eftersom högre temperatur krävs för att reducera sporformiga mikroorganismer. Enligt tidigare studier vid SVA har sporbildande bakterier påvisats efter bl.a. pastörisering. Detta har inte föranlett någon ytterligare utredning eller krav på åtgärder. Sporer av *Clostridium* spp. finns bl.a. i marken. Vissa av de sporbildande bakterierna är sjukdomsframkallande. Detta gör att den hygieniska risken är svårbedömd då det saknas kunskap på området.

Någon återväxt av mikroorganismer verkar inte ske i behållaren efter att materialet behandlats och sedan efterlagrats. pH-förändringen i det efterlagrade materialet är även liten (bilaga 3), vilket indikerar att komposteringsprocessen brutit ned huvuddelen av det lättillgängliga organiska materialet. Detta försvårar en återväxt av mikroorganismer i det behandlade materialet. En satsvis behandling ger en betydligt större hygienisk säkerhet jämfört med en semikontinuerlig behandling, eftersom risken för att obehandlat material lämnar reaktorn är minimal. Utöver de 10 timmarna vid 55 °C, utsätts materialet vid satsvis behandling för förhöjd temperatur under lång tid, vilket skapar en extra säkerhet.

Tabell 6. Mikrobiologiska analyser av råmaterial från de två behandlade satserna före, under och efter behandling.

	Koliforma bakterier (37°C)	Termotoleranta koliforma bakterier (44°C)	Presumptiva <i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus</i> spp.	<i>Clostridium</i> spp.	<i>Campylobacter</i> <i>jejuni</i> och <i>coli</i>	EHEC	<i>Salmonella</i> spp.
Enhet	CFU/g					Förekomst/ej förekomst (n.a.)		
<b>Första satsen</b>								
Råmaterial före behandling								
2001-10-09	3 500 000	200	200	7 300	5 600	n.a.	n.a.	n.a.
Behandlat material efter behandling i 10 tim vid >55 grader C								
2001-10-18	< 10	< 10	< 10	< 100	400	n.a.	n.a.	n.a.
Behandlat material, lagrat i 2 månader efter behandling								
2001-12-13	< 10	< 10	< 10	< 100	420	n.a.	n.a.	n.a.
2001-12-13	< 10	< 10	< 10	< 100	390	n.a.	n.a.	n.a.
Behandlat material, lagrat i 6 månader efter behandling								
2002-04-29	< 10	< 10	< 10	< 100	360	n.a.	n.a.	n.a.
2002-04-29	< 10	< 10	< 10	< 100	500	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Andra satsen</b>								
Råmaterial före behandling								
2002-02-10	1 300	< 10	< 10	3 000	6 500	n.a.	n.a.	n.a.
Råmaterial efter 10 veckors lagring och precis innan start av våtkompostering								
2002-04-21	<10	<10	<10	470	150 000	n.a.	n.a.	n.a.
2002-04-21	<10	<10	<10	450	140 000	n.a.	n.a.	n.a.
Behandlat material efter behandling i 24 tim vid >55 grader C								
2002-05-05	<10	<10	<10	< 100	100	n.a.	n.a.	n.a.
2002-05-05	<10	<10	<10	< 100	<10	n.a.	n.a.	n.a.
Behandlat material, lagrat i 4 månader efter behandling								
2002-09-08	< 10	< 10	< 10	< 100	50	n.a.	n.a.	n.a.
2002-09-08	< 10	< 10	< 10	< 100	100	n.a.	n.a.	n.a.

## Temperaturfördelning i reaktorn

Intrimning av luftnings- och omröraru-trustningen gjordes så att en jämn temperatur skulle erhållas i reaktorn. Vid den temperaturmätning som gjordes med en flyttbar utrustning under behandlingen konstaterades att temperaturfördelningen var jämn.

## Luftbehandling och ammoniakmätningar

Mätningar av ammoniakhalten vid anläggningen genomfördes under våtkomposteringen av den andra satsen material. Mätningarna utfördes den 29 april 2002, ca en vecka efter att våtkomposteringsprocessen startats. Temperaturen i det material som behandlades var vid mätningarna ca 35 °C, och utetemperaturen ca 15-20 °C.

Mätningar utfördes dels via ett lufthål vid manluckan (luft precis nedanför taket), dels vid två ställen på biofiltret: vid dess utlopp på toppen av filtret samt vid vattenlåset i botten av filtret (vattenlåset tömdes inför provtagningen). De mätningar som utfördes vid biofiltret, gav inget utslag för uppmätt ammoniak, och om detta

berodde på biofiltrets effektivitet eller om processluften trängde sig ut någon annanstans än via biofiltret är oklart. Försök gjordes även att koncentrera upp den utgående luften vid utloppet respektive vattenlåset genom att plasta för utgångshålen och en stund därefter provta. Inte heller då gav dock mätningarna några utslag. Det bör nämnas att det vid anläggningsbesök ca två veckor in i våtkomposteringsprocessen, då behandlat material höll ca 55 °C, tydligt syntes utgående vattenånga från biofiltrets utlopp.

Utslag för ammoniak erhöles däremot vid mätningar via manluckan. Vid fyra mätningar användes en Kitigawa-mätare, vars mätintervall (max 20 ppm) överskreds vid två tillfällen. Två ytterligare mätningar utfördes med en Dräger-mätare, vilken hade ett större mätintervall (tabell 7). Vid provtagningstillfället var reaktorn full med skum, vilket troligen påverkade luftens innehåll av ammoniak.

Tabell 7. Resultat av ammoniakmätningar vid behandling av den andra satsen material.

Plats	Kitigawa-mätare	Dräger-mätare
Under taket	13 ppm	20 ppm
	14 ppm	14 ppm
	>20 ppm	
	>20 ppm	
Vid biofiltrets utblås	0	
Vid biofiltrets vattenlås (tömt)	0	

## Användande av våtkomposten

### Våtkompostens kvalitet

I tabell 8 jämförs den våtkompost som behandlades under oktober 2001 med flytgödsel från kor och svin. Jämförelsen avser innehåll av växtnäring och tungmetaller. Beräkningarna är utförda med antagandet att samma mängd fosfor, 17 kg per hektar och år, ska tillföras med respektive gödselmedel. I tabell 8 visas även de nuvarande finska gränsvärdena för tillåten genomsnittlig årlig tillförsel av tungmetaller via användande av avloppsslam som gödselmedel.

Av tabell 8 framgår att råmaterialet innehåller en mindre andel kväve, i förhållande till fosforinnehållet, än svin- eller nötflytgödseln. Mängden tungmetaller som tillförs till åkermark via råmaterialet är i stort sett detsamma som för användning av svin- eller nötgödsel, och mycket mindre vad gäller zink. Det bör dock noteras, att alla tre typer av gödselmedel som presenteras i tabellen, understiger de finska gränsvärdena för avloppsslam med en mycket stor marginal.

Tabell 8. Jämförelse mellan behandlad våtkompost, svinflytgödsel och nötflytgödsel, med avseende på innehållet av växtnäring och tungmetaller. Finska gränsvärden för tillåten genomsnittlig årlig tillförsel av tungmetaller per hektar (ha) via avloppsprodukter visas också (värden inom parentes är rekommendationer).

Parameter	Enhet	Finska gränsvärden <sup>a</sup>	Våtkompost före behandling, sats 1	Svinflytgödsel <sup>c</sup>	Nötflytgödsel <sup>c</sup>
Totalfosfor	kg/ha, år		17	17	17
Totalkväve	kg/ha, år		31	46	88,4
Kalium	kg/ha, år		74	27	90,7
Bly	g/ha, år	100	2,2	0,73	2,04
Kadmium	g/ha, år	3,0 (1,5)	0,15	0,13	0,27
Koppar	g/ha, år	600 <sup>b</sup>	50	129	65,7
Krom	g/ha, år	300	3,7	3,2	5,2
Kvicksilver	g/ha, år	2,0 (1,0)	0,09	— <sup>d</sup>	— <sup>d</sup>
Nickel	g/ha, år	100	3,2	2,2	7,2
Zink	g/ha, år	1500 <sup>b</sup>	104	492	408

- a) Enligt bilaga 1, Statsrådets beslut om användning av slam från reningsverk inom jordbruket. Nr 282. Utfärdat i Helsingfors den 14 april 1994.  
 b) En dubbelt så stor tillförsel tillåts, om det råder brist på ämnet i marken.  
 c) NV (1999).  
 d) Analysvärden för kvicksilver i svin- och nötflytgödsel finns ej tillgängliga.

## Tillstånd

Inför användande av våtkomposten på åkermark, ansökte Sunds kommun om tillstånd från Ålands landskapsstyrelse för saluhållande av våtkomposten. Enligt landskapsstyrelsens beslut får Sunds kommun sälja sin våtkompost som jordförbättringskompost om bland annat följande två villkor uppfylls:

- a) Våtkomposten får enbart användas på odlingsjord där det odlas spannmål, sockerbeta eller oljeväxter samt växter som inte används som människoföda eller foder till djur i oförädlad form. På vallar får våtkomposten bara spridas vid anläggning av vall tillsammans med skyddssäd. Våtkomposten ska omsorgsfullt myllas ned. På odlingsjord där våtkomposten sprids är det tillåtet att odla potatis, rotfrukter och grönsaker tidigast fem år efter slamanvändningen.
- b) Tungmetallhalten i våtkomposten får inte överskrida landskapsstyrelsens direktiv om användningen av slam från reningsverk inom jordbruket. I tillståndet anges även gränsvärden för maximalt tillåtna tungmetallhalter i torrsubstansen hos den åkermark, där våtkomposten ska användas. Dessa gränsvärden överensstämmer med gällande finsk lagstiftning för avloppsslam.

Markkarteringstjänst har även gjort ett utlåtande angående jordbruksanvändningen av våtkomposten (bilaga 5). Detta utlåtande utgår ifrån nitratdirektivet och ett betänkande från kompostgruppen vid Miljöministeriets Miljöavdelning.

## Genomförande och erfarenheter

I början av maj 2002 spreds våtkomposten som behandlats i oktober 2001, på 4 hektar lerig sandjord. Givan var ca 30 ton per hektar. Åkermarken ägs av Sunds kommun och arrenderas av en lantbrukare. För spridningen användes en 10 m<sup>3</sup> tankvagn tillsammans med myllningsaggregat (bild 8). Tidsåtgången för påfyllning av tanken vid våtkomposteringsanläggningen var ca 20 minuter, och spridningen på åkermark tog ca 5 minuter. Med myllningsaggregatet spreds våtkomposten ca 5 cm ner i marken. I samband med spridningen kunde ingen dålig lukt noteras på eller i närheten av fältet. Vädret var vid spridningen soligt med lätt vind och en temperatur på ca 15 - 20°C.



*Bild 8. Spridning av behandlad våtkompost den 10 maj 2002.*

## Kommentarer och slutsatser

### Uppsamlingsystemen vid hushåll och turistanläggningar

Som framgår av figur 2 är många av brukarna inte nöjda med Mini Flush-toaletterna. Delvis gäller det utformningen, men framför allt rengöringsförmågan. Det är dock värt att notera att få är direkt missnöjda med hur toaletten och ledningssystemet fungerar, trots att mer än hälften av de tillfrågade anger att de haft problem med stopp i ledningssystemet. En förklaring kan vara att man även tidigare haft problem med stopp i ledningssystemet, vilket även framgår av enkätundersökningen (bilaga 2). En majoritet upplever dock att toaletten kräver mer arbete för rengöring än en vanlig toalett gör.

De flesta brukare spolar sällan eller aldrig ned olämpligt material i toaletten (t.ex. skurvatten, aska, räkskal eller liknande). Så gott som alla uppfattar att avloppssystemet är bra för miljön och alla har en uppfattning om varför systemet har installerats (bilaga 2). Trots det efterfrågas mer information och en dialog med kommunen om systemet.

### Erfarenheter från våtkomposteringen

Generellt har våtkomposteringen fungerat bra och utan större problem. Skumbildningen när den andra satsen behandlades var dock stor och skapade problem. Orsaken var troligen den betydligt större mängd potatisskal som tillsattes jämfört med behandlingen av den första satsen (en knapp fördubbling av tillsatt mängd). Skumbildningen kan troligen minskas genom tillsats av skumdämpande medel. Detta används idag vid den chipsfabrik varifrån potatisskalen hämtas. Det skumdämpande medlet som används i chipsfabriken är godkänt för användning inom livsmedelsindustrin. Därför är det troligt att en användning under våtkompostprocessen inte negativt kommer att påverka jordbruksanvändningen av våtkomposten.

Utvärderingen som gjorts under två behandlingscykler visar att tekniken med satsvis våtkompostering i större skala fungerar bra. Anläggningen dimensionerades med stor överkapacitet för att göra det möjligt att långtidslagra material om processen inte skulle fungera tillfredsställande. Med den erhållna erfarenheten kan därför framtida anläggningar dimensioneras annorlunda då någon extra lagringstid för att få materialet hygiensikt säkert inte behövs. Exempelvis skulle anläggningen kunna bestå av uppsamlingsbehållare och behandlingsbehållare, där satsvis behandling sker flera gånger per år bl.a. beroende av avsättningsmöjligheterna.

### Hygienisering

Hygieniseringen av materialet har fungerat väl och ingen kontaminering under lagring efter behandling har konstaterats. En kontamineringsrisk finns dock om luftar- och omrörningsutrustning flyttas från obehandlat material till behandlat material. Överflyttning av utrustning kan vara nödvändigt för att röra upp våtkomposten i samband med jordbruksanvändningen.

## Luftbehandlingssystemet

Det är tekniskt svårt att utvärdera funktionen av systemet för luftbehandling då anläggningen inte är helt gastät. De mätningar som genomförts indikerar dock att ammoniakförlusterna till atmosfären är låga eftersom ingen ammoniak har kunnat mätas i utgående behandlad luft.

## Användning av våtkomposten

Jordbruksanvändningen har fungerat utan problem. Någon luktolägenhet har inte konstaterats i samband med spridningen. Ett myllningsaggregat har använts, vilket gör att materialet direkt myllas ned i marken och adsorberas. Om någon annan typ av spridningsutrustning används pga. markförhållanden är det troligt att luktproblemen kan jämföras med spridning av flytgödsel.

## Ekonomi

Anläggningen dimensionerades för ca 60 hushåll och kostnaden för anläggningen beräknades hösten 2000 till ca 2 miljoner SEK, inklusive markarbeten. Den verkliga kostnaden har blivit ca 300 000 € (ca 2,7 milj. SEK).

Driftkostnaden för de två behandlade satserna har beräknats till ca 235 € (ca 2 100 SEK) per fastighet (bilaga 6). Vid beräkningen har antagits att anläggningen behandlar klosettvattnen från 60 hushåll, vilket är den dubbla mängden mot idag. Vidare har energiåtgången antagits öka med 50 % vid fördubblad mängd.

Alternativet till att bygga ett klosettvattnesystem och en våtkompostanläggning är att bygga ett ledningssystem för uppsamling av allt avloppsvatten som sedan behandlas i ett nytt avloppsreningsverk. Detta senare alternativ bedömdes som dyrare än våtkomposteringsalternativet. Behandlingskostnaden för avloppsvatten i befintliga småverk inom kommunen är ca 1,4 €/m<sup>3</sup> (ca 13 SEK/m<sup>3</sup>) Normalflödet är ca 50 m<sup>3</sup>/person och år. Detta ger en behandlingskostnad på ca 210 €/hushåll (1 900 SEK/hushåll), med antagandet om 3 personer per hushåll.

Ombyggnaderna vid fastigheterna och campingplatserna (installation av Mini Flush-toaletter, slutna tankar, ledningar, markbäddar för BDT-vattenrening inkl. ledningsnät etc.) har totalt kostat ca 306 000 € (2,8 milj. SEK).

## Sammanfattande slutsatser

Tekniskt har systemet fungerat bra och utan större driftstörningar. De problem som noterats är att stopp i ledningssystem mellan fastighet och uppsamlingstank har förekommit liksom omfattande skumbildning under våtkomposteringen.

Uppsamling av klosettvattnen, våtkompostering och jordbruksanvändning av behandlat material innebär att >80 % av fosfor och kvävet i avloppsvatten används som gödselmedel istället för att ledas till avloppsvattenbehandling. Om motsvarande reningsgrad skulle krävas av ett avloppsreningsverk ökar behandlingskostnaden väsentligt från dagens 210 €/hushåll (ca 1 900 SEK/hushåll). Klosettvattnesystemet för Bomarsund och Prästö är därför ur driftsynpunkt ekonomiskt mer fördelaktigt för Sunds kommun än konventionell avloppsvattenbehandling.

## Referenser

Karlsson, S. (1996). Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid lagring av stallgödsel. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 228. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Lundeberg, S., Johansson, C., Kron, E., Sandström, M., Klingstedt, E., Brohede, L., Norin, E., Carlsbæk, M, Palm, O. & Brunen, L. (1999). Sjösetting av certifieringssystem för kompost och rötrest, slutrapport. AFR-Report 257, Naturvårdsverket. RVF Utveckling, Rapport 99:2, Stockholm.

Malgeryd, J. (1996). Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid spridning av stallgödsel. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 229. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Malmén, L., Palm, O. & Norin, E. (2002). A collection and treatment system for organic waste and wastewater in a sensitive rural area. I Ozturk, I. & Tanik, A. (Eds.) Proceedings från "The 5<sup>th</sup> Specialised Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems", september 2002, Istanbul.

Norin, E. (1996). Liquid composting for the stabilisation and hygienisation of organic waste (in Swedish with an English summary). JTI-rapport, Kretslopp och avfall nr 3, Uppsala.

Norin, E., Gruvberger, C & Nilsson P-O. (2000). Handling of blackwater from the school of Tegelviken – recycling system with liquid composting (in Swedish with an English summary). VA-Forsk Rapport 2000:3, Stockholm.

NV (1999). Stallgödselns innehåll av växtnäring och spårelement. Rapport nr 4974. Naturvårdsverket. Stockholm.

Skjelhaugen, O.J. (1999). A Farm-operated System for Recycling Organic Waste. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 73, No. 4, August 1999.

Skjelhaugen, O.J. & Sæther, T. (1994). Local ecological waste water solution for rural areas. Report N. 94-B-039, AgEng –94, Milano.

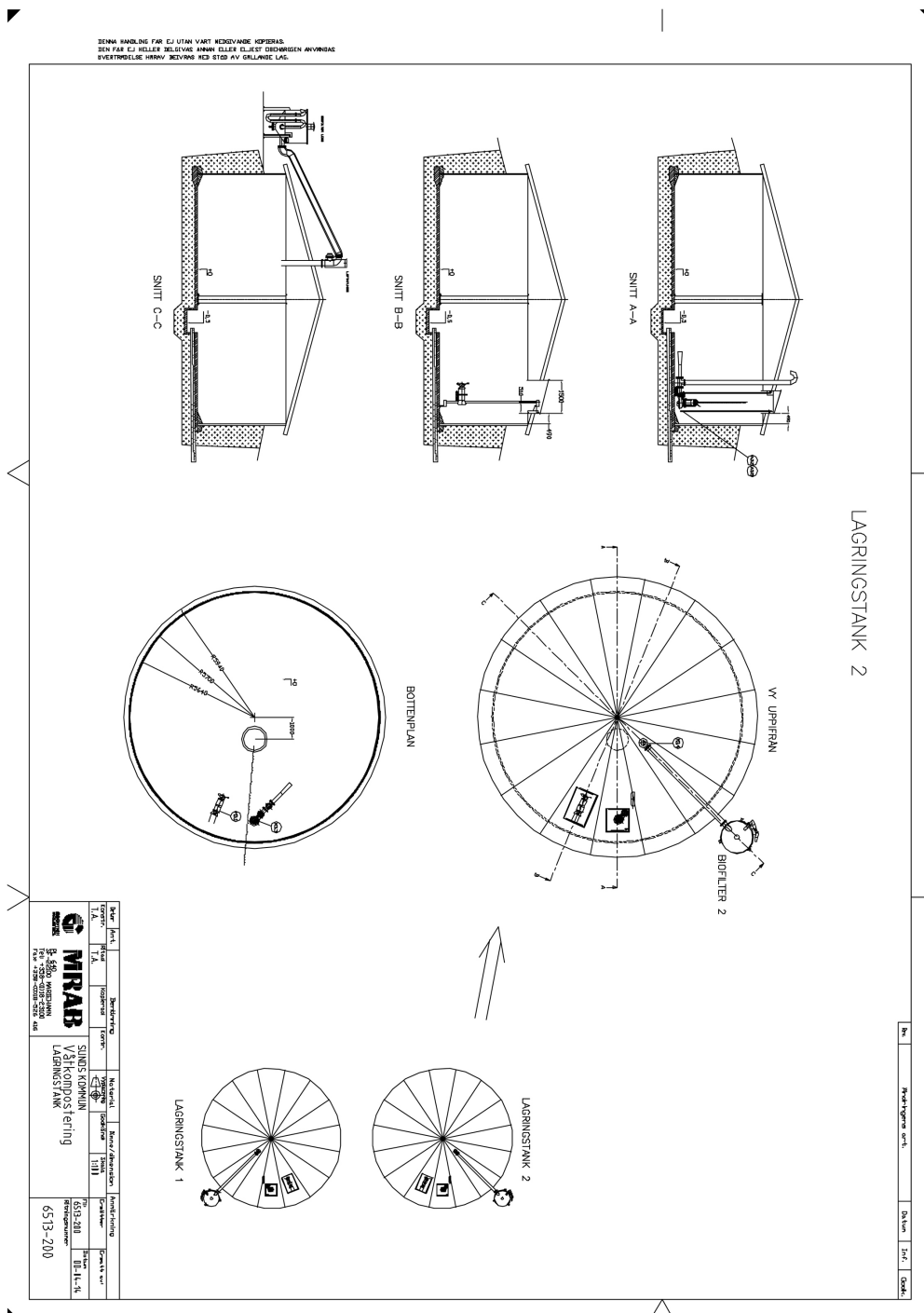


## **Bilagor**

1. Ritningar över anläggningen
2. Svarssammanställning brukarenkät
3. Konsumentverket Testlabs provning av Mini Flush-toaletten
4. Sammanställning kemiska analyser
5. Utlåtande från Markkarteringstjänst
6. Driftkostnader för våtkompostanläggningen



Ritning över anläggningen





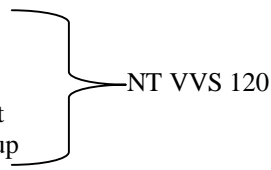
## Svarssammanställning brukarenkät

FRÅGA	SVAR	SVAR
<b># Hur ser ert avloppssystem ut?</b> a) för BDT-vatten b) för klosettavloppsvatten		
<b># Hur många toaletter har du/ni i hushållet?</b>	2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 1,1,1, 2, 1, 2,	
<b>Personer i hushållet</b>	2, 2, 2, 4, 2, 1, 5, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 5	
<b># Hur länge har du/ni haft denna/dessa?</b>		
<b># Hur tycker du att toaletten/erna och ledningssystemet från toaletterna fungerar?</b>		
mycket bra		
ganska bra		
varken bra eller dåligt		
dåligt		
vet ej		
<b># Om du haft problem, vad har det berott på? (flera alternativ är möjliga)</b>		
det blir stopp i toaletten		
det blir stopp i ledningen		
det är svårt att hålla rent		
annat		Dålig lukt om locket ej sluter tätt
<b># Hur har ni åtgärdat problemen?</b>		
<b># Upplever du att det är mera driftsproblem med den nya toaletten än för en vanlig toalett?</b>		
mycket mer		
lite mer		
varken mer eller mindre		
mindre		
vet ej		

FRÅGA	SVAR	SVAR
<b># Händer det att du spolar mer än en gång efter ett toalettbesök? (flera alternativ är möjligt)</b>		
alltid		
alltid efter "stort" besök		
ibland, oftare än på en vanlig toalett		
inte oftare än på en vanlig toalett		
aldrig		
vet ej		
<b># Hur många gånger per dag använder du toaletten?</b>	<b>Man</b>	<b>Kvinna</b>
<i>En arbetsdag</i>		
1-4 ggr/dag		
5-9 ggr/dag		
10-15 ggr/dag		
<i>En helgdag</i>		
1-4 ggr/dag		
5-9 ggr/dag		
10-15 ggr/dag		
<b># Upplever du att denna toalett kräver samma arbete som en vanlig toalett att hålla ren?</b>		
mycket mer		
lite mer		
varken mer eller mindre		
mindre		
vet ej		
<b># Händer det att du spolar ner annat i toaletten, som exempelvis skurvatten, aska, räkskal och liknande?</b>		
alltid		
ofta		
ibland		
sällan		
aldrig		
vet ej		

FRÅGA	SVAR	SVAR
<b># Upplevde du att det var besvärligt under tiden installationerna för det nya avloppssystemet utfördes?</b>		
ja, mycket		
ja, litegrann		
nej, inte alls		
<b># Tycker du att toaletten har några brister inom följande områden:</b>	<b>Ja</b>	<b>Nej</b>
- rengöringsförmåga		
- sitthöjd		
- utseende		 
- material		
- stabilitet		 
- skålens utformning/ placering		
- spolknappens utformning/placering		
- lockets utformning		 
<b># Har du någon uppfattning om varför det här avloppssystemet har installerats?</b>		
Ja, nämligen...		
nej		
vet ej		
<b># Uppfattar du det så att det nya avloppssystemet är bra för miljön?</b>		
Ja		
Nej		
Vet ej		
<b># Är du intresserad av att även lämna matavfallet till behandlingsanläggningen?</b>		
Ja		
Nej		
Vet ej		



<b>Provning av</b>	SNÅLSPOLANDE TOALETT
<b>Uppdragsgivare</b>	Konsumentverket Testlab
<b>Objekt</b>	Gustavsberg Miniflush (01-12)
<b>Provtagning</b>	Provobjektet har inköpts vid eget besök hos Bauhaus Botkyrka. Leverans 01-04-17.
<b>Provplats och tid</b>	TESTLAB Konsumentverket, rum 22037, april - maj 2001.
<b>Metod</b>	NT VVS 120. Provningsmetoden är specificerad för WC-stolar av porslin eller rostfritt stål med inbyggt vattenlås.  Punkterna 6.4.3 lilla spolningen, 6.4.5 B, 6.4.6 A, 6.4.6 B, 6.4.9 och 6.4.10 lilla spolningen uteslöts då de inte har varit möjliga att utföra eller på grund av att det inte har varit möjligt att få tag på provningsmaterial (6.4.6 B).
<b>Omfattning</b>	Funktionsprovning: spolvolym rengöring spolkapacitet stänkförekomst vattenlåsets djup  NT VVS 120  Hanterbarheten har provats med utgångspunkt från de ergonomiska krav som ställts upp för hushållsapparater (TemaNord 1994:661).  Rengöring
<b>Resultat</b>	Se sidan 2 - 3.

TESTLAB  
KONSUMENTVERKETGunilla Rosén  
LaboratoriechefPer Carlsson  
Projektledare

## TEKNISKA DATA

Toalettstolen är tillverkad av ett hårt plastmaterial och har därför låg vikt jämfört med en konventionell WC. Toaletten saknar cistern och arbetar i stället direkt mot ledningssystemets vattentryck. Spolningens effektivitet och vattenåtgång är därför delvis beroende av anläggningens vattenflöde. Toalettstolen saknar egentligt vattenlås. I stället behålls en volym vatten ovanför fallluckan i skålens botten och fungerar som luktbarriär. Toaletten monteras med tre skruvar mot underlaget. Vattenanslutningen sker på stolens högra sida.

## MÄTRESULTAT

### Provningskriterier enligt NT VVS 120

- 6.4.3 Spolvolymen är ett medelvärde av 5 spolningar på stora spolningen. Toleransen är  $\pm 0,2$  liter.
- 6.4.4 Rengöringsförmågan kontrolleras genom att strö sågspån på toalettskålens innerväggar. Allt spån skall spolas bort vid 4 av 5 försök.
- 6.4.5.A 12 hopkramade toalettppappersark släpps ner i skålen och spolningen aktiveras. Av 5 försök skall alla arken spolas ut i minst 4 fall.
- 6.4.7 4 stycken stavar av natursvamp ( $\varnothing$  30 mm, längd 100 mm) släpps ner i toaletten och spolas ut. Alla 4 stavar skall spolas ut vid 4 av 5 prov.
- 6.4.8 En kartongskiva med hål placeras på sitttringens plats. Skivan sträcker sig 20 centimeter utanför skålens ytterkant. Respektive spolning aktiveras och antalet droppar som stänker upp kontrolleras. Provet utförs 3 gånger och ett medelvärde räknas ut. Max 8 droppar accepteras.
- 6.4.10 Vattenlåsets djup mäts vid 5 tillfällen. Medelvärdet måste ligga över 50 millimeter.

	Medelvärde	Anmärkning
6.4.3 Stora spolningen	0,9 liter	Spridningen ligger inom gränserna.
6.4.4 Stora spolningen	Rester	Rester av sågspån kvar.
6.4.5.A Stora spolningen	12 stycken	Kravet uppfylls. 12, 12, 12, 12, 12.
6.4.7 Stora spolningen	4 stycken	Kravet uppfylls. 4, 4, 3, 4, 4. *
6.4.8 Stora spolningen	1 stycken	Kravet uppfylls. 1, 2, 0.
6.4.10 Stora spolningen	25millimeter	Se kommentar.

\* Svampen nöps fast i fallluckan.

Kommentarer: Vid ett par tillfällen öppnades fallluckan två gånger vid samma spoltillfälle. Vattenlåsets djup uppfyller inte kraven i metoden på grund av konstruktionens utformning.

## HANTERBARHET

För att aktivera spolmekanismen används ett tryckreglage placerat till höger på toalettens bakstam. Kraften som krävs för att aktivera spolmekanismen är mycket hög. 67 N (medelvärde av 5 mätningar). Detta medelvärde kan jämföras mot det som anses vara acceptabelt för handmanövrerade reglage 2-10 N (Hushållsapparaters ergonomiska egenskaper). Knappens storlek,  $\varnothing$  37 mm, är enligt samma norm tillräcklig ( $\geq 20$  mm) men på grund av den höga tryckkraften kan belastningen ändå bli hög. Tryckknappen saknar kontrasterande symbol.

**RENGÖRING**

För att efterlikna den smuts och de avlagringar som kan bildas i toalettskålen och under spolkanten har 12 gram tinad hackad spenat penslats på. Efter tre timmars torktid har spolningen aktiverats.

Enbart vattenflödet är inte tillräckligt för att avlägsna smutsen utan mekanisk rengöring krävs.

Spolkantens utformning är sådan att en vanlig toaborste med separat borste för spolkanten inte kan användas. Dessutom är öppningen trång vilket ytterligare försvårar åtkomst för rengöring. Den begränsade vattenvolymen som står kvar i skålen hindrar effektiv rengöring av skålen med borste.

Rengöring	Bedömning	Kommentarer
Spolkant	+	
	-	Trång. Hela spolkanten nås inte av vattnet vid spolning.
Invändig form	+	Slät
	-	
Utvändig form	+	Relativt slät.
	-	
Sits	+	Gedigen
	-	Ej lätt löstagbar. Monterad med skruv.



Sammanställning kemiska analyser

Enhet	TS		Glödrest	Glödförlust	N-tot	NH4-N	% av TS			mg/kg TS										Fettsyror (upp till 6 kolatomer)
	% av prov	pH						P-tot	K	Ca	Mg	COD	Hg	Ca	P	C	Zn	Cu	Zn	
<b>Klosettvatten sats 1</b>																				
2001-06-13	0,36	7,8	42	58	24	20	2,8	6,6	3,3	0,68	0,22	0,19	13	<5	5,5	100	300			
<b>BDT-slam</b>																				
2001-06-13	0,34	6,9	32,6	67,4	2,9	1,5	0,62	0,53	2,4	0,35	0,12	1,2	24	16	12	740	510			
<b>Potatisskal</b>																				
2001-09-27	32,4	5,6	2,5	97	0,85	0,06	0,16	0,88	0,09	0,04	<0,03	0,12	<5	<5	<2	6,2	6,9			
<b>Råmaterial</b>																				
2001-10-09	2	7,2	11	89	4,2	3,6	2,3	10	2,4	0,75	6200	0,12	0,2	<3	<5	4,3	67	140	3,79	
<b>Våtkompost (minst 10 timmar vid minst 55 graders temperatur)</b>																				
2001-10-18	0,52	8,7	34,8	65,2	16	11	1,3	8,1	2,5	0,52	640									
<b>Våtkompost, efterlagrat</b>																				
2002-04-29	0,34	8,9	49,4	50,6	16	12	1,3	13	2,7	4,3	670								2,69	
<b>Klosettvatten sats 2</b>																				
2002-06-26	0,5	8,2	38,4	61,6	19	17	2,4	6,2	2,5	0,6	7300	0,16	<0,3	8,4	3,5	4,7	100	300		
<b>BDT-slam sats 2</b>																				
2002-06-27	0,22	7,6	41,2	58,8	4,6	3,7	0,93	8,6	4,8	5,8	3500	0,36	1	50	31	19	840	800		
2002-06-27 *	0,21	7,7	42,9	57,1	2,8	<2,3	0,83	7,9	5,1	5,6	2100	0,58	1,2	35	26	15	930	750		
<b>Potatisskal sats 2</b>																				
2001-09-27	32,4	5,6	2,5	97	0,85	0,06	0,16	0,88	0,09	0,04	<0,03	0,12	<5	<5	<2	6,2	6,9			
2002-04-29	32,2	5,6	2,34	97,7	0,74	0,06	0,12	0,9	0,06	0,03	<,005	<0,005	<5	<0,5	<1	4,6	5,5			
<b>Råmaterial sats 2</b>																				
2002-04-21	0,57	5,5	40,7	59,3	15	12	1,8	8,8	2,2	0,74	1 400								2,83	
<b>Våtkompost sats 2 (minst 10 timmar vid minst 55 graders temperatur)</b>																				
2002-05-05	0,86	6,2	42,3	57,7	8,1	4,4	1,3	7,2	2,2	5,3	0,052	0,47	<5	1,2	2,3	42	72	4,26		

\* = provtaget med hink



## MARKKARTERINGSTJÄNST

PB 500, 50101 St Michel  
telefon (015) 320 400, fax (015) 320 4050

### Bilaga 5

#### Utlåtande

I tolkningen av kompostanalysresultaten tillämpas Jord- och skogsbruksministeriets beslut 46/94, betänkande 67/92 från Kompostarbetsgruppen vid Miljöministeriets Miljövårdsavdelning, Statsrådets beslut angående begränsande av nitratutsläpp i vattendrag (det s.k. nitratdirektivet från 9.11.2000) samt Grönmiljöförbundets riktgivande värden angående växtunderlag.

#### Allmänna kvalitetskrav för kompostprodukter:

På basen av tungmetallhalten indelas kompostprodukterna i kvalitetsklasserna IV, III, II och I.

Klass IV är främst lämpad för återställning av soptippar, klass III är lämpad för offentliga grönområden, klass II för åkerbruk och produktion av plantor samt klass I som blandning i växtunderlag (inte livsmedelsproduktion) samt anläggning av gårdsplaner.

Maximihalterna för tungmetaller i kompostprodukterna är följande: Hg 2,0 mg/kg, Cd 3,0 mg/kg, As 50 mg/kg, Ni 100 mg/kg, Pb 150 mg/kg, Cu 600 mg/kg och Zn 1500 mg/kg. För användningsändamål II och I är högsta tillåtna tungmetallhalter följande: Cd 1,5 mg/kg, Cr 300 mg/kg, Hg 1,0 mg/kg, Ni 100 mg/kg och Pb 100 mg/kg i torrsubstansen. Om kompost skall användas som växtunderlag i livsmedelsproduktionen får tungmetallhalter inte överstiga följande värden: Cd 0,5 mg/kg, Cr 200 mg/kg, Hg 0,2 mg/kg, Ni 60 mg/kg och Pb 60 mg/kg i torrsubstansen.

Om kompostprodukter används i åkerbruk skall pH i jorden vara över 5,5 och tungmetallhalterna (AR-extraktion) får inte överstiga följande värden: Cd 0,5 mg/kg, Cr 200 mg/kg, Cu 100 mg/kg, Hg 0,2 mg/kg, Ni 60 mg/kg, Pb 60 mg/kg och Zn 150 mg/kg i torrsubstansen.

Högsta tillåtna årliga belastning av tungmetaller på grund av kompostprodukter i livsmedelsproduktionen och anläggning av gårdsplaner får vara högst: Cd 1,5 g/ha, Cr 300 g/ha, Hg 1,0 g/ha, Ni 100 g/ha och Pb 100 g/ha per år. Det är tillåtet att på en gång sprida en mängd som motsvarar åtta års belastning, om antalet gånger på motsvarande sätt minskas.

Nedskräpande material (plast, glas m.m.) får kompost avsedd för återställning av landskap innehålla högst 2 % i torrsubstansen, kompost avsedd för offentliga grönområden, åkerbruk och produktion av växtplantor högst 0,5 % i torrsubstansen samt blandningar för växtunderlag och anläggning av gårdsplaner högst 0,1 % i torrsubstansen.

## **MARKKARTERINGSTJÄNST**

PB 500, 50101 St Michel

telefon (015) 320 400, fax (015) 320 4050

Grovleksgraden i kvalitetsklasserna I och III får vara högst 20 mm samt i kvalitetsklasserna II och IV 45 mm.

Humushalten i jordförbättringskompost skall vara minst 20 % av vikten i torrsubstansen och den totala kvävehalten skall vara minst 0,8 % i torrsubstansen.

### **Tolkning av analysresultaten, Potatisskal 27/9 –1**

Halten av organiskt material i komposten (97 %) fyller kraven på minimihalt av 20 % som ställs på kompostprodukterna. Den totala kvävehalten i torrsubstansen (0,85 %) fyller det riktvärde som ställs på kompostprodukter (0,8)

### **Rekommenderad användning av komposten, Potatisskal 27/9 –1**

Om kompostmaterial skall användas för livsmedelsproduktion, anläggning av gårdsplaner och åkerbruk, kan det användas 20 t TS/ha (motsvarar ca 62 t våtvikt/ha). Den En begränsande faktor är den totala kvävehalten. Enligt nitratdirektivet får den totala kvävehalten som ges på en gång inte överstiga 170 kg/ha. Enligt rekommenderad mängd blir mängden fosfor ca 32 kg/ha och kalium ca 176 kg/ha.

Om kompostmaterial används för offentliga grönområden eller återställning av landskap, kan mängden vara ca 47 t TS/ha (motsvarande ca. 145 t våtvikt/ha), om jordmånen täcks av växtlighet året runt. En begränsande faktor är den totala kvävemängden, som inte får överstiga ca 400 kg/ha/år. I rekommenderade mängder blir mängden fosfor ca 75 kg/ha och kalium ca 413 kg/ha. Komposten skall blandas i jord strax efter spridning.

### **Tolkning av analysresultaten, Våtkompost sund**

Halten av organiskt material i komposten (89 %) fyller kraven på minimihalt av 20 % som ställs på kompostprodukterna. Den totala kvävehalten i torrsubstansen (4,2 %) fyller det riktvärde som ställs på kompostprodukter (0,8)

### **Rekommenderad användning av komposten, Våtkompost sund**

Om kompostmaterial skall användas för livsmedelsproduktion, anläggning av gårdsplaner och åkerbruk, kan det användas 3,3 t TS/ha (motsvarande 165 m<sup>3</sup>/ha). Den En begränsande faktor är den totala fosforhalten. Enligt nitratdirektivet får den totala kvävehalten som ges på en gång inte överstiga 170 kg/ha. Enligt rekommenderad mängd blir mängden fosfor ca 76 kg/ha och kalium ca 330 kg/ha och total kväve ca 140 kg/ha. Komposten skall blandas i jord strax efter spridning.

### **Tolkning av analysresultaten, Klosettwater 13/6 -1**

Halten av organiskt material i komposten (58 %) fyller kraven på minimihalt av 20 % som ställs på kompostprodukterna. Den totala

## **MARKKARTERINGSTJÄNST**

PB 500, 50101 St Michel

telefon (015) 320 400, fax (015) 320 4050

kvävehalten i torrsubstansen (24 %) fyller det riktvärde som ställs på kompostprodukter (0,8)

### **Rekommenderad användning av komposten, Klosettwater 13/6 -1**

Om kompostmaterial skall användas för livsmedelsproduktion, anläggning av gårdsplaner och åkerbruk, kan det användas 0,7 t TS/ha (motsvarande 195 m<sup>3</sup>/ha). Den En begränsande faktor är den totala fosforhalten. Enligt nitratdirektivet får den totala kvävehalten som ges på en gång inte överstiga 170 kg/ha. Enligt rekommenderad mängd blir mängden fosfor ca 20 kg/ha och kalium ca 46 kg/ha. Komposten skall blandas i jord strax efter spridning.



## Driftkostnader för våtkompostanläggningen

Avgifter Prästö/Bomarsundsavloppet – omräknat till 60 hushåll

	Enhet	Antal	à pris	Euro, exkl.moms	Euro/ fastighet (60 st)	Euro/m <sup>3</sup> (480 m <sup>3</sup> )
<b>Fasta Kostnader</b>						
Hygienprover	st	2+2	290	1160	19,33	2,42
Transport hygienprover		2	275	550	9,17	1,15
Analysen enligt gödselmedelslagen	st	1	150	150	2,50	0,31
Kontroll av TS-halt	st	2	13	26	0,43	0,05
Personalkostnader provtagning	tim (2*8)	16	15	240	4,00	0,50
Personalkostnader skötsel	tim	80	12,5	1000	16,67	2,08
El Grundavgift och värme				350	5,83	0,73
Underhåll byggnader och områden				500	8,33	1,04
Underhåll maskiner				500	8,33	1,04
Försäkringar				260	4,33	0,54
<b>Summa fasta</b>				<b>4736</b>	<b>78,93</b>	<b>9,87</b>
<b>Variabla kostnader (480 m<sup>3</sup>)</b>						
Insamling av svart- och bdt-vatten	tim	64	32,8	2099	34,99	4,37
Tillförandet av organiskt material				1732	28,87	3,61
Personalkostnader	tim	20	12,5	250	4,17	0,52
El – för kompostering	kWh	19860	0,0733	1456	24,26	3,03
Spridning av slam	tim	80	31	2480	41,33	5,17
Hyra spridningsvagn	tim	80	18	1440	24,00	3,00
<b>Summa variabla</b>				<b>9457</b>	<b>157,62</b>	<b>19,70</b>
<b>SUMMA KOSTNADER (fasta + variabla)</b>					<b>236,55</b>	<b>29,57</b>



## **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...**

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

Vill du få fortlöpande information om aktuell verksamhet och nya publikationer från JTI?

Varje vecka skickar vi ut aktuella *webbnotiser* om aktuell forskning och utveckling, gå in på [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se) för att anmäla dig (tjänsten är gratis).

Det tryckta nyhetsbrevet *Axplock från JTI* tar främst upp ämnen som rör lantbruk och industri, kommer ut tre gånger per år och är gratis.

Du kan också prenumerera på *JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö.

Vill du fördjupa dig ytterligare finns *JTI-rapporterna*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

*JTI-rapporterna* och *JTI-informerar* kan du beställa som lösnummer från JTI eller hämtar hem gratis som pdf-filer från vår webbplats. Där hittar du också aktuella prislistor m.m.

*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.slu](mailto:bestallning@jti.slu)*



**JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik**

JTI - Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Besöksadress: Ultunaallén 4

Webbplats: [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)

Telefon: 018 - 30 33 00

Telefax: 018 - 30 09 56

E-post: [office@jti.slu.se](mailto:office@jti.slu.se)