

Köksavfallskvarnar

**En teknik för uthållig
resursanvändning?**

**En förstudie
i Göteborg**

VAV

Utgiven av RVF i samarbete med VAV AB

RVF Utveckling
Rapport 01:10
ISSN 1103-4092

RVF Utveckling



RVF Utveckling

Rapport 01:10

ISSN 1404-4471

© RVF Service AB

Tryck: Realtryck AB 2001

Upplaga: 1000 ex

Köksavfallskvarnar – en teknik för uthållig resursanvändning?

En förstudie i Göteborg

Erik Kärrman

Mattias Olofsson

Bernt Persson

Agneta Sander

Helena Åberg



Utgiven av VAV AB i samarbete med
RVF – Svenska Renhållningsverksförbundet

**VA-FORSK
RAPPORT
2001 • 02**

The VA-FORSK logo features the text 'VA-FORSK' in a bold, white, sans-serif font. A magnifying glass icon is superimposed over the 'A', with its handle pointing downwards and to the right.

VA-FORSK

The VAV logo consists of the letters 'VAV' in a bold, white, sans-serif font, set against a dark grey background.

VAV

Sammanfattning

Denna rapport redovisar studier av köksavfallskvvarnar (KAK) anslutna till avloppssystem med avseende på hushållens attityder och beteenden, miljö och kretslopp, teknisk funktion samt ekonomi och organisation. Rapporten som omfattar avfallskvvarnar såväl för hushåll som storkökskvvarnar innehåller specifika studier av ett införande i Göteborg men beskriver även generella egenskaper hos systemen.

Vår sammanställning visar att den dokumenterade kunskapen är summarisk om hushållens attityder och beteenden i relation till KAK. De undersökningar som har genomförts saknar grund i beteendevetenskaplig teori vilket ytterligare försvårar kunskapsuppbyggnaden i ämnet. Dock framställs hushållens inställning till KAK som övervägande positiv. Betydelsen av en genomtänkt informationsstrategi betonas.

Miljö- och kretsloppsaspekter har belysts i två system för behandling av matavfall: 1) insamling för behandling i central kompostering och 2) system med KAK. Analysen visar att båda systemen genererar relativt liten miljöpåverkan, jämfört med samhällets totala påverkan. Typiska egenskaper för systemet med KAK är större energiutvinning och potentiellt lägre växthusgas- och försurande utsläpp än komposteringssystemet. Å andra sidan bidrar KAK till en ökning av eutrofierande utsläpp och till en ökning av mängden slam vid reningsverket. En fördel med kompostering framför KAK är att komposten lättare kan kvalitetssäkras som gödselmedel eftersom matavfallet hanteras utan inblandning av andra flöden. Ur teknisk synpunkt förväntas eventuella problem med ett införande av KAK främst uppstå i fastighetens rörinstallationer där ökade antal igensättningar och stopp kan uppträda och i avloppsreningsverket där ökade mängder slam kommer att genereras. Om ledningssystemet är i dålig kondition och t ex svackor uppträder kan det finnas risk för ökad frekvens av stopp och svavelvätebildning.

Kostnadsberäkningar med MIMES/Waste modellen visar att central kompostering har en lägre systemkostnad än KAK för biologisk behandling av matavfall från hushåll i Göteborg. Storkökskvvarnar är däremot ekonomiskt fördelaktigt framför central kompostering för biologisk behandling av matavfall från Svenska Mässan i Göteborg.

Inom ramen för projektet genomfördes en kommunenkät som visade att registrerade köksavfallskvvarnar finns i drygt 20 svenska kommuner och att det finns ca 3000 registrerade hushållskvvarnar (varav 2000 i Surahammar) och 40 storkökskvvarnar i Sverige. Kommunerna som tillåter köksavfallskvvarnar har olika administrativa rutiner och taxesättning.

Även en genomgång av juridiska aspekter har genomförts för införandet av KAK som rymmer tillstånd, orsakade skador, avgifter, ägandeförhållanden och krav på avskiljningsanordningar.

Studien visar att ett försök med införande av KAK i Göteborg skulle kunna ge ökad kunskap inom hushållens beteenden och attityder samt tekniska och praktiska erfarenheter. Alla kunskapsluckor kan dock inte fyllas i ett sådant försök. För att studera effekter på avloppssystem och avloppsreningsverk krävs försök i större skala och laboratoriestudier.

Slutligen tycks det finnas arbetsmiljömässiga, miljömässiga, ekonomiska motiv att utveckla icke vattenförbrukande storkökskvvarnar med lokal uppsamling.

Summary

This report presents studies of food waste disposers connected to sewage systems, with emphasis on attitudes and behaviours, environmental aspects, technical function, organisation and economy. Both disposers for households and large restaurants are covered. The study gives general aspects of disposers as well as specific aspects from hypothetical installations of disposers in Göteborg, Sweden.

Our literature review shows that previous studies of attitudes and behaviours are not very well documented and the studies are rarely based on scientific theory. A general result from the studies is however that a majority of households have a positive attitude to disposers. They also indicate the importance of applying a good information strategy when disposers are introduced.

Environmental issues covering eutrophication, global warming, acidification, heavy metal flows and energy usage has been studied by material flow analysis (MFA). Two different scenarios for management of food waste were studied: 1) central treatment in a composting plant, 2) system with food waste disposers. The MFA shows that both systems generate marginal environmental impact compared to the total impact from the society. Comparing the two systems, food waste disposers can potentially recover more energy, cause minor global warming and acidification while composting systems generate less eutrophication and produces less amounts of sewage sludge.

Economical analysis using the MIMES/Waste model shows that central composting is less costly than system with food waste disposers for managing household food waste in Göteborg, while the situation is the other way around for managing food waste from large restaurants. The latter is a result from comparisons of system for handling food waste from the restaurant kitchen of the Swedish Exhibition and Congress Centre in Göteborg.

From an engineering point of view, the food waste disposers mainly effect in-house installations, where an increasing frequency of stoppage is expected. Further the sewage treatment plant will be effected with increasing amounts of sewage sludge. If the sewer system is not in good condition, there is also a risk for increasing frequency of stoppages.

An inquiry showed that 20 Swedish municipalities have food waste disposers registered and totally 3000 disposers are registered in households in Sweden, where 2000 are installed in the municipality of Surahammar. Further 40 food waste disposers are installed in large restaurant kitchens in Sweden. The municipalities who allow installation of disposers apply different administrative routines and fees.

An analysis of legal aspects was also carried out covering permissions, damages caused by disposers, fees, ownership and requirements of sludge removal.

The study shows that practical experiments with food waste disposers in a housing area in Göteborg can possibly generate new knowledge about attitudes and behaviours as well as more practical experiences of the system. In order to gain more knowledge about effects on sewage systems, however, large-scale applications are needed in parallel with laboratory experiments.

Finally, the study indicates that it seems to be practical, environmental and economical motives to develop disposers with local collection tanks for large restaurant kitchens.

Förord

Köksavfallskvarnar är ingen ny företeelse, men är ovanlig i Sverige. Endast två kommuner (Staffanstorp och Surahammar) har tillåtit avfallskvarnar i någon större omfattning och det är bara ett tjugotal kommuner som överhuvudtaget tillåter det. Avfallskvarnar leder till en ökad belastning på reningsverken men kan också ge positiva effekter i form av bekvämare hantering av fast organiskt avfall och en minskning av avfallstransporterna. Dessutom finns en potentiell möjlighet till en ökning av biogasproduktionen vid avloppsreningsverkens rötchammare.

Denna studie syftar till att belysa för- och nackdelar vid ett införande av köksavfallskvarnar dels lokalt i Göteborg, dels generellt i Sverige.

Malmö september 2001

Anders Assarsson
Ordf. RVF:s Utvecklingskommitté

Weine Wiqvist
VD RVF

Innehållsförteckning

1. BAKGRUND OCH SYFTE	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	2
2. HUSHÅLLENS ATTITYDER OCH BETEENDEN	5
2.1 Bakgrund.....	5
2.2 Köksavfallskvarnar från de boendes perspektiv.....	6
3. MILJÖ OCH KRETSLOPP	13
3.1 Inledning.....	13
3.2 Materialflödesanalys för hantering av hushållens matavfall i Göteborg.....	14
3.3 Materialflödesanalys för hantering av matavfall från storkök.....	31
4. TEKNISK FUNKTION	37
4.1 Kvarnen.....	37
4.2 Fastighetens rörinstallation.....	39
4.3 Det allmänna avloppsnätet.....	40
4.4 Avloppsreningsverk.....	42
5. EKONOMI OCH ORGANISATION	45
5.1 Köksavfallskvarnar i Göteborg – en bedömning av kostnadseffektivitet ur systemperspektiv med hjälp av MIMES/Waste-modellen.....	45
5.2 Svenska kommuners perspektiv på köksavfallskvarnar – ekonomi och organisation.....	59
5.3 Juridiska aspekter.....	64
6. SLUTSATSER	67
7. FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER	69
7.1 Försöksområden.....	69
7.2 Utgångspunkter och förslag till syfte och undersökningsuppläggning vid planerat fullskaleförsök med köksavfallskvarnar i Backadalen, Göteborg.....	70
7.3 Kommentarer angående planerat fullskaleförsök med storkökskvarnar vid Svenska Mässan, Göteborg.....	73
7.4 Övrigt FoU-behov.....	73
8. REFERENSER	75

Bilaga 1 Materialflödesanalys – hushåll

Bilaga 2 Materialflödesanalys – storkök

Bilaga 3 MIMES/WASTE modell för matavfall i Göteborg

Bilaga 4 Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Bilaga 5 Förändringar av mass- och energiflöden i avfallshanteringsystemet

Bilaga 6 Kommunenkät

Bilaga 7 RVFs enkät om hemkompostering år 2000. Frågor angående köksavfallskvarnar

1. Bakgrund och syfte

1.1 Bakgrund

Köksavfallskvarnar (KAK) som är anslutna till kommunala avloppsnät uppfanns i USA på 1920-talet och finns idag i ett 80-tal länder. De är speciellt vanliga i USA där ca 50% av hushållen har kvarnar (de Koning och van der Graaf, 1996). I Europa är köksavfallskvarnar inte särskilt vanliga. Ett exempel på land där de har marknadsförts under en längre tid är Storbritannien, men trots detta hade endast ca 5% av hushållen kvarn (de Koning och van der Graaf, 1996) år 1995. I Sverige uppskattar vi att färre än 1% av hushållen har kvarnar. Naturvårdsverket (NV) angav i en PM så tidigt som år 1969 att avfallskvarnar kunde tillåtas under vissa förutsättningar men att ett pilotförsök först borde genomföras för att inhämta mer kunskap. Med tiden har emellertid NV fått en mer kritisk hållning till avfallskvarnar. Gunnar Bergvall, avd. dir. vid NV, påpekar i en intervju att avfallskvarnar strider mot gällande miljömål (Audelius, 1991). Det organiska avfallet bör, enligt Bergvall, källsorteras och komposteras eller rötas. Ett införande av kvarnar leder till ökad belastning på reningsverken.

I ett personligt meddelande förklarar NVs medarbetare Simon Lundeberg (2001) att NV generellt haft en konsekvent hållning att avråda från köksavfallskvarnar. Invändningarna har dels gällt ledningsnät (bräddning etc.) och belastning på avloppsreningsverk (kapacitetsutbyggnad etc.) och dels att hushållsavfallet bör källsorteras för kompostering eller rötning. Eftersom det finns en del frågetecken vad gäller ledningsnätet och kanske främst idag vad gäller slamåtervinningen kan man säga att verkets hållning inte blivit mindre negativ under år 2000-2001. För att NV skall vara beredda att ompröva sin hållning krävs att system med KAK visar sig ha tydliga miljö- och resursmässiga fördelar framför källseparerande system.

I en PM till Vatten- och avloppsverksföreningens (VAV) rörnätskommitté beskriver Kihlberg (1999) att ett införande av köksavfallskvarnar kan leda till högre vattenförbrukning, risk för felaktig användning genom att kemikalier, medicinrester m. m. mals ned med kvarnen och ökade stopp i ledningar inom fastigheten. Risken för stopp i det allmänna spillvattennätet är enligt Kihlberg inte så stor, men avfallet kan bli stående i svackor vilket kan leda till att råttor drar sig till ledningarna. Vidare kan biologisk aktivitet uppträda i svackor och tryckledningarna med bl. a. svavelvätebildning och dålig lukt som följd.

Surahammars kommun är den enda svenska kommun där ett storskaligt införande av köksavfallskvarnar har genomförts. Under perioden 1995-2000 har man installerat ca 2000 kvarnar vilket betyder att ungefär 50% av kommunens hushåll har kvarn (I. Carlsson, Surahammars KommunalTeknik AB, personlig kommunikation, september, 2000). Även Smedjebackens kommun ligger i startgroparna för ett storskaligt införande. Ett större försök med köksavfallskvarnar genomfördes i början av 1990-talet i Staffanstorp med en installation av kvarnar i 100 hushåll. I Kalmar pågår sedan 1997 ett försök med 159 köksavfallskvarnar och under år 2001 är ett försök på väg att startas i anslutning till Bo-mässan Bo01 i Malmö i 370 bostäder. Försöket i Malmö skiljer sig från övriga genom att det nermalda avfallet leds i ett separat system med slamavskiljare före överledning till det allmänna avloppsnätet.

Projektet initierades å ena sidan av Göteborgs kretsloppsnämnd för att ge underlag för eventuella pilotförsök med köksavfallskvarnar i Göteborg och dessutom av VAV:s rörnätskommitté för att få en helhetsbild över köksavfallskvarnars effekter på VA-system. Till Göteborgs kretsloppsnämnd hade tidigare inkommit intresseanmälningar från Backadalens Bostadsrättsförening (ca 1000 lägenheter) och Svenska Mässans restaurangkök om att på försök få införa köksavfallskvarnar.

1.2 Syfte

Förstudien syftar till att beskriva generella egenskaper hos system med köksavfallskvarnar samt att utreda för- och nackdelar vid ett storskaligt införande av köksavfallskvarnar i Göteborg. Vidare ingår i projektet att föreslå ett upplägg för undersökningar i två tilltänkta försöksområden i Göteborg, HSB:s bostadsrättsförening Backadalen och Svenska Mässans storkök.

De studerade aspekterna är:

- Hushållens attityder och beteenden
- Miljö och kretslopp
- Teknisk funktion
- Ekonomi och organisation

Hushållens attityder och beteenden

Delprojektets syfte består i att utifrån tillgänglig kunskap från områden där köksavfallskvarnar införts samt kunskap från teoretiskt förankrade studier av likartade förändringar såsom t. ex källsortering, kompostering, urinseparering vattenbesparing etc. formulera utgångspunkter, frågeställningar och undersökningsuppläggning för en huvudstudie av hushålls attityder och beteende i relation till införande av avfallskvarnar för matavfall.

Följande delfrågor har besvarats:

- Vilka aspekter på hushålls attityder och beteenden i relation till köksavfallskvarnar finns dokumenterade?
- Kan vi ur ett hushållsperspektiv rekommendera ett försök med köksavfallskvarnar i Backadalen?
- Saknas det kunskap kring köksavfallskvarnar som kan inhämtas via ett sådant försök?

Information har huvudsakligen samlats in via litteraturstudier med avseende på hushålls erfarenheter vid försök med avfallskvarnar. Erfarenhetsöverföring har också skett via studiebesök, intervjuer med nyckelpersoner etc.

Miljö och kretslopp

Med hjälp av materialflödesanalys har två skilda studier genomförts:

- Hantering av matavfall från hushåll med jämförelse mellan alternativen 1) insamling till central kompostering och 2) nermalning av matavfallet med köksavfallsquarn för vidare transport till avloppsreningsverket via avloppsnätet.
- Hantering av matavfallet från Svenska Mässans storkök med jämförelse mellan alternativen 1) insamling till central kompostering och 2) nermalning av matavfallet med köksavfallsquarn för vidare transport till avloppsreningsverket via fettavskiljare och avloppsnätet.

Analyserna belyser systemen ur miljö- och energisynpunkt och följer flödet av matavfall från hushållen/storköket via transport och behandling. Restprodukternas kvalitet studeras, men effekter av restprodukternas (avloppsslam, kompost etc.) fortsatta användning har inte ingått i studien.

Teknisk funktion

Genom litteraturstudier, och insamling av erfarenheter från praktiska försök beskrivs tekniska aspekter på avloppssystem med köksavfallsquarnar. I studien har systemet delats in i fyra delar; 1) quarnen och dess installation, 2) fastighetens rörinstallation, 3) det allmänna avloppsnätet och 4) avloppsreningsverket.

Ekonomi och organisation

Kapitlet innehåller tre separata delar.

I den första delen belyses den totala systemkostnaden för 1) hanteringen av matavfall från hushåll och 2) hanteringen av matavfall från storkök genom simuleringar med modellen MIMES/Waste. Samma alternativ som i delprojektet *Miljö och kretslopp* har belysts.

Del två består av en enkät till Sveriges kommuner med mer än 25.000 invånare (96 kommuner) samt de kommuner (16 st.) som uppgivit att quarnar finns i kommunen enligt en tidigare enkätundersökning genomförd av Renhållningsverksföreningen (RVF).

Den tredje delen, slutligen, redogör för juridiska frågor som kan uppkomma vid ett införande av köksavfallsquarnar.

2. Hushållens attityder och beteenden

2.1 Bakgrund

I och med ett ökat krav på resurshushållning och mer miljöanpassad avfallshantering har hushåll under de senaste decennierna berörts av en rad förändringar i sin dagliga hantering av restprodukter. Det har för många blivit en vana att sortera och lämna olika avfallsfraktioner på olika sätt. När det gäller flera av dessa avfallsfraktioner som t. ex glas, papper och returglas har vi redan uppnått eller nått långt på vägen mot de återvinningsmål som ställts upp av regeringen (Miljödepartementet, 2000). Från och med år 2005 skärps emellertid kraven på att hitta uthålliga lösningar för insamling och behandling av organiskt avfall, då stopp för deponering av denna fraktion införs. Svenska Renhållningsverksföreningen (2000) gör bedömningen att 50-60 procent av hushållsavfallet skulle kunna behandlas genom kompostering eller rötning. Hushållens utsortering av denna fraktion når emellertid sällan upp till dessa nivåer. Under år 1999 omhändertogs i Sverige 320 000 ton avfall genom biologisk behandling, vilket utgör drygt 8 procent av den samlade mängden avfall från hushåll och liknande. I de kommuner som genomfört en långtgående källsortering av bio-avfall sorteras omkring 20-25 procent av avfallet ut (RVF, 2000). Omkring 15 procent av hushållen lämnar avfallet till central behandling medan cirka 5 procent komposterar sitt avfall i hemmet vilket innebär att bio-avfall sorteras ut i ungefär vart femte hushåll. Enligt RVF:s bedömningar tyder omfattande planer i kommunerna på att biologisk behandling kan komma att fördubblas inom fem år (Svenska Renhållningsverksföreningen, 2000). Detta innebär att det trots att olika system för insamling och behandling av matavfall har införts i en rad svenska kommuner fortfarande finns ett stort utvecklingsbehov.

Tidigare studier har visat att kompostering av matavfall i den egna trädgården ofta innebär ett avsevärt merarbete för hushåll. Problem har rapporterats med placering av kompostor, lukt, flugor, otillfredsställande nedbrytning av materialet liksom med en slutprodukt som inte alls motsvarar förväntningar och som är svår att nyttiggöra i den egna trädgården (Åberg, 1992; Åberg, Dahlman, Shanahan, & Säljö, 1996). Lokal kompostering i områden med flerbostadshus kräver ändamålsenliga utrymmen och investering i komposteringsutrustning. Varken komposteringsprocessen i sig eller hanteringen av det komposterade materialet sköter sig själv utan kräver tillsyn och skötsel av de boende själva, fastighetsskötare eller på annat sätt. Utsortering av matavfall för transport till central behandlingsanläggning är en annan möjlighet. För hushållens del består merarbetet i detta fall i att sortera det organiska avfallet för sig och transportera det till en samlingsplats (oftast i anslutning till fastigheten) i väntan på bortforsling. Även om det sistnämnda hanteringsalternativet, i en jämförelse, ter sig mest bekvämt för hushåll kan det innebära problem för vissa boendekategorier t. ex äldre, barnfamiljer och för personer med funktionshinder.

Som ett radikalt annorlunda alternativ för hantering av matavfall har föreslagits införande av köksavfallskvarnar vilka skulle kunna möjliggöra transport av materialet via avloppsnätet till behandling på reningsverk. Bland argumenten för avfallskvarnar nämns bland annat en högre grad av bekvämlighet för hushållen jämfört med andra alternativ (K. Halvorsen, Bardu kommune, personlig kommunikation, november 15, 2000). Särskilt i flerbostadshus, bedöms avfallskvarnar vara intressant som ett alternativ

till annan hantering som bygger på högre grad av inblandning från hushållens sida i transport och/eller behandlingsarbetet.

Oavsett de lösningar vi väljer för att samla in, transportera, behandla och eventuellt återföra behandlat matavfall till odlingsmark är hushålls beteende avgörande för hur välfungerande och miljömässigt effektiva nya system till sist blir. Därför är ett aktivt engagemang från hushållen nödvändigt. Hittills har förändringar i samband med införande av källsorteringssystem oftast inneburit att hushåll tillförts nya uppgifter. Avfallet skall sorteras i fraktioner, transporteras och kanske till och med behandlas och omhändertas (lokal kompostering) av de boende själva. Samtidigt har i flerfamiljshus ofta hushållens bekvämlighet inskränkts genom att sopnedkast stängts.

Från hushållssynpunkt är nu hanteringen av köksavfall inte bara en fråga om bekvämlighet. Hushållen värderar också ett avfallssystem miljökonsekvenser. I Sydney, Australien, har individers uppfattningar om fyra alternativa hanteringssystem, där avfallskvarnar var ett, undersökts med hjälp av fokusgruppsmetodik. Resultaten visar att man normalt gjorde en avvägning där både enkel hantering och att vara en miljömedveten medborgare var viktiga aspekter (D. Russell, School of Psychology, University of Western Sydney, personlig kommunikation, oktober, 2000).

Konsekvenser av beteenden blir olika tydliga i olika system för insamling och hantering av matavfall och därmed varierar också hushållens möjligheter att lära genom att dra nytta av sina erfarenheter. Det säger sig självt att ett hushåll som sorterar sitt köksavfall i ett kärl i köket, för att sedan kompostera och använda det färdiga materialet i den egna trädgården har en annan möjlighet att konkret lära sig förstå hur egna beteenden får konsekvenser i kretsloppsprocessen än den som gör sig av med avfallet via en kvarn i diskbänken. När avfallskvarnar införs minskar hushållets hantering till ett minimum. Är detta ett incitament som kan få fler hushåll att sortera sitt matavfall separat eller riskerar vi att med kvarnarna införa en ny sorts sopnedkastet som effektivt döljer spåren av vår överkonsumtion? Konsekvenserna i senare delar av avfallssystemet och för miljön av olika beteendemönster kan i mycket liten utsträckning genomskådas av det enskilda hushållet. Kan det i värsta fall vara så att en teknik som avfallskvarnen i sig signalerar att avfallet som så lätt försvinner ur vår åsyn lika lätt kan försvinna ur vårt medvetande och vad som händer sedan blir ointressant eller i alla fall någon annans ansvar.

2.2 Köksavfallskvarnar från de boendes perspektiv

Nedan återges i korthet erfarenheter från tidigare studier av köksavfallskvarnar. De aspekter som presenteras har valts ut med utgångspunkt från bedömd relevans i förhållande till hushålls attityder och beteenden vad gäller avfallskvarnar.

Staffanstorp

I Staffanstorp gjordes under slutet av 80-talet ett fullskaleförsök med införande av avfallskvarnar i ett bostadsområde om 100 lägenheter (Nilsson *et al.*, 1990). Försöket föregicks av en förstudie som avrapporterats separat (Nilsson *et al.* 1987). Författarna konstaterar efter en inventering av litteratur inom området att man inte funnit några studier som visar hushållens respons vad avser frågor som bekvämlighet, utnyttjande, buller och konsekvenser för övrig avfallshantering. Detta hindrar emellertid inte att man i två av de arbeten som refereras till tar för givet att avfallskvarnar endast ger fördelar i

hushållen. I en sammanfattning av konsekvenser vid införande av avfallskvarnar för organiskt köksavfall gör Nilsson *et al.* (1987) bedömningen att ca 30% av den avfallsvikt som transporteras med bil kan genom avfallskvarn avledas via avloppssystemet. Man tror också att minskningen av biologiskt nedbrytbart avfall skall innebära att luktproblem med soporna minskar liksom attraktionen för gnagare insekter och fåglar. I sorteringsledet förutses förutom ett enklare sorteringsarbete, ett mindre kladdigt material, en ökande andel återvinningsbara material med bättre kvalitet och minskad sorteringsvolym. I försöket i Staffanstorp betonas tanken att avfallskvarnar inte bara skall betraktas som en utrustning för hushållens bekvämlighet, vilket man menar varit deras syfte i tidigare användning t ex i USA, utan att kvarnarna istället skall ses som en av flera möjligheter att källsortera det fasta avfallet direkt i hushållet.

Fältförsöket i Staffanstorp föregicks av en informationskampanj till de berörda hushållen som bl. a inkluderade informationsträffar innan försöket kom igång, skriftlig information från kvarnleverantör och försöksledningen samt personliga besök av kvarnleverantören. Av svaren i en beteendevetenskapliga utvärdering, som gjordes i enkätform en tid innan försöket startade och med uppföljning ca 6 månader efter försöksstarten, framgår att majoriteten av hushållen var nöjda med informationen. Svarsfrekvensen i den första uppföljningen var 81% och 83% i den andra.

Bakgrundsinformation visar att medelåldern var låg bland de boende (ca 60% mellan 20-35 år) och antalet hushåll med barn under sju år var som mest 30%. Den rapporterade vistelsetiden i hemmet varierade. Flertalet uppgav emellertid att man under vardagar tillbringade 11-15 timmar i hemmet medan man under helger däremot vistades mer än 16 timmar i hemmet. Vistelsetiden hänger samman med måltidsmönster som i sin tur har möjlighet att påverka kvarnanvändningen. Hushållen rapporterade att man under vardagar oftast åt ett lagat mål mat hemma medan det under helger var nästan lika vanligt att man åt två eller fler måltider hemma.

Mätningar av de boendes attityder och uppfattningar har i uppföljningen av försöket kompletterats med mätningar av beteenden och konsekvenser av beteenden. Inställningen till avfallskvarnar bland de boende blev mellan mätningarna mer positiv. Vid den första mätningen sade sig 30 % sade sig vara enbart positiva jämfört 56% vid den andra. Sju respektive 8 % var enbart negativa. Farhågor och tveksamheter till kvarnen förändrades i viss mån mellan mättillfällena. Färre blev tveksamma eller negativa till kvarnen av oro för att den skulle krångla mycket. Detta trots att drygt 40% haft problem med avfallskvarnen. Markant fler blev rädda för att tappa värdesaker i kvarnen (15% respektive 36%) och oron för att barn skulle komma till skada ökade (13% respektive 21%). Osäkerhet om vad som kan malas (19%) och missnöje med att det tar för lång tid att mala (10%) var problem som tillkom vid den andra mätningen. Uppfattningen att kvarnar skulle vara bra för miljön stärktes (50% respektive 73%) liksom bekvämlighetsskäl (40% respektive 86%). Fler uppfattade också kvarnen som hygienisk efter att ha använt den en tid (24% respektive 73%).

Mätningar som gjordes i samtliga hushåll visade att kvarnarna användes i genomsnitt 2.4 gånger per dygn under hela mätperioden. Användningen var något mer frekvent (3g/dygn) under periodens första fas. Kvarnens gångtid per användningstillfälle sjönk från 48 sekunder under mätperiodens första del till 30 sekunder under den andra. I en specialstudie omfattande 10 hushåll (9 fullföljde) registrerades förutom kvarnarnas gångtider flöden (on/off) från kall och varmvatten i kök under 85 dygn.

Medelanvändningen i den gruppen var 1.2 driftstillfällen / dygn. I tre av nio hushåll användes kvarnarna mycket lite (0.4, 0.2, <0.1 g/per dag). Man konstaterade också att vid 24% av dessa driftstillfällen kördes kvarnen med inblandning av varmvatten.

I en delstudie fokuserades på förändringar av avfallets vikt och komposition i försöksområdet under en period före införandet av kvarnar och i en period med kvarnar installerade. Avfallets sammansättning bestämdes via plockanalys av ett slumpmässigt urval soppsåsar. Under en mätperiod om 27 veckor före införandet av avfallskvarnar uppmättes en medelavfallsvikt om 196 kg/per person och år. Motsvarande siffra för en period om 30 veckor med avfallskvarnar uppgick till 160 kg/person och år. Andelen köksavfall¹ i soppåsarna minskade från 41 viktsprocent i perioden före introduktion av avfallskvarnar till 33 viktsprocent i perioden med kvarnar. De delar av köksavfallet som försvann från soppåsarna i och med kvarnarnas införande var beredningsavfall som potatisskal och grönsaksrens, matrester direkt från tallriken, kaffefilter och tepåsar och fruktrester. Organiskt avfall av typen gamla bröd, blommor och blomjord, gamla matrester i förpackningar, rester från industriellt förberedda livsmedel av typen mjukost eller sardiner samt matrester som inte kan malas t. ex kotlettben och persikokärnor. Utifrån plockanalyserna gjordes bedömningen att vissa hushåll valt att inte använda sin avfallskvarn. Vidare menar man att de matrester som slängs i avfallspåsen är mer arbetskrävande att mala eftersom de är förpackade på något sätt eller är obehagliga att hantera genom att de blivit gamla och börjat mögla etc. Man drar slutsatsen att de flesta hushåll använder kvarnen som ett redskap att förenkla hushållsarbetet men inte som ett effektivt källsorteringsredskap. Ytterligare information till brukarna är, menar man, sannolikt vad som krävs för att nå längre i sorteringsgrad.

I en uppföljande enkät som genomförts av Staffanstorps kommun (1999) besvaras översiktligt frågor om de boendes inställning till och användning av kvarnarna cirka 10 år efter deras introduktion. Enkäten har besvarats av 76 av 100 bostadsrättsinnehavare. Endast 21% har bott i området sedan det var nytt dvs när kvarnarna installerades. I tio av 76 lägenheter finns kvarnen inte längre kvar. Femtiosex hushåll använde kvarnen regelbundet medan 10 hushåll använde den sporadiskt eller inte alls. En rad skäl anfördes till att kvarnen var nedmonterad eller bara användes sällan. Bland annat menade man att den var obekvämt att använda, svårskött, ofta hade driftstörningar, stoppade lätt, bullrade, spred lukt och/eller kunde vara en säkerhetsrisk. Femton hushåll visste med säkerhet att kvarnen hade haft driftavbrott under de 10 år den varit i drift. Antalet driftavbrott varierade mellan 1-10 tillfällen. Trots att bara 3 utnyttjat det ursprungliga serviceavtalet ansåg 27 att det fanns behov av ett nytt serviceavtal. En majoritet önskade också ny information om kvarnen.

Av de som fortfarande använde kvarnen menade över 90% att soporna blivit lättare och torrare, att det luktade mindre i bostaden och att hela familjen var överens om att avfallskvarnen är miljövänlig. Något färre (77%) svarade ja på frågan om det luktar mindre i området.

¹ Köksavfall definierades som organiska restprodukter uppkomna i samband med matlagning och som inte räknas in i någon av kategorierna papper, plast, trä, textil, glas, metall eller övrigt. Som exempel nämns bananskal, äggskal, blomjord, ostbitar och bacon.

Linköping

Nilsson (1999) redovisar i ett examensarbete konsekvenser av införandet av köksavfallskvarnar. Effekter avseende miljö, teknik och i viss mån ekonomi beräknas i relation till sju alternativa scenarier för Linköpings kommun. Arbetet bygger till största del på erfarenheter från andra försök. Vissa kompletterande data har erhållits via mindre omfattande egna laboratorieförsök. Hushållsrelaterade aspekter ägnas inte någon stor eller systematisk uppmärksamhet i rapporten.

Malförsök ger anledning att ifrågasätta kvarnarnas malförmåga. T. ex sönderdelades inte långfibriga livsmedel som persilja och glatta och sega livsmedel som lök i förväntad utsträckning. Relativt stor mängd vatten krävs också för att kvarnen skall bli "ren" efter malning. Något som har betydelse för hygien och lukt.

Surahammar

Köksavfallskvarnar introducerades i kommunen, först som ett pilotförsök under åren 1993-95 i flerbostadshus omfattande 40 lägenheter och i 10 villafastigheter. Idag finns köksavfallskvarnar i cirka 2000 hushåll. För att undvika problem och felanvändning gavs information till hushållen i form av en kort (A4-sida) skriftlig driftsinstruktion. Tjänstemän på kommunen har också bedrivit informationsarbete med bl. a demonstrationer av kvarnar ute på olika platser där kommuninnevånarna samlats. Hushåll som valde att låta installera avfallsquarn erbjöds också ett åttaårigt serviceavtal som innebar att man under det första året kostnadsfritt fick kvarnen reparerad eller utbytt vid alla typer av problem även om dessa orsakats av felaktigt handhavande. Under resten av avtalsperioden avsåg garantin fel som orsakats av tekniska brister.

Uppfattningen hos de ansvariga är att hushållen uppskattar systemet och tycker att det fungerar bra. Dock har ingen systematisk utvärdering av användaraspekter gjorts. Viss statistik har förts under en inledande period i samband med åtgärder föranledda av driftsgarantin. Denna visar att minst 130 driftsproblem rapporterats och åtgärdats. Det vanligaste felet har varit stopp i kvarnen (Rydberg, Surahammars KommunalTeknik AB, personlig kommunikation, april 2001). Problem har också förekommit beroende på fabrikationsfel och felmontage. I 5 fall har problemen orsakats av avloppsstopp i servisen.

Bardu Kommune, Norge

Ett försök startade i kommunen 1997 varvid 4-5 olika typer av kvarnar provades med avsikt att skaffa erfarenhet av montering och drift. I nästa steg inbjöds ca 50 intresserade hushåll att prova kvarnarna. Idag har ca 800 hushåll kvarnar (Halvorsen, Bardu kommune, personlig kommunikation, november 15, 2000). Kvarnarna, av fabrikatet Insinkerator, har tillhandahållits till en kostnad av 1000 kronor. Hushållen står sedan som ägare och ansvarar själva för kvarnens drift. Informationsspridningen har i stor utsträckning skett från personer (entusiaster) som själva haft quarn till andra som successivt följt med. Detta har, menar man, varit en framgångsrik väg att introducera kvarnar. Enligt Halvorsen, (personlig kommunikation, november 15, 2000) är hushållen mycket positiva till att hantera sitt köksavfall med hjälp av avfallsquarn.

Ishøj kommune, Danmark

Köksavfallskvarnar har successivt installerats i 56 hushåll Ishøj kommune i perioden 1989 – 1996 (Ishøj Kommune & I/S Avedøre kloakværk, 1996). Då det i kommunen fanns en önskan om att installera köksavfallskvarnar i alla flerfamiljshus var det nödvändigt att praktiskt värdera konsekvenserna av dessa i olika avseenden. Bland annat har elförbrukning, vattenförbrukning och avfallsmängder mätts i de 56 hushållen under en längre period. Dessutom har man genomfört en enkätundersökning i syfte att mäta hushållens attityder och beteenden i relation till kvarnen.

Man har inte kunnat påvisa någon stigande vattenförbrukning som följd av avfallskvarnen. Tillkommande el-förbrukning betraktades som försumbar. Bedömningen gjordes att den totala avfallsmängden för förbränning reduceras med 1 kg per person och vecka efter installation av kvarnen. Samtidigt påpekar man att det finns stora variationer i avfallsmängder beroende på bl.a. bostadstyp och befolkningssammansättning.

Under 1996 genomfördes en enkätundersökning av hushåll med avfallskvarn (Ishøj Kommune, 1996). Enkäten hade en svarsfrekvens på 86%. Kvarnarna hade installerats successivt under en period av 6-7 år vilket innebar att hushållen i undersökningen hade olika lång erfarenhet av att använda den. Bland de undersökta hushållen var en relativt stor andel barnfamiljer eller unga hushåll. Merparten åt både frukost och kvällsmål hemma. Två tredjedelar av hushållen hade uppfattningen att avfallskvarnen är bra för miljön. De flesta menade också att kvarnen var till hjälp i köket. Omkring 30% av hushållen tyckte att kvarnen tar för stor plats, låter för mycket eller är farlig. Det sistnämnda gällde främst hushåll med mindre barn.

Huvuddelen av hushållen använde kvarnen 2-3 gånger dag och för de flesta fanns ett dubbelt motiv; dels att det är bekvämt och dels att det är ett bra sätt att minska mängden avfall i soppåsen. Omkring 4/5 angav att man alltid eller ofta använde kvarnen för matrester samt grönsaks- och fruktavfall. Det framkom emellertid att merparten inte använde kvarnen till brödrester som ju ofta måste delas innan de kan malas. Cirka 1/3 använde kvarnen för att bli av med fimpar, aska och liknande. Däremot sade man sig inte använda kvarnen för förpackningsavfall och dylikt. Ett flertal upplevde att mängden avfall i soppåsen reducerats sedan kvarnen installerades. Knappt hälften menade att man ändrat vanor under tiden man haft kvarnen så att man kommit att använda kvarnen mer efter en tids invänjning. Det framkom också att vissa hushåll inte använde kvarnen i full utsträckning på grund av att man kände sig tveksam till vad som kan malas. Författaren drar slutsatsen att dessa problem skulle kunna avhjälpas med ytterligare information till hushållen.

Knappt hälften uppgav att man haft problem med kvarnens funktion. Stopp i avloppet, lukt, avloppsvatten i tvättmaskiner/diskmaskiner, otäta kopplingar, trasiga kvarnar som måste rengöras eller bytas ut är exempel på problem som förekommit. Man fann inget klart samband mellan typ av kvarn och förekomst av problem. Dock menar man att antalet problem med kvarnar av fabrikatet "Wastemaid" varit få i förhållande till antalet kvarnar som monterats. Placeringen av kvarnen var inte tillfredsställande menade ¼ av hushållen. Man menade bl. a. att den tog för stor plats i köksskåpet. När det gäller information, uppgav de flesta, av de 80% som ansåg sig ha fått den bruksanvisning som delats ut av kommunen, att denna hade varit tillfyllest.

Sydney, Australien

Frågan om avfallskvarnar som ett av flera alternativ till hantering av hushållens matavfall har varit föremål för utredning också i Sydney, Australien (D. Russell, School of Psychology, University of Western Sydney, personlig kommunikation, oktober, 2000). Individens uppfattningar om fyra olika hanteringsalternativ, varav avfallskvarnar var ett, har studerats med hjälp av fokusgruppsmetodik. Två grupper om totalt 15 personer diskuterade de olika systemens för- och nackdelar för användning i flerfamiljshus. Det är oklart om undersökningspersonerna hade någon personlig erfarenhet av de system man diskuterade.

Avfallskvarnar bedömdes på praktiska grunder som det mest fördelaktiga systemet. Samtidigt var det klart att inte endast bekvämlighetsaspekter var viktiga utan hela tiden gjordes en avvägning av bekvämlighet och miljöaspekter i diskussionen av de fyra alternativen. Det var viktigt att hushållens matavfall kom till nytta som en resurs. Varje gång som avfallskvarnar nämndes kom också frågan –”Vad händer med avfallet när det hamnar i avloppssystemet?”

Betydelsen av information framkom också. Vartefter diskussionen i gruppen framskred lyftes behovet av ordentlig information fram. Detta uppfattades successivt som en förutsättning för att hushåll skall kunna göra informerade val. En ökad känsla av ansvar diskuterades som en möjlig effekt av ett informerat val av avfallshanteringssystem.

Sammanfattningar av tidigare erfarenheter

Sammanfattningsvis kan sägas att kunskapen om hushålls attityder och beteenden i relation till avfallskvarnar är summarisk. Få studier har gjorts. I de fall hushålls attityder och beteenden dokumenterats har information endast insamlats via enkäter, i ett par fall kompletterat med mera objektiva mått på beteenden/utfall av beteenden. Mer utförlig information som skulle kunna erhållits via metoder som intervjuer och observationer saknas.

Attityder till avfallskvarnar verkar övervägande positiva. Man ser också som i andra studier av t. ex kompostering att attityderna ändras över tid. Samtidigt förekommer en rad problem i samband med användningen av kvarnar som dock förmodligen minskar i takt med stigande erfarenhet. Hushållen har i samtliga fall fått tillgång till någon form av information i samband med introduktionen av kvarnar. Ändå ser vi både på resultaten och på försöksledningarnas slutsatser att betydelsen av en genomtänkt informationsstrategi inte kan underskattas.

En avsevärd brist i undersökningarna är att de inte har någon förankring i beteendevetenskaplig teori vilket ju naturligtvis försvårar systematiskt kunskapsuppbyggnad.

3. Miljö och kretslopp

3.1 Inledning

Köksavfallskvvarnar marknadsförs ofta som ett miljövänligt system för att hantera matavfall. Istället för insamling av avfall med sopbilar som genererar avgaser och buller utnyttjas avloppssystemet som transportör. Avloppssystemet kan användas året runt och alla timmar på dygnet. Det malda avfallet hamnar på avloppsreningsverkets rötningsanläggning och omvandlas till biogas. Vad som sällan lyfts fram är emellertid de nackdelar som eventuellt uppstår då flödet av matavfall flyttas från avfallssystemet till avloppsledningssystemet. Uppkommer igensättningar och svavelvätebildning i ledningssystemet? Ökar utsläppen av övergödande och syreförbrukande ämnen? Genereras mer slam? För att bedöma de miljömässiga konsekvenserna av ett införande av köksavfallskvvarnar krävs analys som omfattar både avfalls- och avloppssystemen.

I litteraturen finns ett fåtal studier som tar ett sådant helhetsgrepp på köksavfallskvvarnar. Ett exempel är dock en dansk studie av Clauson-Kaas *et al.* (1997) som jämför fyra olika system för hantering av malbart köksavfall med en livscykelanalysbetonad studie. Ur miljöeffektsynpunkt finner författarna att central kompostering är det mest gynnsamma alternativet följt av insamling och rötning. Köksavfallskvvarn hamnar på tredje plats medan förbränning faller ut som sämst ur miljösynpunkt. I en sammanvägd bedömning värderas ytterligare tre kategorier; energi, arbetsmiljö och avfallsstruktur. Här framstår förbränningsalternativet som mest gynnsamt, följt av insamling och rötning, köksavfallskvvarnar på tredje plats tätt följt av insamling till central kompostering. Värt att notera är att effektkategorin ”miljöeffekter” har givits lägst vikt av de fyra kategorierna.

I en studie från USA jämförs hanteringen av matavfall i fem olika system, genom en livscykelinventering innehållande användning av yta, material, energi och kostnader samt avfallsproduktion, emissioner till luft, och emissioner till vatten (Diggelman och Ham, 1998). Analysen innehåller inte någon viktning mellan parametrarna men författarna framhåller att parametern ”total systemkostnad” väl representerar alla tolv parametrarna. För ”total systemkostnad” är alternativet med insamling till central deponi mest gynnsamt, följt av insamling till central kompostering och därefter köksavfallskvvarn med samrötning av avloppsslam och normalt matavfall vid avloppsreningsverk. Näst sämst faller alternativet med central insamling och förbränning ut och sämst köksavfallskvvarn ansluten till lokal slamavskiljare och markbädd.

I den amerikanska studien faller köksavfallskvvarnar anslutna till avloppssystemet ut som ett medelbra alternativ – varken bäst eller sämst. Fördelarna jämfört med insamling till central kompostering är energieffektiviteten och de relativt små utsläppen till luft medan nackdelarna består av de höga anläggningskostnaderna, de relativt stora utsläpp till vatten och den stora slamproduktionen. I den danska studien faller såväl systemet med köksavfallskvvarn som systemet med insamling till central kompostering ungefär lika dåligt ut. Energianvändningen ges störst vikt av de fyra kategorierna och mot bakgrund av detta är det förvånande att inte matavfallet som förs till avloppsreningsverket i alternativet med avfallskvvarnar antages gå till rötning. I alternativet med köksavfallskvvarnar tillgodoräknas alltså ingen energiutvinning.

Både den danska och den amerikanska studien visar att förbränning är en relativt ogynnsam lösning ur miljösynpunkt och den amerikanska studien visar också att förbränning är relativt kostsam. I den danska studien, å andra sidan, uppvägs den relativt stora miljöpåverkan av fördelarna ur energi- och arbetsmiljösynpunkt samt att förbränning passar väl in i befintlig avfallsstruktur.

3.2 Materialflödesanalys för hantering av hushållens matavfall i Göteborg

Genomförande och funktionell enhet

Denna materialflödesanalys går ut på att bedöma miljöpåverkan av hantering av hushållens matavfall i Göteborg för att:

- 1) samla in matavfallet till central kompostering
- 2) mala ned matavfallet med köksavfallskvarnar för vidare transport till avloppsreningsverk.

I materialflödesanalyser relateras ofta miljöpåverkan till en tydligt definierad produkt eller tjänst (som det aktuella tekniska systemet utför), kallad funktionell enhet. I den aktuella analysen är den funktionella enheten definierad som ”omhändertagandet av matavfallet från 1000 hushåll under ett år”. I studien jämförs två separata system för hanteringen av matavfallet från 1000 ”typhushåll” i Göteborg. Dessa 1000 typhushåll består av 79% lägenheter i flerbostadshus och 21% i enfamiljshus (Göteborgs Stadskansli, 2000). Vidare antas att 1731 personer bor i dessa lägenheter, då det enligt folk- och bostadsräkningen (1990) bodde 2.6 personer per villa och 1.5 personer per lägenhet i genomsnitt i Göteborg. I båda alternativen genererar dessa 1731 personer 131 ton matavfall per år, vilket motsvarar 76 kg per person och år, beräknat utifrån medelvärden från plockanalyser utförda i sex svenska kommuner (Ohlsson och Retzner, 1998).

Systemgräns

Det analyserade systemet avgränsas enligt följande:

- Hantering av matavfall i hushållen
- Insamlingssystem för matavfallet i hushållen
- Transport till behandlingsanläggning
- Behandling
- Transport av slagg till deponi
- Deponering av slagg
- Kvalitetsvärdering av restprodukter som potentiellt kan spridas i jordbruk (kompost och slam)

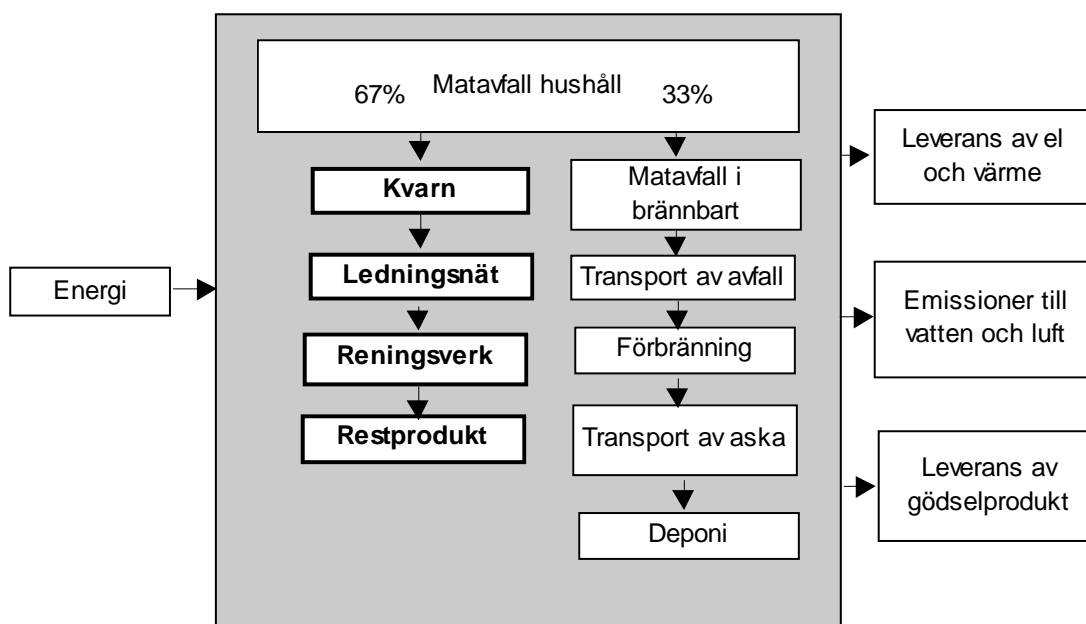
De aspekter som analyserats är elförbrukning, oljeförbrukning, leverans (utvinning) av el och värme, påverkan på växthuseffekt, påverkan på försurning, påverkan på eutrofiering och flöden av tungmetaller till vatten. Genererade restprodukter beskrivs i

mängd och kvalitet vad gäller tungmetallhalter. Effekter av användning av restprodukterna ingår ej i analysen. Däremot beskrivs mängderna restprodukter som genereras samt förväntade kvalitet på restprodukterna med avseende på tungmetallhalter. De utvalda aspekterna är alla centrala för de nationella miljökvalitetsmålen, främst ”Ingen övergödning”, ”Bara naturlig försurning”, och ”God bebyggd miljö”. Vad gäller miljökvalitetsmålet ”Giftfri miljö” så har vi endast behandlat flöden av tungmetaller. Övriga cancerframkallande, arvsmassepåverkande och fortplantningsstörande ämnen har inte kunnat studeras på grund av brist på indata.

Studerade system för omhändertagande av matavfall

Alternativ 1 – Central kompostering

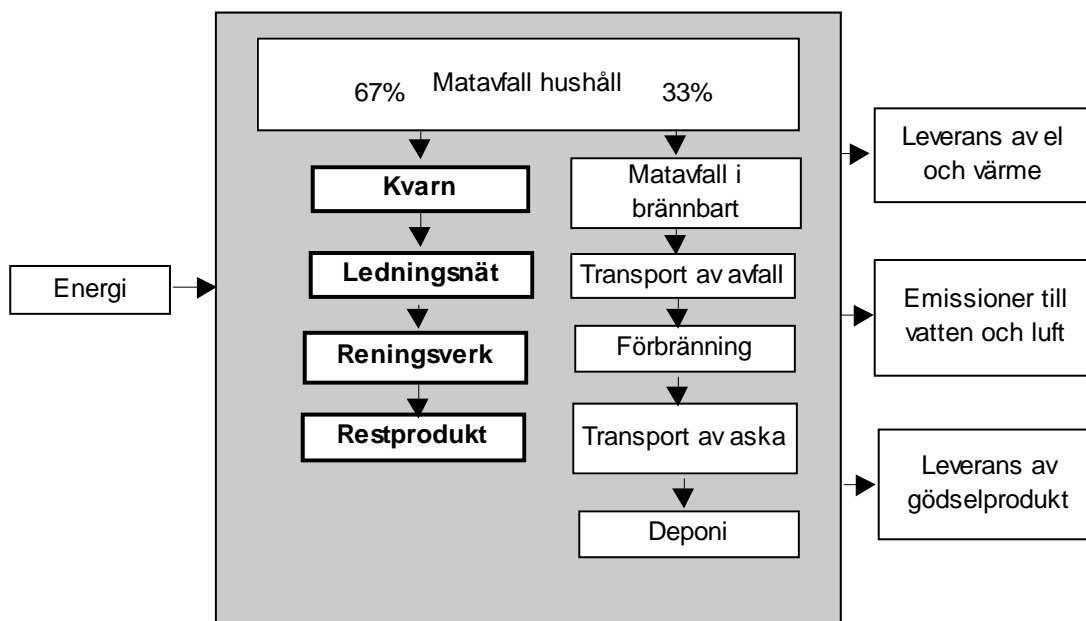
Alternativ 1 avser ett storskaligt införande av insamling av källsorterat matavfall i samtliga hushåll i Göteborg. Matavfallet samlas in i papperspåsar som läggs i kärl, vilka sedan samlas in med sopbil för transport till en central komposteringsanläggning. En viss andel av matavfallet (20%) antas bli felsorterat och hamna i brännbar fraktion. Den brännbara fraktionen samlas in och förs till förbränning vid Sävenäs. Figur 3.1 visar systemets olika delar som har studerats med materialflödesanalysen.



Figur 3.1 Schematisk bild över systemet med central kompostering som har studerats med materialflödesanalys

System 2 – Köksavfallskvarnar

I alternativ 2 antages att hushållen är utrustade med köksavfallskvarnar där 67% av matavfallet beräknas malas ner och ledas via avloppsnätet till Ryaverket. Övriga 33% antages hamna i restavfallet, vilket samlas in och förs till förbränning vid Sävenäs. Anledningen till att en större andel ”felsorteras” i systemet med köksavfallskvarnar beror på att vissa avfallsslag inte kan malas, t ex fiskskinn, större ben och långfibriga fruktskal.



Figur 3.2 Schematisk bild över systemet med köksavfallskvvarnar, studerat med materialflödesanalys

Förutsättningar för materialflödesanalys

Hushåll

För både kompost- och köksavfallskvvarnsalternativen källsorteras matavfallet i hushållen. I bägge alternativen antar vi att samtliga 1000 hushåll deltar i källsorteringen. För de hushåll som har insamling för central kompostering av matavfall antages att 20% av matavfallet sorteras fel och hamnar i brännbar fraktion. Orsak till felsortering är bland annat att matavfall sitter fast i förpackningar eller att matavfall av misstag sorteras fel.

De hushåll som har installerat en köksavfallskvarn förutsätts ha en satsvis matad kvarn med en elmotor med märkeffekten 600 W som ansluts till ett jordat vägguttag (220 V). I enlighet med mätningar av Nilsson *et al.* (1987) används kvarnen 2.4 gånger per hushåll och dygn och vid varje malningstillfälle körs kvarnen i 30 sekunder. Hushåll med köksavfallskvarn förväntas mala ned två tredjedelar av sitt matavfall i köksavfallskvarnen (Karlberg och Norin, 1999) och en tredjedel läggs i brännbar fraktion som samlas in med sopbil och förs till förbränning. I den fraktion matavfall som inte mals ner återfinns senor och långa fiskskinn, grönsaker med långa fibrer, mussel- och ostronskal, grova köttben samt större kvantiteter fett och deg (Disperator, 1997).

Flödet av matavfall från hushåll redovisas i tabell 3.1, kolumn 2. Begreppet matavfall är hämtat från Ohlsson och Retzner (1998) och inbegriper matrester, beredningsrester som blast och skal, frukt, kaffesump etc. Organiska avfall som inte ingår i matavfall är t ex blöjor samt växdelar, jord etc som kommer från trädgårdsodling. Data i tabell 3.1 är hämtade från Sonesson och Jönsson (1996) där inte annat anges. I kolumn 3 anges mängder av olika substanser i avloppsvatten vid inkommande flöde till Ryaverket (Gryaab, 2000) utslaget per personekvivalent och dygn (1 p.e. = 70 g BOD₇/dygn). I

kolumn 4 anges matavfallets procentuella bidrag av olika substanser till avloppsvatten med antagande att 50% av befolkningen (personekvivalenter) var anslutna till köksavfallskvarnar och att dessa personer malde ner 67% av genererat matavfall via köksavfallskvarnar (Karlberg och Norin, 1999).

Tabell 3.1 Matavfallets och avloppsvattnets sammansättning

	Matavfall (Sonesson & Jönsson, 1996)	Avlopp ³ (Gryaab, 2000)	Matavfallets andel (%) av inkom- mande till Ryaverket vid 50% anslutna till KAK
Mängd matavfall (g/pers.,d) ¹	210	-	-
P-tot (g/pers.,d)	0.25	2.5	3.2
N-tot (g/pers.,d)	1.3	14	3.0
Torrsubstans, TS (g/pers.,d)	73	133	15.5
BOD ₇ (g/pers.,d) ²	25	70	10.7
Cd (mg/pers.,d)	0.0085	0.18	1.6
Pb (mg/pers.,d)	0.66	3.5	5.9
Cu (mg/pers.,d)	2.2	44	1.6
Hg (mg/pers.,d)	0.0018	0.11	0.5
Zn (mg/pers.,d)	5.3	72	2.4
Cr (mg/pers.,d)	0.66	6.7	3.2
Ni (mg/pers.,d)	0.46	7.8	1.9

1) Beräknat från Ohlsson & Retzner (1998) samt befolkningsstatistik i Göteborg

2) BOD₇ i matavfall enligt Karlberg och Norin (1999)

3) Värdena utslagna per personekvivalent (p.e.), där 1 p.e. = 70 g BOD₇/dygn

För mer detaljerade uppgifter om indata till materialflödesanalyserna, se bilaga 1 och 2.

Insamling och transport av avfall

En modell finns utvecklad för beräkning av luftemissioner från insamling av avfall (Stenberg *et al.* 1999). Modellen förutsätter att avfallssystemen är renodlat införda i området, dvs i KAK-alternativet att samtliga hushåll har installerat och använder avfallskvarn och i komposteringsalternativet att samtliga hushåll lämnar matavfallet till insamling med sopbil. VBB VIAK AB som har utvecklat modellen har, på uppdrag av projektet *Köksavfallskvarnar i Göteborg – en förstudie*, använt modellen för att ta fram data för ett scenario där källsorteringen är fullt utbyggd i Göteborg. I detta scenario antas att i hälften av hushållen samlas matavfallet in med sopbil av typen baklastare och hälften samlas in med det så kallade moloksystemet. Det sistnämnda är ett så kallat djupsamlingssystem vilket innebär att en stor del av behållaren är nedsänkt i marken. Varje behållare för insamling av bioavfall har volymen 1,5 m³. En behållare servar ungefär 50 hushåll. Behållarna töms med hjälp av en kranbil som lyfter upp behållaren (stor säck) och tömmer den i en container som är placerad på bilen.

Insamling av restavfallet sker med baklastare för samtliga hushåll. Från villaområden antas att avfall från ca 6 fastigheter hämtas vid varje stopp. Hushållen lägger sitt avfall i säckar. Vid tömning hämtas säckarna inne på fastigheten och läggs antingen på kärra eller bärs för hand till bilen. Avfallet från flerbostadshus hämtas i soprum i fastigheten. Det antas att det vid varje stopp hämtas avfall från 20 hushåll. Även här förutsätts säckhämtning.

Vid beräkningarna har data från fältmätningar använts för vissa parametrar såsom avstånd mellan hämtningsställena, tomgångskörning vid arbets- och trafikstopp samt hydrauliktid. Dessa data har hämtats från ett renodlat småhus- respektive flerbostadshusområde. Det har vidare antagits att naturgasfordon som används är utrustade med katalysator, medan den dieseldrivna kranbilen som används för tömning av Moloksystemet har katalysator och partikelfilter.

Matavfallet samlas in 1 gång per vecka. En insamlingstur för bioavfall med baklastare omfattas av följande delmoment:

1. Framkörning – transport från garage på Renova till hämtningsområdet. Sträckan antas vara 5 km.
2. Insamling i området – eftersom insamlad mängd per vecka uppgår till ca 600 kg för typområdet med villor respektive ca 1500 kg i typområdet med flerbostadshus, förutsätts att insamlingen fortsätter i andra områden innan transport sker till behandlingsanläggningen. Bilens kapacitet är 4-5 ton men i detta fall är arbetstiden begränsande, d.v.s. bilen fylls inte på ett arbetspass.
3. Transport från hämtningsområdet till behandlingsanläggningen i Marieholm – sträckan antas vara 11 km från hämtningsområdet.
4. Transport från behandlingsanläggning till garage på Renova – Sträckan är 6 km.

Insamling av avfall förutsätts ske i flera områden innan tömning sker, vilket medför att transportsträckorna har reducerats i beräkningarna för att inte det aktuella beräkningsexemplet skall belastas med för stora utsläpp. Avståndet har proportionerats med hänsyn till möjlig insamlad avfallsmängd under en arbetsdag.

Restavfallet samlas in 1 gång per två veckor. Insamlingsturen med baklastare omfattas av följande moment:

1. Framkörning – transport från garage på Renova till hämtningsområdet. Sträckan antas vara 5 km.
2. Insamling i området – i villaområden fortsätter insamlingen till andra områden innan transport sker till behandlingsanläggningen eftersom kapacitet finns. I flerbostadshusområden måste däremot en tömning ske under insamlingsrundan eftersom den totala mängden uppgår till ca 6200 kg medan bilens kapacitet antas vara 4-5 ton.
3. Transport från hämtningsområdet till behandlingsanläggningen (Sävenäs) eller omlastningsanläggningen (Högsbo). Sträckan antas vara 2.5 km från hämtningsområdet.

4. Transport från behandlingsanläggning till garage på Renova. Sträckan är ca 3 km.

Den andra hälften av hushållen förutsätts omfattas av det så kallade Moloksystemet som består av en behållare som är nedsänkt i marken där ca 50 hushåll lämnar sitt avfall. Behållaren som är en stor säck töms med hjälp av kran i container placerad på kranbilen.

Tabell 3.2 visar bränsleförbrukning och luftemissioner vid insamling av avfall med ovan angivna förutsättningar samt de förutsättningar som i övrigt gäller för materialflödesanalysen.

Tabell 3.2 Utsläpp och energianvändning för insamling av avfall. Förkortningen BL står för sopbil av typen baklastare.

Utsläpp och energianvändning per ton insamlat avfall						
(1000 hushåll)		BL Naturgas	BL Naturgas	BL Naturgas	BL Naturgas	Molok
		Bioavfall/ villa	Bioavfall/ flerbostadshus	Restavfall/ villa	Restavfall/ flerbostads- hus	Bioavfall/ villa och flerbost.
NOX	g	246	127	64	57	554
SOX	g	0	0	0	0	0,05
PM	g	1,1	0,6	0,3	0,3	0,6
HC	g	19	10	5	4	4
CO	g	7	4	2	2	12
CO2	g	35935	18963	10039	12983	19631
Energi- användning kWh		160	84	45	58	63

Av tabell 3.2 framgår att insamling av bioavfall från villor är ungefär dubbelt så energikrävande som insamling vid flerbostadshus. På grund av risk för luktolägenheter måste insamling ske varje vecka och detta medför att det blir små mängder att samla in och därmed stor bränsleförbrukning från insamling i villaområden. När det gäller restavfallet är förhållandet det motsatta, d.v.s. insamling i villaområdet är mer energieffektivt än i flerbostadshusområdet. För restavfallet tillämpas tvåveckorshämtning vilket medför att det blir så stora mängder avfall i flerbostadshusområdet att bilen måste tömmas en gång under insamlingsturen, vilket leder till extra bränsleförbrukning. Insamling av matavfall sker också med moloksystemet för ett område med blandat villor och flerbostadshus. Som Tabell 3.1 visar så är bränsleförbrukningen lägre i detta system än för insamling med baklastare (insamling av bioavfall). Å andra sidan är luftutsläppen av NO_x betydligt högre på grund av att kranbilar för tömning av moloksystemets bilar drivs med diesel.

Kompostering

I Göteborg finns en central komposteringsanläggning, belägen vid Marieholm. Anläggningen drivs som en strängkompost men är på sätt och vis en reaktorkompost då komposteringen är förlagd inomhus och är utrustad med mekanisk luftning. Data kring resursanvändning och emissioner från Marieholms komposteringsanläggning saknas då anläggningen just satts i drift (november 2000). Data har istället hämtats från Dalemo och Oosträ (1996) gällande en typ av reaktorkompost som processmässigt liknar anläggningen vid Marieholm. Reaktorkomposteringen sker i slutna tunnlar. Först

förkomposteras avfallet i 14 dagar med 50% volymreduktion som följd. Därefter läggs materialet från två tunnlar samman till en varefter materialet efterkomposteras i ytterligare 14 dagar. Komposten får sedan mogna i strängar i ett slutet rum. I anläggningen förbrukas 144 MJ/ton el för att cirkulera luft, och 48 MJ/ton diesel för att förflytta avfallet. Kväveförlusten från komposteringen beräknas genom ett av Dalemo och Oostra (1996) funnet samband:

$$\text{Kväveförlust (\% av inkommande)} = 0,377 - 0,01108 \times C/N$$

Där C/N står för kvoten mellan ingående kol- och kvävemängd (kg) i avfallet

Denna relativt låga kväveförlust erhålls om torv används som strömedel. Kväveförlusterna består av 2% kvävgas, 9% lustgas och resten ammoniak. Vid kompostering i reaktor renas utgående luft med biofilter. Reningseffekten för ammoniak förutsätts vara 90% och för lustgas 95%. Samtliga data är hämtade från Dalemo och Oostra (1996).

Ledningsnät

Vid användning av köksavfallskvarn nyttjas det befintliga avloppsledningssystemet för att leda matavfallet till Ryaverket. Tillskottet till flödet i form av vatten och nermalt avfall beräknas kräva lika mycket el för pumpning per viktsenhet, 0.1 MJ/ton (Va-verket Göteborg, 2000), som avloppsvattnet. Vid intensiva regntillfällen sker bräddning från kombinerat avloppssystem till vattendrag. Under år 1999 bräddades 0.7% av spillvattnet vid bräddningspunkter på ledningsnätet (Va-verket Göteborg, 2000). Då totalomblandning antas beräknas att 0.7% av matavfallet bräddas från ledningsnätet till vattendrag. Utöver bräddning kan även nödavlopp av spillvatten ske till vattendrag på grund av pumpfel eller överbelastning i områden med duplikat system. Den utsläppta mängden matavfall via nödavlopp beräknas vara ca 10% av bräddad mängd.

Avloppsreningsverk

Avloppsreningsverket delas in i förbehandling, försedimentering, biologisk behandling, kemisk behandling och slambehandling.

Förbehandling. I rengallret antages att 4% av inkommande mängd nermalt avfall fastnar vilket bygger på preliminära resultat från Surahammar (Karlberg och Norin, 1999). Gallerrenset förutsätts bli transporterat till Göteborgs anläggning för förbränning av avfall, Sävenäs.

Försedimentering. Merparten, 75% av inkommande mängd nermalt matavfall, antages bli avskilt i försedimenteringen. Detta antagande bygger på tolkningar av studier av Nilsson *et al.* (1990).

Efter försedimentering sker bräddning vid svåra regn. Den bräddade andelen av matavfallet förutsätts vara 1.6% av BOD₇, 1.9% av P-tot och 2.5% av N-tot. Dessa värden bygger på antagandet att andelarna bräddade ämnen från matavfall är lika som andelarna bräddade ämnen av inkommande avloppsvatten, enligt Gryaab (2000). År 1999 var ett ovanligt nederbördsrikt år varför bräddade andelar är större än normalt (Balmér, personlig kommunikation, maj 2001).

Biologisk behandling. Den del av avfallsflödet som inte avskiljs vid försedimenteringen går vidare till den biologiska behandlingen. Vi antar att hälften av avfallet som når aktivt-slam anläggningen bryts ned och att hälften bildar cellmassa och genererar slam som leds till rötningsanläggningen tillsammans med slammet från försedimenteringen. Slammets innehåll av torrsubstans kan delas in i en organisk del som benämns glödförlust och en oorganisk del som benämns glödrest. Vi beräknar vidare, efter samråd med Peter Balmér, Gryaab, att det åtgår 1.4 kg O₂/kg glödförlust för nedbrytningen av avfallet och att elförbrukningen för luftning motsvarar 3.6 MJ/kgO₂.

Kemisk behandling. Ingen påverkan på den kemiska fällningen i form av ökad förbrukning av fällningskemikalier förutsätts. Stöd för detta ger litteraturstudier av Lagerkvist och Karlsson (1983).

Utgående vatten. Det nermalda avfallet förväntas avskiljas/brytas ned relativt lätt i reningsverkets mekaniska och biologiska processer. Dessutom gynnar tillförseln av matavfallet fosforreduktion (Lagerkvist och Karlsson, 1983; Nilsson et al. 1987). Detta sammantaget gör att systemet med köksavfallskvarnar inte i normalfallet förutsätts bidra till utsläpp av BOD eller fosfor till följd av belastningen från matavfallet (effekterna av ökade fosfor utsläpp redovisas i figur 3.10). Vi antar heller inte att belastningen från matavfallet ger några utsläpp av kväve i utgående vatten. Visserligen kommer den ökade mängden rötslam ge ett ökat kväveflöde till reningsverket via rejektvattnet. Vi antar dock att denna belastning kompenseras av att inkommande mängd organisk substans i form av matavfall ger en ökad denitrifikation.

Slambehandling. Avfallet som avskiljs i försedimenteringen och likaså det överskottsslam som bildas i aktivt-slamsteget antages bestå till 80% glödförlust och 20% glödrest. Merparten av glödförlusten omvandlas till biogas via rötning. Enligt Nilsson *et al.* (1990) genereras 0.6 m³ biogas per inkommande kg glödförlust. Energiutvinningen från biogasen antas vara 6.1 kWh/m³ och biogasen nyttjas för att driva en gasmotor som ger 33% el och ca 50% värme. Av den teoretiska energin i biogasen tappas ca en sjättedel i form av förluster (P. Balmér, Gryaab, personlig kommunikation, december, 2000). Av slamfraktionen som härstammar från det nermalda matavfallet antas 70%, mätt som torrsubstans, omvandlas till biogas vid rötning. Detta antagande bygger på resultat från rötning av hushållsavfall där ca 30% av inkommande mängd torrsubstans återfinns i rötresten (M. Edström, JTI, personlig kommunikation, februari, 2001).

Förbränning och transport av aska

Matavfall som hamnar i brännbar fraktion förs till Sävenäs förbränningsanläggning. Vid Sävenäs nyttjas tre ugnar för att förbränna hushållsavfall. Dessa ugnar har ångpannor som producerar ånga. Till anläggningen finns dessutom två ångturbiner med var sin generator och mottryckskondensator, för att ur avfallet utvinna energi i form av elektricitet och fjärrvärme. Vid förbränningen används 0.14 MJ el per kg avfall (Renova, 2000a). Effektivt värmevärde vid förbränning av matavfall kan uppskattas till 4.4 MJ/kg (Olofsson, 1998).

Aska från förbränningen transporteras till Tagene deponi. Avståndet dit är 13 km och transporten sker med lastbil med släp, som har en lastkapacitet på 25 ton och en

dieselförbrukning på 0.7 liter/km (K. Odenhage, Renova, personlig kommunikation, november, 2000).

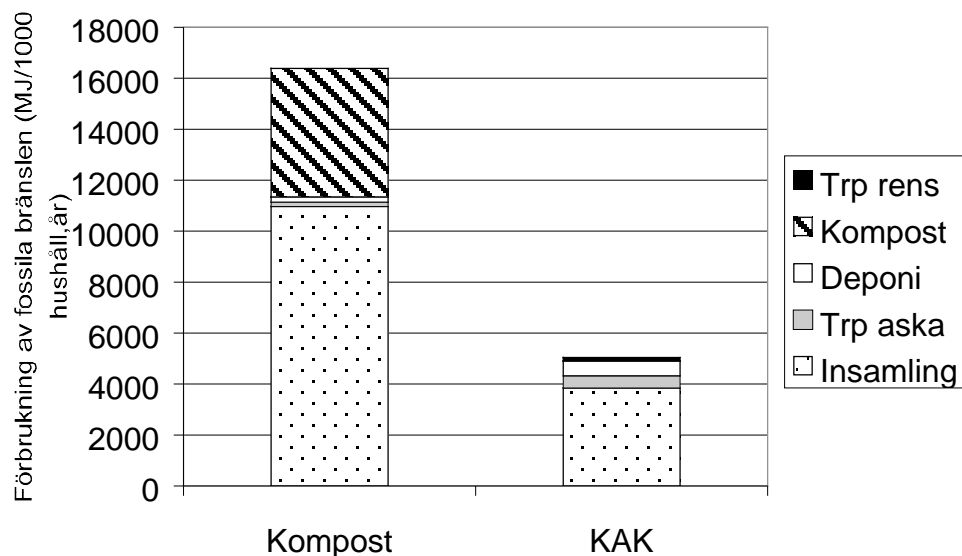
Deponi

Tagene deponi har en dieselförbrukning på 0.032 MJ per kg mottagen slagg (Renova, 2000b). Ingen biologisk aktivitet förväntas ske i deponien och därför inga luftutsläpp i form av t ex metan eller koldioxid. Det lakvatten som genereras leds till Ryaverket.

Resultat

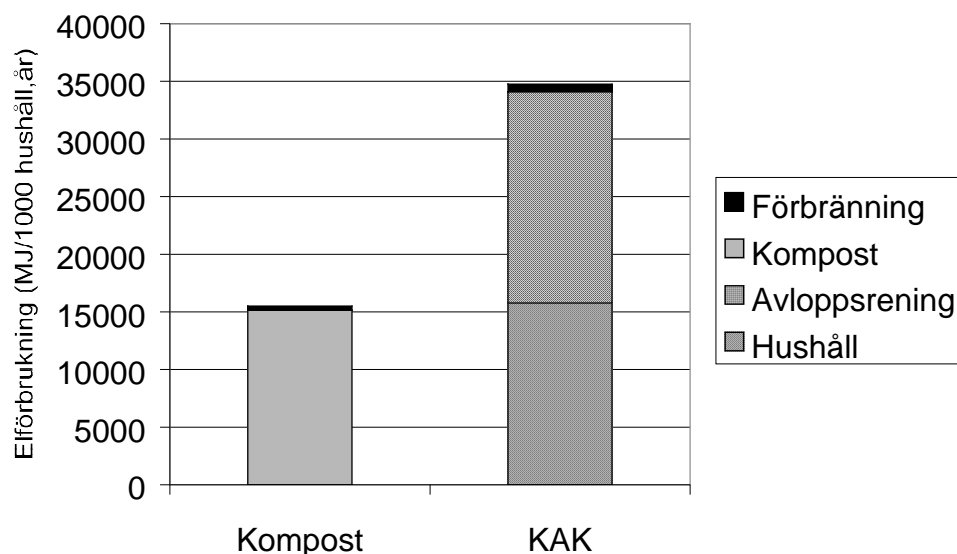
Energianvändning

Förbrukningen av fossila bränslen domineras av insamling och transport av matavfall (figur 3.3) Denna del av stapeln består av både förbrukning av naturgas och diesel eftersom bilar med olika drivmedel deltar i insamlingen. Det näst största bidraget till oljeförbrukningen står komposteringen för, där avfallet förflyttas med hjullastare. Kompostalternativet har den högsta totala förbrukningen av fossila bränslen beroende på att här insamlas hela mängden matavfall med sopbil, medan systemet med köksavfallsquvarnar endast har insamling av det matavfall som inte mals ned utan istället hamnar i restavfallet. För att den låga förbrukningen av fossila bränslen som redovisas i figur 3.3 skall uppträda krävs att köksavfallsquvarnar införs renodlat i områden, så att ingen insamling av källsorterat matavfall behöver ske i dessa områden.



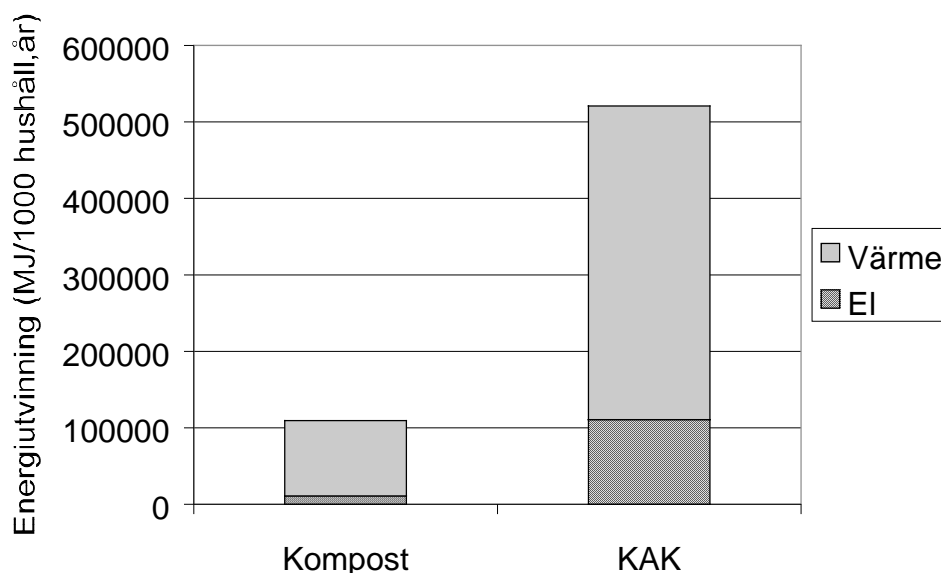
Figur 3.3 Förbrukning av fossila bränslen. (Kompost = det renodlade komposteringsystemet, KAK = systemet med köksavfallsquvarnar, 1 MJ är ca 0.28 kWh)

Systemet med köksavfallsquvarnar använder drygt dubbelt så mycket el som kompostsystemet (figur 3.4). I KAK-alternativet är den största elförbrukningen relaterad till luftning vid reningsverket och det näst största bidraget består av hushållens användning av köksavfallsquvarnen. Den största elförbrukningen i kompostalternativet är cirkulationen av luft för komposteringsprocessen.



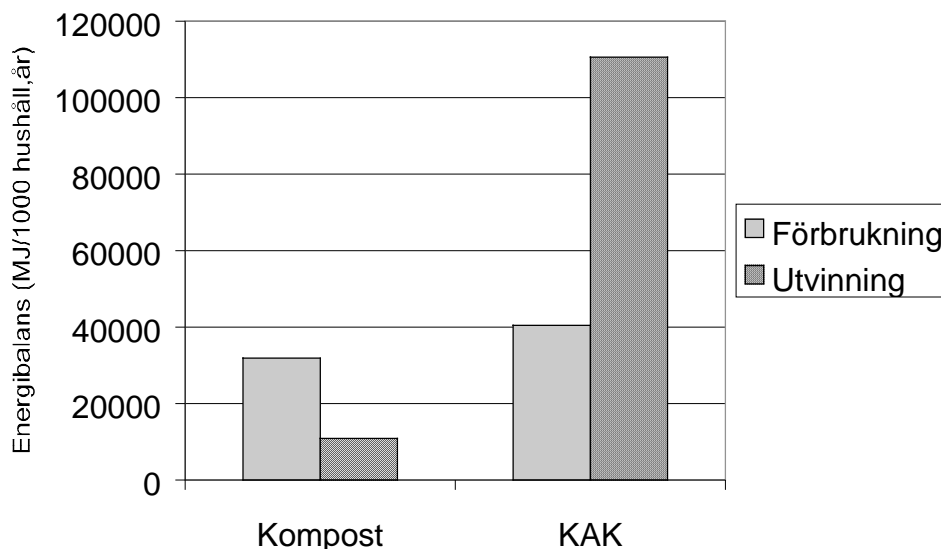
Figur 3.4 Elförbrukning (1 MJ är ca 0.28 kWh)

Ur matavfall kan energi utvinnas i form av biogas och värme. Systemet med köksavfallsquvarnar är förmånligt ur denna synvinkel, genom att en betydande andel av det nermalda avfallet förs till Ryaverkets rötningskammare. Här produceras biogas som används för att producera el och värme (figur 3.5). Vid förbränningen av det felsorterade matavfallet vid Sävenäs utvinns också el och värme. Kompostalternativets enda energiutvinningen kommer från förbränning, medan alternativet med köksavfallsquvarnar innehåller energiutvinning vid reningsverkets biogasanläggning och vid förbränning av "felsorterat" material. Observera att skalan skiljer sig mellan figur 3.4 och 3.5.



Figur 3.5 El och värmeutvinning (1 MJ är ca 0.28 kWh)

I figur 3.6 redovisas en energibalans där förbrukning och utvinning av högvärdiga energislag jämförs. Med högvärdiga energislag menas här el och fossila bränslen. Summeringen har gjorts "MJ för MJ", ingen kvalitativ skillnad mellan el och fossila bränslen har antagits. Jämförelsen i figur 3.6 faller ut till fördel för systemet med köksavfallsquvarnar, där energibalansen är positiv. I komposteringsystemet är energibalansen negativ och detta beror främst på att komposteringen inte innehåller någon energiutvinning.

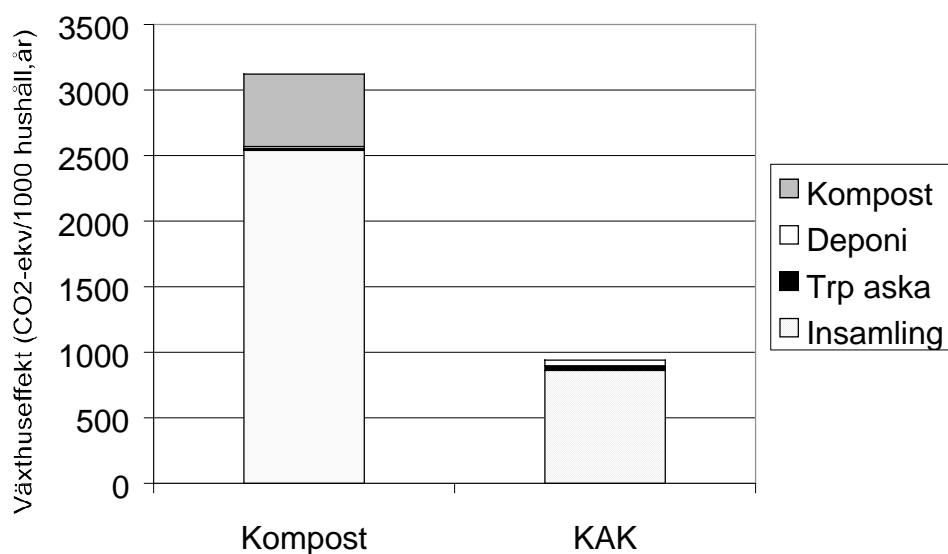


Figur 3.6 Energibalans. "Förbrukning" innehåller olje- och elförbrukning och "Utvinning" innehåller utvinning av el. Observera att utvinning av värme ej är inräknad i "Utvinning" (1 MJ är ca 0.28 kWh).

Utvinningen av värme finns inte redovisad i figur 3.6, eftersom detta är en form av energi som har lägre kvalitet än biogas, el och olja. Figur 3.5 visar dock att det i alternativet med köksavfallsquvarnar även utvinns mer värme än i det renodlade komposteringsalternativet.

Växthusgaser och försurande utsläpp

Utsläppen av växthusgaser i de två alternativen är främst förknippade med utsläpp från diesel- och naturgasdrivna fordon, vilket medför att denna kategori i stort sett följer figur 1 – förbrukning av fossila bränslen. Även i detta avseende är alternativet med köksavfallsquvarnar fördelaktigt genom att det innehåller färre vägtransporter än kompostalternativet (figur 3.7). Förutsättningen är dock precis som i figur 3.3 att köksavfallsquvarnar införs renodlat i sammanhängande områden.

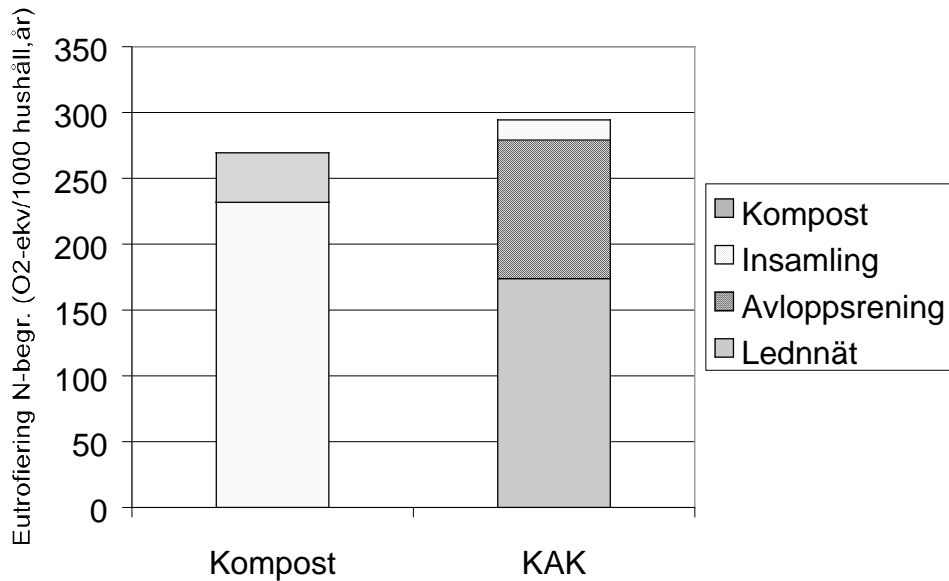


Figur 3.7 Potentiell växthuseffekt beräknad som CO₂-ekvivalenter. Bidragen har viktats enligt: CO₂ = 1 (endast CO₂ av fossilt ursprung medräknas), CH₄ = 24.5 och N₂O = 320 (Nord, 1995).

Potentiell påverkan på försurning beräknas som H⁺-ekvivalenter per utsläppt kg NO_x, SO₂, och NH₃. Vikterna NO_x = 22, SO₂ = 31, NH₃ = 59 har använts (Nord 1995). utsläppen kommer från fordonstransporter samt från kompostering av matavfall. Beräkningen visar på en påverkan per 1000 hushåll och år motsvarande 1290 H⁺-ekvivalenter för komposteringssystemet och 70 H⁺-ekvivalenter för KAK-systemet. En viktig orsak till den stora skillnaden mellan systemen är lägre utsläpp av NO_x i KAK-systemet på grund av den potentiella minskningen av insamlingstransporter. En annan viktig orsak är den antagna ammoniakavgången som endast finns i komposteringssystemet.

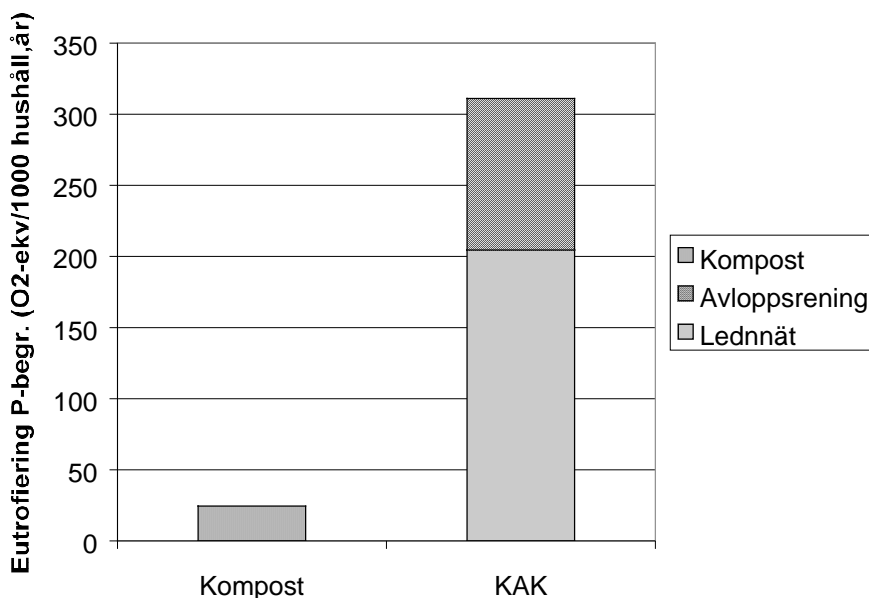
Eutrofiering

De två alternativen genererar likvärdiga mängder eutrofierande utsläpp vid en kvävebegränsad recipient (figur 3.8). Utsläppen av NO_x från insamling dominerar de eutrofierande utsläppen från avfall. Det andra betydande bidraget till eutrofiering i kompostalternativet kommer också från NO_x utsläpp, nämligen från oljeanvändning vid komposteringen. I KAK-alternativet kommer huvudsakligen de eutrofierande utsläppen från bräddning och nödutlopp i ledningsnätet. Utsläppen från reningsverket beräknas uteslutande bestå av bräddningar efter försedimenteringen, då inkommande matavfall från KAK-systemet inte beräknas medföra några utsläpp av eutrofierande ämnen efter normal rening. Insamling av matavfall som hamnar i restavfallet ger upphov till det näst största bidraget till eutrofiering i KAK-alternativet.



Figur 3.8 Beräknad maximal syreförbrukning vid kvävebegränsad recipient. Bidragen har viktats enligt: $BOD_7 = 1$ och N till vatten och luft = 20 (NH_4 till vatten ges utöver detta vikten 3.6 och NH_3 till luft vikten 3.8 på grund av deras bidrag till syreförbrukning vid nitrifikation).

Vid en fosforbegränsad recipient bidrar endast utsläpp av fosfor, BOD_7 och ammonium/ammoniak (primär syreförbrukning) till effektkategorin eutrofiering (figur 3.9). Komposteringssystemet är mycket fördelaktigt i ett fosforbegränsat fall, eftersom systemet inte förutsätts generera några direkta utsläpp till vatten.



Figur 3.9 Beräknad maximal syreförbrukning vid fosforbegränsad recipient. Bidragen har viktats enligt: $BOD_7 = 1$, P = 140 och $NH_4 = 3.6$ och $NH_3 = 3.8$ (NH_4 och NH_3 bidrar endast via nitrifikation).

De eutrofierande utsläppen från Göteborg påverkar primärt Göte Älvs mynning, vilken har bedömts vara fosforbegränsad (Vänersborgs Tingsrätt, 2000). Sekundärt påverkar också utsläppen i Göteborg Kattegatt. Kattegatt bedöms vara kvävebegränsat (Naturvårdsverket, 2001). Vad gäller övriga hav runt Sverige så bedöms egentliga Östersjön (d.v.s. Östersjön söder om Ålands hav) vara kvävebegränsad. Bottenviken bedöms vara fosforbegränsad medan Bottenhavet har en god balans mellan nitrat- och fosfathalter i vattnet. Varken Bottenhavet eller Bottenviken har några egentliga eutrofieringsproblem (Naturvårdsverket, 2001).

Restprodukternas kvantitet och kvalitet

I alternativet med kompostering beräknas mängden torrsubstans (TS) minska med ca 60% vid komposteringen och genererad mängd färdig kompost förväntas bli 23 gTS/pers, dygn.

I alternativet med köksavfallskvagnar avskiljs ca 22 g TS/person, dygn i form av slam från reningsverket som härstammar från nermalt matavfall, vilket är en minskning med ca 70% jämfört med mängden TS i nermalt avfall. Om 50% av Göteborgs hushåll skulle använda köksavfallskvagnar beräknas ökningen av slam (mätt som TS) bli ca 10%. Ökningen av mängden slam kan ge ett ökat avsättningsproblem, om inte slammet kan nyttjas som gödselmedel.

Behandlat matavfall är en potentiell gödselprodukt under förutsättning att kvaliteten på produkten är god och att produkten accepteras. I komposteringsalternativet kan komposten återvinnas medan slammet från avloppsreningsverket kan återvinnas i alternativet med köksavfallskvagnar. I tabell 3.3 redovisas Ryaverkets slamkvalitet från år 1999 samt förväntad kvalitet då köksavfallskvagnar är påkopplade från 50% av Göteborgs hushåll.

Tabell 3.3 Avloppsslammets sammansättning med och utan köksavfallskvagnar

	Avloppsslam från Ryaverket 1999 (Gryaab, 2000)	Matavfall från KAK (50% av Göteborgs invånare)	Avloppsslam med matavfall. Andel från KAK inom parentes.
Torrsubstans (ton, år)	15920	1600	17500 (7.2%)
Totalkväve (ton, år)	510	20	529 (3.8%)
Totalfosfor (ton, år)	415	23	438 (5.6%)
Kadmium (kg, år)	21	0.40	22 (1.9%)
Bly (kg, år)	695	53	748 (7.6%)
Koppar (kg, år)	6140	124	6264 (2.0%)
Kvicksilver (kg, år)	14	0.10	14 (0.7%)

I tabell 3.3 förutsätts att ca 30% av inkommande mängd TS från matavfall hamnar i slammet. De andelar av olika ämnen som fastläggs i slammet antages vara lika för matavfall som för avloppsvatten, i enlighet med Gryaab (2000). Andelarna som hamnar i slammet är för kväve = 16%, kadmium = 52%, bly = 87%, koppar = 61% och kvicksilver = 60%. Allt fosfor som når Ryaverket, förutom den mängd som bräddas ut till recipient efter försedimenteringen, antas hamna i slammet.

I den färdiga komposten från Marieholm beräknas 40% av mängd torrsbstans från inkommande mängd avfall kvarstå (Sonesson, 1996), 85% av kväve (Dalemo och Oostra, 1996), samt 99% av varje av ämnena totalfosfor, kalium, kadmium, koppar och kvicksilver (Sonesson, 1996).

I tabell 3.4 visas hur mycket tungmetaller som respektive restprodukt beräknas föra med sig ut på åkermark om fosforgivorna 8 kgP/ha, år respektive 20 kgP/ha, år tillämpas. Den lägre givan är vanlig vid växtföljd: korn, vall, vall, höstvetete, havre, höstvetete i Götalands och Svealands slättbygder.

Tabell 3.4 Tungmetallflöden till åker vid användning av restprodukter som gödselmedel.

Metall	Gränsvärde år 2000, SNFS (1994:2)	Kompost (g/ha,år) 8 kgP/ha,år	Kompost (g/ha,år) 20 kgP/ha,år	KAK (g/ha,år) 8 kgP/ha,år	KAK (g/ha,år) 20 kg/ha,år
Kadmium	0.75	0.27	0.68	0.40	1.0
Bly	25	21	53	14	34
Koppar	300	70	180	110	290
Kvicksilver	1.5	0.06	0.65	0.26	0.64

Beräkningarna av restprodukternas kvalitet visar att både komposten och slammet har tillräckligt god kvalitet med avseende på tungmetaller för att spridas på åkermark vid givan 8 kgP/ha, år. Vid en högre giva, här 20 kgP/ha, år överskrider gränsvärdena för bly i kompostalternativet och för kadmium och bly i KAK-alternativet.

Påverkan från hantering av matavfall jämfört med samhällets totala påverkan

Materialflödesanalysen har hittills givit resultat kring miljöpåverkan och energianvändning i form av jämförelser mellan alternativen central kompostering och köksavfallskvarnar. Man bör dock vara uppmärksam på vilka miljöeffekter som systemen ger stora bidrag till, och lägga störst vikt vid dessa. Ett sätt sortera ut de viktiga aspekterna är att relatera påverkan från de studerade systemen till samhällets totala påverkan på olika miljöeffekter. I tabell 3.5 görs en sådan jämförelse.

Tabell 3.5 Miljöpåverkan från hantering av matavfall i förhållande till samhällets totala påverkan utslaget per invånare ansluten till Kompost- respektive KAK-alternativet

Effekt	Samhällets totala påverkan	Kompost	KAK
Förbrukning av el och fossila bränslen (MJ/pers, år) ¹	160000	18 (0.01%)	22 (0.01%)
Utvinning el och värme (MJ/pers, år) ¹	160000	63 (0.04%)	240 (0.15%)
Växthusgaser CO ₂ -ekvivalenter (kg/pers, år) ²	8500	1.8 (0.02%)	0.54 (0.01%)
Försurning H ⁺ -ekv (mol/p, år) ²	1400	0.75 (0.05%)	0.04 (0.003%)
NO _x till luft (kg/pers, år) ²	32	0.024 (0.07%)	0.0027 (0.01%)
Kväve till hav (kg/pers, år) ³	9.8	0	0.0042 (0.04%)
Fosfor till hav (kg/pers, år) ³	0.28	0	0.00073 (0.26%)
Kadmium till hav (mg/pers, år) ³	200	0	0.93 (0.47%)
Bly till hav (mg/pers, år) ³	1500	0	20 (1.3%)
Koppar till hav (mg/pers, år) ³	6000	0	200 (3.3%)
Kvicksilver till hav (mg/pers, år) ³	70	0	0.16 (0.24%)

1) Data över Sveriges slutliga energianvändning för energiändamål inom landet hämtat från SCB (1999)

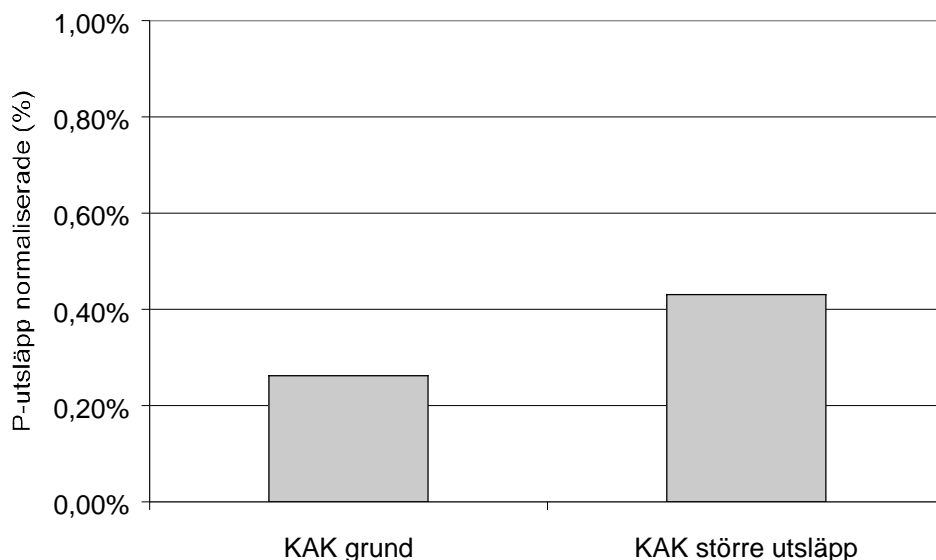
2) Data för Samhällets totala påverkan hämtat från SCB, omräkningar från Kärrman (2000).

3) Data för Samhällets totala påverkan hämtat från SCB (1996)

Tabell 3.5 visar att miljöpåverkan är liten från hanteringen av matavfall, oavsett om kompost- eller KAK-system väljs. Den högsta relativa påverkan kommer från koppar till vatten (3.3% av samhällets totala påverkan). Tungmetaller är i stor utsträckning partikelbundna och det är osäkert om verkligen så stor andel av tungmetallflödena hamnar i utgående vatten som tabell 3.5 visar. Studier av tungmetallinnehåll i matavfall och fördelning av tungmetaller i fast- och vätskefas i reningsverk vid KAK-system är viktiga frågor för fortsatt FoU.

Den högsta beräknade påverkan förutom tungmetallflöden till vatten förväntas vara fosfor till vatten från systemet med köksavfallskvarnar. Fosforutsläppen består helt och hållet av bräddning från ledningsnätet samt bräddning efter försedimentering i reningsverket. Inga utsläpp av fosfor som härstammar från det nermalda avfallet efter reningsverket förutsätts i vårt grundscenarie.

Det är här på sin plats att studera hur mycket värre situationen kan bli om utsläppen av fosfor blir högre än väntat, d.v.s. om inte fosfor från normalt avfall avskiljs så lätt som vi har antagit i grundscenariet. Figur 3.10 visar ett scenario där koncentrationen av fosfor i utgående vatten, relaterat till matavfallet, antas vara lika stort som koncentrationen av fosfor i ”vanligt” utgående renat avloppsvatten från Ryaverket (Gryaab, 2000). Denna koncentration var år 1999 i medelhalt 0.34 mg/l.



Figur 3.10 Fosforutsläpp från system med köksavfallsquvarnar normaliserade mot samhällets totala utsläpp av fosfor till hav. Två scenarier för system med köksavfallsquvarnar redovisas; *KAK-grund* där inga fosforutsläpp efter reningsverk antages och *KAK större utsläpp* där utgående vatten från reningsverket innehåller 0.34 mgP/l analogt med Ryaverkets årsmedelvärde för behandling av avloppsvatten år 1999.

Scenariot ”KAK större utsläpp” i figur 3.10 kan betecknas som ett högt tilltaget resultat, närmast ett ”värsta fall”. Trots detta fås endast ett totalt utsläpp som är lägre än en halv procent av samhällets påverkan i stort utslaget per invånare.

År 1999 släpptes ca 2.3 kg kväve och 0.07 kg fosfor per personekvivalent ut via utgående vatten från Ryaverket (Gryaab, 2000). Om KAK-systemet skulle införas i 50% av Göteborgs hushåll skulle enligt våra grundantaganden utsläppen av kväve till vatten från avloppssystemet öka med 0.2% och utsläppen av fosfor med 1.0% enligt ”KAK grund” och 1.7% enligt ”KAK större utsläpp”.

Diskussion

Materialflödesanalysen visar att såväl kompost som slam har tillräcklig kvalitet för att användas som gödselmedel för en fosforgiva på 8 kg P/ha,år. Det bör dock påpekas att källsorterat komposterat matavfall tillåts av EU för ekologisk odling, men inte slam. Separat hantering av matavfall kan också betraktas vara lättare att kvalitetssäkra eftersom fraktionen hanteras separat och inte blandas med andra flöden. I avloppssystemen, å andra sidan, blandas flöden från hushåll, dagvatten, industrier och verksamheter, vilket medför att kvalitetssäkring försvåras.

Normaliseringen mot samhällets totala påverkan visar att miljöeffekterna är relativt små från hanteringssystemen för matavfall. Detta garanterar dock inte att miljöeffekterna innebär små kostnader för samhället. Ett förslag på en djupare studie kan vara att ekonomiskt analysera miljöpåverkan i form av kostnader för restaurering av luft- och vattenrecipienter. I Göteborg har man beräknat marginalkostnaden för åtgärder som minskar avledning av fosfor till vattendrag. Kostnaden varierar beroende på vilka åtgärder som görs, var åtgärderna sätts in och i vilken omfattning. I samband med miljöprovning för Ryaverket år 2001 redovisas en marginalkostnad på 600 kr per kg fosfor som är relaterad till utbyggnaden av ett sandfilter. Genom att minska relativt rent läck- och dränvattenflöde från ledningsnätet bedöms avledningen av fosfor kunna minskas. Kostnaden för dessa åtgärder hamnar på ca 30 000 kr per kg fosfor (Göteborgs va-verk, 1993) Enligt vår analys bidrar varje KAK-ansluten person med 0.7 g extra fosfor per år till recipienter, vilket alltså skulle generera en årskostnad på mellan 0.4 och 21 kr/pers, år.

Svårigheter dyker dock upp om fosforutsläppen skall jämföras med en global effekt om t ex växthuseffekten. Vad är en minskning från 1.8 kg till 0.33 kg CO₂-ekvivalenter värd? Det är högprioriterat internationellt sett att komma till rätta med växthuseffekten, men problemet ligger i framtiden så det oerhört svårt att beräkna den ekonomiska vinsten av en åtgärd som görs idag för att lindra ett problem i framtiden. Azar och Sterner (1996) presenterade en marginalkostnad på 260-590 USD/ton C beroende på om tidshorisonten 300 eller 1000 år väljs. Undvikandet av utsläpp av 1.5 kg koldioxid skulle härmed betyda en besparing på 1-2 kr/pers, år.

3.3 Materialflödesanalys för hantering av matavfall från storkök

Genomförande och funktionell enhet

Studien avser en jämförelse av två alternativ för hanteringen av matavfall från Svenska Mässans storkök i Göteborg; 1) insamling för central kompostering och 2) nermalning av avfallet i storkökskvarnar, där en andel av matavfallet sedimenterar i fettavskiljare och en andel transporteras via avloppssystemet till Ryaverket. Även andelen matavfall som avskiljs i fettavskiljaren förs till Ryaverket via slamsugningsbil.

De två alternativen är analoga med de två studerade alternativen för hanteringen av matavfall från hushåll (avsnitt 3.2) men det finns några avgörande skillnader. Storkök i Göteborg har krav på sig att installera fettavskiljare före avloppsvattnet leds till det allmänna nätet. Vid installation av storkökskvarnar kommer merparten (ca 70% räknat som TS) av det nermalda avfallet att sedimentera i fettavskiljaren. Effekten blir att fettavskiljaren måste slamsugas ofta och att en relativt liten andel av matavfallet i leds till avloppsnätet.

I materialflödesanalysen avgränsas beräkningarna till det nermalda matavfallet. Fettet som avlägsnas i fettavskiljarna ingår inte i beräkningarna eftersom detta i huvudsak ej antas vara förknippat med det nermalda matavfall.

Storkökskvarnar infördes i Östra sjukhusets kök i Göteborg år 1991. En uppföljning av systemet genomfördes år 1994 (Velandar 1994). I materialflödesanalysen används till stor del data från denna rapport. Svenska Mässans kök är liksom Östra sjukhusets en stor måltidsproducent. Velandar (1994) beräknade att Östra sjukhuset årligen genererar

60 ton matavfall. Efter lite beräkningar tyder dock Velanders analyser av avskilt material och utgående vatten från fettavskiljare att i praktiken endast 48 ton matavfall mals ned i kvarnarna. Svenska Mässan uppskattade att man år 1999 genererade 44 ton matavfall vilket alltså är i närheten av verklig mängd vid Östra sjukhuset (För enkelhetens skull antar vi här att allt detta matavfall kan malas med storkökskvarn). En skillnad mellan de bägge storköken är dock att belastningen är mer jämn från en dag till en annan vid Östra sjukhuset (där dagligen ca 700 patienter vårdas), medan belastningen varierar mycket vid Svenska Mässan beroende på storleken och typen av evenemang som mässhallen för tillfället arrangerar.

Funktionell enhet för jämförelsen är ”omhändertagande av 48 ton matavfall från storkök under ett år”.

Systemgräns

De analyserade systemen avgränsas enligt:

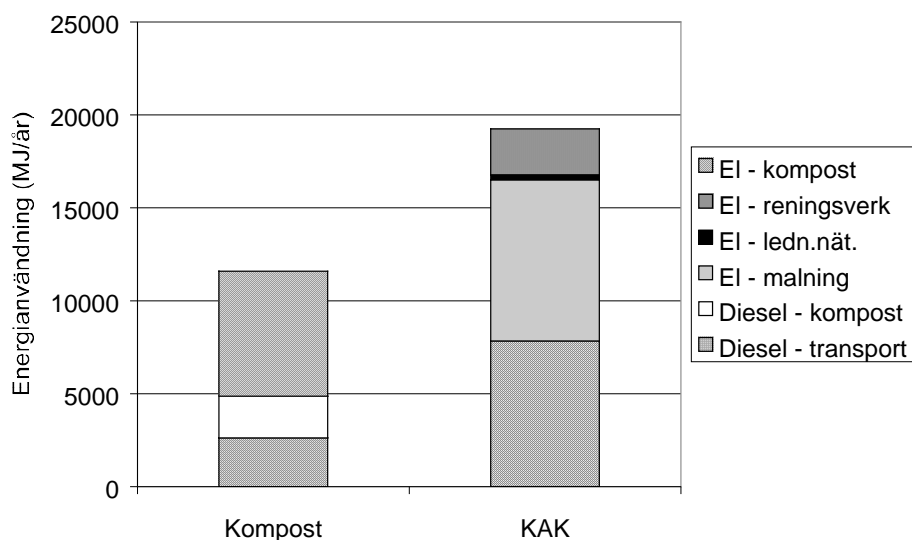
- Hantering av matavfall i storkök
- Transport av matavfall och slam till behandlingsanläggning
- Behandling

Studien av storkök är mer summariskt genomförd än studien av hushållskvarnar och är endast utförd som en jämförande studie mellan de två alternativen (ingen jämförelse med samhällets totala påverkan har gjorts). De miljöaspekter som har studerats är energianvändning, energiutvinning samt potentiell påverkan på växthuseffekt och eutrofiering. Förutsättningarna vad gäller tekniska system såsom transporter, kompostering, energiutvinning och effekter på avloppssystemet är de samma som i hushållsstudien om inte annat anges.

Resultat

Energianvändning

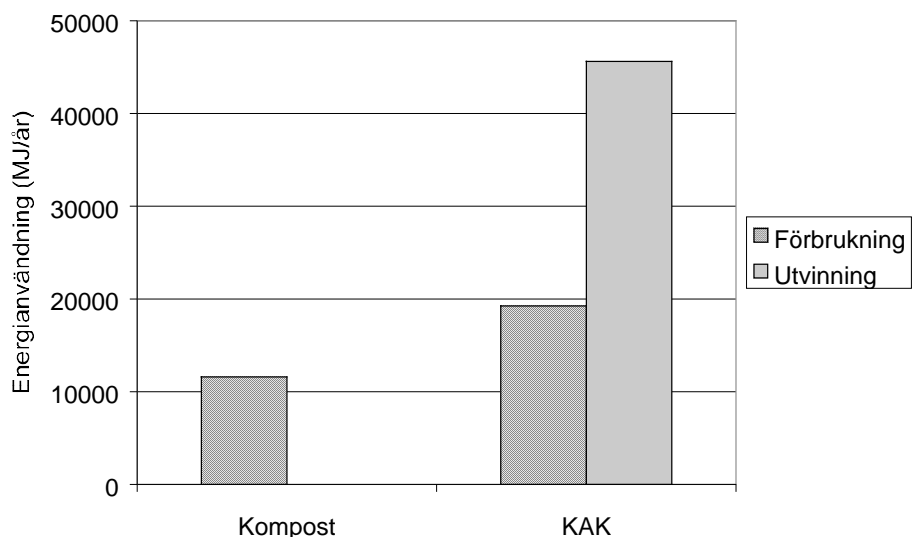
I figur 3.11 redovisas förbrukningen av el och fossila bränslen i de två alternativen.



Figur 3.11 Energianvändning – förbrukning av el och fossila bränslen relaterat till hantering av 48 ton matavfall per år (1 MJ är ca 0.28 kWh)

Precis som i hushållsstudien så är energianvändningen högre i kvarnalternativet än i kompostalternativet (figur 3.11). I storköksalternativet domineras dock inte förbrukningen av fossila bränslen för insamling och processer i reningsverket. Istället är det komposteringsprocessen som står för den största energianvändningen i kompostalternativet, medan insamlingen kräver en mindre andel. I alternativet med köksavfallsquvarnar står elförbrukningen vid nermalningen för den största andelen av energianvändningen.

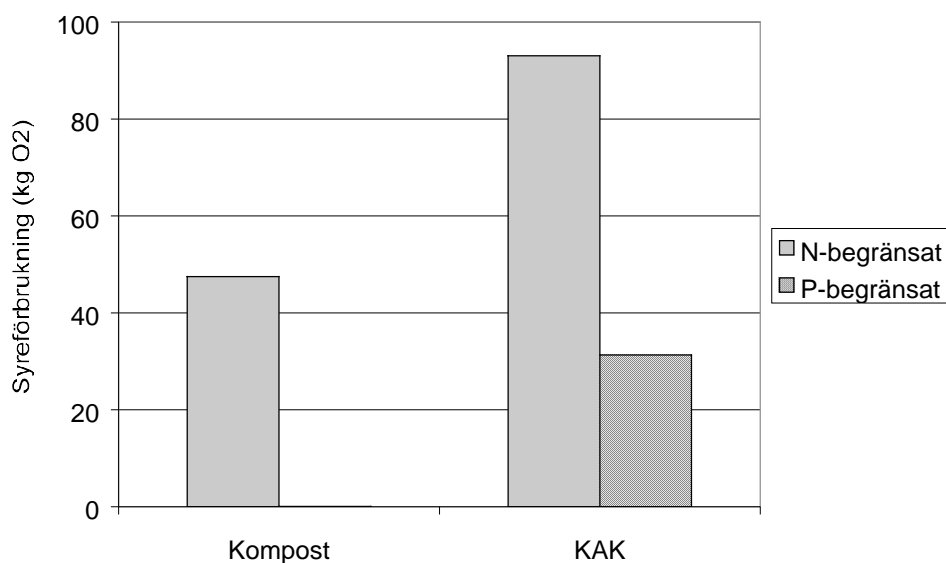
I figur 3.12 jämförs energianvändningen med utvinningen av höggradig energi i form av el från biogas.



Figur 3.12 Förbrukning av el och fossila bränslen samt elproduktion från utvinning av biogas, relaterat till 48 ton matavfall per år (1 MJ är ca 0.28 kWh)

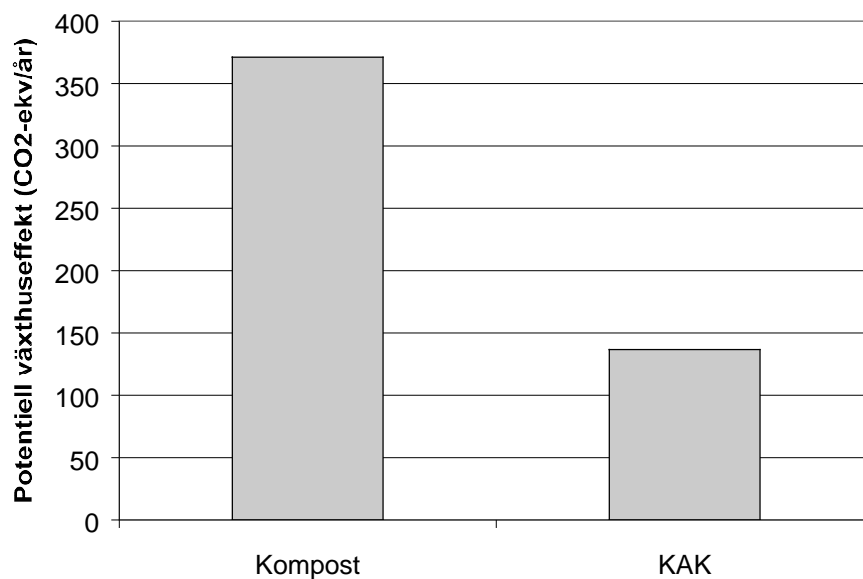
Alternativet med storkökskvarnar innehåller biogasproduktion från rötning av slam från fettavskiljarna samt slam som når reningsverkets biogasanläggning via ledningstransport. Figur 3.12 visar att köksavfallskvarnsalternativet innebär att mer än dubbelt så mycket höggradig energi (el) utvinns jämfört med vad som förbrukas i form av el och fossila bränslen.

Figur 3.13 redovisar alternativens potentiella påverkan på eutrofiering för kvävebegränsad respektive fosforbegränsad recipient. Alternativet med kvarnar bidrar till större påverkan i både kväve och fosforbegränsat alternativ än kompostalternativet. Den avgörande skillnaden är att kvarnalternativet innehåller direkta utsläpp till vatten via bräddningar.



Figur 3.13 Potentiell eutrofiering vid kväve- och fosforbegränsad recipient, relaterad till hantering av 48 ton matavfall per år

Figur 3.14 visar potentiell påverkan på växthuseffekt. Här påverkar kompostalternativet mer än kvarnalternativet. Detta på grund av att kompostalternativet innehåller mer bilburen transport än kvarnalternativet.



Figur 3.14 Potentiell växthuseffekt, relaterad till hanteringen av 48 ton matavfall per år

Diskussion

Avfallskvarnar kan vara en arbetsmiljömässigt intressant lösning för storkök. Materialflödesanalysen visar också att systemet har positiva sidor ur miljösynpunkt. Det kan dock konstateras att ”torr” insamling också tycks vara ett intressant alternativ ur miljösynpunkt (jämför användningen av diesel för transport i de två systemen i figur 3.11). Nackdelen med komposteringssystemet är att ingen energiutvinning sker. En slutsats av detta kan vara att det finns en god potential för att utveckla system med avfallskvarnar som transporterar malt avfall torrt (eller med små mängder vatten) till en lokal uppsamlingsstation för vidare transport till en rötningsanläggning. Ett sådant system är alltså inte anslutet till avloppssystem. Utveckling av den här typen av system pågår. En utmaning består i att på ett energisnålt sätt transportera matavfallet från kvarnen till uppsamlingstanken.

4. Teknisk funktion

4.1 Kvarnen

Köksavfallskvarnar används för att mala ner den malbara delen av det matavfallet från enskilda hushåll och storkök, restauranger, livsmedelsbutiker och liknande verksamheter. Köksavfallskvarnar installeras direkt under diskhon eller som en separat enhet i storkök. Figur 4.1 visar en installerad köksavfallskvarn i drift samt en i genomskäring.



Figur 4.1 Köksavfallskvarn installerad under diskbänk och köksavfallskvarn i genomskäring

Avfallet matas ner i malkammaren samtidigt som vattenkranen sätts på. Avfallet hamnar på en roterande skiva som är försedd med 3-4 mm hål i periferin. I en kontinuerligt malande kvarn startas malningen med en strömbrytare. De vanligaste hushållskvarnarna i Sverige är dock satsvis malande som startas/stoppas genom att vrida på skyddsloket över kvarnens inmatningshål. Kvarnen river sönder inkommande material. Detta sker genom att det utanför den roterande delen sitter en sågtandad rivare som har en spaltöppning på 2 mm. Centrifugalkraften gör att avfallet slungas ut mot rivaren och pressas ut via hålen till utloppsledningen. Motoreffekten på köksavfallskvarnar för hushåll är 0.2-0.75 kW motorns varvtal är vanligen ca 1400 varv/min.

Endast organiskt avfall skall malas ned i köksavfallskvarnar och det finns också vissa matavfall som inte kan malas ned. Vid installationen av köksavfallskvarnar i Surahammar gick leverantören av kvarnarna och Surahammars KommunalTeknik AB

ut med ett gemensamt informationsmaterial kring användningen av en satsvis matad kvarn av typen In-Sink-Erator modell 97:

Vad som kan malas:

- Fiskrens, grönsaker, räk-, frukt-, potatis- och äggskal
- Mindre kött-, fågel- och fiskben
- Hushållspapper (ej vaxat) och kaffefilter
- Övriga ”mjuka” matavfall

Vad som inte kan malas:

- Senor och långa fiskskinn
- Grönsaker med långa fibrer t.ex. majscolv
- Grova köttben t.ex. kotlettben
- Stora mängder fett och deg

Vad som inte får stoppas/hällas i kvarnen:

- Explosionsfarliga ämnen
- Smittofarliga ämnen
- Kemikalier, mediciner, andra miljöfarliga ämnen
- Glas, plast, blöjor, tyg, snören o.dyl.
- Hett vatten (över 60° C)

Kvarnar för storkök kan ha motoreffekter på 0.75-10 kW. För närvarande pågår utveckling av storkökskvarnar med malning utan tillförsel av vatten. Detta utförande inkluderar vakuumenteknik och en uppsamlingstank. Dessa system är inte i första hand avsedda att kopplas direkt på spillvattennätet.

Uppmärksammade frågor kring kvarnens funktion är vad som går att mala i kvarnen, den hydrauliska funktionen i inomhussystemet samt ljudnivån vid användning av kvarnen.

Jenny Nilsson vid Mälardalens högskola genomförde malningsförsök med en köksavfallskvarn av modell Disperator Excellent 510, (Nilsson, 1999). Denna kvarn har effekten 0.75 kW och mal kontinuerligt med hastigheten 1400 varv/minut. Försöket visade att det är viktigt att tillföra ett vattenflöde om minst 6 l/min (0.1 l/s) under malningen för att så mycket material som möjligt skall passera kvarnen. Kvarnen användes i 30 sekunder per malning, vilket innebär en vattenförbrukningen på 3 liter per malningstillfälle. I examensarbetet studerades också den malda fraktionen. Via bildtolkning fann Nilsson att det malda avfallet inte bara förekommer som små partiklar. Rester av t ex lök återfanns i 5-6 cm stora bitar. Detta medför viss igensättningsrisk i efterföljande ledningskomponenter såsom vattenlås, rör och stammar (se vidare avsnittet ”Fastighetens rörinstallation”).

Vad gäller vattenförbrukning så visar alltså Nilsson (1999) att det går åt ca 3 liter vatten per malning. Från studier i Staffanstorp (Nilsson, 1990) och Surahammar (Karlberg och Norin, 1999) har dock ingen ökad vattenförbrukning eller ökad mängd avloppsvatten till reningsverket kunnat påvisas. I Nilsson *et al.* (1990) fann man till och med en minskad vattenförbrukning som förmodligen berodde på årstidsvariationer och att de boende blev allt mer hemmastadda i de nybyggda bostäderna.

Nilsson *et al.* (1990) mätte ljudnivån vid malning i Staffanstorp och fann att den tidens krav på bullernivåer i grannlägenhet uppfylldes med god marginal.

Ett inledande försök som föregick ett storskaligt införande i Surahammar visar att brukarna har vissa problem med kvarnarna under en inlärningsfas. I en enkätundersökning (Karlberg och Norin, 1999) angav 96% av de svarande att de var nöjda med kvarnarna men 22% svarade också att de hade haft vissa problem med kvarnarna. Oftast har det handlat om att fel saker hamnat i kvarnarna och att man har haft svårigheter med att avlägsna föremålen eller matrester.

Sammanfattningsvis så visar erfarenheterna att kvarnarna fungerar väl efter en inlärningsperiod. Det är dock av stor vikt att lämna tydlig information om vad som kan malas och vad som inte kan malas ned i kvarnen, samt hur man går till väga om ett icke malbart föremål hamnar i kvarnen. Införandet av kvarnar leder i allmänhet inte till störande buller för grannar och ökningen av vatten- och elförbrukning till följd av ett införande av köksavfallskvarnar är marginella. Se även avsnitt 2.2.

4.2 Fastighetens rörinstallation

I en litteraturstudie som föregick installationen av köksavfallskvarnar i Staffanstorp (Nilsson *et al.* 1987) fann man inte några studier kring rörinstallationer inomhus. Detta föranledde att en studie initierades där ett accelererat långtidsförsök genomfördes med en avfallsquvarn av typen Disperator modell 77 som installerades i en diskbänk och till ett vattenlås. Vattenlåset anslöts till en horisontell ledning Ø 50, längd 2200 mm och fall 10‰. Denna ledning var ansluten till en vertikal ledning Ø 75, längd 2700 mm. Den vertikala ledningen slutligen, var ansluten till en horisontell ledning Ø 110, längd 6000 mm och med fall 10‰. En provningscykel genomfördes med malning av matavfall genererade av 5 personer. Varje cykel tog 15 minuter och försöket gick ut på att simulera användningen av systemet i 15 år. De ingående rörkomponenterna besiktigades efter genomfört försök (5500 cykler). Man fann då en kraftig avsättning i 100 mm-röret vid kröken till det vertikala 75 mm-röret. Avsättningen bestod huvudsakligen av ”pappersmassa” och var på väg att lossna från rörväggen. I övrigt fann man en tillväxt på några få millimeter i 100 mm-ledningens vattenlinje och en tunnväggig avloppshud i 50 mm-röret (Nilsson *et al.* 1990). Långtidstestet pekade sammanfattningsvis inte på någon stor risk för igensättning.

I Surahammar hade 2000 köksavfallskvarnar installerats vid tiden för projektgruppens besök (2000-09-11). Av dessa installationer hade hittills 11 avloppsstopp i fastigheter och 5 stopp i serviser uppträtt (I. Carlsson, Surahammars KommunalTeknik AB, personligt meddelande, september 2000). Det är dock inte säkert att stoppen orsakades av normalt avfall. För att undvika stopp i vattenlås installerar man numera aldrig vattenlås med 90 graders krökar, utan använder istället en ”rundad” design. Vid installation i byggnader från 1950-talet och äldre kräver man att stambyte har genomförts.

Med ett rörsystem i god kondition och undvikande av 90 graders krökar så kan man sammanfattningsvis räkna med att minimala problem med igensättningar. Ett införande av köksavfallskvarnar ökar förmodligen igensättningsproblemen i vattenlås, ledningar och serviser en aning jämfört ”vanligt” hushållsvatten. Förebyggande åtgärder i

form av väl lagda ledningar utan bakfall och undvikande av 90 graders krökar minimerar problemen.

4.3 Det allmänna avlopps nätet

Ett av huvudargument för den restriktiva hållningen mot köksavfallskvarnar i Sverige har varit konsekvenserna för ledningssystemet. I en PM till VAVs rörnätskommitté (Kihlberg, 1999) framhålls att man bör tänka långsiktigt innan man släpper fritt installationerna av köksavfallskvarnar. Det man bör överväga är framförallt:

- Ökad risk för stopp framförallt i rörledningar inom fastighet men också i svackor och vid alltför svag lutning i det allmänna nätet
- Nedbrytning av det lättnedbrytbara biologiska avfallet börjar redan i ledningsnätet vilket leder till svavelvätebildning (som är en giftig och illaluktande gas) och också svavelsyra som är aggressiv mot betongen i rörgodset
- Ledningssystemet drar till sig råttor då en ökad mängd matavfall transporteras i ledningarna
- Hushållen utrustas med ett nytt "hål" där kemikalier och läkemedel kan dumpas
- Ökade utsläpp av orenat vatten i kombinat system via bräddning
- Hög total systemkostnad – vem betalar?

Aspekterna som gäller stopp och i viss mån också nedbrytning av organisk substans i ledningsnätet är främst en fråga om tillräcklig lutning på avloppsledningarna. I början av 1970-talet initierade USAs naturvårdsverk (EPA) studier för att säkerställa en robust transport av malt avfall i ledningarna. Man kom då fram till att hastigheten för självrensning bör vara större än 0.76 m/s och att andelen avfall bör vara mindre än 0.5-1.5 vikts-% TS (Nilsson *et al.* 1987). Denna självreningshastighet är emellertid framtagen utifrån amerikanska förhållanden där även glas och metall ibland mals ned med kvarnarna. I svenska försök har köksavfallskvarnar setts som en del i ett källsorteringssystem och därmed mals endast matavfall. Uppföljning av en Ø225 ledning med ett fall på 3 ‰ som avleder spillvatten och nermalt matavfall från försöksområdet i Staffanstorp visade en 0.5-1.5 cm tjock och 2-3 cm bred påväxt i vattenlinjen utmed mantelytan ett år efter det att ledningen hade spolats och att köksavfallskvarnarna hade blivit installerade. Författarnas slutsats från denna observation var dock att köksavfallskvarnarna inte ökade påväxten i ledningarna jämfört med situationen då ledningen avledde spillvatten utan nermalt matavfall (Nilsson *et al.* 1990).

För att undvika flera av de negativa effekterna som Kihlberg (1999) framhåller tycks det vara av stor vikt att köksavfallskvarnar endast installeras i avloppsledningar som klarar nuvarande krav vad gäller självrensning och där problem med svavelvätebildning inte förekommer (eller kan kontrolleras med nuvarande metoder).

Förekomst av svavelväte medför risker för hälsa, dålig lukt, explosion, korrosion och problem med processen i avloppsreningsverket. Bildning av svavelväte i avloppsledningar sker främst genom reduktion av sulfat till sulfid i samband med nedbrytning av organiskt material i frånvaro av syre och nitrat (Ledskog *et al.* 1994).

Om sulfathalten överstiger ca 20 mg per liter kan följande approximativa formel användas för att beräkna förväntad sulfidhalt i en tryckledning beskriven bland annat av Ledskog *et al.* (1994):

$$S = M_p \times s \times 1.07^{(T-20)} \times \theta \times (1 + 0.4 \times D) / D$$

där S = sulfidhalten, mg S/l

M_p = sulfidbildningskoefficient

s = halt organiskt material, mg/l

T = temperatur, °C

D = ledningsdiameter, m

θ = uppehållstiden för avloppsvattnet i tryckledningen, h

Sulfidbildning gynnas som formeln visar av hög temperatur, höga halter av organiskt material, lång uppehållstid samt stor biofilmsyta. Den upplösta och kolloidala delen av det organiska materialet diffunderar in i biofilmen och omsätts där av bakterier (Ledskog *et al.* 1994). Användning av köksavfallsquvarnar påverkar inte temperatur eller storleken på biofilmsytan. Mängden organiskt material i avloppsvattnet ökar, men andelen upplöst och kolloidalt organiskt material bedöms vara betydligt mindre i normalt material från köksavfallsquvarnar än i ordinarie avloppsvatten. Man kan dock dra slutsatsen att det är olämpligt att införa köksavfallsquvarnar i områden där avloppsvattnet leds bort via tryckledningar och där man redan idag har problem med svavelvätebildning.

För att rätta ut frågetecken kring långtidseffekter på ledningssystemet bör en fortsatt uppföljning av införandet av köksavfallsquvarnar i Surahammar initieras.

Problem med att systemen drar till sig råttor bör vara små. Råttor är gnagare och dras troligtvis inte till det normalda matavfallet. Man bör dock ha malningsförsöken av Nilsson (1999) i åtanke som visade att det normalda avfallet delvis bestod av långa trådformiga rester istället för små partiklar.

Ett storskaligt införande av köksavfallsquvarnar i Göteborg skulle ge ökade mängder utsläppt organisk substans till vattendrag via bräddavlopp och nödutlopp. I delstudien om miljö och kretslopp räknade vi med att 50% av hushållen i Göteborgs stad använde köksavfallsquvarnar anslutna till avloppssystemet. Ökning av mängden BOD_7 till vattendrag från ledningsnätet beräknas bli ca 9 %, jämfört med 1999 års årsmedelvärde utan köksavfallsquvarnar (Va-verket Göteborg, 2000). Det bör dock nämnas att utsläppen av BOD_7 via bräddning på nätet är betydligt lägre än utsläppen av BOD_7 från Ryaverket.

Vid ett storskaligt införande av köksavfallsquvarnar i Göteborg kan frekvensen av stopp i områden med bakfall eller liten lutning förväntas öka om inte ökade spolinsatser görs.

4.4 Avloppsreningsverk

Under rubriken *Avloppsreningsverk* i avsnitt 3.2 presenteras uppgifter från litteratur om hur normalt matavfall påverkar reningsverk. Sammanfattningsvis kan man säga att matavfallet tycks vara relativt intakt när det efter ledningstransport når

avloppsreningsverket. Inkommande matavfall påverkar främst förbehandling och försedimentering där merparten avskiljs/sedimenterar. Med visst stöd av Nilsson *et al.* 1990 antar vi vidare att ungefär en fjärdedel av inkommande mängd normalt avfall förs vidare till bio-avfallet, där en andel av avfallet bryts ned och en andel bildar bio-slam. En jämförelse av Surahammars avloppsreningsverk, före och efter införandet av KAK i 40% av hushållen visade dock inte någon ökad luftning i bio-steget (Karlberg och Norin, 1999).

Litteratursammanställningarna av Lagerkvist och Karlsson (1983) och Nilsson *et al.* (1987) pekar båda på att allt inkommande organiskt material från matavfall normalt kan avskiljas eller brytas ned i ett reningsverk med mekanisk och biologisk behandling och därmed undviks ökade utsläpp av BOD till följd av införande av KAK. Inte heller bör ett eventuell kemfällningssteg efter bio-steget påverkas, eftersom biologisk fosforavskiljning gynnas av det nermalda matavfallet.

Om det aktuella reningsverket är dimensionerat för fördenitrifikation så kan även kvävereningen förväntas vara gynnad av inkommande matavfall som då kan fungera som kolkälla. Merparten av matavfallet förväntas som tidigare nämnts avskiljas vid försedimenteringen. Om rötning av slammet sker kommer en betydande andel av kvävet från matavfallet att omvandlas till ammonium och troligtvis ledas tillbaka till inkommande avloppsvatten. På detta sätt tillkommer ett kväveflöde i form av ammonium som innebär en ökad belastning på eventuell kväverening. Detta flöde påverkar bio-steg och kan teoretiskt leda till ökade utsläpp av kväve (om det inte finns kapacitet att öka kvävereningen i verket). Dock bör man ha i minnet att också kvävereningen gynnas av det inkommande matavfallet om fördenitrifikation tillämpas.

Surahammar är ett av mycket få exempel där man haft möjligheten jämföra förhållandena före och efter installation av KAK. Tyvärr var utvärderingen svår att genomföra på grund av stora fluktuationer i indata. Det är dock intressant att notera att ingen mängdökning av vare sig kväve, fosfor eller BOD₇ har kunnat noteras i vare sig inkommande eller utgående avloppsvatten från reningsverket (Karlberg och Norin, 1999). Det tycks till och med vara så att kvävemängden in till reningsverket har minskat, vilket tyder på att avloppsvattnets sammansättning förändras under ledningstransport.

Två ytterligare observationer gjordes i Surahammar: 1) mängden gallerrens ökade något (även om inte ökningen kan säkerställas) och 2) mängd producerad biogas i rötningskammaren ökade i enlighet med avfallets teoretiska biogaspotential.

Om denna beskrivning stämmer med verkligheten så är systemet i Surahammar ytterst fördelaktigt ur miljösynpunkt. En litteratursammanställning av Nilsson *et al.* (1987) bekräftar att belastningen just på försedimenteringen och slamhanteringen påverkas mest vid anslutning av köksavfallskvarnar. De refererade studierna indikerar att om köksavfallskvarnar installeras (i alla hushåll) ökar primärslammet med 20-40 g TS/p, d, sekundärslammet med 10-20 g TS/p, d medan kemslammet har en försumbar ökning. Mängden slam beräknas enligt (Nilsson *et al.* 1987) totalt öka med 25-50%, eller 30-60 kgTS/p om köksavfallskvarnar införs i alla hushåll. Givet förutsättningarna i den här studien beräknar vi att mängden rötslam skulle öka med ungefär 20% om alla hushåll i Göteborg skulle använda köksavfallskvarn (22 g TS/p, d). Anledningen till att våra beräkningar ger en lägre mängd slam än tidigare studier är att vi räknar med att

rötningsprocessen kommer att reducera mängden TS i högre grad i slammet från matavfallet än det slam som genereras från "vanligt spillvatten".

5. Ekonomi och organisation

5.1 Köksavfallskvarnar i Göteborg – en bedömning av kostnadseffektivitet ur systemperspektiv med hjälp av MIMES/Waste-modellen

Detta kapitel bygger på en uppdatering av en systemstudie rörande avfallskvarnar i Göteborg från 1994 (Sundberg 1994). Analysen skiljer sig därför till viss del från miljöanalysen i kapitel 3, både vad gäller angreppssätt och systemgränser. Detta är viktigt att ha i åtanke när resultaten studeras.

I denna analys studeras de ekonomiska konsekvenserna på Göteborgs avfallshanteringssystem av att den biologiska behandlingen av matavfall ökar jämfört med dagens nivå². I dagsläget sker viss central kompostering av matavfall i Göteborg, men den dominerande behandlingsformen för matavfall i Göteborgs avfallshanteringssystem är förbränning med energiutvinning. Den ökade biologiska behandlingen sker antingen genom investeringar i avfallskvarnar eller genom ett större utnyttjande av den existerande komposteringsanläggningen på Marieholm. När den biologiska behandlingen av matavfall ökar så innebär detta samtidigt att förbränningen av matavfall minskar (vi antar att den uppkomna mängden matavfall är konstant). I analysen studeras vad detta totalt innebär för Göteborgs avfallshanteringssystemkostnad. Analysen ger därvid svar på om det är kostnadseffektivt att öka den biologiska behandlingen av matavfall. Minskar systemkostnaden är det kostnadseffektivt att öka den biologiska behandlingen. Samtidigt kan man också jämföra hur avfallskvarnar respektive central kompostering påverkar systemkostnaden.

I kapitel 5.1.1 ges de generella förutsättningar som gäller för analysen. I kapitlen 5.1.2 respektive 5.1.3 studeras de ekonomiska konsekvenserna på Göteborgs avfallshanteringssystem då den biologiska behandlingen av matavfall från hushåll respektive storkök ökar. I kapitel 5.1.4 normaliseras och jämförs resultaten från kapitlen 5.1.2 och 5.1.3. Detta kapitel ger en direkt jämförelse mellan avfallskvarnar och central kompostering och sammanfattar de viktigaste resultaten från kapitlen 5.1.2 och 5.1.3.

5.1.1 Generella förutsättningar

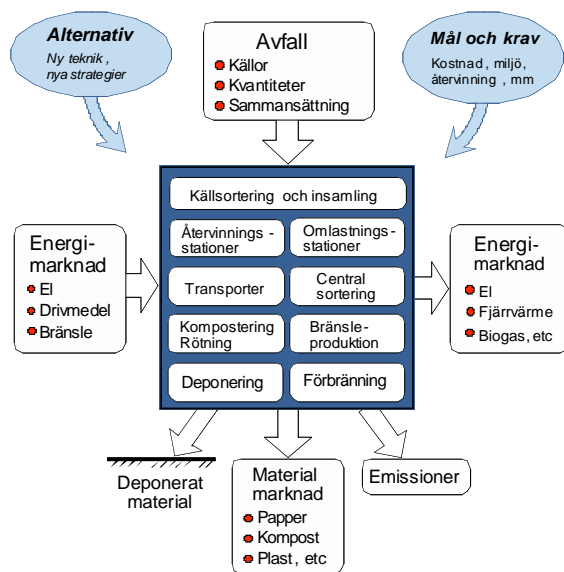
Analysen utgår ifrån de anläggningar som idag existerar i Göteborg, t ex Rya avloppsreningsverk med tillhörande rötningsanläggning och den existerande komposteringsanläggningen i Marieholm. Behovet av nyinvesteringar i de existerande anläggningarna bedöms utifrån den ekonomiska livslängden³ för avfallskvarnarna vilken har antagits till 15 år. Kapitalkostnader för gjorda investeringar i existerande anläggningar behandlas som "sunk costs", d.v.s. de ingår inte i analysen eftersom de kommer att bestå oavsett vilket handlingsalternativ (avfallskvarnar eller central kompostering) man väljer. Däremot ingår kapitalkostnader för investeringar i nya

² I analysen inkluderas det tekniska systemet. Ingen bedömning har gjorts av de ekonomiska konsekvenserna av påverkan på arbetsmiljö, hygien och lukt vid hanteringen av matavfallet i de alternativ som studeras.

³ Den ekonomiska livslängden för en investering skiljer sig från den fysiska livslängden. Den ekonomiska livslängden är ofta kortare vilket t ex beror på att underhållskostnaderna stiger eller att den tekniska utvecklingen medför att effektivare och mera ekonomiska alternativ kommer fram på marknaden.

anläggningar (t ex avfallskvarnar) eller utökad kapacitet om dessa uppstår då ett handlingsalternativ väljs där den aktuella investeringen ingår. Denna metod ger en korrekt kostnadsbeskrivning för att jämföra olika handlingsalternativ i den strategiska planeringen.

Som verktyg för den ekonomiska analysen används en uppdaterad version av MIMES/Waste-modellen för Göteborg. Denna modell har nyligen använts i ett forskningsprojekt i Göteborg⁴. MIMES/Waste är ett systemtekniskt verktyg för strategisk planering av kommunala och regionala avfallshanteringsystem. Avfallshanteringsystemet som hanteras av modellen illustreras generellt i figur 5.1.



Figur 5.1 Avfallshanteringsystemet och de viktigaste omgivningsfaktorerna modellerade i MIMES/Waste. Figuren illustrerar schematiskt vilka processer och flöden som kan hanteras i modellen.

MIMES/Waste är en statisk modell som analyserar avfallsflödena i en region eller en kommun under ett år. Modellen är optimerande och olika mål kan väljas i analysen, t ex minimering av kostnader eller minimering av emissioner av växthusgaser. Modellen hanterar avfallsflödena från insamling av avfallet via olika sorters förbehandling, sortering, omlastningsstationer etc. till olika sorters slutbehandling som exempelvis förbränning, rötning, kompostering och materialåtervinning. En närmare beskrivning av modellen och dess utveckling finns i Sundberg (1993) och Ljunggren Söderman (2000). Modellen har använts i ett flertal fallstudier och applikationer av vilka några beskrivs i Sundberg (1997).

⁴ Forskningsprojektet heter "Energi från avfall. En integrerad studie av avfallshanterings- och energisystemet i Göteborg" och har utförts vid Avdelningen för Energisystemteknik, Chalmers, i samarbete med Renova och Göteborg Energi. En rapport från detta forskningsprojekt är publicerad i Avdelningen för Energisystemtekniks officiella rapportserie (Olofsson 2001).

För denna studie har modellen kompletterats och kopplats ihop med en ny beskrivning av systemet med avfallskvarnar både i hushåll och storkök (se bilaga 3). Analysen bygger på de data som gäller för miljöanalysen i kapitel 3 (se även bilaga 4) samt på övriga data som finns i MIMES/Waste-modellen för Göteborg (Olofsson 2001).

5.1.2 Ekonomisk analys för hantering av hushållens matavfall i Göteborg

Förutsättningar

I dagsläget i Göteborg källsorteras matavfall i en del av hushållen för att insamlas och behandlas genom central kompostering. Merparten av hushållens matavfall medföljer dock övrigt hushållsavfall och behandlas genom förbränning. I denna analys studeras separat hur Göteborgs avfallshanterings systemkostnad förändras när 1000 hushåll, som i dagsläget inte källsorterar matavfall, antingen installerar avfallskvarnar eller börjar källsortera för separat insamling och behandling av matavfall genom central kompostering.

När det gäller köksavfallskvarnar så antas att 67 % av matavfallet, motsvarande en mängd av 88 ton från 1000 hushåll, mals ner och transporteras genom ledningsnätet till Rya avloppsreningsverk där det behandlas tillsammans med övrigt avloppsvatten. Detta innebär att insamlingen av matavfall till förbränning i Göteborgs avfallshanteringssystem minskar med 88 ton per 1000 hushåll.

Beträffande central kompostering så antas att 80 % av matavfallet, motsvarande en mängd av 105 ton från 1000 hushåll, källsorteras och insamlas separat för transport till komposteringsanläggningen i Marieholm. Detta innebär att insamlingen av matavfall till förbränning i Göteborgs avfallshanteringssystem minskar med 105 ton per 1000 hushåll. Den existerande komposteringsanläggningen antas ha tillräcklig kapacitet för att ta hand om matavfall från 50 % av Göteborgs hushåll, vilket innebär att ingen nyinvestering är nödvändig (Andersson 2001).

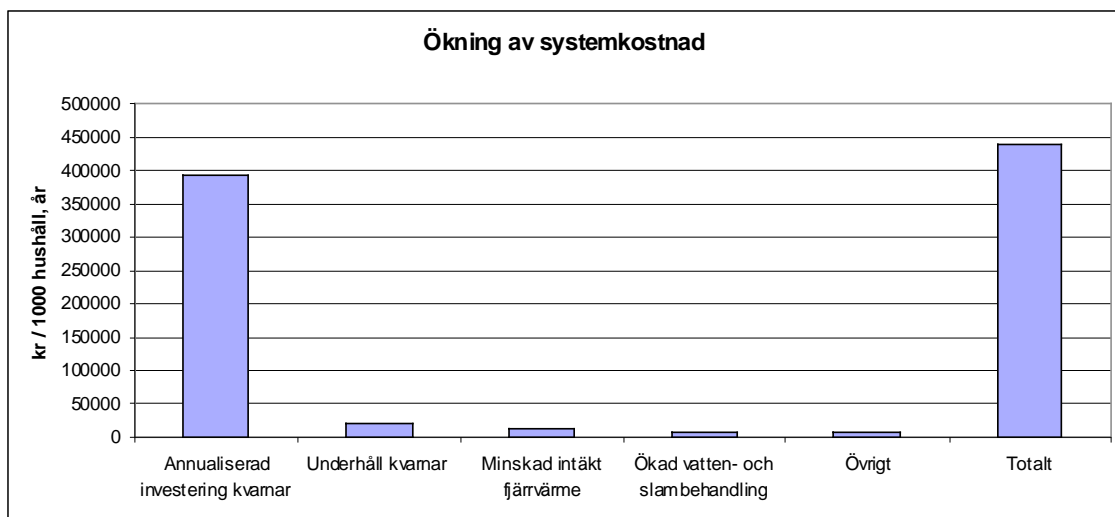
Resultat – köksavfallskvarnar (KAK)

I figur B5.1 i bilaga 5 illustreras de årliga effekterna av att 1000 hushåll, som idag lämnar sitt matavfall tillsammans med övrigt hushållsavfall till förbränning, installerar köksavfallskvarnar för att behandla sitt matavfall. Åttioåtta (88) ton matavfall mals ner i köksavfallskvarnarna och behandlas med övrigt avloppsvatten i Rya avloppsreningsverk. Detta ger upphov till en ökad gasproduktion (som används för el- och värmeproduktion), en ökad mängd slam och en ökad mängd gallerrens som måste behandlas genom förbränning. Insamling av matavfall för förbränning minskar med 88 ton och förbränningen minskar totalt med 84.5 ton eftersom gallerrenset (3.5 ton) måste behandlas genom förbränning. Fjärrvärme- och elproduktionen minskar från Sävenäs eftersom mängden avfall som behandlas där minskar. Den minskade förbränningen leder också till att mindre restprodukter uppstår efter förbränningen.

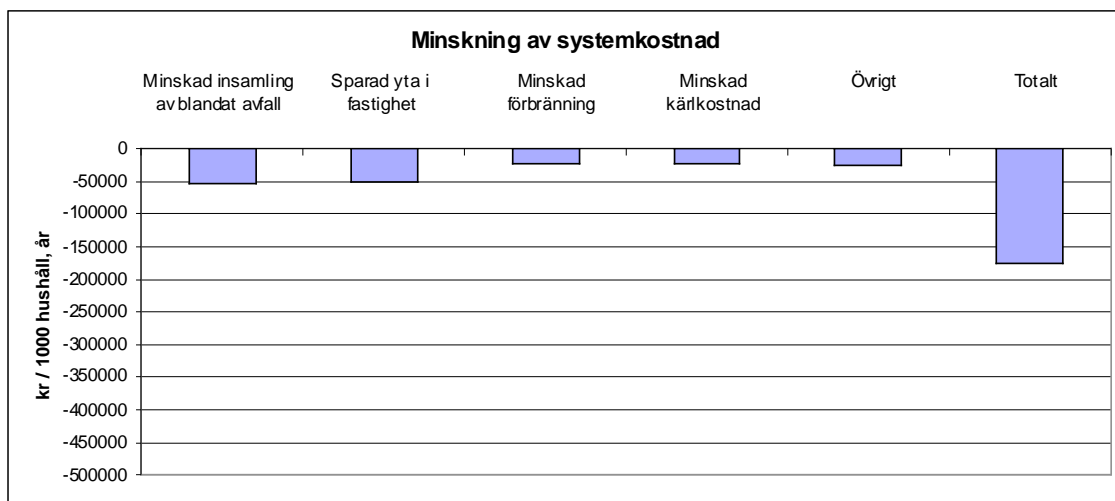
Behandling av matavfall i köksavfallskvarnar innebär förändringar i avfallshanteringssystemet enligt ovan. Vissa av dem leder till att systemkostnaden ökar medan andra leder till att systemkostnaden minskar. I figur 5.2 illustreras vilka förändringar som huvudsakligen leder till att systemkostnaden ökar. Den klart dominerande faktorn är annualiserade investeringskostnaden för kvarnarna vilken uppgår till knappt 400 000 kr/1000 hushåll, år. Övriga förändringar som leder till ökad

systemkostnad utgör var för sig mindre än en tiondel av den annualiserade investeringskostnaden för kvarnarna.

I figur 5.3 illustreras vad som huvudsakligen bidrar till minskning av systemkostnaden. Insamlingen av avfall med lastbil minskar och yta frigörs i bostadshusen som används för alternativa ändamål och därigenom inbringar en kostnadsbesparing. Kärlkostnaderna minskar på grund av att färre insamlingskärl behövs vid insamlingen av avfall. Dessutom minskar förbränningen vilket leder till minskade förbränningskostnader.



Figur 5.2 Förändringar som ökar systemkostnaden vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom KAK istället för förbränning.



Figur 5.3 Förändringar som minskar systemkostnaden vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom KAK istället för förbränning.

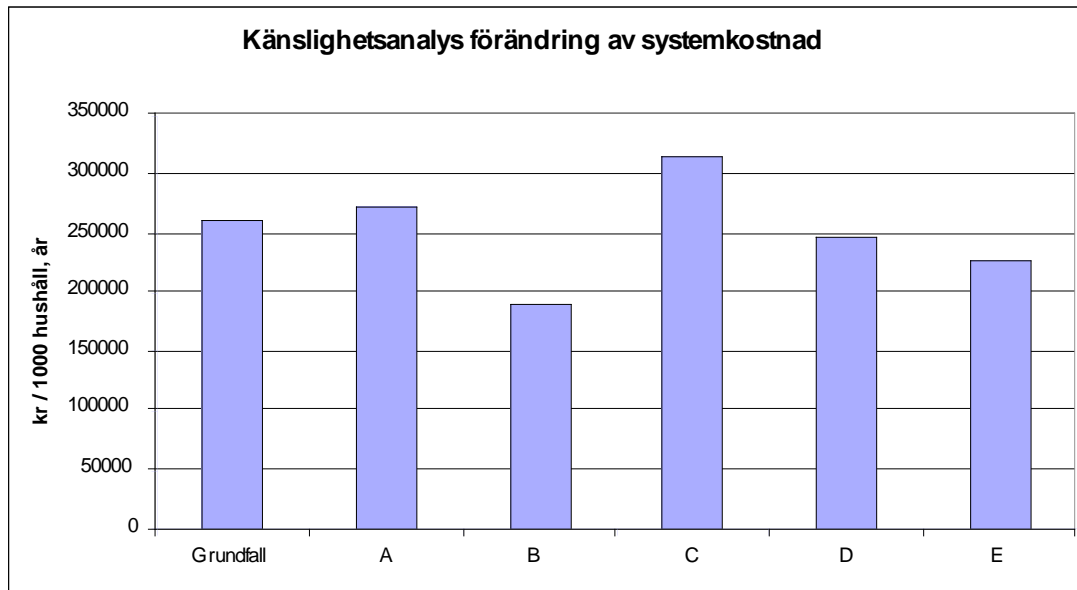
Nettot av totalstaplarna i figurerna 5.2 och 5.3 visar hur systemkostnaden totalt förändras. Systemkostnaden stiger med drygt 260 000 kr/1000 hushåll, år.

För köksavfallskvarnar genomförs en känslighetsanalys genom fem olika scenarier där olika variabler förändras gentemot grundfallet:

- A. Ökad kostnad för slamdisponering⁵:** Slamdisponeringskostnaden ökar från 448 kr/ton TS till 2000 kr/ton TS på grund av svårigheter att avyttra slammet.
- B. Längre ekonomisk livslängd för köksavfallskvarnar:** Den ekonomiska livslängden ökar från 15 till 20 år.
- C. Ingen användning av frilagd yta i soprum:** I grundfallet antas att köksavfallskvarnarna medför att mindre yta i husen behövs ta i anspråk för avfallsbehållare. Den frilagda ytan antas kunna användas för alternativa ändamål och generera en kostnadsbesparing. I detta scenario antas det inte finnas alternativ användning för den frilagda ytan.
- D. Högre pris på biogas:** Priset på biogas som genereras vid rötningen av slammet från vattenbehandlingen ökar från 170 kr/MWh till 400 kr/MWh på grund av större efterfrågan på biogas för fordonsdrift.
- E. Begränsad kapacitet i Sävenäs:** Till skillnad från grundfallet antas att det finns underskott av behandlingskapacitet för avfall i landet (Sundberg 2000). En ökning av behandling av avfall genom köksavfallskvarnar minskar mängden matavfall som måste behandlas i Sävenäs avfallskraftvärmeverk. Detta frigör behandlingskapacitet i Sävenäs. Frigjord kapacitet i Sävenäs kommer då att utnyttjas för att förbränna industriavfall från andra kommuner som annars skulle deponeras. I analysen antas att man i Göteborg får ersättning för behandlingen av detta avfall motsvarande kostnaden för alternativ behandling. Ersättningen har satts till 400 kr/ton, vilket baseras på de mottagningsavgifter som förbränningsanläggningar i Sverige tar ut för behandling av avfall (Sundberg 2000).

I figur 5.4 illustreras hur förändringen av systemkostnaden varierar i de olika scenarierna i känslighetsanalysen. Oavsett scenario innebär köksavfallskvarnar att systemkostnaden stiger, d.v.s. det är inte kostnadseffektivt att installera köksavfallskvarnar för att ersätta förbränning av matavfall i Göteborg.

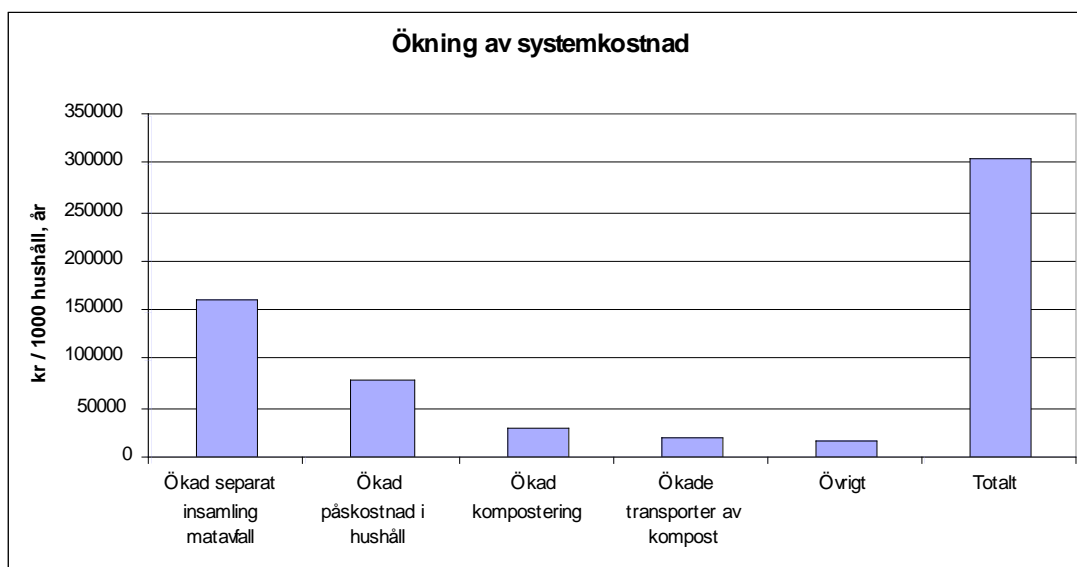
⁵ Med slamdisponering avses omhändertagandet av det slam som kvarstår efter rötning. 1998 användes cirka 62 % av Ryaverkets rötade slam till markbyggnadsändamål, cirka 22 % deponerades och cirka 16 % användes till komposttillverkning (GRYAAB 1999).



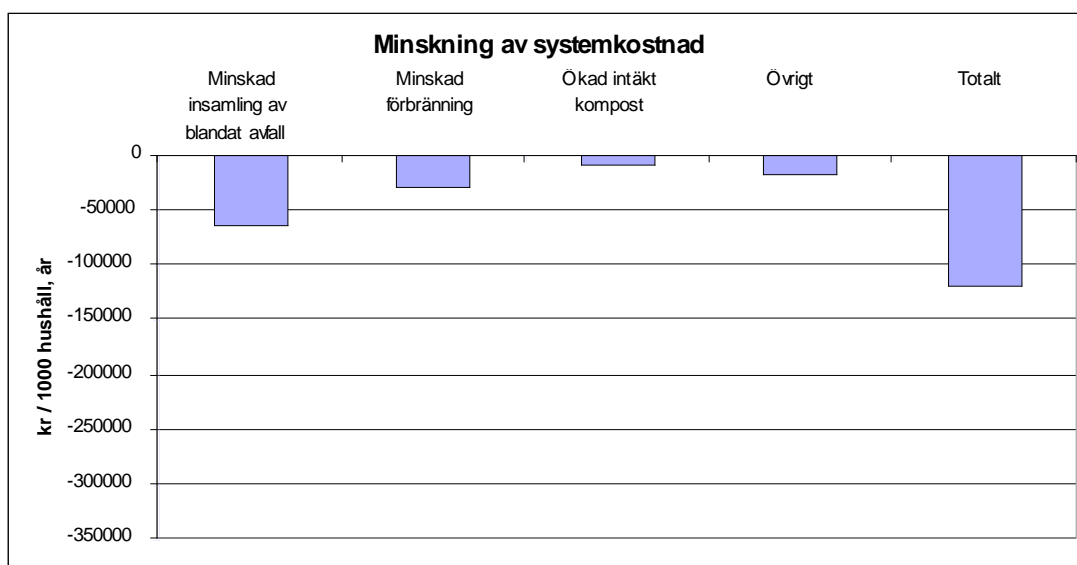
Figur 5.4 Känslighetsanalys för förändring av systemkostnaden vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom KAK istället för förbränning.

Resultat – central kompostering

I figur B5.2 i bilaga 5 illustreras de årliga effekterna av att 1000 hushåll, som idag lämnar sitt matavfall tillsammans med övrigt hushållsavfall till förbränning, källsorterar sitt matavfall för separat insamling och behandling genom central kompostering. 105 ton matavfall källsorteras och insamlas separat vilket efter behandling resulterar i ytterligare 63 ton kompost. Samtidigt minskar insamlingen av matavfall i det blandade hushållsavfallet med 105 ton. Mängden som förbränns i Sävenäs minskar därvid med 105 ton. Fjärrvärme- och elproduktionen minskar från Sävenäs eftersom mängden avfall som behandlas där minskar. Den minskade förbränningen leder också till att mindre restprodukter uppstår efter förbränningen.



Figur 5.5 Förändringar som ökar systemkostnaden vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom central kompostering istället för förbränning.



Figur 5.6 Förändringar som minskar systemkostnaden vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom central kompostering istället för förbränning.

Behandling av matavfall genom central kompostering innebär förändringar i avfallshanteringssystemet enligt ovan. Vissa av dem leder till att systemkostnaden ökar medan andra leder till att systemkostnaden minskar. I figur 5.5 illustreras vilka förändringar som huvudsakligen leder till att systemkostnaden ökar. Den dominerande faktorn är den ökade kostnaden för den separata insamlingen av matavfall. Också kostnader för påsar i hushållen för matavfallet bidrar starkt till ökningen av systemkostnaden.

I figur 5.6 illustreras vad som huvudsakligen bidrar till minskning av systemkostnaden. Insamlingen av det blandade hushållsavfallet med lastbil minskar. Den minskade

förbränningen innebär minskade kostnader och den ökade mängden kompost genererar vissa intäkter.

Nettot av totalstaplarna figurerna 5.5 och 5.6 visar hur systemkostnaden totalt förändras. Systemkostnaden stiger med knappt 190 000 kr/1000 hushåll, år. Det är därmed inte kostnadseffektivt att källsortera matavfall för behandling genom central kompostering för att ersätta förbränning av matavfall i Göteborg. I jämförelse med köksavfallsquvarnar är dock ökningen av systemkostnaden mindre.

5.1.3 Ekonomisk analys för hantering av matavfall från storkök i Göteborg

Förutsättningar

I denna analys studeras de ekonomiska konsekvenserna av två olika handlingsalternativ för hantering av matavfallet från Svenska Mässan ABs storkök i Göteborg. Analogt med analysen av matavfall i hushåll studeras hur Göteborgs avfallshanterings systemkostnad förändras när matavfall från Svenska Mässan, som idag insamlas tillsammans med blandat avfall för förbränning, antingen mals ned i storköksquvarnar eller insamlas separat för behandling genom central kompostering.

Förutsättningar vad gäller storköksquvarnar är att matavfallet mals ner i kvarnen och merparten av detta avskiljs i fettavskiljaren. Fettavskiljaren töms och materialet insamlas direkt till Ryas rötningsanläggning via slamtömningsbil. Resten av materialet transporteras genom ledningsnätet direkt till Rya och behandlas där på samma sätt som övrigt avloppsvatten.

För central kompostering gäller att matavfallet insamlas separat och transporteras till komposteringsanläggningen i Marieholm.

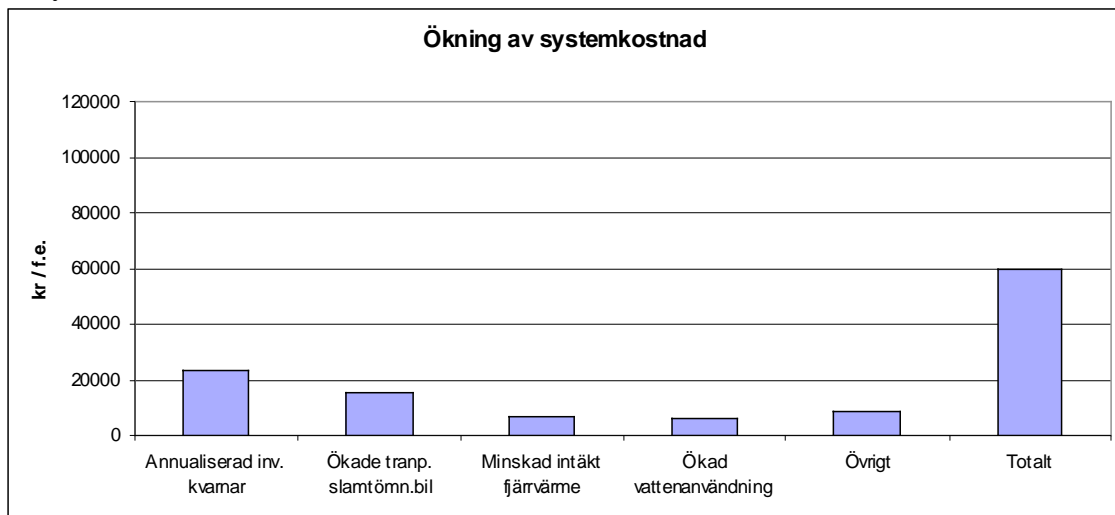
Resultat-storköksquvarnar

I figur B5.3 i bilaga 5 illustreras de årliga effekterna av att Svenska Mässan, som idag lämnar sitt matavfall tillsammans med övrigt avfall till förbränning, installerar storköksquvarnar för att behandla sitt matavfall. 48 ton matavfall mals ner i köksavfallsquvarnarna. Av detta hamnar cirka 70 % i fettavskiljarna och transporteras med slamtömningsbil direkt till rötningsanläggningen på Ryaverket. Övriga 30 % hamnar i ledningsnätet och behandlas med övrigt avloppsvatten i Rya avloppsreningsverk. Detta ger upphov till en ökad gasproduktion (som används för el- och värmeproduktion), en ökad mängd slam och en ökad mängd gallerrens som måste behandlas genom förbränning.

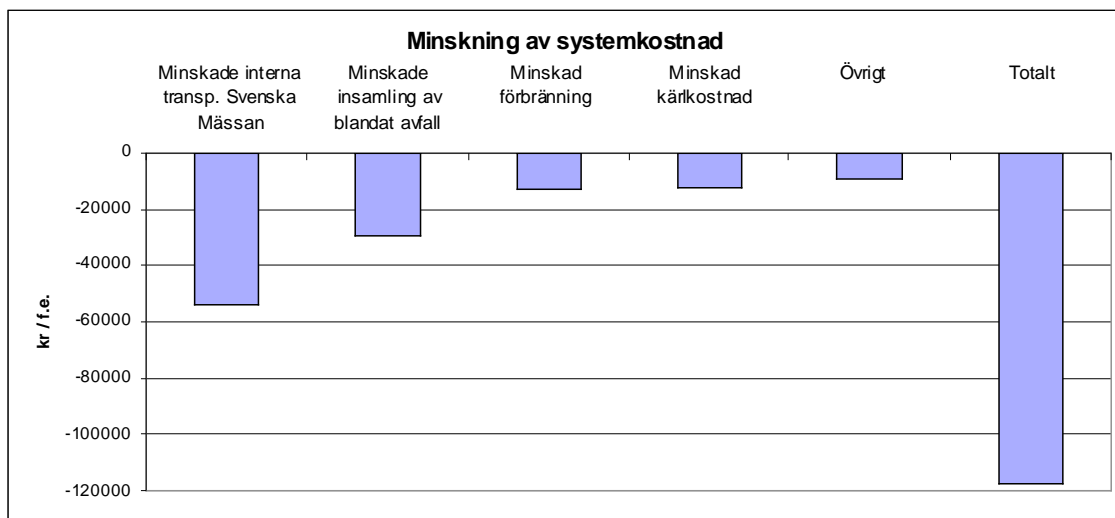
Insamling av matavfall för förbränning minskar med 48 ton och förbränningen minskar med 47.5 ton eftersom gallerrenset (0.5 ton) måste behandlas genom förbränning. Fjärrvärme- och elproduktionen minskar från Sävenäs eftersom mängden avfall som behandlas där minskar. Den minskade förbränningen leder också till att mindre restprodukter uppstår efter förbränningen.

Behandling av matavfall i storköksquvarnar innebär förändringar i avfallshanteringsystemet enligt ovan. Vissa av dem leder till att systemkostnaden ökar medan andra leder till att systemkostnaden minskar. I figur 5.7 illustreras vilka förändringar som huvudsakligen leder till att systemkostnaden ökar. Störst bidrag till

ökningen av systemkostnaden får investeringen i de nya storkökskvarnarna. Jämfört med avfallskvarnar i hushåll är investeringskostnaden per viktsenhet behandlat avfall betydligt mindre. Detta innebär att investeringskostnaden inte dominerar ökningen av systemkostnaden på samma sätt som för avfallskvarnar i hushåll. De ökade transporterna av avskilt material i fettavskiljarna innebär en förhållandevis stor ökning av systemkostnaden.



Figur 5.7 Förändringar som ökar systemkostnaden vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom storkökskvarnar istället för förbränning. f.e. = funktionell enhet = 48 ton matavfall under ett år



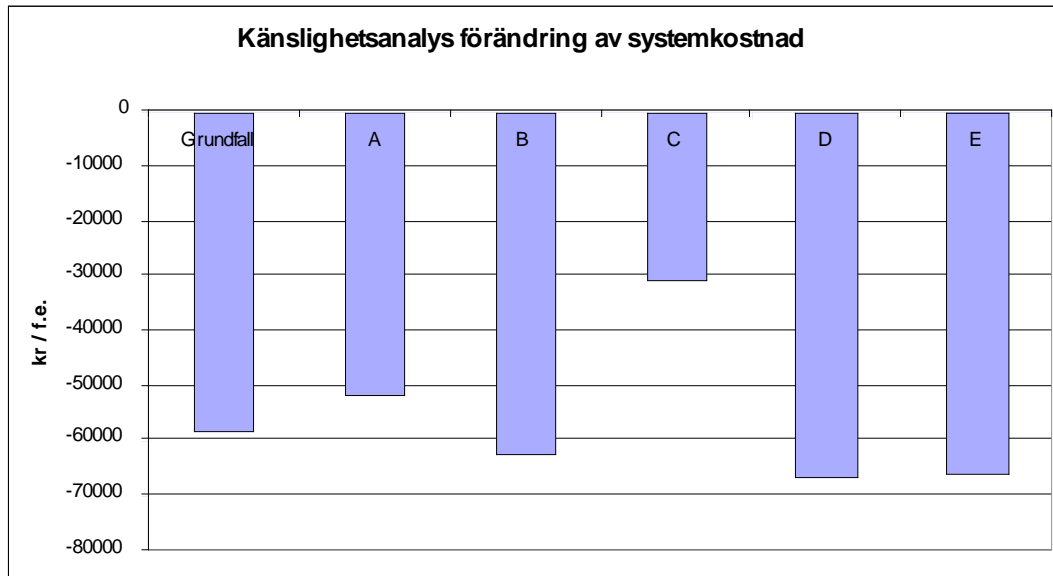
Figur 5.8 Förändringar som minskar systemkostnaden vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom storkökskvarnar istället för förbränning. f.e. = funktionell enhet = 48 ton matavfall under ett år

I figur 5.8 illustreras vad som huvudsakligen bidrar till minskning av systemkostnaden. Den största minskningen fås av minskningen av interna transporter i Svenska Mässan, dvs transport av sopsäckar av personal från storköket till soputrymmet. I övrigt bidrar främst minskade insamlingstransporter av avfall och minskade kostnader för förbränning samt minskade kärlnkostnader.

Nettot av totalstaplarna i figurena 5.7 och 5.8 visar hur systemkostnaden totalt förändras. Systemkostnaden sjunker med knappt 58 000 kr.

För storkökskvarnar genomförs också en känslighetsanalys genom fem olika scenarier där olika variabler förändras gentemot grundfallet:

- A. Ökad kostnad för slamdisponering:** Slamdisponeringskostnaden ökar från 448 kr/ton TS till 2000 kr/ton TS på grund av svårigheter att avyttra slammet.
- B. Längre ekonomisk livslängd för storkökskvarnar:** Den ekonomiska livslängden ökar från 15 till 20 år.
- C. Halverad besparad mantid:** I grundfallet antas att storkökskvarnarna medför att man slipper den manuella transporten av avfall internt i Svenska Mässan från storköket till soputrymmet. I grundfallet antogs att besparingen i mantid på grund av detta var 360 timmar/år. I detta scenario halveras besparingen till 180 timmar/år.
- D. Högre pris på biogas:** Priset på biogas som genereras vid rötningen av slammet från vattenbehandlingen ökar från 170 kr/MWh till 400 kr/MWh på grund av större efterfrågan på biogas för fordonsdrift.
- E. Begränsad kapacitet i Sävenäs:** Till skillnad från grundfallet antas att det finns underskott av behandlingskapacitet för avfall i landet (Sundberg 2000). En ökning av behandling av avfall genom köksavfallskvarnar minskar mängden matavfall som måste behandlas i Sävenäs avfallskraftvärmeverk. Detta frigör behandlingskapacitet i Sävenäs. Frigjord kapacitet i Sävenäs kommer då att utnyttjas för att förbränna industriavfall från andra kommuner som annars skulle deponerats. I analysen antas att man i Göteborg får ersättning för behandlingen av detta avfall motsvarande kostnaden för alternativ behandling. Ersättningen har satts till 400 kr/ton, vilket baseras på de mottagningsavgifter som förbränningsanläggningar i Sverige tar ut för behandling av avfall (Sundberg 2000).

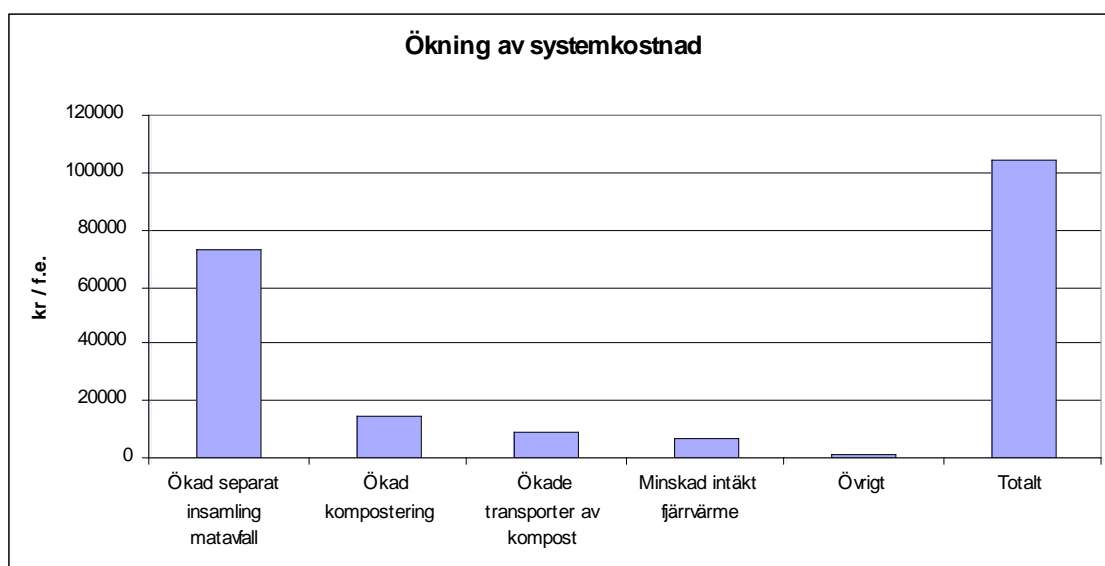


Figur 5.9. Känslighetsanalys för förändring av systemkostnaden vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom storkökskvarnar istället för förbränning. f.e. = funktionell enhet = 48 ton matavfall under ett år

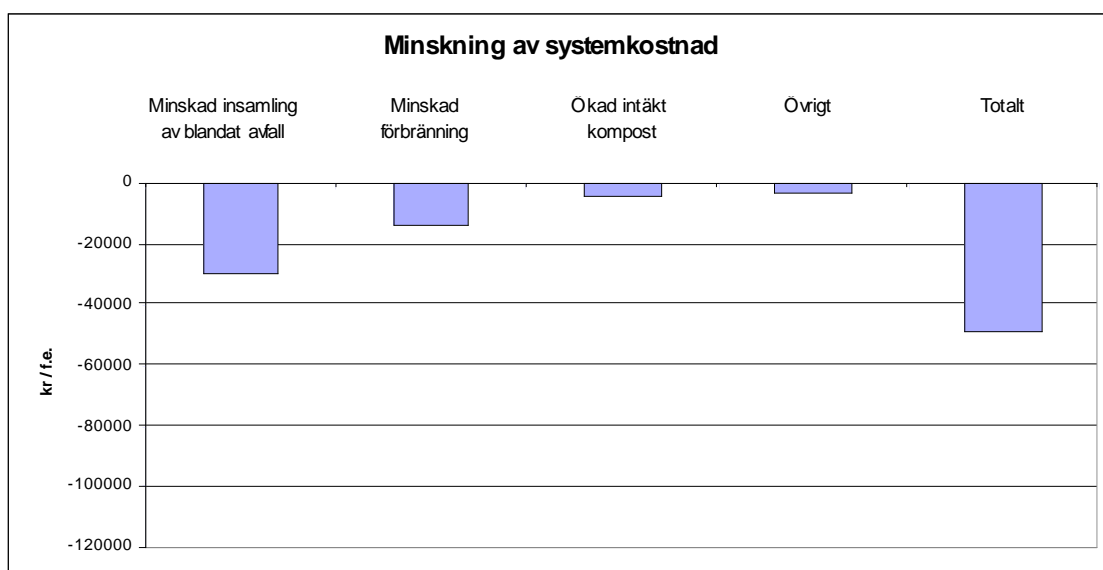
I figur 5.9 illustreras hur förändringen av systemkostnaden varierar i de olika scenarierna i känslighetsanalysen. Oavsett scenario innebär köksavfallskvarnar att systemkostnaden sjunker, d.v.s. det är kostnadseffektivt att installera storkökskvarnar för att ersätta förbränning av matavfall i Göteborg.

Resultat – central kompostering

I figur B5.4 i bilaga 5 illustreras de årliga effekterna av att Svenska Mässan, som idag lämnar sitt matavfall tillsammans med övrigt avfall till förbränning, källsorterar sitt matavfall för separat insamling och behandling genom central kompostering. 48 ton matavfall källsorteras och



Figur 5.10 Förändringar som ökar systemkostnaden vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom central kompostering istället för förbränning. f.e. = funktionell enhet = 48 ton matavfall under ett år



Figur 5.11 Förändringar som minskar systemkostnaden vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom central kompostering istället för förbränning. f.e. = funktionell enhet = 48 ton matavfall under ett år

insamlas separat vilket efter behandling resulterar i ytterligare 29 ton kompost. Samtidigt minskar insamlingen av matavfall i det blandade avfallet med 48 ton. Mängden som förbränns i Sävenäs minskar med 48 ton matavfall. Fjärrvärme- och elproduktionen minskar därför från Sävenäs. Den minskade förbränningen leder också till att mindre restprodukter uppstår efter förbränningen.

Behandling av matavfall genom central kompostering innebär förändringar i avfallshanteringsystemet enligt ovan. Vissa av dem leder till att systemkostnaden ökar

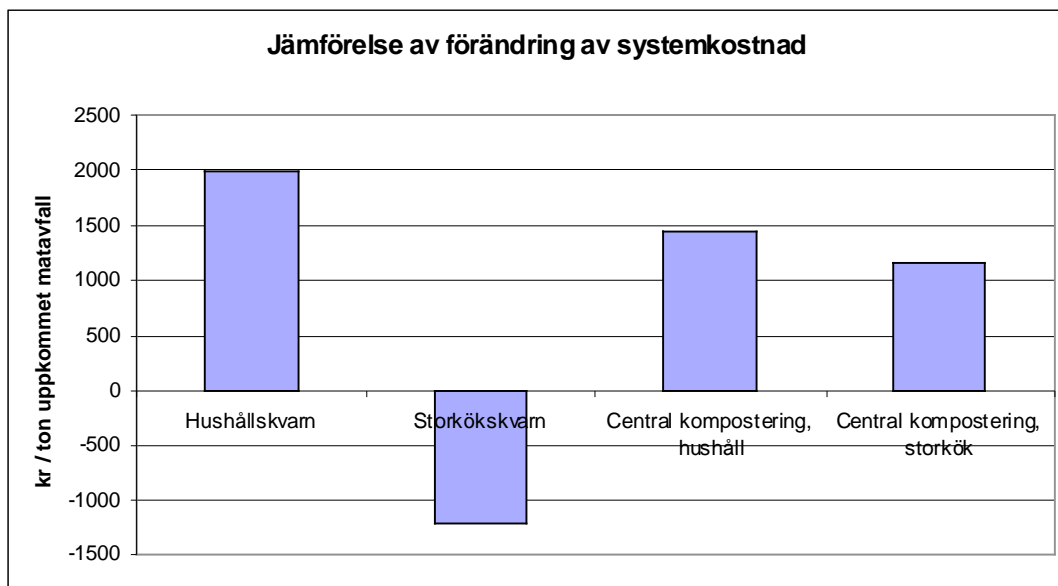
medan andra leder till att systemkostnaden minskar. I figur 5.10 illustreras vilka förändringar som huvudsakligen leder till att systemkostnaden ökar. Liksom i fallet med källsorterat matavfall från hushåll är den dominerande faktorn den ökade kostnaden för den separata insamlingen av matavfall.

I figur 5.11 illustreras vad som huvudsakligen bidrar till minskning av systemkostnaden. Insamlingen av det blandade hushållsavfallet med lastbil minskar. Dessutom innebär den minskade förbränningen minskade kostnader. Den ökade mängden kompost genererar vissa intäkter.

Nettot av totalstaplarna figurerna 5.10 och 5.11 visar hur systemkostnaden totalt förändras. Systemkostnaden stiger med knappt 56 000 kr. Det är därmed inte kostnadseffektivt att källsortera matavfall från Svenska Mässan för behandling genom central kompostering för att ersätta förbränning i Göteborg. I jämförelse med storkökskvarnar innebär alternativet med central kompostering en merkostnad på drygt 110 000 kr.

5.1.4 En jämförelse mellan hantering av avfall från hushåll och storkök

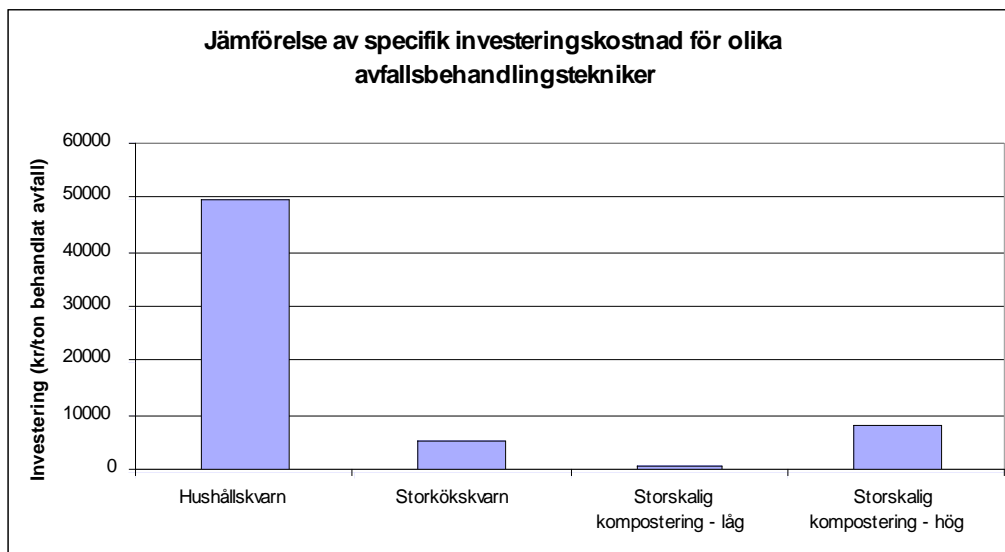
I figur 5.12 jämförs hur systemkostnaden förändras när förbränning av matavfall från hushåll och storkök ersätts med behandling genom avfallskvarnar respektive central kompostering. En normalisering har gjorts jämfört med tidigare figurer. Detta innebär att figur 5.12 visar hur systemkostnaden förändras per ton uppkommet matavfall i hushåll (motsvarande cirka 7.6 hushåll) och storkök (motsvarande 1/48 av mängden matavfall som uppkommer i Svenska Mässan).



Figur 5.12 Jämförelse av förändring av systemkostnad då förbränning av matavfall från hushåll och storkök (Svenska Mässan) ersätts med behandling genom avfallskvarnar respektive central kompostering.

Skillnaden mellan avfallskvarnar i hushåll och storkök är stor. En framträdande orsak är den specifika investeringskostnaden (i kr/ton behandlat avfall) som sjunker dramatiskt när storleken på avfallskvarnen ökar. Från figur 5.13 framgår att den specifika

investeringskostnaden för hushållskvarnen är drygt 9 gånger högre än dito för storkökskvarnen.



Figur 5.13 Jämförelse av specifik investeringskostnad för olika avfallsbehandlingstekniker.

Storkökskvarnens specifika investeringskostnad ligger i nivå med dito för storskalig kompostering (se även figur 5.13). En annan orsak till skillnaden är den stora kostnadsbesparing man kan göra på minskade interna transporter på Svenska Mässan vilken uppgår till drygt 1100 kr/ton uppkommet matavfall.

Från figur 5.12 kan man vidare konstatera att ur ekonomisk synvinkel bör man satsa på central kompostering framför avfallskvarnar för biologisk behandling av matavfall från hushåll. Den genomförda känslighetsanalysen (se figur 5.4) indikerar att detta är ett stabilt resultat.

När det gäller matavfall från storkök är det däremot betydligt bättre, ur ekonomisk synvinkel, att satsa på avfallskvarnar än central kompostering för biologisk behandling av matavfallet. Den förhållandevis stora kostnadsbesparingen för interna transporter i Svenska Mässan och den lägre specifika investeringskostnaden gör storkökskvarnar till ett kostnadseffektivt alternativ till central kompostering.

5.2 Svenska kommuners perspektiv på köksavfallskvarnar – ekonomi och organisation

Enkäten allmänt

Syftet med enkäten är att få uppfattning om omfattningen av installationer av avfallskvarnar i Sverige, principer för tillämpning, erfarenheter om konsekvenser, tillämpade avgifter och administrativa rutiner.

Renhållningsverksföreningen (RVF) genomförde tidigare år 2000 en enkät om hemkompostering till Sveriges kommuners miljöansvariga nämnder. Några av de frågor som ställdes i enkäten handlade om köksavfallskvarnar. Sammanfattning av resultatet av den enkäten framgår av bilaga 7.

För att begränsa arbetet med utvärdering av enkäten skickades den till va-ansvariga i Sveriges kommuner med fler än 25.000 invånare (96 kommuner) samt de kommuner (16 st.) som uppgett att kvarnar finns i kommunen enligt RVF:s enkät. Enkäten skickades inte till Surahammars kommun, då kommunen inte uppfyllde urvalskriterierna. Uppgifter om Surahammars kommun inhämtade vid studiebesök har dock lagts till i utvärderingen av enkäten.

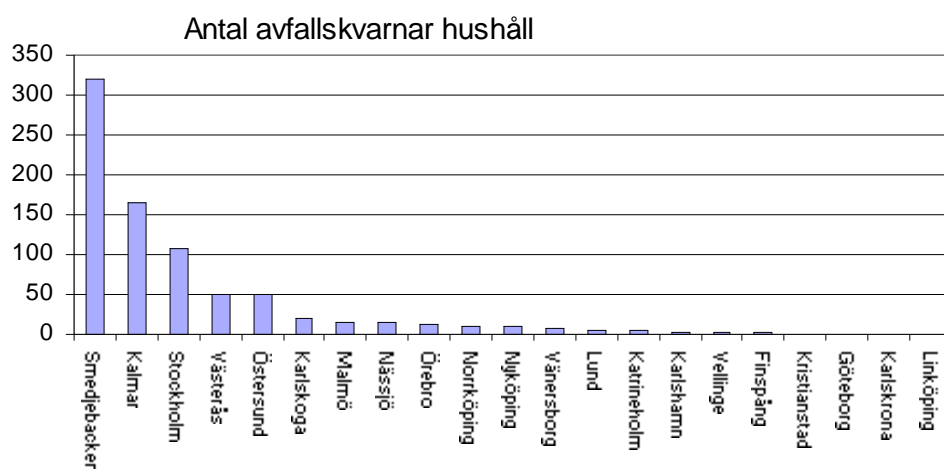
Enkäten skickades ut under september 2000 och svar kom successivt in under oktober. Påminnelse skickades ut till de som inte svarat under oktober och ytterligare svar lämnades, varav en del via telefonkontakt.

Totalt besvarades enkäten av 98 kommuner motsvarande 88% av de som haft möjlighet. De kommuner som besvarat enkäten har totalt ca 6 miljoner invånare. Enkätens utformning kompletterad med antalet svar för respektive fråga framgår av bilaga 7.

Antalet kvarnar

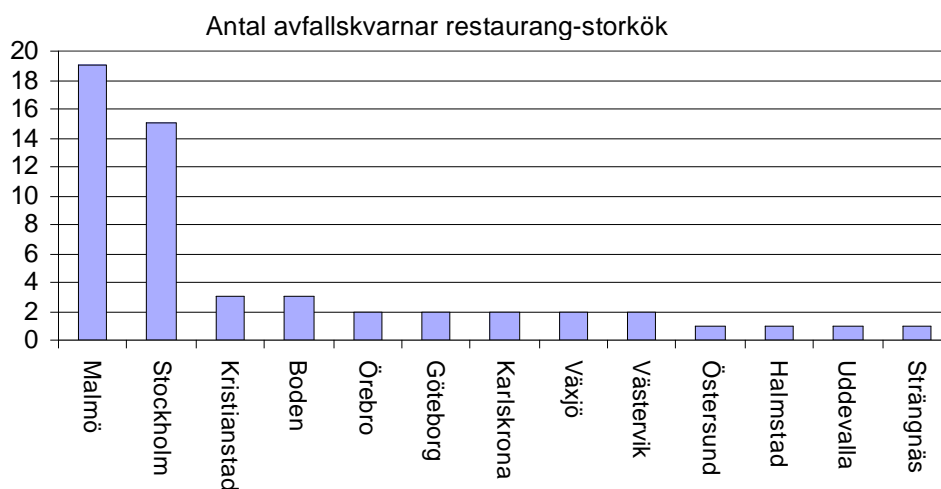
I jämförelse med RVF:s enkät som genomfördes tidigare år 2000 har det framkommit att det finns fler avfallskvarnar. Antalet rapporterade installerade avfallskvarnar i hushåll ökade från ca 150 enligt RVF:s enkät till ca 800. Dessutom har det angivits av 15 kommuner att ytterligare totalt ca 100 kvarnar bedöms finnas installerade i hushåll utan att vara registrerade hos kommunen.

Av totala antalet rapporterade installerade avfallskvarnar i hushåll i Sverige så finns ca 2000 avfallskvarnar (70%) i Surahammars kommun. Antalet rapporterade installerade avfallskvarnar i hushåll är fördelade på 21 kommuner (exklusive Surahammar enligt diagram).



Figur 5.14 Antal registrerade köksavfallskvarnar i hushåll i Sverige

Antalet installerade avfallskvarnar i restauranger och storkök uppgår totalt till 54 fördelade på 13 kommuner enligt diagram. Huvuddelen ca 70% finns i Stockholm och Malmö.



Figur 5.15 Antal registrerade storkökskvarnar i Sverige

Ytterligare totalt ca 40 kvarnar har uppskattats vara installerade i storkök och restauranger.

Generellt tillstånd att installera avfallskvarnar finns endast i 5 kommuner. I dessa kommuner finns dock endast 20 kvarnar installerade. Trettionio (39) kommuner motsvarande 40% har svarat att de generellt inte tillåter installation av avfallskvarnar. Motiven därtill varierar och kan delvis utläsas i kommentarerna till enkäten, se bilaga 7.

Vissa kommuner uppger att det kan finnas ett visst mörkertal för antalet installerade kvarnar. Det är dock få som gjort ett försök att bedöma antalet ej godkända installationer. Endast totalt ca 140 icke registrerade avfallskvarnar har angivits. Med erfarenheter från Surahammar att det befunnits vara 18 kvarnar installerade innan tillämpningen i större skala kom igång och bedömningar av försäljningen enligt kvarnleverantörer i Sverige så torde antalet avfallskvarnar i Sverige uppgå till minst 10000.

Kriterier för tillämpning

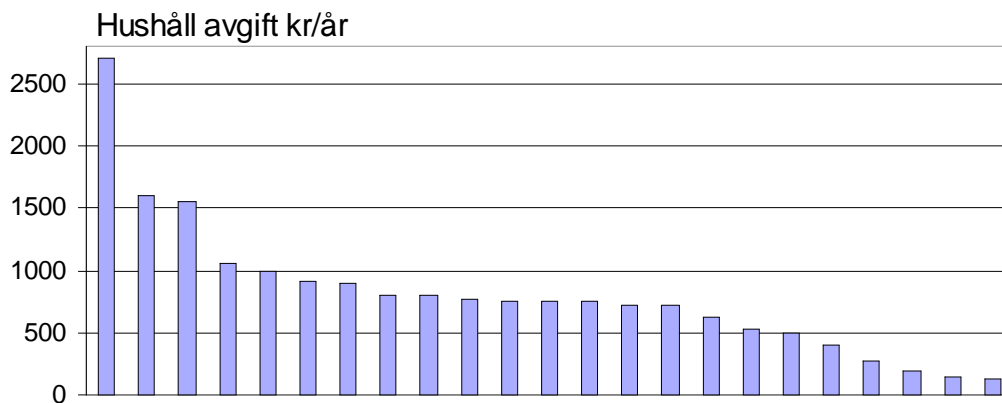
I 48 kommuner motsvarande ca 50% av kommunerna kan det efter prövning vara tillåtet att installera avfallskvarnar. Endast 11 kommuner har dock angivit någon slags kriterium vid beslut om att ge tillstånd till att installera avfallskvarn. Olika kriterier tillämpas.

Det vanligaste kriteriet är ledningsnätets kvalitet, ledningslutning och kapacitet. Några kommuner har som kriterium att boende är handikappad och har svårt att ta sig till plats för att bli av med avfallet. Krav på kontroller av att servisledning har godkänd kvalitet samt kvarn av speciell fabrikat förekommer också.

Taxor

Enkätens avgiftsdel har besvarats av 77 kommuner. Det är 23 kommuner som har angivit att taxa för anslutning av avfallskvarnar finns i kommunen, men det är endast 13 av dessa kommuner som har rapporterat att avfallskvarn finns installerade i hushåll.

Avgifterna inklusive moms för hushåll med ansluten avfallskvarn fördelar sig enligt nedanstående diagram (Figur 5.16).



Figur 5.16 Årlig avgift inklusive moms år 2000 för hushåll med ansluten avfallskvarn i 21 svenska kommuner

Det är stor spridning mellan högsta och lägsta avgift. Av de 21 kommuner som har angivit att antal godkända installerade kvarnar i hushåll har 8 uppgett att ingen taxa för avfallskvarnar finns i kommunen. I de 13 kommuner som har angivit att taxa för avfallskvarnar tillämpas uppgår antalet angivna installerade kvarnar i hushåll till 226

motsvarande 28% av totala antalet angivna installationer i hushåll (exklusive 2000 kvarnar i Surahammar).

Vad gäller restaurang- och storkök har 17 kommuner angivit att taxa finns. Olika taxepprinciper tillämpas för uttaget av avgifter. Åtta (8) kommuner har avgift baserade på antalet portioner som tillagas. Taxorna är angivna med ett fast belopp på olika intervall för antalet portioner, varför spridningen i avgiften per portion blir stor, med variationer mellan 0.03-0.3 kr per portion. Taxa med fast avgift oberoende av antalet portioner tillämpas av 8 kommuner med variation från 800 kr/år till 10800 kr/år inklusive moms. Avgift baserade på ansluten avfallskvarns motoreffekt finns i en kommun.

Speciell taxa för mer förorenat anslutet avloppsvatten finns i 35 kommuner (36%). Av de 35 kommuner som har avgift för mer förorenat avloppsvatten har 13 kommuner angivit att de har taxa för avfallskvarnar, vilket motsvarar 56% av kommunerna med taxa för avfallskvarnar.

Sex (6) kommuner har angivit att avgiften för avfall påverkas om avfallskvarn används. I dessa kommuner har dock endast en kommun angivit att totalt en kvarn är installerad i hushåll och en annan kommun angivit tre kvarnar finns i restaurang- och storkök. Övriga 4 kommuner anger inga givna tillstånd för installationer av kvarnar.

De två kommuner som har flest avfallskvarnar Surahammar (2000) och Smedjebacken (320) tillämpar ingen avgift för avfallskvarnar. I Surahammar uppmuntras istället installationer och användningen av avfallskvarnar i hushåll genom att avfallsavgiften reduceras med ett belopp som uppgår till 60% av avfallsavgiften för ”brun tunna” (behållare för blandat avfall). Smedjebackens kommun har liknande reduktion av avfallsavgiften med ett belopp på 1235 kr/år motsvarande hela avgiften för ”brun tunna” vid tillämpning av avfallskvarn i hushåll. För hushåll inom försöket i Kalmar med 159 kvarnar tas ingen avgift ut under försöksperioden på 8 år.

Underlag för taxesättning

Kontakt har tagits med kommuner som har uppgivit att fler än 2 kvarnar finns installerade och att taxa för avfallskvarnar finns för att försöka få fram på vilket underlag som taxan för avfallskvarnar har beräknats. Ingen av de kontaktade kommunerna har kunnat redovisa något dokumenterat underlag. Hänvisning har gjorts till äldre utredningar och att taxan är gammal och har indexuppräknats i många år. Ett par kommuner anger att taxan är ett styrmedel och att avgiften för avfallskvarnar satts schablonmässigt högt för att det skall vara ointressant att ansluta avfallskvarnar.

En kommun har angivit att taxan för avfallskvarnar bland annat är baserad på ökningen av föroreningarna i spillvattnet bland annat BOD, ökade kostnader för slamhanteringen samt kostnader för administration. En kommun har angivit att avgiften för avfallskvarnar kopplad till avfallstaxan på det sätt att beloppet som betalas motsvarar den reduktion som ges om kompostering av organiskt avfall tillämpas.

Administrativa rutiner

Med undantag av kommunerna Surahammar och Smedjebacken så uppfattas att antalet avfallskvarnar i kommunerna haft en tendens att minska. Det är sällan som förfrågningar om att installera avfallskvarnar inkommer hos de kommuner som kan

tillåta installation av avfallskvarnar. Arbetet med administrativa rutiner har därför inte någon större omfattning. För de installationer som ändå sker har följande administrativa praxis tillämpats:

- Anmälan ansökan (oftast skriftligt)
- Värdering av möjligheten (kriterier enligt ovan)
- Tillstånd, godkännande att installera avfallskvarn
- Fastighetsägaren, hushållen ordnar med installationen
- Fakturering av avgifter, i de flesta kommunerna

Kommunerna Surahammar och Smedjebacken har liknande administrativa modeller:

- Anmälan, beställning
- Värdering, bland annat kontroll om fastigheten ligger inom område där avfallskvarnar tillåts
- Kontroll av servisledning, bland annat TV-undersökning av allmän del av servisledningen
- Kommunen ombesörjer att elinstallatören ordnar med att elektricitet dras fram till diskbänken där kvarn skall installeras
- Kommunen ombesörjer att rörinstallatör installerar kvarnen
- Fastighetsägaren betalar till kommunen för kvarnen och installationen

I Smedjebacken betalas som engångsbelopp för kvarnen om ca 4000 kr inklusive moms. I Surahammar finns möjlighet att betala kostnaden med 400 kr/år under 8 år. För flerbostadshus tillämpas särskilda offerter. I Surahammar sker årligen transferering av pengar från renhållningskollektivet till va-kollektivet eftersom del av kostnaden för avfallshanteringen flyttas till avloppssystemen. För de 2000 avfallskvarnar transfereras 400.000 kr/år, vilket motsvarar 200 kr per avfallskvarn och år.

Kompletterande frågor har ställts till de två kommuner som har flest avfallskvarnar i restaurang- och storkök. I Stockholm är det sannolikt så att det malda avfallet passerar fettavskiljare innan avledning sker till allmänna ledningsnätet. Det malda avfallet från restaurang- och storkök i Malmö är regelmässigt anslutet via fettavskiljare vilket minskar risken för påverkan på avloppsrörnätet.

Möjlighet att lämna kommentarer till enkäten har utnyttjats av 40 kommuner (42%). Kommentarer presenteras i bilaga 7.

5.3 Juridiska aspekter

Frågor av juridisk karaktär som kan uppkomma vid användning av avfallskvarnar är bland annat

- Tillstånd att installera avfallskvarn
- Orsakade skador t ex översvämningar/stopp
- Avgifter för avfallskvarnar
- Ägande och ansvar för avfallskvarnar
- Krav på avskiljningsanordningar

I "Allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen", ABVA, regleras bland annat ansvaret och skyldigheter mellan fastighetsägare ansluten till den allmänna va-anläggningen och huvudmannen för den allmänna va-anläggningen, oftast kommunen.

De flesta kommuner har i ABVA tillämpat formulering enligt VAV:s Normalförslag till ABVA från 1979 vad gäller avfallskvarnar. "Avfallskvarnen får endast installeras om va-verket efter ansökan medger det". I normalförslagets kommentarer anges att "Det ligger i sakens natur att va-verket, om det medger installation av köksavfallskvarn, kan föreskriva de villkor av teknisk och ekonomisk art som skall gälla för medgivandet. Hinder torde i princip icke möta att i ABVA intaga ett generellt förbud mot köksavfallskvarnar liksom även bestämmelse om att redan installerade kvarnar icke får ersättas eller att de efter skälig tid skall avlägsnas".

Om kommunen som huvudman i vissa fall tillåter installation av avfallskvarn så har kommunen ansvaret att det allmänna ledningsnätet fungerar. Kommunen kan bli skadeståndsskyldig om skador inträffar orsakade av sedimentansamlingar i det allmänna ledningsnätet från malt avfall.

Om någon fastighetsägare skulle ha installerat avfallskvarn utan kommunens medgivande och kommunen uppmärksammat detta så torde det vara möjligt för kommunen att tvinga fastighetsägaren ta bort kvarnen. Beroende på vilka principer som tillämpas så kan kommunen i efterhand bevilja installationen. Om kommunen dessutom har taxa för avloppskvarnar är det möjligt för kommunen att retroaktivt 3 år tillbaka ta betalt enligt taxa.

Det kan tänkas vara befrämjande för insamlingsarbetet av det organiska matavfallet om i alla fastigheter i ett område utnyttjas avfallskvarnar. Det torde dock inte vara möjligt att tvinga alla hushåll i ett område att installera och använda avfallskvarn.

Vad gäller frågan om ägandet och ansvaret för avfallskvarnen så torde det inte vara någon tvekan att kvarnen ingår i fastighetens installation även om kommunen skulle ha ombesörjt installationen.

Enligt va-lagen är det möjligt för kommunen att ta ut avgift från fastighetsägare som har avfallskvarnar anslutna till det allmänna avloppsnätet. Avgiften skall baseras på den nytta som dessa fastigheter har av att ansluta avfallskvarnar till det allmänna va-nätet,

samt på de kostnader som användandet av avfallskvarnen medför. I kostnadsunderlaget bör samtliga kostnader beaktas.

Exempel på kostnadsdelar som kan tas med är

- Ökade behandlingskostnader vid avloppsreningen på grund av mer föroreningar i avloppsvattnet.
- Ökade kostnader för hantering och omhändertagande av avskilt slam vid avloppsreningen.
- Ökade drift- och kapitalkostnader om investeringar behövs för att återställa miljökonsekvenser som det malda avfallet i avloppsvattnet medför.
- Ökade drift- och underhållskostnader av ledningsnätet t ex ökat behov av spolning, råttbekämpning m.m.
- Ökade kostnader för administration att värdera om installation är möjlig, hålla register på anslutna kvarnar, ta betalt enligt särskild taxa m.m.

Hänsyn bör även tas till nyttan av eventuellt ökad biogasproduktion som det organiska avfallet kan medföra om slammet rötas och biogasen nyttiggörs.

Utnyttjande av avloppsanläggningen, främst av arbetsmiljöskäl, kan ske genom att mala organiskt avfall vid restauranger-storkök. Enligt råd till föreskriften 6:6211 i Boverkets byggregler BFS 1998:38 ges möjligheter att ställa krav på att avskiljare skall installeras om spillvattnet innehåller mer än obetydliga mängder av fett, slam eller fasta partiklar som ger påtaglig risk för avsättning i det allmänna ledningssystemet.

De kommuner som tillämpar avfallskvarnar i restauranger-storkök torde då ha möjlighet att ställa krav på att även det malda avfallet från restauranger-storkök skall anslutas via avskiljare innan avloppsvattnet avleds till det allmänna ledningsnätet. Avlopp från vattenklosetter får inte anslutas till avskiljare för detta ändamål.

6. Slutsatser

Följande slutsatser kan dras från studien:

- Den dokumenterade kunskapen om hushållens attityder och beteenden i relation till avfallskvarnar är summarisk och de undersökningar som har genomförts saknar dessutom grund i beteendevetenskaplig teori vilket ytterligare försvårar kunskapsuppbyggnaden kring ämnet. Det framgår dock av genomförda studier att hushållens attityder är övervägande positiva. Betydelsen av en genomtänkt informationsstrategi för en framgångsrik introduktion framkommer också.
- Materialflödesanalyser visar att i systemet med köksavfallskvarnar kan mer el utvinnas än summan av el och fossila bränslen som förbrukas, genom att biogas utvinns och nyttiggörs. I kompostalternativet sker ingen utvinning av biogas och således förbrukas mer el och fossila bränslen än vad som utvinns. Vidare bidrar kompostalternativet till 3 gånger så stora växthusgasutsläpp som systemet med köksavfallskvarnar. Detta förutsätter dock att köksavfallskvarnarna installeras enhetligt i områden, så att inte insamling av matavfall behöver ske i dessa områden.
- Potentiell påverkan på övergödning vid en kvävebegränsad recipient är likvärdig i de bägge alternativen, medan påverkan på övergödning är 12 gånger så stor i KAK-alternativet som i kompostalternativet vid en fosforbegränsad recipient.
- Återvinning av fosfor från avfall ingår i de svenska miljömålen. Enligt gällande gränsvärden har restprodukterna från båda systemen tillräckligt god kvalitet i fråga om tungmetallhalter för att spridas på åkermark om fosforgivan 8 kgP/ha, år antages. Det bör dock påpekas att källsorterat komposterat matavfall tillåts av EU för ekologisk odling, men inte slam. Separat hantering av matavfall kan också betraktas vara lättare att kvalitetssäkra eftersom fraktionen hanteras separat och inte blandas med andra flöden. I avloppssystemen, å andra sidan, blandas flöden från hushåll, dagvatten, industrier och verksamheter, vilket medför att kvalitetssäkring försvåras.
- Vid ett införande av köksavfallskvarnar i 50% av Göteborgs hushåll beräknar vi att mängden slam efter rötning ökar med 10% jämfört med genererad slammängd vid Ryaverket år 1999.
- En normalisering av systemens miljöpåverkan jämfört med samhällets totala påverkan visar att systemets förväntade effekter är små. Den högsta beräknade effekten är vattenutsläpp av koppar till hav, som i alternativet med kvarnar för hantering av matavfall från hushåll beräknades till ca 3% av samhällets totala utsläpp utslaget per invånare. Den största relativa påverkan förutom tungmetaller till vatten är utsläppen av fosfor (0.26% av samhällets utsläpp). Ett ”värsta fall – scenario” för fosforutsläpp studerades och gav en relativ påverkan motsvarande 0.43% av samhällets totala påverkan utslaget per invånare. Även en positiv effekt av kvarnalternativen i form av energiutvinning från biogas är liten relativt samhällets totala energianvändning.

- Materialflödesanalyser av hantering av matavfall från storköket vid Svenska Mässan i Göteborg visar att alternativet med storkökskvarn kopplad till avloppssystemet via fettavskiljare kan utvinna mer än dubbelt så mycket höggradig energi än vad som förbrukas i form av el och fossila bränslen. Systemet med storkökskvarnar är förutom vad det gäller energibalans också gynnsamt genom en mindre påverkan på växthuseffekt än insamling till central kompostering. Alternativet med storkökskvarn bidrar å andra sidan mer till eutrofiering för såväl kväve-, som fosforbegränsad recipient än komposteringsalternativet.
- Studier av tekniska aspekter visar att ökade problem med igensättningar kan uppstå i kvarnen och i fastighetens rörinstallationer om köksavfallskvarnar införs. Effekterna på det allmänna ledningsnätet förväntas bli små, men om ledningssystemet är i dålig kondition och t ex svackor uppträder kan det finnas risk för ökad frekvens av stopp och ökad risk för svavelvätebildning.
- Simuleringar med MIMES/Waste modellen visar att såväl central kompostering som avfallskvarnar innebär en ökad systemkostnad för Göteborgs avfallshantering jämfört med fortsatt behandling av matavfall i den existerande förbränningsanläggningen. Central kompostering har en lägre systemkostnad än avfallskvarnar. Det bör observeras att systemkostnaden inkluderar investeringskostnaden för kvarnarna. Merkostnaden för avfallskvarnar gentemot central kompostering uppgår till mellan 1500 och 125 000 kr / 1000 hushåll, år i de olika scenarier som analyserats.
- Den totala systemkostnaden för behandling av matavfall från Svenska Mässans storkök är lägre med avfallskvarnar än med central kompostering eller förbränning. Göteborgs avfallshanterings systemkostnad minskar, beroende på analyserat scenario, med mellan 600 och 1400 kr / ton uppkommet matavfall jämfört med att fortsätta behandla matavfallet i den existerande förbränningsanläggningen.
- Avfallskvarnar är ur ekonomisk synvinkel mer gynnsamt än central kompostering för biologisk behandling av matavfall från Svenska Mässan. Merkostnaden för central kompostering gentemot avfallskvarnar uppgår till mellan 1800 och 2600 kr / ton uppkommet matavfall i de olika scenarier som analyserats.
- En genomförd kommunenkät visar att drygt 20 svenska kommuner har registrerade avfallskvarnar och totalt antal registrerade i Sverige är ca 3000 (varav 2000 i Surahammar). Mycket talar dock för att antalet inte registrerade kvarnar anslutna till avloppsnät är minst lika många om inte fler. Det finns också ca 40 dokumenterade storkökskvarnar i Sverige. Taxesättningen hos kommunerna för köksavfallskvarn i ett hushåll har en spridning från ingen taxa till drygt 2600 kr/år.

7. Förslag till fortsatta studier

7.1 Försöksområden

Backadalen

Företrädare för bostadsrättsföreningen i Backadalen i Göteborg har framfört intresse att få möjlighet att delta i ett försök med installation av avfallskvarnar i hushållen inom området. Huvudsyftet med att utnyttja avfallskvarnar för omhändertagande av det organiska avfallet från hushållen är enligt företrädarna att det skall vara bra för miljön. De ekonomiska förutsättningarna har också angivits vara av betydelse om avfallskvarnar inom området skall föreslås tillämpas.

Området består av ca 1000 lägenheter i huvudsak byggda som 3-våningshus. Källsortering finns införd där komposterbart respektive övrigt brännbart avfall sorteras i olika kärl i soprummen. I Backadalen finns också 5 återvinningsstationer med insamling av glas, papper, förpackningar och annat avfall belagt med producentansvar. Det finns också en avlämningsställe för grovsopor och miljöfarligt avfall.

Det allmänna lokala avloppssystemet inom området är utformat som duplikatsystem med särskilda ledningar för spillvatten respektive dagvatten. Spillvattenledningarna är utformade som självfallssystem med betongrör med dimensionen \varnothing 225 i huvudsak minimilutning 3-5%. Spillvattenledningarna från området ansluter nerström området till huvudledningar i självfall med dimension \varnothing 600-1200 mm som efter 5 km når spillvattentunnel för vidare självfallstransport i tunnel till Ryaverket för rening.

Servisledningarna för spillvatten från området är i huvudsak anslutna till det lokala spillvattennätet. Några av servisledningarna för spillvatten är anslutna till genomgående spillvattenledning med dimensionen \varnothing 300 mm.

Några driftstörningar i det allmänna lokala spillvattennätet har inte noterats under de senaste åren. Samtliga spillvattenledningar i området har TV-undersökts. Några ledningssträckor har befunnits ha mindre lokala sättningar och fettansamlingar. Delar av ledningsnätet har spolats för att möjliggöra TV-undersökning. På några ledningssträckor är rören skadade och behöver sannolikt läggas om.

Svenska Mässan

Företrädare för Svenska Mässan i Göteborg har framfört önskemål att installera avfallskvarnar för att mala matavfall från restaurangkök. Huvudsyftet med att använda avfallskvarnar har angivits vara att förenkla avfallshanteringen och förbättra arbetsmiljön för de som hanterar det organiska avfallet. Under en period infördes källsortering av matavfall, vilket hade fördelar ur lagringssynpunkt (matavfallet kunde lagras koncentrerat och man slapp lukt från brännbar fraktion då matavfallet var utsorterat). Dessvärre ledde källsorteringen till fler inre transporter och dessutom var inte insamlingsfordonet och hämtstället anpassad till varandra, vilket ledde till att personalen tvingades rulla ut matavfallet på Svenska Mässans gård. Svenska Mässans storkök söker ett system för hantering av matavfall som är miljövänligt, innebär en god arbetsmiljö och är ekonomiskt hållbart.

Restaurangköket har stor variation av antalet tillagade portioner från 0 per dag till ca 5000 per dag. Den totala mängden organiska avfallet har angivits till ca 40 ton/år. Den huvudsakliga delen är sannolikt malbar i avfallskvarn. Avloppet från restaurangköket är anslutet till det allmänna spillvattennätet via lokalt självfallsnät och markförlagd fettavskiljare.

Den allmänna spillvattenledningen har dimensionen Ø 400 mm, lutar ca 5‰ och ansluter till kombinerad avloppsledning Ø 1500 med självfall utmed Mölndalsån som efter 4 km är ansluten till en större pumpstation med kapaciteten 11 m³/s. Pumpstationen pumpar avloppsvattnet i tryckledning under Göta älv varefter det ansluts till spillvattentunnel på vidare självtransport till Ryaverket för rening. I pumpstationen sker bräddning av avloppsvatten till Mölndalsån i samband med häftiga regn.

Om det malda avfallet ansluts via fettavskiljare torde risken för påverkan på det allmänna spillvattennätet vara liten. Det förutsätts då att fettavskiljarna är riktigt dimensionerade och sköts på rätt sätt och töms när det behövs.

7.2 Utgångspunkter och förslag till syfte och undersökningsuppläggning vid planerat fullskaleförsök med köksavfallskvarnar i Backadalen, Göteborg

Som nämndes inledningsvis sorteras idag bio-avfall i cirka vart femte av Sveriges hushåll. Regeringens målsättning på miljöområdet förutsätter att andelen som sorterar bio-avfall ökas avsevärt. Att, som ett led i källsortering, hantera den del av bio-avfallet som utgörs av matavfall via avfallskvarnar har bara prövats i liten utsträckning tidigare. En förutsättning för att ett sådant system skall vara framgångsrikt är att hushåll konsekvent och på avsett sätt avlämnar så stor del av sitt matavfall som möjligt via kvarnen. Det är också viktigt att hushåll vinnlägger sig om att minimera negativ påverkan på systemets restprodukt genom att inte avhända sig oönskat eller olämpligt material (läkemedel, kemikalier, etc.) via avloppssystemet. Detta förutsätter i sin tur att man är motiverad att ändra sina vanor, att man har kunskap om vad som skall lämnas via kvarnen eller i avloppet i övrigt. Det förutsätter också att kvarnen liksom naturligtvis övriga fysiska och organisatoriska delar av va-systemet (taxa, kundservice) fungerar på ett sätt så att detta låter sig göras. Av detta följer också att hushåll måste ägnas forskningsmässig uppmärksamhet som den centrala aktörsgrupp man utgör i va-systemet.

Tidigare forskning om så kallat miljövänligt beteende har i stor utsträckning kommit att handla om motivation. Enligt en vanligt förekommande teori (Theory of reasoned action) (Ajzen & Fishbein, 1980) står våra beslut att handla (intentioner) i en direkt relation till de handlingar vi sedan genomför. Våra intentioner är enligt samma teori förbundna till våra attityder till beteendet i fråga och till sociala faktorer (subjective norm) som bestäms av hur vi uppfattar att personer som står oss nära vill att vi ska agera och vår vilja att agera i enlighet med deras önskningar.

Theory of planned behavior (TPB), beskriven av Ajzen, (1991) är en utveckling från den föregående teorin. Vad som skiljer de båda teorierna är att den senare är utformad också för att förutsäga och förstå beteenden där aktören inte ensam har full kontroll över

alla led i kedjan fram till handling. För att ta hänsyn till en viss osäkerhet har i modellen inkluderats en variabel som skall fånga upp aktörens uppfattning om vilken kontroll (perceived behavioral control) han/ hon äger över beteendet. Forskning inom avfallsområdet visar emellertid att även denna senare modell är otillräcklig för att förklara den här typen av beteenden. En alternativ modell som förutom motivation tar hänsyn till aktörens resurser att genomföra en handling har presenterats av danska forskare (Thøgersen, 1994, Ölander & Thøgersen, 1995). Modellen (MOAB) inkluderar också tillgång till immateriella resurser i form av kunskaper och vanor liksom materiella resurser i form av de fysiska omgivningsförutsättningar som systemet ger. Till skillnad från TPB fokuserar inte MOAB huvudsakligen på upplevelsen av fysiska resurser utan på tillgången av dessa i faktisk mening.

Tidigare forskning inom miljöområdet har kritiserats för att inte i tillräcklig utsträckning ta hänsyn till behovet av att studera introduktionen av nya system som en process över tid (Åberg, 2000). De ovan refererade modellerna har också kritiserats för att inte i tillräcklig utsträckning ta hänsyn till den situerade karaktären av mänskliga aktiviteter.

Information nämns som en nyckelfråga i de flesta av de studier av avfallskvarnar som refereras till i avsnitt 2.2. Det så kallade ”gröna kunskapslyftet” talas också ofta om i politiska sammanhang. I den ovan beskrivna modellen för beteendeförändring (MOAB) utgör kunskap en viktig faktor för etablerandet av nya beteenden. Som vi vet finns det inget enkelt samband mellan information och kunskap. Man skulle kunna förmoda att när avfallskvarnar införs förflyttas ansvaret för vårt matavfall och vad som sedan händer med det ut ifrån hushållet och över till någon annan i den offentliga sfären. Om detta är sant skulle man också kunna förmoda att hushåll blir mindre intresserade av och mottagliga för information om vad som händer med avfallet sedan det lämnar hålet i diskbänken och på motsvarande sätt mindre benägna att ta till sig information om vad man själv kan göra för att inte belasta avloppssystemet på ett ur miljösynpunkt negativt sätt.

Utifrån ett annat sätt att se skulle man å andra sidan kunna tänka sig att avfallskvarnen kan komma att fungera på ett helt annat sätt i förhållande till information och kunskap. Kvarnen skulle kunna fungera på ett sätt så att den gjorde hushåll extra ”känsliga” för den typ av information som nämns ovan. Den skulle kunna fungera som en påminnelse om sambandet mellan vardagliga handlingar och förhållanden i naturmiljön.

Preliminärt syfte

Den planerade delstudien syftar till att undersöka i vilken utsträckning införande av avfallskvarnar kan bidra till ökad utsortering av matavfall bland de boende i området. Den syftar också till att undersöka om och på vilket sätt införandet av avfallskvarnar påverkar hushålls förståelse av va- och avfallssystemen och sin egen relation till dessa.

Vidare finns det frågor kring systemet av teknisk natur. En studie i Backadalen ger möjlighet att verifiera vissa antaganden gjorda i denna rapport, vad det gäller miljö & kretslopp samt teknisk funktion. Preliminärt syfte kan vara att:

- Bestämna normalt matavfall till kvantitet och kvalitet,
- Studera elanvändning och vattenförbrukning för malning av matavfall,

- Dokumentera driftsstopp till antal och art, inom och utanför fastighet
- Följa upp spillvattenledningarnas kondition genom återkommande videofilmningar.

Preliminär design

Backadalen är mycket intressant som försöksområde för en beteendevetenskaplig studie. Området är bebyggelsemässigt homogent och innehåller ett stort antal lägenheter i flerfamiljshus som ju är särskilt intressant att studera då bekvämlighetsvinsten kan antas större p.g.a. minskat behov att transportera matavfall till gemensamma uppsamlingsplatser. Eftersom området är stort kan vi anta att olika hushållstyper kan nås som t. ex äldre och personer med annan språklig och kulturell bakgrund än den svenska.

Områdes- och bostadsförutsättningarna möjliggör en kvasiexperimentell undersökningssuppläggning där vissa förutsättningar varieras och utfallet (i termer av attityder/uppfattningar, rapporterat beteende och avfallsvikt) jämförs mellan grupper av hushåll.

Steg 1

Inledningsvis fastställs gällande förutsättningar vad gäller attityder/uppfattningar, rapporterade beteenden och utfall t. ex i form av avfallsvikt (helst också plockanalyser) innan försöket. Vidare sker provtagning och analys av spillvatten från området samt invändig filmning av ledningarna.

Steg 2 Initiering av ett nytt beteende

Förslagsvis installeras avfallskvarnar i halva området medan matavfall i den andra halvan hanteras på samma sätt som idag. I samband med installation av kvarnar genomförs en informationskampanj på samma sätt till samtliga hushåll. (en sådan skulle t. ex kunna utformas och genomföras i samarbete med personal på Kretsloppskontoret, Va-verket och HSB. Informationskampanjen som skulle fokusera både på frågor av typen varför och hur skulle behandla hushållens roll som aktörer i avloppssystemet. Den information som ges syftar till att öka hushållens möjlighet att tolka och förstå betydelsen av det egna hushållets agerande för det övriga systemet och vice versa. Konkret information som grund för val av kem-tekniska hushållsprodukter skulle också ges. För att underlätta ytterligare för hushållen skulle ett samarbete också kunna inledas med den lokala butiken som kunde bidra med att tillhandahålla och exponera mera miljövänliga alternativ. Underlag för informationskampanj bör inhämtas i nära kontakt med hushåll i området t. ex med hjälp av intervjuer individuellt eller i grupp (så kallade fokusgrupper).

Detta steg i undersökningen skulle sedan kunna följas upp kvalitativt (intervjuer) och kvantitativt (enkäter) och kombineras med vägning och ev. plockanalys av restfraktionen. Uppläggningsmedger att slutsatser kan dras om eventuella skillnader i attityder, beteenden och utfall mellan hushåll som har avfallskvarn och hushåll som inte har.

Steg 3 Fortvarighetsfasen

Erfarenhetsmässigt vet vi att det är svårt att ändra beteenden långsiktigt. Trots goda föresatser faller vi ofta tillbaka i gamla inrutade beteenden efter en tid. De tidigare studierna av införandet av fallskvarnar visar också att behovet av information ändras över tid. Nya erfarenheter gör att vi ställer oss nya frågor som behöver bli besvarade. En fråga med praktisk relevans är därför hur skall vi utforma information för detta skede. Förslagsvis bör därför en uppföljning av insatserna i steg 2 ske efter en period om cirka ett år följda av en vetenskaplig utvärdering som i implementeringsfasen.

Parallellt med intervju- och enkätundersökningarna sker mätningar av avfallsmängder och provtagning av spillvattnet med jämförelser mellan delområdena som har konventionellt insamlingssystem av källsorterat matavfall och delområdet som har köksavfallskvarnar. Vidare sker återkommande videofilmning för att studera om avsättningar av material byggs upp snabbare i servisledningar och avloppsledning från delområdet med köksavfallskvarnar.

7.3 Kommentarer angående planerat fullskaleförsök med storkökskvarnar vid Svenska Mässan, Göteborg

Östra sjukhusets storkök har haft avfallskvarnar installerade sedan år 1991. En uppföljning av systemet genomfördes år 1994 (Velandar, 1994) och data från denna studie har använts i stor utsträckning i denna studie. Det är av stort värde att samla in mer information från denna installation och det skulle förvisso vara av intresse att få en tillämpning till vid Svenska Mässan för att göra jämförelser. Å andra sidan pågår det en utveckling av en ny typ av storkökskvarnar som inte belastar avloppssystemen och som har fördelen av ett effektivt system för transport av det normalda avfallet till behandlingsanläggning (helst rötning ur energisynpunkt). Från resultaten av våra studier kan man finna att ett sådant system kan vara fördelaktigt ur miljösynpunkt.

Skulle en tillämpning ske av typen storkökskvarn med lokal uppsamling och vägburen transport till behandlingsanläggning bör en genomgripande uppföljning initieras, där hela kedjan från kökspersonalens användande av systemet via transport och behandlingssystem till restproduktens slutliga kvalitet studeras.

7.4 Övrigt FoU-behov

System med köksavfallskvarnar är inte särskilt väl studerade. Av avsnittet 7.2 ovan framgår att en kunskapsbildning kring hushållens beteenden och attityder skulle kunna skapas vid ett försök i Backadalen, likaså skulle det finnas möjlighet att mäta mängden normalt matavfall och också karakterisera dess kvalitet med avseende på närhalter, tungmetaller, svårnedbrytbara ämnen o.s.v.

Som komplement till studierna i Backadalen vore det också intressant att simulera egenskaper hos olika ämnen i normalt matavfall i ledningsnät och i olika processer i avloppsreningsverk. Dessa studier görs lämpligen som laboratorieförsök. Intressanta aspekter är t ex hur olika ämnen fördelar sig i löst respektive fast fas under transport och behandling. Vidare fattas kunskap vad gäller långtidseffekter på ledningssystem på grund av anslutning av köksavfallskvarnar. Detta kan med fördel studeras i Surahammar där system med KAK finns utbyggt i stor skala.

8. Referenser

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 179-211
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behavior. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Audelius, B. (1991). Avfallskvarnar – behövs de i ett långsiktigt perspektiv? Intervju med Gunnar Bergvall, avd. dir. Statens Naturvårdsverk. *RVF-Nytt*, 5, (3), 32-33
- Azar, C., Sterner, T. (1996). Discounting and distributional considerations in the context of global warming. *Ecological Economics*, 19, 169-184
- Clauson-Kaas, J., Sander Poulsen, T., Dahl Hansen, A., Jakobsen, J. (1997). Sammenlignende miljøvurdering af køkkenkvarne og alternative metoder til bortskafelse af organisk affald. Rapport från COWI och I/S Alvadøre Kloakværk, Danmark
- Dalemo, M., Oostra, H. (1996). Miljökonsekvenser vid hantering av hushållsavfall i VAFAB-regionen. JTI-rapport Kretslopp & Avfall nr 4, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala
- Diggelman, C., Ham, R. K. (1998). Life Cycle Comparison of Five Engineered Systems for Managing Food Waste (Executive summary to the final report). Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison, USA
- Disperator AB (1997). Modell 97 matavfallskvarn. Driftinstruktion (informationsblad)
- Eklind, Y., Beck_Friis, B., Bengtsson, S., Ejlertsson, J., Mathisen, B., Nordkvist, E., Sonesson, U., Kirchmann, H., torstensson, L., Svensson, B. (1997). Chemical Characterisation of Source Separated Biological Household Wastes. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 27, 167-178
- Energimyndigheten (2000), *Electricity market 2000*, informationsskrift från Energi-myndigheten, Eskilstuna, 2000
- Gryaab (2000). Årsredovisning 1999
- Göteborgs Stadskansli (2000). Göteborgsbladet 2000 (juni)
- Ishøj Kommune & I/S Avedøre kloakværk. (1996). Redogørelse vedrørende forhold og konsekvenser knyttet til brugen af køkkenkvarne
- Ishøj Kommune. (1996). Brugerundersøgelse vedrørende køkkenkvarne
- Karlberg, T., Norin, E. (1999). Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk. En studie från Surahammar. VA-Forsk rapport 1999-9, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm
- Kihlberg, K. (1999). Köksavfallskvarnar. PM till VAVs rönnätskommitté

- Koning, de J., Graaf, van der, J.H.J.M. (1996). Kitchen food waste disposers – effects on sewer systems and waste water treatment. Department of Watermanagement, Environmental & Sanitary Engineering, Delft University of Technology, Delft, Netherlands
- Kärman, E. (2000). Environmental Systems Analysis of Wastewater Management. Doktorsavhandling, Vatten Miljö Transport, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- Lagerkvist, A., Karlsson, B. (1983). Integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall – en konsekvensstudie. Forskningsrapport nr 1, Tulea 1983:28, Avd. för restproduktteknik, Högskolan i Luleå.
- Ledskog, A., Larsson S. G., Lindqvist, B. G. (1994). Svavelväteproblem i avloppsledningar - drifterfarenheter och tillämpbara anvisningar. VA-Forsk rapport 1994-7, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm
- Ljunggren Söderman, M. (2000). A Systems Engineering Approach to National Waste Management, doktorsavhandling, Avdelningen för Energisystemteknik, Chalmers, Göteborg
- Miljödepartementet. (2000). Avfallshantering och producentansvar – mål och resultat. Faktablad
- Nilsson, J. (1999). Avfallskvarnar i Linköping? Sju scenarier för hantering av organiskt hushållsavfall. Examensarbete. Västerås: Mälardalens högskola, Institutionen för energiteknik
- Nilsson, P., Hallin, P-O, Johansson, J., Karlén, L., Lilja, G., Petersson, B. Å., & Pettersson, J. (1990). Källsortering med avfallskvarnar. En fallstudie i Staffanstorps kommun. (FOU nr 54). Lund: Stiftelsen Reforsk
- Nilsson, P., Lilja, G., Johansson, J., & Pettersson, J. (1987). Källsortering med avfallskvarnar i hushållen. Integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall (ITS). En fallstudie i Staffanstorp. Förstudie. (FOU nr 23). Lund: Stiftelsen Reforsk
- Nord (1995). Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Nord 1995:20. Nordic Council of Ministers, Köpenhamn, Danmark
- Ohlsson, T., Retzner, L. (1998). Plockanalyser av hushållens säck- och kärlavfall. En studie i sex svenska kommuner. (FoU nr 145). Lund: Stiftelsen Reforsk
- Olofsson, M. (2001). Energi från avfall. En integrerad studie av avfallshanterings- och energisystemet i Göteborg. ISRN CTH-EST-R--01/2-- SE , Avdelningen för Energisystemteknik, Chalmers, Göteborg
- Olofsson, M. (1998). Karakterisering av komposterbart hushållsavfall – en studie i Göteborgs avfallshanteringssystem, Examensarbete T98-228, Institutionen för energiteknik, Avd. för Energisystemteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- Pind, P., Dircks, K., Henze, M. (1997). Køkkenkvarne miljøgevinst eller svineri. *Vand & Jord*, 4, (5), 205-209.

- Renova (2000a). Miljörapport 1999 för avfallskraftvärmeverket och sorteringsanläggningen, inklusive återvinningscentralen vid Sävenäs. Renova AB, Göteborg
- Renova (2000b). Miljörapport 1999 för Tagene deponi. Renova AB, Göteborg
- SCB (1996). Naturmiljön i siffror. Rapport från Statistiska centralbyrån, Stockholm
- SCB (1999). Statistisk årsbok 2000. Statistiska centralbyrån, Stockholm
- Sonesson, U. (1996). The ORWARE Simulation Model – Compost and Transport Sub-models. Licentiatavhandling, Rapport 215, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala
- Sonesson, U., Jönsson, H. (1996). Urban biodegradable waste amount and composition – case study Uppsala. Rapport 201, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala
- Staffanstorps kommun. (1999). Bostadsrättsföreningen Glasförgyllaren, Staffanstorp. Sammanställning av svar på enkät angående försöksverksamhet och permanent användning av avfallskvarnar
- Stenberg, M.-L., Engström, J., Wrånghede, A.-K. (1999). Miljöbelastning från insamling och transport av hushållsavfall. (FoU 152). Lund: Stiftelsen Reforsk
- Sundberg, J., (1994). Avfallskvarnar i Göteborg. En övergripande systemstudie för avfallskvarnar map förutsättningar, kostnadseffektivitet och miljö med hjälp av MIMES/Waste modellen, J. Sundberg Systemanalys, Göteborg
- Sundberg, J., (1993). Generic modelling of Integrated Material Flows and Energy Systems, doktorsavhandling, Avdelningen för Energisystemteknik, Chalmers, Göteborg
- Sundberg, J., (1997). MIMES/Waste. Fallstudier och kommersiella tillämpningar (1990-1996), PM, Avdelningen för Energisystemteknik, Chalmers, Göteborg
- Sundberg, J., (2000). Kapacitet för att ta hand om brännbart och organiskt avfall, RVF Utveckling, Rapport 00:13, RVF Service AB, Malmö
- Svenska Renhållningsverksföreningen. (2000). Svensk avfallshantering 2000. Årsskrift från RVF
- Thøgersen, J. (1994). A model of recycling behaviour, with evidence from Danish source separation programmes. *International Journal of Research in Marketing*, 11, 145-163
- Va-verket i Göteborg (1993). Åtgärdsplan avlopp 1993
- Va-verket i Göteborg (2000). Årsberättelse 1999
- Velander, M., (1994). Hantering av köksavfall från storkök. Utvärdering av avfallskvarnar, Östra Sjukhuset, KM Litt 675 790, Kjessler & Mannerstråle, Göteborg
- Vänerns Tingsrätt, Miljödömsstolen (2000). Prövotidsredovisning för Ryaverket, Bilaga 7

- Åberg, H. (1992). *Hushållsvis kompostering av hushållsavfall. Fältprovning av tre kompostortyper i Backa*. (Rapport 1992:7). Göteborg, Sweden: Chalmers Tekniska Högskola
- Åberg, H. (2000). Sustainable Waste Management- from international policy to everyday practise. Experiences from two Swedish field studies. Göteborg studies in educational sciences 150. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis
- Åberg, H., Dahlman, S., Shanahan, H., Säljö, R. (1996). Towards sound environmental behaviour: Exploring household participation in waste management. *Journal of Consumer Policy*, 19, 45-67
- Ölander, F., & Thøgersen, J. (1995). Understanding of consumer behaviour as a prerequisite for environmental protection. *Journal of Consumer Policy*, 18, 345-385

Personliga meddelanden

- Andersson, K., Kretsloppsnämnden Göteborg, februari 2001
- Baker, J., Disperator AB, november 2000 – februari 2001
- Balmér, P., GRYAAB, november 2000 – februari 2001
- Carlsson, I., Surahammars KommunalTeknik AB, september 2000
- Edström, M., Institutet för jordbruks-, och miljöteknik (JTI), februari 2001
- Halvorsen, K., Bardu kommune, november 2000
- Hellman, A., Renova, november 2000 – februari 2001
- Lundeborg, S., Naturvårdsverket, mars 2001
- Odenhage, K., Renova AB, november 2000
- Russell, D., School of Psychology, University of Western Sidney, oktober 2000
- Rydberg, J., Surahammars KommunalTeknik AB, april 2001
- Svensson, L., Svenska Mässan AB, november 2000 – februari 2001

Information från Internet

- Kretsloppsnämnden, Nya vatten- och avfallstaxor för 2001!, Hämtad 2001-02-13 från <http://www.krets.goteborg.se/default.htm>
- Naturvårdsverket, Näringsämnen i havsvattnet. Hämtat 2001-05-08 från <http://www.environ.se/dokument/fororen/overgod/eutro/noptrend.html>

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 1 (10)

Hushåll 1(2)

			Referens
Funktionell enhet	1 f.e. = 1000 hushåll, 1 år		
Mängd matavfall, lgh	80 kg/pers,år		<i>Olsson & Retzner 1998</i>
Mängd matavfall, villa	72 kg/pers,år		<i>Olsson & Retzner 1998</i>
Medel	76 kg/pers,år		
Småhushushåll	49769 st i Göteborg, juni 2000	21,0%	<i>Stadskansliet, Gbg 2000</i>
Lgh-hushåll	186916 st i Göteborg, juni 2000	79,0%	<i>Stadskansliet, Gbg 2000</i>
Folkmängd 1999	462309		
Personer		1731 pers/f.e. (FoB-90: 2,6 pers/villa, 1,5 pers/lgh)	
Total mängd	35073843 kg/år	131348,2 kg/f.e.	

Elförbrukning kvarn

Effekt	600 W		
Ant. anv.tillfällen	2,4 ggr/hushåll,dygn		<i>Nilsson et al 1990</i>
Användningstid	30,0 sek/gång		<i>Nilsson et al 1990</i>
Vattenförbrukning	3,0 liter/malning	2628000 kg/f.e.	<i>Nilsson et al 1990</i>
Elförbrukning	15,8 MJ/hushåll,år	15768 MJ/f.e.	

Via köksavfallsquvarn

		KAK	KOMPOST	
Andel till quvarn	0,67			<i>Karlberg och Norin 1999</i>
Mängd malbart (67%)	50,83 kg/p,år	88003 kg/f.e.	0	
P	0,25 g/p,d	106 kg/f.e.	0	<i>Sonesson et al 1996</i>
N	1,3 g/p,d	550 kg/f.e.	0	<i>Sonesson et al 1996</i>
TS	35%	30801 kg/f.e.	0	<i>Sonesson et al 1996</i>
BOD	25 g/p,d	10585 kg/f.e.	0	<i>Karlberg & Norin 1999</i>
Cd	0,0085 mg/p,d	0,0036 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Pb	0,66 mg/p,d	0,28 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Cu	2,2 mg/p,d	0,93 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Hg	0,0018 mg/p,d	0,0008 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Zn	5,3 mg/p,d	2,24 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Cr	0,66 mg/p,d	0,28 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>
Ni	0,46 mg/p,d	0,19 kg/f.e.	0	<i>Eklind et al 1997</i>

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 2 (10)

Hushåll 2(2)

Förbränning		KAK	KOMPOST	
Restavfall KAK	0,33			<i>Karlberg och Norin 1999</i>
Restavfall kompost	0		0,2	<i>Antaget</i>
Tot andel rest	0,33		0,2	
Mängd till rest	11574368 kg/f.e.	43345 kg/f.e.	26270 kg/f.e.	
P	0,25 g/p,d	52 kg/f.e.	32 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
N	1,3 g/p,d	271 kg/f.e.	164 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
TS	35%	15171 kg/f.e.	9194 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
BOD	37,31 g/p,d	7781 kg/f.e.	4716 kg/f.e.	<i>Karlberg & Norin 1999</i>
Cd	0,0085 mg/p,d	0,00 kg/f.e.	0,00 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Pb	0,66 mg/p,d	0,14 kg/f.e.	0,08 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Cu	2,2 mg/p,d	0,46 kg/f.e.	0,28 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Hg	0,0018 mg/p,d	0,00 kg/f.e.	0,00 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Zn	5,3 mg/p,d	1,11 kg/f.e.	0,67 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Cr	0,66 mg/p,d	0,14 kg/f.e.	0,08 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Ni	0,46 mg/p,d	0,10 kg/f.e.	0,06 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Kompost				
Tot andel rest	0	0	0,80 kg/f.e.	<i>Antaget</i>
Mängd till rest	0 kg/1000hh,yr	0	105079 kg/f.e.	
P	0,25 g/p,d	0	126 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
N	1,3 g/p,d	0	657 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
TS	35%	0	36777 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
BOD	37,31 g/p,d	0	4716 kg/f.e.	<i>Sonesson et al 1996</i>
Cd	0,0085 mg/p,d	0	0,00 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Pb	0,66 mg/p,d	0	0,33 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Cu	2,2 mg/p,d	0	1,11 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Hg	0,0018 mg/p,d	0	0,0009 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Zn	5,3 mg/p,d	0	2,68 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Cr	0,66 mg/p,d	0	0,33 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
Ni	0,46 mg/p,d	0	0,23 kg/f.e.	<i>Eklind et al 1997</i>
C-tot	43 % av TS	0	15814 kg/f.e.	<i>Sonesson et al. 1996</i>

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 3 (10)

Ledningsnät

	KAK	Referens
<i>Elförbrukning, pumpning</i>		
Elanv. avledn. avlopp 1999	3,90E+06 kWh	Va-verkets årsberättelse 1999
Total pumpad volym 1999	1,40E+08 ton	Va-verkets årsberättelse 1999
Specifik elanv.	0,100 MJ/ton	
Vattenanvändning	2628000 kg/f.e.	
Mängd malt matavfall	88003 kg/f.e.	
Elanv. Transport malt matavfall	272 MJ/f.e.	
 <i>Bräddning</i>		
Bräddat spillvatten 1999	0,3 Mm3/år	Va-verkets årsberättelse 1999
Total volym hush.spillv. 1999	41 Mm3/år	Va-verkets årsberättelse 1999
Andel bräddat	0,73%	
BOD matavfall	77 kg/f.e.	
P matavfall	0,77 kg/f.e.	
N matavfall	4,03 kg/f.e.	
 <i>Tillfälliga avbrott pumpstationer</i>		
Utsläppt spillvatten 1999	0,03 Mm3	Va-verkets årsberättelse 1999
Total volym hush.spillv. 1999	41 Mm3/år	Va-verkets årsberättelse 1999
Andel utsläppt	0,07%	
BOD matavfall	7,745 kg/f.e.	
P matavfall	0,08 kg/f.e.	
N matavfall	0,40 kg/f.e.	
	kg/f.e.	
Summa utsläpp	kg/f.e.	
BOD	85,2 kg/f.e.	
P	0,85 kg/f.e.	
N	4,43 kg/f.e.	
	kg/f.e.	
Avfallsflöde till Rya	87295 kg/f.e.	
Vattenflöde till Rya	2626077 kg/f.e.	
BOD till Rya	10500 kg/f.e.	
P till Rya	105 kg/f.e.	
N till Rya	546 kg/f.e.	
Cd	0,0036 kg/f.e.	
Pb	0,28 kg/f.e.	
Cu	0,92 kg/f.e.	
Hg	0,0008 kg/f.e.	

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 4 (10)

Ryaverket 1(2)

		KAK	Referenser
<i>Inkommande</i>			
Flöde till Rya		87295 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
TS till Rya		30553 kgTS/f.e.	Från "Ledningsnät"
BOD till Rya		10500 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
P till Rya		105 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
N till Rya		546 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
Cd		0,0036 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
Pb		0,28 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
Cu		0,92 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
Hg		0,0008 kg/f.e.	Från "Ledningsnät"
<i>Förbehandling</i>			
Gallerrens	4% av inkom	3492 kg/f.e.	Karlberg och Norin 1999
<i>Försedimentering</i>			
Till slam	75% av inkom	22915 kg/f.e.	Nilsson et al 1990
Till vattenbehandling	25% av inkom	7638 kg/f.e.	Nilsson et al 1990
<i>Bräddning</i>			
Totalt inflöde till Rya 1999	140 Mm3		VA-verkets årsberättelse 1999
Bräddat vid Rya 1999	12 Mm3		VA-verkets årsberättelse 1999
Bräddad mängd	8,6%	655 kg/f.e.	
BOD bräddning	1,6%	35 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
P bräddning	1,9%	0,42 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
N bräddning	2,5%	2,87 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
Cd	7,5%	0,00056 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
Pb	5,4%	0,0031 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
Cu	4,2%	0,0081 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
Hg	8,0%	1,27E-05 kg/f.e.	Analogt med miljörapport, Gryaab 1999
<i>Vattenbehandling</i>			
Andel till vattenbehandling	25% av avfall		
Flöde		20787 kg/f.e.	
Torrsubstans	35%	7275 kg/f.e.	
BOD		2511 kg/f.e.	
P till Rya		25 kg/f.e.	
N till Rya		130 kg/f.e.	
Cd		0,00084 kg/f.e.	
Pb		0,066 kg/f.e.	
Cu		0,22 kg/f.e.	
Hg		0,00018 kg/f.e.	
Bryts ned	50%	3638	Balmér, muntligen
Bildar cellmassa	50%	3638	Balmér, muntligen
Luftningsbehov	1,4 kg O2/kg org	5093	Balmér, muntligen
Elbehov för luftning	3,6 MJ/kgO2	18334 MJ/f.e.	Nilsson et al 1990

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 5 (10)

Ryaverket 2(2)

Referens

Andel till biogasanläggning

Avfall till slambeh, prim+sek		65999 kg/f.e.
Andel TS	35%	23100 kg/f.e.
GF till biogas prod	80% av primär- o.	18480 kg GF
Andel till slam	30% av primär- o.	6930 Kg TS
Biogasprod	0,6 m3/kg GF	11088 m3
Energiutvinning	6,1 kWh/m3	67636 kWh
EI	33%	80351 MJ
Värme	56%	135948 MJ

Nilsson et al 1990

Balmér, muntligen

1/6 är förluster enl Balmér

Transport av gallerrens till förbränning

Referens

Avst Rya -Sävenäs	15 km
Bränsleförbrukning	0,7 liter/km
Omräknat	25,2 MJ/km
Laskapacitet	25000 kg/last
Mängd rens	
Energianv trp	

KAK

3492 kg/f.e.
106 MJ/f.e.

Odenhage, muntligen

Odenhage, muntligen

Luftemissioner

CO2	74 g/MJ	7,81 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
VOC	0,066 g/MJ	0,0070 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
CO	0,29 mg/MJ	0,031 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
NOx-N	0,53 g/MJ	0,056 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
N2O-N	2,6 mg/MJ	0,27 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
SOx-S	0,093 g/MJ	0,010 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 6 (10)

Insamling av matavfall

		KAK	Kompost	Referens
Flerbostadshus, matavfall till Marieholm				
Mängd matavfall till Marieholm		0 kg	41492 kg	*
Naturgas	84 kWh/ton	0 kWh	3485 kWh	**
NOx	127 g/ton	0 g	5269 g	**
PM	0,6 g/ton	0 g	25 g	**
HC	10 g/ton	0 g	415 g	**
CO	4 g/ton	0 g	166 g	**
CO2	18963 g/ton	0 g	786804 g	**
Småhus, matavfall till Marieholm				
Mängd matavfall till Marieholm		0 kg	11048 kg	*
Naturgas	246 kWh/ton	0 kWh	2718 kWh	**
NOx	246 g/ton	0 g	2718 g	**
PM	1,1 g/ton	0 g	12 g	**
HC	19 g/ton	0 g	210 g	**
CO	7 g/ton	0 g	77 g	**
CO2	35935 g/ton	0 g	396999 g	**
Flerbostadshus, restavfall till Sävenäs				
Mängd restavfall		34231 kg	20746 kg	*
Naturgas	58 kWh/ton	1985 kWh	1203 kWh	**
NOx	57 g/ton	1951 g	1183 g	**
PM	0,3 g/ton	10 g	6,22 g	**
HC	4 g/ton	137 g	83,0 g	**
CO	2 g/ton	68 g	41,5 g	**
CO2	12983 g/ton	444415,1 g	269342 g	**
Småhus, restavfall till Sävenäs				
Mängd restavfall		9114 kg	5524 kg	*
Naturgas	45 kWh/ton	410 kWh	249 kWh	**
NOx	64 g/ton	583 g	354 g	**
PM	0,3 g/ton	2,7 g	1,7 g	**
HC	5 g/ton	45,6 g	28 g	**
CO	2 g/ton	18,2 g	11 g	**
CO2	10039 g/ton	91499 g	55454 g	**
Moloksystemet				
Mängd bioavfall		0	52539 g	*
Diesel	63 kWh/ton	0	3310 g	**
NOx	554 g/ton	0	29107 g	**
PM	0,6 g/ton	0	32 g	**
HC	4 g/ton	0	210 g	**
CO	12 g/ton	0	630 g	**
CO2	19631 g/ton	0	1031398,4 g	**
SO _x	0,05 g/ton	0	2,6 g	**

*) Mängd avfall hämtat från "Hushåll". Hälften av hushållen är anslutna till Moloksystemet för matavfall

***) Nyckeltal framtagna av Stenberg och Zinn (2001)

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 7 (10)

Förbränning i Sävenäs

Referens

Totalt förbränd avfallsmängd 1999 3,7E+08 kg

Miljörapport, Sävenäs 1999

			KAK	Kompost	
Avfall till förbränning (restavfall+gallerrens)	3491,8		46837	26270	
<i>Energianvändning</i>					
Elanvändning	1452 MWh	0,014 MJ/kg avf	656	368 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
<i>Energjutvinning</i>					
Effektivt värmevärde, matavfall		4,4 MJ/kg avf	206081	115586 kg/f.e.	Olofsson, 1998
Netto värmeverkningsgrad		85,3 %			Olofsson, 1998 (iförh. till eff. värmevärde)
Fjärrvärmeleverans			175787	98595 kg/f.e.	
Netto elverkningsgrad		9,4 %			Olofsson, 1998 (iförh. till eff. värmevärde)
Elleverans			19372	10865 kg/f.e.	
Mängd slagg	24,9% av avfall		11662	6541 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
<i>Luftutsläpp</i>					
CO2 fossilt+org	411 ton	1,1E-06 kg/kg avf	0,05	0,0072 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
CO2 fossilt	58 ton	1,6E-07 kg/kg avf	0,007	0,0010 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
Stoft	4,7 ton	1,3E-08 kg/kg avf	0,0006	0,00008 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
HCl	29 ton	7,8E-08 kg/kg avf	0,0036	0,0005 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
CO	70 ton	1,9E-07 kg/kg avf	0,009	0,0012 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
SO2	407 ton	1,1E-06 kg/kg avf	0,05	0,0071 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999
NOx	190 ton	5,1E-07 kg/kg avf	0,02	0,0033 kg/f.e.	Miljörapport, Sävenäs 1999

Transport av aska och slagg till deponi

		KAK	Kompost	Referens
Avst Sävenäs-Tagene(?)	13 km			Renova
Bränsleförbrukning	0,7 liter/km			Renova, Bil med släp, 50% tomkör.
Omräknat	25,2 MJ/km			
Laskapacitet	25000 kg/last			Renova, pers. medd.
Aska, slagg		11662,337 kg/f.e.	6541,138935	
Energianv trp		305,65 kg/f.e.	171,4301692	

Hämtade data

<i>Luftemissioner</i>				
CO2	74 g/MJ	22,61784309 kg/f.e.	12,68583252 kg/f.e.	Sonesson, 1996
VOC	0,066 g/MJ	0,020172671 kg/f.e.	0,011314391 kg/f.e.	Sonesson, 1996
CO	0,29 mg/MJ	8,86375E-05 kg/f.e.	4,97147E-05 kg/f.e.	Sonesson, 1996
NOx-N	0,53 g/MJ	0,16199266 kg/f.e.	0,09085799 kg/f.e.	Sonesson, 1996
N2O-N	2,6 mg/MJ	0,000794681 kg/f.e.	0,000445718 kg/f.e.	Sonesson, 1996
SOx-S	0,093 g/MJ	0,028425127 kg/f.e.	0,015943006 kg/f.e.	Sonesson, 1996

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 8 (10)

Reaktorkompostering vid Marieholm

		Kompost	Referens
Avfall		105078,54 kg/f.e.	
Ntot i avfall		657,20 kg/f.e.	
Ctot i avfall		15814,32 kg/f.e.	
<i>Energianvändning</i>			
Elförbrukning, reaktor	144 MJ/ton		Dalemo & Oostra, 1996
Diesel, hjullastare	48 MJ/ton		Dalemo & Oostra, 1996
Elförbrukning		15131,31 MJ/f.e.	
Diesel		5043,77 MJ/f.e.	
<i>Luftemissioner, kompostering</i>			
Kväveförlust = $0,377 - 0,01108 \cdot C/N$			Dalemo & Oostra, 1996
Kväveförlust		0,11 kg/f.e.	
N2-N	2 %		Dalemo & Oostra, 1996
N2O-N	9 %		Dalemo & Oostra, 1996
NH3-N	89 %		Dalemo & Oostra, 1996
Gasrening, NH3	90 %		Dalemo & Oostra, 1996
Gasrening, N2O	95 %		Dalemo & Oostra, 1996
N2O-N till luft		0,33 kg/f.e.	
NH3-N till luft		6,46 kg/f.e.	
<i>Luftemissioner, hjullastare</i>			
Dieselföbr.		140,10 kg/f.e.	
CO2	2,8 kg/l	392,29 kg/f.e.	
PAH	0,09 mg/l	12,61 kg/f.e.	
VOC	4,6 g/l	644,48 kg/f.e.	
CO	12,7 g/l	1,78 kg/f.e.	
NOx-N	15,5 g/l	2,17 kg/f.e.	
SO2-S	3,5 g/l	0,49 kg/f.e.	

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 9 (10)

Deponi vid Tagene

Total mottagning	157500 ton	<i>Referens</i>
Total dieselförbrukning	139000 liter	<i>Tagene deponi, miljörapport 1999</i>
Dieselförbr per mottagen mängd	0,00088254 liter/kg	<i>Tagene deponi, miljörapport 1999</i>
Omräkning	0,03177143 MJ/kg	<i>1 liter olja = 36 MJ</i>

	KAK	Kompost	
Mottagen mängd slagg o aska	11662	6541 kg/f.e.	
Oljeförbrukning	371	208 MJ/f.e.	

Luftemissioner

CO ₂	74 g/MJ	27	15 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
VOC	0,066 g/MJ	0,024	0,014 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
CO	0,29 mg/MJ	0,00011	0,000060 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
NO _x -N	0,53 g/MJ	0,20	0,110 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
N ₂ O-N	2,6 mg/MJ	0,00096	0,00054 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>
SO _x -S	0,093 g/MJ	0,034	0,019 kg/f.e.	<i>Sonesson, 1996</i>

Bilaga 1. Materialflödesanalys – hushåll

Sida 10 (10)

Reaktorkompostering

Referens

		Kompost	
Avfall		105079 kg/f.e.	
Ntot i avfall		657 kg/f.e.	
Ctot i avfall		15961 kg/f.e.	
Energianvändning			
Elförbrukning, reaktor	144 MJ/ton		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Diesel, hjullastare	48 MJ/ton		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Elförbrukning		15131 MJ/f.e.	
Diesel		5044 MJ/f.e.	
Luftemissioner, kompostering			
Kväveförlust = $0,377 - 0,01108 \cdot C/N$			<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Kväveförlust		0,11 kg/f.e.	
N2-N	2 %		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
N2O-N	9 %		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
NH3-N	89 %		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Gasrening, NH3	90 %		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Gasrening, N2O	95 %		<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
N2O-N till luft		0,32 kg/f.e.	
NH3-N till luft		6,31 kg/f.e.	
		kg/f.e.	
Luftemissioner, hjullastare			
		kg/f.e.	
Dieselföbr.		140 kg/f.e.	
CO2	2,8 kg/l	392 kg/f.e.	
PAH	0,09 mg/l	13 kg/f.e.	
VOC	4,6 g/l	644,48 kg/f.e.	
CO	12,7 g/l	1,8 kg/f.e.	
NOx-N	15,5 g/l	2,2 kg/f.e.	
SO2-S	3,5 g/l	0,49 kg/f.e.	

Bilaga 2. Materialflödesanalys – storkök

Sida 1 (4)

Central kompostering vid Marieholm 1(2)

Mängd avfall	48 ton
Mängd TS	14,4 ton
Avst Sv. Mässan-Marieholm	8 km
Bränsleförbrukning	0,547 liter/km
Omräknat	19,692 MJ/km
Laskapacitet	7 ton/last
Dieselförbrukning	2160,49 MJ

Referens

Renova

Renova, pers. medd.

Hämtade data

Luftemissioner

CO2	74 g/MJ	160 kg	<i>Sonesson 1996</i>
VOC	0,066 g/MJ	0,14 kg	<i>Sonesson 1996</i>
CO	0,29 mg/MJ	0,0006 kg	<i>Sonesson 1996</i>
NOx-N	0,53 g/MJ	1,15 kg	<i>Sonesson 1996</i>
N2O-N	2,6 mg/MJ	0,0056 kg	<i>Sonesson 1996</i>
SOx-S	0,093 g/MJ	0,20 kg	<i>Sonesson 1996</i>

Reaktorkompostering vid Marieholm

Avfall

Ntot i avfall	2,20%	0,3168 ton
Ctot i avfall	45,20%	6,5088 ton

Energianvändning

Elförbrukning, reaktor	144 MJ/ton	<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>
Diesel, hjullastare	48 MJ/ton	<i>Dalemo & Oostra, 1996</i>

Elförbrukning	6912,00 MJ
Diesel	2304,00 MJ

Bilaga 2. Materialflödesanalys – storkök

Sida 2 (4)

Central kompostering vid Marieholm 2(2)

Luftemissioner, kompostering

Kväveförlust = 0,377 - 0,01108*C/N

Dalemo & Oostra, 1996

Kväveförlust 0,15 kg

N₂-N 2 %

Dalemo & Oostra, 1996

N₂O-N 9 %

Dalemo & Oostra, 1996

NH₃-N 89 %

Dalemo & Oostra, 1996

Gasrening, NH₃ 90 %

Dalemo & Oostra, 1996

Gasrening, N₂O 95 %

Dalemo & Oostra, 1996

N₂O-N till luft **0,00067 kg**

NH₃-N till luft **0,0133 kg**

Luftemissioner, hjullastare

Dieselföbr. **2304 MJ**

Dieselföbr. **64 liter**

CO₂ 2,8 kg/l **179 kg**

PAH 0,09 mg/l **0,00 kg**

VOC 4,6 g/l **0,29 kg**

CO 12,7 g/l **0,81 kg**

NO_x-N 15,5 g/l **0,99 kg**

SO₂-S 3,5 g/l **0,22 kg**

Totalt

CO₂ **339,08 kg**

NO_x **2,14 kg**

N₂O **0,00629 kg**

Bilaga 2. Materialflödesanalys – storkök

Sida 3 (4)

Kvarnalternativet 1(2)

Malning - Storkökskvarn, Disperator Gigant 330

Antal kvarnar	2 st	
Kapacitet	1,5 kg/min	<i>Velander 1994</i>
Effekt	2200 W	<i>Velander 1994</i>
Uppmätt drifttid	3 h/d	<i>Velander 1994</i>
Elförbrukning	8672,4 MJ	<i>Velander 1994 (2 kvarnar)</i>

Biltransport av slam till Rya

Avskild mängd	10 ton TS	<i>Velander 1994</i>
Volym fulla avskiljare	9,3 m ³ (ton)	<i>Velander 1994</i>
Antal tömningar	17 st/år	<i>Velander 1994</i>
Mängd som slamsugs	158,1 ton/år	
Sv. Mässan-Rya	10 km (enkel resa)	
Bränsleförbrukning	0,48 liter/km	<i>Odenhage, muntligen</i>
Lastkapacitet	7 ton	<i>Odenhage, muntligen</i>
Antal lass	5	
Omräkning	36 MJ = 1 liter diesel	
Dieselförbrukning	7806 MJ	
CO ₂	1366 g/km	
NO _x	14 g/km	
CO₂	137 kg	
NO_x	1,42 kg	

Rötning av slam transporter:

Avskild mängd	10 ton TS/år	<i>Velander 1994</i>
BOD ₇ avskilt	9 ton/år	<i>Velander 1994</i>
Andel organisk TS	79,60%	<i>Sonesson & Jönsson 1996</i>
Mängd organisk TS	7,96 ton org TS/år	
Biogas	0,6 m ³ /kg org TS	
Energiutvinning	21,96 MJ/m ³ biogas	
Energiutvinning, tot	104881 MJ	
Slamprod		

Ledningstransport

TS	4000 kg	
COD	16,04736 kg	
P	4,00 kg	
N	88,00 kg	
Mängd vatten	2760 m ³ (ton)	<i>Velander 1994</i>
Pumpning	0,1 MJ/ton	<i>VA-verkets årsberättelse 1999</i>
Elförbrukning	276 MJ	

Ledningsnät

Bräddning+nödutlopp	0,80%	<i>VA-verkets årsberättelse 1999</i>
TS utsläpp	32	
COD utsläpp	0,12837888	
P utsläpp	0,032	
N utsläpp	0,704	

Bilaga 2. Materialflödesanalys – storkök

Sida 4 (4)

Kvarnalternativet 2(2)

Förbehandling

Gallerrens	4% av avfall
Mängd avfall	0,53 ton
Avst Sv. Mässan-Sävenäs	8 km
Bränsleförbrukning	0,55 liter/km
Omräknat	20 MJ/km
Laskapacitet	7,0 ton/last
Antal lass per år	0,08
Dieselförbrukning	24 MJ

Försedimentering

Andel till försed	75%
TS försed	2976

Bräddning efter försed

Bräddning efter försed	2%	<i>Uppskattat från data gällande BOD, P och N</i>
Bräddning COD	16	
TS utsläpp	60	
P utsläpp	0,08	
N utsläpp	1,7	

Vattenbehandling

Andel av TS till biosteg	25%	
TS till biosteg	977	
Bryts ned	50%	<i>Balmérs, muntligen</i>
Bildar cellmassa	50%	<i>Balmérs, muntligen</i>
Mängd cellmassa	489	
Luftningsbehov	1,4 kg O ₂ /kg orgTS	<i>Balmérs, muntligen</i>
Elbehov för luftning	3,6 MJ/kgO ₂	<i>Balmérs, muntligen</i>
Elförbrukning luftning	2462 MJ	

Rötning av slam från avloppsvatten

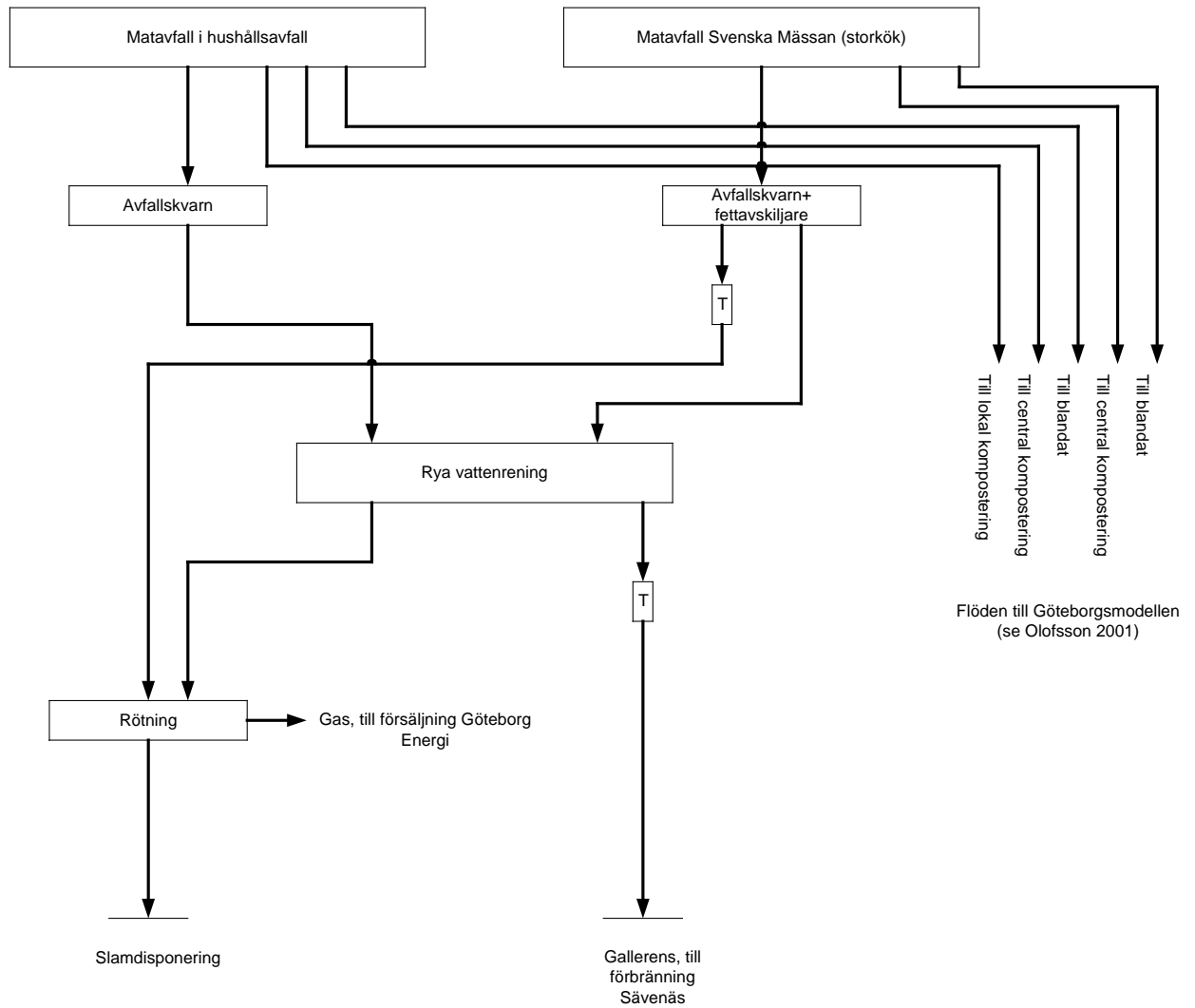
BOD ₇	3 ton
Fett	0,3 ton
Andel till rötning	75%
Andel organisk TS	79,60% av TS
Biogas	0,6 m ³ /kg org TS
Energiutvinning	21,96 MJ/m ³ biogas
Energiutvinning, tot	33329 MJ
Andel TS blir slam	30%
Mängd slam	990 kg TS

Summa elförbrukning	11411 MJ
Summa dieselförbrukning	7830 MJ
Energiutvinning, biogas	138210 MJ

Totalt utsläpp COD	16 kg
Totalt utsläpp N	2,4 kg
Totalt utsläpp P	0,11 kg

CO₂	137 kg
NO_x	1,4 kg

Bilaga 3. Komplement till existerande MIMES/Waste modell i Göteborg



Bilaga 4. Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Sida 1 (5)

Generellt (gäller både matavfall från hushåll och storkök)

Följande data är uppskattade efter Olofsson (2001):

Kostnad för insamling av blandat hushållsavfall: 600 kr/ton

Kostnad för separat insamling av matavfall: 1500 kr/ton

Kostnad för förbränning: 280 kr/ton (endast rörliga kostnader)

Kostnad för central kompostering: 300 kr/ton (endast rörliga kostnader)

Kostnad för transport av kompost till marknad: 300 kr/ton kompost

Intäkt för fjärrvärme: 126 kr/MWh (på årsbasis)

Intäkt för el: 180 kr/MWh (på årsbasis)

Intäkt för kompost: 125 kr/ton kompost

Hushåll

Avfallskvarn

Pris (inklusive moms och installation): 4366 kr/kvarn (Baker 2001)

Behandlad mängd i varje kvarn: 88 kg (Bilaga 1)

Antal kvarnar i varje hushåll: 1

Ekonomisk livslängd: 15 år

Kalkylränta: 4 %

Detta ger annualiserad investeringskostnad: 393 kr/hushåll, år

Elförbrukning: 15,8 MJ/kvarn, år (Bilaga 1)

Elpris hushåll: 800 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten, 2000)

Detta ger elkostnad: 3,0 kr/hushåll, år

Underhållskostnad: 20 kr/kvarn, år (Sundberg 1994)

Sammanlagd kostnad: 416 kr/hushåll, år

I scenario B ökas den ekonomiska livslängden till 20 år. Då minskar den annualiserade investeringskostnaden till 322 kr/hushåll, år. Den sammanlagda kostnaden minskar till 345 kr/hushåll, år.

Sparad yta i fastighet

Om matavfall går till avfallskvarn istället för till avfallsbehållare så kan yta i soprum frigöras. Den frigjorda ytan kan hyras ut för andra ändamål.

Kostnad för boyta i källarförråd: 200 kr/m², år (Sundberg 1994)

12 hushåll behöver 10 m² soprum, dvs 0,83 m² soprum/hushåll (Sundberg 1994)

Medelhushåll: 279 kg hushållsavfall/år (Bilaga 1)

Detta ger soprumskostnad (i form av uteblivna hyresintäkter): 598 kr/ton hushållsavfall

Kostnadsbesparing erhålls genom att mindre yta krävs då mindre mängd avfall hanteras via soprum. Sammanlagt mals 0,088 ton matavfall/kvarn, år. Detta ger:

Kostnadsbesparing: 53 kr/hushåll, år

I scenario C antas att det inte finnas alternativ användning för den frilagda ytan.

Kostnadsbesparingen blir då 0 kr/hushåll, år.

Bilaga 4. Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Sida 2 (5)

Sparad kärllkostnad

Om matavfall går till avfallskvarn istället för insamling till förbränning slipper man köpa och underhålla insamlingskärl. Här antas att kärllkostnaden minskar proportionellt mot den normalda mängden avfall.

Kärllkostnad: 250 kr/ton normalt (uppskattat efter Andersson 2001)

Kostnadsbesparing: 22 kr/hushåll, år

Ledningsnät

De kostnader som tillkommer på grund av avfallskvarnarna antas utgöras av kostnader för el till det extra pumparbete som utförs för att transportera matavfallet till Rya.

Pumpenergi: 0,27 MJ/hushåll, år (Bilaga 1)

Elpris till GRYAAB+VA: 400 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten, 2000)

Sammanlagd kostnad: 0,03 kr/hushåll, år

Rya vattenrening

I Rya antas det inte vara nödvändigt med nyinvesteringar i ökad kapacitet för att ta hand om matavfallet. Detta gör att endast de rörliga kostnaderna inkluderas i analysen.

Ökat elbehov för luftning: 18,3 MJ/hushåll, år (Bilaga 1)

Elpris till GRYAAB+VA: 400 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten, 2000)

Detta ger elkostnad: 2 kr/hushåll, år

Rörlig kostnad för slambehandling (exklusive slamdisponering): 505 kr/ton TS efter rötning (uppskattat efter Balmér, 2001)

Mängd slam efter rötning: 6,9 kg TS/hushåll, år (Bilaga 1)

Detta ger slambehandlingskostnad: 3,5 kr/hushåll, år

Kostnad för transport av gallerrens till Sävenäs för förbränning: 27 kr/ton (uppskattat)

Mängd gallerrens: 3,5 kg/hushåll, år.

Sammanlagd kostnad: 5,6 kr/hushåll, år

Försäljning av biogas

Biogasen som bildas vid rötningen säljs till Göteborg Energi och genererar en intäkt.

Pris biogas: 170 kr/MWh (Balmér 2001)

Mängd biogas: 67,6 kWh/hushåll, år (Bilaga 1)

Sammanlagd intäkt: 11,5 kr/hushåll, år

I scenario D ökas priset på biogas till 400 kr/MWh. Intäkten blir då 27 kr/hushåll, år.

Slamdisponering

Slamdisponeringskostnaden är i stort sett proportionell mot slammängden som bildas (Balmér 2001).

Slamdisponeringskostnad: 448 kr/ton TS efter rötning (Balmér 2001)

Mängd slam efter rötning: 6,9 kg TS/hushåll, år (Bilaga 1)

Bilaga 4. Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Sida 3 (5)

Sammanlagd kostnad: 3,1 kr/hushåll, år

I scenario A ökas slamdisponeringskostnaden till 2000 kr/ton TS efter rötning. Den sammanlagda kostnaden blir då *14 kr/hushåll, år*.

Central kompostering

Kostnaden för insamlingskärl antas inte öka då kompostering ersätter förbränning. Däremot tillkommer en påskostnad i hushållen då hushållen sorterar matavfallet i särskilda papperpåsar.

Påsförbrukning: 3 påsar/hushåll, vecka (Andersson 2001)

Pris påsar: 0,5 kr/ st (Andersson 2001)

Sammanlagd kostnad: 78 kr/hushåll, år

Storkök

Funktionell enhet = f.e. = 48 ton matavfall under ett år

Avfallskvarn i storkök

Pris (inklusive moms och installation): 30 000 kr/kvarn (Baker 2001)

Behandlad mängd i varje kvarn: 24 ton/år (Bilaga 2)

Antal kvarnar: 2 st

Installations- och ombyggnadskostnader: 200 000 kr (uppskattat efter Velander, 1994)

Summa investering: 260 000 kr

Ekonomisk livslängd: 15 år

Kalkylränta: 4 %

Detta ger annualiserad investeringskostnad: 23 374 kr/f.e.

Elförbrukning: 8672 MJ/f.e. (Bilaga 2)

Elpris Svenska Mässan: 800 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten 2000)

Detta ger elkostnad: 1927 kr/f.e.

Vattenförbrukning: 1825 m³/f.e. (Bilaga 2)

Vattenpris: 3,37 kr/m³ (Kretsloppsnämnden 2001)

Detta ger vattenkostnad: 6150 kr/f.e.

Underhållskostnad: 25 kr/ton avfall (Sundberg 1994)

Sammanlagd kostnad: 32 651 kr/f.e.

I scenario B ökas den ekonomiska livslängden till 20 år. Då minskar den annualiserade investeringskostnaden till 19 136 kr/f.e.. Den sammanlagda kostnaden minskar till *28 413 kr/f.e.*

Interna transporter Svenska Mässan

Genom att matavfall mals ned i avfallskvarnar slipper man använda personal för att förflytta matavfall från storköken till soputrymmen. Därmed sparar man mantid.

Besparing mantid: 1,5 timmar/arbetsdag (Svensson 2001)

Antaget antal arbetsdagar: 240

Antagen kostnad mantid: 150 kr/timme

Bilaga 4. Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Sida 4 (5)

Kostnadsbesparing: 54 000 kr/f.e.

I scenario C antas att besparingen i mantid är hälften så stor som i grundfallet.

Kostnadsbesparingen blir då 27 000 kr/f.e.

Sparad kärlnkostnad

Om matavfall går till avfallskvarn istället för insamling till förbränning slipper man köpa och underhålla insamlingskärl. Här antas att kärlnkostnaden minskar proportionellt mot den normalda mängden avfall.

Kärlnkostnad: 250 kr/ton normalt (uppskattat efter Andersson 2001)

Kostnadsbesparing: 12 000 kr/f.e.

Transport och tömning med slamtömningsbil

Sammanlagt 160 m³ måste tömmas extra från de existerande fettavskiljarna vid Svenska Mässan (Bilaga 2). Transport- och tömningskostnaden (exklusive behandlingsavgift) uppskattas enligt Hellman (2001) till 93 kr/m³.

Sammanlagd kostnad: 14 933 kr/f.e.

Ledningsnät

De kostnaderna som tillkommer på grund av avfallskvarnarna antas utgöras av kostnader för el till det extra pumparbete som utförs för att transportera matavfallet till Rya.

Pumpenergi: 276 MJ/f.e. (Bilaga 2)

Elpris till GRYAAB+VA: 400 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten, 2000)

Sammanlagd kostnad: 31 kr/f.e.

Rya vattenrening

I Rya antas det inte vara nödvändigt med nyinvesteringar i ökad kapacitet för att ta hand om matavfallet. Detta gör att endast de rörliga kostnader inkluderas i analysen.

Ökat elbehov för luftning: 2400 MJ/f.e. (Bilaga 2)

Elpris till GRYAAB+VA: 400 kr/MWh (uppskattat efter Energimyndigheten, 2000)

Detta ger elkostnad: 267 kr/f.e.

Rörlig kostnad för slambehandling (exklusive slamdisponering): 505 kr/ton TS efter rötning (uppskattat efter Balmér, 2001)

Mängd slam efter rötning: 4,0 ton TS/f.e. (Bilaga 2)

Detta ger slambehandlingskostnad: 2012 kr/f.e.

Kostnad för transport av gallerrens till Sävenäs för förbränning: 27 kr/ton (uppskattat)

Mängd gallerrens: 0,5 ton/f.e.

Sammanlagd kostnad: 2293 kr/f.e.

Försäljning av biogas

Biogasen som bildas vid rötningen säljs till Göteborg Energi och genererar en intäkt.

Pris biogas: 170 kr/MWh (Balmér 2001)

Mängd biogas: 38,4 MWh/hushåll, år (Bilaga 2)

Bilaga 4. Underlagsberäkningar för kapitel 5.1

Sida 5 (5)

Sammanlagd intäkt: 6523 kr/f.e.

I scenario D ökas priset på biogas till 400 kr/MWh. Intäkten blir då *15348 kr/f.e.*

Slamdisponering

Slamdisponeringskostnaden är i stort sett proportionell mot slammängden som bildas (Balmér 2001).

Slamdisponeringskostnad: 448 kr/ton TS efter rötning (Balmér 2001)

Mängd slam efter rötning: 4,0 ton TS/f.e. (Bilaga 2)

Sammanlagd kostnad: 1785 kr/f.e.

I scenario A ökas slamdisponeringskostnaden till 2000 kr/ton TS efter rötning. Den sammanlagda kostnaden blir då *7966 kr/f.e.*

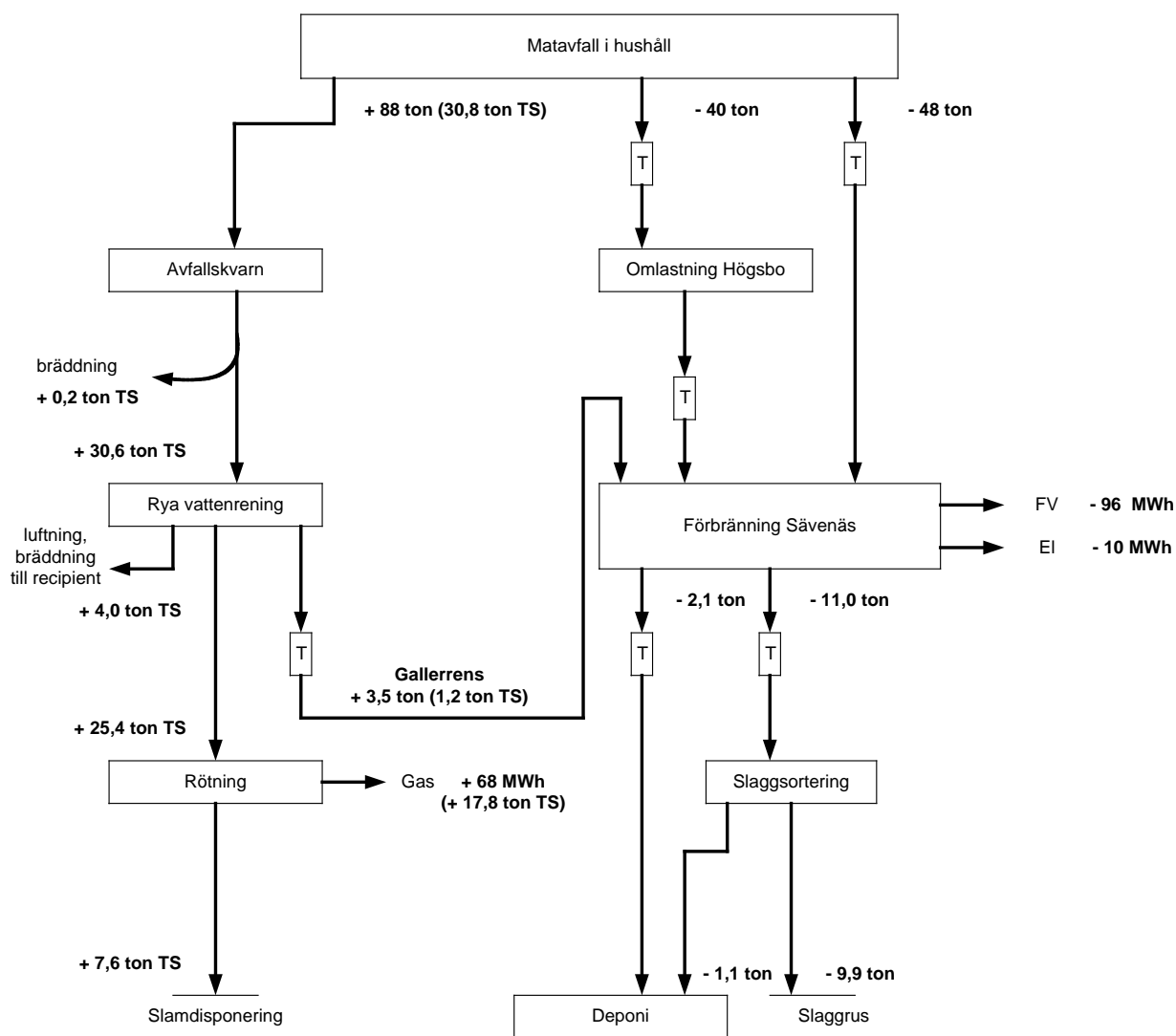
Central kompostering

Kostnaden för insamlingskärl antas inte öka då kompostering ersätter förbränning.

Bilaga 5. Förändringar av mass- och energiflöden i avfallshanteringsystemet

Sida 1 (4)

Avfallskvarnar i hushåll

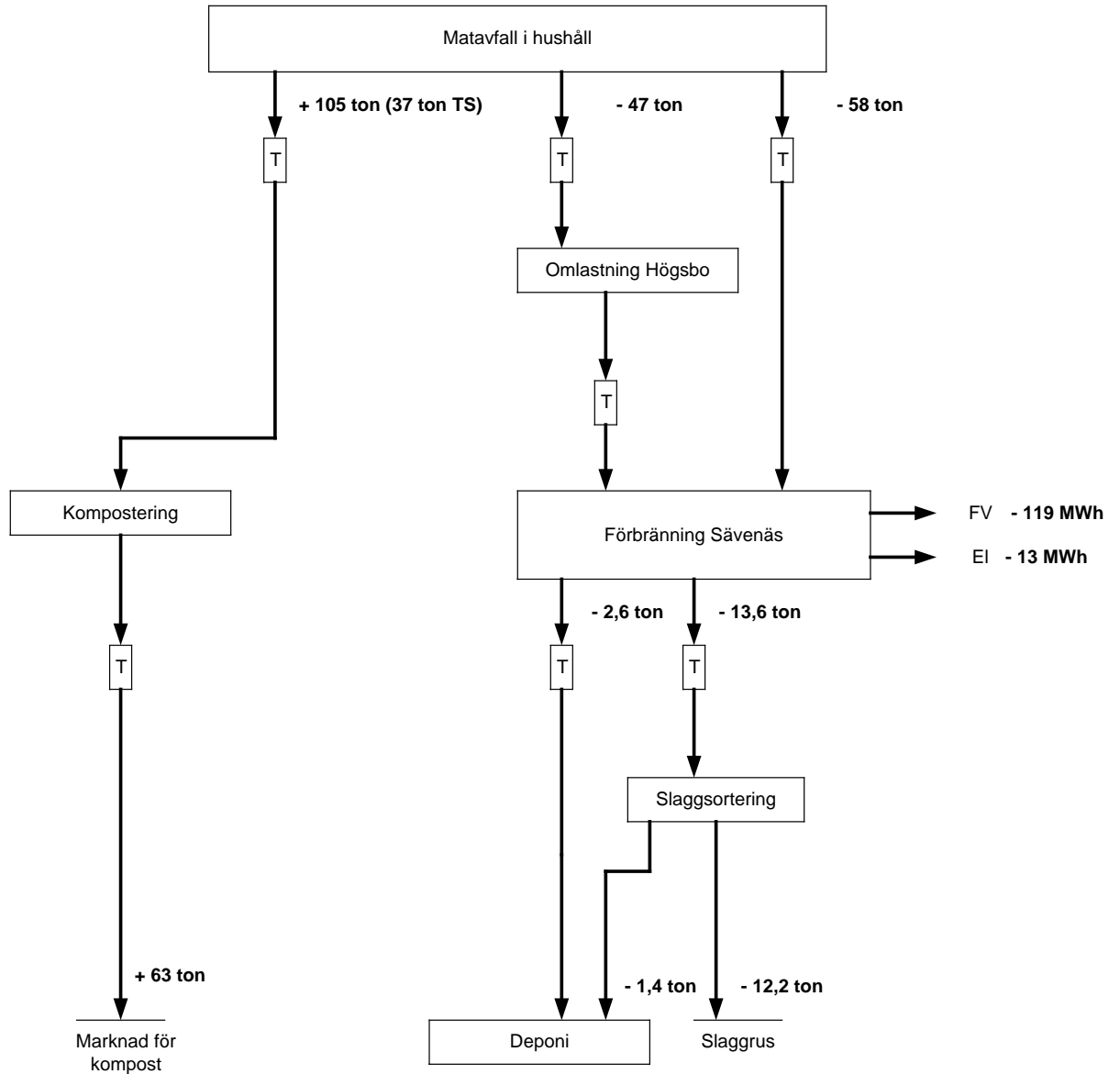


Figur B6.1. Förändring av årliga avfalls- och energiflöden i Göteborg vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom köksavfallskvarnar istället för förbränning. Rutor markerade med bokstaven T symboliserar lastbilstransport.

Bilaga 5. Förändringar av mass- och energiflöden i avfallshanteringsystemet

Sida 2 (4)

Central kompostering, hushåll

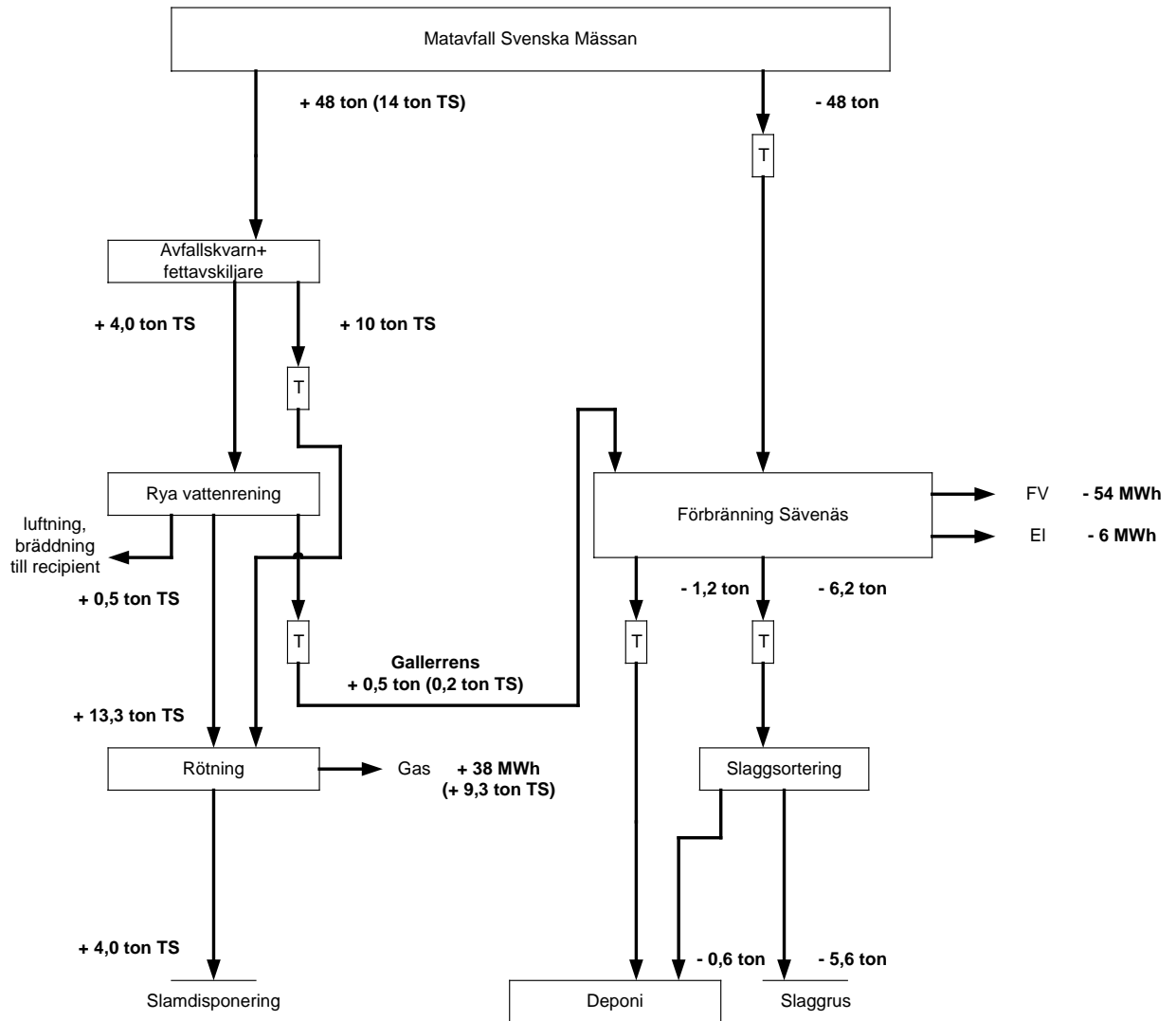


Figur B6.2. Förändring av årliga avfalls- och energiflöden i Göteborg vid behandling av matavfall från 1000 hushåll genom central kompostering istället för förbränning. Rutor markerade med bokstaven T symboliserar lastbilstransport.

Bilaga 5. Förändringar av mass- och energiflöden i avfallshanteringsystemet

Sida 3 (4)

Avfallskvarnar i storkök

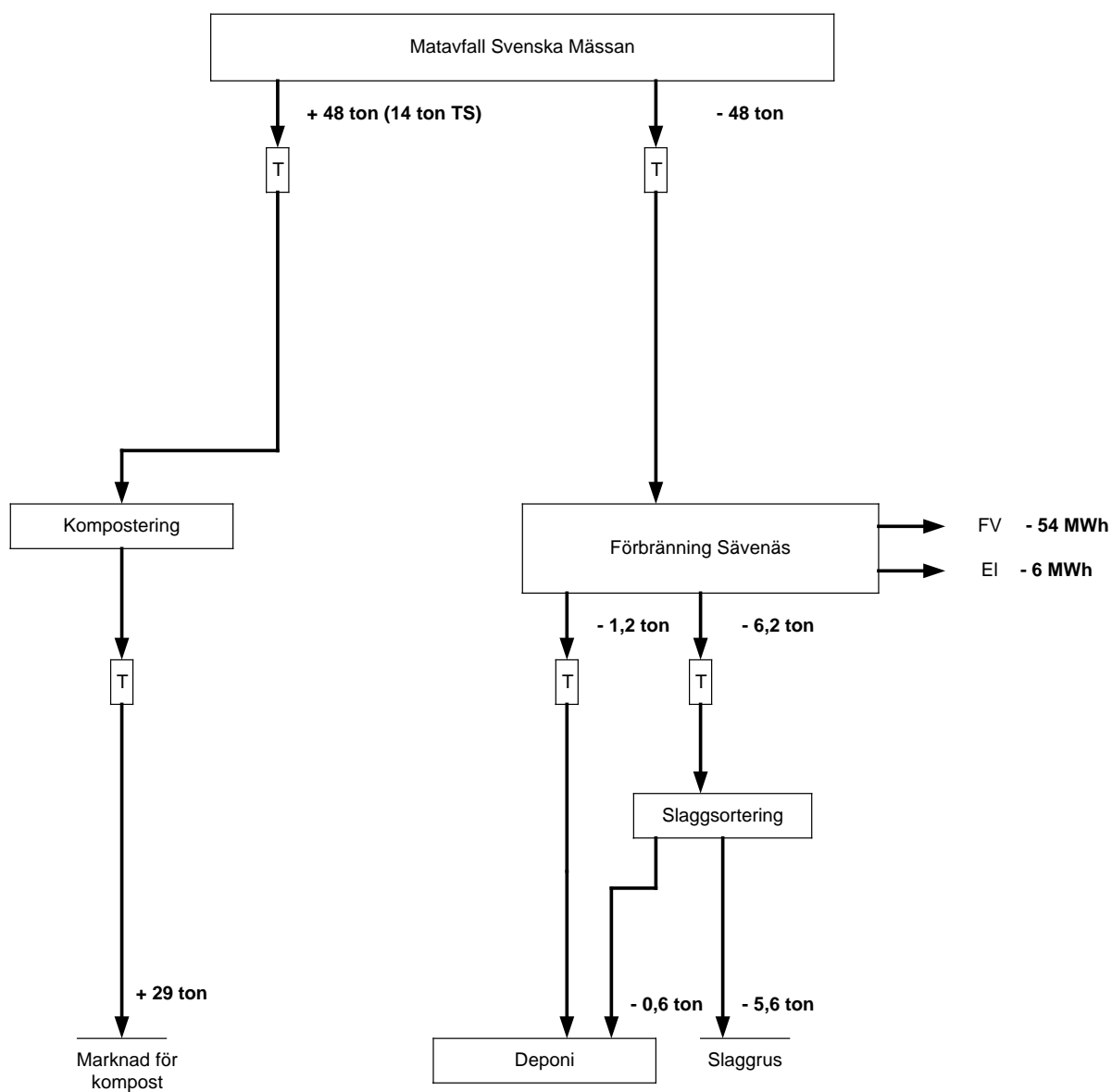


Figur B6.3. Förändring av årliga avfalls- och energiflöden i Göteborg vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom storkökskvarnar istället för förbränning. Rutor markerade med bokstaven T symboliserar lastbilstransport.

Bilaga 5. Förändringar av mass- och energiflöden i avfallshanteringssystemet

Sida 4 (4)

Central kompostering, storkök



Figur B6.4. Förändring av årliga avfalls- och energiflöden i Göteborg vid behandling av matavfall från Svenska Mässan genom central kompostering istället för förbränning. Rutor markerade med bokstaven T symboliserar lastbilstransport.

Bilaga 6. Kommunenkät

Sida 1 (5)

Enkät
2000-09-20

Antalet svar på respektive fråga har angivits inom parentes

Till va-ansvarig i kommun (Adresser enligt VAV)

Namn: Tel:
E:post:

ENKÄT OM KÖKSAVFALLSKVARNAR ANSLUTNA TILL ALLMÄNT AVLOPPSNÄT

I ett projekt om köksavfallsvarnar (KAK) är avsikten att studera KAK:s roll i ett uthålligt va-system. Som en del i projektet vill vi bland annat klargöra principer för tillämpning, omfattningen, erfarenheter, avgifter och administrativa rutiner bland Sveriges kommuner.

Projektet genomförs i samverkan mellan Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet och Göteborgs kommun med finansieringsbidrag från VA-forsk och Renhållningsverksföreningen (RVF). Resultatet av denna enkät kommer att ingå i projektrapporten i VA-forsks rapportserie.

RVF genomförde tidigare i år en enkät om hemkompostering till Sveriges kommuners miljöansvariga nämnder. Några av de frågor som ställdes i enkäten handlade om köksavfallsvarnar.

Den här enkäten sändes till va-ansvariga i Sveriges kommuner med fler än 25000 invånare samt de kommuner som uppgett att kvarnar finns i kommunen enligt RVFs enkät.

Eventuella frågor om den här enkäten besvaras av Agneta Sander Göteborgs kommun tel 031-613478, E-postadress agneta.sander@krets.goteborg.se

Vi är tacksamma om Ert svar på nedanstående frågor sändes till Göteborgs va-verk i bifogat svarskuvert, **senast den 16 oktober 2000.**

1 Är det tillåtet att installera och ansluta KAK till allmänt avloppsnät

Ja generellt (5)

Nej generellt (39)

Ja/nej efter prövning av ansökan om tillstånd (49)

2 Om prövning görs, vilka kriterier tillämpas för kommunens godkännande av installation av KAK

Kriterier i det allmänna avloppsnätet

Duplikatsystem

Kombinerat system

Minsta ledningslutning

Risk för svavelväte

Andra

Andra kriterier

.....

16 kommuner har angivit kriterier

.....

.....

.....

Bilaga 6. Kommunenkät

Sida 2 (5)

3 Antalet installerade KAK i kommunen anslutna till allmänt avloppsnät år 2000

	Givna tillstånd	Uppskattade	Totalt
Hushåll	800 (21 kommuner)	103 (15 kommuner)	903
Restaurang/storkök	54 (13 kommuner)	39 (7kommuner)	93

4 Tillämpas särskild va-taxa för hushåll och restauranger/storkök med KAK?

Ja (26) Nej (52)

Om ja

Avgift för hushåll med KAK kr/år (inkl moms) (23)

Avgift för storkök/restaurang kr/år (inkl moms) (17)

Kopia av kommunens va-taxa där avgift för ansluten KAK bifogas (10)

5 Tillämpas särskild va-taxa för verksamheter med mer förorenat avlopp?

Ja (35) Nej (45)

6 Påverkas avgiften för avfall vid användning av KAK ?

Ja (6) Nej (58)

Om ja bifoga avfallstaxa som visar hur (8)

7 Finns det dokumenterad information till den som önskar installera KAK?

Ja (5) Nej (69)

Om ja bifoga kopia av informationen (3)

Finns det en kontaktperson i kommunen som kan svara på frågor om hur en fastighetsägare skall göra för att ansluta KAK till avlopp?

Ja Nej

Namn: Tel nr:

E:post:

Bilaga 6. Kommunenkät

Sida 3 (5)

8 Ange kontaktpersoner som kan delge oss kommunens erfarenheter om KAK

Användarerfarenhet/information

Namn: Tel nr:
E-post:

-Kvarnfunktion/fastighetsinstallation

Namn: Tel nr:
E-post:

-Påverkan på vattenförbrukningen

Namn: Tel nr:
E-post:

-Påverkan på det allmänna avlopps nätet

Namn: Tel nr:
E-post:

-Påverkan på reningsverket

Namn: Tel nr:
E-post:

9 Eventuella kommentarer

(Kommentarer har lämnats av 40 kommuner).....

Tack på förhand för ditt bidrag.

Bilaga 6. Kommunenkät

Sida 4 (5)

Kommentarer

Möjlighet att lämna kommentarer till enkäten har utnyttjats av 40 kommuner (42%). Kommentarererna framgår nedan.

- Fel lära folk att slänga i avloppet. Fel att späda ut organiskt material.
- Risk för skadedjur.
- Har aldrig varit aktuellt med avfallskvarnar.
- Några tillstånd till installation av KAK har inte lämnats under åtminstone de senaste 10 åren.
- Tillkommer 12 kvarnar för obduktion samt 2 industri som varken kan betraktas vara hushåll eller storkök restaurang.
- På grund av det låga antalet KAK kan någon inverkan på avlopps nätet eller reningsverk ej påvisas. I samband med B001 utställningen i Malmö kommer en försöksverksamhet med KAK att genomgöras. Dock avleds fraktionen från KAK till tank för transport med bil till reningsverket.
- Inställningen till avfallskvarnar har alltid varit mycket restriktiv i kommunen. Skälen är att ledningslutningarna är mycket små i större delen av staden. Risk för stopp och svavelvätebildning. Kommunfullmäktige har beslutat om att allt organiskt material från hushåll och restauranger m m skall komposteras eller rötas i särskild anläggning.
- (Mindre än 50 kvarnar) därför angivit 50.
- Tillstånd ges ej i delområden med kombinerat system, eftersom tillförsel av föroreningar från avfallskvarnar då kan medföra ökat utsläpp vid regn. Tillförsel av matrester till ledningssystemen medför ökade problem med råttor i näten. Tillförsel av matrester medför en ökning av BOD-belastningen på ca 50%. En bred användning av avfallskvarnar medför behov av reningverksutbyggnad.
- Det finns ingen i kommunen som har erfarenhet av KAK.
- Vi har som ovan framgår inte många idag installerade KAK. Däremot så har vi genomfört en utredning för att beskriva konsekvensen på avloppsverket vid storskalig (ca 16.000 st) införande av KAK med syfte att lösa en del av avfallshanteringen samt att utvinna med biogas för drift av alla tätortsbussar. Vi har även förberett för att testa KAK i flerbostadshus samt villor.
- Frågan om KAK har inte varit aktuell i kommunen på flera år, så vi har ingen erfarenhet att bjuda på. Men vi är intresserade av att följa utvecklingen.
- Vi tillåter ej anslutning av KAK.
- Med avfallskvarn ökar slammängden som idag är mycket dyr att hantera, dessutom ökar antalet råttor i ledningsnätet.
- Kommunen tillhör Käppalaförbundet som betjänar nio kommuner med reningsverket Knäpplaverket. Förbud mot avfallskvarnar rådet fn inom förbundet, men kvarnar kommer troligen att provas på försök i någon medlemskommun. Man väntar sig då ökad gasutvinning (föruppvärmning) och ökad slammängd.
- Av 165 installerade KAK ingår 159 st i ett projekt "Kv Inspektören", en kretsloppsanpassad ombyggnad av flerbostäder i centrala Kalmar. Avtal gällande KAK har träffats om en tioårig försöksperiod t o m 2008.
- Tillstånden gavs i slutet av 60-talet, inga nya i modern tid.
- Vår mottagare för rening av avloppsvatten Käppalaförbundet har ett generellt förbud mot användande av KAK.

Bilaga 6. Kommunenkät

Sida 5 (5)

- Miljoner plöjs ned för att lära oss att inte slänga saker i avloppet. Nu ska vi lära om och åter skicka det som går ner? Utspädning, transport och svårighet att spåra syndare vid felaktig hantering. Låt oss fortsätta att lösa problem vid källan. Denna pipe of the end tillämpning trodde jag att vi vuxit ifrån redan på 70-talet.
- Kommunen har så vitt vi vet ej några KAK. Käppalaverket som är mottagare av avloppet har ej tillåtit KAK. I kommunens ABVA är det ej tillåtet att installera avfallskvarnar. Min uppfattning är att dricksvattenmängden minskar dåliga lutning stora dim eller för stora lutning kan innebära problem (stopp) med tjockare avloppsvatten.
- Kommunen har fattat ett beslut om att inte tillåta KAK, vilken i sin tur grundar sig på ett önskemål/krav från Käppalaförbundet.
- Har inga idag.
- I kommunen är inte de befintliga avfallskvarnarna något stort problem.
- Såvitt är känt finns inga KAK anslutna till det allmänna avloppsnätet.
- Det finns totalt 11 KAK i vår kommun. Möjligen finns ett litet mörkertal, dock inte vad gäller storkök/restaurang. VA-enheten får sällan eller aldrig förfrågan om KAK. Vi har inga problem med KAK.
- KAK har inte installerats på många år. Sedan källsortering av sopor införts kommer kommunen att vara mycket restriktiv med beviljande av tillstånd att installera KAK.
- På kommunens deponianläggning har en anläggning för kompostering av organiskt hushållsavfall byggts ut. Avsikten är att allt organiskt hushållsavfall skall komposteras på den nya anläggningen.
- KAK förbjudna.
- Varför ska avfall som kök sortera i en organisk del malas sönder och blandas ut med förorenad avloppsvatten? Slamproblematiken blir bara större. Källsorterat avfall som komposteras/rötas är betydligt renare än rötat slam.
- Taxan för KAK ska ses över. Kostnaden för abonnenten kommer troligen reduceras.
- Det fanns tidigare ett antal kvarnar i kommunen, men sedan de avgiftsbelades i taxan 1985 har de efterhand tagits bort och nu återstår endast 2 villor.
- Va-verket har inte för avsikt att ge tillstånd för KAK, endast om det krävs i yttersta nödfall av någon anledning.

Bilaga 7. RVFs enkät om hemkompostering år 2000. Frågor angående köksavfallskvarnar

RVF-enkät till miljöansvarig nämnd i Sveriges 289 kommuner år 2000 om lokal kompostering av matavfall – delresultat angående köksavfallskvarnar(KAK).

22 kommuner tillåter hushållen att installera KAK så att matavfallet efter sönderdelning kan ledas till kommunalt avloppsreningsverk. 19 kommuner uppger att det f n finns totalt 150 KAK installerade i hushållen. De 133 svaren motsvarar 46% av antalet kommuner som enkäten skickades till.

Antal kommuner som tillåter/förbjuder installation av KAK

Svarsalternativ →	tillåter install kak	förbjuder install kak	totalt svar
Kommunernas svar	22	121	133
Procentuell fördelning	15%	85%	100%

Trots att 15 procent av kommunerna tillåter installation av KAK så har endast 4 procent en positiv inställning till metoden. En klar majoritet, eller 64 procent, är dock negativa.

Kommunernas inställning kak för matavfall

Svarsalternativ (inställning)	mkt positiv	positiv	neutral	negativ	mkt negativ
Antal svar med olika inställning	2	4	43	51	35
Procentuell fördelning av 135 svar	1%	3%	32%	38%	26%

I enkäten delades kommunerna in efter invånarantal och tabellen nedan visar svaren från kommunerna i respektive storleksgrupp:

Invånarantal	Tillåter KAK	Tillåter Ej KAK	Antal kvarnar (summan i x kommuner)
<10.000	7	15	4 (3)
10.000-20.000	8	36	16 (4)
20.000-50.000	4	45	100 (10)
50.000-100.000	1	18	-
>100.000	2	7	30 (2)
Totalt	22	121	150

- Flera kommuner har angivit att ett antal KAK finns installerade, trots att de egentligen inte tillåts.
- Endast 9 av 22 kommuner, som tillåter KAK, har angivit ett antal installerade KAK

Rapporter från RVF 2001

- 2001:01 Utvidgat kommunalt ansvar för farligt avfall.
Kartläggning år 2000 (RVF-rapport)
- 2001:02 Hygienisering vid biogasanläggningar
- 2001:03 Behovsanpassade hämningssystem för hushållsavfall.
Exempel från Trelleborg
- 2001:04 Scenariostudier om kommunernas roll i
framtidens avfallshantering
- 2001:05 Hemkompostering av matavfall från hushåll. Förstudie
- 2001:06 Urgrävning av bioceller. Metod och analys
- 2001:07 Försök med tätning och täckning av avfallsupplag genom
användning av fiberslam, gjuterisand, slaggranulat och slaggrus
- 2001:08 Material- och avfallsflöden i Göteborg. Framtagande av ett
statistikdatasystem - Etapp 1
- 2001:09 Förädling av rötrest från biogasanläggningar
- 2001:10 Köksavfallskvarnar. En teknik för uthållig resursanvändning?
En förstudie i Göteborg

