

Hantering av matavfall i storkök

– ett pilotförsök

Mats Edström
Linda Malmén
Anna Torén
Anders Ringmar
Ola Palm

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2001**
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	8
Bakgrund.....	9
Syfte	10
Utvärderingsprogram	11
Teknisk utvärdering av processorsystemet	11
Teknisk och biologisk utvärdering av lagring och tömningssystem	11
Utvärdering av miljö och hygien.....	12
Bedömning av det lagrade materialets lämplighet för rötning	12
Ekonomisk diskussion.....	12
Försöksuppställning	12
Försöksperiod.....	15
Resultat	15
Användning av processor vid Medirest.....	15
Teknisk utvärdering av processorsystemet	16
Kapacitetsmätning	16
Sammanfattning från Disperator AB	16
Processorns användande under utvärderingsperioden.....	17
Teknisk och biologisk utvärdering av lagring och hämtning av matavfall	18
Erfarenheter från Renhållarna	18
Temperaturmätningar	18
Biologisk aktivitet och graden av surgörning i materialet.....	20
Bedömning av eventuella materialförändringar	21
Utvärdering av miljö och hygien.....	21
Luktbedömning.....	21
Risk för skadedjur.....	22
Risk för smittspridning	23
Bedömning av det lagrade materialets lämplighet för rötning	23
Undersökning av partikelstorleken hos materialet samt okulär besiktning.....	23
Tömning av material vid biogasanläggningen.....	24
Mottagning av lagrat material vid Uppsalas biogasanläggning.....	26

Arbetsmiljöutvärdering	27
Hanterade kärl.....	27
Arbetsrutiner	27
Arbetsplatsobservation	28
Diskussion och slutsatser	29
Referenser	34
Litteratur.....	34
Personlig kommunikation	34
Bilaga 1	35
Bilaga 2.....	37

Förord

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik har tillsammans med representanter för olika företag och kommunala verksamheter studerat och utvärderat ett nytt hanteringssystem för matavfall från storköket Medirest Måltidsservice i Uppsala. Matavfallet har finfördelats i en processor, och via rörledning förts till en sluten tank för lagring utanför storköket. Efter lagring har matavfallet transporterats till Uppsalas biogasanläggning för behandling. Processorn som använts i studien har tillhandahållits av Disperator AB.

Projektet initierades av Lennart Thyselius, JTI. Övriga projektdeltagare från JTI har varit Mats Edström, projektledare, Linda Malmén och Ola Palm, bearbetning av data och utformning av rapport, Anders Ringmar, provtagning och funktionsstudier, Anna Torén som genomfört studiens arbetsmiljöutvärdering och Johnny Ascue Contreras som genomförde analyserna.

De representanter för företag och verksamheter som deltagit i studien har varit: Peter Hermansson, Veijo Ahola, Sandra Cuturic och Fredrik Bengtsson vid Medirest Måltidsservice, Lars Holmqvist, John Baker och Runo Andersson från Disperator, Magnus Hammar och Birgitta Strandberg från Tekniska Verken i Linköping AB, Per Brage, Sören Nilsson och Magnus Källman från Tekniska kontoret i Uppsala, Bo Ehnsjö och Björn Johansson från Uppsala Kommun Entreprenad (Renhållarna) samt Claes Kihlberg från Miljökontoret i Uppsala.

Studien finansierades av Medirest, Disperator, Tekniska Verken i Linköping samt Tekniska kontoret i Uppsala. Disperators andel av finansieringen bekostades till hälften av medel från Nutek, via JTI:s program ”SMF-Utveckling” för utveckling av små och medelstora företag.

Till alla som bidragit till projektets genomförande framför JTI ett varmt tack.

Ultuna, Uppsala i augusti 2001

Lennart Nelson

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Dagens hanteringssystem för blandat avfall från restauranger, livsmedelsaffärer och livsmedelsgrossister är inte anpassat för att hantera källsorterat matavfall. Används rullkärl för matavfallet blir dessa mycket tunga att hantera för både personal och renhållare. Vanligen används traditionella sopbilar för att hämta matavfallet som ofta är mycket vått. Dessa sopbilar är inte täta, vilket leder till att matavfall kan läcka ut vid lastning av sopbilen liksom vid transport till anläggningen för avfallsbehandling. För att hanteringen av matavfallet ska vara miljömässigt acceptabel bör det kyllagras och hämtas ofta. På grund av bristerna i dagen hanteringssystem för matavfall finns det behov av nya alternativa uppsamlingssystem.

Syftet med projektet har varit att studera och utvärdera ett nytt hanteringssystem för matavfall som genereras i storkök, där matavfallet anpassats för behandling i en biogasanläggning.

Projektet initierades inom programmet ”SMF-Utveckling” vid JTI. Syftet med SMF-Utveckling är bland annat att knyta små och medelstora företag närmare forskningen inom det egna forsknings- och utvecklingsområdet, samt att förbättra företagens arbete med produktutveckling och framtagande av nya produkter.

Disperator AB är ett företag som huvudsakligen producerar kökskvarnar för finfördelning av matavfall. Företaget har tagit fram en ny prototyp på en maskin som är anpassad för att användas vid storkök, restauranger och livsmedelsaffärer som infört källsortering på matavfall. För att utvärdera denna maskin har den installerats vid Medirest Måltidsservice i Uppsala.

Ett nytt uppsamlingssystem för matavfall vid en restaurang måste vara acceptabelt för de aktörer som arbetar med transport, behandling av avfallet och tillsyn av verksamheten. Därför har även Tekniska kontoret i Uppsala, Tekniska Verken i Linköping, Miljökontoret i Uppsala och Uppsala Kommun Entreprenad (Renhållarna) deltagit i projektet. På så sätt har hela kedjan kunnat belysas, från restaurangen där matavfallet genereras till behandlingen i en biogasanläggning.

Matavfallet har finfördelats och transporterats via rörledningar till en lufttät tank. Där har syrabildande bakterier snabbt sänkt pH-värdet i matavfallet som därmed blev lagringsdugligt under en längre period. Under projektets gång har Disperator AB genomfört ett betydande utvecklingsarbete på sin prototyp för sönderdelning av matavfall, för att anpassa den till Medirests verksamhet. Dess kapacitet att finfördela matavfall och transportera iväg det till lagringstanken var upp till 10 kg/minut. Under maj tillfördes totalt ca 8 ton finfördelat matavfall till tanken utan att den tömdes. Under denna period var pH-värdet under 4 och tankens temperatur var 13-18°C. De allmänna bakterieanalyser som genomfördes visade inte på någon tillväxt av mikroorganismer under lagringen och ingen generering av besvärande lukt kunde spåras till lagertanken. Tanken har dels tömts med en vakuumbil, dels har tömning skett genom att hela tanken lastats på en lastväxlarbil och transporterats till en biogasanläggning för tömning där.

De slutsatser som kan dras från försöket är att för den studerade restaurangen har det nya hanteringssystemet för matavfall varit bättre än det gamla hanteringssystemet ur arbetsmiljö-, hygien- och luktsynpunkt. Intervallen mellan hämtningstillfällena för matavfallet har kunnat förlängas, vilket medfört att transportbehovet reducerats.

Eftersom matavfallet finfördelades minskade behovet av förbehandling vid en biogasanläggning. Personalens tidsbehov för hantering av matavfallet vid Medirest ökade något under utvärderingsperioden. Eftersom systemet varit i drift så kort tid finns det fortfarande ett flertal åtgärder att vidta för att anpassa personalens arbetsrutiner till processorns (Disperators prototyp för sönderdelning av matavfall) funktion. När det nya avfallssystemet helt integrerats i hanteringen av restaurangens matavfall finns förutsättningar för en viss tidsvinst, huvudsakligen genom att transport och rengöring av rullkärl kan undvikas. Frågan huruvida det nya hanteringsystemet är ekonomiskt konkurrenskraftigt gentemot tidigare system har inte kunnat besvaras under detta projekt.



Bild 1. Två olika system för uppsamling av matavfall. I det traditionella systemet används rullkärl som töms i en sopbil. I det nya systemet används en tank som töms med en sugbil eller lastväxlarbil. Foto: Mats Edström

Summary

The purpose of this project was to study and evaluate a new handling system for food waste generated by a large-scale kitchen, where the food waste eventually is treated in a biogas treatment plant.

The project was initiated within the programme "SMF-Utveckling" at JTI. The purpose of the programme is to facilitate development of small and medium-sized enterprises, and enhance the contact between the enterprise and related research activities. Another purpose is to improve the enterprise's work with development of existing and new products. Disperator AB is a medium-sized enterprise within the mentioned programme at JTI. They produce mainly processors for grinding of food waste. To enable an evaluation of a prototype food waste processor from Disperator AB, it was installed at Medirest, a large-scale kitchen in Uppsala.

The food waste was ground and transported through pipes to an airtight tank. In the tank, there was a drop of the pH value, due to acid-producing bacteria in the food waste. The food waste became stable and was possible to store for a long time. During the project, Disperator AB has performed considerable work to develop the prototype for grinding food waste and to adjust it to the activities at Medirest. The capacity of the prototype to grind the food waste and transport it to the storage tank was up to 10 kg per minute. In May, a total of about 8 tonnes of ground food waste was added to the storage tank without emptying of it. During this period, the pH value was below 4 and the temperature in the tank was 13-18°C. The bacterial analyses that were carried out showed no growth of micro-organisms during the storage. No bad smell could be detected nearby the storage tank.

On one occasion, the tank was emptied with a vacuum-tank truck at Medirest, and the food waste was brought to a treatment plant for organic waste. On two other occasions, the tank was loaded to a truck and transported to the treatment plant where it was emptied.

The conclusion from the study was that the new handling system for food waste, from this particular restaurant, was better than the old system regarding aspects such as working environment, hygiene and smell. The interval between collecting the food waste was lengthened, thus resulting in a reduced need for transportation. Since the food waste was ground, the need for pretreatment at the treatment plant decreased. The new handling system was in operation only for a short time, and measures still need to be taken to adjust the working routines for the personnel regarding the function of the food waste processor. The question whether the new handling system was economically competitive compared to the previously used system has not been possible to answer during this study.

Bakgrund

Målsättningen med framtidens system för avfallsbehandling är att få fram ett kretslopp på dess växtnäring och om möjligt utvinna och nyttja den kemiskt bundna energin i avfallet. Ett nytt kretsloppsanpassat system för avfallshantering ska också vara hygieniskt bra, ge en låg miljöbelastning och vara skonsam för de som arbetar i systemet.

I storkök och restauranger genereras ofta stora mängder matavfall. Ett exempel på storkök är Medirest Måltidsservice i Ulleråker där mellan 600 och 1200 liter matavfall hanteras per dag. Vid detta företag är det trångt om utrymme på området omkring lastbryggan, varför lastning och avlastning blir besvärligt. Idag samlas avfallet i 120-literskärl och mellan hämtningarna förvaras kärnen i kylrum. Frekventa och regelbundna hämtningar krävs av stora mängder organiskt avfall vid Medirest, trots att avfallet förvaras i kylrum.

Ett nytt insamlingssystem för avfall till en biogasanläggning bör utformas så att följande parametrar optimeras:

- Hygieniskt bra vid hantering i kök samt vid lagring och tömning av kärl
- Ej generera besvärande lukt för omgivningen
- Hög tillförlitlighet

- Enkelt att underhålla
- Enkelt att installera i befintlig verksamhet
- Ergonomiskt bra vid arbete i köksmiljö och vid tömning av kärl
- Minska transportbehovet för hämtning av restaurangernas matavfall
- Kostnadseffektivt
- Minimera mängden föroreningar i matavfallet
- Enkelt att behandla avfallet i en biogasanläggning

I biogasanläggningar sker den mesta hanteringen av biogassubstrat i flytande form. Detta medför att fasta biogassubstrat som levereras till en biogasanläggning måste genomgå en förbehandling för att göra det pumpbart.

Dagens insamlingssystem för olika typer av verksamhetsavfall är inte optimerade för behandling i en biogasanläggning. Det finns därför ett behov av att utforma nya insamlingssystem för matavfall anpassade för behandling i biogasanläggning. Felsorterat material i matavfallet (plast, metaller, tyg etc.) kan orsaka betydande maskinella driftproblem vid behandling i en biogasanläggning.

En studie vid JTI (Malmén m.fl., 2001) visade att satsvis och lufttät lagring av matavfall från storkök, affärer och restauranger resulterade i en spontan ensilering av avfallet. Matavfallet var då lagringsstabil under minst 10 veckor. Med utgångspunkt från dessa resultat väcktes intresset att studera och utvärdera ett hanteringssystem för matavfall från storköket Medirest. Det nya hanteringssystemet baserade sig på att matavfallet sönderdelades på plats och kontinuerligt tillfördes en sluten tank. Förhoppningen var att en spontan ensilering av matavfallet skulle uppkomma, och göra det lagringsstabil så att färre hämtningar av avfallet därmed vore möjligt.

Syfte

Syftet med projektet var att studera och utvärdera ett nytt hanteringssystem för matavfall i storkök, där matavfallet var anpassat för behandling i en biogasanläggning. Pilotprojektet syftade även till att beskriva behovet av eventuella kompletterande studier eller modifieringar innan det nya systemet kan introduceras kommersiellt. Ett vidare syfte var att möjliggöra vidareförmedling till kommuner och företag av de erfarenheter som uppnåddes under pilotförsöket.

Hypotesen var att det nya systemet för hantering av organiskt matavfall, anpassat för storkök och restauranger, kommer att vara fördelaktigt både för avfallsproducenter och avfallshämtare, samt för den anläggning som ska behandla avfallet. Systemet förväntades vara mer rationellt, ergonomiskt bättre samt medföra mindre risker för luktemissioner och smittspridning än det tidigare systemet. Det nya hanteringssystemet förväntades ur ekonomiskt hänseende vara konkurrenskraftigt gentemot nuvarande hanteringssystem för matavfall.

Utvärderingsprogram

Teknisk utvärdering av processorsystemet

I utvärderingen ingick:

- Att en enkät angående processorns funktion fylldes i av personalen som använt den. Den omfattade frågor kring ljudnivå, ev. vattenanvändning, rengöring, ev. lukt från processorsystemet, arbetsmoment som upplevs betungande. Även frågor om hur processorn har förändrat personalens arbete med matavfallet (positiva och negativa erfarenheter, ändrade arbetsrutiner, förändringar i tidsbehov etc.) ingick. I enkäten ingick även frågor kring hygieniska aspekter, se "miljö och hygienisk utvärdering".
- Kapacitetsmätning av processorn: 1) tidsåtgång per liter matavfall som finfördelades under längre användning, 2) maximal mängd som kunde tillföras processorn under 30 s, 3) maximal mängd som kunde tillföras processorn under 60 s.
- Dokumentation av eventuella typer av matavfall som inte verkat lämpa sig för finfördelning.
- Dokumentation av eventuella driftsproblem hos processor och rörledning.

Teknisk och biologisk utvärdering av lagrings- och tömningssystem

Utvärderingen bestod av:

- Temperaturen i lagringstanken och utomhustemperaturen mättes och dokumenterades dagligen under en viss tid av försöksperioden.
- En bedömning gjordes av eventuella förändringar i energiinnehåll och metanutbyte mellan färskt respektive lagrat material. Bedömningen grundade sig på resultat gällande produktionen av CO₂ från den försöksstudie med lagrat matavfall som genomfördes vid JTI sommaren 2000.
- Dokumentation av eventuell fastfrysning av material i tanken (hur tjockt lager etc.) samt hur man gjort för att åtgärda detta (tid för upptining etc.).
- Beräkning av densiteten hos det råa materialet respektive lagrat material vid tömning.
- Det nya insamlingsystemet jämfördes med det gamla med avseende på:
 - a) tidsbehov för att hämta, tömma och transportera tillbaka tank till Medirest,
 - b) läckage av vätska från materialet vid hanteringen och c) förändring av arbetsituationen för insamling av matavfallet.
- Provtagning av material från tanken. Analys av materialets pH-värde, innehåll av torrs substans (TS) och organiskt material (VS) samt fettsyror. Detta för att fastställa den biologiska aktiviteten och graden av surgörning i materialet.
- Personal från Renhållarna besvarade en enkät angående arbetsmiljö och funktion hos det nya systemet vid hämtning av tank.

Utvärdering av miljö och hygien

Utvärderingen bestod av:

- I den enkät som besvarades under den tekniska utvärderingen av processor-systemet ingick även frågor om personalen upplevde att kökets renhet hade förändrats (ev. förändringar i renhet hos golv, väggar och tak) med det nya systemet.
- Det nya systemet jämfördes med det tidigare systemet för matavfallshantering. Bland annat ingick frågor om arbetsmiljön i den tidigare nämnda enkäten.
- Personal från Medirest, JTI och Miljökontoret i Uppsala bedömde luktupplevelsen invid och lite längre bort från tanken. En bedömning gjordes av risken för att besvärande lukt sprids till omgivningen.
- Bedömning av risk för att skadedjur som fåglar, råttor, möss och insekter kommer i kontakt med materialet beroende av lagringstankens utformning.
- Risk för smittspridning till följd av denna typ av hanteringssystem för matavfallet jämfördes med motsvarande risk för det tidigare systemet. Tillväxt av mikroorganismer i tanken studerades.

Bedömning av det lagrade materialets lämplighet för rötning

Denna del av utvärderingen bestod av:

- Undersökning av partikelstorleken hos materialet samt okulär besiktning.
- Diskussion kring hur tömning av material från Medirest fungerade vid biogas-anläggningens mottagningsdel.

Ekonomisk diskussion

I denna del diskuteras översiktligt parametrar som kan påverka kostnaderna i det studerade systemet för hantering av matavfall. Exempel på parametrar är eventuell ändrad mängd material till behandling och därmed förändrade behandlingskostnader, ändrade hämtningsavgifter etc.

Försöksuppställning

Disperator, Medirest och Renhållarna uppförde hos Medirest ett hanteringssystem för det organiska matavfallet.

Systemet bestod av tre delar:

- En prototyp av en processor från Disperator AB (som i rapporten benämns GT-system) för insamling, finfördelning och transport av matavfall, se bild 2.
- En rörledning för att transportera matavfallet, se bild 2.
- En isolerad tank dimensionerad för förvaring av matavfall under en längre period, se bild 3.



Bild 2. Processorn vid Medirest (även kallad GT-system). Rörledning för vertikal transport av avfallet ses bakom processorn. Foto: Mats Edström



Bild 3. Tankens placering vid Medirest. Foto: Linda Malmén

Tanken, som hölls på plats med spännband, var placerad på ett lastväxlarflak och var uppställd ca 35 meter från processorn. Tankens volym var 11 m³ och den var försedd med 400 mm anslutning samt manuell skjutventil för tömning av tanken vid biogasanläggningen. Den var också försedd med en 75 mm slamsugkoppling för tömning av tank med slamsugbil. Ingen aktiv omrörning skedde i tanken. Temperaturmätning skedde ungefär i mitten av tanken, medan materialet tillfördes vid ena änden av tanken, bild 4.



Bild 4. Tanken vid Medirest. Via den svarta ledningen längst bort i bilden förs det finfördelade matavfallet från processorn in i tanken. Temperaturloggarna var monterade i den vita lådan i centrum av tanken. Temperatursonden var monterad på den stång som leder ner i tanken från den vita lådan. Foto: Linda Malmén

Försöksperiod

Projektet påbörjades under januari 2001. Försökupställningen testades för första gången under mars. Därefter genomfördes provkörning av processorn och anpassning av den till Medirests verksamhet. Utvärderingsperioden för hanteringen av matavfallet vid Medirest pågick huvudsakligen under perioden 2-29 maj 2001.

Resultat

Användning av processor vid Medirest

Under utvärderingen av det nya systemet för hantering av matavfall har Medirests personal besvarat en enkät vad gäller deras arbete med det uppkomna matavfallet. Resultatet av denna enkät finns redovisat i kapitlet ”Arbetsmiljöutvärdering”. Följande text är en summering av de kommentarer som erhållits utanför enkäten.

Två till tre personer arbetar samtidigt med att tömma de kaminer som returneras till Medirest. Detta har medfört stora krav på processorns kapacitet, liksom att plats ska finnas för flera personer att tömma kaminer samtidigt (varje person vill ha en egen tömningsstation). Till följd av detta har även sopkärl utnyttjats under utvärderingsperioden, för att inte behöva förändra det tidsbehov som föreligger för tömning av kaminerna. Eftersom processorn varit i drift vid Medirest en relativt kort period, har arbetsrutinerna hos personalen inte ännu anpassats till det nya hanteringssystemet för matavfallet. Tillsammans med Disperator gör Medirest bedömningen att det krävs relativt lite i form av kompletterande utrustning vid Medirest för att allt matavfall ska kunna hanteras med den befintliga processorn och därmed avskaffa all kärlhantering, utan att den tid som personalen lägger på att tömma kaminerna ökar nämnvärt.

Om det gamla hanteringssystemet för matavfall fasas ut och det nya hanteringssystemet uppförs bedömer Medirest att arbetsområdet där kaminerna töms blir renare. Detta beror dels på att processorn har en större yta där matavfallet töms ner, dels på att processorn är stationär i lokalen där tömningen av kaminer sker (vid rullkärlshanteringen sker tömningen på ett område som uppskattningsvis är 15 m²). Därför gör Medirest bedömningen att även halkrisken är mindre med det nya hanteringssystemet. Personalen har upplevt det som positivt att hanteringen av rullkärl minskat. Rengöringen av processorn har varit enkel (5-10 min/dag) till skillnad från rengöringen av sopkärl som tagit ca 30 min/dag. Generellt har personalen vid Medirest varit positiv till att använda det processorbaserade hanteringssystemet.

Personalen tycker att det hade varit en fördel om processorns inmatningstratt hade haft större volym. Vidare har processorns skyddsgaller (säkerhetsutrustning för att skydda personalen från att skadas av finfördelningsenheten) för inmatningstratten hindrat pizzabitar större än gallrets öppningsyta att passera ner i tratten. Vid rengöring av processorn har även personalen observerat en viss ackumulering av elastiska skinn från kalkon och lax i processorns malverk (skinnets elastiska egenskaper liknar en disktrasas, vilket processorn har konstruerats för att ej finfördela om den av misstag följer med matavfallet).

Under försöket har mängden beredningsavfall varit i princip försumbar. Matavfallet har i princip enbart bestått av tillagat matavfall.

Teknisk utvärdering av processorsystemet

Kapacitetsmätning

Den 17 respektive 21 maj utfördes kapacitetsmätningar av processorn. Den 17 maj bestod matavfallet av köttbullar, potatis, brunsås och strimlad rotfruktsfräs. Den 21 maj bestod det av pasta med lax- respektive skaldjurssås. Vattentillförseln var under samtliga mätningar 1,5 liter per minut. I tabell 1 sammanfattas data från kapacitetsmätningarna.

Tabell 1. Sammanfattande data från kapacitetsmätningar av processorn. Kapacitetsuppgiften 7,3 kg/min erhöles efter att matavfall ifrån kärl 1, 2 och 3 hade finfördelats med processorn (finns en viss osäkerhet i denna kapacitetsuppgift eftersom metoden som användes för att mäta kapaciteten prövades för första gången). På samma sätt gäller 10,9 kg/min för kärl 4 och 5.

Kärl nr	Innehåll	Matavfalls- vikt, kg	Densitet, kg/liter	Kapacitet, kg/min	Kommentar
(17 maj)					
1	Blandning	30,9	0,86	7,3	Viss osäkerhet i kapacitetsdata
2	"-	18,7	0,99		
3	"-	15,8	0,76		
4	"-	35,4	0,99	10,9	
5	"-	35,16	0,98		
6	Potatis	39,83	0,78	10,0	
7	Köttbullar	17,13	0,65	6,9	Gick trögt, trögflytande finfördelad potatis i ledningen
(21 maj)					
1	Pasta och sås	37,3	0,99	9,7	Medelvärde för kärl 1 och 2
2	Pasta och sås	37,81	0,95		
3		39,81	0,88	5,3	Bitvis provades utan vattentillförsel
4		34,45		7,0	Medelvärde för kärl 4 och 5
5		25,4			

Volymen i processorns inmatningstratt uppmättes till 63 liter. Den 17 maj mättes även temperatur, pH och TS-halt på det finfördelade material som via rörledningen transporterats till lagringstanken. Temperaturen var under kapacitetsmätningen 37,0-48,5 °C, pH 5,4 och TS-halten 15,6 % av våtvikten.

Sammanfattning från Disperator AB

Kunskapen utökades under försöksperioden om hantering av matavfall hos Medirest samt om mängd och typ av matavfall som återlämnas till köket. Erfarenheterna från pilotförsöket har varit värdefulla och har resulterat i ökade kunskaper om GT-systemets prestanda som lett till modifikationer och ett förbättrat system.

Följande parametrar har varit särskilt intressanta:

(a) Mängd matavfall per tidsenhet

För optimal prestanda hos processorn är det viktigt att tömning av kärl inte forceras utan att den avsedda tidsramen utnyttjas. En ökning av processorns ursprungliga kapacitet har dock verkställts för att möjliggöra inmatning från två operatörer samtidigt.

(b) Typ av matavfall

Mängden matavfall som återlämnas till Medirest varierar från dag till dag beroende på vilken mat som serverats och antal skolbarn som äter i matsalarna. Problem med inmatning av kletigt ris och pasta med litet fukttinnehåll har förbättrats efter korrigerande av inmatningsgallret och en viss tillförsel av vatten. Pizza av bleckstorlek kan inte passera genom gallret till processorn. Övergång till pizzabitar skulle underlätta inmatning. Efter korrigerande av inmatningsgallret har den manuella hanteringen minskat. Stänk från sås/matavfallsblandning har helt eliminerats genom att ändra processorns arbetssätt.

Processorns användande under utvärderingsperioden

"Loggbok" från Disperator:

Maj månad	Anmärkning
2	Processorn stannade.
3	Anpassning och ökning av effekt för transportfunktion.
9	Stopp (kl.15.30).
10	Överbelastning. Processorn fick inte kylning. Varmvatten gick in i maskin. Felaktig anslutning. Åtgärdades av fastighetservice.
11	Anpassningar för ökad kapacitet. Provning under driftförhållanden.
14	Stopp orsakat av överbelastning av finfördelningsfunktion.
15	Ökning av effekt för finfördelningskapacitet.
16	Test av processorns och transportfunktionens kapacitet.
17	Kapacitetsmätningar med JTI (se tabell 1).
18	Justering i processorn för att minska partikelstorlek.
21	Kapacitetsmätningar med JTI (se tabell 1). Inga stopp i systemet efter 18 maj.

Teknisk och biologisk utvärdering av lagring och hämtning av matavfall

Erfarenheter från Renhållarna

Under utvärderingen av det nya avfallsbehandlingssystemet har Renhållarnas personal besvarat en enkät vad gäller deras arbete med att hantera det uppkomna matavfallet. Resultatet av denna enkät finns redovisat i kapitlet "Arbetsmiljöutvärdering". Följande text är en summering av de kommentarer som erhållits utanför enkäten.

Spillet av finfördelat matavfall har varit marginellt i anslutning till att tanken tömts på sitt innehåll. Vid ett tillfälle har det dock inträffat ett större läckage till mark då anslutningen för rörledningen, där det finfördelade matavfallet transporteras, till tanken lossade. Det gamla systemet då rullkärl töms i en sopbil medför dock ett betydande spill under tömningen av kärlet och även under transport av sopsbilen. Vid Medirest är det vanligt förekommande att fåglar äter av det matavfall som spills ut på marken i anslutning till tömningen av rullkärlen. Sommartid genereras det även lukt från spillet på marken.

Enligt Renhållarna gick det bra att tömma tanken med en sugbil vid Medirest. Det gjordes dock ingen kontroll huruvida tanken tömdes helt då denna tömningsmetod användes. Eftersom det har observerats skiktningar i tanken kan det mycket väl tänkas att trögflytande material blev kvar i tanken efter genomförd tömning. Ingen besvärande lukt genererades i anslutning till tömningen av tanken vid Medirest med sugbil.

Vid hämtningen av tanken med lastväxlarbilen var det enligt chauffören problem med att få upp tanken, som innehöll 7,8 ton matavfall, på lastbilen.

Vad gäller jämförelse med det gamla systemet är det svårt att dra några slutsatser eftersom de båda systemen hela tiden används parallellt. Under vecka 22 har Renhållarna hämtat sammanlagt 31 kärlet med matavfall vid Medirest. Eftersom avfallet är flytande är tömning med slambil att rekommendera, något som även personal vid biogasanläggning påpekat (Ehnsjö, pers. medd., 2001).

Temperaturmätningar

Temperaturen har, med undantag för ett fåtal dagar, uppmätts dagligen (via datalogger) i tanken från det att tanken togs i drift, dvs. från i mitten av mars, se bilaga 1. Fram till och med april medförde bland annat vissa driftsproblem hos processorn att mängden material som hamnade i tanken var mycket begränsad. Temperaturen mättes på tre ställen; utanför tanken (utomhustemperaturen), nära botten av tanken och några decimeter från toppen av tanken. Den stång som temperaturmätarna var fästa vid var placerad ungefär i mitten av tanken, en bit från det inlopp där matavfallet kom in i tanken. I diagrammen nedan visas hur den övre respektive nedre tanktemperaturen varierar i förhållande till utetemperaturen.

Temperaturmätningen på det rör som det finfördelade matavfallet transporterades i då processorns kapacitet provades, visade att matavfallet höll en temperatur på ca 40°C efter finfördelningen. Står tanken utomhus kan det föreligga risk för frysning vintertid. Den energimängd som tillförs via matavfallet (temperaturen på det tillförda matavfallet antas kunna sänkas med 40°C innan frysning förekommer) motsvarar ca 4 kWh per 100 kg (0,12 kW/100 kg matavfall).

Under perioden 9 maj till 29 maj var utetemperaturen i medel mer än 5°C lägre än den undre registrerade tanktemperaturen. Under denna period tillfördes 7,8 ton matavfall till tanken och den undre tanktemperaturen varierade huvudsakligen mellan 17 och 19°C. Detta skulle medföra att om temperaturen på det matavfall som tillfördes tanken var ca 40°C var värmeförlusterna i medel under perioden 9,1 kWh/d. Baserat på dessa data har kA-värdet för studerade tanken vid Medirest beräknats vara drygt 50 W/°C. Utgående från detta kA-värde skulle tanken klara av en utomhustemperatur som under en längre period i medel är ca –8°C utan en generell isbildning i tanken. Ytemperatur på tankens innerväggar (störst risk på punkter som kan fungera som köldbrygga) kan dock vara under fryspunkten, varför det där föreligger en risk för fastfrysning på dessa. I detta driftfall skulle värmeförlusterna genom tanken vara ca 16 kWh/d. Medeltemperaturen under årets kallaste månader i Mälardalsregionen är ca –3°C. Betydligt mycket lägre temperaturer kan dock uppmätas under kortare perioder.

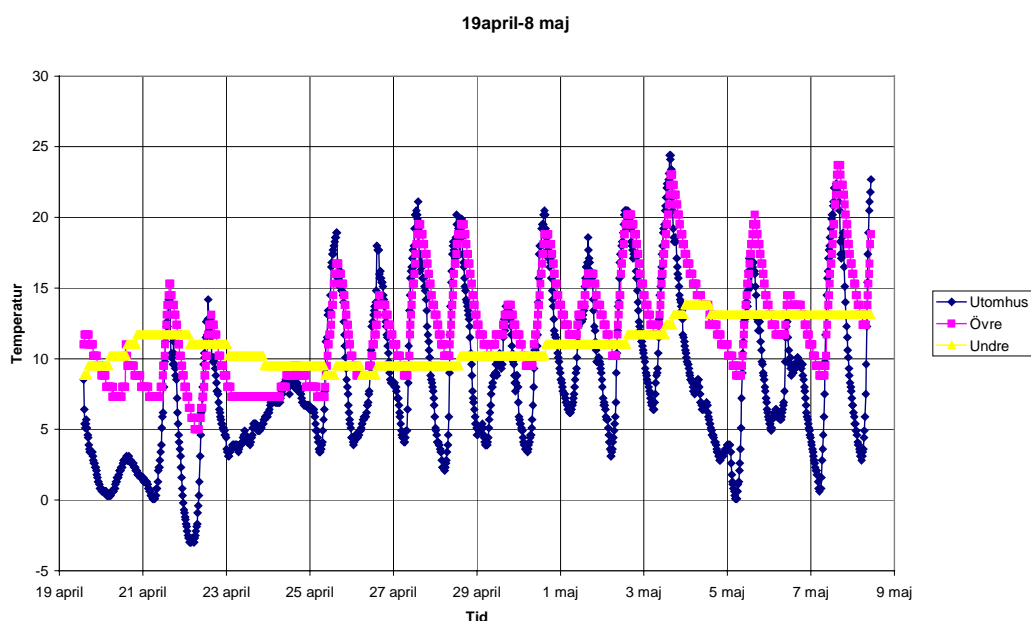


Bild 5. Uppmätt temperatur i lagertanken under perioden 19 april till 8 maj. Utomhus är den uppmätta utetemperaturen, övre är temperaturen i centrum av tanken och undre är temperaturen ca 15 cm ovan tankens botten.

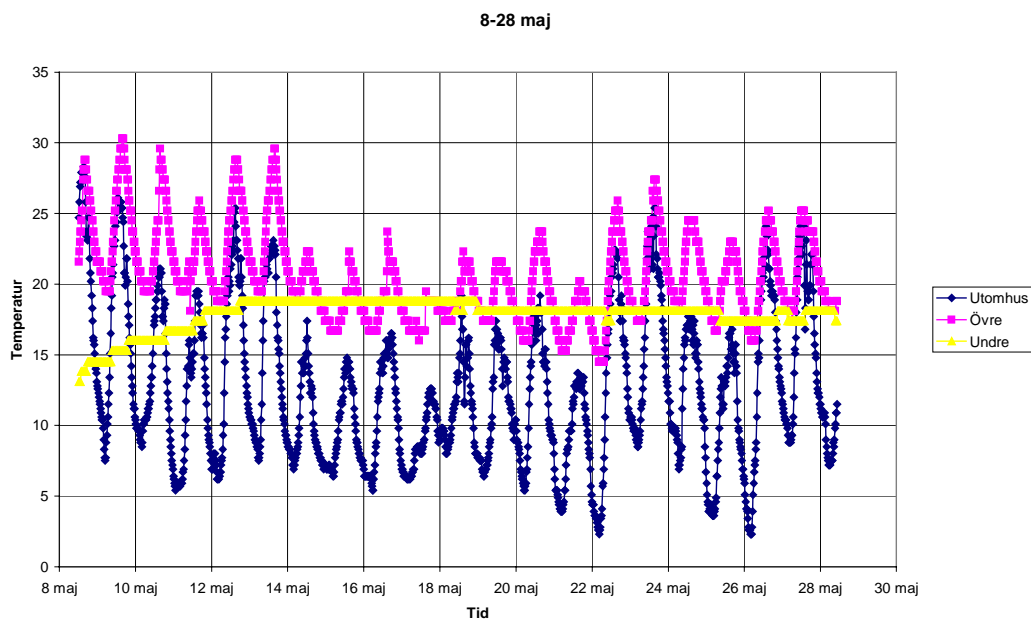


Bild 6. Uppmätt temperatur i lagertanken under perioden 8 maj till 28 maj. Utomhus är den uppmätta utetemperaturen, övre är temperaturen i centrum av tanken och undre är temperaturen ca 15 cm ovan tankens botten.

Biologisk aktivitet och graden av surgörning i materialet

Den 2 maj tömdes tanken på sitt innehåll, och under de följande fyra veckorna gjordes provtagningar på materialet i tanken vid fyra tillfällen. Material togs ut från två ställen i tanken. Dels togs material ut nedanför inloppsroret, dels vid ena kortsidan av tanken. I tabell 2 visas analysdata från provtagningarna. Förutom de syror som redovisas i tabellen analyserades även innehållet av Isobutyrat och Isovalerat, vilket dock låg under detektionsgränsen 0,1 g/l i samtliga prover.

Tabell 2. Sammanställning av analysdata från fyra provtagningstillfällen.

	2001-05-04		2001-05-11		2001-05-17		2001-05-28	
	inlopp (bakre delen)	främre delen	inlopp (bakre delen)	främre delen	inlopp (bakre delen)	främre delen	inlopp (bakre delen)	främre delen
TS, % av totalvikt	20,4	14,5	18,0	13,2	17,7	14,6	16,5	14,4
PH	4	3,8	3,88	3,65	3,69	3,55	3,57	3,39
Laktat, g/l	15,7	8,1	13,2	11,4	12,3	16,3	15,3	10,7
Acetat, g/l	1,66	1,76	1,40	1,22	0,96	1,87	1,42	1,35
Propionat, g/l	< 0,1	0,65	0,50	< 0,1	0,53	< 0,1	0,60	0,52
Butyrat, g/l	< 0,1	0,51	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Valerat, g/l	< 0,1	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Isokapronat, g/l	0,3	0,4	0,28	0,22	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,21
Kapronat, g/l	0,22	0,28	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Bedömning av eventuella materialförändringar

Vid de tidigare försöken med ensilering av matavfall vid JTI (Malmén m.fl., 2001) uppmättes en total gasproduktion som varierade från 2,1 till 18,6 liter per kg tillförd torrs substans via matavfallet under 10 dagars satsvis lagring (Denna gasproduktion var registrerat från och med dag 5 efter att lagringen påbörjades till dag 14. Gasproduktionen de fyra första dagarna var för stor för att uppmätas på ett tillförlitligt sätt med den valda uppsamlingsmetoden). Gasen bestod huvudsakligen av koldioxid (1,4-17,4 liter koldioxid/kg ts).

Med utgångspunkt från Malmén m.fl., 2001, antas att koldioxidproduktionen vid lagring under 14 dagar ej bör överstiga 25 liter koldioxid per kg tillförd torrs substans via matavfallet. Detta medför att formeringsentalpin för CO₂ kan beräknas till ca 440 kJ/kg ts, se bilaga 2. Förutom koldioxid bildas troligtvis även vatten under lagringen av matavfallet. Baserat på en schablonmässig kemisk sammansättning på matavfall har formeringsentalpin för H₂O beräknats till ca 230 kJ/kg ts. Detta medför att formeringsentalpin för CO₂ och H₂O tillsammans blir 670 kJ/kg ts. Om det specifika metanutbytet för matavfall vid rötning sätts till 360 liter metan/kg ts medför detta ett gasutbyte på 12 710 kJ/kg ts. Lagringsförlusterna efter 14 dagar skulle utifrån dessa beräkningar vara drygt 5 % av den energi som skulle kunna utvinnas om matavfallet rötades direkt utan lagring. Observera att detta är en grov beräkning, som ej baserar sig på en väl definierad omsättningsprocess för matavfallet under lagringen, se vidare under rubriken "Metod för att beräkna omsättningsförluster" nedan. Dessutom baserar sig detta resultat på den gasproduktion som erhöles under en satsvis lagring medan det i ett verkligt fall, där tanken töms en gång var 14:e dag, kontinuerligt tillförs färskt matavfall.

En analogi kan dock göras till lagring av vallgröda där ensileringsförlusterna kan vara 2-5 % av den ursprungliga vallgrödans torrs substans beroende på ensileringsmetod (Dalemo m.fl., 1993).

Utvärdering av miljö och hygien

I detta kapitel redovisas huvudsakligen resultatet av den genomförda luktbedömningen samt en studie gällande förekomsten av mikroorganismer i det lagrade matavfallet. I resultatet från de genomförda enkäterna, se kapitlet "Arbetsmiljöutvärdering", finns även kompletterande information gällande miljö och hygien, dels för det tidigare använda systemet för uppsamling av matavfall, dels för det nya.

Luktbedömning

Vid luktbedömningen, som utfördes den 14 maj, deltog Sandra Cuturic (Medirest), Göran Albjär (Miljökontoret) och Linda Malmén (JTI). Vädret vid tiden för luktbedömningen var mullet med stundtals regn (dock ej vid själva luktbedömningen) och temperaturen låg mellan ca 10 och 15°C. Svag vind från nord till nordväst.

Vid luktbedömningen skrev deltagarna ner sina luktupplevelser då de befann sig på olika punkter omkring och vid tanken. När denna del var genomförd diskuterades och jämfördes hur man hade uppfattat lukten vid de olika punkterna. Vid tidpunkten för luktbedömningen hade processorn stannat och användes inte.

För att få en uppfattning om ifall biofilter behövs eller inte, var biofiltret inte ditmonterat vid luktbedömningen.

"Lukt punkter": Först luktades vid sex punkter på ca 10-15 m avstånd från tanken, därefter på asfaltsplanen precis intill tankcontainern. Därefter klättrade deltagarna upp på tanken och luktade vid ovasidan av den. Slutligen öppnades en rund lucka (ca 15 cm i diameter) och deltagarna luktade ner i den. Under luktbedömningens första del (då det luktades på 10-15 m avstånd från tanken) var porten till lastintaget öppen, men stängdes sedan. I utrymmet vid lastintaget stod mat som kommit tillbaka från skolorna och där luktade det främst mat. I tabell 3 sammanfattas de omdömen som gavs vid de olika luktpunkterna.

Tabell 3. Sammanfattning av de omdömen som gavs vid luktbedömningen.

Plats	Omdömen
10-15 m söder om tanken	"Viss tillfällig doft av matavfall", "mycket svag matlukt ibland (typ ärtsoppa)", "ingen speciell doft"
Tre punkter 10-15 m öster till sydost om tanken	Från "ingen lukt" till "svag metallukt ibland", "tillfällig svag lukt av matavfall"
Två punkter 10-15 m väster och sydväst om tanken	"Ingen lukt", "gräs och blommor"
Invid tankcontainern	Från "ingen lukt" till "svag matavfallsukt"
Upe vid tanken	Från "absolut ingenting" till mycket svag matavfallsukt"
Vid öppnat lock (med näsan nere i öppningen)	"Svag ruttens lukt, inte så syrlig", "som matkompost", "svag, lukt av ruttens mat"

Deltagarna vid luktbedömningen var eniga om att man inte skulle känna någon lukt från tanken om man cyklade förbi Medirest. Enligt Sandra Cuturic känner hon ingen skillnad nu när hon kommer cyklande till jobbet mot tidigare, och det är vanligt att det luktar mat från byggnaden. Sandra Cuturic och Runo Andersson från Disperator har luktat vid tanken när processorn varit igång, och Sandra kände ingen skillnad på lukten då och nu vid luktbedömningen.

Tekniklösningen för att finfördela matavfallet och transportera det vidare till tanken medför att nästintill ingen luft introduceras i tanken via matavfallet. Detta kan vara en bidragande faktor till att genereringen av lukt i anslutningen till tanken har varit liten.

Risk för skadedjur

Eftersom tanken i princip är hermetiskt tillsluten görs bedömningen att risken är mycket liten för att gnagare, fåglar och insekter tar sig in i den.

Risk för smittspridning

Vid de fyra tillfällena då prover togs ut för analys av bland annat fettsyror, skickades även ett blandprov av material från tanken för bakterieanalys. På inrådan från Miljökontoret i Uppsala (Claes Kihlberg) utfördes en allmän bakterieanalys. Antal och typ av parametrar valdes med hänsyn taget till den bakterieflora som kan förväntas vid analys av livsmedel samt Salmonella.

Tabell 4. Analysresultat från bakterieanalyser utförda på material från den slutna tanken. Proverna analyserades vid laboratoriet Alcontrol i Uppsala. Enhet: log ant/g.

	2001-05-04	2001-05-11	2001-05-17	2001-05-28
Totalantal aeroba bakterier	8,1	< 5,0	8,6	8,4
Enterobacteriaceae	5,4	5,5	4,8	< 1,0
Presumptiva E.coli	4,5	5,6	2,6	2,3
Enterokocker	6,4	< 2,0	< 2,0	< 3,0
Bacillus cereus	< 2,0	< 2,0	< 2,0	3,6
Koagulaspos Staphylokokker	< 2,0	3,3	4,2	< 2,0
Clostridium perfringens	4,1	4,0	< 2,0	< 2,0
Mögelsvamp	5,5	5,3	5,3	3,0
Jästsvamp	< 3,0	5,1	4,0	5,4
Salmonella	ej påvisad	ej påvisad	ej påvisad	ej påvisad

Kihlberg, 2001 ger följande kommentarer till tabell 4: ”Resultatet visar att de bakterier som normalt förekommer i livsmedel också återfinns i matavfall fast i mångfaldigad upplaga, något som knappast är förvånande eftersom det trots allt rör sig om just avfall. Clostridium perfringens, en sporbildare och jordbakterie som vanligen förknippas med grönsaker och rotfrukter och dessutom är en av de vanligaste orsakerna till matförgiftning, kan tyckas något överrepresenterad. Förekomsten tyder dock enbart på att anaeroba förhållanden, åtminstone partiellt, utvecklats i tanken.”

Under de 24 dagar då prover togs ut och mängden mikroorganismer mättes ökade ej antalet mikroorganismer i tanken. Jämfört med prover på beredd mat för humankonsumtion är mängden mikroorganismer betydligt mycket större i tanken där matavfallet lagras (Kihlberg, 2001). Hantering av avfallet innebär inte någon smittrisk.

Bedömning av det lagrade materialets lämplighet för rötning

Undersökning av partikelstorleken hos materialet samt okulär besiktning

Finfördelat matavfall togs ut från lagringstanken den 11 maj. Matavfallet höll en ts-halt på 18,2 % av våtvikten. För att studera förekomsten av partiklar i det finfördelade matavfallet undersöktes hur stor del av matavfallets torrsubstans som gick att lösa i vatten och avskilja via silning. En blandning bestående av en del matavfall och två delar vatten tillfördes en sil med en hålarea på ca 2 mm².

Blandningens ts-halt har beräknats till 6,1 % av våtvikten. Vid silningen följde 41 % av matavfallets ursprungliga vikt och 44 % av torrsubstansen med vätskefasen. Ts-halten på den avskiljda vätskan var 3,3 % av våtvikten. De fasta partiklarna som silades fram innehöll relativt stora mängder hela korn av ris och majs. Den största partikeln, som återfanns i det finfördelade matavfallet, utgjordes av någon enstaka större bit av korv och gurka med en längd som översteg 20 mm.

Matavfall som ej blandats med vatten tillfördes också silen. I detta fall avskiljdes ca 15 % av den ursprungliga vikten som en vätskefas. Det ska dock noteras att denna vätska skrapades bort från silens undersida. I tabell 5 sammanfattas data från silningsförsöket.

Tabell 5. Sammanfattande tabell från silningsförsök.

Matavfall från lagertank den 21/5	155 gram
Vattenmängd	310 gram
Analyserad TS-halt på matavfall den 21/5	18,2 % av våtvikt
Mängd torrsubstans i 155 g matavfall	28,2 gram torrsubstans
Blandningens ts-halt, beräknad	6,1 % av våtvikt
Silens hålarea	1,73 mm ²
Mängd vätska efter silning	330 gram
Analyserad TS-halt på vätska efter silning	3,3 % av våtvikt
Mängd torrsubstans i 373 g vätskefas	10,9 gram torrsubstans
Andelen av totala mängden torrsubstans som följer vätskefasen	38,6 % av ursprungliga mängden torrsubstans
Andelen av totala mängden vikt som följer vätskefasen	13%
Mängd fast fas efter silning	135 gram
Beräknad ts-halt på fast fas	12,8 % av våtvikt

Tömning av material vid biogasanläggningen

Renhållarna har tömt tanken vid tre tillfällen under våren 2001; den 9 april, den 2 maj och den 29 maj. Tömningen den 2 maj gjordes med slambil, de två övriga med lastväxlare. Vid de två första tillfällena var det inte mer än 2-3 m³ i tanken, vid det tredje var det ungefär 7 m³. Tidsåtgången har varit en timma per tillfälle. Några problem med fastfrysning har av naturliga skäl ej förekommit (Ehnsjö, pers. medd., 2001).

Den 29 maj fraktades tanken till biogasanläggningen på lastväxlarflak och tömdes i anläggningens mottagningsdel för fast organiskt avfall. Materialet i tanken var mycket blött och hade med största sannolikhet kunnat tömmas med slamsugbil. Enligt chauffören kändes det att materialet i tanken var blött och "skvalpig" att köra, se bild 7. Tömningen av tanken tog ca 3-4 minuter, och mot slutet av tömningen kom en något fastare (men fortfarande mycket blöt) fas från tanken. Mot slutet av tömningen vinklades lastväxlarflaket upp lite mer än tidigare, se bild 8.



Bild 7. Materialet i tanken var mycket blött. Foto: Linda Malmén

Vid tömning av hela tanken med lastväxlarbil observerades att det förekom betydande skillnader i viskositet på det lagrade matavfallet. Inledningsvis då tanken tömdes betedde sig matavfallet mer eller mindre som vatten men mot slutet av tömningen fanns en tröghet i att få ut den sista mängden matavfall som var rik på partiklar.



Bild 8. Tömning av tanken vid Uppsala biogasanläggning den 29 maj 2001 (bild från slutfasen, då tanken vinklades upp mer än tidigare). Foto: Linda Malmén

Efter tömningen spolades tanken av med vatten på utsidan, och rengjordes lite grann inuti genom att vatten sprutades in i tömningsröret. Rengöringen tog ca 2 minuter. Spoldysorna för invändig rengöring användes inte. Vattnet från rengöringen tömdes i biogasanläggningens mottagningsficka. Efter avslutad rengöring satt en "kaka" av material (ris) vid öppningsventilen, som ändå gick att stänga. Materialet som tömdes vägde ca 7,8 ton (den tomma lastväxlaren 16 ton). Vid tömningen luktade det av en svagt syrlig matlukt. Total tid för transport, tömning och återlämnande av tank var ca 1 timma.

Mottagning av lagrat material vid Uppsalas biogasanläggning

Biogasanläggningen har tagit emot materialet vid fyra tillfällen. De tre första tömningarna har skett i mottagningsfickan för fast avfall. Eftersom mottagningsfickan och tillhörande utrustning är dimensionerad för att ta emot och sönderdela fast avfall från t.ex. restauranger, medförde inte mottagandet av detta relativt blöta och sönderdelade materialet några problem i biogasanläggningen. Vid det fjärde tömningstillfället mottogs materialet via pumpbrunn för att därefter pumpas med en hidrostalpump (centrifugal skrupump) in i mottagningssystemet. Vid detta tillfälle konstaterades att delar av materialet, t.ex. ris, tenderade att klumpa ihop sig, dock medförde detta inga problem i pumpen (Källman, pers. medd., 2001).

Med de erfarenheter som vunnits i samband med mottagandet i biogasanläggningen bedömer vi materialet som tillräckligt fint sönderdelat för att kunna pumpas in i mottagningstanken eller liknade på en biogasanläggning. Att materialet ska vara pumpbart bör vara en förutsättning för att det ska vara intressant för biogasanläggningar att ta emot material som tidigare har sönderdelats (Källman, pers. medd., 2001).

Arbetsmiljöutvärdering

Syftet med denna studie har varit att studera förändringar i kroppsbelastning samt buller och smuts. Arbetet med tömning av skolvagnar samt byte och förflyttning av sopkärl i restaurangen har studerats. Renhållarnas arbete med tömning av sopkärl respektive tank ingår också i studien.

Studien har genomförts dels genom arbetsplatsbesök då arbetsmetod, buller och smuts noterats, dels genom att personal fått fylla i ett frågeformulär med arbetsmiljörelaterade frågor. Studien görs likadant före respektive efter installation av processorn.

Hanterade kärl

Sopkärlen har höjden 90 cm och öppningsmått 36 x 38 cm. Processorn har höjden 90 cm och öppningsmått 60 x 45 cm.

Kantiner finns i flera olika storlekar där de största rymmer 10 l och har måtten 31 x 25 cm med djupet 20 cm. Blecken finns i två storlekar, den mindre har måtten 33 x 53 cm, djup 7 cm. Den större är ca 10 cm djup och används till t.ex. lasagne. Under de två observationsdagarna mättes vikter på några hanterade kärl (tabell 6).

Tabell 6. Uppmätta maxvikter på de typer av kärl som hanterades under observationsdagen.

Kärl	Innehåll	Vikt
Bleck	Ris	Fylld 5,0 kg, 5,5 kg, 5,8 kg
Bleck	Potatisplättar	Fylld 5,5 kg
Bleck	Pastablandning	Fylld 9,7 kg resp. 9,3 kg
Kantin	Sås	Fylld 12,0 kg
Kantin	Gryta	Fylld 11,2 kg
Kantin	Korv Stroganoff	Fylld 10,9 kg
Hink	Sylt	Fylld 12,7 kg
Sopkärl	Matrester	Fulla: 79, 80, 80, 80, 85 kg

Arbetsrutiner

Personerna i arbetslaget roterar mellan de olika arbetsuppgifterna. En person ansvarar för rengöringen av avfallskärl och matvagnar, några personer ansvarar för tömningen av inkommande kantiner och bleck, andra personer står i disken etc.

När skolvagnarna transporteras tillbaka på eftermiddagen innehåller kantinerna och blecken matrester. Allt från tomma till helt fulla kärl kommer tillbaka. Skolvagnarna lastas av transportbilen och rullas in till rullbandet. Bleckens och kantinernas innehåll töms ner i sopkärl eller processor, och läggs sedan på bandet eller en rullvagn för vidare transport in till disken.

Det varierar stort när det gäller hur mycket mat som kommer tillbaka och hur lång tid det tar att tömma de inkommande kärlen. Tömningen tar mellan 30 minuter och upp till två timmar.

De fulla soptunnorna som stått i kylrummet under natten bärs ner vid 8-tiden på morgonen av en av transportföretagets förare. Han drar tunnorna till bilens bakgavellyft och hissar ner dem. Vid 9-tiden kommer renhållaren och tömmer kärlen. Vid 15-tiden tas de tomma tunnorna upp för rengöring. Efter rengöringen lagras tunnorna utanför kylrummet. Därifrån hämtas de in till tömningen av skolvagnarna, fylls med matavfall, dras av Medirests personal 20-30 m ut i kylrummet för lagring över natten. Så upprepas rutinen.

Arbetsplatsobservation

Före installation av processorn

Observationen gjordes den 15 december år 2000. Denna dag rubricerades som en lätt till normal dag för hanteringen av de återkommande kärlen. Kärlen innehöll ris, potatisplättar, sås och gryta.

Avlastningen av skolvagnarna påbörjades kl. 14.25 och pågick till kl. 15, dvs. 35 minuter.

Vid tömning av bleck i sopkärlen lägger personalen upp blecket mot kanten och skrapar vid behov ner matresterna i sopkärlet.

Att transportera ett fullt rullkärl med matavfall från bandet till disken till kyllagret tar ca 12 s per kärl. Observationsdagen blev det 7 kärl med matrester. Att transportera tillbaka och rengöra de tomma kärlen tar ca 30 min.

Bullernivåer upp till 100 dB(A) uppmättes på ca 3 meters avstånd och på ca 1 meters höjd från den tänkta lokaliseringen av processorn i lokalen. I övrigt var det lugnt, med bullernivåer runt 50-60 dB(A).

Efter installation av processorn

Observationen gjordes den 5 juni år 2001. Denna dag rubricerades som en normal till tung dag för hanteringen av skolvagnarna. Blecken och kantinerna innehöll ris, korv stroganoff samt pasta av två olika slag.

Avlastningen av skolvagnarna påbörjades kl. 14.25 och pågick till kl. 15.15 inklusive en 5 minuter lång paus, dvs. 45 minuter.

En person tömde kantiner och bleck i processorn och en person tömde dem i sopkärl. Observationsdagen blev det 3 kärl med matrester. Denna arbetsfördelning användes för att få lite flyt i avlastningen. Vid fyllning av pasta i processorn blir det lätt fullt till randen och personalen får stå och vänta på att processorn ska finfördela matresterna. Vid tömning av bleck i processorn kan personalen vända blecket upp och ner, vilket underlättar tömningen. En del mat blev liggande kvar ovanpå gallret varvid nästkommande bleck användes för att trycka ner matresterna genom gallret.

På samma plats och i samma riktning som före installationen av processorn mättes bullernivån. När processorn var i drift uppmättes bullernivåer på 60-70 dB(A). Detta var en ökning med ca 10 dB jämfört mot den tidigare mätningen som genom-

fördes innan processorn hade installerats. Processorn alstrar ett speciellt ljud som kan bli störande i längden med sin återkommande ”rytm”. Även vid denna bullermätning kunde pikar upp till 100 dB(A) uppmätas i lokalen (det ska observeras att dessa pikar på 100 dB(A) fanns även innan processorn installerades).

Frågeformulär

Syftet med frågeformulären var att studera om den fysiska ansträngningen upplevdes annorlunda efter installation av processorn, om besvär från rörelseorganen förändrades samt om renheten vid tömningen av skolvagnarna förändrades efter installation av processorn. Sju personer (två kvinnor och fem män) besvarade frågeformuläret före installation av processorn, fyra av dessa (samtliga män) efter installation av processorn. Inga skillnader i upplevd fysisk ansträngning respektive besvär från rörelseorganen erhöles.

Svaren från enkäten visar inte att renheten påverkades i någon större utsträckning. Framför allt blir det smutsigt runt sopkärl respektive processor. En fördel med processorn uppgavs i så fall vara att den stod i änden av bandet, varför smutsen hamnade där och inte längs hela bandet som tidigare.

Sophämtning

Intervjun med renhållaren som hämtar matavfallet i sopkärlden genomfördes den 6 februari 2001.

I genomsnitt hämtas 8-10 kärl tis-fre, måndagar är det ca 13-14 kärl som ska hämtas. Sommarens höga utomhustemperaturer gör att avfallet luktar extra illa. Under de varma månaderna kan det vara så mycket vätska att det rinner ur sopbilen, men detta föranleder ingen åtgärd. Rengörande åtgärder på asfaltplanen finns inte.

Vinterns låga utomhustemperaturer gör att det tar längre tid att tömma kärlden när avfallet frusit. I första hand slår renhållaren upp kärlden mot bilen en extra gång. När det frusit ordentligt måste han slå med spade på sidan på kärlden för att avfallet ska komma ut. Måndagen den 5 februari t.ex. var det 14 kärl som hade ställts ut på planen. Eftersom han var försenad den dagen hade kärlden stått i -15°C under ca 4 timmar och då var det besvärligt att tömma dem.

Det genomfördes även en intervju med renhållaren som hämtade tanken med lastväxlingsflak den 29 maj 2001.

Det är svårt att dra några slutsatser från endast två medarbetare inom renhållningen, men det kan sägas att det är mer ansträngande ur belastningssynpunkt att behöva gå ur bilen och dra de 80 kg tunga sopkärlden till bilen för tömning än att växla upp ett flak inklusive det kringarbete detta medför.

Diskussion och slutsatser

Projektet har bestått i en utvärdering av ett nytt hanteringssystem för matavfall, vilket har installerats vid en restaurang. Restaurangen Medirest är inte särskilt representativ för restauranger i allmänhet. Det beror dels på att den mängd matportioner som dagligen tillagas är betydligt mycket större än vid en normal svensk restaurang, dels på att matavfallet nästan enbart består av från kunderna returnerad

tillagad varm mat, som ej har konsumerats vid skolor eller sjukhus. Matavfallet innehåller inte tallrikavskrap från serverade brickluncher och enbart försumbara mängder beredningsrester. Mängden matavfall som uppkommer vid restaurangen har uppskattats till ca 600-800 kg per vardag. Huvuddelen av detta matavfall töms under ca 1 timme ur de returnerade matkantinerna. Under denna timme arbetar 2-3 personer med detta.

Det ska noteras att resultaten som har erhållits enbart bygger på drift av en specifik anläggning och att uppföljning enbart har genomförts under en begränsad del av året. Vidare kan matavfallets sammansättning, transportmetoden till lagringstanken och lagringens utförande ha påverkat resultatet och de i rapporten dragna slutsatserna. Resultatet kan därför inte anses vara allmängiltigt för alla slags sammansättningar på matavfall eller teknislösningar.

Processorn

Inledningsvis gjordes bedömningen att det nya avfallshanteringssystemet primärt är anpassat till restauranger, livsmedelsaffärer och grossister som genererar betydande mängder matavfall. Eftersom mängden matavfall är mycket stor vid Medirest gjordes bedömningen att detta var en lämpligt plats att bedriva försöket vid. Under projektet har Disperator AB genomfört ett betydande utvecklingsarbete på sin prototyp (processor) för att öka dess kapacitet och anpassa den till Medirests verksamhet.

Under projektiden har processorn ingått som en del i de befintliga rutinerna för hantering av inkommande matavfall. Eftersom systemet varit i drift endast under en kort tid finns fortfarande ett flertal åtgärder att genomföra för att anpassa personalens arbetsrutiner till processorns funktion. Detta har medfört att delar av det matavfall som genererats vid Medirest under utvärderingsfasen fortfarande har hanterats med det gamla hanteringssystemet med rullkärl. Personalens tidsbehov för hantering av matavfallet bedöms ha ökat något under utvärderingsperioden vid Merirest. När det gamla hanteringssystemet för matavfall fasats ut och det nya helt har integrerats i hanteringen av restaurangens matavfall finns goda förutsättningar för att en tidsvinst kan erhållas, vilken huvudsakligen består i att transport och rengöring av rullkärl kan undvikas. Exempel på detta är att rengöring av processorn har tagit 5-10 minuter per dag i anspråk, att jämföra med rengöring av rullkärlen som normalt tar ca 30 minuter.

Processorns kapacitet att finfördela matavfall och transportera iväg det till lagringstanken var upp till 10 kg/minut. Under utvärderingsperioden tillfördes processorn ca 1,5 liter vatten per minut. Processorn kan drivas helt utan vattentillförsel men detta medför att kapaciteten sjunker när torrt matavfall, som klibbar ihop, ska finfördelas (t.ex. pasta och ris).

Lagring och uppsamling av matavfall

På grund av den korta utvärderingsperioden för det nya hanteringssystemet är det svårt att dra några långtgående slutsatser om det nya respektive gamla systemet eftersom de båda hela tiden har används parallellt. Spillet av finfördelat matavfall till omgivningen har varit marginellt i anslutning till att tanken tömts på sitt innehåll. Intervallen mellan hämtningstillfällena för matavfallet kan förlängas med det nya systemet, vilket medför att transportbehovet reduceras. Eftersom avfallet har

en flytande karaktär har personal vid Renhållarna och vid biogasanläggningen förordat tömning av tanken med slamsugbil.

Baserat på temperaturberäkningarna i resultatdelen skulle risken för fastfrysning av material i tanken vid Medirest vara liten om den dagligen tillförs ca 400 kg matavfall (medelvärde för en hel vecka) och matavfallet som tillförs tanken har en temperatur på ca 40°C. Den del av transportledningen för matavfallet som går utomhus måste dock isoleras och förses med värmekablar för att matavfallet i den inte ska frysa vintertid. Tanken bör ej heller tömmas under extremt kalla perioder eftersom matavfallet i tanken kan fungera som en ackumuleringstank för värme. Om däremot mängden matavfall är liten, eller om temperaturen på matavfallet har inomhustemperatur eller lägre, när det tillförs tanken vintertid är risken för fastfrysning på väggarna stor. Därför är det att rekommendera att förse tankar som lokaliserats utomhus med möjlighet för uppvärmning under de kalla vintermånaderna.

De energimässiga omsättningsförlusterna efter 14 dagars lagring skulle enligt genomförda beräkningar inte överstiga 5 % av den energi som skulle kunna utvinnas om matavfallet rötades direkt utan lagring. Omsättningsförluster vid lagring medför en lägre biogasproduktion då matavfallet behandlas i en biogasanläggning. Små omsättningsförluster (av samma storleksordning som det framräknade värdet) kommer dock att vara svåra att registrera i form av en reducerad biogasproduktion vid en biogasanläggning.

Innehållet av organiska syror i matavfallet har varit i stort sett konstant under försöket. pH på det färska matavfallet uppmättes till ca 5,4 under kapacitetsmätningen. pH på materialet i tanken mättes vid åtta tillfällen. pH låg under 4 vid samtliga tillfällen, med en tendens till minskande pH ju längre tid som gick från den första tillförseln av matavfall till tanken. Efter ca en månads tillförsel av material till tanken låg materialets pH på ca 3,5. Det kan alltså konstateras att en pH-sänkning äger rum i tanken.

Inga luktproblem i närheten av tanken rapporterades under försöket. Vid den luktbedömning som utfördes av Medirest, Miljökontoret och JTI kändes en något obehaglig lukt endast när tanken öppnats och deltagarna luktade ner i tanken. När tanken tömdes vid biogasanläggningen kändes en svagt syrlig lukt. Systemet med sluten tank för matavfallet verkar alltså fungera bra ur lukthänseende.

Motivet till att matavfall från verksamheter ska förvaras i kylrum baserar sig på att den genererade lukten ska minimeras vid hanteringen (Kihlberg, 2001). Risken för smittspridning vid avfallshantering är inte något motiv för att kyla matavfallet. Enligt Kihlberg (2001) finns det inget, utifrån de resultat som erhållits under försöket, som hindrar att Medirest fortsättningsvis använder den nya uppsamlingsmetoden för matavfallet.

Arbetsmiljö

Personalen roterar mellan arbetsuppgifterna redan idag, vilket innebär en bättre arbetsmiljö än om de haft samma arbetsuppgifter. Överhuvudtaget verkar restaurangen arbeta med att ha en så god arbetsmiljö som möjligt för personalen.

Arbetet med tömning av framför allt bleck i processorn kan förväntas vara något bättre ur belastningssynpunkt än vid tömning i sopkärnen. Belastningen i handleder/händer, armbåge och axlar blir ensidig vid tömning i sopkärlet och korta stunder får ena sidans arm/skulderparti bära hela bleckets vikt (upp till 12 kg).

Detta innebär höga belastningar som skulle vara intressanta att studera ytterligare för att kunna föreslå ergonomiska förbättringar. Vid tömning i processorn är det endast vid urllyftning av blecken som ena armen belastas med nästan hela bleckets vikt, något som görs även vid tömning i sopkärlen. Sedan används båda händerna för att vända blecken upp och ner. Att personalen tvingas vänta på att processorn ska finfördela besvärligt matavfall kan vara positivt ur belastningssynpunkt, det blir en liten vilopaus innan det är dags att fortsätta och personalen frestas inte att arbeta på gränsen av sin egen fysiska kapacitet för att bli klar med det "tråkiga" jobbet fortare. Två processorer skulle kunna motverka att sopkärl används för att arbetet ska löpa enligt rutinerna.

Å andra sidan ska maten som stannar ovanpå gallret tryckas ner i processorn vilket kan innebära större påfrestningar för små personer, som kanske inte kan häva sig upp och trycka ner matavfallet med sin kroppstyngd på samma sätt som längre personer.

Hanteringen av sopkärlen kräver sin tid och organisation, och att eliminera den hanteringen borde sannolikt underlätta arbetet. Att dra och skjuta ett sopkärl som väger 80 kg är tungt, men detta görs inte så ofta av en och samma person ur Medirests personal att det borde ge några problem. Däremot kan en av distributionsfirmans chaufförer samt sophämtaren, som mer regelmässigt hanterar kärlen, hamna i riskzonen, en risk som elimineras om hanteringen av sopkärlen försvinner.

Renheten påverkas främst av spillet vid tömningen och ett tillräckligt stort inmatningshål i processorn skulle kunna minska risken för att matavfall hamnar på golvet.

Inga slutsatser kan dras ur de begränsade bullermätningarna. Vid ytterligare utvärdering eller om personalen upplever obehag kan dock buller med fördel utredas vidare.

De obefintliga skillnaderna i fysisk ansträngningsgrad samt besvär i rörelseorganen före respektive efter installation av processorn beror sannolikt på den korta utvärderingsperioden samt det i övrigt fysiskt tunga arbetet i restaurangen.

Det är svårt att dra några slutsatser från endast två medarbetare inom renhållningen, men det kan sägas att det är mer ansträngande ur belastningssynpunkt att behöva gå ur bilen och dra de 80 kg tunga sopkärlen till bilen för tömning än att växla upp ett flak inklusive det kringarbete detta medför.

Följande slutsatser kan dras ur detta begränsade material:

- Installation av processorn inför inga stora belastningsergonomiska nackdelar, möjligen sker en förbättring genom en minskning av belastningen i handled/armbåge/skuldror hos de som tömmer skolvagnarna. För att klargöra om så verkligen är fallet skulle en djupare analys av belastningen i arm/skulderparti behöva genomföras.
- Eliminering av hanteringen av sopkärl minskar sannolikt belastningen hos både restaurangens personal, en av transportföretagets förare samt sophämtaren.

Rötning

Eftersom matavfallet finfördelas minskar behovet av förbehandling vid en biogasanläggning. Det finfördelade matavfallet kan tillföras direkt till en tank där alla de substrat som kräver hygienisering före rötning lagras.

De biogasanläggningar som är anpassade för att ta emot matavfall från hushåll och restauranger har ett system för att sönderdela detta avfall i anläggningen. För dessa biogasanläggningar är fördelen att ta emot ett redan finfördelat matavfall relativt liten. De fördelar som kan erhållas består i att det inte förekommer några föroreningar i det finfördelade matavfallet som behöver avskiljas vid biogasanläggningen. Dessutom kommer elbehovet vid biogasanläggningen att sjunka något.

För de biogasanläggningar som ej har ett system för att sönderdela matavfall i biogasanläggningen är fördelen att ta emot ett redan finfördelat matavfall väldigt stor, eftersom dessa anläggningar annars inte skulle kunna behandla detta rötningssubstrat.

Vattenbehovet för finfördelning av matavfall med det studerade GT-systemet från Disperator har varit lågt, vilket är positivt. Vattentillförseln vid finfördelning bör minimeras för att inte öka mängden avfall. En större mängd avfall ger en högre avfallstaxa för restaurangen beroende på att transportbehovet ökar och att biogasanläggningar debiterar en viktbaserad behandlingskostnad. De flesta biogasanläggningar strävar efter att höja ts-halterna på de substrat som rötas, dels för att optimera mekaniska och biologiska processer i anläggningen, dels för att minska mängden rötrest som ska transporteras, lagras och spridas på åkermark.

Ekonomi

Frågan huruvida det nya hanteringssystemet är ekonomiskt konkurrenskraftigt gentemot det tidigare hanteringssystemet har ej kunnat besvaras under detta projekt. Det nya systemet kommer troligtvis innebära att de rörliga kostnaderna sjunker medan de fasta kapitalkostnaderna kommer att öka för de olika aktörerna.

Disperator, som är leverantör av komponenter i det nya avfallshanteringssystemet, gör dock följande ekonomiska analys:

- Vid provperiodens slut uppfyller systemet alla väsentliga hanteringsbehov hos Medirest. Anpassningen av GT-systemet kommer att fortsätta varför investeringskostnaderna i dagsläget för enskilda kök inte kan fastställas.
- Disperator har goda förhoppningar om att kostnaderna för GT-systemet väl skall uppvägas av upplevda mervärden hos köks- och renhållningspersonal, och synes väl kunna mäta sig med alternativa tekniska lösningar.

Referenser

Litteratur

- Dalemo M., Edström M., Thyselius L. & Brolin L., 1993. Biogas ur vallgrödor. JTI-rapport 162. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Haug R., 1993. The practical Handbook of compost engineering. Lewis Publishers.
- Malmén L., Ringmar A., Thyselius L., 2001. Ensilering av matavfall. JTI-rapport *Kretslopp & Avfall* nr 24. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Murty Kanury A., 1975. Introduction to combustion phenomena. Gordon and Breach Science Publishers.

Personlig kommunikation

- Ehnsjö B., 2001. Uppsala Kommun Entreprenad, Renhållarna.
- Kihlberg C., 2001. Miljökontoret, Uppsala kommun.

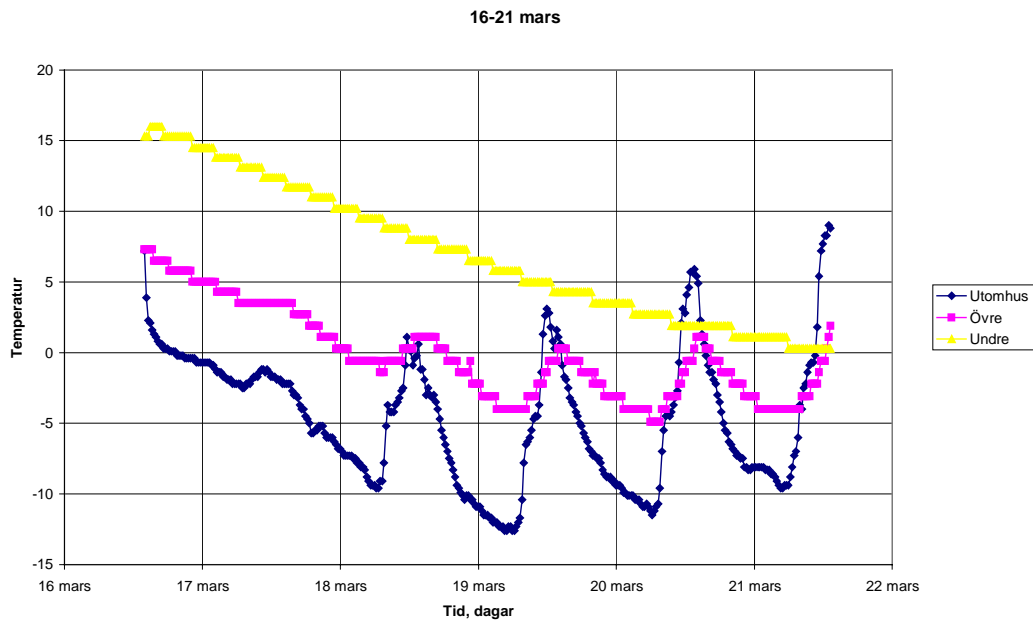


Bild 9. Uppmätt temperatur i lagertanken under perioden 16 mars till 21 mars. Utomhus är den uppmätta utetemperaturen, övre är temperaturen i centrum av tanken och undre är temperaturen ca 15 cm ovan tankens botten.

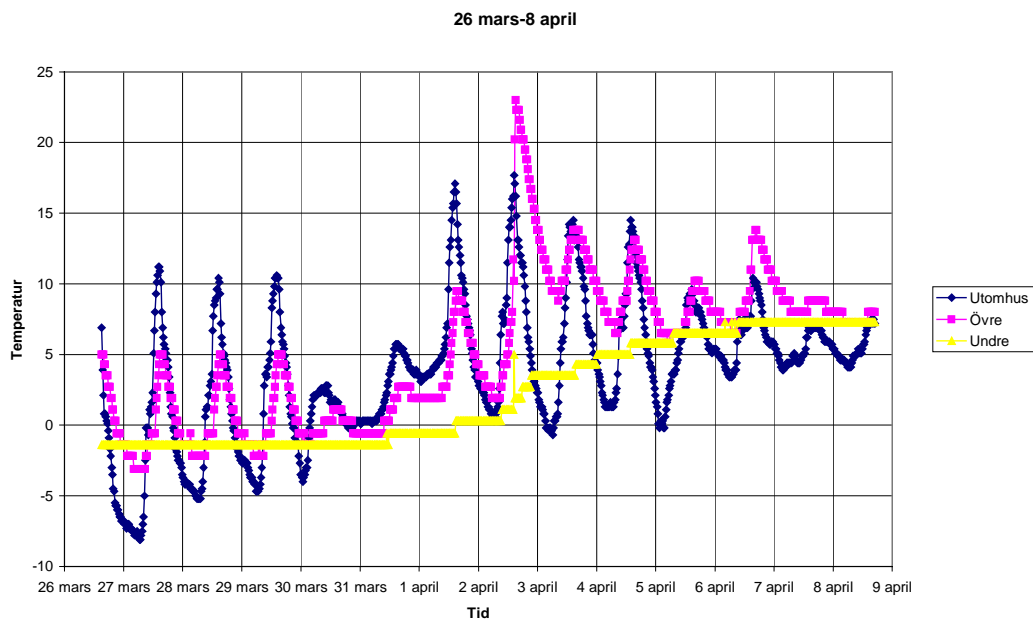


Bild 10. Uppmätt temperatur i lagertanken under perioden 26 mars till 8 april. Utomhus är den uppmätta utetemperaturen, övre är temperaturen i centrum av tanken och undre är temperaturen ca 15 cm ovan tankens botten.

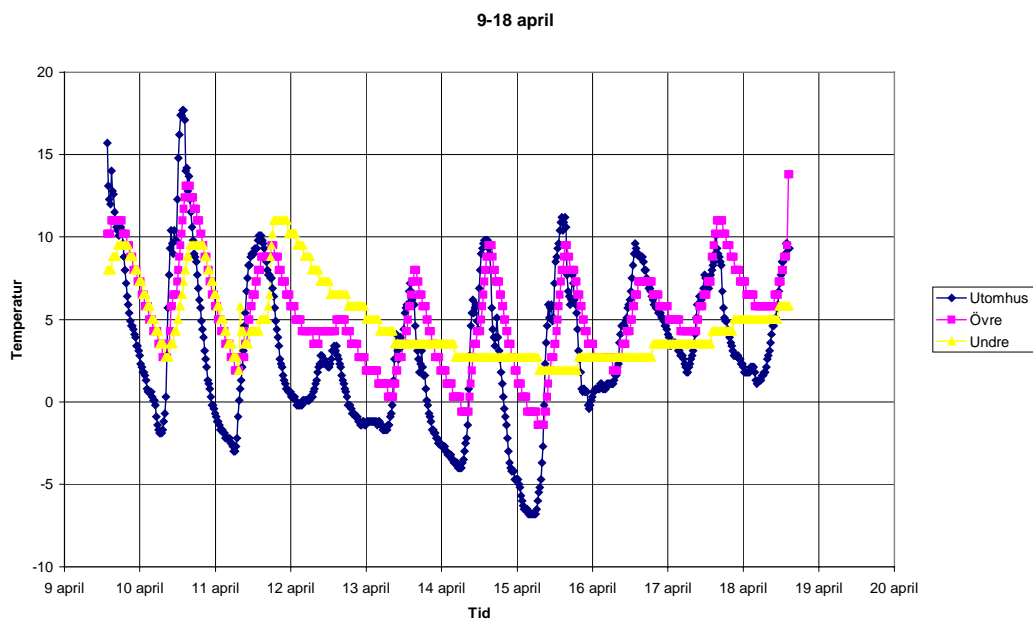


Bild 11. Uppmätt temperatur i lagertanken under perioden 9 april till 18 april. Utomhus är den uppmätta utetemperaturen, övre är temperaturen i centrum av tanken och undre är temperaturen ca 15 cm ovan tankens botten.

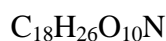
Metod för att beräkna omsättningsförluster

Omsättningen av matavfallet vid lagringen kan i princip beskrivas enligt:

$$x \cdot \text{matavfall} \Rightarrow y \cdot \text{matavfall} + z \cdot \text{CO}_2 + w \cdot \text{H}_2\text{O} + q \cdot \text{organiska nedbrytningsprodukter}$$

(x, y, z, w och q är antalet mol av respektive komponent)

Matavfall kan beskrivas som (Haug, 1993):



Utgående från denna kemiska formel för matavfall och under antagandet att bildningen av H₂O under lagringen sker likformigt med bildningen av CO₂ medför detta att för 1 mol bildad CO₂, bildas 0,72 mol H₂O (i form av vätska). Vidare antas formeringsentalpin från matavfallet och organiska nedbrytningsprodukter vara försumbara. Formeringsentalpin för CO₂ är 393 kJ/mol och H₂O i vätskeform 285 kJ/mol (Murty Kanury, 1975).

Om matavfallets omsättning vid lagringen i tanken ger en gasproduktion som är 25 liter CO₂ per kg ts motsvarar detta 1,1 mol CO₂/kg ts. Under lagringen i tanken genereras 0,8 mol H₂O/kg ts (utgående från det antagna sambandet mellan bildad koldioxid och vatten). Baserat på formeringsetalpierna motsvarar detta en lagringsförlust på ca 670 kJ/kg ts.