

Framtida marknaden för biogas från avfall

- Delprojekt 3 inom projektet
Perspektiv på framtida avfallsbehandling

David Holmström
Mattias Bisaillon
Ola Eriksson
Hanna Hellström
Karolina Nilsson

Framtida marknaden för biogas från avfall

The future market for biogas from waste

David Holmström
Mattias Bisailon
Ola Eriksson
Hanna Hellström
Karolina Nilsson

Projektnummer WR-46
År: 2013

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Det övergripande syftet med projektet har varit att studera förutsättningar, möjligheter och hinder för utveckling av marknaden för biogas från avfall i Sverige. Sju områden av vikt för den utvecklingen har identifierats i projektet ”*Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv*”. Områdena är: marknad och konkurrens, tillgång och efterfrågan på avfall, miljöfördelar med användning av biogas, teknisk utveckling, ekonomisk värdering av biogasen, styrmedel samt hantering av rötrest. Ambitionen har varit att ta fram ett fakta- och marknadsunderlag om aspekter kring dessa områden för berörda aktörer såsom verksamhetsutövare, representanter för myndigheter och beslutsfattare.

Projektet visar på följande resultat och slutsatser:

- Det finns en stark politisk vilja att öka utsorteringen av matavfall. Om det nationella målet om ökad utsortering av matavfall uppfylls kommer 400 kton mer matavfall att rötas jämfört med år 2010. Detta skulle resultera i en ökad fordonsgasproduktion på 430 GWh, vilket motsvarar en ökning från matavfall med cirka 70 % jämfört med år 2010.
- Till år 2020 kan kapaciteten för samrötning av avfall fördubblas (till 1,6 Mton) jämfört med år 2010, vilket kommer öka efterfrågan på avfall nationellt. Utbyggnaden är koncentrerad till södra Sverige, där det redan idag finns störst kapacitet. De regionala skillnaderna i tillgänglig rötningskapacitet kan innebära kapacitetsbrist i vissa delar av norra Sverige och ett kapacitetsöverskott i södra Sverige.
- Biogaspotentialen för avfall och restprodukter från livsmedelsindustrin är stor. De tillgängliga mängderna kommer bero på vem som har störst betalningsvilja. Den alternativa betalningsviljan är störst för restprodukter som avsätts som djurfoder och är idag svår att konkurrera med.
- Gödsel framhålls som en stor potential för biogasproduktion. På grund av höga transportkostnader är det svårt att få tillräckligt stor mängd substrat för storskaliga produktionsanläggningar för biogas. Ett metanreduceringsstöd som föreslagits av Energimyndigheten skulle öka mängden gödsel som rötas. Möjligheten till samrötning av matavfall med gödsel ger underlag till att bygga större anläggningar med lägre relativ produktionskostnad.
- Att sortera ut och röta matavfall är en kostnadseffektiv åtgärd för att minska klimatpåverkan från avfallssystemet. Slutsatsen förutsätter att fordonsgas produceras och ersätter fossila drivmedel, att insamling sker kostnadseffektivt och att avsättning fås för biogödseln. Resultaten förbättras om frilagd kapacitet i förbränningsanläggningarna ersätts av importerat avfall.
- Den specifika kostnaden för rötning (i kr/ton) beror på anläggningens storlek, där en större anläggning medför en lägre specifik kostnad. Men större anläggningar kräver ett större upptagningsområde för substraten, och även ett större avsättningsområde för biogas och biogödsel. Lokalisering av förbehandling, rötning och uppgradering är av betydelse för systemets effektivitet och därmed ekonomi.
- Med teknikutveckling finns potential att öka konkurrenskraften för rötningsanläggningar. Om mängderna rötbart material i rejektet kan minskas med bibehållen kvalitet på biogödseln finns det potential att öka klimatnyttan från avfallssystemet samtidigt som intäkterna från fordonsgasproduktionen kan öka.

Totalt har det inom projektet identifierats en potential att minska kostnaderna på systemnivå med 150 kr/ton matavfall samtidigt som klimatnyttan kan öka med 100 kg CO₂-ekv/ton matavfall.

- Marknaden för biogas består av många små marknader som begränsas geografiskt av produktionsanläggningar och infrastruktur för distribution. Produktion och användning av biogas kommer fortsatt vara störst i södra och mellersta Sverige framöver.
- Den framtida betalningsförmågan för biogas är störst i transportsektorn, vilket till stor del beror på energi- och koldioxidskatter på bensin och diesel. Utan skatter skulle betalningsviljan halveras. Det är i transportsektorn huvuddelen av ökad biogasanvändning förväntas ske.
- Av de styrmedel som studerats skulle en klimatbonus motsvarande 200 kr/MWh drivmedel ge en ersättning motsvarande 175 kr/ton matavfall och ett investeringsstöd på 30 % av investeringen en ersättning motsvarande 50 kr/ton matavfall. En klimatbonus skulle med de studerade förutsättningarna ge en ersättning som var tre gånger så stor som ett investeringsstöd.

Projektet är ett delprojekt inom *"Perspektiv på framtida avfallsbehandling"*. Måluppfyllelsen för projektet bedöms vara god. Under projektets gång har det också varit ett stort intresse för resultaten, som redan används av ett flertal verksamhetsutövare, både inom och utanför projektet. Därvid har resultaten god spridning, redan innan projektet har avslutats.

Nyckelord: *rötning, biogas, avfall, biologisk behandling, klimatpåverkan, systemanalys.*

Summary

The overall aim of the project was to study the conditions, opportunities and constraints for the development of the market for biogas from waste in Sweden. Seven areas of importance to the development have been identified in previous projects. The areas are: market and competition, supply and demand for waste, environmental benefits of biogas utilization, technology development, economic value of biogas, political instruments and the handling of digestate. The ambition has been to create a fact and market report for these areas for stakeholders such as operators, representatives of authorities and decision makers.

The project shows the following findings and conclusions:

- There is a strong political will to increase source separation of food waste. The amounts of food waste, treated in anaerobic digestion plants, will increase with 400 ktonnes compared to 2010 if the national target of increased source separation of food waste is met. This would result in increased vehicle gas production of 430 GWh, which corresponds to an increase of gas production from food waste by approximately 70 %.
- By 2020, the capacity for co-digestion of waste is doubled (to 1.6 million tonnes) compared to 2010, which will increase demand for waste nationally. The expansion is concentrated to the south of Sweden, where the capacity is greatest today. The regional differences in available digestion capacity may result in a deficit of capacity in some parts of northern Sweden and surplus capacity in southern Sweden.
- Biogas potential for industrial waste is great. The amounts available for anaerobic digestion will depend on who has the highest willingness to pay. The alternative willingness to pay is highest for waste products that are used as animal feed and is at present hard to compete with.
- Manure is held up as a great potential for biogas production. But because of high transportation costs, it is difficult to get sufficient amount of substrate for large-scale production of biogas. The financial support for methane reduction, proposed by the Swedish Energy Agency would increase the amount of manure that is digested. The possibility of co-digestion of food waste manure provides a basis to build larger facilities with lower relative production cost.
- Source separation and anaerobic digestion of food waste is a cost-effective measure to reduce the climate impact from the waste system. The conclusion assumes that vehicle gas is produced and replaces fossil fuels, the collection of food waste is cost effective and that the digestate can be used as a bio-fertilizer. The results improve if the free capacity for waste incinerations is replaced by imported waste.
- The specific cost of digestion (in SEK/tonne) depends on production plant size, where a larger plant carries a lower specific cost. But larger plants require a larger catchment area for wastes, as well as a larger sales area for biogas and bio fertiliser. Localization of pre-treatment, anaerobic digestion and upgrading is of importance for the effectiveness of the system and thus the economy.
- Improved technology has the potential to increase the competitiveness of anaerobic digestion plants. If the amounts of reject can be reduced while maintaining the quality of the bio-fertilizer, there is potential to increase climate benefits of waste system while revenue from vehicle gas production may increase. In total, the project identified the potential to reduce the cost at the system level with 150

SEK/tonne of food waste while climate benefits can increase by 100 kg CO₂-eq/ton food waste.

- The market for biogas consists of many small markets that are geographically limited by production facilities and distribution infrastructure. The production and use of biogas will in the future continue to be the largest in the southern and central Sweden.
- The future willingness to pay for biogas is largest in the transport sector, which largely depends on the energy and carbon taxes on petrol and diesel. Without taxes, payment will be halved. It is in the transport sector most of the increase in biogas use is anticipated.
- Of the political instruments studied, a climate bonus equal to 200 SEK/MWh vehicle fuel give an allowance equivalent to 175 SEK/tonne food waste and an investment support of 30% of the investment an allowance of 50 SEK/tonne food waste. A climate bonus would with the studied conditions provide a replacement that is three times as large as an investment support.

The project is a sub-project of "Perspectives on future waste treatment". The goal achievement of the project is expected to be good. During the project, there has also been considerable interest in the results, which is already used by a number of operators, both within and outside the project. Thereby, the results have a good spread, even before the project is completed.

Keywords: *anaerobic digestion, biogas, waste, biological treatment, carbon footprint, system analysis.*

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	PROBLEMBESKRIVNING	3
1.2	SYFTE OCH MÅL	4
1.3	AVGRÄNSNINGAR	4
1.4	ARBETSGÅNG	5
1.5	LÄSANVISNINGAR	5
2	BAKGRUND	7
2.1	AVFALL OCH RESTPRODUKTER FÖR BIOGASPRODUKTION	7
2.2	PRODUKTION OCH ANVÄNDNING AV BIOGAS 2011	8
3	FRAMTIDA MÄNGDER AVFALL OCH RESTPRODUKTER TILL BIOGAS-PRODUKTION	11
3.1	MATAVFALL	13
3.2	AVFALL OCH RESTPRODUKTER FRÅN LIVSMEDELSINDUSTRI	17
3.3	GÖDSEL	19
4	FRAMTIDA KAPACITET OCH PRESTANDA VID RÖTNINGSANLÄGGNINGAR I SVERIGE	21
4.1	KAPACITET FÖR BIOGASPRODUKTION	21
4.2	TEKNISK PRESTANDA FÖR FRAMTIDA ANLÄGGNINGAR	28
4.3	EKONOMISK PRESTANDA	31
5	AVSÄTTNING	39
5.1	AVSÄTTNING FÖR BIOGAS IDAG OCH I FRAMTIDEN	39
5.2	AVSÄTTNING FÖR RÖTREST/BIOGÖDSEL	40
6	MÖJLIGA STYRMEDEL	43
7	MARKNADS- OCH SYSTEMANALYS	47
7.1	JÄMFÖRELSE MELLAN FRAMTIDA AVFALLSMÄNGDER OCH BEHANDLINGSKAPACITET	47
7.2	UPPFYLLANDE OM MILJÖMÅL OM 50 % UTSORTERING AV MATAVFALL	52
7.3	TEKNIKUTVECKLING	56
7.4	KLIMATBONUS	61
7.5	INVESTERINGSSTÖD	63
7.6	METANREDUCERINGSSTÖD	64
7.7	ÖKAD ANVÄNDNING AV RESTPRODUKTERNA VASSLE OCH FODERMJÖLK	67
8	SLUTSATSER	71
9	REFERENSER	73

Bilagor

A	SYSTEMGRÄNS OCH MODELLER	79
B	FÖRUTSÄTTNINGAR I GRUNDFALL 2020	85
C	CENTRALA INDATA FÖR RÖTNING OCH MÄNGDER VID MODELLERING	91
D	FODERMEDEL SOM ALTERNATIVT ANVÄNDNINGSOMRÅDE	99

1 Inledning

"Den framtida marknaden för biogas från avfall" är ett av fem delprojekt inom projektet *"Perspektiv på framtida avfallsbehandling"* som studerar fem grundläggande områden, för den svenska avfallsbehandlingen. De områden som valts ut är aktuella för den svenska avfallshanteringen och väsentliga för hur den framtida avfallsbehandlingen kommer att utvecklas. De fem forskningsprojekt som inkluderas är:

1. Import av avfall till förbränning i Sverige
2. Utvärdering av framtida styrmedel
3. Framtida marknad för biogasproduktion
4. Avfallsförbränning i fjärrvärmessystemen
5. Koldioxidutsläpp från framtida avfallsförbränning

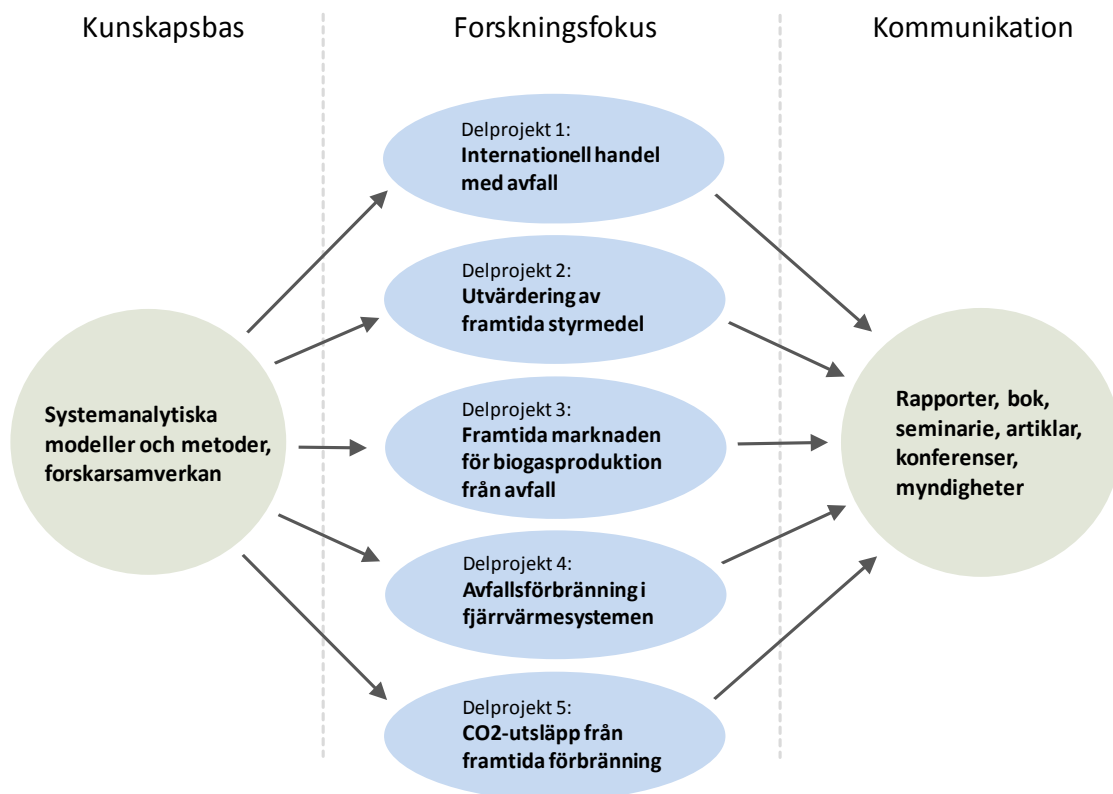
I sin helhet utnyttjar projektet befintlig systemanalytisk kunskap och befintliga beräkningsmodeller för att studera de utvalda områdena. Stor vikt läggs också på kommunikation från projektet till samhällets avfallsaktörer (forskare, verksamhetsutövare, myndigheter och beslutsfattare).

En övergripande illustration av projektet ges i Figur 1. I figuren beskrivs projektet i tre delar: **Kunskapsbas**, **Forskningsfokus** och **Kommunikation**.

Kunskapsbasen är den grund med systemanalytiska modeller och metoder, nätverk, data och kunskaper som behövs för genomförandet av de fem delprojekten. Viktigt för genomförandet är att modelleringskonceptet redan är utvecklat, främst inom det tidigare WR-projektet *"Termisk och biologisk avfallsbehandling i ett systemperspektiv"* WR04 (etapp 1) och WR21 (etapp 2). Här kompletteras dock med andra modeller som utvecklats i andra forskningsprojekt samt befintliga systemkunskaper inom området. Här ingår även kunskapsutbyte med andra forskargrupper till exempel inom forskningsprogrammet Hållbar Avfallshantering, som finansierats av Naturvårdsverket (www.hallbaravfallshantering.se).

Forskningsfokus är rubriken på det forskningsarbete som görs inom hela projektet. Här återfinns de fem olika delprojekten ovan som behandlar de utvalda aktuella områdena. Större delen av projektets arbete och därmed projektets resurser läggs på dessa delprojekt.

Presentationen av resultaten från projektet beskrivs under rubriken, **Kommunikation**. Att på ett effektivt sätt kommunicera resultaten från ett forskningsprojekt är ofta svårt och dessutom ett område som ofta inte prioriteras. Här har t ett ambitiöst program för hur resultaten kan kommuniceras till en bred publik valts genom att definiera flera olika vägar fram till våra utvalda målgrupper.



Figur 1. Sammanfattning av "Perspektiv på framtida avfallshantering".

Figure 1. Summary of the project "Perspectives on sustainable waste treatment"

I denna rapport sker redovisningen av delprojekt 3 "Framtida marknaden för biogasproduktion från avfall". Delprojekt 1, 2 och 4 startade i början av 2011 medan delprojekt 3 och 5 startade vid årsskiftet 2011/2012. Samtliga delprojekt slutrapporteras vid årsskiftet 2012/2013. I alla delprojekt används samma förutsättningar för att beskriva omvärlden. Detta kan t.ex. gälla energipriser, skatter och andra styrmedel. Delprojekt 3 har framförallt interagerat med delprojekt 1, 2 och 4. Delprojekt 1 studerar förutsättningarna vid import av avfall vilket gett underlag för antaganden kring importerat avfall i delprojekt 3. I delprojekt 2 ingår de styrmedel som rör biogasmarknaden, vilket gjort att modelleringen i delprojekt 2 kunnat användas och vidareutvecklas i delprojekt 3. Delprojekt 4 har gett underlag till modelleringen av förändrad fjärrvärmeproduktion i delprojekt 3.

1.1 Problembeskrivning

I det tidigare projektet ”*Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv*” identifierades ett antal områden med stor betydelse för utvecklingen av biogasmarknaden. Nedan beskrivs områdena, samt viktiga frågeställningar och problem inom dem. Utan kunskap om dessa områden, kan utövarna få problem att planera och genomföra verksamheten inom biogasmarknaden på ett långsiktigt hållbart sätt som är både ekonomiskt lönsamt och miljömässigt godtagbart. De studerade områdena, problem och frågor är följande:

1. **Marknad och konkurrens.**
 - a. Vilka marknadsförutsättningar finns för biogasproduktion?
 - b. Är anläggningarna konkurrenser eller komplement till avfallsförbränning?
 - c. Är anläggningarna ekonomiskt konkurrenskraftiga om dessa konkurrerar mot avfallsförbränning?
 - d. Hur förändras konkurrensen om importen till avfallsförbränning och/eller rötning ökar?
 - e. Är anläggningarna kostnadseffektiva åtgärder för att minska klimatpåverkan?
 - f. Hur kan konkurrenssituationen förändras på kort respektive lång sikt?
2. **Tillgång och efterfrågan på avfall.** Den tidigare bristen på behandlingskapacitet för avfall har byggts bort och det råder nationellt ett överskott på behandling av organiskt avfall, varav vissa delar är biologiskt lättnedbrytbart och lämpligt för biologisk behandling och framställning av biogas och biogödsel. Överskottet gäller både förbrännings- och rötningsanläggningar för avfall. Intressanta forskningsfrågor är:
 - a. Hur påverkar tillgången på behandlingskapacitet marknaden?
 - b. Hur kommer marknaden att förändras på sikt?
3. **Miljöfördelar med användning av biogas.** En av biogasens starka miljöargument är att ersätta fossila bränslen för högvärdig energiproduktion. Frågor av stor betydelse för miljöberäkningarna är:
 - a. Vilken energiform ersätts (diesel, bensin, naturgas)?
 - b. Vilken tillämpning sker (elproduktion, el- och värmeproduktion eller fordonsdrift)?
4. **Teknisk utveckling.** Faktorer som verkningsgrad, tillförlitlighet, kostnad, anpassning till andra substrat och mer effektivt nyttjande av biogödsel påverkar i hög grad lönsamheten i en rötningsanläggning. Tekniken för att röta avfall är fortfarande relativt ny. Det innebär att vi idag ser en relativt kraftig utveckling inom området.
 - a. Inom vilka områden sker teknikutveckling som kan påverka marknadsförutsättningarna för biogasproduktion från avfall?
 - b. Hur stor är potentialen för förbättringar med teknikutveckling?
5. **Ekonomisk värdering av biogasen.** På samma sätt som ovan för miljöfördelar, kan överväganden om vilka bränslen som biogasen skall prissättas emot starkt påverka de ekonomiska förutsättningarna för biogasproduktionen. Avhängigt är naturligtvis också vilket användningsområde som blir aktuellt för biogasen:
 - a. Inom vilka sektorer finns störst betalningsvilja för biogas?
 - b. Hur stor är betalningsviljan för biogas?

6. **Styrmedel** som påverkar marknaden så som miljömål, investeringsstöd, CO₂-skatt, stöd för biogasproduktion m.m.
 - a. Hur påverkar styrmedel marknadsförutsättningarna för biogasproduktion?
7. **Hantering av rötrest/biogödsel.** Tidigare miljösystemstudier visar ofta på vikten av att återföra rötresten till jordbruket, för att på så vis generera ett kretslopp för näringsämnen. På detta sätt kan man även ersätta användandet av handelsgödsel.
 - a. Hur stor är miljönyttan av att använda rötresten som biogödsel i ett systemperspektiv?
 - b. Hur påverkas ekonomin för hela rötningsanläggningen av hanteringen av rötrest?

1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med projektet är att studera förutsättningar, möjligheter och hinder för utveckling av marknaden för biogas i Sverige. Detta görs inom områdena marknad och konkurrens, tillgång och efterfrågan på avfall, miljöfördelar med användning av biogas, teknisk utveckling, ekonomisk värdering av biogasen, styrmedel samt inom hantering av rötrest (se beskrivning av områdena förgående avsnitt). Målet är att ta fram ett faktaunderlag för aspekter kring dessa områden och att underlaget skall kunna användas av olika aktörer.

1.3 Avgränsningar

Projektet avgränsas av frågeställningarna som beskrivits ovan. Studiens geografiska fokus är Sveriges avfallssystem, men delar av det interagerar på en marknad som sträcker sig längre bort, vilket det kommer att tas hänsyn till. De studerade systemen och systemavgränsningarna (t ex rörande materialåtervinning) beskrivs vidare i bilaga A ”Systemgräns och modeller”. De omvärldsförutsättningar som använts beskrivs i bilaga B ”Förutsättningar i Grundfall 2020”.

I projektet avgränsas resultaten av systemanalyser till ekonomi och klimatpåverkan. För de åtgärder som studeras inkluderas i klimatpåverkan även de förändringar som sker av utsläpp av metan och lustgas. Ingen annan typ av miljöpåverkan (t ex övergödning, förorening, toxicitet etc.) studeras. Resultaten ges i huvudsak i tidsperspektivet till år 2020.

De avfall och restprodukter som valts ut som intressanta i detta projekt har avgränsats till:

- Källsorterat matavfall från hushåll, storkök, restaurang och butik
- Avfall och restprodukter från livsmedelsindustri
- Gödsel

Med restprodukt avses generellt ett material som inte avsiktligt framställs i en produktionsprocess och som kan vara ett avfall eller inte. Med biprodukt avses en restprodukt som inte är ett avfall¹.

Projektet fokuserar på produktion av biogas på samrötningsanläggningar (se kapitel 2).

¹ Baserat på ”Meddelande från kommissionen till rådet och Europaparlamentet - Tolkningsmeddelande om avfall och biprodukter” (KOM/2007/0059 slutlig)

1.4 Arbetsgång

Inom projektet har information sammanställts från ett stort antal referenser, både från publicerade rapporter och från intervjuer med sakkunniga samt från andra pågående projekt inom området. Inom projektet har även en fördjupad marknads- och systemanalys gjorts baserat på den sammanställda informationen samt de omvärldsförutsättningar som är gemensamma i hela projektet ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling”.

Projektet har genomförts av en arbetsgrupp som har letts av Hanna Hellström. Arbetsgruppen har bestått av: Christina Anderzén, Pernilla Holgersson och Bo von Bahr SP; Katarina Lorentzon och Maria Berglund, SIK; Lia Detterfelt, Renova; Tisse Jarlsvik, Göteborg Energi; Kjerstin Ekvall, Sysav Biotech; Andras Baky, Ulf Nordberg, JTI; Anders Lagerkvist, LTU samt David Holmström, Ola Eriksson, Mattias Bisailon och Karolina Nilsson vid Profu. Arbetsgruppen har haft tre arbetsgruppsmöten under projektiden (2012) samt kontinuerlig kommunikation genom telefon och mejl.

Därtill har det också funnits en referensgrupp till hela projektet ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling”. Värdefulla synpunkter och reflektioner har inhämtats från referensgruppens fyra möten under projektiden 2011-2012 rörande indata och resultat från delprojektet. Deltagarna framgår nedan.

Avfall Sverige: Weine Wiqvist, Per Nilzén, Jacob Sahlén
 Borås Energi och Miljö: Per Karlsson
 E.ON: Elisabeth Söderpalm
 Energimyndigheten: Camilla Axelsson
 FTI: Annika Ahlberg
 Götaverken Miljö: Per Lindgren
 Göteborg Energi: Ann-Marie Lindell
 JTI: Ulf Nordberg (Johan Laurell)
 Kretsloppskontoret: Jessica Granath, Agneta Sander
 Naturvårdsverket: Catarina Östlund
 NSR: Sanita Vukicevic
 Renova: Christian Baarlid, Christer Lundgren, Sara Boström, Katarina Pettersson
 SIK: Katarina Lorentzon
 SP: Evalena Blomqvist, Christina Anderzén
 Stena Metall: Marianne Gyllenhammar
 Svensk Fjärrvärme: Charlotta Abrahamsson
 Sysav: Håkan Rylander, Stig Edner

1.5 Läsanvisningar

Denna rapport är en faktasammanställning och analys av de faktorer som bedöms ha stor inverkan på den framtida marknaden för biogasproduktion från avfall. Nedan beskrivs innehållet i de olika kapitlen:

Kapitel 2: En kortfattad bakgrund med en sammanställning över dagens behandlade mängder avfall samt biogasproduktion.

I kapitel 3-6 redovisas resultaten från projektet, vilka består av sammanställd information och bedömningar från litteratur, diskussioner och intervjuer. I kapitel 3 diskuteras vad som

påverkar utvecklingen för tillgängliga mängder avfall och restprodukter till rötning. Kapitel 4 fokuserar på framtida kapacitet samt teknisk och ekonomisk prestanda i Sveriges rötningsanläggningar. Kapitel 5 ger en kort redogörelse för utvecklingen av avsättningsmarknaderna för biogas och biogödsel. Kapitel 6 beskriver möjliga framtida styrmedel som inom projektet bedömts kunna påverka marknaden för biogasproduktion.

I kapitel 7 görs en fördjupad marknads- och systemanalys baserat på resultaten i kapitel 3-6. Dessa analyser har till stora delar genomförts med hjälp av de systemmodeller som beskrivs i Bilaga A-D.

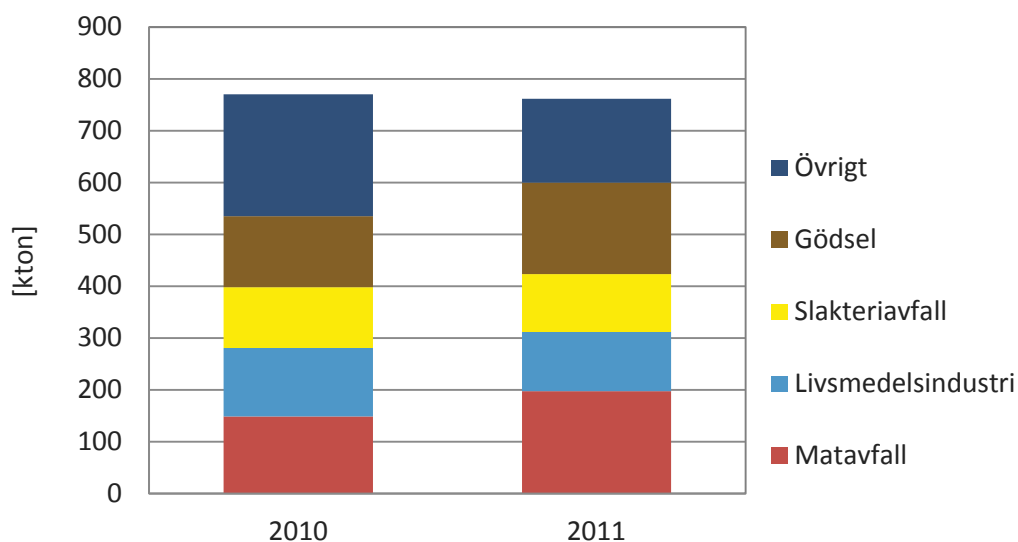
I kapitel 8 presenteras de slutsatser som gjorts inom projektet.

2 Bakgrund

Biogas bildas vid anaerob nedbrytning av organiskt material och består till största del av metan och koldioxid. Biogas produceras idag från bland annat hushålls- och livsmedelsavfall samt avloppslam. Den producerade gasen kan användas för värme- och elproduktion eller efter uppgradering som fordonsgas. I följande kapitel beskrivs dagens produktion och användning av biogas.

2.1 Avfall och restprodukter för biogasproduktion

År 2011 behandlades knappt 800 kton avfall och restprodukter vid anläggningar för biogasproduktion enligt Energimyndighetens statistik [1]. Dessutom rötas 5 700 kton avloppsslam vid avloppsreningsverk och 100 kton gödsel vid gårdsanläggningar. En sammanställning över de olika avfallsslagen presenteras i Figur 2.



Figur 2. Rötade mängder i Sverige år 2010 och 2011 vid avloppsreningsverk och samrötningsanläggningar, exklusive avloppsslam, uttryckt i ton våtvikt [1],[2].

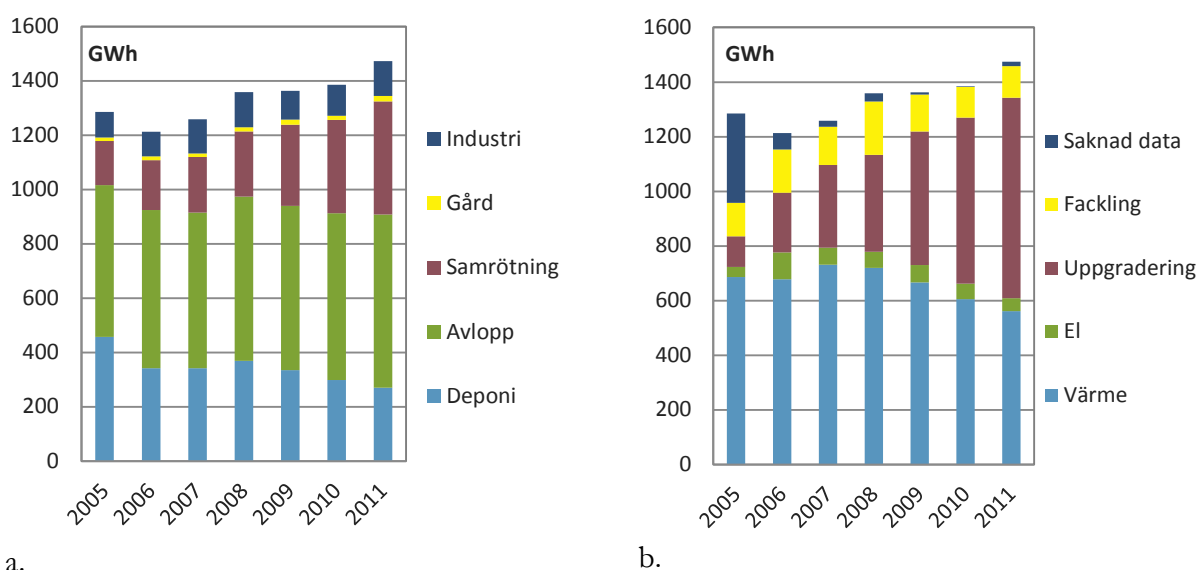
Figure 2. Amounts of waste treated, excluding waste water sludge, in Swedish waste water treatment plants and co-digestion plants in year 2010 and 2011 [1],[2].

Enligt Energimyndighetens statistik [1] finns följande typer av produktionsanläggningar:

- Samrötningsanläggningar, anläggningar som rötar avfall av olika slag utan inblandning av slam från avloppsreningsverk.
- Avloppsreningsverk, anläggning som produceras biogas från avloppsvatten, kan även behandla visst avfall.
- Industrianläggningar, anläggningar som oftast ligger på/intill en industri med ett fåtal olika substrat.
- Gårdsanläggningar, mindre biogasanläggningar som oftast drivs av lantbrukare på den egna gården.

2.2 Produktion och användning av biogas 2011

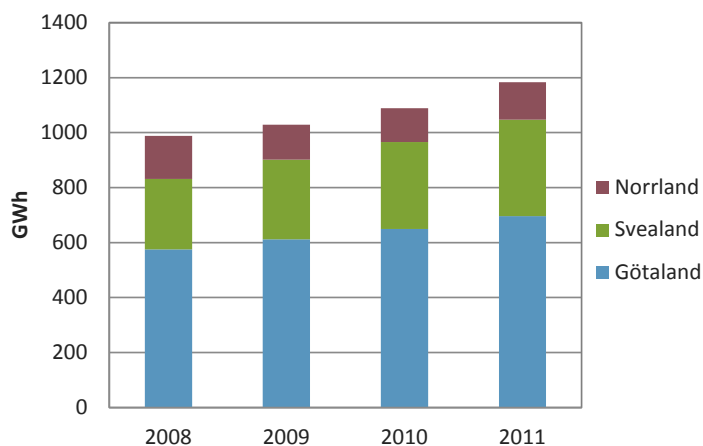
År 2011 producerades knappt 1 500 GWh biogas i Sverige vid landets biogasanläggningar och deponier [1]. Produktionen sker främst vid landets avloppsreningsverk och samrötningsanläggningar (se Figur 3 a). Den totala produktionen har ökat med 200 GWh mellan åren 2005 och 2011 vilket motsvarar knappt 15 %. Historiskt sett har biogasen främst använts till att producera värme som i första hand använts internt vid anläggningarna, men sedan 2005 har mängden biogas som uppgraderats till fordonsgaskvalitet ökat från 100 GWh till drygt 700 GWh (Figur 3 b). Den kraftiga ökningen av uppgraderad gas har skett i ungefär lika stor utsträckning vid avloppsreningsverk som samrötningsanläggningar, vilka idag står för 48 % respektive 52 % av fordonsgasproduktionen.



Figur 3. Produktion (a) och användning (b) av biogas i Sverige år 2005-2011 enligt Energimyndighetens statistik.

Figure 3. Production (a) and use of biogas in Sweden year 2005-2011 according to Swedish Energy Agency [1].

Biogas produceras främst i södra Sverige. Energimyndighetens statistik över biogasproduktionen visar att cirka 60 % av biogasen (exklusive upptag vid deponier) produceras i Götaland och cirka 30 % i Svealand (se Figur 4). Totalt stod Skåne, Västra Götaland, Östergötland och Stockholm för 60 % av den totala produktionen.



Figur 4. Regional fördelning av biogasproduktionen mellan Götaland, Svealand och Norrland enligt Energimyndighetens statistik för åren 2008-2011 [1]. Figuren visar produktion exklusive uttag vid deponier.

Figure 4. Regional production of biogas in Götaland, Svealand and Norrland according to the Swedish Energy Agency in 2008-2011 [1]. The figure shows production excluding landfill gas.

3 Framtida mängder avfall och restprodukter till biogasproduktion

Av de totala avfallsmängderna som uppkommer i Sverige i dagsläget är det enbart en liten del som behandlas i rötningsanläggningar. I detta kapitel görs en bedömning av hur stora mängder avfall och restprodukter som kan komma att användas till biogasproduktion 2020. Bedömningen har baserats på begränsningar som identifierats inom tidigare studier² samt inom detta projekt.

De avfall och restprodukter som valts ut som intressanta i detta projekt har avgränsats till:

- Källsorterat matavfall från hushåll, storkök, restaurang och butik
- Avfall och restprodukter från livsmedelsindustri
- Gödsel

Dessa kategorier är utvalda antingen för att de rötas idag i stor utsträckning, eller för att de bedöms ha en stor framtida biogaspotential enligt ”Den svenska biogaspotentialen från svenska restprodukter” [3], som är den senaste nationella potentialstudien för biogassubstrat³. En del restprodukter, såsom växtodlingsrester i form av betblast och halm, har trots en hög potential inte studerats i projektet eftersom då dessa restprodukter inte rötas i någon större utsträckning i dagsläget samt inte ansetts vara intressanta inom systemgränsen avfallssystemet.

De uppkomna mängderna avfall avspeglar inte den mängd som kommer vara möjlig att röta. De tillgängliga mängderna kommer att bestämmas av tekniska och ekonomiska begränsningar samt begränsningar i lagstiftning (se textruta på nästa sida). De avsättningsområden som identifierats som konkurrerande för avfall och restprodukter som är tillgängligt för biogasproduktion är förbränning, kompostering, djurfoder och spridning på åkermark. Förbränning har identifierats som den största konkurrerande avsättningen för matavfall från hushåll. För industriella restprodukter är konkurrensen främst djurfoder, men även förbränning. För gödsel är direkt spridning på åkermark det enda alternativa avsättningsområdet.

² Under respektive delkapitel redovisas de referenser som använts för att göra begränsningar.

³ ”Den svenska biogaspotentialen” togs fram på uppdrag av Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen och Svenskt Vatten. Studien har ansetts ha en bred förankring inom branschen.

De begränsningar som påverkar potentiella mängder som kan rötas kan översiktligt delas in i följande kategorier:

Tekniska begränsningar

- Avfallet kräver förbehandling för att bli rötbart

Ekonomiska begränsningar

- Alternativ behandling/avsättning med lägre mottagningsavgift eller högre betalningsvilja
- Avfallet/restprodukten har hög vattenhalt, vilket medför att endast korta transporter är ekonomiskt försvarbara

Begränsningar i lagstiftning

- Animaliska biproduktslagstiftningen ((EU) nr 142/2011; (EG) nr 1069/2009) begränsar vilka avfall som kan rötas i vilka anläggningar (p.g.a. bland annat hygieniseringskrav)
- Naturvårdsverkets Allmänna råd (2003:15) kan medföra begränsningar för vilka substrat som kan rötas i vilka anläggningar (p.g.a. bland annat hygieniseringskrav). Dessa är dock "bara" råd, men tillståndsmyndigheten ska följa dessa om nya tillstånd beviljas.
- Certifieringssystem för biogödsel och slam godkänner bara vissa substrat
- Spridningsregler för biogödsel och slam

Övrigt

- Skepsis till bland annat slamspridning kan medföra begränsningar att röta vissa substrat

I Tabell 1 sammanställs (1) mängderna som bedömts uppkomma år 2020 för matavfall, avfall och restprodukter från industrier samt gödsel, (2) alternativ avsättning samt (3) en bedömd maximal mängd som kan användas för biogasproduktion med rätt ekonomiska förutsättningar.

Tabell 1. *Sammanfattning av totala mängder avfall, restprodukter och gödsel som kan uppkomma år 2020; alternativ avsättning och maximal nivå utifrån begränsningar som gjorts inom projektet. Antaganden beskrivs under respektive delkapitel (kapitel 3.1-3.3)*

Table 1. *Summary of the total amounts of waste, residues and manure that may arise in 2020; alternative outlets and maximum level based restrictions made in the project. Assumptions are described under the respective sub-chapter (Chapter 3.1-3.3)*

Typ av avfall	Mängd år 2020 (kton)	Alternativ avsättning	Antagen maximal mängd med begränsningar (kton)
Matavfall från hushåll, restauranger storkök och butiker	1 300	Förbränning Kompostering	850
Avfall och restprodukter från livsmedelsindustri	cirka 1 800	Djurfoderproduktion Förbränning Kompostering Spridning på åkermark	cirka 1 100
Gödsel*	10 600	Spridning på åkermark	3 100

* För gödsel anges den beräknade mängden våtvikt för nöt och svin. Detta skiljer sig från potentialen i kapitel 3.3 då gödsel från fjäderfä och hästar även är inkluderat.

3.1 Matavfall

Det finns sedan några år tillbaka politiska mål om att öka utsorteringen av matavfall och behandla det biologiskt istället för termiskt. Även om målet om 35 % utsortering av allt matavfall till 2010 inte uppfylldes ökade ändå mängderna utsorterat matavfall kraftigt. Idag behandlas 275 kton matavfall vid centrala anläggningar[4] 24 % av potentialen[4].

I april 2012 beslutade regeringen om ett etappmål om ökad resurshushållning i livsmedelskedjan. Enligt målet ska 50 % av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologiskt så att växtnäring tas tillvara, där minst 40 % behandlas så att även energi tas tillvara senast 2018 (se även avsnitt 3.1.4 och 6).

3.1.1 Totala mängder matavfall

Det finns idag ingen heltäckande statistik över hur mycket matavfall som uppstår från hushåll, restauranger, storkök och livsmedelsbutiker eftersom majoriteten av matavfallet idag hanteras tillsammans med restavfallet. Mängduppskattningar som gjorts, baserat på nyckeltal för uppkomna mängder, varierar mellan 800 kton och 1 200 kton matavfall per år [5],[3].

3.1.2 Behandling av matavfall

Majoriteten av det uppkomna matavfallet behandlas i dag genom avfallsförbränning och det är alltså den delen som man genom målet ovan vill minska, och föra över till främst rötning.

Det utsorterade matavfallet behandlas i samrötningsanläggningar, i rötktammare vid reningsverk och genom kompostering, både vid centrala anläggningar och i hushållen. Tabell 2 visar hur stora mängder utsorterat matavfall som behandlades genom rötning och kompostering under åren 2010 och 2011.

Tabell 2. Behandlade mängder utsorterat matavfall i Sverige år 2010 och 2011 [4]

Table 2. Treated amounts of source separated food waste in Sweden year 2010 and 2011[4]

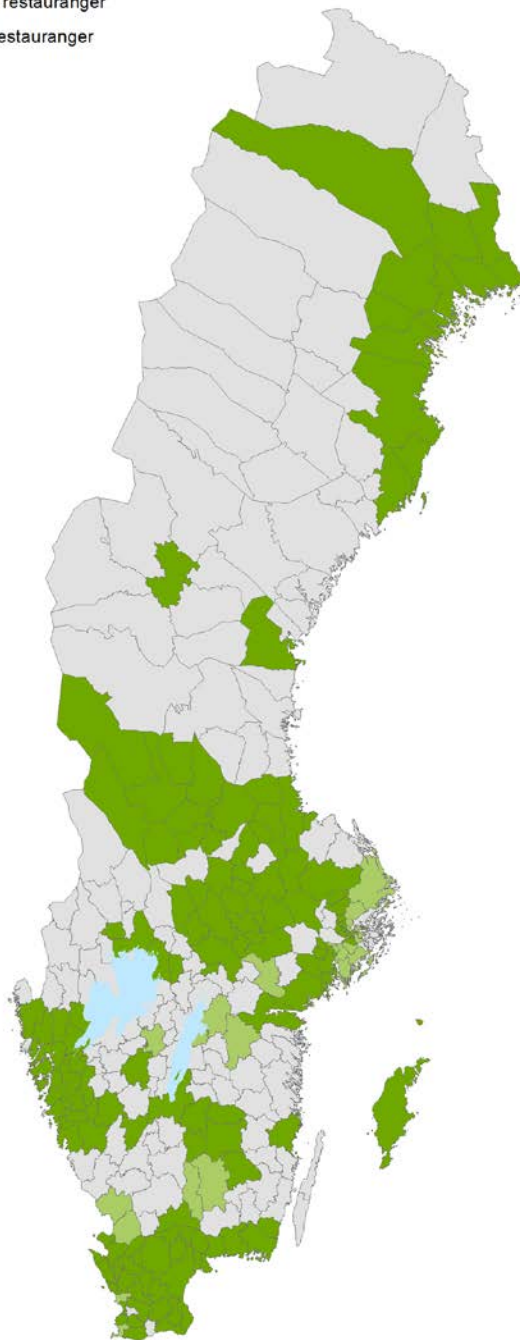
	2010	2011
Samrötningsanläggningar	104	132
Rötning vid reningsverk	45	65
Storskalig kompostering	102	78
Hemkompostering	59	52

3.1.3 Insamling av matavfall

Enligt Avfall Sverige hade 60 % av Sveriges kommuner separat insamling av matavfall år 2011, varav drygt 20 stycken har insamling enbart från storkök och restauranger. Dessutom planerar cirka 70 kommuner att införa det inom fem år [4]. I Figur 5 visas de kommuner som till och med år 2011 infört separat insamling av matavfall från hushåll [6].

Insamling av matavfall 2011

- Hushåll, storkök och restauranger
- Enbart storkök och restauranger



Figur 5. Kommuner med separat insamling av matavfall för hushåll, storkök och restauranger (mörkgrön) samt kommuner med enbart insamling från storkök och restauranger år 2011 (ljusgrön [6]).

Figure 5. Municipals with separate collection of food waste from households, large scale catering establishments and restaurants and municipals with separate collection only from large scale catering establishments and restaurants in year 2011 [5].

Totalt bor knappt 70 % av Sveriges invånare i de kommuner där dessa insamlingssystem har införts. Potentiellt skulle en utsorteringsgrad om 50 % i alla grönmarkerade kommuner innebära att 400 kton matavfall sorterades ut⁴.

Den faktiska andelen av matavfallet som sorteras ut beror dock på anslutningsgrad⁵ i insamlingssystemet samt på sorteringsutbyte⁶ i hushållen, vilket kan variera mellan kommuner. Anslutningsgrad varierar dels beroende på när införande av insamlingssystem påbörjades, dels beroende på om det är obligatoriskt eller frivilligt att samla in. I genomsnitt låg anslutningsgraden år 2009 mellan 65-80 % i kommuner med fullt utbyggt system [7]. Enligt en studie publicerad av Avfall Sverige är sorteringsgraden 77 % i villahushåll och 46 % i hushåll i lägenheter [8]. De tre storstadsregionerna Stockholm, Göteborg och Malmö har idag inte fullt utbyggda utsorteringsystem, exempelvis har enbart 8 % av Stockholms invånare utsortering av matavfall [9] år 2012.

3.1.4 Utveckling till 2020

Till år 2018 finns målet att 50 % av matavfallet skall sorteras ut och behandlas biologiskt, varav minst 40 % med energiåtervinning [10]. I Figur 6 visas hur avfallsmängderna kommer att behandlas vid måluppfyllelse, tillsammans med ytterligare två alternativa scenarier för avfallsmängder och behandling till år 2020.

”2020 Måluppfyllelse”

I scenariot Måluppfyllelse 2020 utgår vi från att målet nås till år 2020. Det bedöms vara möjligt enligt Avfallsutredningen [11], om det samtidigt införs ett krav på att kommunerna skall tillhandahålla adekvata insamlingssystem för medborgarna. Enligt Avfallsutredningens förslag som presenterades i augusti 2012 [11] föreslås att:

Avfallsförordningen kompletteras med en paragraf med krav på att kommunen ska tillhandahålla medborgarna ett insamlingssystem för matavfall i den utsträckning det inte kan anses orimligt utifrån ett samhällsekonomiskt eller insamlingstekniskt perspektiv.

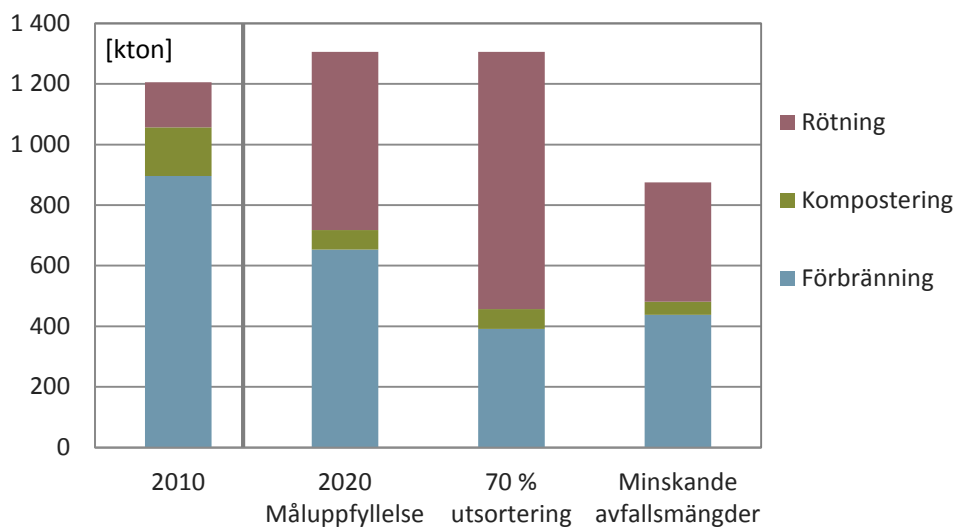
Det finns redan en stark vilja i såväl kommunerna som genom nationell styrning från myndigheter att öka utsorteringen av matavfall. Införande av ett nytt insamlingssystem är dock en utmanande och tidskrävande process för en kommun. Det innebär även en merkostnad för kommunen jämfört med enbart insamling av restavfall. Införande av ett nytt insamlingssystem för matavfall tar, enligt en guide framtagen av Avfall Sverige, cirka 3-7 år [12].

Som ett grundfall antas de uppkomna mängderna matavfall per person vara konstanta fram till 2020. De totala mängderna uppkommet matavfall antas följa SCBs prognos för mängden invånare i Sverige till år 2020 [14].

⁴ Baserat på uppkomna mängder matavfall till 128 kg/invånare och år och befolkningsstatistik från SCB på kommunnivå för år 2010 [12].

⁵ Med anslutningsgrad menas hur stor andel av hushåll och verksamheter som har tillgång till insamlingssystem för matavfall i fastigheten.

⁶ Med sorteringsutbyte menas här andelen matavfall som sorteras ut i förhållande till de uppkomna mängderna.



Figur 6. Totala mängder matavfall i Sverige fördelat på de olika behandlingsalternativen för år 2010 och tre framtida scenarier för år 2020: "Måluppfyllelse", "70 % insamlingsgrad", och "Minskade avfallsmängder". Fördelningen mellan rötning och kompostering baseras år 2010 på statistik från Avfall Sverige.

Figure 6. Total amounts of food waste and its treatment in Sweden in year 2010 and in three future scenarios for the year 2020; "Goal achievement", "70 % source separation" and "decreased waste amounts". Treatment in year 2010 is based on statistics from Avfall Sverige.

I figuren antas dock att 45 % av mängderna rötas år 2020 då flertalet av de kommuner som tidigare komposterat sitt matavfall kommer att skicka sitt avfall till rötning istället. Hemkompostering antas minska med 20 % under perioden.

"70 % utsortering"

I scenariot 70 % insamling visas hur stora mängder matavfall som skulle kunna behandlas med rötning om utsorteringsgraden av matavfall nådde 70 % förutsatt att de totala mängderna var de samma i scenariot om måluppfyllelse. Efter diskussion med kommuner med lång erfarenhet av insamling av matavfall antogs den maximala potentiella nivån för insamling vara 70 %. Matavfallsmängder till rötning blir i detta scenario 850 kton.

"Minskade avfallsmängder"

Slutligen visas ett scenario som även inkluderar minskade avfallsmängder till år 2020. Det baseras på att högst upp i avfallshierarkin finns mål om att minska mängderna avfall. Dessutom diskuteras en utvidgning av etappmålen till att även omfatta minskade uppkomna mängder matavfall [15]. Nu finns det med som ett icke-kvantifierat mål i den Nationella Avfallsplanen [16]. En studie visade att 33 % av matavfallet slängs i onödan [17]. Med ett antagande om att enbart det oundvikliga matavfallet, det vill säga avfall från beredning och inte sådant som är ätbart såsom kaffesump, potatisskal och fruktskal, skulle uppstå skulle de totala mängderna matavfall bli knappt 900 kton. Detta skulle innebära att knappt 400 kton matavfall skulle rötas och andelen till rötning skulle motsvara 45 %. Scenariot bör inte ses som en prognos utan snarare en uppskattning av effekterna i ett "bästa möjliga fall" avseende hur mycket matavfall som kan minskas.

3.2 Avfall och restprodukter från livsmedelsindustri

Energimyndighetens officiella statistik visar att cirka 250 kton avfall som kategoriseras som livsmedelsavfall rötades år 2010 vid samrötningsanläggningar och avloppsreningsverk (summan av slakteriavfall och livsmedelsindustri i Figur 2). Huruvida det ingår något avfall från kategorin industri- och verksamhetsavfall i det som kallas övrigt går inte att säga. Likaså redovisas inte de mängder som behandlas i industrianläggningar i statistiken.

Det finns en mängd olika sorters avfallsströmmar som uppstår inom kategorin livsmedelsindustri. I Linnés potentialbedömning [3] delas uppkomna avfallsmängder och restprodukter upp i följande branscher:

- Kött och chark (slakterier)
- Mejerier
- Bryggerier
- Bagerier och kvarnar
- Övrig livsmedelsindustri
- Förpackat livsmedelsavfall

Huruvida industrins restprodukter kan användas till biogasproduktion beror på kostnaden eller betalningsviljan för alternativ avsättning, avstånd mellan industrin och biogasanläggningen samt kostnaden för att transportera. Idag används en stor del av restprodukterna som djurfoder där betalningsviljan är hög. När potentiella substrat och substratmarknaden för biogasproduktion kartlades ansåg många avfallsägare att djurfoder var det enda alternativet. Livsmedelsindustrin får betalt för sina restprodukter med upp till 2000 kr/ton från djurfoderindustrin [18].

Av den totala biogaspotentialen på 2 TWh är det enbart en liten del som rötas idag. Med en begränsning att det som avsätts som djurfoder inte kommer vara tillgängligt för biogasproduktion halveras potentialen till drygt 1 TWh [3].

Det är även stor skillnad i biogaspotentialen mellan olika län, där Skåne, Västra Götaland och Västernorrland står för 43 % av potentialen⁷ [3]. I den region med störst potential, Skåne, har biogaspotentialen från industrin under 2011 bedömts till 364 GWh/år där 60 GWh går till biogas [19] samt 155 GWh till djurfoder. I studien är potentialen uppdelad per församling för att få en hög geografisk upplösning. Resultatet visar tydligt att det är ett fåtal stora produktionsenheter som står för majoriteten av restprodukterna.

Industrins restprodukter omfattas inte av det kommunala avfallsmonopolet, vilket också gör att det är en starkare marknadsstyrning för avsättningen.

Jensen et al. uppskattar mängderna matavfall från livsmedelsindustrier till 171 kton medan mängderna biprodukter som uppkommer är 1 188 kton [5].

Nedan förs en diskussion för de avfallssubstrat som anses intressanta i denna studie.

⁷ I Västernorrlands län finns en av landets största biogasproducenter för slam från massaindustrin.

3.2.1 Kött och chark

Avfall från kött- och charkproducenter är idag ett mycket eftertraktat avfall till biogasproduktion då det är pumpbart och ger högt gasutbyte. Anläggningar kan idag få betala 100 kr/ton eller mer för slakteriavfall samtidigt som de står för transporterna. Då avfallet är mycket energirikt finns det ekonomiska skäl att transportera avfallet långa avstånd, uppemot 30 mil [18].

Totalt behandlas 115 kton avfall⁸ [2] vilket i princip motsvarar den totala potentialen enligt Linné et al [3]. Den angivna potentialen innefattar dock inte material som idag används till rendering⁹, som år 2007 uppgick till 75 kton kategori 3-material [20]. Mindre mängder kan även användas som foder till sällskaps- och pälsdjur. Det är dock svårt att säga om ytterligare mängder än de som finns idag blir tillgängliga för rötning.

Sett till den totala biogaspotentialen är mängderna avfall från kött- och charkproducenter relativt små, trots att det är ett energirikt avfall. De uppkomna mängderna är även beroende av hur stor köttproduktionen är i landet. Framtida prognoser på köttproduktionen har inte genomförts i detta projekt.

3.2.2 Mejerier

De restprodukter från mejerier som är intressanta för biogasproduktion är enligt Linné et al [3]:

- Vassle
- Fodermjölk
- Fettslam från reningsverk

Vassle och fodermjölk är eftertraktade som djurfoder till svinproduktion, men det förekommer att vassle används vid biogasanläggningar [3], [18]. Fettslam behandlas i biogasanläggningar men sprids även till viss del på åkermark [3].

Sedan 2007 har mjölk- och ostproduktionen i Sverige minskat med 4 % [21][22]. Utifrån produktionsstatistik för mjölk- och ostproduktion för år 2010 har de uppkomna mängderna biprodukter från mejerier beräknats. Uppkomsten av biprodukter har antagits vara proportionerlig mot produktionsmängderna.

Antalet mjölkproducenter minskar normalt med 6,5 % per år [23]. Samtidigt går produktionen av mejeriprodukter mot färre och större djurbesättningar för att bli mer konkurrenskraftig. Idag utgör gårdar med mer än 1 000 ton mjölkproduktion per år 14 % av gårdarna, men hela 42 % av landets mjölkleveranser [23].

Hur stora mängder vassle och fodermjölk som kommer att vara tillgängliga för biogasproduktion beror helt på betalningsviljan för djurfoder. Om svinproduktionen i landet sjunker kan det ge mindre efterfrågan på biprodukter, vilket i sin tur ger minskad betalningsvilja [3]. De anläggningar som idag tar emot vassle får betala 70-120 kr/ton medan fodermjölk kostar 100 kr/ton [18].

⁸ Avfallet avser slakteriavfall kategori 3 samt slam och gödsel.

⁹ Tillverkning av proteinpulver, buljong, fett och köttbenmjöl m.m.

Idag filtreras en del vassle till ett högvärdigt vasslepulver samt en biprodukt med främst kolhydrater kvar, som kallas vasslepermeat. Vasslepermeat används som foder. SIK har inom projektet bedömt att vasslepermeat har ett lägre värde och att det därmed är mer troligt att det kommer att rötas. Ett antagande som gjorts är att 20 % av vasslepermeatet går till rötning idag och att 50 % är möjligt till år 2020. Den faktiska mängden som kan komma att rötas kommer att bero på den alternativa betalningsviljan för substratet.

3.2.3 Förpackat livsmedelsavfall från industri och butiker

Förpackat livsmedelsavfall används idag vid många röttningsanläggningar. Avfallet uppstår i en mängd olika branscher och kan både vara fast och flytande. Totalt uppstår cirka 50 kton avfall per år, där spill från bagerier har uppskattats stå för de enskilt största mängderna avfall [24]. Enligt uppskattningar gjorda av SIK inom projektet antas att 14 kton behandlas biologiskt år 2010 varav 75 % går till rötning och 25 % till kompostering. Mängder som behandlas biologiskt kan tänkas öka i och med att kapaciteten för förbehandling och efterfrågan på röttbart avfall ökar.

3.3 Gödsel

Biogas från gödsel pekas ut som en av de större outnyttjade potentialerna för biogasproduktion, totalt cirka 2,8 TWh. År 2010 rötades 200 kton gödsel (våtvikt) vilket motsvarar 2 % av all flytgödsel som uppkommer idag från nöt och svin och 1 % av all gödsel¹⁰. Mellan år 2010 och 2011 ökade mängderna gödsel till rötning med 40 % [1][2].

Det största hindret för biogasproduktion från gödsel är bristande lönsamhet. Gödsel har ett lågt energivärde per ton vilket gör det dyrt att transportera längre sträckor. Mätt i kr/MWh biogas kan slakteriavfall transporteras tio gånger så långt för samma kostnad som svinflytgödsel (se avsnitt 4.3.1, ”Transportkostnader”). Samtidigt innebär det höga kostnader att producera fordonsgas i liten skala på gårdsanläggningar då uppgraderingskostnaden är kraftigt beroende av skala. De nya gårdsanläggningar som planeras idag i är regel över 1000 m³ i rötkammarvolym och är oftast anpassade för att producera el och värme [25].

En slutsats i Energimyndighetens sektorsövergripande biogasstrategi är att rötning av gödsel ”ger stora klimat- och miljönyttor som motiverar ett samhälleligt stöd” [26]. Energimyndigheten gör bedömningen att 25 % av all gödsel kan rötas förutsatt ett metanreduceringsstöd på 20 öre/kWh (se även kapitel 6).

Då gödsel är dyrt att transportera är koncentrationen av gödsel viktig för att det ska vara möjligt att investera i nya anläggningar. Genom att kartlägga potentialen för gödsel per församling och kommun har en nationell potential uppskattats baserat på lönsamma ekonomiska förutsättningar om metanreduceringsstödet införs [27]. Studien visade att cirka 35 % av biogaspotentialen finns i församlingar med förutsättningar för gårdsbiogasproduktion och 30 till drygt 40 % av biogaspotentialen finns i kommuner med förutsättningar för fordonsgasproduktion i större samröttningsanläggningar.

¹⁰ Beräknat med antagande om 8-9 % TS för den rötade gödseln och de mängder som redovisas i Tabell 3.

Beräknade uppkomna mängder för 2010 baseras på samma metod som presenteras i [3] med uppdaterad statistik från Jordbruksverket för mängden djur i Sverige. Uppkomna mängder år 2020 antas vara proportionella mot antalet djur. Antalet nötkreatur och svin i Sverige 2020 baseras på modellkörningar gjorda med marknadsmodellen SASM i en pågående utredning om utvecklingen för jordbruket i Sverige till år 2050 [28]. Antalet hästar och fjäderfä antas vara konstanta till 2020.

Tabell 3. Uppkomna mängder stallgödsel år 2010 och 2020

Table 3. Produced amounts of stable manure in year 2010 and year 2020

	2010		2020	
	Total gödselmängd (kton TS)	Enbart flytgödsel (kton TS)	Total gödselmängd (kton TS)	Enbart flytgödsel (kton TS)
Nöt	990	471	906	424
Svin	282	218	318	258
Fjäderfä	106		106	
Häst	272		272	
Totalt	1 651	689	1 617	682

Enligt dessa bedömningar är de totala gödselmängderna ungefär detsamma till år 2020. Dock syns inom branschen en strukturomvandling där antalet gårdar blir färre, men att antalet djur per gård blir större [25]. Det som driver detta är behovet av att sänka kostnaderna, vilket bland annat kan nås med större besättningar. Med större besättningar blir även gödselmängderna vid varje gård större, vilket kan vara positivt för möjligheterna att starta gårdsanläggningar då det är enklare att få lönsamhet med högre gödselkoncentration.

Baserat på ovanstående antas att 30 % av befintlig gödsel år 2020 kommer att kunna rötas med rätt ekonomiska styrmedel, vilket för nöt- och svingödsel skulle innebära cirka 3 200 kton gödsel. Dock kommer det kräva ännu större satsningar på utbyggd rötningskapacitet. Utan ökade ekonomiska incitament antas att cirka 400 kton gödsel (våtvikt) kan rötas vilket motsvarar cirka 5 % av mängden uppkommet flytgödsel år 2020. Utifrån de planer på samrötningsanläggningar som är beslutade eller under byggnation som kartlagts i kapitel 4.1.3, bedöms efterfrågan på gödsel till rötning öka till drygt 300 kton.

4 Framtida kapacitet och prestanda vid rötningsanläggningar i Sverige

Till år 2020 kan kapaciteten för samrötning av avfall fördubblas. Utbyggnaden väntas ske främst i södra Sverige, där produktionen av biogasen är störst idag. I detta kapitel beskrivs utvecklingen för rötningskapaciteten och den jämförs med de mängder som är tillgängliga för biogasproduktion. Dessutom görs en beskrivning av hur teknisk och ekonomisk prestanda för rötningsanläggningar kan utvecklas framöver.

4.1 Kapacitet för biogasproduktion

Olika bedömningar av Sveriges rötningskapacitet varierar stort, vilket beror på ett flertal olika faktorer. En viktig faktor är vilken typ av anläggningar som inkluderas i sammanställningen och en annan vilken sorts kapacitet, såsom den tekniska eller tillståndsgivna kapaciteten, som avses. Relevanta frågor att ställa sig är om till exempel avloppsreningsverk och anläggningar som enbart rötar grödor skall ingå i sammanställningen liksom om man avser att redovisa exempelvis den tillståndsgivna/tekniska eller den faktiskt utnyttjade kapaciteten. Ytterligare en faktor som är avgörande är vilken typ av substrat som anläggningen tar in. Substrattyperna varierar både med avseende på TS-halt och i hur pass lätthanterliga de är. Svårhanterade substrat kan påverka den tekniska kapaciteten hos anläggningen. Nedan ges några exempel på hur dagens rötningskapacitet i Sverige kan redovisas sett ur ett flertal olika perspektiv. I det efterföljande avsnittet ges exempel på hur olika anläggningar kan begränsas.

4.1.1 Dagens rötningskapacitet

I det här avsnittet redovisas 2010 års rötningskapacitet i Sverige sett ur ett flertal olika perspektiv. Notera att tabellerna och figurerna i vissa fall inte är jämförbara då de baseras på studier med olika systemgränser. Redovisningen fokuserar framförallt på kapaciteten hos samrötningsanläggningar.

Rötkammarvolym

År 2010 uppgick den totala rötkammarvolymen i Sverige till knappt 500 000 m³. Jämfört med år 2010 ökades den totala rötkammarvolymen med sju procent under 2011. Den största absoluta ökningen skedde till följd av tillkommande kapacitet hos samrötningsanläggningar. Det är dock intressant att notera att rötkammarvolymen hos gårdsanläggningar ökade med drygt 75 % mellan 2010 och 2011 (Tabell 4).

Tabell 4. Antal rötningsanläggningar och total rötkammarvolym (m³) i Sverige år 2010 [2] och 2011[1]

Table 4. Number of biodegradable digestion plants and total volume of biodegradable chamber capacity (m³) in Sweden 2010 [2] respectively 2011 [1]

Anläggningstyp	Antal anläggningar		Rötkammarvolym (m ³)	
	2010	2011	2010	2011
Avloppsreningsverk	135	135	344 555	338 018
Samrötningsanläggningar	18	19	79 549	112 699
Gårdsanläggningar	14	19	9 522	16 775
Industrianläggningar	5	5	54 203	54 200
Deponier	57	55	-	-
Total	229	233	487 829	521 692

Kapacitet med avseende på efterfrågad substratmängd

Enligt en studie som utfördes av Profu åt Avfall Sverige uppgick den tekniska kapaciteten hos samrötningsanläggningar i Sverige år 2010 till 750 kton [29]. I sammanställningen ingår enbart sådana anläggningar som tar emot avfall från åtminstone en av följande substratkategorier som ingår i Avfall Sveriges statistikdatabas Avfall Web: matavfall, livsmedelsavfall, slakteriavfall samt övrigt. Detta innebär att exempelvis anläggningar som enbart rötar slam från avloppsreningsverk, gödsel eller grödor eller en kombination av dessa substrat har exkluderats från sammanställningen.

Det är oklart vad som ingår i Avfall Web kategorin ”övrigt”. Det är möjligt att vissa av de som rapporterar in till Avfall Web inte tycker att de substrat som de använder ”passar” in under några av de andra substratkategorierna. Det är även möjligt att vissa som rapporterar in till Avfall Web inte vill visa exakt vilka substrat som används vid anläggningen på grund av affärshemligheter. I övrigt kan således en mängd olika substratslag förekomma, däribland drank.

Tabell 5. Teknisk kapacitet och rötade mängder avfall [kton] hos samrötningsanläggningar och avloppsreningsverk som rötade matavfall i Sverige 2010. Observera att sammanställningen inte inkluderar avloppsslam hos de anläggningar som markerats som ARV (avloppsreningsverk). Källa: [29], bearbetning Profu (2012)

Table 5. Technical capacity and amount of digested waste [kton] at anaerobic digestion plants that treated food waste in Sweden 2010. Observe that the table does not include the amount of sewage sludge at sewage plant facilities (ARV). Source: [5], modified by Profu (2012)

Kommun	Län	Typ av anläggning	Teknisk kapacitet [kton]
Bjuv	Skåne län	Samrötning	65
Boden	Norrbottnens län	ARV	25
Borås	Västra Götalands län	Samrötning	35
Eskilstuna	Södermanlands län	ARV	16
Falkenberg	Hallands län	Samrötning	120
Falköping	Västra Götalands län	Samrötning	6
Helsingborg	Skåne län	Samrötning	80
Huddinge	Stockholms län	Samrötning	2
Jönköping	Jönköpings län	Samrötning	30
Kalmar	Kalmar län	Samrötning	36
Kristianstad	Skåne län	Samrötning	100
Laholm	Hallands län	Samrötning	70
Linköping	Östergötlands län	Samrötning	55
Skellefteå	Västerbottens län	Samrötning	15
Uppsala	Uppsala län	Samrötning	9
Vänersborg	Västra Götalands län	Samrötning	20
Västerås	Västmanlands län	Samrötning	23
Botkyrka	Stockholms län	ARV	40
Teknisk total kapacitet [kton]			750
Totalt behandlade mängder 2010 [kton]			670

Kapacitet för uppgradering av biogas

Totalt finns installerad kapacitet för att kunna uppgradera 1,1 TWh biogas (beräknad utifrån angiven maxkapacitet i Nm³/h, metanhalt på 65 % och utnyttjningsgrad på 8000 h). I Tabell 6 visas fördelningen idag (2010 och 2012) mellan de olika teknikerna.

Tabell 6. Kapacitet för uppgradering i Sverige. Beräknat utifrån uppgifter i [30]

Table 6. Capacity for upgrading facilities in Sweden. Calculated from [30]

Typ av uppgradering	Total kapacitet 2010 (GWh)	Andel 2010	Total kapacitet 2012 (GWh)	Andel 2012
Vattenskrubber	789	71 %	983	73 %
PSA	106	10 %	106	8 %
Kemisk absorption	204	18 %	240	18 %
Kryogen separation	5	0 %	16	1 %

4.1.2 Vad begränsar rötningsanläggningens kapacitet?

Begränsning i miljötillstånd

I vissa fall har anläggningar miljötillstånd för att röta mer än vad som är tekniskt möjligt. Detta beror på att tillstånden brukar "överdimensioneras" då nya anläggningar planeras och då befintliga anläggningar söker nya tillstånd. Överdimensioneringen beror på att anläggningen skall slippa söka nya miljötillstånd, vilket är en tidskrävande process, om det i framtiden visar sig att det finns ett behov av att utöka verksamheten. I andra fall har dock anläggningar en teknisk kapacitet som är större än den tillståndsgivna.

En del av tillstånden är utformade på ett sådant sätt att anläggningen årligen får ta emot X kton organiskt nedbrytbart substrat. En anläggning med ett tillstånd som utformats på detta sätt kan således fritt kombinera vilka substrat som de vill använda sig av: exempelvis kan anläggningen ett år välja att enbart använda sig av matavfall för att nästa år använda sig av matavfall i kombination med exempelvis grödor. Andra anläggningars tillstånd är utformade på ett sådant sätt att det specifikt anges att anläggningen maximalt får ta emot en viss mängd matavfall (y kton), en viss mängd slakteriavfall (z kton) osv. Således är flexibiliteten lägre för dessa anläggningar. Att tillstånden utformats på olika sätt medför framförallt svårigheter i att få fram en rättvisande bild av hur stor efterfrågan av ett särskilt substrat (t.ex. matavfall) kan tänkas bli framöver.

Ibland har rötningsanläggningar ett gemensamt miljötillstånd med andra typer av behandlingsanläggningar t.ex. kompostering. Tillsammans får anläggningarna biologiskt behandla X kton organiskt avfall årligen. Även detta är problematiskt för att få en rättvisande bild av rötningskapaciteten.

I vissa fall har anläggningarna enbart tillstånd för att ta emot en viss mängd fast avfall och en annan mängd pumpbart avfall. Detta innebär att det är svårt att översätta hur stort tillståndet är totalt i kton.

Somliga anläggningar har miljötillstånd som är olika stora för de olika delarna av anläggningen. Exempelvis kan anläggningen i sin förbehandling ta emot X kton avfall medan de i rötningsdelen kan ta emot en mycket större eller alternativt mindre del än X kton.

Det finns även anläggningar som har tillstånd baserade på hur mycket biogas och biogödsel som de får producera.

Teknisk begränsning

Den angivna tekniska kapaciteten för en anläggning uttrycks ofta i ton substrat per år. Vad som begränsar den tekniska kapaciteten varierar från anläggning till anläggning, beroende på anläggningens processutformning eller vilka substrat som rötas. Exempel på faktorer som kan vara begränsande är:

- Förbehandlingskapacitet (exempelvis matavfall)
- Kapacitet för hygienisering
- Röt-kammarvolym (uppehållstid, organisk belastning, önskad utrötningsgrad)
- Kapacitet i uppgraderingsanläggning
- Anläggningens tillgänglighet (driftstabilitet, behov av underhåll)

Hur pass bra en anläggning fungerar beror även i mångt och mycket på hur pass erfaren personalen på anläggningen är. Det kräver många års erfarenhet att få en bra känsla för hur en specifik anläggning skall köras för att fungera optimalt. En ny anläggning kan således väntas fungera optimalt först efter några år.

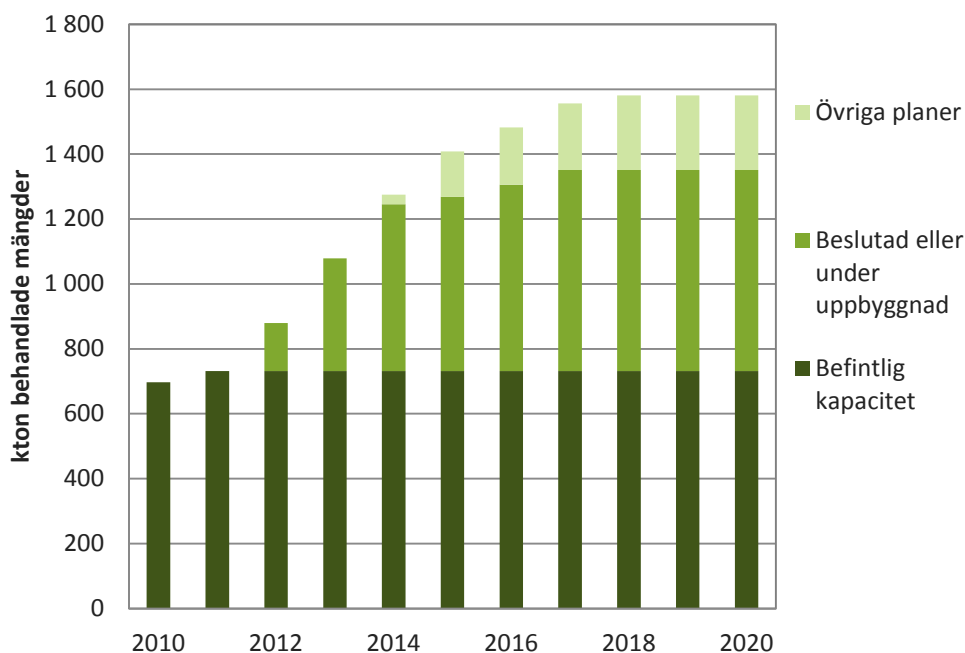
Ekonomisk begränsning

I vissa fall kan rötningsanläggningar välja att inte ta emot ett särskilt substrat, som t.ex. utsorterat matavfall, trots att anläggningen har miljötillstånd för att behandla det. Orsakerna till detta kan exempelvis vara att substratet inte finns inom ett lämpligt transportavstånd, att substratet förknippas med mycket driftstopp eller att gasproduktionen blir för dålig, vilket i slutändan innebär en dålig lönsamhet. Det är dock möjligt att ett substrat som idag inte anses vara tillräckligt lönsamt för en anläggning mycket väl kan bli det i framtiden. Ett exempel på detta är matavfall. Matavfall kräver en ordentlig förbehandling och är därför inte aktuellt att behandla på vissa biogasanläggningar. Högre kvalitet på matavfallet som sorteras ut och fler kommuner som inför utsortering innebär en högre tillgänglighet som i sin tur skulle kunna få anläggningar som idag inte vill använda sig av matavfall att börja behandla det.

I den ekonomiska begränsningen ingår även den lokala marknaden för biogasanvändning och avsättning av biogödsel. Dessa ekonomiska poster har stor betydelse för en rötningsanläggningens ekonomiska prestanda (se även 4.3).

4.1.3 Utbyggnad till 2020

I Figur 7 visas dagens (år 2010) kapacitet och den utvecklingen till år 2020 för rötningsanläggningar i Sverige som tar emot eller planerar för att ta emot matavfall. År 2020 kan kapaciteten komma att uppgå till drygt 1 600 kton om samtliga planer genomförs. Om däremot enbart de planer som är beslutade eller under byggnation genomförs kommer kapaciteten att uppgå till drygt 1 400 kton.



Figur 7. Befintlig och planerad teknisk kapacitet 2010-2020 för rötningsanläggningar som kan röta matavfall eller som planerar för att göra det [kton].

Figure 7. Existing and planned technical capacity 2010-2020 for anaerobic digestion plants that use food waste or plan to use food waste [ktonne].

Dataunderlaget till Figur 7 utgår från den studie som Profu genomförde åt Avfall Sverige 2011 [29]. Sedan dess har dataunderlaget kontinuerligt uppdaterats. I Figur 7 redovisas anläggningarnas totala tekniska kapacitet för alla substrat exklusive slam från avloppsreningsverk. Dock bör det noteras att figuren enbart inkluderar kapaciteter för anläggningar som tar emot matavfall eller planerar för att göra det. Således ingår inte gårdsanläggningar som enbart använder sig av substraten gödsel, slakteriavfall, grödor. Vidare ingår inte heller avloppsreningsverk som enbart behandlar avloppsslam. I Tabell 7 ges information om vilka anläggningar det är som inkluderats i Figur 7.

Tabell 7. Befintliga och planerade rötningsanläggningar som idag behandlar matavfall eller som planerar för att göra det. Vissa anläggningar har ej förbehandling och kan enbart ta emot förbehandlat matavfall

Table 7. Existing and planned anaerobic digestion plants that treat or plan to treat food waste

Befintliga anläggningar 2010

Bjuv
Boden
Borås
Botkyrka*
Eskilstuna
Falkenberg
Falköping
Helsingborg*
Huddinge
Jönköping*
Kalmar
Kristianstad
Laholm
Linköping*
Skellefteå*
Uppsala*
Vänersborg*
Västerås

Planer på nya anläggningar 2011-2020

Karlskoga
Lidköping
Norrköping**
Malmö
Skövde
Sundsvall
Sävsjö
Upplands-Bro
Varberg

*Befintlig anläggning som planerar för att utöka kapaciteten till år 2020.

**Anläggningen i Norrköping är inte med p.g.a. att den år 2010 enbart rötade drank. Under 2012 fick de tillstånd att röta matavfall, dock är tillståndet uttryckt i mängd tillåten biogas och biogödsel. Således finns det ingen teknisk kapacitet att utgå ifrån till sammanställningen.

Det bör observeras att det ständigt uppkommer nya planer/funderingar på rötningskapacitet. Vissa av dessa realiseras aldrig. Figur 7 och Tabell 7 visar på en möjlig utveckling utefter de planer som vi ser idag (maj 2012). Fram till 2020 är det troligt att några av dessa planer inte genomförs. Fram till 2020 är det dessutom troligt att planer som vi idag inte känner till både hinner uppstå och realiseras. Således skall Figur 7 och Tabell 7 snarare ses som en möjlig utveckling än en definitiv sådan. Förutom de anläggningar som finns med i Tabell 7 finns även planer på rötningsanläggningar i bland annat Trelleborg (Jordberga), Skarpnäck och i Lund. Då dessa enbart planerar att röta växtodlingsrester och/eller gödsel har de inte tagits med i listan ovan.

De senaste åren har även ett antal nya förbehandlingsanläggningar byggts runt om i landet. Genom att enbart bygga förbehandlingsanläggningar finns det möjlighet att avsätta förbehandlat matavfall som slurry, vilket kan användas även vid anläggningar som idag inte har förbehandlingsanläggningar. Exempelvis har förbehandlingsanläggningar i följande kommuner satts i drift under 2011 och 2012:

- Göteborg
- Halmstad
- Växjö
- Linköping
- Huddinge

4.2 Teknisk prestanda för framtida anläggningar

Att röta avfall är fortfarande en relativt ny behandlingstyp i Sverige jämfört med exempelvis avfallsförbränning. Stora delar av dagens kapacitet har byggts upp de senaste tio åren, särskilt när det gäller förbehandling och behandling av matavfall. I takt med att intresset för biogasproduktion har ökat har även fokus på teknikutveckling och effektivisering ökat. Nedan redogörs för några av de viktiga förbättringsområdena som identifierats inom projektet. Förutom de belysta områdena nedan finns en mer detaljerad beskrivning av de processdata som använts som indata i systemanalysen i Bilaga C.4.

4.2.1 Effektivare förbehandling av matavfall

Förbehandling av källsorterat och förpackat matavfall är ett måste för att sortera bort ej rötbart avfall som kan störa rötningsprocessen, samt göra matavfallet till en rötbar slurry. Skillnaderna mellan olika förbehandlingsanläggningar är stora, både vad gäller utformning och prestanda [31],[32]. Anläggningarnas utformning beror till stor del på typ av insamlingssystem, men också när anläggningen är byggd då väsentliga framsteg har gjorts avseende teknikutformningen. I en studie gjord på uppdrag av Avfall Sverige och Jordbruksverket dras slutsatsen att även om förbehandlingskapaciteten har byggts ut de senaste åren så befinner sig i branschen fortfarande i ett utvecklingsskede [31]. De utvecklingsområden som identifierats för förbehandlingsanläggningar är minskad mängd rötbart material i rejektet, minskad elanvändning och minskad tillsats av vatten för att få en slurry med hög TS-halt.

Ett antal studier ([31][32][33]) har visat att förlusterna av rötbart material kan vara betydande vid förbehandlingsanläggningar för matavfall. Vid befintliga anläggningar varierar rejektandelen mellan 5-45 % av ingående avfall, med ett medelvärde på knappt 20 % [31],[32]. Vid diskussioner i projektets arbetsgrupp, där några anläggningsägare ingår, lyftes att rejektmängderna varierar över året; exempelvis kan kyla göra matavfall svårbehandlat, vilket kan leda till högre andel rejekt under vinterhalvåret.

Det finns en strävan att minska mängderna rejekt för att minska förlusterna av rötbart material och på så sätt öka produktionen av biogas. Samtidigt är det viktigt att detta görs utan att kvaliteten på slurryn försämras. Om halten synliga plastpartiklar blir för stora kan

det dels leda till att plast ansamlas i rötkammaren, vilket ger en minskad effektiv rötkammarvolym, dels leda till att biogödseln kan innehålla plastpartiklar, vilket inte är önskvärt för lantbrukaren. Inom projektet har det ansetts troligt att medelnivåerna för rejektandelen kan halveras från dagens medelnivåer på 20 % till 10 % år 2020.

Vad det gäller elanvändning vid förbehandlingsanläggningar varierar även denna med utformningen på anläggningen. För dagens anläggningar varierar elanvändningen mellan 10-50 kWh/ton matavfall med ett medelvärde på knappt 30 kWh/ton [31]. En erfarenhet som gjorts inom ett pågående systemanalysprojekt med fokus på förbehandling [35] är att elanvändningen inte mäts för endast förbehandlingen eller separata delar av förbehandlingen, vilket kan göra det svårt att få en noggrann mätning av elanvändningen.

Genom att höja TS-halten på slurryn kan spädvattenbehovet minskas, samtidigt som det kan finnas möjlighet att höja den organiska belastningen i rötkammaren. Effekten blir ett substrat med högre energiinnehåll per ton. För de anläggningar som enbart har förbehandling och ska transportera slurry med tankbil till en biogasanläggning gör höga TS-halter att transportkostnaderna för slurryn minskar. I kapitel 4.2.4 återfinns mer beskrivningar om effekter av ökad TS-halt och bättre utnyttjande av befintlig rötkammarvolym.

I kapitel 7.3.1 görs en utvärdering på systemnivå av effektivare förbehandlingsanläggningar. Utvärderingen görs med avseende på minskad mängd rötbart material i rejektet från 20 % till 10 % på inkommande material samt minskad elanvändning från 30 kWh/ton till 15 kWh/ton.

4.2.2 Minskad elanvändning

När elanvändningen kartlades år 2005, vid då befintliga anläggningar, användes mellan 20 - 28 kWh/ton avfall i enklare anläggningar och i mer avancerade anläggningar inklusive förbehandling 21-103 kWh [44]. Försök har gjorts inom projektet att fråga anläggningsägare om deras elanvändning, men jämförbara resultat har ej erhållits. Det finns idag exempel på nya anläggningar där leverantören garanterar en maximal förbrukning på 8 kWh/ton [36].

Elanvändning i uppgraderingsanläggningar beror till stor del på vilken typ av uppgraderingsanläggning som avses. Moderna anläggningar förbrukar cirka 2,5 kWh/Nm³ biogas men det finns exempel på anläggningar för kemisk adsorption som enbart förbrukar 1,5 kWh/m³ biogas [37].

I kapitel 7.3.2 görs en utvärdering på systemnivå av att sänka elbehovet i rötnings- och uppgraderingsanläggningar.

4.2.3 Minskat metanslip

Sedan 2007 finns ett frivilligt åtagande om att minska metanslip (läckage av metangas) från rötnings- och uppgraderingsanläggningar. Åtagandet går ut på att identifiera möjliga utsläppskällor, kvantifiera storleken på utsläppen samt rapportera dessa till Avfall Sverige [37]. Idag ingår 17 rötningsanläggningar och 24 uppgraderingsanläggningar i åtagandet där merparten är samrötningsanläggningar [39].

Vid rötningsanläggningar sker det största metanläckaget genom restgasproduktion. Utsläppen varierar från nära 0 % till 5 % av producerad gas för anläggningar som rötar hushållsavfall, med ett medelvärde på 2,1 % och median på 1,0 % [39]. För nya anläggningar finns det exempel där leverantören garanterar max 0,4 % metanslip [35].

Metanslip vid uppgraderingsanläggningar varierar med typ av uppgraderingsteknik. För de anläggningar som ingår i det frivilliga åtagandet varierar utsläppen från nära 0 % till 5,5 %. Högst är utsläppen från uppgraderingsanläggningar med PSA-teknik och lägst från anläggningar med kemisk adsorption [39]. Uppgraderingsanläggningar med kemisk adsorption inom det frivilliga åtagandet har alla utsläpp mindre än 0,5 %. Det finns exempel på nybyggda anläggningar där leverantören garanterar max 0,1 % metanslip. De nyaste anläggningarna som byggts i Sverige är främst vattenskrubber och kemisk adsorption [40].

Utifrån ovanstående diskussion är det tydligt att det finns ambitioner och möjligheter att minska utsläppen i samband med biogasproduktion. Trots att många rötningsanläggningar idag inte ingår i det frivilliga åtagandet (majoriteten av avloppsreningsverken, gårdsanläggningar) förväntas utsläppen minska fram till 2020. I kapitel 7.3.3 görs en utvärdering på systemnivå av effekterna med avseende på klimatpåverkan och kostnader av minskade utsläpp av metan för rötningsanläggningar och uppgraderingsanläggningar.

4.2.4 Bättre utnyttjande av befintlig rötkammarvolym

Genom att öka TS-halten i inkommande substrat kan befintlig rötkammarvolym utnyttjas mer effektivt och kostnaderna för biogödselhanteringen minskas. Genom kontakt med dagens samrötningsanläggningar har ett medianvärde för TS-halten i rötkammaren beräknats till knappt 4 % TS. En ökning av TS-halten innebär att uppehållstiden för substrat kommer bli längre vilket kan medföra att utrötningsgraden ökar. Det kan även medföra att kapaciteten för anläggningen höjs för att den organiska belastningen kan ökas.

Högre TS-halter ställer dock högre krav på pumpar, omrörning och värmeväxlare. Den omrörningsteknik som används vid flest samrötningsanläggningar klarar TS-halter upp till 10 %. Över det kan det krävas andra typer av omrörare. Det kan dock krävas utvecklingsarbete för pumpning, omrörning och hygienisering av substrat med högre TS-halter [41].

4.2.5 Tillsatser av spårämnen

En högre organisk belastning enligt ovan och påföljande ökad kvävehalt i rötkammaren kan dock medföra att den biologiska processen blir instabil. Genom tillsats av järnklorid kan en stabilare process uppnås genom att problem med flyktiga fettsyror undviks. Detta är en teknik som används vid dagens anläggningar [42], [43]. Tillsatser av andra spårämnen, exempelvis kobolt, har gett indikationer om ökad utrötningsgrad och stabilare process. Vid ett fullskaleförsök i Borås, som tidigare använt tillsats av järnklorid, kunde den organiska belastningen ökas med 26 % genom tillsatser av spårämnen, vilket också resulterade i en ökning av biogasproduktionen med 26 % [43].

4.2.6 Ökat kunskaps- och erfarenhetsutbyte för energi- och kostnads-effektiviteten vid dagens anläggningar

Det finns idag ingen uppdaterad tillgänglig information om energieffektivitet och kostnader för befintliga anläggningar. Den senaste branschöverskridande sammanställningen gjordes 2005 i samband med BUS-projektet [44]. Det finns en vilja att öka kunskaps- och erfarenhetsutbytet inom branschen för att på sikt kunna öka effektiviteten och lönsamheten inom branschen. I Avfall Sveriges verksamhet ingår bland annat att arrangera intressanta kurser och att hålla i arbetsgrupper där kunskapsutbyten sker. Kursutbudet består bland annat av biogaskurser i olika steg (1-3) som exempelvis tar upp energieffektivitet och driftoptimering. Arbetsgruppen för biologisk återvinning, anläggningsgruppen för rötning samt processnätverket driver frågan om energieffektivitet som en av många frågor. Andra viktiga frågor är avsättningsstrategin kring biogödsel[45].

Nedan listas några ytterligare initiativ, projekt och seminarier som exempel på ökat:

- ”Lösningar för lönsamhet” (Waste Refinerys öppna seminarium våren 2012)
- ”Energi- och kostnadseffektiv produktion av biogas och biogödsel” (pågående projekt inom Waste Refinery)
- ”Förbehandling av matavfall för biogasproduktion -Inventering av befintliga tekniker vid svenska anläggningar” (pågående projekt på uppdrag av Avfall Sverige och Jordbruksverket)
- (Jordbruksverkets biogascheckar (totalt 6x125 000 kr) för att öka produktionen av biogas från matavfall)

Det är svårt att uppskatta den totala effekten av ovanstående initiativ, men det vittnar om den tydliga viljan från branschen att öka effektiviteten.

4.3 Ekonomisk prestanda

Det finns ett behov inom branschen att öka lönsamheten för biogasproduktion. I detta kapitel analyseras stora kostnads- och intäktsposter ur röttningsanläggningens perspektiv som identifierats inom projektet. Vilka kostnader och intäkter som ska ingå vid en bedömning av lönsamheten beror delvis på var systemgränsen dras för en biogasanläggning. Exempelvis kan kostnaderna delas in i produktions-, uppgraderings- och distributionskostnader. Likaså är nivån för ersättningen olika beroende på var i distributionskedjan systemgränsen dras. Analysen fokuseras på samröttningsanläggningar, men viss diskussion förs även för mindre gårdsanläggningar.

4.3.1 Kostnader

De totala kostnaderna för biogasproduktion, uttryckt i kr/kWh, beror på bland annat på investeringskostnader, biogasutbytet i rötkammaren och behov av drift och underhåll. För investeringskostnader finns det tydliga skalfördelar där det blir billigare ju större anläggningen är. Detta gäller framförallt uppgradering till fordonsgaskvalitet [46].

Kostnaderna för en rötningsanläggning varierar kraftigt beroende på vilken typ av avfall som ska rötas. För anläggningar som ska röta källsorterat eller förpackat matavfall krävs en förbehandlingsanläggning som leder till ökade investerings- och driftskostnader. En grov indikation för produktionskostnaden för rågas ges av Börjesson & Lantz [48]. Genom en kartläggning av då befintliga studier skattades kostnaden till 0,15-0,35 kr/kWh för avfall och 0,15-0,45 kr/kWh för gödsel¹¹.

Under varje avsnitt nedan ges uppskattning av vad kostnaderna beror på. Gemensamma viktiga faktorer för alla delar i anläggningen är investerings- och kapitalkostnader, personalkostnader, drift och underhållskostnader samt el- och värmeanvändning.

I bilaga C.5 redovisas de kostnader som används i marknads- och systemanalysen (kapitel 7).

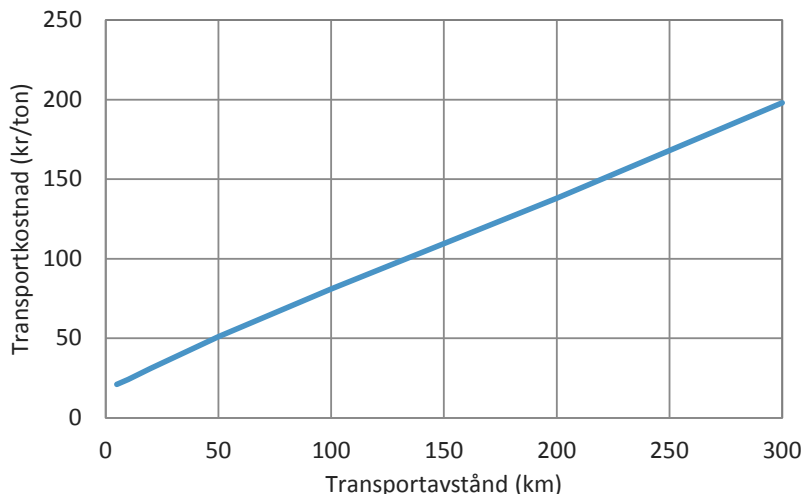
Faktorer som kan påverka specifika investeringskostnader för en biogasanläggning

- Anläggningens storlek
- Val av substrat
 - Behov av optisk sorteringsanläggning
 - Behov av förbehandling
 - Behov av kvalitetssäkring
 - Behov av hygienisering
- Val av teknik
 - Uppgraderingsteknik
 - Processutformning
- Tänkt avsättning
 - Uppgradering
 - El-/värmeproduktion
 - Värmeproduktion
- Lokala förutsättningar
 - Behov av markarbete och byggnader
 - Närhet till bebyggelse
 - Närhet till mottagare av biogödsel
 - Närhet till infrastruktur för biogasdistribution
- Biogödselhantering
 - Lagring
 - Distribution (via pipeline)
 - Tvätthallar

¹¹ Studien baseras på källor med olika systemgränser varför dessa kostnadsuppskattningar bör ses som grova uppskattningar.

Transporter

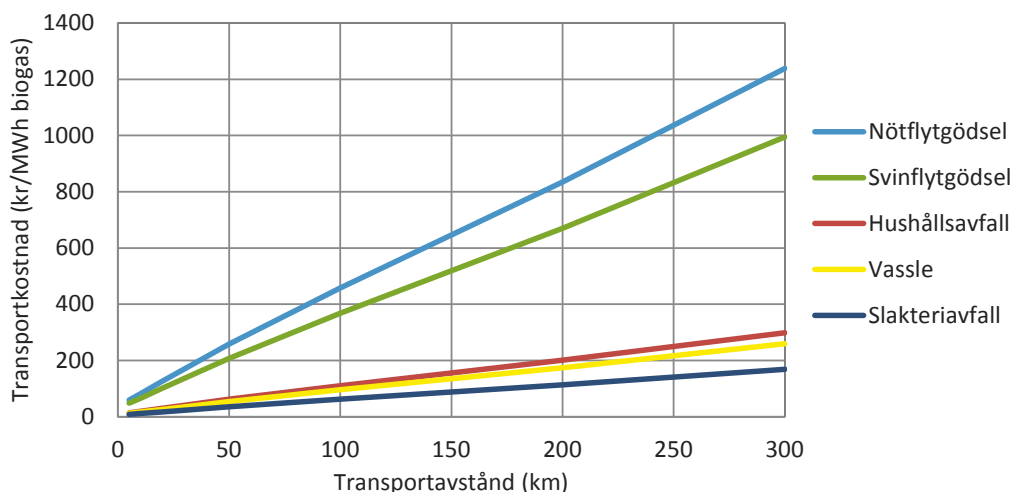
Transportkostnader beror på tidsåtgång, storlek på lastbil och energianvändning i lastbilen. I Figur 8 visas hur kostnaderna för transporter beror av transportavståndet, baserat på beräkningar gjorda i ”Substratmarknadsanalys. Sammanställning och analys av substratmarknaden” [18].



Figur 8. Kostnad för att transportera avfall som funktion av transportavstånd, inklusive tvätt, i kr/ton våtvikt. Källa: [18].

Figure 8. Cost for waste transports as a function of distance, including wash of vehicle, in SEK/tonne wet weight. Source: [18].

Hur långt ett avfall är ekonomiskt gångbart att transportera beror på energinnehållet i avfallet. I Figur 9 visas transportkostnaderna i kr/MWh biogas som funktion av avståndet baserat på [18]. Det är tydligt att energirika substrat tål längre transporter än mindre energirika substrat. Exempelvis är transportkostnaden i kr/MWh att transportera svinflytgödsel 20 km densamma som att transportera slakteriavfall 200 km.



Figur 9. Kostnad för att transportera olika avfall som funktion av transportavstånd, inklusive tvätt, i kr/MWh biogas. Källa: [18].

Figure 9. Cost for waste transports as a function of distance, including wash of vehicle, in SEK/MWh biogas. Source: [18].

Förbehandling

Ett medelvärde för kostnaden för förbehandling av källsorterat matavfall och förpackat livsmedelsavfall är vid dagens anläggningar svårt att göra representativt då anläggningarna är utformade på olika sätt.

I ett pågående projekt, som utförs av BioMil åt Jordbruksverket och Avfall Sverige [31] genomförs en kostnadsuppskattning baserad på en ”medelanläggning” till 370 kr/ton matavfall. Av de årliga kostnaderna står kapitalkostnaderna för hälften, underhållskostnaderna 30 %, personalkostnaden 15 % och övrigt såsom kostnad för el och spädvatten står för resterande del.

De specifika investeringskostnaderna varierar dock i undersökningen mellan 1000 kr/ton och knappt 3500 kr/ton kapacitet. Fyra av åtta anläggningar har dock en investeringskostnad på drygt 1000 kr/ton kapacitet. Med en specifik investeringskostnad på 1000 kr/ton kapacitet sjunker den totala behandlingskostnaden till 300 kr/ton matavfall¹².

Underhållskostnaderna har av Fransson et al [31] uppskattas till drygt 100 kr/ton. Dock påpekas att det är svårt att uppskatta dessa kostnader då vissa förbehandlingsanläggningar är fristående, medan andra är integrerade tillsammans med rötningsanläggningen.

I marknads- och systemanalysen i kapitel 7 används en totalkostnad på cirka 300 kr/ton för förbehandling av matavfall (inklusive kapitalkostnader samt drift och underhåll).

Rötningsanläggning

Inom projektet har anläggningsägare tillfrågats om kostnader för befintliga rötningsanläggningar. De specifika investeringskostnader som angavs för redan byggda anläggningar varierade kraftigt, mellan 900-1600 kr per års ton i våtvikt inklusive uppgradering och kompressorstation. För anläggningar i det övre intervallet ingick även förbehandling av matavfall. För nyare anläggningar låg kostnaderna i det lägre intervallet.

När anläggningsägare har tillfrågats om drifts- och underhållskostnader exklusive värme och el kan ett medelvärde från sju anläggningar uppskattas till 400-500 kr/ton till röttkammare. Dock specificerades inte vad som ingick i dessa kostnader varför det är svårt att avgöra hur ett medelvärde ska beräknas.

År 2005 när underhållskostnader undersöktes på då befintliga anläggningar varierade detta mellan 10 - 140 kr/ton med ett medianvärde på 50 kr/ton. Antalet driftspersonal dagtid varierade mellan 2 och 6 personer för mer avancerade anläggningar med förbehandling [34].

Vid diskussioner inom projektets arbetsgrupp ansågs de uppskattade driftskostnader på 400-500 som osäkra då det inte specificerades vad som ingick. Dessutom finns det anledning att tro att underhållskostnaderna kommer minska i takt med pågående teknikutveckling. För anläggningar som nyligen projekterats eller driftsatts är de rörliga kostnaderna väsentligt lägre. Totalt antas en behandlingskostnad för rötning på 160 kr/ton inklusive kapitalkostnader vara rimlig. Antagandet baserats på kalkyler från nya

¹² Investeringskostnaden har här omräknats till en årlig kapitalkostnad baserat på 15 års livslängd och 5 % ränta.

anläggningar samt [49]. Det är denna kostnad som använts vid systemanalysen (se bilaga C.5).

Uppgradering

Kostnaden för uppgradering av biogas till fordonsgaskvalitet beror på uppgraderingsteknik och storleken på anläggning. Med ökad storlek på anläggningar fås en skalfaktor i kostnad per producerad gas [46][49][37][50].

För mindre anläggningar är kurvan brantare vilket gör det svårare att få lönsamhet i fordonsgasproduktion vid gårdsanläggningar. Beräkningar för mindre anläggningar visar att uppgraderingskostnaden sjunker från cirka 0,9 till cirka 0,65 kr/kWh med ett rågasflöde på 20-100 Nm³/h [51].

Kostnaden för uppgradering har i systemanalysen i kapitel 7 baserats på en vattenskrubberanläggning med en rågaskapacitet på 400 m³/h, vilket bedöms motsvara en årlig produktion på 18 GWh fordonsgas, baserat på [50]. Kostnaden för uppgradering inklusive kapital- och driftkostnader har beräknats till 0,1 kr/kWh fordonsgas (se Bilaga C.5).

Gårdsanläggningar

Den specifika kostnaden för biogasproduktion vid gårdsanläggningar är kraftigt beroende av storleken på anläggningen [46][48]. De nya gårdsanläggningar som planeras idag i är regel över 1000 m³ i rötkammarvolym och är oftast anpassade för att producera el och värme [25].

I en investeringskalkyl baserad på ett verkligt fall med en rötkammarvolym på 800 m³ har en specifik investeringskostnad på drygt 300 kr/ton gödsel använts. Investering för kraftvärme i motsvarande fall uppgår till 80 kr/ton gödsel. Rörliga kostnader för rötning och el uppgår i detta fall till 30 kr/ton gödsel [47].

För att röta torrgödsel och djupströbädd, som är mer svårnedbrytbart än flytgödsel, kan en anläggning utrustas med förbehandlingsteknik och efterrötningskammare. Detta kan ge ett ökat gasutbyte på 60 % för samma rötkammarvolym men kräver även högre investeringskostnader i form av förbehandling och efterrötningskammare. De rörliga kostnaderna kan även öka i form av tillsats av kalk. Den specifika investeringskostnaden skulle då öka till 600 kr/ton inklusive ökad kapacitet i elproduktion. De rörliga kostnaderna skulle öka till drygt 40 kr/ton [47].

I Bilaga C.5 redovisas de kostnader som använts i projektet.

Distribution av fordonsgas

De alternativ för distribution som idag används är främst distribution av komprimerad gas på lastväxlarflak och via anslutning till naturgasnätet. Enligt ”Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige” beror kostnaderna för distribution av fordonsgas på val av distributionssätt, avstånd mellan produktionsanläggning och tankstation samt hur stor gasvolym som ska distribueras [52]. Det konstateras att större volymer gas ger en lägre relativ kostnad. För en gasmängd på 100 GWh kan en gasledning motiveras på sträckor upp mot 5 mil i en gasledning jämfört med transport på lastbil [52]. För en gasmängd på 1000 GWh är motsvarande sträcka 22 mil.

I detta projekt har distributionskostnaderna för biogas enbart studerats översiktligt. I systemanalysen i kapitel 7 har en kostnad för distribution antagits till 0,2 kr/kWh samt 0,18 kr/kWh för drift av tankstation (inklusive kapitalkostnad). Antagandet har gjorts baserat på [52].

Biogödsel

Kostnaden för lagring och transport av biogödsel innebär en icke försumbar del av en anläggnings kostnader. Transportkostnaden beror på avstånd till avsättning hos lantbrukare, TS-halt på biogödseln samt behov av tvättning av fordon. Det finns exempel på anläggningar som avvattnar biogödseln för att sänka transportkostnaderna. Vissa anläggningar transporterar biogödsel till lantbrukare med hjälp av pipeline. Detta ger en lägre rörlig transportkostnad men kräver en investering.

Inom branschen finns ett ökat fokus på att höja värdet av biogödseln. På sikt finns förhoppningen att biogödsel blir en produkt som kan innebära ett ekonomiskt värde för anläggningen. Mer om detta arbete och aspekter för den framtida avsättningen för biogödsel går att läsa i kapitel 5.2

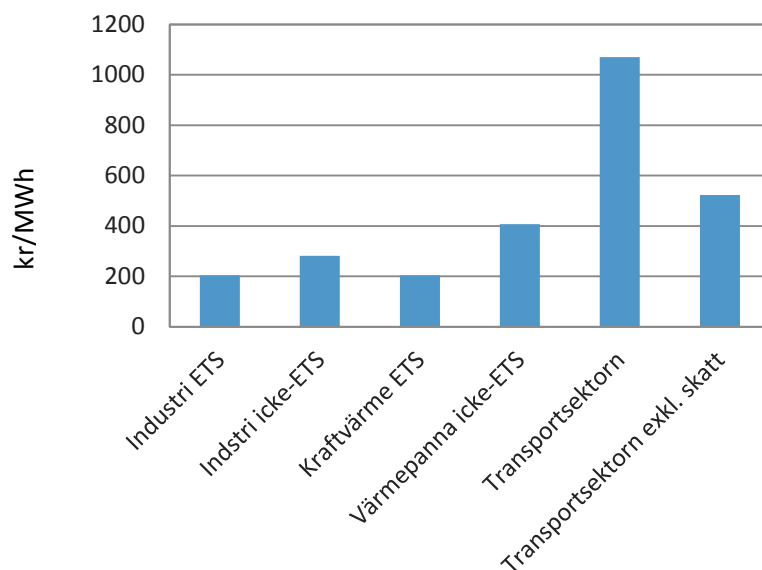
I systemanalysen i kapitel 7 antas transporten av biogödseln sker med tankbil. Kostnaden för denna transport är pålagd 40 kr/ton baserat på ett transportavstånd på 30 km. Inga kostnader har lagts till för eventuell lagring av biogödseln på anläggningen. I ett systemperspektiv värderas även nyttan med biogödsel baserat på innehållet av tillgängligt kväve, fosfor och kalium.

4.3.2 Intäkter

Betalningsvilja inom olika sektorer avgör biogaspriset

Inom ramen för projektet har betalningsviljan för storskaligt producerad biogas inom olika sektorer beräknats för producerad biogas år 2020. Beräkningarna har skett givet de förutsättningar som specificeras vad avser bränslepriser, utsläppspriser, elcertifikat, energi- och CO₂-skatter enligt *Grundfall 2020* (se bilaga B). Betalningsviljan gäller uppgraderad biogas från producentens anläggning¹³ och har beräknats utifrån användarnas kostnader att använda alternativa bränslen och de kostnader som tillkommer vid användning av uppgraderad biogas. Alternativen utgörs av bensin och diesel för transportsektorn och naturgas för övriga sektorer.

¹³ Kostnaden för distribution har antagits till 0,2 kr/kWh.



Figur 10. Betalningsvilja år 2020 (exklusive moms) inom olika sektorer givet förutsättningarna i Grundfall 2020. ETS avser de anläggningar som inkluderas i handeln med utsläppsrätter och därmed inte belastas av den svenska CO₂-skatten.

Figure 10. Willingness to pay in the year 2020 (excluding VAT) in different sectors, given the conditions of the Base Case 2020. ETS refers to the plants included in the ETS, and thus not burdened by the Swedish CO₂ tax.

Figuren visar tydligt att transportsektorn är den sektor som har störst betalningsvilja. Orsaken är att den sammanlagda energi- och CO₂-beskattningen inom denna sektor är betydligt högre än summan av de nedsatta skatter och utsläppskostnader som gäller för övriga sektorer. Som figuren visar, är betalningsviljan i transportsektorn exklusive dessa skatter hälften så stor. **Inom ramen för projektet görs därför huvudentagandet att en produktionsökning av biogas kommer att avsättas som fordonsgas inom transportområdet år 2020 och där ersätta bensin och diesel.**

När det gäller gårdsrötning görs istället huvudentagandet att dessa kommer att producera el och värme i gasmotorer drivna av icke uppgraderad biogas. Huvudorsaken till detta är att kostnaden för att uppgradera biogasen är kraftigt skalberoende (se avsnitt 4.3.1).

Mottagningsavgift

Under våren 2012 genomfördes intervjuer med anläggningsrepresentanter i södra och mellersta Sverige [53]. De prisspann som uppgavs vid intervjuerna pekar på att priset på förbehandlat matavfall tycks ligga mellan cirka 0- 200 kr/ton och för fast avfall mellan 300-800 kr/ton. Några exakta nivåer uppgavs ej då priser är affärshemligheter. Anläggningsrepresentanterna har däremot uppgett att det finns ett flertal faktorer som är viktiga vid prisförhandlingar, dessa visas i Tabell 8.

Tabell 8. Faktorer som är betydelsefulla vid priset förhandlingar för behandlingstjänsten matavfall. Källa: [53].

Table 8. Important factors in price negotiations for waste treatment of food waste. Source: [53]

Tillfrågad anläggning	1	2	3	4	5	6	7	8
Gasutbyte/potential	X			X	X			
Rejektmängd	X							
Avtalslängd	X	X		X				
TS		X		X		X		
VS		X						
Renhetsgrad/kvalitet		X	X				X	X
Leveranssäkerhet		X						
Mängd		X					X	
Endast matavfall från hushåll eller från hushåll/restauranger/storkök			X					
Plastpåse eller papperspåse (insamlingssystem)			X					X
Fast eller pumpbart				X	X			
Partikelstorlek				X				
Tillgång/efterfrågan							X	

Enligt ”Substratmarknadsanalys. Sammanställning och analys av substratmarknaden” varierar mottagningsavgiften stort från anläggning till anläggning. Enligt studien uppgavs intervall i Västra Götaland, Halland och Skåne mellan 0-1000 kr/ton med cirka 550 kr/ton i medel. Nedan listas några kommentarer om mottagningsavgiften från [18]:

- Pumpbara substrat varierar från ett antal tiotusentals till hundra tusentals kr/ton samt att biogasanläggningen står för transport till 500 kr/ton samt att leverantören står för transporten.
- Gödsel tas ofta emot utan avgift, men biogasanläggningen står för transporten.
- För slakteriavfall kan anläggningar få betala 100 kr/ton eller mer [18].

I [18] påpekas att konkurrensen om substrat blir hårdare. En slutsats som dras är att nya anläggningar bör lägga in kostnad för substrat snarare än mottagningsavgift.

5 Avsättning

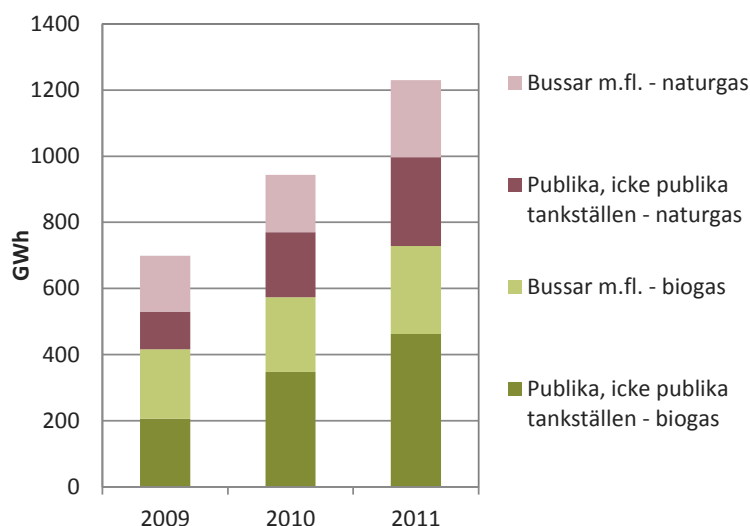
5.1 Avsättning för biogas idag och i framtiden

I dagsläget används biogas för att producera el, värme och fordonsgas eller som ersättning till naturgas i naturgasnätet (jämför Figur 3). Värme och uppgradering dominerar idag avsättningen [1].

Värmen avsätts dels för intern användning vid biogasanläggningarna och dels externt till fjärrvärmenät (framförallt vid avloppsreningsverk) och för lokala värmebehov (framförallt vid gårdsrötning).

Uppgradering sker nästan uteslutande vid samrötning och till stor del vid avloppsreningsverk. Den huvudsakliga avsättningen är som fordonsgas inom transportområdet, antingen direkt genom separat distribution eller genom distribution via naturgasnätet. Dessutom sker en mindre avsättning inom olika typer av industrier längs naturgasnätet i sydvästra Sverige genom att dessa använder gas från naturgasnätet som en insatsvara [1][52].

Transportsektorn är idag den nästan uteslutande största användaren av uppgraderad gas. Samtidigt är det en sektor där det finns ett stort behov av att minska det fossila beroendet. Energianvändningen för vägtransporter i Sverige stod år 2010 för knappt 90 TWh, varav förnybara bränslen stod för 5 TWh [54][26]. De senaste åren har antalet personbilar med fordonsgasdrift ökat från 13 400 bilar år 2007 till 36 500 bilar år 2011. Samtidigt har antalet bussar ökat från knappt 800 till drygt 3000 under samma period [54]. I Figur 11 visas såld volym fordonsgas vid publika tankställen, icke publika tankställen samt för bussar, uppdelat på naturgas och biogas.



Figur 11. Leveranser av fordonsgas år 2009-2011 fördelat på tankställen för bussar samt publika och icke publika tankställen [56].

Figure 11. Supply of vehicle gas for the years 2009-2011 in filling stations for buses, and public and non-public filling stations [56].

Under 2012 tillsattes en utredare för att kartlägga möjliga handlingsalternativ och identifiera möjliga åtgärder för hur Sverige ska nå en fossiloberoende fordonsflotta. Enligt utredaren Thomas B Johansson är ”Omställningen av transportsektorn en av de största utmaningarna vi står inför” [57].

I ett ”roadmaparbete” som gjorts under 2012 åt Svensk Energi och Elforsk konstateras att det finns möjligheter att reducera användandet av fossila bränslen med 80 %. Inom projektet har det kommit fram att det behövs tydliga ”spelregler” för att branschen ska kunna göra betydande investeringar. Potentialen för biogas från avfall och restprodukter står enbart för en liten del av den mängd förnyelsebara bränslen som behövs för att klara omställningen [58].

Idag syns ett ökat intresse inom industrin för att i framtiden kunna använda biogas inte bara inom den egna produktionen eller till sina egna transporter, utan även för att kunna producera biogas för extern leverans. Ett tydligt exempel på detta är den petrokemiska industrin i Stenungsund, som samarbetar inom gruppen *Kemiföretagen i Stenungsund* och består av företagen AGA, AkzoNobel, Borealis, Ineos och Perstorp. Tillsammans har de satt upp en gemensam vision för de kommande tjugo åren som de kallar Hållbar Kemi 2030. Visionen går ut på att företagen inom tjugo år, dvs. senast år 2030, ska vara världsledande inom utvecklingen av hållbara produkter, samt att verksamheten ska vara baserad på förnybara råvaror så som bioeten, biogas och/eller grön syntesgas [59][60].

Det är i dagsläget oklart hur stor påverkan industrins, och då kanske främst kemiindustrins, ökade intresse för förnybara råvaror, både för den egna produktionen och för tillverkning av förnybara drivmedel, kommer att ha på biogasmarknaden fram till 2020. Det är dock troligt att dessa nya aktörer kommer att spela en allt viktigare roll framöver.

5.2 Avsättning för rötrest/biogödsel

Under 2011 producerades 594 000 ton biogödsel varav mer än 90 procent återfördes till jordbruksmark. Över 90 % av den återförda biogödseln var certifierad enligt SPCR 120, se nedan för mer info. Avsättning av både biogödsel och slam är framförallt beroende av acceptans från livsmedelsindustrin och jordbruket. Acceptansen har under åren förändrats, det har varit allt från slamstopp till full spridning. Sedan några år tillbaka är situationen stabil, mycket tack vara väl genomarbetade och förankrade certifieringssystem.

Certifieringssystemet ”Certifierad Återvinning”, SPCR 120 Biogödsel, är en produktcertifiering som dock skiljer sig från andra produktcertifieringar på så sätt att den ställer krav på hela kedjan i biogasprocessen. Här ställs krav på inkommande substrat genom en positivlista, d.v.s. en lista med godkända substrat, andrapartsrevision av leverantörer och distributörer, krav på parametrar i förbehandlings- och processteget samt innehållet i produkten biogödsel. Det ställs även krav på innehållsdeklaration och bruksanvisning så att användningen av produkten blir optimal. Certifieringen har genom en ambitiös styrgrupp arbetat upp ett stort förtroende genom åren. Organisationer som KRAV, Svenskt Sigill, Lantmännen m.fl. godkänner idag systemet vilket är en förutsättning för optimal användning av biogödsel. Systemet ägs och drivs av branschorganisationen Avfall Sverige. De beslutade även att arbeta fram en strategi och vision kring biogödsel och kompost.

Visionen lyder:

Biogödsel och kompost är marknadens bästa organiska gödsel- och jordförbättringsmedel.

De övergripande målen som knyts an till visionen är följande mål [45].

1. Biogödsel/kompost uppfattas som ett bra gödsel-/jordförbättringsmedel av en bred kundkrets
2. Användning av biogödsel/kompost sker på ett miljö- och resurshushållnings mässigt samt ekonomiskt riktigt sätt
3. Anläggningen och huvudmannen för anläggningen har högt förtroende hos allmänheten och kunderna vars avfall behandlas

Arbetet med strategierna är i full gång och diverse projekt för att säkerhetsställa visionen pågår.

För avloppslam finns det också ett certifieringssystem, REVAQ. Det syftar till att kvalitetssäkra reningsverkens arbete med uppströmsarbete och återföring av näringsämnen i slammet till jordbruk. Certifieringen innebär att reningsverket bedriver ett aktivt uppströmsarbete, arbetar med ständiga förbättringar, säkerställer spårbarheten av slamanvändningen och är öppen med all information. År 2008 startade vattentjänstbranschen, LRF, Lantmännen och dagligvaruhandeln det certifieringssystem som REVAQ är idag. Svensk Vatten är ägare till systemet [61]. Under senare år har cirka 25 procent av det slam som produceras på avloppsreningsverk använts för gödning på jordbruksmark. Cirka 60 % av det som år 2010 spreds på åkermark var producerat vid REVAQ-certifierade avloppsreningsverk [62].

Det finns några andra faktorer som påverkar användningsgraden av biogödsel på åkermark förutom acceptansen. En faktor är *nära anknytning* till lantbrukare. Den nära anknytningen gäller såväl geografiskt som mer personella anknytningar såsom förståelse och kunskap kring biogödsel och jordbruk. Oftast bör informationen om biogödselanvändning komma från någon lantbrukskunnig, vilket har medfört att många biogasanläggningar har en anställd med lantbruksanknytning. En förutsättning är ofta att anläggningen ligger nära åkermarken där biogödseln ska spridas då biogödsel är dyr att transportera på grund av den höga vattenhalten.

Den lilla del av biogödseln som inte sprids på åkermark avvattnas och komposterar och används som jordförbättringsmedel. Avloppsslam som inte sprids på åkermark kan komposterar och användas vid deponitäckning eller som strukturmaterial i vägbyggen, förbrännas eller användas som tätskikt/skyddsskikt vid gruvor.

Värdet på biogödsel är svår att uppskatta. Ett försök till uppskattning av värdet har genomförts i projektet "Rätt slam på rätt plats", men då det är allt för många svåråtkomliga faktorer som påverkar prisbilden kunde värdet för slam inte beräknas. Priset för mineralgödsel (N, P, K) vägleder värdet för biogödsel. Tyvärr värderas inte biogödsel till sin fulla potential. Ett resultat av detta är att anläggningarna ofta får en del betalt för sin biogödsel, men att de själva får stå för transporterna. Överskotten från dessa affärer är nära noll. Dock är avsättning av biogödsel en förutsättning för att anläggningen skall kunna bedrivas under ekonomiskt och miljömässigt acceptabla förhållanden.

Det pågår mycket funderingar kring hur biogödselns värde skulle kunna öka. Det diskuteras kring att ”produktifiera” biogödseln, dvs. producera en mer kundanpassad produkt. Lägre vatteninnehåll och tillsats av vissa ämnen, till exempel extra fosfor, skulle göra den fullt jämförbar med mineralgödsel, både hanteringsmässigt och ekonomiskt. Andra faktorer som påverkar framtidens användning är som tidigare nämnts acceptansen samt kommande lagstiftning (t.ex. end of waste kriterier, strängare krav på hygienisering/smittförande ämnen och Naturvårdsverkets förslag till ny slamförordning där strängare gränsvärden för metallhalterna kadmium och kvicksilver samt en utökning med gränsvärden för silver finns med). Om jordbruket arbetar mot en mer ekologisk produktion kan biogödsel vara ett gödselmedel av stor betydelse. I dagsläget godtar inte ekologiskt jordbruk biogödsel som baseras på slakteriavfall, men om detta kan komma att ändras kan det ha stor betydelse för biogödselns framtid.

6 Möjliga styrmedel

Styrmedel har spelat en stor roll för utvecklingen av biogasproduktionen i Sverige och för utbyggnaden av dagens rötningskapacitet. I detta kapitel beskrivs några av de styrmedel som framöver kan komma att påverka den framtida utbyggnaden. Dessa styrmedel analyseras vidare i kapitel 7.2 samt 7.4 - 7.6.

Uppfyllande om miljömål om 50 % utsortering av matavfall

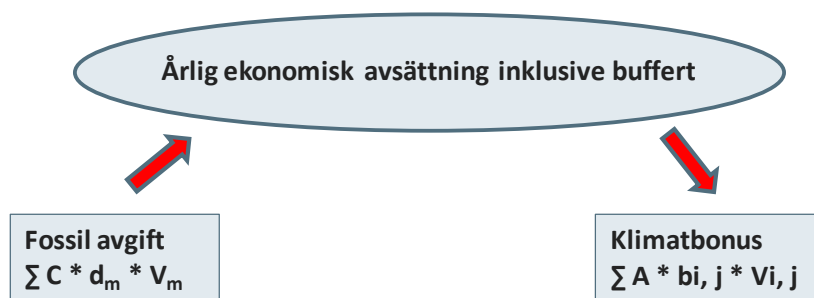
I april 2012 beslutade regeringen om ett etappmål om ökad resurshushållning i livsmedelskedjan. Enligt målet ska 50 % av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologiskt så att växtnäring tas tillvara, där minst 40 % behandlas så att även energi tas tillvara senast 2018 (se även avsnitt 3.1.4).

Målet kan ses som en fortsättning på målet om 35 % utsortering till år 2010. Det finns redan en stark vilja i såväl kommunerna som genom nationell styrning från myndigheter att öka utsorteringen av matavfall. Införande av ett nytt insamlingssystem är dock en utmanande och tidskrävande process för en kommun. Det innebär även en merkostnad för kommunen jämfört med enbart insamling av restavfall. Införande av ett nytt insamlingssystem för matavfall tar, enligt en guide framtagen av Avfall Sverige, cirka 3-7 år [12].

Klimatbonus

Klimatbonus är ett styrmedel tänkt för att stödja förnybara drivmedel. Styrmedlet har ursprungligen tagits fram av Gasföreningen (numera Energigas Sverige) under 2009 och vidareutvecklats av Profu i samarbete med Energigas Sverige under 2009 och 2011. Nedan ges en relativt kortfattad beskrivning av styrmedlet och en mer detaljerad beskrivning av styrmedlet återfinns i [63]. Det bör också nämnas att detta styrmedel tillsammans med styrmedlen metanreduceringsstöd (se nedan) och investeringsstöd (se nedan) valts ut inom ramen för arbetsgrupperna för delprojekt 2 och 3 samt inom referensgruppen i ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling” som styrmedel att studera för att stimulera ökad biogasproduktion från avfall.

Klimatbonusen fungerar i praktiken som ett avgiftsbaserat transfereringssystem. Systemet har vissa likheter med NO_x-avgiftssystemet. Kortfattat innebär systemet att försäljning av fossila drivmedel belastas med en avgift. De medel som betalas in centralt genom fossil avgift utgår som en ekonomisk ersättning till producerade biodrivmedel (jämför Figur 12). Både avgiftens och ersättningens storlek relateras till de aktuella drivmedlens egenskaper ur klimatperspektiv.



Figur 12. Schematisk beskrivning av huvudprinciperna för systemet med klimatbonus.

Figure 12. Schematic diagram of the main principles of the system of climate bonus.

Den totalt inbetalda fossilavgiften motsvarar $\sum C * d_m * V_m$ där

- **C** motsvarar en basnivå för avgiften (kr/MWh)
- **d_m** är den relativa klimatpåverkan per energienhet för **fossilt drivmedel m**. Det fossila drivmedel som innebär störst utsläpp av klimatpåverkande gaser per energienhet i ett livscykelperspektiv tilldelas värdet 1. Övriga fossila drivmedel tilldelas värden mindre än 1 baserat på deras lägre deras klimatpåverkan.
- **V_m** är energimängd (i MWh) av **fossilt drivmedel m** som belastas med fossilavgift

Den totalt utbetalda klimatbonusen är $\sum A * b_{i,j} * V_{i,j}$ där

- **A** motsvarar en basnivå för ersättningen (kr/MWh)
- **b_{i,j}** är andel av klimatpåverkande utsläpp som reduceras när **biodrivmedel i**, producerat från **substrat j**, ersätter ett fossilt drivmedel
- **V_{i,j}** är energimängd (i MWh) av **biodrivmedel i**, producerat från **substrat j**, som omfattas av klimatbonus

Som framgår av ekvationerna ovan finns flera parametrar som påverkar resultatet. Först och främst gäller detta om klimatbonusens basnivå (A) eller fossilavgiftens basnivå (C) skall läggas fast. För att få beräkningen att gå ihop krävs att endera av dessa läggs fast medan den andra beräknas som ett resultat.

I beräkningarna läggs storleken på klimatbonusen basnivå (A) fast för att öka tryggheten för biodrivmedelsproducenterna. Fossilavgiftens basnivå (C) bestäms varje år utifrån prognos för drivmedelsanvändningen. När det aktuella året har passerat så görs en avräkning mot faktiskt utfall. Om t.ex. avgiftsinbetalningarna är större än ersättningsutbetalningarna och administrationskostnader, väljs en lägre basnivå (C) nästa år (och vice versa). Sett över flera år är avsikten att bufferten skall bibehållas på samma nivå.

Investeringsstöd

Investeringsstöd används ofta för tekniker med en hög initial kostnad. Inom ramen för EU:s statsstödsregler är det tillåtet att ge investeringsstöd till förnybar energiproduktion. Stödet kan t.ex. utformas som ett bidrag till investeringen eller som lån med förmånliga villkor. Bidrag mellan 20 och 40 % av investeringen är vanliga inom EU.

I Sverige har tidigare investeringsstöd som LIP och Klimatinvesteringsprogrammet (Klimp) bidragit till ökad utbyggnad av rötnings- och uppgraderingsanläggningar. Inom Klimp har drygt 600 miljoner kronor investerats inom 200 åtgärder [64].

En fördel med investeringsstöd är att anläggningsägaren vet hur stort stödet blir och att man erhåller det direkt. Stödet är därmed i princip en motsats till elcertifikat där stödet varierar utifrån marknadspriset på elcertifikatmarknaden och man erhåller stödet under en period på 15 år.

Metanreduceringsstöd

Energimyndigheten inkluderade i sin rapport "Förslag till en sektorövergripande Biogasstrategi (ER 2010:14)" ett förslag att den gödselbaserade biogasen skulle kompenseras för produktionens klimatnytta med ett så kallat metanreduceringsstöd på 20 öre per kWh producerad biogas. Förslaget stöds av bland annat Centerpartiet och Socialdemokraterna men har ännu inte införts [64], [66].

7 Marknads- och systemanalys

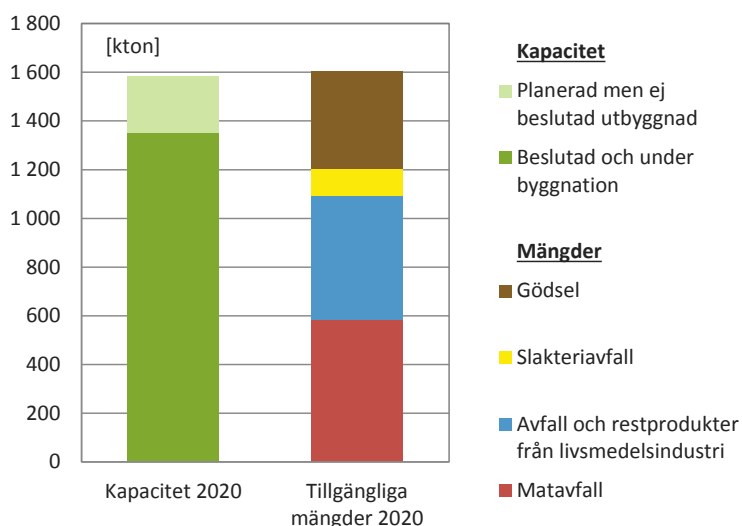
I kapitel 3-5 har marknaden för biogas från avfall analyserats utifrån tillgång och efterfrågan på avfall samt kostnader och intäkter för en rötningsanläggning. I detta kapitel har en vidgad marknads- och systemanalys gjorts kring ett antal aktuella frågor.

I bilaga A beskrivs på en generell nivå de tekniska system som omfattas av systemstudien samt hur ansatsen med beräkningsmodeller utnyttjas för att studera dessa system. Beräkningarna har skett givet de förutsättningar som specificeras vad avser bränslepriser, utsläppspriser, elcertifikat, energi- och CO₂-skatter enligt *Grundfall 2020*. Grundfallet är gemensamt för hela ”Perspektiv på framtida avfallsbehandling” och utgör en referens att jämföra emot när de olika frågeställningarna analyseras (för närmare beskrivning se bilaga B). Övriga centrala indata för modelleringen återfinns i bilaga C.

7.1 Jämförelse mellan framtida avfallsmängder och behandlingskapacitet

7.1.1 Nationell jämförelse

I kapitel 4.1.3 beräknas den nationella kapaciteten för rötningsanläggningar till knappt 1 400 kton avfall och restprodukter för anläggningar som är beslutade eller under byggnation. Om alla planer skulle förverkligas så fördubblas kapaciteten till knappt 1 600 kton. Utifrån bedömningar gjorda i kapitel 3 kan de mängder som kan finnas tillgängliga för rötning uppgå till cirka 1 600 kton (se Figur 13). Denna bedömning utgår även från de mängder som rötas vid avloppsreningsverk idag.

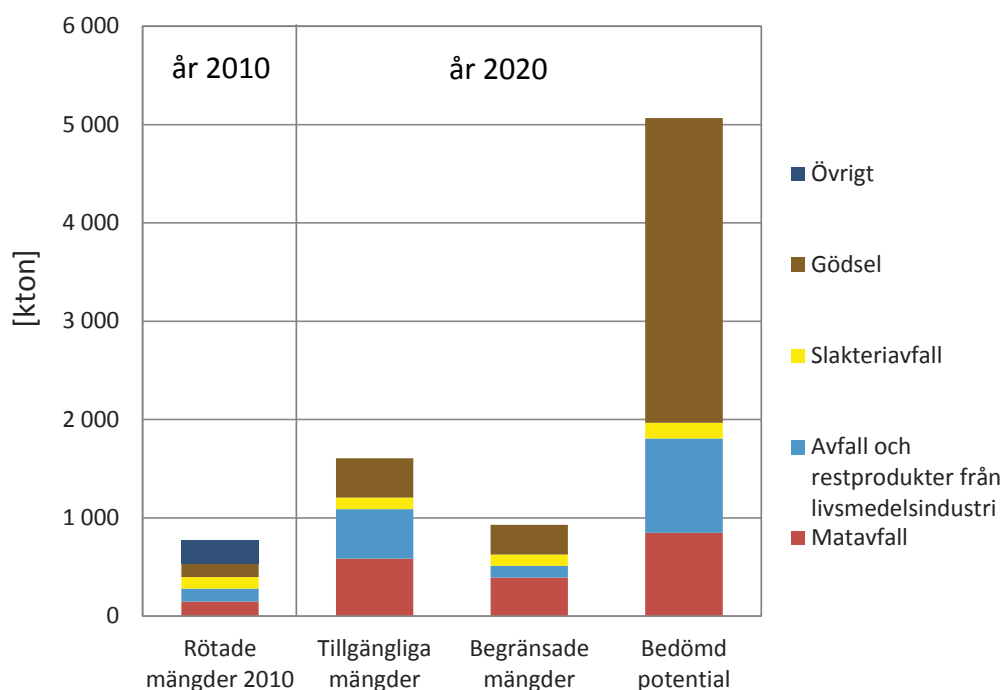


Figur 13. Bedömd rötningskapacitet i samrötningsanläggningar år 2020 enligt avsnitt 4.1.3 samt en antagen fördelning av rötade mängder vid fullt utnyttjad kapacitet baserat på diskussionen i 3.1.4.

Figure 13. Estimated capacity for anaerobic digestion in co-digestion plants in 2020 according to chapter 4.1.3 and assumed digested amounts according to the discussion in chapter 3.1.4.

Figuren indikerar att de tillgängliga mängderna avfall och restprodukter som antagits vara tillgängliga för rötning väl matchar kapaciteten för rötningsanläggningar. Dessa mängder innebär dock en kraftig ökning jämfört med de som rötas idag. Stora delar av mängderna livsmedelsavfall och gödsel förutsätter att den ekonomiska betalningsviljan att producera biogas är större än den för alternativ avsättning, däribland foder. Även mängderna matavfall som ska behandlas innebär en kraftig ökning av utsorteringen jämfört med dagens nivåer.

I Figur 14 jämförs de rötade mängderna år 2010 med två scenarier för mängder avfall och restprodukter till rötning (se textrutan nedan) samt den potential som identifierats i kapitel 3. Scenariot ”Tillgängliga mängder” är densamma som visas i Figur 13 och förutsätter att målet om 50 % utsortering av matavfall uppfylls. Scenariot ”Begränsade mängder” motsvarar matavfallsmängderna då enbart det oundvikliga matavfallet som sorteras ut samt att dagens nivåer för slakteri- och livsmedelsavfall rötas. Som framgår av stapeln längst till höger visar potentialbedömningar på en väsentligt större möjlig tillgång på substrat än vad som antagits finnas tillgängligt i detta projekt. Skillnaden beror främst på att detta projekt, till skillnad från flertalet andra bedömningar, även inkluderar en ekonomisk begränsning av tillgängligt substrat.



Figur 14. Jämförelse mellan rötade mängder avfall 2010 och tre scenarier för tillgängliga mängder till rötning år 2020. De tre scenarierna symboliserar tillgängliga mängder om kapaciteten utnyttjas, om enbart begränsade mängder blir tillgängliga för rötning och om mängderna för total bedömd potential.

Figure 14. Comparison of digested waste 2010 and three scenarios for available quantities of waste to anaerobic digestion in 2020. The three scenarios symbolizes estimated available amounts if capacity is filled, only limited quantities are available for digestion, and the amounts of total estimated potential.

Beskrivning av de tre scenarierna i Figur 14

”Tillgängliga mängder”:

- 585 kton matavfall, motsvarande 50 % utsortering
- 115 kton slakteriavfall, vilket motsvarar dagens behandlade mängder
- 300 kton restprodukter och avfall från mejerier, motsvarande 20 % av dagens uppkomna mängder
- Cirka 100 kton från övrig livsmedelsindustri
- 400 kton flytgödsel, motsvarande 5 % av de totala mängderna

”Begränsade mängder”:

- 400 kton matavfall, motsvarande minskade avfallsmängder
- 250 kton slakteriavfall och livsmedelsavfall, motsvarande dagens behandlade mängder
- 300 kton gödsel, motsvarande dagens rötade mängder

”Bedömd potential”:

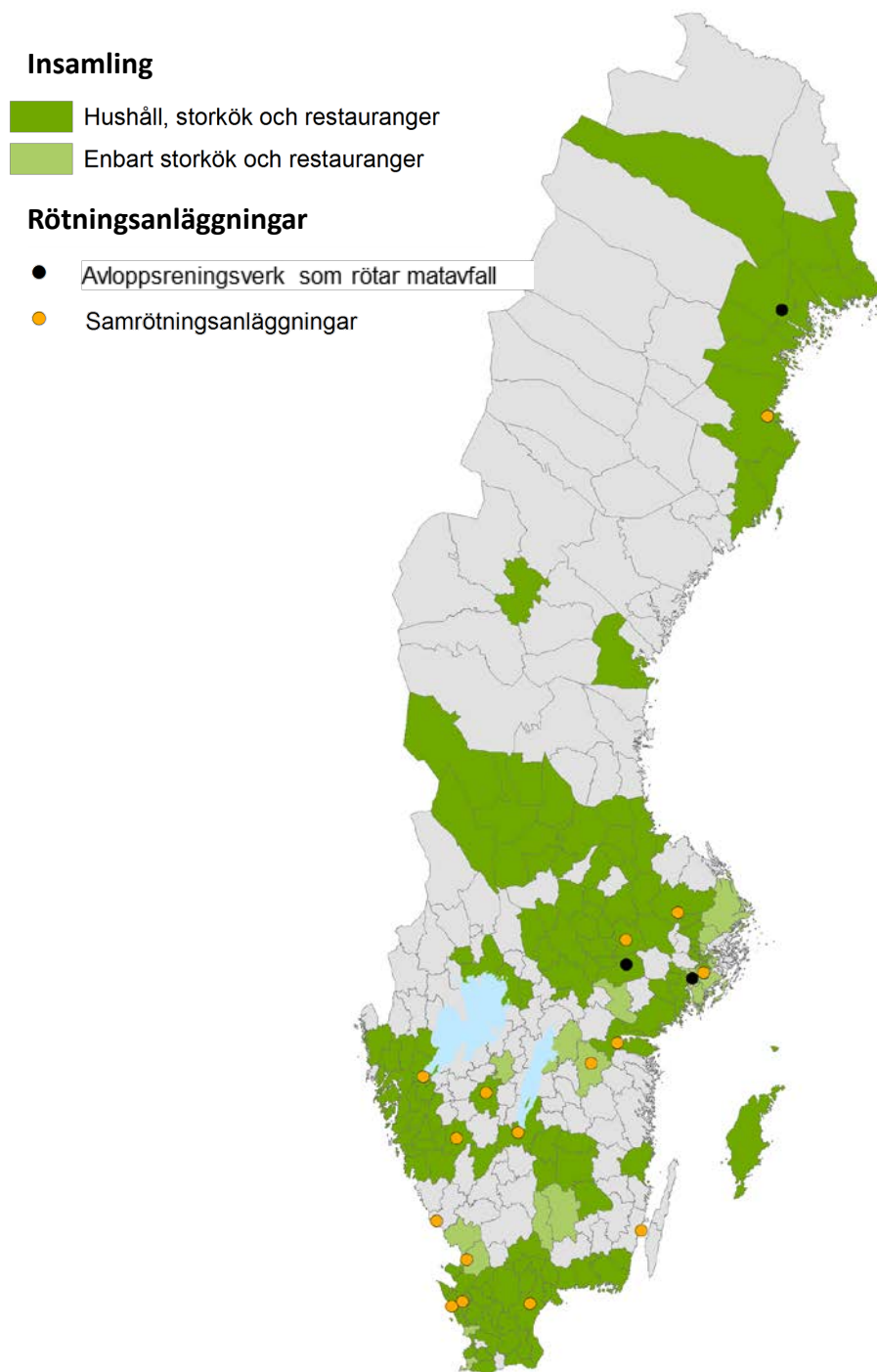
- 850 kton matavfall, motsvarande 70 % utsortering
- 160 kton slakteriavfall
- 720 kton restprodukter från mejerier, motsvarande 50 % av uppkomna mängder vassle och fodermjök samt 75 kton fettslam
- 50 kton livsmedelsavfall
- 3100 kton gödsel, motsvarande 30 % av potentialen

Vid en jämförelse av rötningskapacitet och tillgängliga mängder år 2020 framkommer att det nationellt sett kommer att finnas rötningskapacitet för att kunna uppfylla det nationella avfalls målet om ökad utsortering, förutsatt att det ej finns begränsningar i förbehandlingskapacitet. Samtidigt räcker inte enbart matavfall för att fylla utbyggnaden av rötningskapaciteten utan efterfrågan på andra substrat kommer att öka.

7.1.2 Regional jämförelse för framtida matavfallsmängder och behandlingskapacitet

Figur 15 visar de kommuner där separat insamling av matavfall görs idag samt existerande samrötningsanläggningar [4]. Det är tydligt att marknadsförutsättningarna för biogasproduktion skiljer sig mellan södra och norra Sverige. I norra Sverige är det färre kommuner som sorterar ut matavfall samtidigt som det finns få anläggningar. För att kommuner i norra Sverige ska kunna sortera ut matavfall och röta vid befintliga anläggningar kommer det krävas längre transportavstånd än i södra Sverige. I mer glesbefolkade områden kan det vara svårt att få tillräckligt stor mängd avfall för att en anläggning ska vara lönsam.

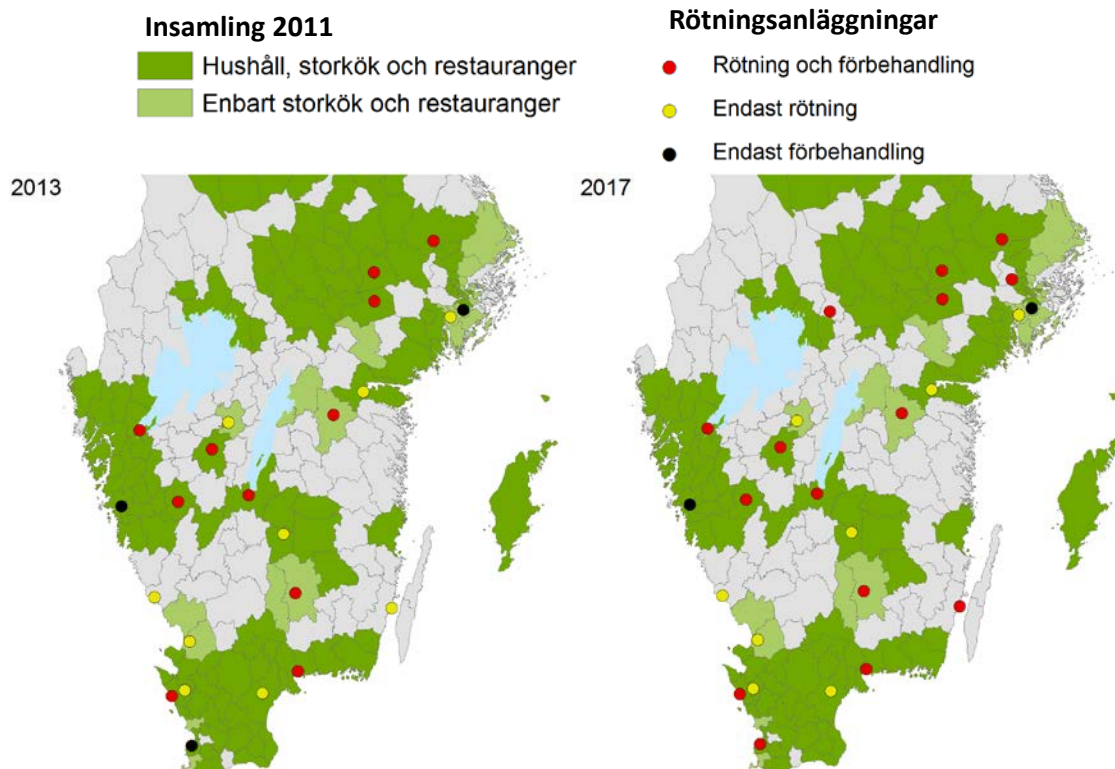
I södra Sverige är även biogaspotentialen för exempelvis gödsel större, särskilt i djurtäta län som Skåne [3]. Detta gör möjligheterna att etablera samrötningsanläggningar större. Dessutom finns det i södra Sverige mer utbyggd infrastruktur för biogasdistribution vilket ger större möjligheter för avsättning av biogas.



Figur 15. Kommuner med utsortering av matavfall och rötningsanläggningar som behandlar matavfall 2011. Definitionen för samrötningsanläggningar är enligt Avfall Sveriges statistik. De avloppreningsverk som prickats ut har tidigare ingått i Avfall Sveriges statistik eller kartlagts av Profu.

Figure 15. Municipalities with source separation of food waste and anaerobic digestion plants treating food waste in 2011. Co-digestion plants set according to the statistics of Avfall Sverige. Marked sewage treatment plants have previously been part of the statistics of Avfall Sverige for food waste or mapped by Profu.

I Figur 16 visas de utbyggnadsplaner som identifierats, vid en undersökning gjord av Profu under våren 2012 [53] och som kompletterats inom projektet, för år 2013 och år 2017. Kartan visar anläggningar som både kan förbehandla och röta matavfall, som enbart kan röta tidigare förbehandlat matavfall och som enbart kan förbehandla.



Figur 16. Kommuner med insamling av matavfall 2011 och rötningsanläggningar där matavfall avses rötas år 2013 och 2017 baserat på en kartläggning gjord för södra Sverige under våren 2012 av Profu.

Figure 16. Municipalities with source separation of food waste in 2011 and anaerobic digestion plants where food waste will be digested year 2013 and year 2017 based on a mapping made by Profu in spring 2012.

Idag finns 18 anläggningar i södra och mellersta Sverige som kan behandla matavfall (inklusive avloppsreningsverk). Tillsammans har de miljötillstånd för att behandla minst 1,1 Mton matavfall och en teknisk kapacitet på minst 800 kton för detta avfallsslag. Samtliga anläggningar kan teoretiskt sett fylla sin tekniska kapacitet med slurry (förbehandlat matavfall) varav tio även kan ta emot icke-förbehandlat matavfall. Av den tekniska kapaciteten som finns idag kan endast 340 kton tas emot som icke-förbehandlat matavfall. Om alla planer som finns idag även förverkligas tillkommer under perioden 2013- 2017 ytterligare minst 400 kton i miljötillstånd och minst 240 kton i form av teknisk kapacitet för matavfall. Mängden matavfall som skulle uppkomma i södra och mellersta Sverige givet att miljömålet om utsortering av 50 % matavfall uppnås uppgår till 530 kton.

En del av anläggningarna i figuren är avloppsreningsverk som kan ta in externt material¹⁴ för att öka biogasproduktionen. Dessa anläggningar har relativt sett en bra konkurrensfördel då biogasanläggningen har byggts för att hantera avloppsslammet. Externt material ger bättre utnyttjande av rötkammarvolymen.

7.2 Uppfyllande om miljömål om 50 % utsortering av matavfall

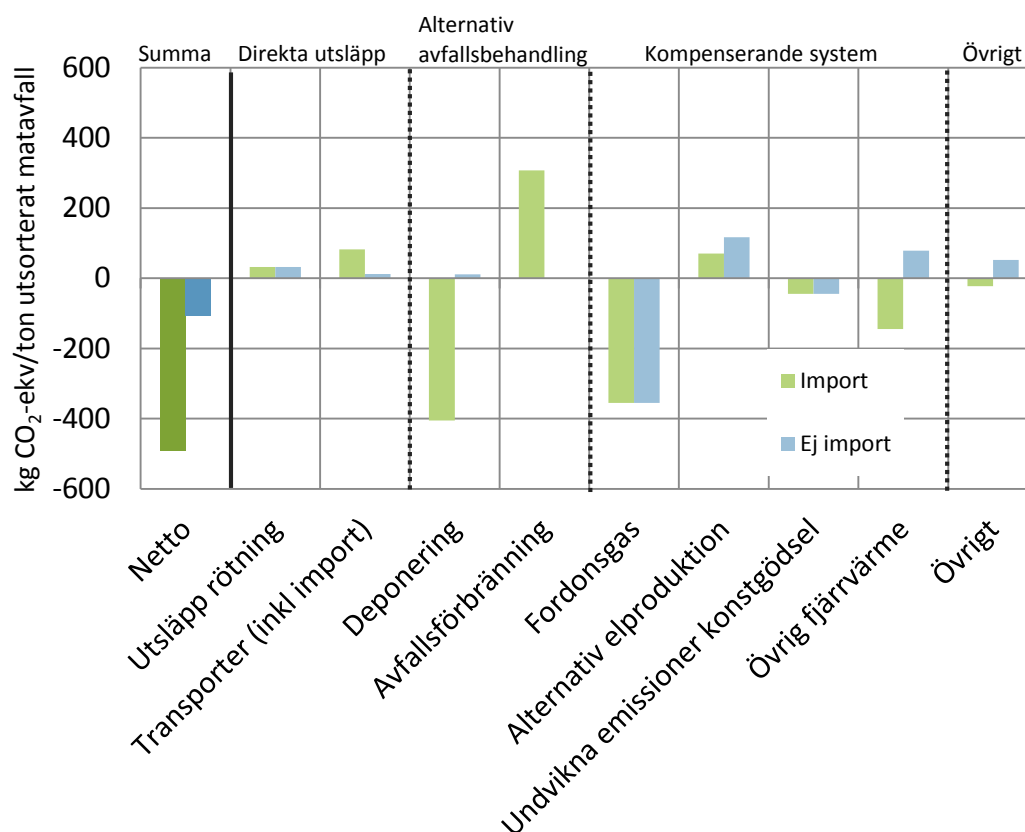
Baserat på förutsättningarna för och antaganden om hur målet uppfylls år 2020 (enligt tidigare avsnitt) kan vi konstatera att målet får tydlig effekt både på material- och energiflöden. Jämfört med situationen år 2010 visar modelleringen följande:

- Cirka 330 kton mer matavfall sorteras ut 2020 jämfört med år 2010.
- Matavfallsmängder som rötas ökar från 150 kton till 585 kton, en total ökning på cirka 435 kton. Huvuddelen kommer från ökad utsortering (som annars skulle gått till förbränning) medan övriga mängder beror på minskad kompostering och att mängderna matavfall generellt ökar med befolkningsmängden mellan 2010 och 2020.
- Mängderna till förbränning minskar netto med knappt 260 kton. Utsorteringen innebär att cirka 330 kton styrs över till förbehandling innan rötning. Men vid förbehandlingen genereras ett rejekt som motsvarar 20 % av inkommande matavfall. Dessa rejektmängder, som går till förbränning, stiger med knappt 70 kton.
- Mängderna till kompostering minskar med knappt 100 kton.
- Fordonsgasproduktionen ökar med 430 GWh, vilket motsvarar en ökning med cirka 70 % jämfört med 2010.

I Figur 17 illustreras hur utsläppen av växthusgaser år 2020 påverkas per ton ytterligare utsorterat matavfall. I figuren illustreras två fall, dels grundfallet att ledig kapacitet vid förbränning (som uppstår då mängderna matavfall till förbränning minskar till följd av den ökade utsorteringen) ersätts med importerat avfall¹⁵, dels ett fall där ingen ersättning sker av det utsorterade matavfallet. Nettot är en tydlig utsläppsminskning som motsvarar knappt 0,5 (import) och knappt 0,1 (ingen import) ton CO₂-ekv./ton utsorterat matavfall. Totalt minskar utsläppen med 170 (import) respektive 40 (ingen import) kton CO₂-ekv.

¹⁴ Avfall eller andra substrat som inte är avloppsslam

¹⁵ I Grundfall 2020, som gäller för hela PFA-projektet, bedöms att den existerande förbränningskapaciteten kvarstår och alla kända planer på utbyggd/ny kapacitet antas bli färdigställda senast år 2020. Detta innebär att den totala kapaciteten i pannor för förbränning av blandat avfall och utsorterade avfallsbränslen (inklusive cementindustrin) ökar från knappt 5,2 Mton år 2010 till cirka 7,0 Mton år 2020. Dessa pannor bedöms ha en beläggingsgrad på 100 % även år 2020, vilket innebär att man ökar importen om de svenska mängderna skulle minska. Förutsättningarna vid import och grunden till antagandet att deponering ersätts i avsändarlandet beskrivs i rapporten för Delprojekt 1 ”Import av avfall till förbränning i Sverige”.



Figur 17. Förändring av utsläpp av växthusgaser vid ökad utsortering av matavfall uttryckt i kg CO₂-ekvivalenter/ton utsorterat matavfall. Den gröna stapeln visar fallet då frilagd kapacitet i avfallsförbränningsanläggningar ersätts med import av avfall; den blå stapeln visar fallet då kapaciteten inte fylls.

Figure 17. Difference in GWP expressed as kg CO₂-eq/tonnes separated food waste. The green bar shows the case where free capacity in waste incineration plants are replaced by imports of waste, the blue bar shows the case where capacity is not filled.

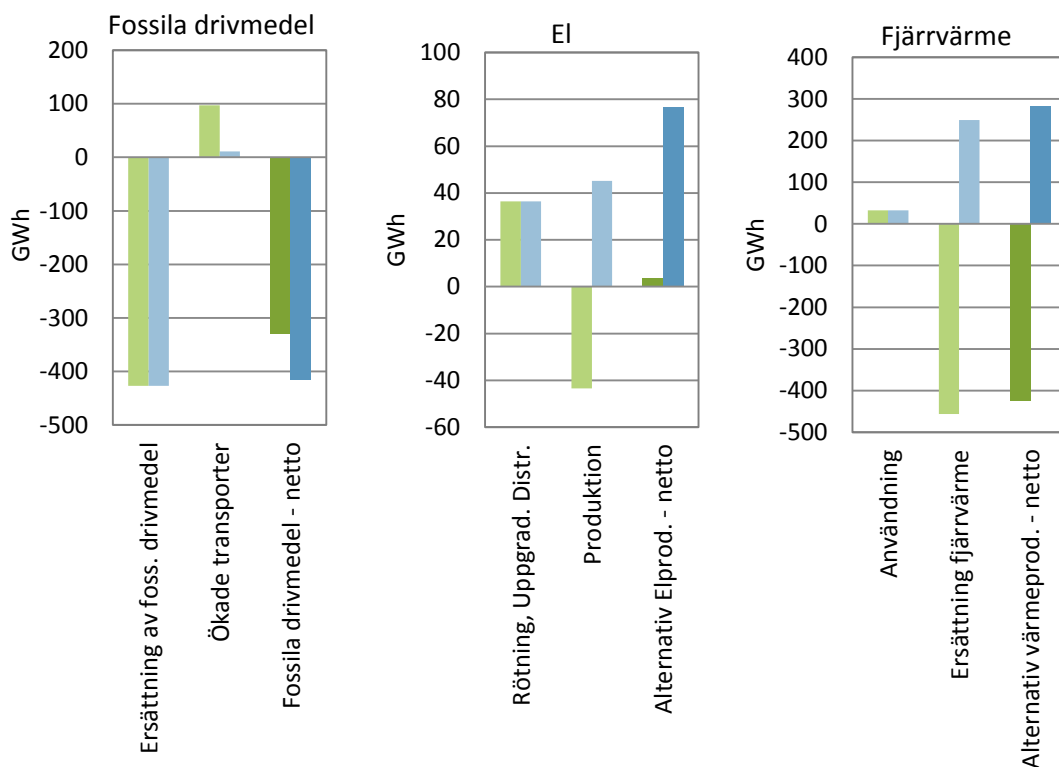
Ur ett systemperspektiv är de dominerande effekterna minskade utsläpp när producerad fordonsgas ersätter användning av bensin och diesel och (i fallet med import) minskade utsläpp från deponering och ökade utsläpp från förbränning. De två sistnämnda effekterna beror på att den lediga förbränningskapaciteten används för att ersätta deponering av blandat avfall utomlands. Detta innebär att metanemissioner vid deponering undviks. Samtidigt innehåller detta importerade avfall en viss fossil andel vilket är orsaken till ett ökat fossilt CO₂-utsläpp vid förbränningen. Förändringen i alternativ energianvändning beskrivs i Figur 18.

I övrigt domineras utsläppsförändringarna av:

- Ökade utsläpp från alternativ elproduktion vilket beror på att hela behandlingskedjan som krävs för att röta matavfallet innebär en nettokonsumtion av el. I fallet med import blir utsläppen från alternativ elproduktion något lägre då

den ökade avfallsförbränningen genererar mer el än den fjärrvärmeproduktion som trängs undan.

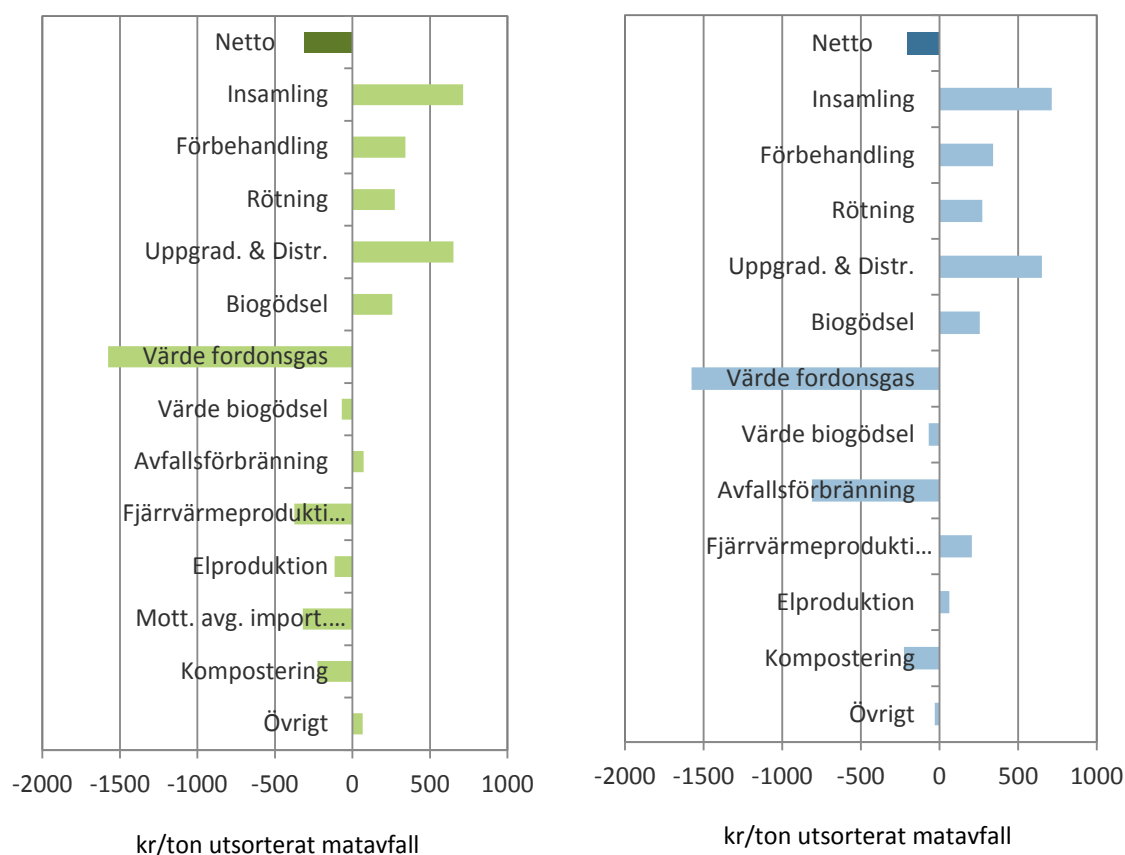
- Ökade (ej import) eller minskade (import) utsläpp från övrig fjärrvärme. Utan import som ersätter det utsorterade matavfallet minskar fjärrvärmeproduktionen något från avfallsförbränningen, vilket måste ersättas med övrig fjärrvärmeproduktion. Det omvända gäller i fallet med import eftersom det importerade avfallet har ett högre värmevärde än det utsorterade matavfallet.



Figur 18. Total förändring av alternativ energianvändning i form av fossila drivmedel, el och fjärrvärme då matavfallsmålet uppfylls. Den gröna stapeln visar fallet då frilagd kapacitet i avfallsförbränningsanläggningar ersätts med import av avfall; den blå stapeln visar fallet då kapaciteten inte fylls.

Figure 18. Total change of alternative energy in the form of fossil vehicle fuels, electricity and heat when food waste target is met. The green bar shows the case where free capacity in waste incineration plants are replaced by imports of waste, the blue bar shows the case where capacity is not filled.

I Figur 19a illustreras hur kostnader ökar eller minskar för hela systemet per ton ytterligare utsorterat matavfall i grundfallet (dvs. då import används för att ersätta matavfall vid förbränning). Nettot är en kostnadsminskning som motsvarar 310 SEK/ton utsorterat matavfall. I fallet då ingen ersättning av frilagd kapacitet görs motsvarar nettot en kostnadsminskning på 210 kr/ton utsorterat matavfall (se Figur 19b).



a.

b.

Figur 19. Förändring av kostnader för systemet vid ökad utsortering av matavfall med import (a.) och utan att import (b.) av avfall fyller upp frilagd kapacitet.

Figure 19. Changes in the cost on a systems level at increased sorting of food waste with import (a) and without the import (b) of waste.

Det är viktigt att notera att resultatet är summan av relativt stora kostnads- och intäktsförändringar. Redan relativt små förändringar av vissa av de ingående posterna kan därmed få ett stort genomslag på om nettoresultatet är en kostnadsminskning eller en kostnadsökning.

Resultatet domineras av merkostnaden för separat insamling av matavfall, kostnaderna för hela rötningskedjan till färdig fordonsgas (förbehandling – rötning – uppgradering och distribution) samt intäkten för den försålda fordonsgasen.

I övrigt domineras resultatet främst av kostnadsminskningar och ökade intäkter. I fallet med import innebär den ökade värme- och elproduktionen från avfallsförbränning att kostnaderna för övrig fjärrvärmeproduktion minskar, samtidigt som elintäkterna ökar. Kostnaderna vid avfallsförbränning ökar något, vilket enbart beror på att de fossila utsläppen ökar och belastas med utsläppsrättskostnader. I fallet utan import minskar

kostnaderna för avfallsförbränning (eftersom mindre mängd avfall förbränns) samtidigt som kostnaderna för övrig fjärrvärmeproduktion minskar och elintäkterna minskar.

Vidare undviks kostnaderna för kompostering i bägge fallen då komposteringen minskar enligt förutsättningarna. Slutligen, i fallet med import, innebär det importerade avfallet en minskad kostnad genom den intäkt som erhålls i form av mottagningsavgift (mottagningsavgiften kan ses som ett netto av undviken kostnad i avsändarlandet och den tillkommande transportkostnaden av att skicka avfallet till Sverige istället för behandling i avsändarlandet).

7.3 Teknikutveckling

I kapitel 4.2 beskrivs fokusområden som utvärderas inom projektet. I detta kapitel utvärderas systemeffekten av tekniska förbättringar inom olika delar av produktionskedjan för biogasproduktion. Generellt ska åtgärderna i respektive kapitel avse en tänkt förbättring från dagens medelnivåer till en medelnivå som motsvarar de nya anläggningar som byggs idag. I avsnitt 7.3.4 summeras effekterna från de tre studerade områdena i avsnitt 7.3.1-7.3.3.

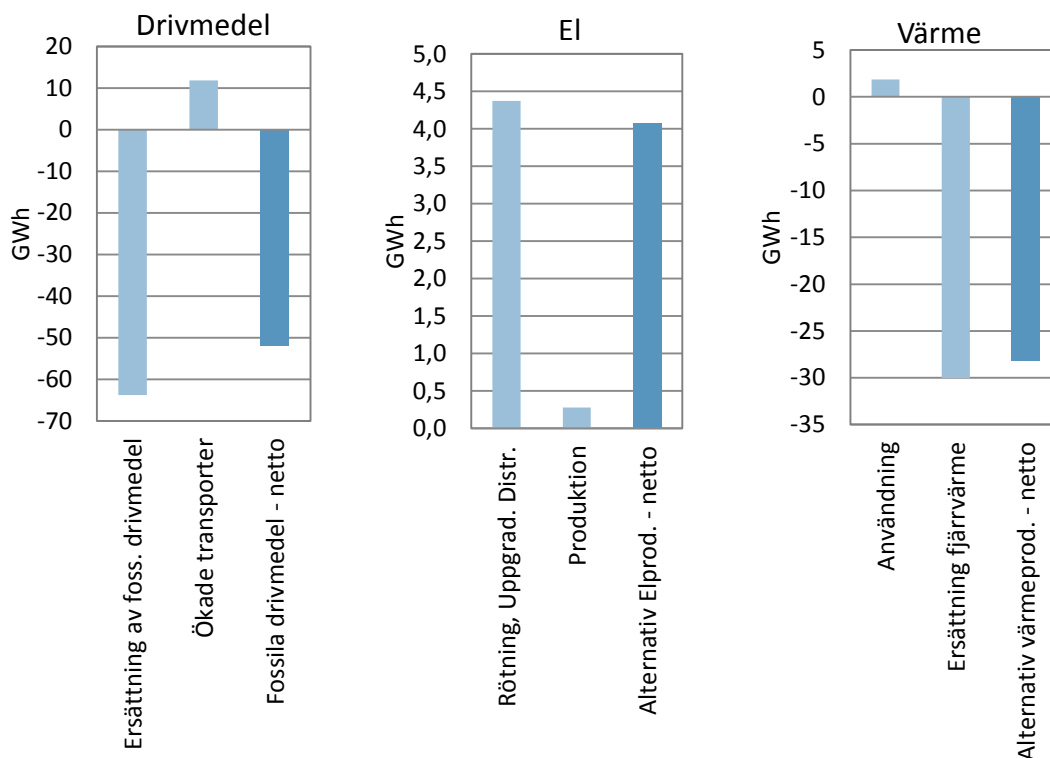
7.3.1 Effektivare förbehandling

I detta delkapitel utvärderas systemeffekterna av om de utsorterade mängderna matavfall år 2020 förbehandlas med effektivare anläggningar. Beräkningarna baseras på att totalt 585 kton matavfall sorteras ut och behandlas vid rötningsanläggningar. Inga extra kostnader eller energiinsatser har belastats själva förbehandlingen, utan resultatet ska snarare ses som bedömning av värdet av en effektivisering. De fall som studeras är:

- En minskning av mängden rejekt från 20 % till 10 % per ton TS.
- Elanvändningen i förbehandlingen minskar från ett medelvärde på 30 kWh/ton avfall till 15 kWh/ton avfall.

Det första fallet innebär att rejektmängderna minskas med 36 kton (TS-halt cirka 45 %). Totalt ökar produktionen av fordonsgas med drygt 60 GWh. Minskade rejektmängder till avfallsförbränning ersätts i beräkningarna med lika stor mängd importerat avfall.

I Figur 20 visas nettoeffekterna på systemnivå för användningen av fossila drivmedel, el och värme uttryckt i GWh. Förutom ökad fordonsgasproduktion ökar även transportbehovet för importerat avfall. Nettominskningen av fossila drivmedel blir 50 GWh. Elbehovet för rötning, uppgradering och distribution av de mängder som tidigare gått till rejekt ökar med 4 GWh. Även värmebehovet i rötningsanläggningen ökar. Totalt ökar dock värmeproduktionen, vilket är en effekt av att det importerade avfallet innehåller mer energi än det rejekt som tidigare förbrändes.



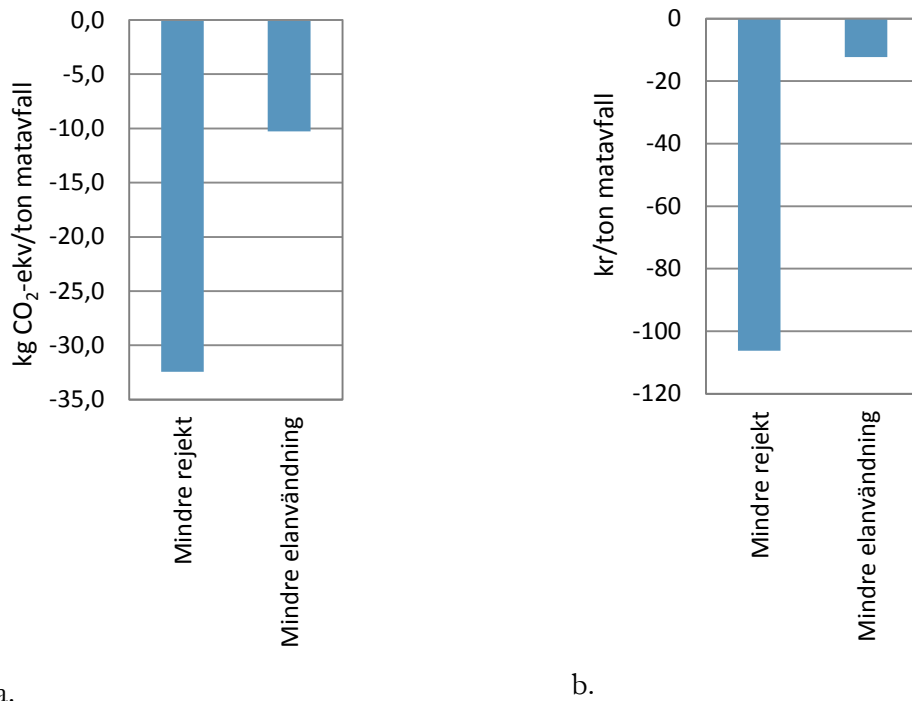
Figur 20. Förändring av energianvändning på systemnivå med avseende på fossila drivmedel, el och värme som följd av att minska mängden rötbart material från 20 % till 10 % för en total mängd matavfall på 585 kton.

Figure 20. Difference in energy use on a systems level in regard to fossil vehicle fuel, electricity and heat use as a consequence of a decrease of reject from 20 % to 10 % for a total amount of treated food waste of 585 ktonnes.

I det andra fallet då elanvändningen i förbehandlingssteget minskar från 30 kWh/ton avfall till 15 kWh/ton avfall minskar elanvändningen med 9 GWh.

I Figur 21a visas skillnaden i klimatpåverkan per ton matavfall för de två studerade fallen jämfört med grundfallet. Om rejektmängderna minskas sjunker klimatpåverkan med drygt 30 kg CO₂-ekvivalenter/ton matavfall vilket motsvarar totala utsläpp på knappt 20 kton CO₂-ekvivalenter. För fallet med minskad elanvändning sjunker klimatpåverkan med 10 kg CO₂-ekvivalenter/ton matavfall vilket motsvarar totala utsläpp på 6 kton CO₂-ekvivalenter.

I Figur 21b visas förändring av nettokostnaderna för hela systemet uttryckt i kr/ton matavfall. Minskade kostnader på systemnivå uppgår till drygt 100 kr/ton matavfall för fallet med mindre rejekt, vilket motsvarar en minskning av de totala nettokostnaderna med 60 Mkr/år. Minskad elanvändning leder till en minskad kostnad på -10kr/ton matavfall eller 0,01 kr/kWh fordonsgas.



Figur 21. Förändringar av klimatutsläpp (a) och kostnader (b) på systemnivå för effektivare förbehandlingsmetoder i form av minskad mängd rejekt och elanvändning.

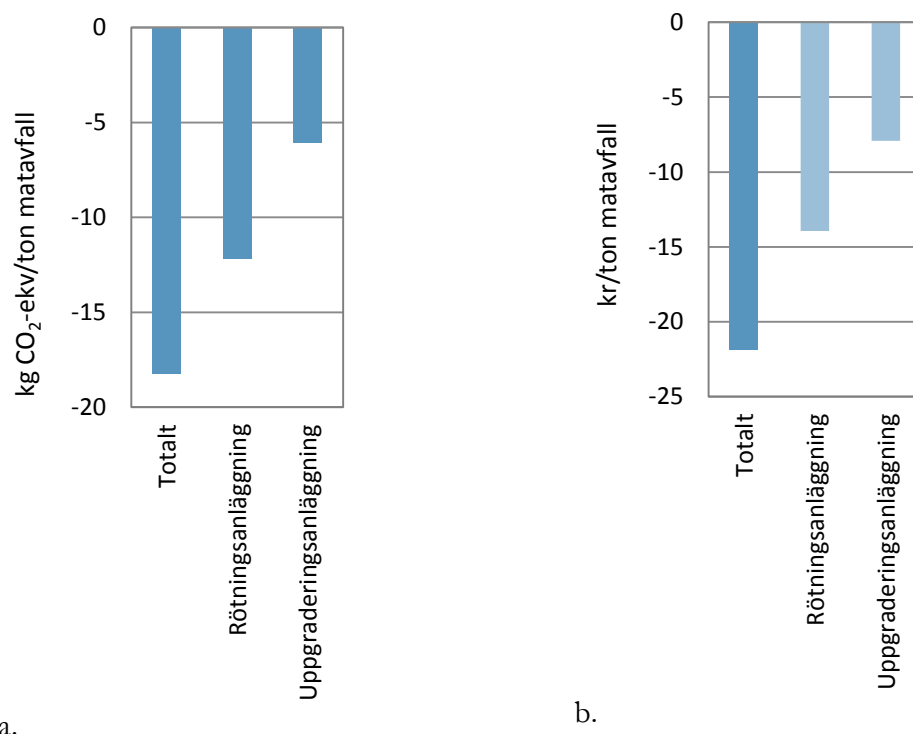
Figure 21. Difference in GWP (a) and costs (b) on a systems level for more efficient pre-treatment methods in regard to amount reject and electricity use.

7.3.2 Minskad elanvändning för rötnings- och uppgraderingsanläggningar

Då nya anläggningar uppger en lägre elanvändning än de som använts som ett grundfall utvärderas här elanvändningens betydelse för klimatpåverkan och kostnaden på systemnivå. Enligt diskussionen i 4.2.2 utvärderas effekterna av att en generell förbättring sker för allt matavfall som rötas i avsnitt 7.2:

- Minskad elanvändning vid rötningsanläggningen från 20 kWh/ton till 8 kWh/ton.
- Minskad elanvändning i uppgradering och komprimering från 5 % av energiinnehållet i rågasen till 4 % av energiinnehållet i rågasen.

I Figur 22 visas förändringarna på systemnivå för ökad effektivitet vid rötnings och uppgraderingsanläggningar. Totalt innebär en effektivisering i rötningsanläggningarna enligt ovan en minskning av elanvändningen med 16 GWh eller 27 kWh/ton matavfall. Detta skulle innebära en minskning av klimatpåverkan med 11 kton CO₂-ekvivalenter jämfört med grundfallet. Utslaget per ton matavfall som rötas blir det 18 kg CO₂-ekvivalenter, eller knappt 20 g/kWh fordonsgas. Kostnaderna för minskad alternativ elproduktion uppgår till drygt 15 kr/ton eller 0,02 kr/kWh fordonsgas.



Figur 22. Förändring av klimatpåverkan (a) och kostnader (b) på systemnivå för minskad elanvändning vid rötnings- och uppgraderingsanläggningar.

Figure 22. Difference in GWP (a) and costs (b) on a systems level due to decrease in use of electricity in anaerobic digestion plants and upgrading plants.

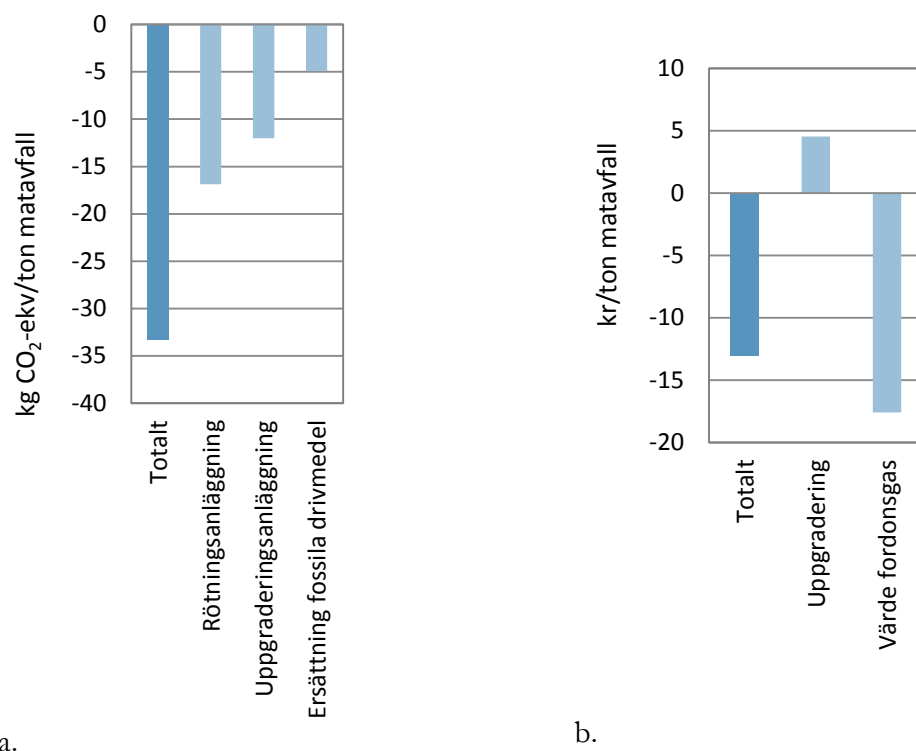
7.3.3 Minskat metanslip

Som diskuterats i kapitel 4.2.3 ingår de flesta samrötningsanläggningar i det frivilliga åtagandet för att minska metanslip från rötnings- och uppgraderingsanläggningar. Här utvärderas effekterna av att en generell förbättring sker för allt matavfall som rötas i avsnitt 7.2:

De förändringar som utvärderats är:

- Minskning av metanslip från rötningsanläggningar från 1,5 % av producerad rågas till 0,5 %.
- Minskning av metanslip från uppgraderingsanläggningar från 1 % till 0,25 %.

Med dessa förbättringar ökar fordonsgasproduktionen med 2 %, motsvarande 10 GWh.



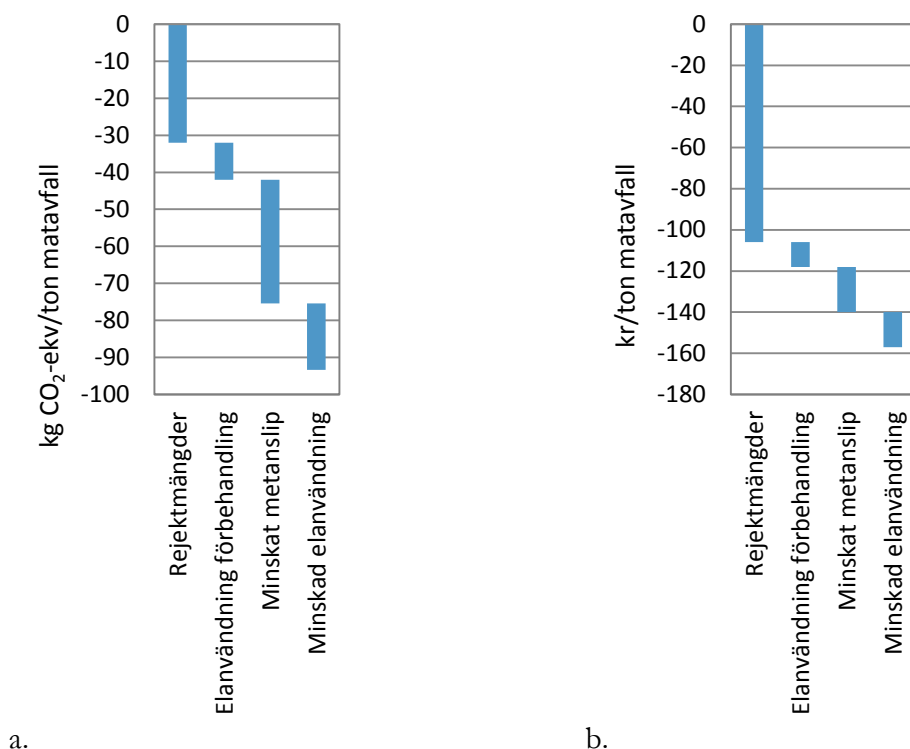
Figur 23. Förändring av klimatpåverkan (a) och kostnader (b) på systemnivå för minskad metanslip vid rötnings- och uppgraderingsanläggningar.

Figure 23. Difference in GWP (a) and costs (b) on a system level for decreased amounts of methane leaks in anaerobic digestion and upgrading facilities.

Med minskat metanläckage enligt ovan minskas klimatpåverkan med knappt 35 kg CO₂-ekvivalenter/ton avfall eller knappt 35 g CO₂-ekvivalenter/kWh fordonsgas. Kostnaderna minskar med knappt 15 kr/ton, eller motsvarande 0,02 kr/kWh fordonsgas. En viss ökning i kostnader fås på grund av att mer gas måste uppgraderas och distribueras.

7.3.4 Sammanlagd effekt av teknikutveckling

I Figur 24 har den sammanlagda effekten av de studerade områdena för potentiell teknikutveckling adderats till resultatet för scenariot med import i avsnitt 7.2. Totalt kan klimatpåverkan och kostnaderna på systemnivå minskas med mer än 90 kg CO₂-ekv/ton matavfall respektive knappt 160 kr/ton matavfall, förutsatt att förbättringspotentialen kan adderas. Observera att eventuella kostnader för att uppnå dessa teknikkförbättringar inte har inkluderats i analysen. Istället bör resultatet ses som en beräkning av hur stor merkostnaden för teknikutvecklingen får vara.



Figur 24. Sammanlagd förbättringspotential för teknikutveckling på systemnivå av utvärderingen med avseende på klimatpåverkan (a) och kostnader (b).

Figure 24. Total potential for improved technology on systems level in regard to GWP (a) and costs (b).

Det som har störst betydelse för klimatpåverkan är att minska andelen rötbart material i rejktet samt minskat metanslip. I och med att metan är en potent växthusgas får en liten minskning av metanslip relativt stort genomslag på klimatpåverkan för systemet. Resultaten pekar på vikten av att minska utsläppen av metan från anläggningarna.

Den största potentialen för kostnadsminskning för de studerade områdena för teknikutveckling är minskad mängd rötbart material i rejktet. Det som får störst genomslag på resultatet är att mer fordonsgas kan produceras vilket ökar verkningsgraden i anläggningen.

7.4 Klimatbonus

Som konstaterades i avsnitt 7.4 finns det ett antal parametrar som påverkar hur stor den totala klimatbonusen blir och därmed också den totala fossilavgiften. Förutom valet av basnivå för ersättningen (A, se Figur 12) beror utfallet på de förnybara och fossila drivmedelsvolymerna, hur stor del av de förnybara drivmedelsvolymerna som inkluderas i systemet, klimatpåverkan från de fossila drivmedlen och den växthusgasreduktion som uppnås med respektive förnybart drivmedel.

I dessa beräkningar har vi valt att lägga en fast basnivå för ersättningen (A) på samma nivå som metanreduceringsstödet, det vill säga 200 SEK/MWh. Drivmedelsvolymerna år 2020

antas enligt Tabell 9 nedan (vilken baseras på och [58]). Vidare antas biodrivmedelsproduktionen i Sverige motsvara ”rena” biodrivmedel (Etanol i E85, FAME, talloljodiesel och biogas) och att endast dessa berättigar till klimatbonus. Faktorerna $b_{i,j}$ baseras på beräkningar av substrat-biodrivmedelskedjor i [67] och faktorerna d_m baseras på utsläpp ur livscykelperspektiv för fossila drivmedel enligt [68].

Tabell 9. Antagna drivmedelsvolymen år 2020 i beräkningarna för klimatbonus

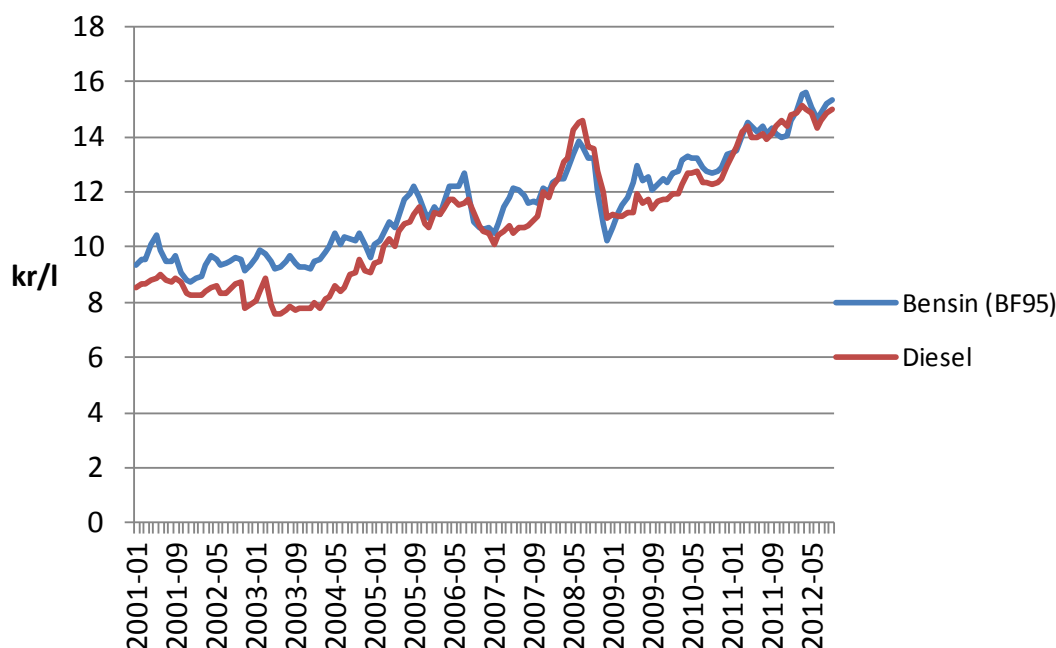
Table 9. Assumed vehicle fuel volumes in 2020 in the calculations for climate bonus

Drivmedel	Mängd (TWh)	Andel som omfattas av klimatbonus	Antagna substrat
Etanol, låginblandad	1,3	0 %	Sockerrör
Etanol ”ren”	2,2	100 %	Vete, sockerbetor
FAME (biodiesel)	3,0	100 %	Raps
Talloljodiesel	1,0	100 %	Tallolja
Biogas	3,5	100 %	35 % gödsel, 33 % hushålls och industriavfall, 18 % avloppsslam, 14 % vall och sockerbetor
Bensin	20,2	-	-
Diesel	29,1	-	-

Det bör kommenteras att volymerna i Tabell 9 innebär en kraftig, men möjlig omställning av drivmedelsvolymerna jämfört med dagsläget [58]. Utfall med mindre omfattande omställning innebär både lägre total klimatbonus och lägre fossilavgift.

Den valda basnivån på klimatbonusen (A) innebär ett stöd för biogasproduktion från knappt 140 kr/MWh till 180 kr/MWh beroende på vilken substrat-biogaskedja som avses. I fallet med biogas från matavfall (från hushåll) blir klimatbonusen exempelvis 175 kr/MWh, vilket motsvarar ungefär en ersättning på 175 kr/ton matavfall. Den totala klimatbonusen uppgår till knappt 1,4 miljarder kr.

Den utbetalda klimatbonusen motsvaras av en lika stor inbetald fossilavgift. Basnivån för fossilavgiften (C) blir 29 kr/MWh. För bensin och diesel motsvarar fossilavgiften 33 öre/liter **inklusive** moms. Avgiften är därmed förhållandevis liten jämfört med nuvarande prisnivåer och prisvariationer för bensin och diesel (se Figur 25).



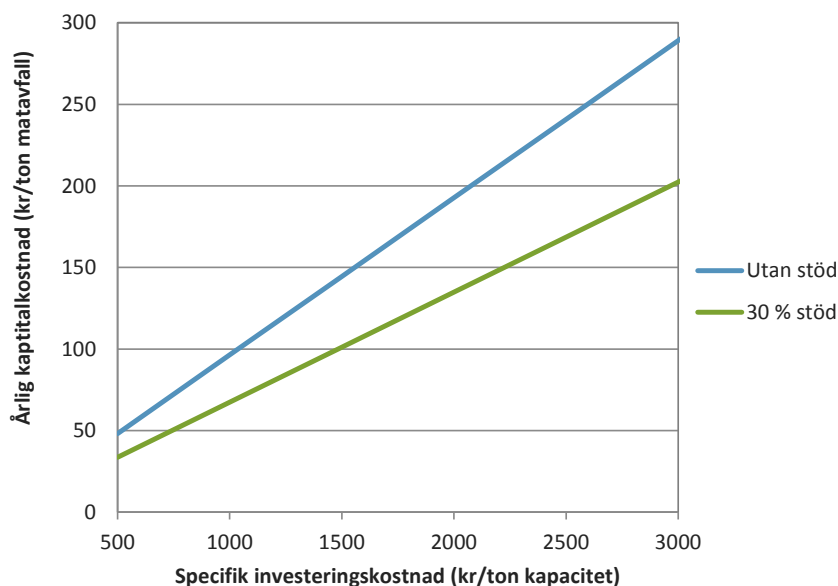
Figur 25. Prisutveckling för bensin och diesel, **inklusive moms**, månadsstatistik 2001-2012 (källa: SPBI)

Figure 25. Price history for petrol and diesel, **including VAT**, monthly 2001-2012 (source: SPBI)

7.5 Investeringsstöd

I analysen har vi tittat på hur det ekonomiska utfallet skulle förbättras i fallet med ökad biologisk behandling (främst rötning) av matavfall. Vi utgår därmed från de förutsättningar och de resultat som presenterades under avsnitt 7.2.

Vidare antas att tillkommande rötning ges ett investeringsstöd på 30 % av investeringen. Givet den specifika investeringskostnaden som använts för förbehandling och rötning på 1 800 kr/ton matavfall och en avskrivning på 15 år med 5 % ränta motsvarar investeringskostnaden en årlig kapitalkostnad på 173 kr/ton matavfall. Ett stöd på 30 % innebär då att de årliga kapitalkostnaderna sänks med 52 kr/ton matavfall. Detta motsvarar en ytterligare kostnadssänkning på knappt 17 % jämfört med resultatet i avsnitt 7.2. I Figur 26 visas hur kapitalkostnaden förändras med storlek på specifik investering och inverkan av ett investeringsstöd på 30 %.



Figur 26. Årlig kapitalkostnad som funktion av den specifika investeringskostnaden med och utan investeringsstöd motsvarande 30 % av total investering. I figuren har en avskrivning motsvarande 15 år och 5 % ränta använts.

Figure 26. Annual capital cost as a function of the specific investment cost with and without an investment reduction of 30% of total investment. In the figure, depreciation equal to 15 years and 5% interest rate used.

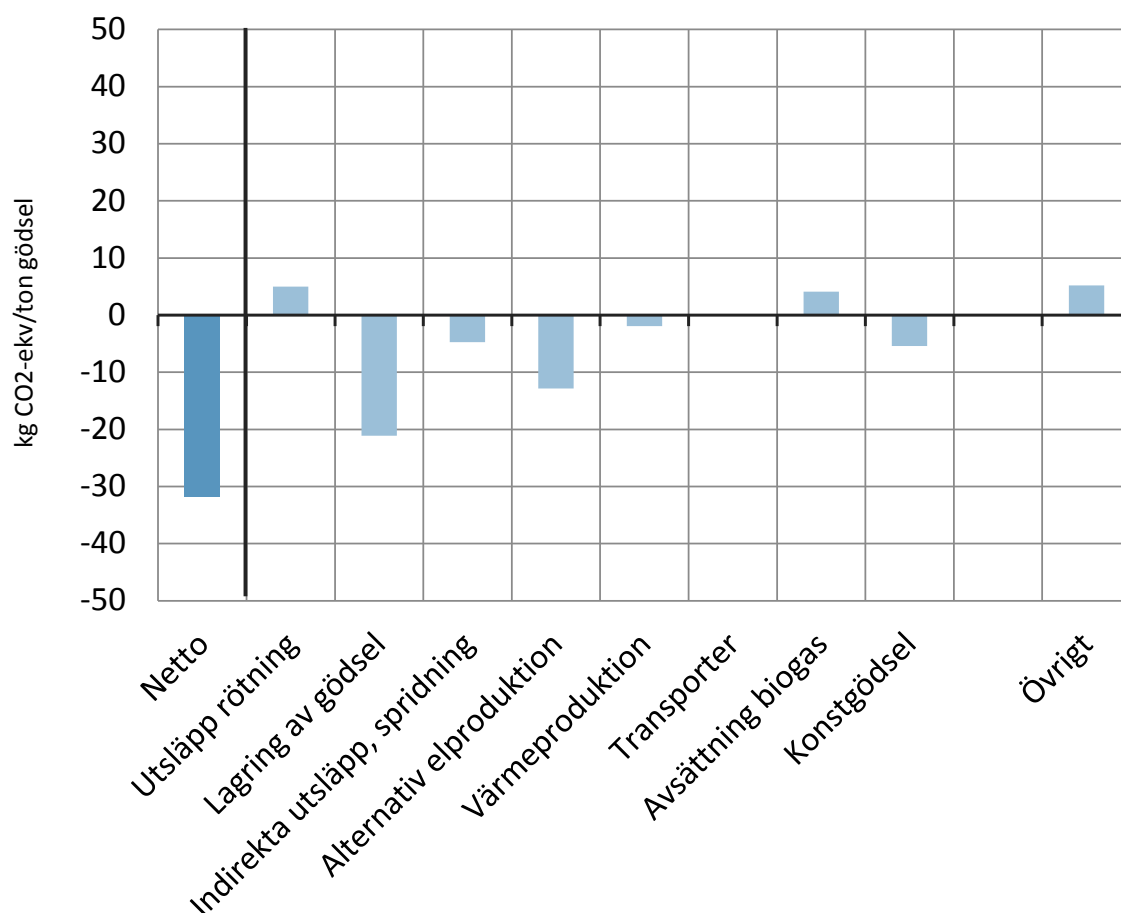
Baserat på detta kan vi konstatera att investeringsstödet är förhållandevis litet i relation till de övriga faktorer som påverkar det ekonomiska utfallet (jämför Figur 19). Givetvis är det gynnsamt med ett stöd, men det är inte tillräckligt stort för att märkbart reducera utfallet beroende av de parametrar som har störst betydelse, det vill säga merkostnaden för separat insamling av matavfall, kostnaderna för hela rötningskedjan till färdig fordonsgas (förbehandling – rötning – uppgradering och distribution) samt intäkten för den försålda fordonsgasen.

7.6 Metanreduceringsstöd

Inom ramen för delprojekt 3 har utökad gårdsrötning av svin- och nötgödsel studerats. I beräkningarna antas den producerade gasen enbart används för produktion av el och värme. Den producerade biogödseln sprids på åkermark. I analysen inkluderas även effekterna av att hantering (lagring, spridning etc.) av orötad gödsel undviks.

I Figur 27 illustreras hur utsläppen av växthusgaser påverkas per ton utökad rötning av gödsel. Nettot är en utsläppsminskning som motsvarar drygt 30 kg CO₂-ekv./ton rötad gödsel.

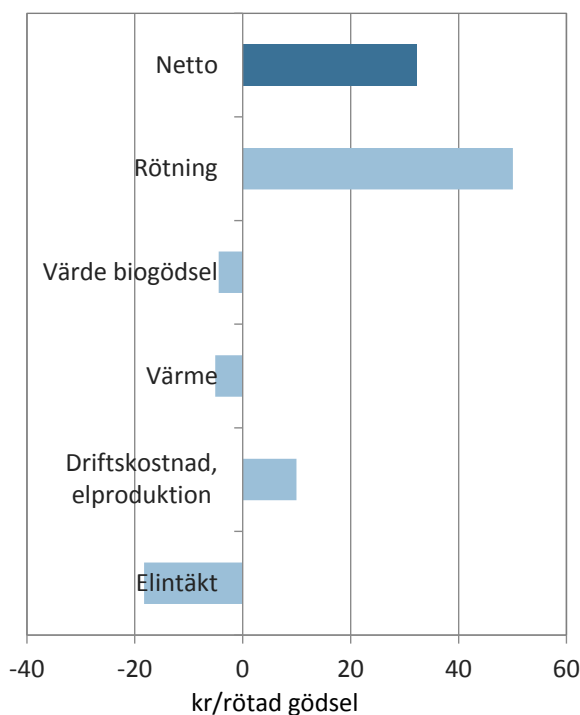
Resultatet domineras av två effekter: dels minskade utsläpp från lagring av orötad gödsel (då detta undviks), dels minskade utsläpp från alternativ elproduktion som undviks genom den elproduktion som sker från rötningen.



Figur 27. Förändring av utsläpp av växthusgaser vid gårdsrötning av gödsel för el- och värmeproduktion.

Figure 27. Difference in GWP when manure is digested in farm-scale digestion plants with power and heat production.

I Figur 28 illustreras hur kostnader ökar och minskar per ton utökad rötning av gödsel. Nettot är en tydlig kostnadsökning som motsvarar drygt 30 SEK/ton rötad gödsel.



Figur 28. Förändring av kostnader vid gårdsrötning av gödsel för el- och värmeproduktion.

Figure 28. Difference in costs in farm-scale digestion plants with power and heat production.

Den största kostnadsökningen fås för rötningen. Observera att denna kostnadspost endast inkluderar rötningen fram till produktion av rågas. Dessutom tillkommer en betydande kostnadspost för förbränning av producerad rågas och generering av el- och värmeproduktion ("Driftkostnad, elproduktion" i figuren nedan). Elintäkten ger det dominerande bidraget till minskade kostnader. Här bör noteras att elintäkten beräknas utifrån att elproduktionen tilldelas elcertifikat.

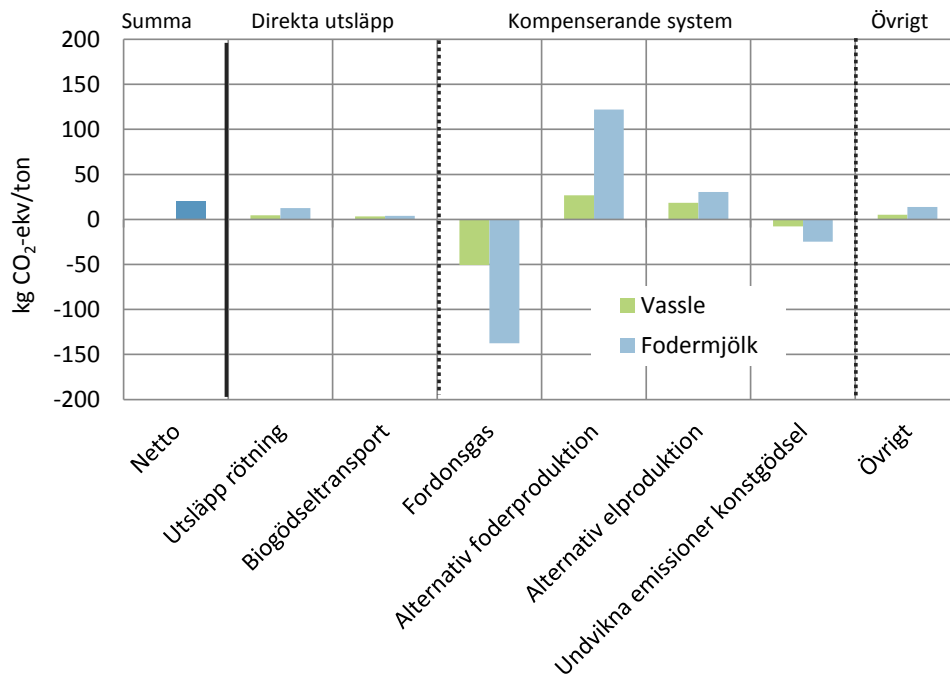
Översatt till en kostnad för den producerade rågasen motsvarar detta knappt 34 öre/kWh. Detta är klart mer än det föreslagna stödet på 20 öre/kWh. För att denna nivå skall räcka krävs t.ex. avsevärt sänkta rötningkostnader eller en betydligt högre total intäkt för elpris och elcertifikat.

7.7 Ökad användning av restprodukterna vassle och fodermjölk

Som beskrivits i kapitel 3.2 är restprodukter från mejeriindustrin eftertraktade, både som djurfoder och för biogasproduktion. Därför har vi i detta projekt utvärderat klimat- och kostnadseffekter av att använda vassle och fodermjölk till biogasproduktion istället för grisfoder. För modelleringen antas följande (jämfört med en situation där enbart 20 % av de totala mängderna vassle och fodermjölk används vid biogasproduktion, enligt diskussionen i avsnitt 3.3):

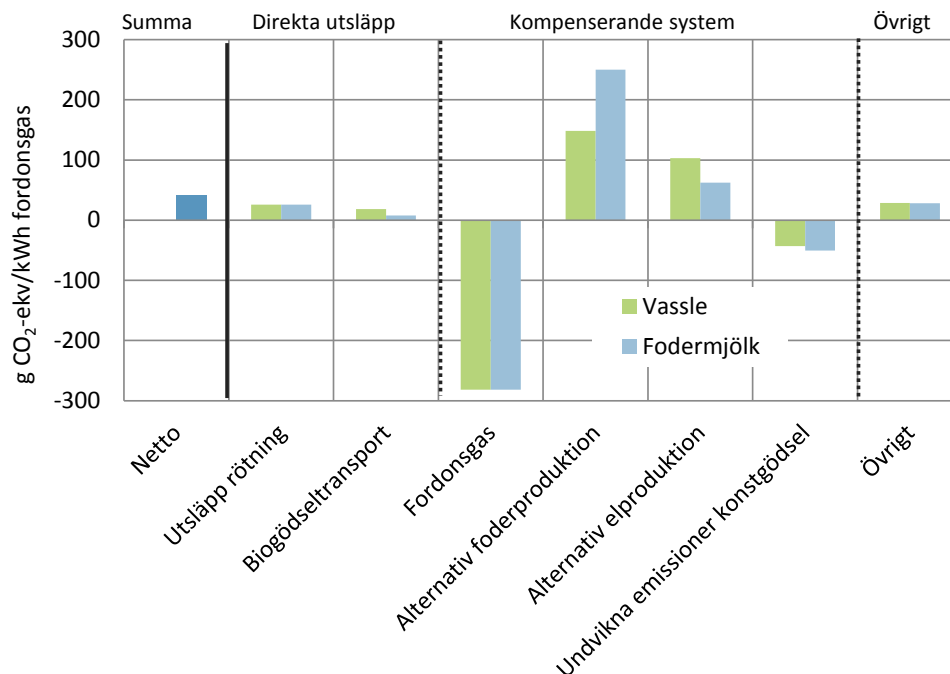
- Mängden vassle till biogasproduktion antas öka med drygt 300 ton (TS-halt 5,5 %) till att motsvara 50 % av uppkomna mängder vassle. Detta resulterar i en ökad biogasproduktion om 60 GWh.
- Mängden fodermjölk till biogasproduktion antas öka med knappt 100 kton (TS-halt 9 %) till att motsvara 75 % av all fodermjölk. Detta resulterar i en ökad biogasproduktion om 45 GWh.
- Alternativ foderproduktion har beräknats med avseende på mängden energi och protein (beräknat enligt Bilaga D). Totalt ersätts vasslen med 22 600 ton foderkorn. Den totala mängden fodermjölk ersätts med 2 000 ton sojamjöl och 14 300 ton foderkorn.

I Figur 29 och Figur 30 visas förändringar i klimateffekter fördelat per ton substrat respektive per producerad kWh fordonsgas. Resultatet domineras av minskade utsläpp när fordonsgas produceras och ersätter fossila drivmedel samt ökade utsläpp från alternativ foderproduktion av soja och foderkorn. För vassle fås ingen förändring med avseende på klimatutsläpp medan nettoeffekten vid rötning av fodermjölk ökar med 20 kg CO₂-ekv./ton eller 40 g CO₂-ekv./kWh fordonsgas. Den stora skillnaden i utsläpp är främst att fodermjölk även ersätts med sojamjöl.



Figur 29. Förändring av klimatpåverkan uttryckt i kg CO₂-ekv./ton vid rötning av restprodukterna vassle (grön) och fodermjölk (blå).

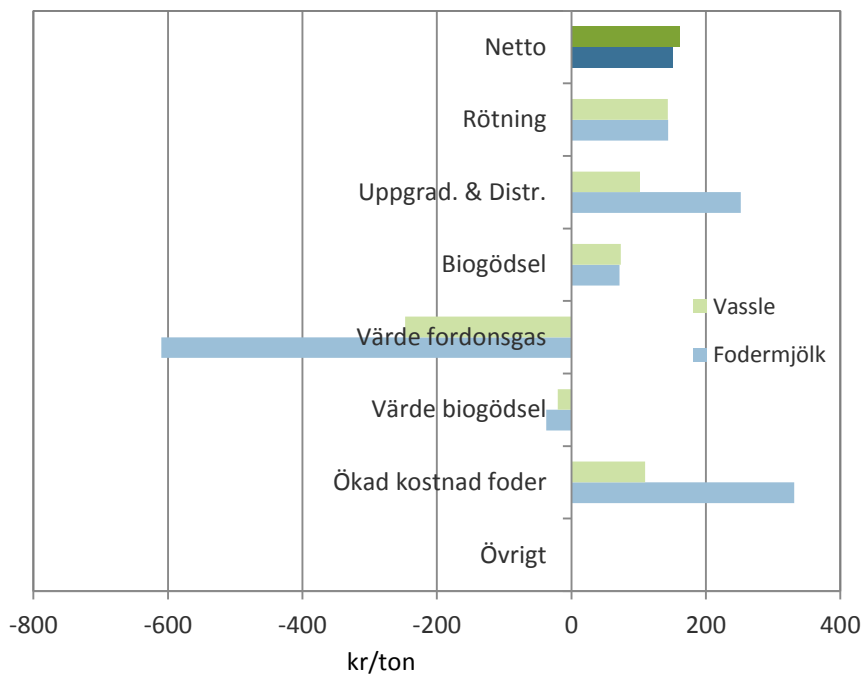
Figure 29. Difference in GWP expressed as kg CO₂-eq./tonnes when whey (green) and feed milk (blue) are treated with anaerobic digestion.



Figur 30. Förändring av klimatpåverkan uttryckt i g CO₂-ekv./kWh fordonsgas vid rötning av restprodukterna vassle (grön) och fodermjölk (blå).

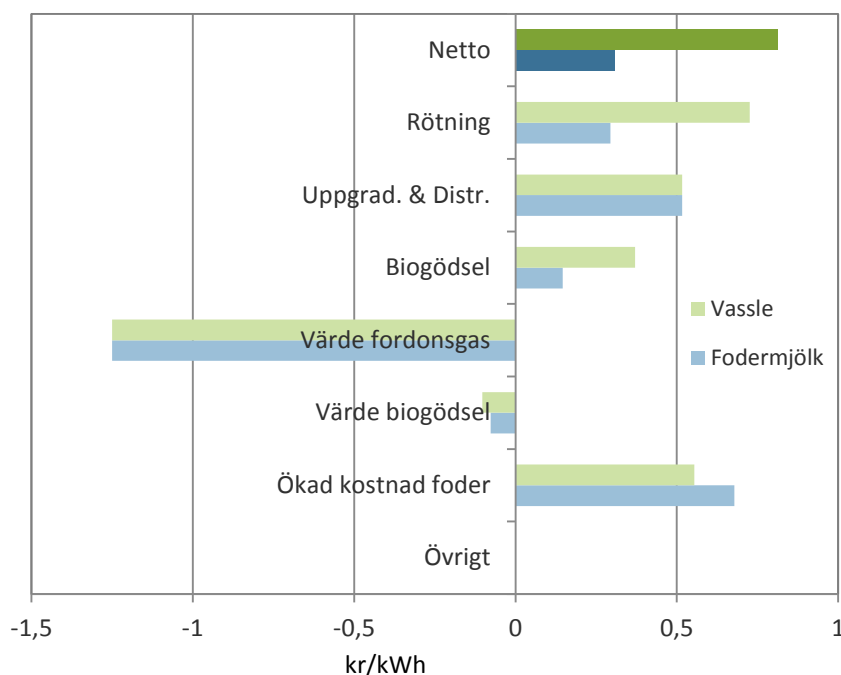
Figure 30. Difference in GWP expressed as g CO₂-eq./kWh vehicle gas when whey (green) and feed milk (blue) are treated by anaerobic digestion.

I ett systemperspektiv ökar kostnaderna om vassle och fodermjök rötas. Resultatet för kostnaderna domineras av produktionskostnader för biogas, värdet för fordonsgasen och kostnaden för foder, (se Figur 31 och 32).



Figur 31. Förändring av kostnader uttryckt i kr/ton vid rötning av restprodukterna vassle (grön) och fodermjök (blå).

Figure 31. Difference in cost on a systems level expressed in SEK/tonne when whey (green) and feed milk (blue) are treated in anaerobic digestion plants.



Figur 32. Förändring av kostnader uttryckt i kr/kWh vid rötning av restprodukterna vassle (grön) och fodermjölk (blå).

Figure 32. Difference in cost on a systems level expressed in SEK/kWh vehicle gas when whey (green) and feed milk (blue) are treated in anaerobic digestion plants.

Alternativkostnaderna för foder får stort genomslag för beräkningarna. I projektet har foderkorn värderats med 1,5 kr/kg och sojamjöl värderats med 5 kr/kg baserat på bedömt marknadspris enligt [69][70]. Dessa antaganden får stort genomslag på resultatet.

Resultaten i föreliggande projekt indikerar att om restprodukter kan avsättas som djurfoder överstiger klimatpåverkan från alternativ foderproduktion klimatnyttan med att producera fordonsgas. Ytterligare en faktor som påverkar resultatet är att röttningsanläggningens elanvändning ökar, vilket leder till ett ökat behov av alternativ elproduktion.

Enligt diskussionen i avsnitt 3.2.2 är det troligtvis vasslepermeat som kommer att rötas och inte vassle, då betalningsviljan är lägre för vasslepermeat. Beräkningar gjorda av Tufvesson & Lantz visar att rötning av vasslepermeat innebär en reduktion av växthusgaserna med 48 % jämfört bensin och diesel och fodermjölk med 28 % [77]. En väsentlig skillnad mellan den studien och föreliggande projekt är mängden foder som ersätts. Inom detta projekt har ersättningen för vassle och fodermjölk beräknats högre vilket också leder till en lägre klimatreduktion.

8 Slutsatser

Tillgång och efterfrågan på avfall

- Det finns en stark politisk vilja att öka utsorteringen av matavfall. Om det nationella målet om ökad utsortering av matavfall uppfylls kommer 400 kton mer matavfall att rötas jämfört med år 2010. Detta skulle resultera i en ökad fordonsgasproduktion på 430 GWh, vilket motsvarar en ökning från matavfall med cirka 70 % jämfört med år 2010.
- Till år 2020 kan kapaciteten för samrötning av avfall fördubblas (till 1,6 Mton) jämfört med år 2010, vilket kommer öka efterfrågan på avfall nationellt. Utbyggnaden är koncentrerad till södra Sverige, där det redan idag finns störst kapacitet. De regionala skillnaderna i tillgänglig rötningskapacitet kan innebära kapacitetsbrist i vissa delar av norra Sverige och ett kapacitetsöverskott i södra Sverige.
- Biogaspotentialen för avfall och restprodukter från livsmedelsindustrin är stor. De tillgängliga mängderna kommer bero på vem som har störst betalningsvilja. Den alternativa betalningsviljan är störst för restprodukter som avsätts som djurfoder och är idag svår att konkurrera med.
- Gödsel framhålls som en stor potential för biogasproduktion. På grund av höga transportkostnader är det svårt att få tillräckligt stor mängd substrat för storskaliga produktionsanläggningar för biogas. Ett metanreduceringsstöd som föreslagits av Energimyndigheten skulle öka mängden gödsel som rötas. Möjligheten till samrötning av matavfall av gödsel ger underlag till att bygga större anläggningar med lägre relativ produktionskostnad.

Rötningens konkurrenskraft som avfallsbehandlingsmetod

- Att sortera ut och röta matavfall är en kostnadseffektiv åtgärd för att minska klimatpåverkan från avfallssystemet. Slutsatsen förutsätter att fordonsgas produceras och ersätter fossila drivmedel, att insamling sker kostnadseffektivt och att avsättning fås för biogödseln. Resultaten förbättras om frilagd kapacitet i förbränningsanläggningarna ersätts av importerat avfall.
- Den specifika kostnaden för rötning (i kr/ton) beror på anläggningens storlek, där en större anläggning medför en lägre specifik kostnad. Men större anläggningar kräver ett större upptagningsområde för substraten, och även ett större avsättningsområde för biogas och biogödsel. Lokalisering av förbehandling, rötning och uppgradering är av betydelse för systemets effektivitet och därmed ekonomi.
- Med teknikutveckling finns potential att öka konkurrenskraften för rötningsanläggningar. Om mängderna röttbart material i rejektet kan minskas med bibehållen kvalitet på biogödseln finns det potential att öka klimatnyttan från avfallssystemet samtidigt som intäkterna från fordonsgasproduktionen kan öka.

Totalt har det inom projektet identifierats en potential att minska kostnaderna på systemnivå med 150 kr/ton matavfall samtidigt som klimatnyttan kan öka med 100 kg CO₂-ekv/ton matavfall.

Marknadsförutsättningar för biogasproduktion

- Marknaden för biogas består av många små marknader som begränsas geografiskt av produktionsanläggningar och infrastruktur för distribution. Produktion och användning av biogas kommer fortsatt vara störst i södra och mellersta Sverige framöver.
- Den framtida betalningsförmågan för biogas är störst i transportsektorn, vilket till stor del beror på energi- och koldioxidskatter på bensin och diesel. Utan skatter skulle betalningsviljan halveras. Det är i transportsektorn huvuddelen av ökad biogasanvändning förväntas ske.
- Av de styrmedel som studerats skulle en klimatbonus motsvarande 200 kr/MWh drivmedel ge en ersättning motsvarande 175 kr/ton matavfall och ett investeringsstöd på 30 % av investeringen, en ersättning motsvarande 50 kr/ton matavfall. En klimatbonus skulle med de studerade förutsättningarna ge en ersättning som var tre gånger så stor som ett investeringsstöd.

9 Referenser

- [1] Energimyndigheten; "Produktion och användning av biogas år 2011", Statens energimyndighet, Eskilstuna september 2012
- [2] Energimyndigheten; "Produktion och användning av biogas år 2010", Statens energimyndighet ES 2011:07, Eskilstuna september 2011
- [3] Linné M., Ekstrandh A., Englesson R., Persson E., Björnsson L., Lantz M.; "Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror". Avfall Sverige rapport 2008:02, Malmö juli 2008
- [4] Avfall Sverige; "Svensk Avfallshantering 2012", Avfall Sverige AB, Malmö 2012
- [5] Jensen C., Stenmarck Å., Sörme L., Dunsö O.; "Matavfall 2010 från jord till bord", Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Norrköping december 2011
- [6] Avfall Sverige; "Kommuner med insamling 2011", http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/Biologisk/kallsorterad_matinsamling_aug_2011.pdf; tillgänglig 2012-11-22
- [7] Hellström H., Hellström E., Leander J.; "Insamlade mängder matavfall i olika insamlingssystem i svenska kommuner Nyckeltal och förutsättningar för insamlade mängder", Avfall Sverige Rapport 2009:1, Malmö mars 2009
- [8] Leander J. Sernland M.; "Nationell kartläggning av plockanalyser av hushållens kärll- och säckavfall", Avfall Sverige Rapport U2011:04, Malmö mars 2011
- [9] Nilsson J.; "Storstad och insamling av matavfall – en utmaning", Presentation på konferensen Avfall i nytt fokus september 2012
- [10] Miljödepartementet; "Svenska miljömål – preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål", Regeringskansliet DS 2012:23, Stockholm 2012
- [11] SOU 2012:56; "Mot det hållbara samhället – resurseffektiv avfallshantering", Stockholm 2012
- [12] SCB; "Befolkningsstatistik" Senaste besöksdatum 2012-08-24, 2011
- [13] Anderzén C. Hellström H.; "Hjälpmedel för introduktion av system för insamling av källsorterat matavfall", Avfall Sverige rapport 2011:19, Malmö oktober 2011
- [14] SCB; "Befolkningsframskrivningar, Befolkning 2000–2011 och prognos 2012–2060 efter inrikes och utrikes födda" http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____273428.aspx. Senaste besöksdatum 2012-09-03, 2012
- [15] Östlund Catarina; Personlig kommunikation, 2012-12-18.
- [16] Naturvårdsverket; "Mindre avfall mer resurser", Sveriges nationella avfallsplan 2012-2017, 2012
- [17] Vukucevic S., Bohn I., Bernstad Saraiva Schott A.; "Oundvikligt och onödigt matavfall" Biogas Syd, Augusti 2012,
- [18] Holgersson, P. Substratmarknadsanalys Sammanställning och analys av substratmarknaden. Avfall Sverige Rapport U2011:23, Malmö oktober 2011
- [19] M. Björnsson, M. Lantz, M. Murto och Å. Davidsson, "Biogaspotential i Skåne," Länsstyrelsen i Skåne län, Malmö 2011.

-
- [20] Lorentzon K., Östergren K., Andersson E., Ågren A.; "Att kombinera processintegration och miljösystemanalys för totalt minskad energiförbrukning", SIK, januari 2010 <http://sik50.se.kaigan.se/archive/pdf-filer-katalog/SR806.pdf>
- [21] Svensk Mjolk; "Mjölkinvägning 2000-2011". http://www.svenskmjolk.se/Global/Dokument/EPI-tr%C3%A4det/Statistik/Mjolkinvagning_per_lan_och_kommun_2000-2011.pdf?epslanguage=sv, Senaste besöksdatum: 2012-12-13, 2012
- [22] Svensk Mjolk, "Ost – tillverkning, försäljning och utrikeshandel" <http://www.svenskmjolk.se/Statistik/Mejeri-och-konsumtion/Ost/>, Senaste besöksdatum 2012-12-13, 2012
- [23] Svensk Mjolk 2012 "Strukturrapport 1 2012 från Svensk Mjolk" http://www.svenskmjolk.se/Global/Dokument/Dokumentarkiv/Marknadsrapporter/Strukturrapporter/Strukturrapport%201_2012_inkl%20Tabeller.pdf, Senaste besöksdatum 2012-12-13, 2012
- [24] Avfall Sverige; "Hantering av förpackat livsmedelsavfall", Avfall Sverige Rapport 2007:04, Malmö mars 2007, Reviderad oktober 2009
- [25] Eliasson K.; Muntlig källa. 2012-11-14.
- [26] Energimyndigheten; "Förslag till sektorsövergripande biogasstrategi Slutrapport", Energimyndigheten ER 2010:23,
- [27] Lantz M. Björnsson L.; "Biogas från gödsel och vall Analys av föreslagna styrmedel", Enviro AB beställd av LRF, Mars 2011
- [28] Jordbruksverket; Resultat från modellkörningar med marknadsmodellen SASM. Arbetsmaterial 2012
- [29] Avfall Sverige; "Kapacitetsutredning 2011, Tillgång och efterfrågan på avfallsbehandling till år 2020", Rapport F2012:03, ISSN 1103-4092, Malmö april 2012
- [30] IEA-Biogas.net. "Up-grading Plant List" http://www.iea-biogas.net/_download/Up-grading_Plant_List.pdf. Senaste besöksdatum: 2012-09-04, 2012.
- [31] Fransson M., Persson E., Steinwig C.; "Förbehandling av matavfall för biogasproduktion - inventering av befintliga tekniker vid svenska anläggningar", pågående projekt, version 2012-10-08
- [32] Bernstad A., Malmquist L., Truedsson C., la Cour Jansen J.; "Need for improvements in physical pretreatment of source-separated household food waste", Waste Management, 2012
- [33] Bohn I., Carlsson M., Eriksson Y., Holmström D.; "Utvärdering och optimering av metod för förbehandling av källsorterat hushållsavfall till biogasproduktion", Rapport SGC 216, Svenskt Gastekniskt Center, april 2010.
- [34] RVF Utveckling; "Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall. Bilaga 1a: Teknisk utvärdering rötningsanläggningar", RVF Utveckling rapport 2005:06, April 2005.
- [35] Carlsson, M. Holmström, D., Lagerkvist, A.; "Förbehandling av biogassubstrat i systemanalys". Pågående Waste Refinery projekt, WR 49.
- [36] Lantz M.; "Sävsjö biogas – Systemanalys". Enviro, maj 2012

-
- [37] BASE TECHNOLOGIES GmbH.; ”Biogasaufbereitungssysteme zur Einspeisung in das Erdgasnetz – ein Praxisvergleich”. <http://www.sev-bayern.de/content/bio-auf.pdf>. Senaste besöksdatum 2012-09-03. 2008
 - [38] Persson M., Jönsson O.; ”Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar”, Rapport SGC 172, Svenskt Gastekniskt Center, januari 2007
 - [39] Holmgren M. A.; ”Frilligt åtagande”, Avfall Sverige, http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Arbete/Kurser/2_Magnus_Holmgr en.pdf, Senaste besöksdatum 2012-12-11, 2012
 - [40] Person, T. Country report Sweden. http://www.ica-biogas.net/_download/publications/country-reports/2012/Country%20Report%20Sweden_Tobias%20Persson_Moss_04-2012.pdf. Senaste besöksdatum 2012-09-04. 2012
 - [41] Persson E., Tamm D., Fransson M., ”Ökad koncentration av växtnäring i biogödsel” Avfall Sverige rapport B2012:01, Malmö maj 2012
 - [42] Malmros P. ”Ökad biogasproduktion från matavfall ur ett praktiskt perspektiv”, Presentation från temadag om Biogas från matavfall 2012-11-20. http://www.jti.se/uploads/ovriga/Temabiogas2012_Peter.Malmros.pdf, Senaste besöksdag 2012-12-12
 - [43] Nilsson B., Liuksia S., Hagstam O., Olsson H., ”Improved digester performance for biogas generation”, Fourth International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice 2012.
 - [44] RVF Utveckling; ”Utvärdering av av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat biofall”, RVF utveckling rapport 2005:06, april 2005.
 - [45] Palm O.; ”Strategi för biogödsel och kompost U2011:06”, Avfall Sverige, Malmö augusti 2011.
 - [46] Roth L., Johansson N., Benjaminsson J.; ”Mer biogas! Realisering av jordbruksrelaterad biogas”, Grontmij, Malmö 2009
 - [47] Edström M.; Muntlig kommunikation, 2012-10-10
 - [48] Börjesson P. Lantz M.; ”Kostnader och potential för biogas i Sverige”, Lunds Universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Lund maj 2010
 - [49] Benjaminsson J., Goldschmidt B., Uddgren R.; ”Optimal integrering av energianvändningen vid energikombinatet i Norrköping”, VÄRMEFORSK Service AB, Stockholm september 2010
 - [50] Berglund P., Bohman M., Svensson M., Benjaminsson J.; ”Teknisk och ekonomisk utvärdering av lantbruksbaserad fordonsgasproduktion”, Rapport SGC 249, Svenskt Gastekniskt Center, februari 2012.
 - [51] Blom, H., Mccann, M., Westman, J; ”Småskalig uppgradering och förädling av biogas” En rapport åt Agroväst och Energigården. 2012
 - [52] Benjaminsson J., Nilsson R.; ”Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige”, Grontmij, februari 2009.
 - [53] Nilsson K.; ”PM - Behandlingsmöjligheter för matavfall vid rötningsanläggningar i södra och mellersta Sverige”, Ej publicerat material, Profu, Mölndal maj 2012.
 - [54] Energimyndigheten; ”Kortsiktsprognos över energianvändning och energi tillförsel 2011-2013”, Statens Energimyndighet ER 2012:05, Eskilstuna mars 2012

- [55] Energigas Sverige; "Sammanställning över antal gasfordon, gastankställen och såld gasvolym i Sverige 1995 till 2011"; tillgänglig: <http://gasbilen.se/Att-tank-a-pa-miljon/Fordonsgas-i-siffror/FordonsgasutvecklingSverige>
- [56] SCB; "Leveranser av fordonsgas år 2009-2011, totalt. Korrigerad 2012-09-14", SCB Tillgängligt: http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____310231.aspx
- [57] Regeringskansliet; "Nytt steg mot klimatneutralt Sverige: Regeringen tillsätter utredning för hur fordonsflottan ska bli fossiloberoende", Pressmeddelande 5 juli <http://www.regeringen.se/sb/d/16324/a/196401>, senaste besöksdatum 2013-01-18.
- [58] Profu (2012) Pågående arbete med att ta fram en Roadmap för fossiloberoende transportsektor, (www.transportroadmap.se)
- [59] Ny Teknik; "Hållbar kemi i Stenungsund" http://www.nyteknik.se/popular_teknik/smatt_gott/article3361602.ece, Senaste besöksdatum 2012-11-30.
- [60] Five Clusters; <http://www.kemiforetagenistenungsund.se/pdf/fiveclusters.pdf>, Senaste besöksdatum 2012-11-30.
- [61] Svenskt Vatten; "Vad är REVAQ", <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/>, senaste besöksdatum 2013-01-21.
- [62] Henriksson G., Palm O., Davidsson K., Ljung E., Sager A.; "Rätt slam på rätt plats", Waste Refinery rapport WR-41, Borås 2012.
- [63] Gasföreningen; "Klimatbonus för ökad andel biodrivmedel", juni 2009
- [64] Tamm D., Fransson M.; "Biogasproduktion för miljö och ekonomi", Naturvårdsverket, Stockholm juli 2011.
- [65] Åtta förslag för att sluta kretsloppet, Centerpartiet, Biogasrapport mars 2012
- [66] ATL; "S vill ha metanreduceringsstöd", 4 oktober 2012
- [67] Börjesson, P., Tufvesson, L. och Lantz, M.; "Livscykelanalys av svenska biodrivmedel", Rapport nr 70, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund maj 2010.
- [68] Gode J., Martinsson F., Hagberg L., Öman A., Höglund J., Palm D.; "Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter", VÄRMEFORSK Service AB, Stockholm april 2011.
- [69] Jordbruksverket; "Marknadsöversikt – vegetabilier", Jordbruksverket rapport 2012:26.
- [70] Svensk Mjölk; "Räkna på råproteinets marginalutbyte", <http://www.svenskmjolk.se/Mjolkgarden/Foder/Fodermedel/Spannmal/Rakna-paraproteinets-marginalutbyte/#.UPlq1x2zJ8E>, Senaste besöksdatum: 2013-01-18.
- [71] Jordbruksverket; "Husdjur efter län/riket och djurslag 1981-2011" <http://statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/Husdjur/Husdjur.asp>. Senaste besöksdatum 2012
- [72] Nordic Energy Perspectives; "The Future of Nordic District Heating - A First Look at District Heat Pricing and Regulation – Intermediate report", 2009
- [73] Haraldsson M och Holmström D; "Avfallsförbränning inom Sveriges fjärrvärmesystem", slutrapport för delprojekt 4 inom projektet Perspektiv på framtida avfallsbehandling (PFA)

-
- [74] Konjunkturinstitutet; "Prognoser från samtliga prognosinstitut", sammanställning i Excel-fil tillgänglig via www.konj.se, data nedladdad från aktuell version 2011-10-25, Stockholm, 2011
- [75] Konjunkturinstitutet; "Konjunkturbarometern augusti 2011", publicerad 2011-08-25, Stockholm, 2011
- [76] Naturvårdsverket; "Från avfallshantering till resurshushållning, Sveriges avfallsplan 2012–2017", remissutgåva 2011-09-12, Stockholm, 2011
- [77] Tufvesson L., Lantz M.; "Livscykelanalys av biogas från restprodukter", Rapport SGC 257, Svenskt Gastekniskt Center, juni 2012.
- [78] EvaPig. 2012. EvaPig® a free software for calculating energy, protein and mineral values of pig feeds. <http://www.evapig.com/>
- [79] SLU. 2012. Fodertabell för gris. <http://www.slu.se/sv/fakulteter/vh/institutioner/institutionen-for-husdjurens-utfodring-och-var/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/> Besökt 2012-05

A Systemgräns och modeller

I detta kapitel beskriver vi på en generell nivå vilka tekniska system som omfattas av systemstudien och vidare hur ansatsen med beräkningsmodeller utnyttjas för att studera dessa system.

A.1 Studerade system

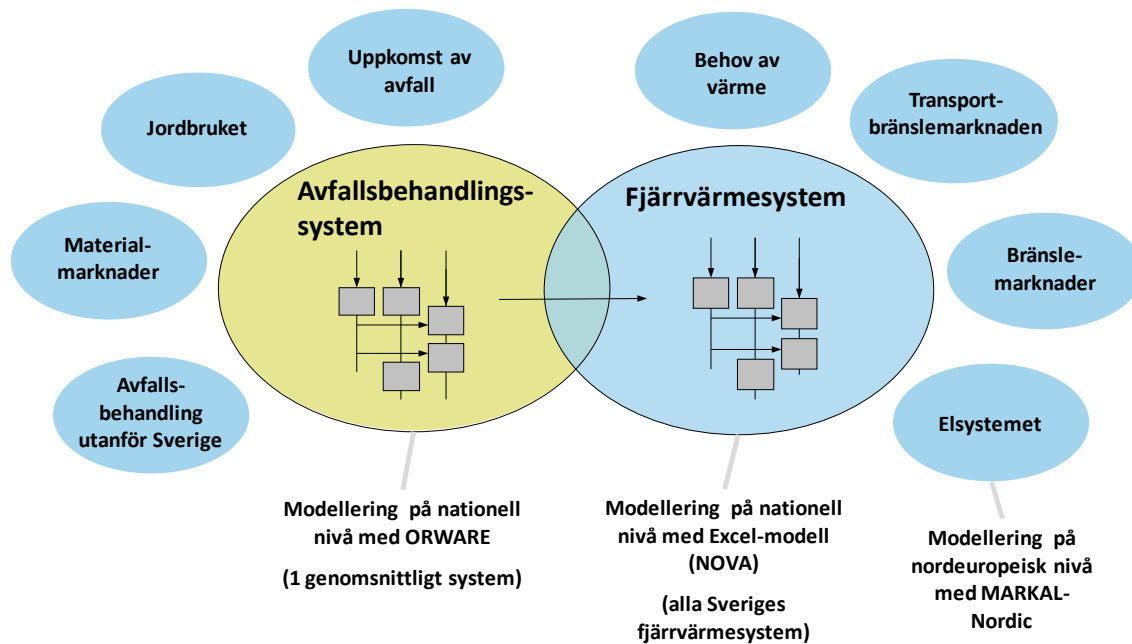
Inom ramen för projektet utvärderas hur olika styrmedel kommer att påverka avfallsmarknaden tekniskt och ekonomiskt samt ur klimatsynpunkt i ett systemperspektiv. Med systemperspektiv menas att de olika delarna i ett avfallssystem och deras inbördes relationer ingår, såväl som avfallssystemets beroende av omgivningen som t.ex. energi- och transportsystem. Utvärderingen sker på nationell nivå i Sverige.

Eftersom avfall även är en viktig del av energisystemet genom exempelvis förbränning (fjärrvärme, el) och biogasproduktion (värme, el, fordonsgas) så omfattar utvärderingen både avfalls- och energisystemet. I Figur 33 ges en schematisk beskrivning av avgränsningen för avfalls- och energisystemet och hur det interagerar med andra viktiga tekniska system i dess omvärld. Avfallssystemet illustreras med gulgrön färg och benämns ”Avfallsbehandlingssystem”.

De system som tillhör omgivningen är markerade med blå färg i Figur 33. Flera av dessa interagerar tydligt med avfallsbehandlingssystemet. För att beskriva konsekvensen av en förändring i systemet (t ex till följd av ett styrmedel) och därmed beskriva den resulterande miljömässiga och ekonomiska effekten av denna förändring, måste effekterna även i dessa omkringliggande system studeras och kvantifieras. Hur denna omvärld beskrivs och modelleras kan vara avgörande för resultaten, speciellt när den resulterande miljöpåverkan ska bedömas. Att fånga konsekvenserna i omgivningen kan ibland innebära omfattande analyser med kompletterande modeller.

Ett av de viktigaste omvärldssystemen är fjärrvärmesystemet. Inom begreppet fjärrvärmesystemet återfinns även elproduktion från kraftvärmeanläggningar kopplade till fjärrvärmesystemet. Fjärrvärmesystemet är viktigt för analyserna och studeras med en separat modell (NOVA-modellen). I praktiken innebär en modellstudie en iteration mellan två modeller, ORWARE för avfallssystemet och NOVA för fjärrvärmesystemet. NOVA används för att modellera de individuella fjärrvärmesystem som påverkas av förändrad avfallsförbränning.

Avgränsningen lämnar några delar av det övergripande avfallssystemet utanför systemet i fokus. Exempelvis finns inte avfallslämnarnas system med (hushållen, industrin mm). Studien gör inte heller anspråk på att beskriva och modellera alla flöden inom ett geografiskt avgränsat område, utan fokus ligger på de avfallsflöden som påverkas av de olika åtgärderna. I detta delprojekt av har även alternativ avsättning som djurfoder inkluderats inom systemgränsen. Dessa beräkningar beskrivs i D.



Figur 33. Systemgräns och modeller

Figure 33. Systems boundary and models.

I resultatanalysen studeras normalt förändringen av utsläpp till följd av en viss förändring. Praktiskt sett beräknas effekten som differensen mellan två modellkörningar:

- En referenskörning där modellerna ställs in efter en tänkt utveckling utan någon förändring
- En körning där den tänkta åtgärden genomförs (t.ex. introduktion av ett styrmedel)

Om man minskar mängden avfall till förbränning (t.ex. p.g.a. av att ett mål om utökad utsortering av matavfall antas uppfyllas) kommer en ledig kapacitet uppstå i förbränningsanläggningen. Genomgående i projektet antas att denna lediga kapacitet fylls med importerat brännbart avfall från länder där det annars skulle deponeras. Det importerade avfallet består av en blandning av papper, trä, plast och några ytterligare avfallsfraktioner och kan ha ett högre eller lägre värmevärde än det avfall som sorteras ut i exemplet med utökad utsortering av matavfall. Sammantaget innebär detta att både el- och värmeproduktionen från avfallsförbränning i Sverige kan öka eller minska samtidigt som deponering undviks i avsändarländerna. Det sistnämnda innebär att man måste ta hänsyn till avfallsbehandling utanför Sverige (se Figur 33).

I fallet att värmeproduktionen från avfallsförbränningen minskar måste övriga anläggningar i fjärrvärmesystemet öka produktionen medan det omvända gäller när värmeproduktionen från avfallsförbränningen ökar. Detta eftersom fjärrvärmebehovet inte påverkas av att avfallsbehandlingen förändras. Bland övriga anläggningar, som får ökad eller minskad drifttid, finns både anläggningar som producerar el (kraftvärmeanläggningar) och anläggningar som konsumerar el (värmepumpar). Nettoproduktionen av el (produktionen –

konsumtionen av el) i fjärrvärmesystemet kan därmed både öka och minska beroende på vilka bränslepriser, skatter och liknade som är aktuella för fjärrvärmeproduktionen. Vidare innebär detta att den totala nettoelproduktionen i avfalls- och fjärrvärmesystemet både kan öka och minska. Detta har stor betydelse för resultaten då förändringar i den totala nettoelproduktionen i avfalls- och fjärrvärmesystemet kompenseras av förändringar i omvärldens elproduktion.

Den ekonomiska analysen utförs på ett liknande sätt som för utsläppen. Men en väsentlig skillnad är att priser används för att hantera relationen mellan avfallsbehandlings- och fjärrvärmesystemet och omvärlden. Som exempel tas importerat avfall emot till ett marknadspris (mottagningsavgift) och ger en intäkt till avfallsbehandlingssystemet¹⁶. På så sätt kan en nettokostnad (kostnader – intäkter) beräknas för avfalls- och fjärrvärmesystemet.

A.2 Avfallshantering i ORWARE

ORWARE är en beräkningsmodell för utvärdering av miljöpåverkan från hantering av avfall. Modellen kan hantera både fasta och flytande, organiska och oorganiska avfall från olika källor. Grunden för modellering av avfallshantering i ORWARE är att de avfallslag som hanteras kan beskrivas på elementnivå, d.v.s. deras sammansättning av näringsämnen, kol, föroreningar som tungmetaller etc.

ORWARE-modellen har utvecklats sedan början av 1990-talet. Utvecklingen startade som ett forskningssamarbete mellan KTH, SLU, JTI och IVL. Utvecklingsarbetet ledde till en rad forskningsartiklar, avhandlingar och större studier. Numera används och vidareutvecklas modellen främst av Högskolan i Gävle, Profu, SLU och JTI.

Profu har inom ramen för projekt under 2010-2012 (framförallt PFA) utvecklat ORWARE för nationella studier av avfallshantering. Detta gäller såväl tekniska data som t ex avfallsflöden och verkningsgrader hos olika behandlingstekniker som ekonomiska data (t ex behandlingskostnader och intäkter utvunna produkter) och data rörande klimatpåverkande utsläpp. Vidare har beskrivningen och analysmöjligheterna av olika typer av materialåtervinning och biologisk behandling breddats och fördjupats.

ORWARE är uppbyggd av ett antal moduler som beskriver en process eller behandling. För att kunna beskriva dessa olika delar som utgör avfallshanteringen krävs en stor mängd information. Inför varje nytt projekt görs en avvägning hur mycket av informationen som måste inventeras i det specifika fallet. Avfallen följs genom modellen från hushållen via insamling och transporter till behandlingsanläggningar tills slutlig användning, nya produkter eller deponering.

I det följande presenteras de viktigaste parametrarna för modellens funktion med avseende på hantering av fast avfall. Guiden är indelad i systemrelaterade parametrar - hur det ser ut på ort och ställe - och studierelaterade parametrar - vilken typ av undersökning och vilken typ av resultat som önskas.

¹⁶ Mottagningsavgiften kan ses som ett netto av undviken kostnad i avsändarlandet och den tillkommande transportkostnaden av att skicka avfallet till Sverige istället för behandling i avsändarlandet.

A.2.1 Systemrelaterade parametrar

Nedanstående visar en översikt över de möjligheter som finns i ORWARE för att simulera avfallshantering. Varje del kräver olika mängder indata för att kunna fungera, vissa indata är allmänna för en viss process och påverkas inte nämnvärt, andra parametrar är mer kopplade till en existerande anläggning.

Avfallets ursprung

Avfallet som hanteras i modellen har sitt ursprung i hushåll, verksamheter och industrier. Dessutom kan andra material som inte är avfall - men som sambehandlas med avfall i syfte att öka en anläggnings kapacitet, t.ex. vallgröda och gödsel som samrötas med avfall - infogas i modellen. De olika avfallen delas sedan upp i mindre fraktioner som exempelvis organiskt avfall, brännbart avfall, förpackningar av metall, kartong, glas mm. beroende på hur avfallet är beskaffat.

Parametrar som är platsspecifika är mängderna avfall och hur olika avfallsfraktioner är sammansatta. Som exempel kan hushållsavfall användas. Hushållen genererar en mängd avfall som matavfall, förpackningar, brännbar och icke brännbar rest, m.m. Den information som krävs är hur mycket som finns av respektive fraktion och hur stor andel som sorteras ut som komposterbart och till materialåtervinning, och hur stor andel som hamnar i brännbar rest respektive inert fraktion. Övriga avfallskategorier hanteras på likartat vis.

Insamling och transporter

Avfall och andra material samlas in och transporteras till, från och mellan olika anläggningar för behandling eller omhändertagande. Modellen kan hantera ett antal olika fordon för insamling och transporter: insamlingsfordon, lastbil med eller utan släp, tankbil för pumpbara substrat etc.

Insamlings- och transportfordon i modellen består av indata som är platsspecifika, t.ex. fordonslaster och transportavstånd. Andra parametrar som energiförbrukning per km samt utsläpp från transporter är parametrar som generellt inte skiljer sig mellan olika studier utförda vid samma tidpunkt.

Behandlingsanläggningar

Behandlingsanläggningar i ORWARE är optisk sortering, förbehandling innan biologisk behandling, förbränning med energiutvinning, kompostering, deponering, rötning, uppgradering av biogas till fordonsgas, biogasfordon, avvattning/behandling av rötrest, spridning av biogödsel och kompost på åkermark, reningsverk samt materialåtervinning. Modellen är dock flexibel och nya tekniker (t.ex. termisk förgasning), åtgärder m.m. kan relativt enkelt läggas in och studeras med modellen.

De parametrar som är påverkningsbara för behandlingsanläggningar är olika prestandaparametrar för drift och skötsel av anläggning som verkningsgrader, energianvändning, reningsgrader etc. Parametrar som normalt inte är påverkningsbara är parametrar som påverkar inre processer i anläggningarna t.ex. mikrobiella aktiviteten i rötnings- och komposteringsanläggningar.

Ekonomi

För att belysa det ekonomiska resultatet för systemen kan investeringskostnader samt drifts- och behandlingskostnader för respektive anläggningar inventeras. I systemanalysen bedöms kostnader för hela hanteringskedjan, behandling samt eventuell lagring av slutprodukter. Parametrar som är aktuella för resultatet är exempelvis, investeringskostnader, transportkostnader, elpris, pris på fordonsgas samt alternativkostnader för olika avfallsprodukter som t.ex. växtnäring i form av fosfor och kväve.

A.2.2 Studierelaterade parametrar

Från modellen genereras stora mängder resultat i form av materialflöden. Materialflödena ut från modellen fördelas som utsläpp till luft, vatten eller mark, kvar i material etc. Dessutom tillkommer energi tillförd till avfallshantering och energi utvunnen från hanteringen.

Resultat kan erhållas som utsläpp av enskilda ämnen t.ex. koldioxid till luft eller utsläpp av övergödande ämnen till vatten. Vidare kan resultat som mängd växtnäring, fosfor eller kväve till åkermark, tungmetaller till mark och vatten m.m. erhållas. Utsläpp av olika ämnen kan med hjälp av viktningsfaktorer från livscykelanalys sammanställas till miljöpåverkanskategorier som klimatpåverkan, övergödning etc.

Utifrån de studerade parametrarna analyseras systemen utifrån både företagsekonomiska, samt miljömässiga aspekter. Detta ger en bild av både de direkta kostnaderna och vinsterna av behandlingsanläggningarna, samt för de indirekta aspekter som påverkar samhället som helhet.

A.3 Fjärrvärmeproduktion i NOVA

När avfallsförbränningen ökar eller minskar i Sverige kommer den förändrade värmeleveransen påverka annan form av värmeproduktion. Anledningen är att fjärrvärmeefterfrågan är konstant oavsett mängden avfallsförbränning. Vad den alternativa värmeproduktionen utgörs av är olika från ett fjärrvärmesystem till ett annat. Alternativet varierar också kraftigt under året. I vissa system har man idag ett överskott på värme sommartid vilket innebär att alternativet är att inte generera någon värme alls. Under vintertid är det vanligen dyrare alternativ som pellets, olje- och elpannor som är alternativet till avfallsbränslet.

För att bedöma kostnaden för och utsläppen från den alternativa värmeproduktionen använder vi här en modell som ursprungligen tagits fram inom forskningsprojektet Nordic Energy Perspectives [72] och vidareutvecklats inom PFA delprojekt 4 "Avfallsförbränning i fjärrvärmessystemen" [73].

Modellen (NOVA) utgår ifrån officiell statistik över värmeproduktionen i alla Sveriges fjärrvärmesystem. Denna har använts för att bygga upp fjärrvärmeproduktionen i alla system. Modellen har sedan använts för att studera vilka produktionsenheter som ligger på marginalen i svenska fjärrvärmesystem med avfallsförbränning (det vill säga de anläggningar som direkt påverkas av en förändrad efterfrågan eller produktion av värme).

En genomsnittlig marginalvärmeproduktion för dessa fjärrvärmesystem har skapats genom att systemen viktats samman baserat på deras totala värmeleverans.

I och med att modellen innehåller uppgifter om vilken typ av anläggning som ligger på marginalen kan man beräkna såväl bränsleanvändning som kostnader för denna produktion. Modellen har därmed använts för att här beskriva kostnaden och utsläppet som uppstår när avfallsförbränningen minskar eller ökar. För beräkningarna har använts prognostiserade värden för 2020 (se även avsnitt 0) för bränsle-, el-, certifikat- och utsläppsrättspriser samt för övriga skatter och avgifter.

Modellen beskrivs i detalj i rapporten för delprojekt 4 [73].

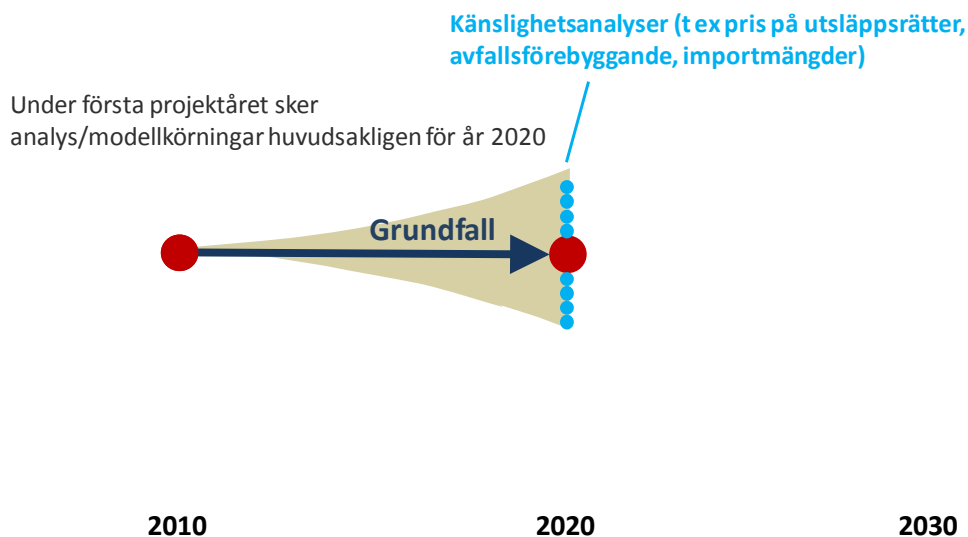
B Förutsättningar i Grundfall 2020

Grundfallet utgör en referens att jämföra emot när man analyserar de olika frågeställningarna i forskningsarbetet (t ex förändrade/nya styrmedel eller förändrade förutsättningar för import). Grundfallet är gemensamt för hela PFA-projektet.

Grundfallet beskriver

- en tänkbar utveckling för svensk avfallsbehandling avseende fördelningen av olika behandlingstekniker
- tänkbara värden för de omvärldsfaktorer som påverkar avfallsbehandlingen men som inte påverkas av de val man gör rörande avfallsbehandlingen. Urvalet görs baserat på erfarenheter från tidigare studier där vi funnit parametrar som har betydelse för utfallet för avfallssystemet. Exempel på dessa omvärldsfaktorer är: utsläppsrätter, råoljepris, elcertifikat och materialpriser

I analyserna för år 2020 görs sedan känslighetsanalyser till Grundfall 2020 där olika parametrar förändras, var för sig, beroende på frågeställning (se schematisk illustration i Figur 34). Utfallet jämförs sedan med utfallet i Grundfall 2020 för att bedöma påverkan av parametern. Förutsättningarna i Grundfall 2020 beskrivs mer i detalj i följande avsnitt.



Figur 34. Schematisk illustration av Grundfall 2020 och känslighetsanalyser

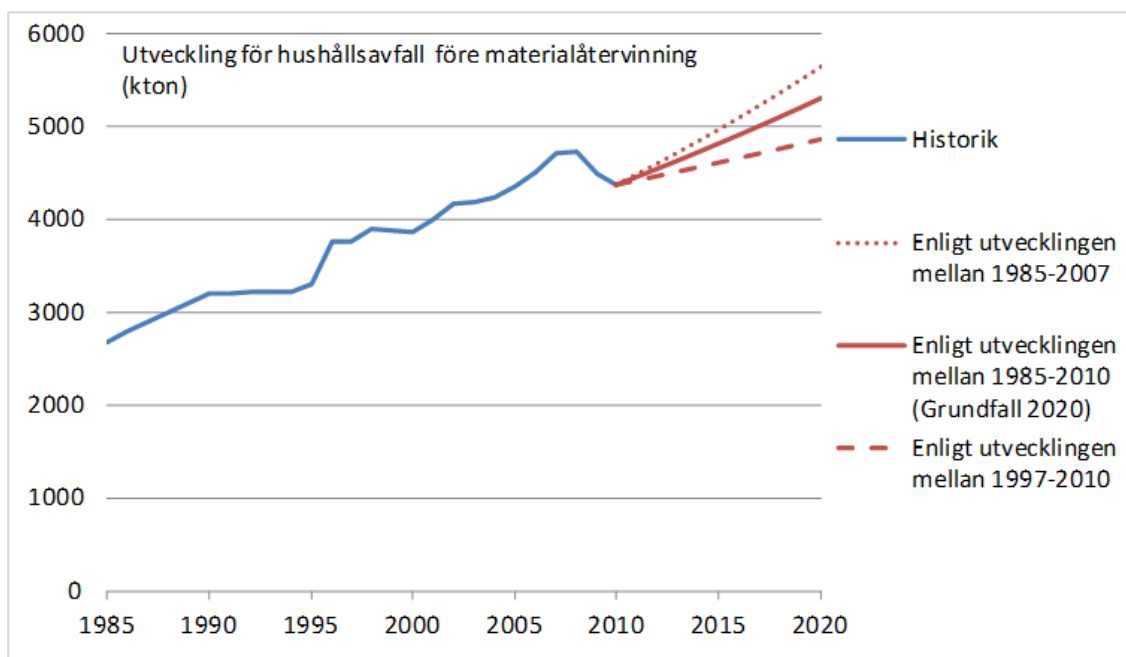
Figure 34. Illustration for "Grundfall 2020" and sensitivity analyses.

För att ta fram Grundfall 2020 har vi utgått från dagens situation, det vill säga det senaste år vi har tillförlitlig data för. Givet att projektstarten var under år 2011 valdes 2010 som representativ för dagens situation. Grundfall 2020 togs fram under år 2011 huvudsakligen inom ramen för delprojekt 2 men har också stämts av med arbetsgrupper inom övriga delprojekt som startade under 2011 (delprojekt 1 och 4) och med referensgruppen.

För delprojekt 3, som startades under år 2012, har en uppdatering gjorts rörande målen för biologisk behandling inom ramen för delprojekt 3 eftersom dessa mål har justerats genom den slutliga versionen av den svenska avfallsplanen som kom under 2012.

B.1 Uppkomna avfallsmängder (innan effekter av avfallsförebyggande)

Avfallsmängderna skrivs fram under perioden 2010-2020 utifrån historisk utveckling och prognoser för den ekonomiska tillväxten. För hushållsavfall används i Grundfall 2020 den genomsnittliga tillväxttakten under perioden 1985-2010, vilket motsvarar en årlig ökningstakt på 2,0 % per år. I Figur 35 illustreras hur den totala mängden hushållsavfall då ökar från knappt 4,4 Mton år 2010 till 5,3 Mton år 2020. Figuren visar även några alternativa utvecklingar till 2020 om man skulle utnyttja historisk utveckling för perioder med låg avfallstillväxt (1997-2010, 1,1 % per år) respektive med hög avfallstillväxt (1985-2007, 2,6 % per år). Dessa kan ses som exempel på möjliga känslighetsanalyser.



Figur 35. Utvecklingen för mängden hushållsavfall före materialåtervinning (Källa: Profus bearbetning av statistik från Avfall Sverige)

Figure 35. Development for the amount house hold waste before material recycling (Source: Profus processing of statistics from Avfall Sverige).

Mängden verksamhetsavfall antas följa utvecklingen för BNP. Här har vi utnyttjat de (dystra) uppdateringar av de ekonomiska prognoserna som diverse konjunkturbedömare (Storbankerna, Konjunkturinstitutet etc.) gjort för ekonomin under hösten 2011 [74]. Dessa kortsiktiga prognoser sträcker sig fram till 2013. För utvecklingen därefter är det endast [75] som gjort bedömningar, vilka vi här har utnyttjat. Baserat på dessa prognoser antas BNP (och därmed även mängderna verksamhetsavfall) växa med en årstakt på 2,2 % under perioden 2010-2020. Detta motsvarar en total ökning på 25 % under perioden 2010-2020.

B.2 Avfallsförebyggande (inklusive återanvändning)

I mars 2011 föreslog Miljömålsberedningen nya etappmål som syftar till att öka resurshushållningen i livsmedelskedjan till år 2015 (SOU 2011:34). De föreslagna målen för matavfall ska öka resurshushållningen genom att:

- Matavfallet minskar med minst 20 procent jämfört med år 2010.

Detta mål fanns även inskrivet i remissversionen av den nya nationella avfallsplanen[76]. I Grundfall 2020 antas att detta mål uppfylls till år 2020.

I *Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror* [3] används nyckeltalet 128 kg matavfall/invånare för att beräkna den totala mängden matavfall som uppstår årligen totalt sett från hushåll, restauranger, storkök och butiker. Tillsammans med statistik från SCB över befolkningens mängden i Sverige [12] kan den totala mängden matavfall som uppstod år 2010 därmed uppskattats till cirka 1 200 kton matavfall.

Utifrån antagandet ovan om att man uppnår en minskning av uppkomna mängder med 20 % jämfört med 2010 krävs att de uppkomna matavfallsmängderna år 2020 har minskat med cirka 240 kton. Enligt dessa antagande uppstår det 960 kton matavfall år 2020 inom hushåll, restauranger, storkök och butiker om målet uppfylls.

Vidare finns i den nya nationella avfallsplanen [16] följande mål:

- Återanvändning av textilier och materialåtervinning av textilavfall ska öka

I Grundfall 2020 antas att detta mål innebär att mängden textilavfall minskar med 10 % jämfört med år 2020. Enligt SMED (2011) slängs idag cirka 8 kg textilavfall per person i säck- och kärlavfallet som går till förbränning. Givet befolkningens mängden år 2010 motsvarar detta en total mängd på drygt 75 kton år 2010. Med måluppfyllelse år 2020 uppgår denna mängd till knappt 68 kton år 2020.

B.3 Materialåtervinning

Följande mål antas vara uppfyllda år 2020:

- *Senast år 2020 ska förberedandet för återanvändning, materialåtervinning och annat materialutnyttjande av icke-farligt byggnads- och rivningsavfall vara minst 70 viktprocent.* Målet finns i Miljömålsberedningens förslag till etappmål (SOU 2011:34) såväl som i den nya nationella avfallsplanen [16];
- *Materialåtervinning av papper, metall, plast och glas från hushåll skall vara minst 50 % år 2020, enligt EUs ramdirektiv (2008/98/EG).* Målet uppnås redan idag för alla avfallsslag utom plastförpackningar¹⁷. Vi antar därför att målet på 50 % materialåtervinning av plastförpackningar uppnås. Noterbart är att i Miljömålsberedningens förslag till etappmål (SOU 2011:34) skriver man att Sverige bör sätta upp mer ambitiösa mål. Några sådana mål finns dock ännu inte.

¹⁷ Målet i ramdirektivet omfattar inte enbart förpackningar. Vi beräknar ändå måluppfyllelse för förpackningar, eftersom dessa omfattas av det svenska producentansvaret.

En uppskattning av måluppfyllelsen visar att mängden avfall till förbränning skulle minska med omkring 250 kton/år till år 2020, varav det första målet står för cirka 200 kton och det andra målet för cirka 50 kton. Hänsyn är tagen till avfallstillväxt enligt ovan.

B.4 Biologisk behandling

I mars 2011 föreslog Miljömålsberedningen nya etappmål som syftar till att öka resurshushållningen i livsmedelskedjan till år 2015 (SOU 2011:34). Följande mål (som även finns inskrivet i remissversionen av den nya nationella avfallsplanen) gäller biologisk behandling:

- Minst 40 procent av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger behandlas biologiskt så att växtnäring och energi tas tillvara.

I utgångsläget har det antagits att utsorteringsgraden för matavfall år 2010 är 24 % (Avfall Sverige, 2011). I Grundfall 2020 antas ovanstående mål uppnås år 2015 och utsortering fortsätter sedan att öka till 50 % år 2020. Den beräknade mängden matavfall som utsorteras till biologisk behandling år 2020 är med dessa förutsättningar cirka 480 kton.

Baserat på ovanstående data om avfallsökning, avfallsförebyggande och ökad utsortering av matavfall till biologisk behandling samt data från Avfall Sverige (2011, 2011b) om övriga avfallsmängder till biologisk behandling och Profus sammanställningar av biologisk behandlingskapacitet så ges följande bild av situationen år 2010 och år 2020 (i Grundfall 2020):

Tabell 10. Kapacitet i rötningsanläggningar år 2010 och 2020

Table 10. Capacity in co-digestion facilities in year 2010 and year 2020

	2010 (kton)	2020 (kton)
Kapacitet (existerande, byggstartad och övriga planer)	560	1010
Inhemska mängder	490	730
Outnyttjad kapacitet	70	280

Av den totala kapaciteten år 2020 så utgör drygt 900 kton rötning.

B.5 Förbränning

Den existerande kapaciteten kvarstår och alla kända planer på utbyggd/ny kapacitet antas bli färdigställda. Detta innebär att den totala kapaciteten i pannor för förbränning av blandat avfall och utsorterade avfallsbränslen ökar från knappt 5,2 Mton år 2010 till drygt 6,9 Mton år 2020.

År 2010 beräknas den inhemska förbrända mängden till drygt 4,4 Mton. Övriga mängder antas ha utgjorts av import då pannorna utnyttjades med i princip 100 % belägningsgrad.

Med ovanstående antaganden om avfallsmängder, avfallsförebyggande, materialåtervinning och biologisk behandling beräknas de inhemska nationella mängderna till förbränning år 2020 till drygt 4,4 Mton, det vill säga de blir i princip oförändrade jämfört med år 2010.

I Grundfall 2020 antas att beläggningsgraden är 100 % även år 2020. Detta innebär ett sammanlagt importbehov på 2,6 Mton år 2020.

Vidare antas att avfallsförbränning i Sverige:

- OMFATTAS av handeln med utsläppsrätter
- Får tilldelning av elcertifikat PÅ SAMMA SÄTT som idag, det vill säga endast för utsorterade träavfallsfraktioner.

B.6 Omvärldsfaktorer 2020

Här inkluderas omvärldsfaktorer som påverkar avfallsbehandlingen men som inte påverkas av de val man gör rörande avfallsbehandlingen och som vi från tidigare studier har konstaterat har betydelse för utfallet när man utvärderar olika avfallsbehandlingstekniker.

Priser på återvunnet material: Dessa antas reellt ha stigit jämfört med år 2010. Motivet är att en fortsatt global råvaruefterfrågan driver upp efterfrågan på jungfruliga råvaror, vilket i sin tur driver upp efterfrågan på återvunnet material. Följande prisnivåer antas år 2020 för insamlat och försorterat material fritt återvinningsföretag (i dagens penningvärde):

- Tidningar: 650 SEK/ton
- Pappersförpackningar: 420 SEK/ton
- Metallförpackningar: 1300 SEK/ton
- Glasförpackningar: 650 SEK/ton

Fjärrvärmeefterfrågan: I linje med basfallet i rapporten "Fjärrvärmen i framtiden – behovet" (Svensk Fjärrvärme Rapport 2009:21) antas att fjärrvärmeefterfrågan nationellt minskat år 2020 jämfört med år 2010. I referensen bedöms den normalårskorrigerade fjärrvärmeefterfrågan minska med 10 % under perioden 2007-2025. Huvudorsaken är ökad energieffektivisering i den existerande, fjärrvärmeanslutna bebyggelsen. Här antas att den nationella normalårskorrigerade efterfrågan på fjärrvärme år 2020 är 5 % lägre än år 2010.

Energi- och CO2-skatter på bränslen och drivmedel: Här utgår vi ifrån 2011 års nivåer och gör endast de justeringar som är beslutade under perioden 2011-2020.

Bränslepriser (exklusive skatter, fritt anläggning):

Enligt följande förslag år 2020 (i dagens penningvärde)

- o Råolja: \$100/fat
- o Eldningsolja 1: 560 SEK/MWh
- o Eldningsolja 5: 470 SEK/MWh
- o Naturgas: 330 SEK/MWh
- o Skogsflis: 240 SEK/MWh

- o Träpellets: 370 SEK/MWh
- o Torv: 150 SEK/MWh

Här har vi generellt lutat oss mot de bedömningar våra kollegor inom energigrupperna på Profu gjort för analyser rörande år 2020 under sommaren/hösten 2011.

Råoljepriset baseras på OECD/IEAs publikation "World Energy Outlook 2010". För 2020 har man tre olika scenarier, där råoljepriset varierar mellan \$90/fat och \$110/fat. Vi har här valt att lägga oss mitt i detta intervall.

Priset för eldningsolja 1 och 5 är direkt avhängigt råoljepriset.

Även bedömningen av naturgaspris har sin grund i "World Energy Outlook 2010" med anpassning till de förhållanden som gäller vid leveranser i Sverige.

För skogsflis baseras priset på dagens nivåer och en rimlig utveckling baserat på fortsatt ökad nationell och internationell efterfrågan på biobränslen. För träpellets ligger prisnivåerna idag cirka 130 SEK/MWh över priset på skogsflis och detta förhållande antas gälla även år 2020.

Priset för torv relateras till priset för skogsflis minus kostnaden för utsläppsrätter (torv belastas med detta vilket minskar betalningsviljan för detta bränsle i förhållande till skogsflis)

Priser på el, elcertifikat och utsläppsrätter:

Enligt följande år 2020 (i dagens penningvärde)

- o El: 475 SEK/MWh el
- o Elcertifikat: 225 SEK/MWh el
- o Utsläppsrätter: 25 euro/ton CO₂

Elpriset matchar väl priset på långa terminer (2013-2016) och ligger också i linje med bedömningar som gjorts i forskningsprojekt inom energiområdet.

Priset på elcertifikat antas sättas av kostnaden för landbaserad vindkraft och elpriset. Produktionskostnaden för vindkraft inkl. investering uppgår till cirka 600-800 SEK/MWh (enligt "El från nya anläggningar 2011"). Summan av el+elcertifikat bör därför ligga inom detta spann varför vi valt en nivå på elcertifikaten som gör att vi hamnar mitt i detta intervall. Terminspriser på elcertifikat för år 2015 och 2016 ligger på cirka 230 SEK/MWh. Priset på utsläppsrätter baseras på bedömningar som gjorts i forskningsprojekt inom energiområdet.

C Centrala indata för rötning och mängder vid modellering

C.1 Miljövärdering av el

Till skillnad från exempelvis direkt användning av fossila bränslen är en miljövärdering av elanvändning avsevärt mer komplicerad. Det kan till exempel handla om att uppskatta effekten på CO₂-utsläppen av att man byter från oljevärme till elvärme eller värmepump. Svårigheterna beror som bekant på dels att el produceras på väldigt olika sätt och dels att en viss elanvändning inte direkt kan kopplas till en viss typ av elproduktion. Detsamma gäller en miljövärdering av elproduktionen. Vad är till exempel miljövärdet av att bygga ett nytt kraftvärmeverk? I en sådan analys måste man förhålla sig till hela det system inom vilket kraftvärmeverket finns och vilka systemförändringar som kraftvärmeverket ger upphov till.

Metod

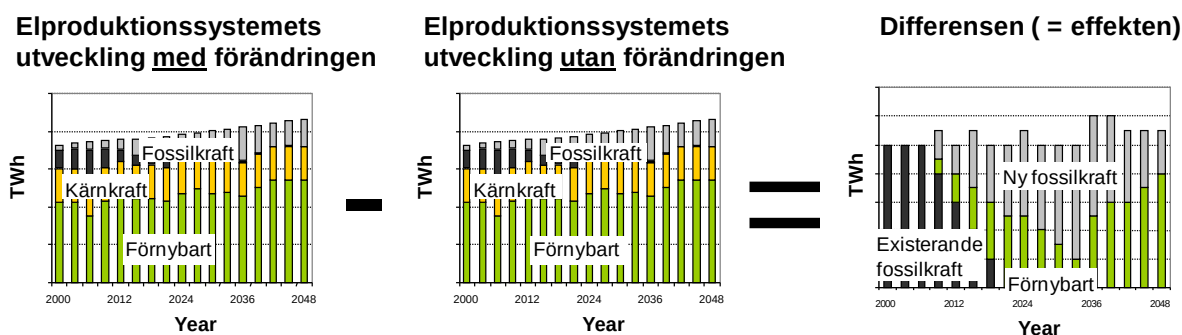
Vår ansats för att göra en klimatvärdering (uppskatta CO₂-utsläppen) av elanvändning (eller elproduktion) fokuserar på kärnfrågan, det vill säga: vilka blir *systemeffekterna* av en *förändring* i elanvändning (eller elproduktion). Generellt är det nämligen just förändringar gentemot ett referensfall som vi vill studera: till exempel en *ökning* eller *minskning* i elanvändning alternativt en *ökning* i elproduktion genom en investering i till exempel ett nytt vindkraftverk eller kraftvärmeverk eller en *minskning* i elproduktion genom utfasning av ett kolkraftverk eller ett kärnkraftverk. Vi förhåller oss alltså egentligen inte direkt till de principer som man idag ofta nämner i samband med miljö- eller klimatvärdering av el, till exempel medel- eller marginalet. Medel- eller medelvärdering, det vill säga att man använder svensk, nordisk eller nordeuropeisk medel, för att bedöma klimateffekten av el är en princip som används relativt ofta. Den har dock uppenbara svagheter eftersom den inte ger oss svaret på *effekten av förändringar* i elanvändning eller elproduktion. Medel är istället en statistisk bild av hur el totalt sett produceras i ett land eller en region. Marginal i sin tur definieras som (små) förändringar i elproduktion till följd av (små) förändringar i elanvändning (eller elproduktion) på kortare sikt. Den ”klassiska” marginalet är därmed kolkondens i det nordiska systemet eftersom det är det dyraste kraftslaget och det som mest påverkas av att elanvändningen (eller produktionen) förändras av något skäl. Marginalsynsättet har med andra ord mycket gemensamt med vår metod.

För att göra bedömningar av klimateffekterna av en förändrad elanvändning eller elproduktion använder vi oss av ett modellverktyg, MARKAL-NORDIC. Modellen omfattar det stationära energisystemet (el- och fjärrvärmeproduktion samt energianvändning inom industri, bostäder och service) i de fyra nordiska länderna, Sverige, Norge, Finland och Danmark. För att inkludera elhandeln med Kontinentaleuropa ingår även en beskrivning av elproduktionssystemen i Tyskland och Polen. Tidshorisonten i modellen är från idag till och med 2050. I modellen inkluderas också de koldioxidutsläpp som är relaterade till energiomvandling. Därmed lämpar sig modellen väl för att studera klimateffekter av de långsiktiga förändringar i elanvändning (eller elproduktion) som vi är intresserade av här.

Som vi nämnde ovan är vi oftast intresserade av att studera effekter av långsiktiga förändringar gentemot ett referensfall, till exempel en ökning i elanvändning på grund av att en ny industrianläggning etableras eller på grund av ett skifte från oljevärme till elvärme eller värmepump. Effekterna av sådana långsiktiga förändringar är naturligtvis också i sin

tur långsiktiga till sin karaktär. Som vi kommer att se leder sådana långsiktiga förändringar inte bara till effekter på befintlig kraftproduktion utan påverkar även nyinvesteringar, till exempel genom tidigareläggning (på grund av ökad elanvändning) eller senareläggning (på grund av minskad elanvändning). Vi definierar därför vår klimatvärdering som den *långsiktiga marginaleffekten* (av en förändrad elanvändning eller elproduktion). Ibland används även begreppet komplex marginaleffekt för att understryka att det generellt rör sig om en mix av olika produktionsslag och en blandning av befintlig och ny produktionskapacitet.

Den långsiktiga marginaleffekten beräknas utifrån två på varandra följande modellberäkningar. Den första beräkningen, "referensfallet", beskriver ett energisystem som utvecklas på ett sådant sätt som vi idag upplever som rimligt eller naturligt. Det inkluderar energibehovsutveckling, teknisk utveckling, styrmedel, utvecklingen på energi- och bränslemarknaderna med mera. Den andra beräkningen, "förändringsfallet" beskriver exakt samma utveckling som referensfallet *såväl* som på att den förändring vars effekter vi vill studera, inkluderas. Är det då klimateffekten av en ökning i elanvändning som skall studeras så läggs just denna ökning i elanvändning in i förändringsfallet (utöver den eventuella ökning över tiden som redan finns med i referensfallet). Eftersom vi intresserar oss för effekter på elproduktionssidan så studerar vi differensen i elproduktion mellan alternativfallet och referensfallet. På motsvarande sätt kan vi bedöma effekten på CO₂-utsläppen genom att analysera differensen i CO₂-utsläpp mellan de bägge modellberäkningarna. Vi har då på ett modellkonsistent vis isolerat orsak-verkan-sambandet mellan förändringen och effekten av förändringen. Eftersom modellen omfattar även andra delar i energisystemet så kan vi också studera i vilken utsträckning den analyserade förändringen leder till effekter utanför elsystemet. Oftast utgörs dessa av andra ordningens effekter. I Figur 36 nedan åskådliggörs principen för den beskrivna beräkningsmetoden.



Figur 36. Metodprincipen för att bestämma den långsiktiga marginaleffekten

Figure 36. The principle of the method to determine the long-term marginal effect

Utifrån våra modellanalyser av den långsiktiga marginaleffekten i en rad tidigare beräkningsuppdrag har vi kunnat konstatera det som nämndes ovan, nämligen att effekten är en blandning av olika energislag (egentligen olika elproduktionssätt) och en blandning av existerande och ny kapacitet. Därmed är synsättet "kolkondens på marginalen", vilket präglar den kortsiktiga marginalesprincipen, enligt vårt förmenande en kraftig förenkling av bilden, i synnerhet över ett lite längre tidsperspektiv.

C.2 Klimatpåverkan från olika växthusgaser

Vid beräkningar av klimatpåverkan inkluderas utsläpp av koldioxid, metan och lustgas. Koldioxid av förnybart ursprung inkluderas generellt ej då det anses att motsvarande mängd koldioxid binds när nytt förnybart material växer fram (t ex när nya träd växer upp där träd avverkats för användning bland annat som biobränsle). Men i fallet med koldioxidavskiljning och deponering så inkluderas koldioxid av förnybart ursprung eftersom denna mängd koldioxid kommer att lämna atmosfären och därmed leda till minskad klimatpåverkan.

Utsläppen värderas utifrån dess klimatpåverkan i ett 100-årsperspektiv. Metan och lustgas är starkare klimatpåverkande gaser än koldioxid och dessa utsläpp kvantifieras och omräknas sedan till koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv.) utifrån deras relativa klimatpåverkan. För metan används omräkningsfaktorn 25 och för lustgas omräkningsfaktorn 298.

C.3 Mängder

Dessa uppkomna mängder har tagits fram inom projektet. Det baseras på en rad olika källor som beskrivits i kapitel 3.

Tabell 11. Uppkomna mängder avfall och restprodukter år 2010 och 2020 som använts inom projektet.

Table 11. Generated amounts of wastes and by-products year 2010 and 2020 used in the project.

Huvudkategorier	Underkategorier	Avfall/ restprodukt	Enhet	Totala uppkomna mängder	
				2010	2020
Matavfall	Hushåll, restauranger, storkök och butiker	Matavfall	kton/år våtvikt	1 200	1 300
Industri/verks.avfall	Restauranger	Fettavskiljar-slam	kton/år våtvikt	75	75
Industri/verks.avfall	Kött och chark (slakterier)	Slakteriavfall (kat 3)	kton/år våtvikt	123	123
Industri/verks.avfall	Kött och chark (slakterier)	Slam&gödsel	kton/år våtvikt	66	66
Industri/verks.avfall	Mejerier	Vassle	kton/år våtvikt	1030	1030
Industri/verks.avfall	Mejerier	Fodermjök	kton/år våtvikt	172	172
Industri/verks.avfall	Mejerier	Fettslam från reningsverk	kton/år våtvikt	94	94
Industri/verks.avfall	Bagerier och kvarnar	Spannmålsavrens	kton/år våtvikt	57	57
Industri/verks.avfall		Förpackat matavfall	kton/år våtvikt	50	50
Industri/verks.avfall	Övrig livsmedelsindustri	Matavfall och restprodukter från diverse industrier	kton/år våtvikt	141	140
Gödsel	Nöt	Flytgödsel	kton TS/år	470	424
Gödsel	Nöt	Fastgödsel/dj upströ	kton TS/år	428	670
Gödsel	Svin	Flytgödsel	kton TS/år	217	250
Gödsel	Svin	Fastgödsel/dj upströ	kton TS/år	64	60
Gödsel	Får	Totalt	kton TS/år	48	48
Gödsel	Fjäderfä	Totalt	kton TS/år	106	106
Gödsel	Häst	Totalt	kton TS/år	272	272

C.4 Processparametrar

Processparametrarna i kolumnen "Grundfall" är de som använts i modelleringen. I utvecklingspotential är de som används vid olika teknikutvecklingar.

Tabell 12. Använda processparametrar i modellen för "Grundfall" och utvecklingspotential.

Table 12. Process parameters used in the model for "Grundfall" and potential of improvements.

Processparametrar	Enhet	Grundfall	Utvecklingspotential
Förbehandling			
Rejektandel	%	20	10
Elanvändning	kWh/ton	30	15
Gårdsanläggning			
TS-halt i rötkammare	%	9	9
Temperatur i rötkammare, mesofil	°C	37,5	37,5
Uppehållstid, mesofil	dagar	24	24
Elanvändning	kWh/ton	5,3	5,3
Värmeåtervinning	1	0	0
Metanläckage	%	2	2
TS-halt biogödsel	%	5	5
Avsättning biogas		Värme/el	Värme/el
Fackling	%	1	1
Samrötning			
TS-halt i rötkammare	%	3,6	10
Temperatur i rötkammare, termofil	°C	53,2	53,2
Temperatur i rötkammare, mesofil	°C	37,5	37,5
Uppehållstid, termofil	dagar	21	21
Uppehållstid, mesofil	dagar	30	30
Elanvändning	MJ/ton	72	72
Värmeåtervinning	%	50	50
Metanläckage	%	1,5	0,5
TS-halt biogödsel	%	3,3	5,0
Andel biogas till fackling	%	3	3
Avsättning biogas		Fordonsgas	Fordonsgas
Andel biogödsel till spridning åker	%	100	100
Avsättning biogas			
Gasuppgradering - metanemission	% av rågas	1	0,25
Gasuppgradering – elanvändning rening och komprimering	% av rågas	5	4

C.5 Kostnader

Dessa indata har i modellen använts för att beräkna kostnader. Systemkostnader för el och värme sätts av priset i Grundfall 2020.

Tabell 13. Indata för rötningskostnader som använts i modellen.

Table 13. Costs for anaerobic digestion used in the model.

Förbehandling (enbart matavfall)	Enhet	Valda nivåer
Specifik investering	kr/ton	1000
Ränta	%	5
Avskrivningstid	år	15
Kapitalkostnader	kr/ton	96
Underhållskostnad	kr/ton	109
Personalkostnad	kr/ton	24
Elanvändning	kWh/ton	30
Spädvattenanvändning	m ³ /ton	0,6
Summa förbehandling	kr/ton	265
Rötning (alla substrat)		
Specifik investering	kr/ton	800
Ränta	%	5
Avskrivningstid	år	15
Kapitalkostnader	kr/ton	77
Underhåll	kr/ton	12
Övriga kostnader	kr/ton	10
Personalkostnad	kr/ton	15
Elanvändning	kWh/ton	20
Summa rötning	kr/ton	160
Uppgradering		
Maxkapacitet	m ³ rågas/h	400
Beräknad max kapacitet	GWh	18
Investeringskostnad	Mkr	14
Ränta	%	5
Avskrivningstid	år	15
Kapitalkostnad	kr/kWh	0,074
Driftskostnad, exklusive el	kr/kWh	0,026
	% av energi i	
Elanvändning	rågas	2,5
Summa, exklusive el	kr/kWh	0,10
Distributionskostnad		
Komprimering och distribution, 50 km	kr/kWh	0,2
Tankstation, 5 GWh	kr/kWh	0,18

Gårdsrötning, grund	Enhet	Valda nivåer
Specifik investering; rötning	kr/ton	319
Specifik investering; kraftvärme	kr/ton	78
Ränta	%	5
Avskrivningstid	år	15
Kapitalkostnader	kr/ton	38
Rörliga kostnader rötning	kr/ton	20
Rörliga kostnader kraftvärme	kr/ton	10
Elanvändning	kWh/ton	4
Summa gårdsrötning	kr/ton	68

Gårdsrötning, utveckling	Enhet	Valda nivåer
Specifik investering; rötning	kr/ton	319
Specifik investering; utökad anläggning	kr/ton	179
Specifik investering; kraftvärme	kr/ton	109
Ränta	%	5
Avskrivningstid	år	15
Kapitalkostnader	kr/ton	58
Rörliga kostnader rötning	kr/ton	29
Rörliga kostnader kraftvärme	kr/ton	12
Elanvändning	kWh/ton	5
Summa avancerad gårdsrötning	kr/ton	100

D Fodermedel som alternativt användningsområde

Vissa råvaror kan både användas som foder och som substrat för biogasproduktion. Om de används för biogasproduktion och dras undan från fodermarknaden innebär det att annat foder får sättas in istället. Mängderna och vilka alternativa foder som används beror på råvarans sammansättning. Utgångspunkten här är att råvarorna skulle använts som foder till grisar och att det därmed framförallt är proteinet och energin som ska ersättas med annat foder.

De alternativa fodermedlen antas vara spannmål (korn) och sojamjöl. Soja är framförallt ett proteinfoder medan spannmål både ger energi och protein. Om råvarans kvot mellan protein och energi ligger mellan kornets och sojamjölets kvoter behövs det både korn och sojamjöl för att ersätta råvaran som fodermedel. Om råvaran däremot har ett högt energiinnehåll men knappt innehåller något protein utgår vi från att råvaran utfodrats tillsammans med sojamjöl. Det innebär att minskad användning av råvaran som foder även innebär minskad förbrukning av sojamjöl och att korn därmed ersätter både råvaran och sojan som dragits bort från fodermarknaden. Mängden soja blir därmed negativ. På samma sätt kan mängden korn bli negativ om ett mycket proteinrikt foder ska ersättas.

I praktiken behöver man ta hänsyn till fler parametrar än energi och protein vid jämförelse mellan olika fodermedel. Grisar är enkelmagade djur och de har därmed större krav på aminosyrasammansättningen än vad nötkreatur och andra idisslare har. Det innebär t. ex. att ett kg protein i foder A inte fullt ut kan ersätta ett kg protein i foder B om aminosyrasammansättningen är sämre i foder A. Här utgår vi från soja, som har en mycket bra aminosyrasammansättning, som alternativt proteinfoder. Det innebär att beräkningarna snarare överskattar än underskattar mängden soja som behöver ersättas. Dessutom görs beräkningarna på nationell nivå och då kan skillnaderna i proteinkvalitet jämnas ut av ett större foderflöde än om beräkningarna gjorts på gårdsnivå. En annan parameter att ta hänsyn till är fodermedlens innehåll av lignin och cellulosa. Högt innehåll av lignin och/eller cellulosa begränsar grisarna foderintag. I bedömningen om råvarans användningsområden har emellertid hänsyn redan tagits till om råvaran överhuvudtaget är lämplig som fodermedel.

Uppgifter om energi- och proteininnehållet i sojamjöl och kornet har hämtats från SLUs fodermedelstabeller (SLU, 2012). Energin anges som MJ omsättbar energi, d v s. bruttoenergin minus energi som avgår med träck och urin. Proteininnehållet anges som g råprotein. Soja och korn innehåller 12,8 MJ respektive 11,5 MJ omsättbar energi per kg (våtvikt). Proteininnehållet i soja och korn är 45 % respektive 10 % (våtvikt).

Råvarornas fodervärde beräknas utifrån deras innehåll av olika kolkällor. Råvarornas kolinnehåll fås av Orware-vektorn som beskriver råvarornas sammansättning. Den kemiska sammansättningen för protein antas vara $C_{16}H_{24}O_5N_4$, vilket innebär att kolet utgör 54,5 % av proteinets vikt och att ett kg kol i protein därmed motsvarar 1,83 kg protein. Mängden omsättbar energi för olika kolkällor har beräknats i foderoptimeringsprogrammet EvaPig (EvaPig, 2012). Grisar utnyttjar mycket av energin i fetter, proteiner och enkla kolhydrater, men kan knappt utnyttja energin i lignin och cellulosa (Tabell 14). Mängden omsättbar energi per kg näring har räknats om till MJ per kg kol genom att utgå från typiska kemiska formler för respektive näringsämne.

Tabell 14. Matris för att beräkna en råvaras fodervärde vid utfodring av grisar. Avser råvarans innehåll av protein och omsättbar energi.

Table 14. Matrix used to calculate amount of energy and protein in raw products when feeded to pigs.

	C-lignin	C-stärkelse & socker	C-fett	C-protein	C-cellulosa
Protein (kg protein/kg C)	0	0	0	1,83	0
Omsättbar energi (MJ/kg näring)	1,04	16,1	36,2	19,3	1,04
Omsättbar energi (MJ/kg C)	1,56	40,3	47,4	35,4	2,47

En summering behöver också göras av den mängden korn och soja som krävs för att ersätta råvarorna som går till biogasproduktion istället för till foder. En avstämning görs sedan om den totala mängden soja och korn är rimlig med tanke dels på antalet grisar i Sverige och dels på hur mycket soja och korn som kan ingå i foderstaten till grisar. Riktvärden är max 90 % av energiintaget för slaktsvin och suggor kan utgöras av korn, och att max 30 % av energiintaget för slaktsvin och suggor kan utgöras av soja (EvaPig, 2012).

Tabell 15. Beräknat behov av ersättning för restprodukterna vassle och fodermjolk med ovanstående matris

Table 15. Calculated need replacements for the waste products whey and feed milk.

Råvara	TS-halt (kg TS/kg)	Omsättbar energi (MJ/kg)	Protein (kg/kg)	kg soja/kg råvara	kg korn/kg råvara
Vassle	0,055	0,841	0,007	0,000	0,073
Fodermjolk	0,09	2,001	0,025	0,021	0,151



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se