

## **Bilagor till slutrapport**

### **Förslag till sektorövergripande biogasstrategi**

**ER 2010:23**

#### **Bilaga 1 Kostnader och potential för biogas i Sverige**

Pål Börjesson m.fl. Lunds Universitet

#### **Bilaga 2 Samhällsekonomiska värden av olika miljöeffekter vid ett ökat utnyttjande av biogas**

Patrik Söderholm Luleå tekniska universitet, Runar Brännlund Umeå Universitet m.fl.

#### **Bilaga 3 Efterkonvertering av traktorer**

Per Öhlund Transportstyrelsen

#### **Bilaga 4 Forskningsprojekt inom energimyndigheten**

Maria Gillgren energimyndigheten

#### **Bilaga 5 Biogas en internationell utblick**

Carola Lindberg Energimyndigheten

# **Bilaga 1**

## **Kostnader och potential för biogas i Sverige**

Underlagsrapport till utredningen *Förslag till sektorövergripande biogasstrategi. Rapport ER 2010:*

*Mikael Lanz & Pål Börjesson m.fl. Lunds Universitet*



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Lunds universitet

Institutionen för teknik och samhälle

*Avdelningen för miljö- och energisystem*

# Kostnader och potential för biogas i Sverige

Mikael Lantz & Pål Börjesson

*Reviderad version*

Maj 2010



## Innehållsförteckning

Syfte.....	4
Produktionssystem för biogas i Sverige.....	4
Potentialuppskattningar .....	7
Produktion av biogas från restprodukter .....	7
Produktion av biogas från energigrödor.....	9
Avsättning av biogas.....	11
Potentiell avsättning av biogas.....	12
Potentiell avsättning vs potentiell produktion av biogas.....	15
Miljöeffekter .....	17
Kostnadsbedömningar.....	21
Sammanfattande bedömning.....	33
Referenser .....	36

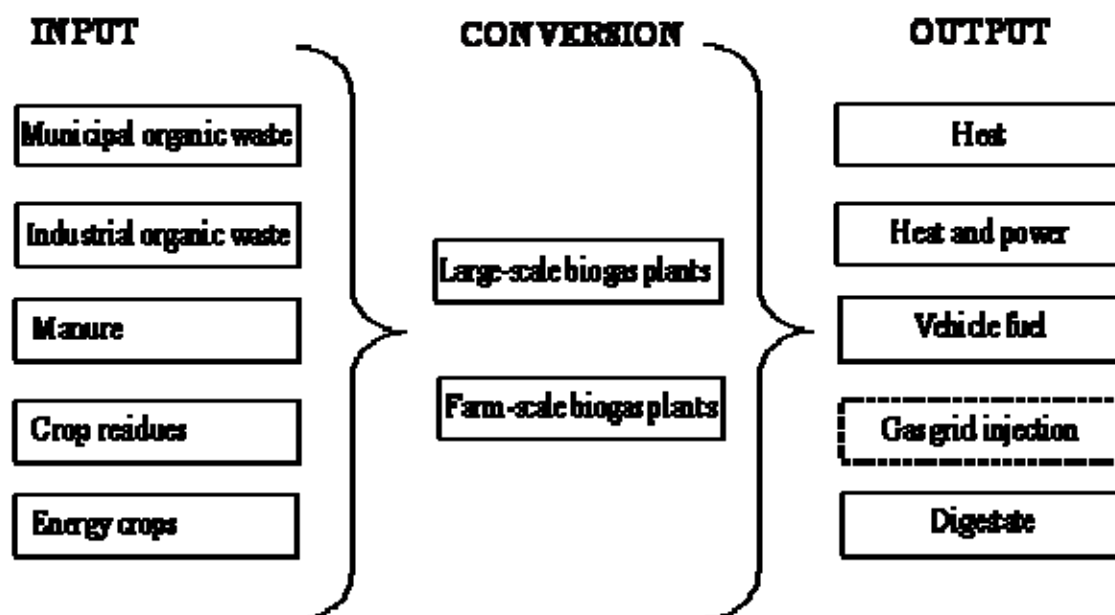
## Syfte

Syftet med denna studie är att utifrån en sammanställning av nuvarande kunskap redovisa potentialer, miljöprestanda samt kostnader för olika biogassystem i Sverige. Frågor som studeras är:

- produktionssätt/möjligheter som finns för biogas i Sverige
- produktionskostnader för dessa produktionsvägar och vilka antaganden som ligger bakom dessa kostnadsbedömningar
- potentialuppsaktningar för olika biogassystem, samt
- koldioxidminskning och andra miljönyttor som de olika systemen genererar.

## Produktionssystem för biogas i Sverige

I Figur 1 ges en översikt över de olika biogassystem som finns i Sverige idag. Eftersom en mängd olika råvaror kan utnyttjas för biogasproduktion samtidigt som denna kan produceras med olika tekniklösningar och skalnivåer samt att biogasen kan utnyttjas för olika energitjänster medför det ett stort antal potentiella kombinationer av biogassystem. Det är därför inte möjligt att i detalj studera alla dessa olika potentiella kombinationer av system utan föreliggande analys bygger på en gruppering av olika system med liknande förutsättningar. Tillgänglig data kan dock i vissa fall gälla specifika system men då görs här en bedömning om hur representativa dessa är inom sin grupp.



Figur 1: Översikt över biogassystem i Sverige (Lantz et al., 2007)

En annan effekt av biogassystemens komplexitet är att en mängd olika typer av incitament och barriärer påverkar de enskilda systemen på olika sätt. Dels finns olika slags incitament och barriärer som påverkar *produktionen* av biogas, dels incitament och barriärer som påverkar *avsättningen*. I Tabell 1 och Tabell 2 sammanfattas dessa olika drivkrafter och hinder som var aktuella 2007 uppdelat på *produktion* respektive *avsättning* av biogas (Lantz et al., 2007). Vissa incitament och barriärer kan därmed ha fallit bort eller kommit till under de senaste två till tre åren.

**Tabell 1: Sammanfattning av olika slags incitament och barriärer för en expansion av biogasproduktion i Sverige 2007 (därmed kan vissa förändringar ha skett sedan dess) (Lantz et al., 2007)**

<i>Incentives</i>	<i>Municipal and industrial waste</i>	<i>Agricultural by-products</i>	<i>Energy crops</i>	<i>Biogas plants</i>
Policy objectives	National: Environmental quality objectives	National: Environmental quality objectives	EU: Renewable energy	EU: Security of energy supply
Legislation	Ban on land-filling	Manure storage capacity		
Taxation	Tax on waste incineration <sup>a</sup>	Tax on commercial nitrogen fertilisers		
Financial subsidies			Cultivation subsidies	Investment subsidies for climate mitigation projects and agricultural development
Others		Improved fertilisation effect  Reduced odour from spreading of digested manure compared to non-digested manure	Reduced world market prices for food crops  Improved soil fertility by ley crop cultivation	
<b><i>Barriers</i></b>				
Economy	Competing treatment technologies	Low costs of commercial fertilisers	Higher profitability for energy crops not intended for biogas	Partly immature market, leading to high investment costs
<b>Others</b>		Limited knowledge among farmers		Public acceptance

<sup>a</sup> Suggested

**Tabell 2: Sammanfattning av olika slags incitament och barriärer för en expansion av avsättningen av biogas i Sverige 2007 (därmed kan vissa förändringar ha skett sedan dess) (Lantz et al., 2007)**

<i>Incentives</i>	<i>Heat production</i>	<i>CHP production</i>	<i>Vehicle fuel production</i>
Policy objectives	International: Kyoto protocol  EU: Renewable sources of energy and security of energy supply	International: Kyoto protocol  EU: Renewable sources of energy, renewable electricity and security of energy supply	International: Kyoto protocol  EU: Renewable sources of energy, security of energy supply and alternative fuels for road transportation
Legislation			Large petrol filling stations must supply renewable vehicle fuel
Taxes	Energy and CO <sub>2</sub> -tax on fossil fuels from which biogas is exempted	CO <sub>2</sub> -tax on fossil fuels from which biogas is exempted	Energy and CO <sub>2</sub> -tax on fossil fuels from which biogas is exempted
Financial subsidies			Reduced tax for the use of bi-fuel passenger cars provided by the employer  Bi-fuel passenger cars exempted from the congestion charge trails in Stockholm  Subsidies for investments in bi-fuel cars in some municipalities  Free parking in some cities
Other policy instruments	CO <sub>2</sub> emission allowances trade system	CO <sub>2</sub> emission allowances trade system  Certificate system on renewable electricity	
<b><i>Barriers</i></b>			
Economy	Lower costs of solid, low refined biomass fuels		Higher costs for bi-fuel vehicles  Competing fuels, such as ethanol
Other	Limited biogas distribution infrastructure and storage capacity  Excess biogas during summer period	Limited biogas distribution infrastructure and storage capacity  Excess biogas during summer period	Limited biogas distribution infrastructure and storage capacity  Limited number of biogas filling stations



# Potentialuppskattningar

## Produktion av biogas från restprodukter

Det finns ett antal beräkningar för hur mycket biogas som kan produceras från olika substrat och hur mycket som kan produceras totalt i Sverige. Alla potentialberäkningar baseras på olika antaganden när det gäller den totala mängden substrat av olika slag, hur stor andel av respektive substrat som är tillgängligt för biogasproduktion och vad gasutbytet blir. Ofta görs olika ekonomiska och tekniska avväganden som begränsar potentialen. När det gäller biogas kan det också vara lämpligt att skilja på avfall och restprodukter som produceras oavsett om det finns någon biogasproduktion eller inte och energigrödor som odlas särskilt för att producera biogas. Mängden avfall och restprodukter kan beräknas med någorlunda säkerhet även om förutsättningarna förändras kontinuerligt. Konkurrerande behandlingsmetoder och alternativ avsättning för restprodukter medför dock tekniska och ekonomiska begränsningar.

Den senaste potentialberäkningen för restprodukter i Sverige genomfördes av Linné et al. (2008) på uppdrag av Svenska Gasföreningen, Avfall Sverige och Svenskt Vatten. Där presenteras den totala potentialen samt en begränsad potential där praktiska och tekniska svårigheter samt konkurrerande användningsområden beaktats. Den begränsade potentialen beräknas till exempel genom att exkludera betesgödsel och restprodukter som idag används som foder. Dessutom görs vissa begränsningar i hur mycket hushållsavfall som kan vara rimligt att samla in och behandla med mera. Sammantaget beräknas den totala biogaspotentialen uppgå till 15,2 TWh/år och den begränsade till 8,4 TWh/år<sup>1</sup>. Observera att här ingår inte den produktion av deponigas som äger rum idag och uppgår till cirka 350 GWh (Dahlgren, 2010). I samband med det nyligen införda investeringsstödet för gödselbaserad biogas (Jordbruksverket, 2009a) har det också genomförts separata potentialberäkningar för gödsel. Den statliga utredning (SOU, 2007) som föreslog stödet beräknar den teoretiska biogaspotentialen till 4 – 6 TWh och Jordbruksverket (2009b) beräknar potentialen till 4,3 TWh. Detta är i nivå med den totala potential som anges av Linné et al. (2008) som också bedömer att potentialen skulle kunna öka med cirka 40 % med en fortsatt teknikutveckling och förbättrade ekonomiska förutsättningar. Detta är också i den övre delen av det intervall som anges i SOU (2007).

---

<sup>1</sup> Här är halmpotentialen reviderad jämfört med originalrapporten

# I

Tabell 3 sammanfattas den begränsade biogaspotentialen från restprodukter och där framgår tydligt att en stor del av potentialen finns inom lantbrukssektor. För de olika lantbrukssubstraten svarar halm för nära hälften av potentialen vilket är intressant eftersom halm kan vara svårt att hantera i konventionella biogasanläggningar då det krävs lång uppehållstid alternativt en hög grad av finfördelning eller annan förbehandling för att uppnå rimliga biogasutbyten. Här kan det därför krävas en fortsatt teknikutveckling. Det kan också vara möjligt att förgasa halm och på så sätt producera en förnybar energigas. I dagsläget är det dock troligast att halm alltmer utnyttjas för värme- och kraftvärmeproduktion via förbränning i när- och fjärrvärmesystem. Halm kan också med fördel utnyttjas som värmekälla i biogasanläggningar. Ur miljö- och resurssynpunkt är det betydligt mer effektivt att använda fasta biobränslen som halm och flis för uppvärmning av biogasanläggningar än att använda biogas som är ett mer högkvalitativt bränsle (Lantz m fl, 2009). När det gäller odlingsrester i övrigt svarar betblast för halva potentialen och då betblasten i princip endast finns i Skåne kan den bli en mycket betydande regional resurs.

**Tabell 3: Den svenska biogaspotentialen från restprodukter (Linné et al., 2008)**

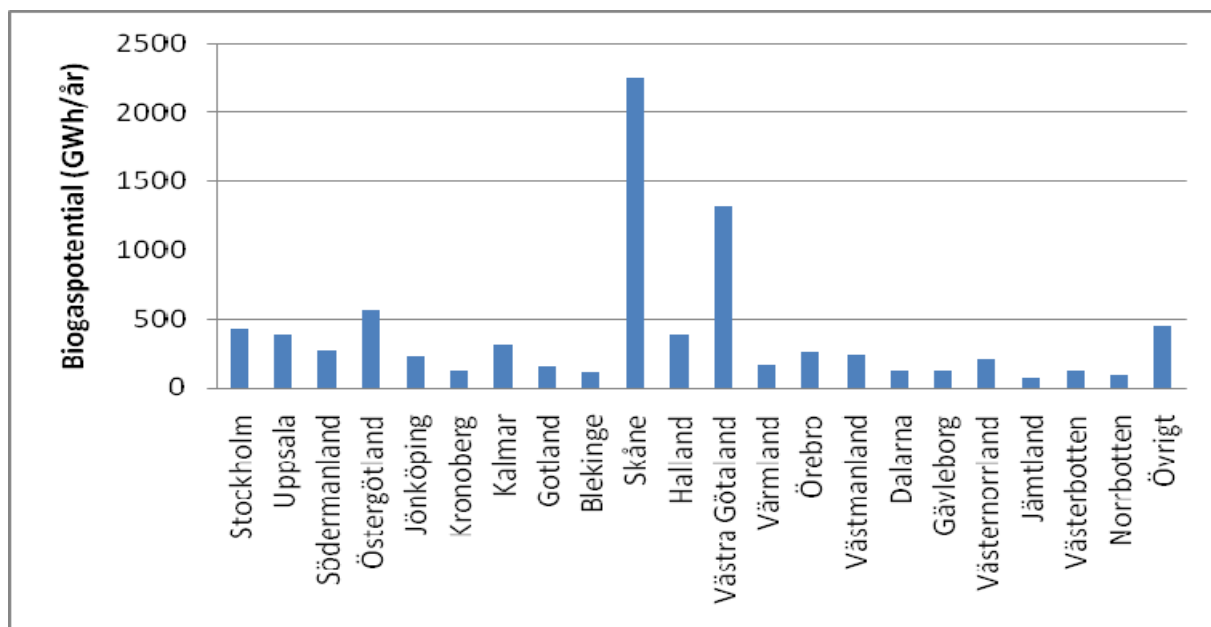
Typ av substrat	Biogaspotential (GWh/år)
Matavfall från hushåll och restauranger m.m.	759
Avfall och restprodukter från industrin	1 062
Avloppsslam	700
Gödsel	2 760
Odlingsrester	3 090
<b>Totalt</b>	<b>8 371</b>

I Tabell 4 presenteras biogaspotentialen för industriavfall nedbrutet i underkategorier. Intressant att notera är till exempel att slakteriavfall, som är ett mycket intressant substrat för biogasanläggningar, svarar för en mycket liten del av potentialen.

**Tabell 4: Biogaspotentialen från industriavfall (Linné et al., 2008)**

Bransch	Biogaspotential (GWh/år)
Slakteri	86
Mejeri	236
Bryggeri	9
Kvarnar	163
Socker- stärkelse och spritproduktion	189
Förpackat livsmedel	90
Flygplatser	8
Pappers- massa och cellulosaindustri	171
Övrigt	110
<b>Totalt</b>	<b>1 062</b>

I Figur 2 redovisas den begränsade biogaspotentialen länsvis där det framgår stora regionala skillnader. Störst potential finns i de stora jordbrukslänen Skåne och Västra Götaland som också har en stor andel av befolkningen. Samtidigt har Norrlandslänen en mycket begränsad potential.



Figur 2: Länsvis fördelning av den begränsade biogaspotentialen (Linné et al., 2008)

### Produktion av biogas från energigrödor

Biogas kan i princip produceras utifrån vilken gröda som helst även om biogasutbyten och hektarskördar kan variera betydligt. Den potentiella produktionen av energigrödor begränsas i teorin endast av den tillgängliga åkerarealen men i praktiken naturligtvis av ekonomiska förutsättningar som leder till alternativ markanvändning. I Tabell 5 presenteras ett räkneexempel där 10 % av åkerarealen används för att producera 4 olika grödor för biogasproduktion. Med de antagande som framgår där skulle biogaspotentialen från grödor uppgå till drygt 7 TWh. De hektarskördar som används här och i andra beräkningar baseras ofta på konventionella grödor för produktion av livsmedel eller foder. Ska grödorna användas för energiändamål kan det vara aktuellt med andra sorter och kvalitetskrav vilket kan leda till högre skördar och/eller effektivare produktion. För svenska förhållande studeras detta bland annat i projektet Crops4Biogas (Crops4Biogas, 2010). I skrivande stund föreligger dock inte några rapporter från projektet.

**Tabell 5: Biogaspotential från grödor på 10 % av åkerarealen (Linné och Jönsson, 2004)**

<b>Gröda</b>	<b>Andel</b>	<b>Medelskörd (kg ts/ha)</b>	<b>Metanutbyte (dm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg ts)</b>	<b>Biogaspotential (GWh/år)</b>
Spannmål	30 %	6 000	340	1 610
Vall	40 %	7 500	300	2 360
Majs	20 %	10 000	360	1 900
Sockerbeta inkl. blast	10 %	14 600	340	1 320
<b>Totalt</b>				<b>7 190</b>

## Avsättning av biogas

Biogas kan som beskrivits tidigare användas som fordonsbränsle eller för att producera värme och kraftvärme med mera. Om biogasen ska användas för att producera värme eller kraftvärme krävs det ingen eller begränsad rening. Ska gasen användas som fordonsgas eller samdistribueras med naturgas på naturgasnätet ställs betydligt högre kvalitetskrav. I Tabell 6 nedan presenteras avsättningen av biogas baserad på preliminära uppgifter för 2008 (Dahlgren, 2009). Det i särklass största avsättningsområdet är värme vilket inkluderar uppvärmning av biogasanläggningar men också andra externa kunder. Därefter kommer det snabbast växande avsättningsområdet fordonsgas som och därefter fackling. Intressant att notera är den stora mängd biogas som facklas vilket framförallt beror på begränsat värmeunderlag under sommaren. En del deponigas facklas också på grund av dålig kvalitet som gör att man inte vill använda den ens för produktion av värme. Drygt 130 GWh biogas distribuerades via naturgasnätet (Biogasportalen, 2010).

**Tabell 6: Avsättning av biogas år 2008, preliminära uppgifter (Dahlgren, 2009)**

	Värme	El	Fordonsgas	Fackling	Saknad data
Avloppsreningsverk	257	79	189	59	14
Samrötning	74	1	177	23	-2
Lantbruk	11	2	1	0	1
Industri	124	3	0	3	0
Deponier	227	24	0	102	16
<b>Totalt</b>	<b>693</b>	<b>109</b>	<b>366</b>	<b>188</b>	<b>29</b>
<b>Andel</b>	<b>50 %</b>	<b>8 %</b>	<b>26 %</b>	<b>14 %</b>	<b>2 %</b>

## Potentiell avsättning av biogas

Nedan redogörs kortfattat för möjligheterna att avsätta ytterligare biogasproduktion på olika marknader med fokus på fordonsmarknaden.

### **Elektricitet och värme**

När det gäller elproduktion bedöms avsättningsmöjligheterna vara obegränsade då den svenska produktionen och användningen av elektricitet vida överskrider vad som kan produceras från biogas (Energimyndigheten, 2009). Eventuellt kan det i enskilda fall finnas begränsningar i ledningsnätet som påverkar avsättningsmöjligheterna. Med tanke på den utspridda potentialen bedöms dock risken för sådana begränsningar vara av marginell betydelse.

Vid produktion av elektricitet sker dock en samtidig produktion av värme där avsättningen begränsas av det lokala värmeunderlaget. Detta gäller i första hand för gårdsbaserad produktion av kraftvärme där det i många fall är svårt att hitta avsättning för värmen under sommarmånaderna, även om biogasanläggningen i sig kräver en del processvärme. Sker produktionen däremot i när- och fjärrvärmesystem kan avsättningspotentialen för värme öka betydligt. I synnerhet när biogasen svarar för en liten del av den totala bränsletillförseln och kan användas som baslast. Om biogasen däremot utgör huvuddelen av bränsletillförseln i ett när- eller fjärrvärmesystem begränsas normalt avsättningspotentialen för värme under sommarhalvåret. Om biogasen endast används för att producera värme gäller motsvarande resonemang fast än tydligare. Undantaget är om biogasen kan användas för att generera processvärme åt någon industri eller motsvarande. I sådana fall påverkas inte avsättningen av temperaturen utomhus.

### **Fordonsgas**

Den inhemska användningen av bensin och diesel uppgår till cirka 95 TWh/år (Energimyndigheten, 2009). Möjligheten att avsätta biogas som fordonsbränsle bedöms därför vara ”obegränsad” förutsatt att nödvändig infrastruktur och fordon finns på plats. I praktiken kan det dock även här bli tal om lokala flaskhalsar där tillgång och efterfrågan inte stämmer överens. Hur allvarliga och vanligt förekommande dessa flaskhalsar blir beror framförallt på hur distributionskedjorna utvecklas.

I Tabell 7 presenteras en sammanställning över gasfordonen i Sverige och dess utveckling från 2006 till och med 2009.

**Tabell 7: Gasfordon i Sverige (Gasföreningen, 2010)**

<b>Typ av fordon</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Personbilar och skåpbilar	11 024	13 407	15 642	21 749
Tunga fordon	338	369	398	412
Bussar	757	760	849	963
<b>Totalt</b>	<b>12 119</b>	<b>14 536</b>	<b>16 889</b>	<b>23 124</b>

Då det krävs en utbyggnad av tankstationer och annan infrastruktur lämpar sig biogas särskilt väl för fordonsflottor som rör sig inom ett begränsat geografiskt område. Det kan till exempel handla om bussar inom lokal- och regionaltrafik, kommunala renhållningsfordon, distributionsbilar, taxi med mera. Andelen gasfordon är också högst inom dessa fordonskategorier. Gasbussarna svarar till exempel för drygt 7 % av den totala bussflottan och de gasdrivna renhållningsfordonen svarar för 10 % av den totala flottan (SIKA, 2009a; Myhr, 2010).

Det finns idag ingen samlad statistik över drivmedelsförbrukningen för dessa fordon men med hjälp av följande räkneexempel kan det konstateras att bussflottan använder närmare 40 % av den totala mängden fordonsgas, se Tabell 8. Skulle hela bussflottan gå över till biogas skulle behovet uppgå till cirka 3,9 TWh per år.

**Tabell 8: Bussars förbrukning av drivmedel (Gasföreningen, 2010, Norrman et al., 2005; SIKA 2009a)**

	<b>Fordonsgas idag</b>	<b>Övriga</b>
Bussar (antal)	963	12 511
Medelkörsträcka (mil)	5 400	5 800
Förbrukning av fordonsgas (kWh/mil)	50	50
Förbrukning av fordonsgas totalt (GWh)	260	3 590

## **Distribution via naturgasnätet**

Det svenska naturgasnätet ger i sig inte någon avsättning för biogas. Däremot erbjuder det ett effektivt sätt att distribuera biogas till olika användare. Då det handlar om ett fysiskt ledningsnät finns det dock begränsningar i överföringskapaciteten på samma sätt som för elnätet. Naturgasnätet består dels av transmissionsnätet som är dimensionerat för 80 bar och dels av ett antal lokala distributionsnät (Benaminsson och Nilsson, 2009). I dagsläget är det möjligt att distribuera cirka 20 TWh/år på transmissionsnätet men genom att höja trycket kan kapaciteten öka till cirka 30 TWh (Energimyndigheten, 2009). Den svenska användningen av naturgas uppgick år 2008 till närmare 10 TWh (Energimyndigheten, 2009). Enligt Benjaminsson och Nilsson (2009) är dock prognosen för 2010 att användningen ökar till hela 15 TWh i och med att Öresundsverket i Malmö är i full drift. Sommarlasten i transmissionsnätet ligger i storleksordningen 440 MW och maxlasten är som en tumregel cirka 10 gånger högre. Under vinterhalvåret är kapacitetsutnyttjande därmed nära det maximala (Ferran-Lee, 2010). Då biogasproduktionen normalt sker kontinuerligt under året begränsas dock avsättningsmöjligheterna av sommarlasten i nätet vilket ger en årlig kapacitet på cirka 3,9 TWh. Det är dock inte givet att det går att öka den totala transporten av gas i nätet med de volymerna med tanke på kapacitetsutnyttjandet under vintern.

Detta gäller dock transmissionsnätet. De lokala distributionsnäten som biogasanläggningar är anslutna till idag kan ha betydligt lägre sommarlast. En stor biogasanläggning i ett litet distributionsnät kan på så sätt drabbas av överföringsproblem även den totala biogasinmatningen är begränsad.

Sammantaget är naturgasnätet ett mycket intressant distributionsalternativ i dagsläget även om det kan uppstå lokala flaskhalsar på distributionsnäten. Om biogasen matas in på transmissionsnätet kringgås dessa flaskhalsar på bekostnad av en betydande tryckhöjning. Skulle inmatningen av biogas och andra förnybara energigaser öka mycket kraftigt finns det dock begränsningar i överföringskapaciteten även på transmissionsnätet.

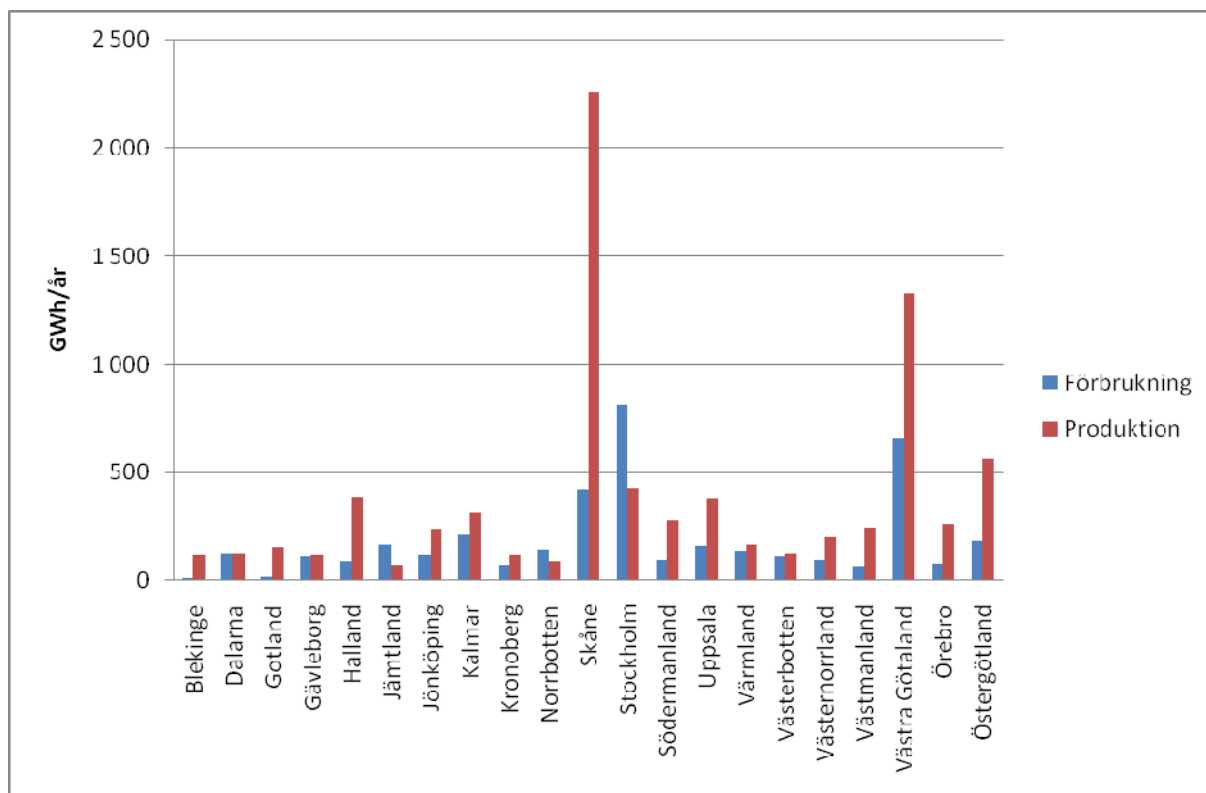


## Potentiell avsättning vs potentiell produktion av biogas

Som beskrivits tidigare bedöms avsättningen av elektricitet vara i princip obegränsad och avsättningen som värme beror på väldigt lokala förutsättningar. Då det i dagsläget finns en tydlig trend mot att biogas ska användas som fordonsbränsle presenteras här en regional jämförelse mellan potentiell produktion och potentiell avsättning som fordonsgas. Då det står klart att den totala drivmedelsförbrukningen vida överstiger biogaspotentialen redovisas dock inte den totala avsättningen. Däremot kan det vara av intresse att visa i vilken utsträckning biogasen skulle kunna avsättas i bussflottorna.

På nationell nivå är biogaspotentialen från restprodukter mer dubbelt så stor som drivmedelsförbrukningen i bussflottan. På regional nivå kan det dock vara stora skillnader vilket framgår av Figur 3. I de flesta län överstiger biogaspotentialen drivmedelsförbrukningen vilket visar att en fullt utbyggd biogasproduktion inte enbart kan avsättas i bussflottor utan kräver också andra användare. Särskilt som den potential som visas här inte inkluderar grödor. Det finns dock vissa undantag där biogaspotentialen inte räcker för att försörja bussflottan. Tydligast är detta i Stockholm är potentialen endast räcker till halva bussflottan. Samtidigt finns det vissa län, bland annat Skåne och Västra Götaland där potentialen vida överstiger vad som kan avsättas i bussflottan.

Samtidigt är det viktigt att notera fördelningen inom respektive län. I Skåne till exempel uppgår den beräknade biogasanvändningen för bussar till drygt 400 GWh. Huvuddelen av behovet finns dock i västra Skåne samtidigt som en stor del av potentialen finns i öster. För att kunna matcha produktion och avsättning inom och mellan olika län är det därför viktigt med en effektiv distribution.



**Figur 3: Potentiell produktion av biogas och avsättning hos bussflottan (Linné et al., 2008; Norrman, 2005; SIKA, 2009b)**

# Miljöeffekter

## Klimatnytta

Klimatnyttan med biogas som drivmedel jämfört med fossila drivmedel redovisas i Tabell 9. Dessa resultat baseras på en färsk studie av olika biodrivmedels miljöprestanda baserat på livscykelanalys (Börjesson et al., 2010). När odlade grödor används som substrat kan detta leda till direkta markeffekter beroende av vilken alternativ markanvändning som är aktuell. I Tabell 9 redovisas två olika alternativa markanvändningsreferenser, dels gräsbevuxen åkermark, dels spannmålsodling utan halmskörd. Dessutom redovisas den genomsnittliga klimatnyttan om odling sker på blandad åkermark (75% öppen åkermark och 25% gräsmark baserat på dagens förutsättningar, se Börjesson et al., 2010) samt när förändringar i markens kolhalt exkluderas från beräkningarna.

Beräkningarna som ligger till grund för resultaten i Tabell 9 baseras på så kallad systemutvidgning vilket innebär att nyttan med att rötresters ersätter mineralgödsel som gödselmedel är inkluderad. Detta gäller för alla fall utom för gödsel där ungefär samma mängd näringsämnen återförs oavsett om gödseln rötas eller ej (rötning innebär en något ökad andel växttillgängligt kväve jämfört med orötad gödsel). Däremot leder rötning av flytgödsel till minskade emissioner av metan från konventionell lagring vilket ger en extra klimatnytta. Denna klimatnytta är normalt störst i södra Sverige (vilka beräkningarna avser) och avtar ju längre norrut man kommer på grund av kallare klimat vilket innebär lägre metanbildning vid gödsellagring (klimatnyttan i form av minskade metanemissioner är därmed behäftade med relativt stor osäkerhet, se Börjesson et al., 2010). Näringsinnehållet i organsikt avfall från hushåll och livsmedelsindustri antas kunna utnyttjas vid odling när dessa substrat rötas (d v s rötrest ersätter mineralgödsel) men inte vid alternativa behandlingsmetoder.

Beräkningarna i Tabell 9 inkluderar trycksättning och eventuell distribution av gas i befintligt gasnät. Om distribution sker med så kallad lastväxlarflak beräknas motsvarande ungefär 1% av biogasens energiinnehåll krävas per 40 km lastbilstransport. Vid byggandet av lokala gasnät med tryckledningsrör i plast beräknas denna energiinsats motsvara ungefär 1% av biogasens energiinnehåll ur ett 20-årsperspektiv (Börjesson et al., 2010). Transportavstånden för grödor, avfall, gödsel och rötrest antas i genomsnitt vara 50 km, 30 km, 10 km respektive 10 km.

**Tabell 9: Reduktion av växthusgaser i procent när biogas ersätter fossila drivmedel baserat på systemutvidgning (Börjesson et al., 2010)**

Substrat	Reduktion av växthusgaser (%) <sup>1</sup>			
	<i>Gräsbevuxen åker som markanvändningsreferens</i>	<i>Spannmålsodling som markanvändningsreferens</i>	<i>Exklusive biogena koldioxidflöden<sup>2</sup></i>	<i>Bedömt genomsnitt idag<sup>3</sup></i>
<i>Grödor</i>				
Sockerbetor	78	92	87	85
Vall	86	118	86	86
Majs	65	87	78	75
<i>Restprodukter</i>				
Hush.avfall	-	-	103	103
Ind.avfall	-	-	119	119
Gödsel	-	-	148	148

<sup>1</sup> Utsläpp av växthusgaser från fossila drivmedel antas vara 83,8 kg per GJ

<sup>2</sup> Ej definierad alternativ markanvändningsreferens, inklusive biogena lustgasutsläpp men exklusive markkolsförändringar.

<sup>3</sup> Baserat på en uppskattning av dagens förutsättningar där 75% öppen åkermark samt 25% tidigare gräsbevuxen åkermark antas användas vilket leder till vissa markkolsförändringar. Biogena lustgasutsläpp inkluderas fullt ut baserat på IPCC's beräkningsmetodik.

Klimatnyttan med biogas när denna används för el- och värmeproduktion redovisas i Tabell 10 som bygger på data från Börjesson och Berglund (2007). Idag är de mest realistiska referensbränslena andra biobränslen som skogsflis (grot), halm o s v vars potential inte är fullt utnyttjade i Sverige (SOU, 2007). I dessa fall ger normalt inte biogas för el- och värmeproduktion någon klimatnytta (med undantag för gödselbaserad biogas), till skillnad från när biogas ersätter bensin och diesel som fordonsbränsle. I Tabell 10 redovisas också hur klimatnyttan skulle bli om referensbränslena antas vara eldningsolja för värmeproduktion respektive naturgas för kraftvärmeproduktion (gasturbiner). Beräkningarna inkluderar biogena utsläpp av lustgas men exkluderar eventuella markkolsförändringar.

Ett alternativ till vall som energiråvara är energiskog (Salix) och om energiskogsbaserad värmeproduktion (via förbränning) ersätter vallbaserad värmeproduktion (via rötning och sen förbränning) minskar utsläppen av växthusgaser med cirka 6 gånger, d v s klimatnyttan med vallbaserad biogas blir här 0 (se tabell 10). Om halm förbränns direkt för värmeproduktion blir utsläppen av växthusgaser cirka tio gånger lägre jämfört om halm först rötas till biogas som sedan förbränns. Om organsikt industriavfall och hushållsavfall förbränns i stället för att rötas för värmeproduktion blir växthusgasutsläppen 2 respektive 4 gånger lägre (Börjesson och Berglund, 2007). Däremot fås en klimatnytta för gödselbaserad värme- och kraftvärme jämfört med andra biobränslen tack vare dess stora indirekta klimatvinster.

**Tabell 10: Reduktion av växthusgaser i procent när biogas ersätter fasta biobränslen för värmeproduktion respektive kraftvärmeproduktion baserat på systemutvidgning. Som jämförelse redovisas klimatnyttan när biogas antas ersätta fossila bränslen (värden inom parantes) (Börjesson och Berglund, 2007).**

Substrat	Reduktion av växthusgaser (%) <sup>1</sup>			
	<i>Småskalig värmeproduktion</i>	<i>Storskalig värmeproduktion</i>	<i>Småskalig kraftvärmeproduktion</i>	<i>Storskalig kraftvärmeproduktion</i>
<i>Grödor</i>				
Vall <sup>2</sup>	e.a. (77)	0 (73)	e.a. (65)	0 (58)
<i>Restprodukter</i>				
Halm <sup>3</sup>	0 (84)	0 (81)	e.a (76)	e.a (70)
Betblast <sup>4</sup>	e.a. (87)	3 (84)	e.a (81)	1 (74)
Hush.avfall <sup>5</sup>	-	0 (106)	-	0 (81)
Ind.avfall <sup>5</sup>	-	0 (120)	-	0 (105)
Gödsel <sup>6</sup>	77 (173)	71 (160)	e.a. (163)	67 (150)

<sup>1</sup> Värmeproduktion och kraftvärmeproduktion antas i referensfallet ske med fasta biobränslen. Inom parantes beskrivs klimatnyttan när eldningsolja för värmeproduktion respektive naturgas för kraftvärmeproduktion antas utgöra referensbränsle.

<sup>2</sup> Alternativ markanvändningsreferens är energiskogsodling, inklusive biogena lustgasutsläpp men exklusive markkolsförändringar. Ersättningsbränslet är energiskogsflis för förbränning.

<sup>3</sup> Alternativ användning av halm är förbränning.

<sup>4</sup> Alternativt referensbränsle är skogsflis för förbränning.

<sup>5</sup> Alternativ användning av avfall är förbränning.

<sup>6</sup> Alternativt referensbränsle är skogsflis för förbränning.

## Övriga miljöeffekter

Biogas kan leda till andra positiva miljöeffekter än minskade utsläpp av växthusgaser när fossila bränslen ersätts. Exempel är när biogas används som fordonsbränsle och ersätter bensin och diesel vilket redovisas i Tabell 11. Som framgår av tabellen kan utsläppen av framför allt koloxid minska när biogas ersätter bensin och diesel. Utsläppen av partiklar, kolväten och kväveoxider minskar också, framför allt när diesel ersätts.

**Tabell 11: Bedömning av ungefärliga och genomsnittliga emissioner för lätta respektive tunga fordon baserat på en sammanställning av befintlig litteratordata (Börjesson et al., 2010).<sup>1</sup>**

	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Partiklar
	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ
<i>Lätta fordon</i>				
Bensin	350	10	20	2
Biogas	200	10	20	0,5
<i>Tunga fordon</i>				
Diesel	50	500	10	6
Biogas	2	200	4	0,5

<sup>1</sup> Avser dagens tekniknivå.

Även när det gäller förbränning av biogas för värme- och kraftvärmeproduktion fås normalt lägre emissioner än vid förbränning av till exempel olja och fasta biobränslen, framför allt vid småskalig förbränning utan specifik reningsutrustning. När olja och fasta biobränslen ersätts

med biogas för värmeproduktion bedöms utsläppen av koldioxid kunna minska med ungefär en faktor 2 respektive 30, utsläppen av kväveoxider med en faktor 10 respektive 5, utsläppen av kolväten med en faktor 2 respektive 20 samt utsläppen av partiklar med en faktor 3 respektive 30 (Börjesson och Berglund, 2007). Reduktionen kan vara ännu större avseende småskalig förbränning.

När restprodukter rötas och rötresten används som gödselmedel och ersätter mineralgödsel kan fler miljövinster än klimatvinster fås. Exempel är minskat behov av jungfruligt fosfor och miljöpåverkan vid brytning och produktion. När betblast skördas och rötas minskar risken för kväveläckage jämfört med när dessa lämnas kvar på fälten. Samma sak gäller för rötad gödsel som kan leda till minskat kväveläckage jämfört med orötad gödsel (Börjesson och Berglund, 2007).

Potentiella nackdelar som kan fås när rötresten ersätter mineralgödsel är ökade emissioner av ammoniak vid spridning som i sin tur kan leda till ökad övergödning och försurning. Jämfört med andra biodrivmedel som t ex etanol från grödor som gödslas med mineralgödsel kan därför biogas från grödor som återvinner rötrest medföra ett ökat bidrag till övergödning och försurning (Börjesson m fl, 2010). Dessa risker kan dock reduceras med effektiv och bra spridningsteknik. En annan potentiell risk är ökade markpackningsskador på känslig åkermark, t ex blöta lerjordar. Denna risk kan reduceras med utvecklad spridningsutrustning som slangspridning och pumpning av rötresten i stället för transport och spridning med konventionellt traktorekipage med gödseltunna (Lantz et al., 2009).

## Kostnadsbedömningar

Kostnaden för att producera biogas varierar beroende på en rad olika faktorer och alla system har olika förutsättningar. Det går därför inte att ange en generell kostnadsbild utan att specificera några olika nyckelfaktorer, till exempel substrat, skala och transportbehov för såväl substrat och biogödsel som biogas.

### Substrat

En biogasanläggning kan använda en rad olika organiska substrat för att producera biogas. Avfall ger ofta höga biogasutbyten per ton våtvikt och biogasanläggningarna kan normalt ta ut en mottagningsavgift. Avgiftens storlek är kopplad till avfallets biogasutbyte men också till vilket typ av hantering och förbehandling som krävs. Lätthanterligt avfall med höga biogasutbyten medför därmed låga mottagningsavgifter och vice versa.

I en utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av bioavfall (RVF, 2005) anges mottagningsavgifter för olika substrat baserat på uppgifter från 5 olika anläggningar, se Tabell 12 nedan. Observera att dessa uppgifter gällde för 5 år sedan vid en helt annan konkurrenssituation och mottagningsavgifterna är betydligt lägre idag.

Tabell 12: Mottagningsavgifter (RVF, 2005)

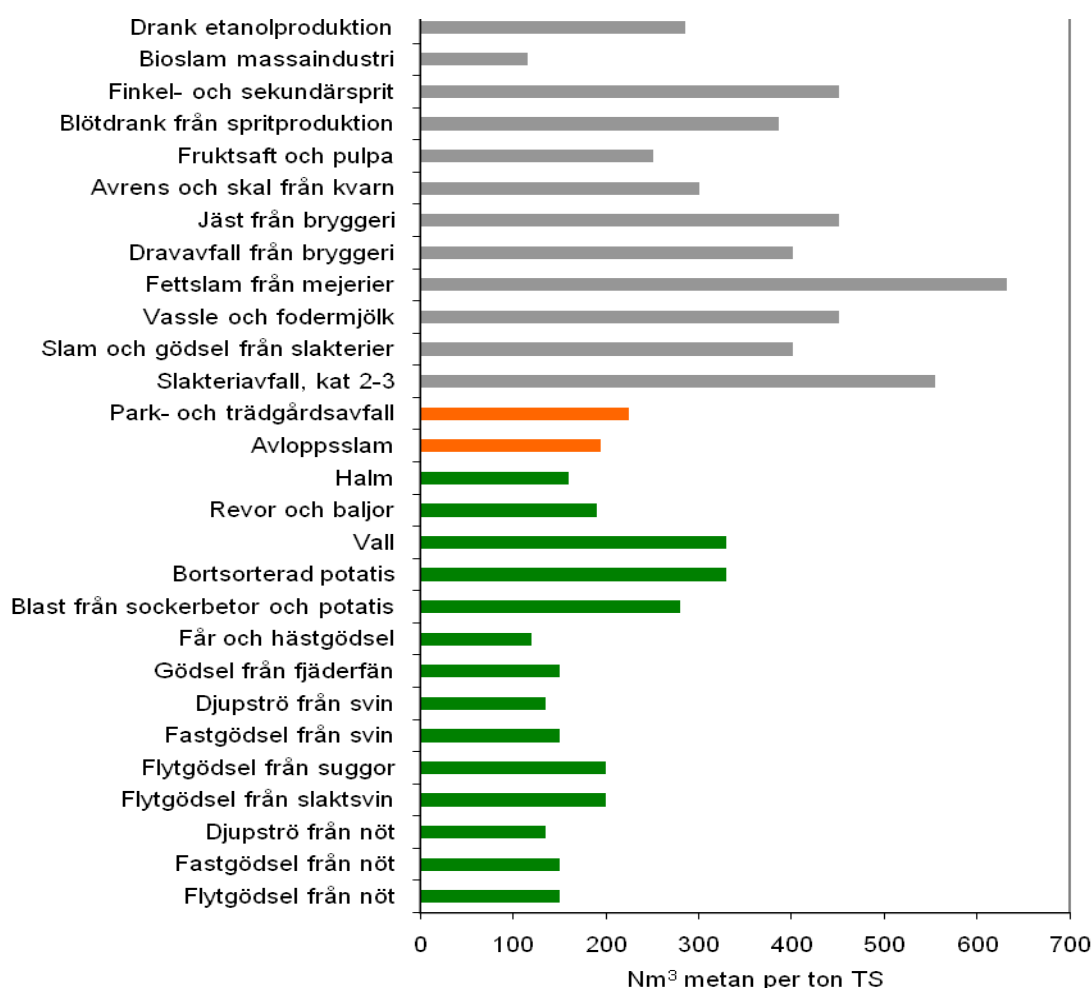
Avfallstyp	Mottagningsavgift (kr/ton)
Hushållsavfall	490 – 745
Avfall från restauranger och storkök	500 – 655
Fettavskiljarslam	69 – 400
Slakteriavfall (svin)	38 – 275
Slakteriavfall (fågel)	50 –
Slakteriavfall (blandat)	300
Mejeriprodukt	400
Gödsel	0

Gödsel kan ofta ”lånas” av lantbrukare utan kostnad men biogasproducenten betalar då för transporten. För en gårdsanläggning uppkommer inga transportkostnader men för en större anläggning som ska röta gödsel från flera gårdar kan kostnaden bli betydande.

Energigrödor och odlingsrester medför alltid en kostnad för biogasanläggningen. När det gäller odlingsrester ska ersättningen till lantbrukaren bland annat täcka kostnaderna för insamling, eventuell lagring och transport, samt förlust av näringsämnen. För energigrödor

ska naturligtvis lantbrukarens kostnader täckas men här måste också alternativkostnaden för andra grödor inkluderas.

Utöver att olika substrat medför olika kostnader eller intäkter för biogasproducenten ger de också olika biogasutbyten. I Figur 4 visas en sammanställning av biogasutbyten för en rad olika avfall och restprodukter uttryckt per ton torrs substans. Notera att gödsel har ett biogasutbyte på cirka 150 – 200 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton TS samtidigt som slakteriavfall och fettslam ligger i storleksordningen 550 – 600 Nm<sup>3</sup>/ton. Samtidigt har de olika substraten olika andel torrs substans vilket gör att biogasutbytet per ton våtvikt kan variera än mer.



**Figur 4: Biogasutbyte för restprodukter (Christensson et al., 2009)**

Då biogasutbytet varierar mellan olika substrat kommer också biogasutbytet per m<sup>3</sup> reaktor att variera vilket påverkar produktionskostnaden. I Tabell 13 nedan visas ett enkelt beräkningsexempel där biogasutbytet per m<sup>3</sup> reaktor beräknats för avfall, gödsel och en



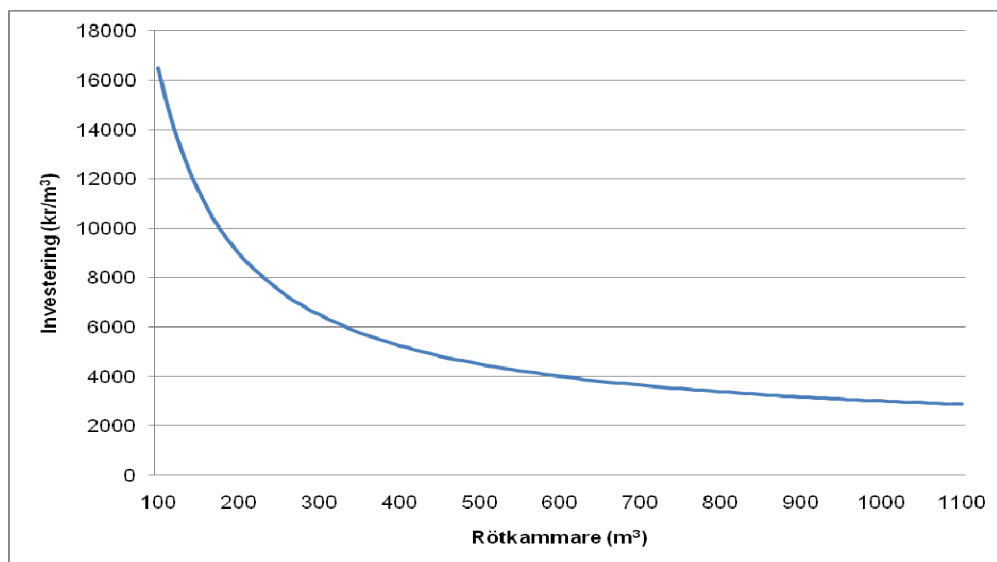
energigröda. Beräkningarna baseras på en organisk belastning på 3 kg VS/m<sup>3</sup> och dygn. I praktiken kan belastningen dock variera betydligt mellan olika anläggningar beroende på substrat, tillgänglig reaktorvolym och om anläggningen får betala för substratet eller får betalt med mera. Intressant att notera är att biogasutbytet för avfall och energigrödor är ungefär det samma men för gödsel är produktionen hälften så stor. En biogasanläggning med en stor andel gödsel kommer därmed inte att utnyttja det investerade kapitalet lika effektivt som en avfallsbaserad anläggning.

**Tabell 13: Biogasutbyte per m<sup>3</sup> reaktor**

	Typ av substrat		
	Avfall	Gödsel	Gröda
Organisk belastning (kg VS/m <sup>3</sup> och dygn)	3	3	3
Biogasutbyte (Nm <sup>3</sup> /ton VS)	500	210	350
Biogasutbyte (kWh/m <sup>3</sup> och dygn)	15	6	12

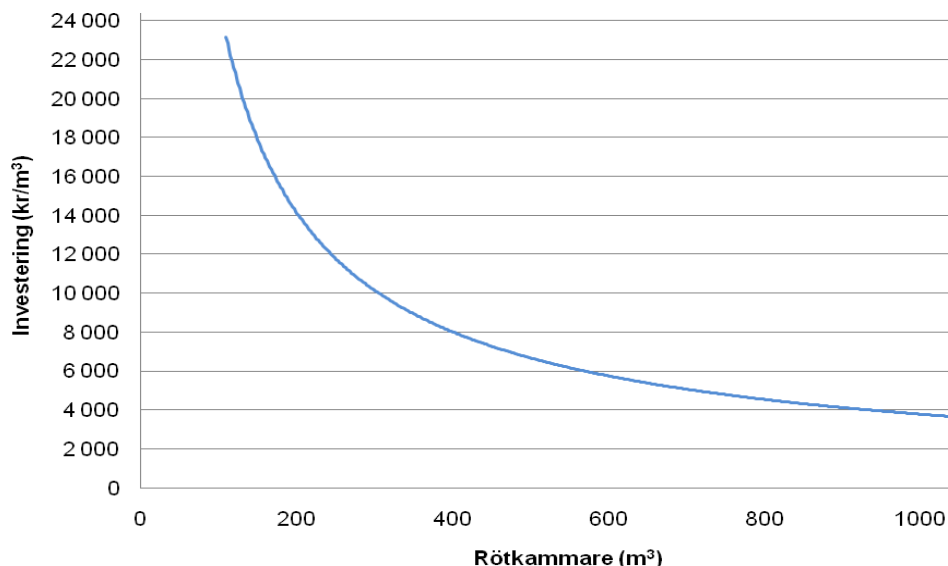
### Effekter av skala

De ekonomiska förutsättningarna för att producera och avsätta biogas påverkas bland annat av skala. Ofta rör det sig om positiva skaleffekter som att en reaktor på 1 000 m<sup>3</sup> är billigare än en rektor på 500 m<sup>3</sup> uttryckt i kr/m<sup>3</sup>. I Figur 5 demonstreras dessa skaleffekter för gårdsanläggningar baserat på en grov beräkningsmodell (LRF, 2009).



**Figur 5: Investering för nyckelfärdiga enkla gårdsanläggningar baserat på beräkningsmodell (LRF, 2009)**

Motsvarande uppgifter finns också presenterade av Christensson et al. (2009) men i det fallet är de baserade på skarpa offerter och prisnivåerna är markant högre än de som beräknas enligt LRF (2009).



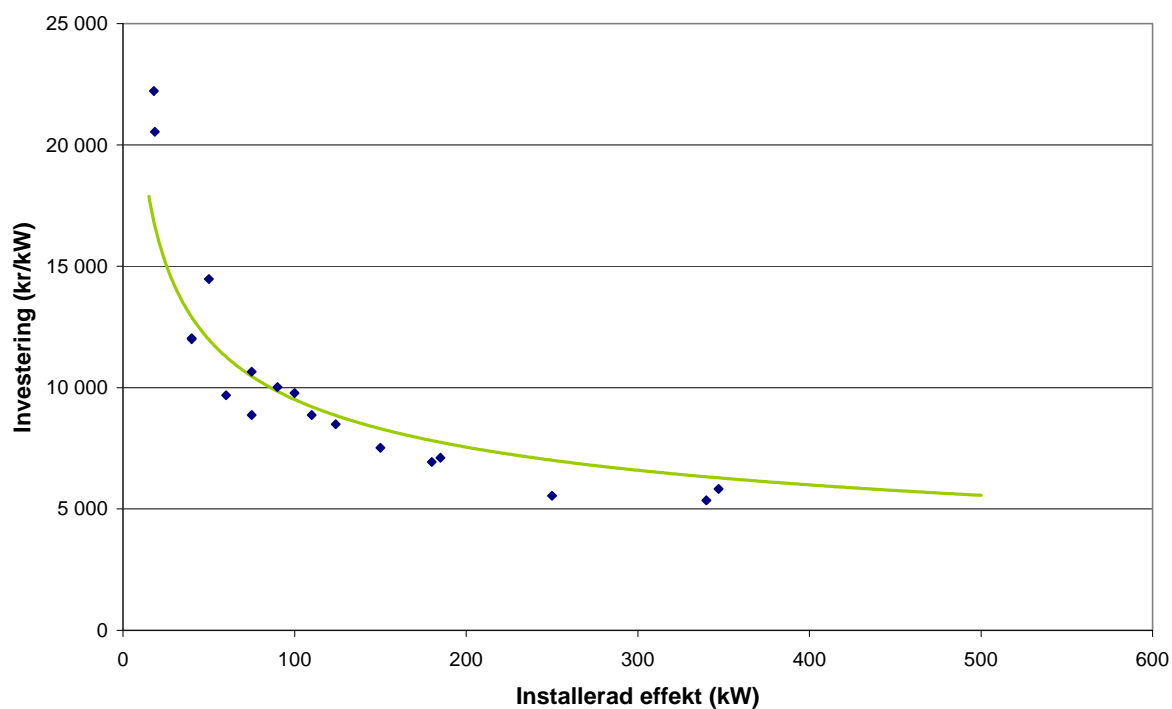
**Figur 6: Investering för nyckelfärdiga enkla gårdsanläggningar baserad på offerter (SGC, 2009)**

Investeringsbehovet kan dock variera betydligt beroende på vilka val som görs angående reaktorns utformning, vilka substrat som ska behandlas och så vidare. Investeringsnivåerna i sig ska därför ses som indikativa och syftet är framförallt att visa på skaleffekterna. Observera också att dessa uppgifter gäller relativt enkla gödselanläggningar och de inkluderar inte någon hygienisering. Enligt Jordbruksverket krävs det ingen hygienisering om en gårdsanläggning endast rötar gödsel från den egna gården. Det kan också vara möjligt att slippa kravet på hygienisering för en anläggning som hanterar gödsel från två till tre gårdar. Varje anläggning måste dock godkännas separat, även anläggningar som endast rötar sin egen gödsel. För större anläggningar krävs det dock hygienisering.

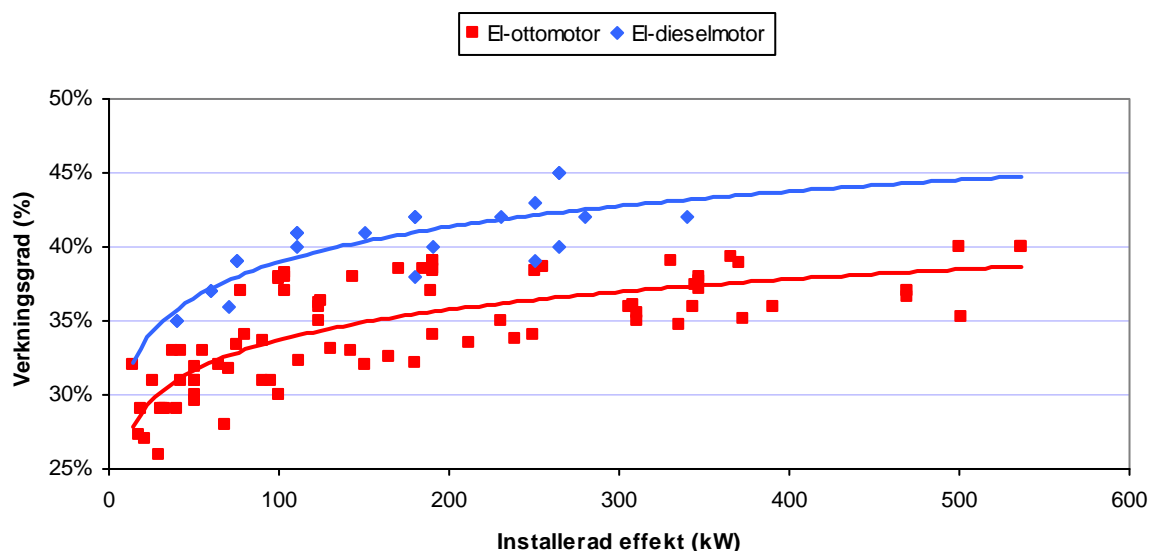
Det normala förfarandet är att bygga separata tankar för detta där substratet hettas upp till 70 grader i en timma och därefter får passera värmeväxlare innan det förs in i reaktorn. Det finns idag ingen gårdsanläggning som hygieniserar allt substrat så men de prisuppgifter som nämns av leverantörer visar på betydande kostnader. Det kan därför medföra att de positiva skaleffekter som visats tidigare inte gäller på samma sätt om skalan kräver gödsel från flera gårdar. Å andra sidan kan en anläggning med godkänd hygienisering också ta emot andra substrat som avfall vilket kan vara ekonomiskt fördelaktigt. En alternativ metod för hygienisering är att driva anläggningen under termofila förhållanden. Det krävs då bland

annat en temperatur på 52 °C vid en garanterad uppehållstid på 10 timmar och en hydraulisk uppehållstid på 7 dygn. Detta kan vara ekonomiskt attraktivt eftersom det inte krävs något separat hygieniseringssteg. En termofil process är dock känsligare vilket ökar risken för störningar. Större samrötningsanläggningar är ofta mer komplexa och innehåller mottagningshallar, personalutrymmen, biogödsellager med mera och de totala kostnaderna är därför inte knutna till reaktorstorleken på samma sätt.

När det gäller avsättningen av biogas kan det bland annat användas för att generera kraftvärme eller som fordonsbränsle. I Figur 7 och Figur 8 presenteras investeringskostnad och elektrisk verkningsgrad för mindre kraftvärmeanläggningar. Även här framgår det tydliga positiva skaleffekter.

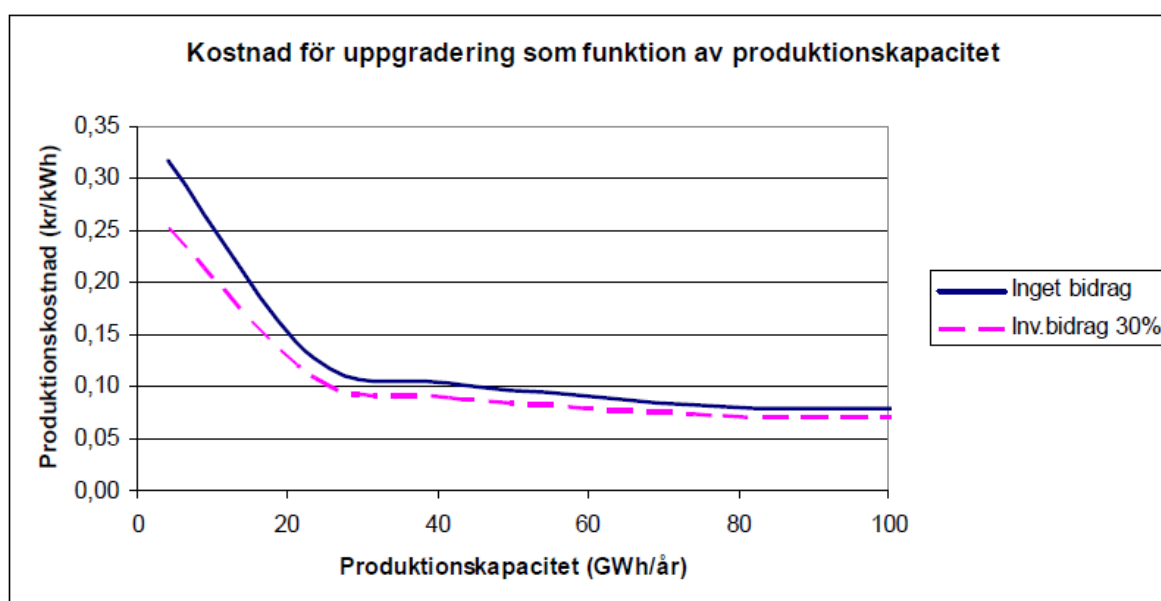


**Figur 7: Investeringskostnad gasmotorer (Lantz, 2010)**



Figur 8: Elektrisk verkningsgrad för ottomotorer vs dieselmotorer (Lantz, 2010)

Om biogasen ska användas som fordonsgas eller distribueras via naturgasnätet behöver den uppgraderas. Ska den distribueras via naturgasnätet krävs det dessutom att energiinnehållet korrigeras så det motsvarar naturgas vilket görs genom tillsats av propan. I Figur 9 redovisas ett exempel på kostnaderna för uppgradering som funktion av producerad mängd fordonsgas. Med de förutsättningar som antagits där framkommer tydliga skaleffekter upp till cirka 30 GWh/år och därefter minskar betydelsen av skala för att plana ut vid cirka 80 GWh/år (Benjaminsson och Nilsson, 2009). Här visas också betydelsen av investeringsstöd där det framkommer att det framförallt är de mindre anläggningarna som gynnas av ett sådant.



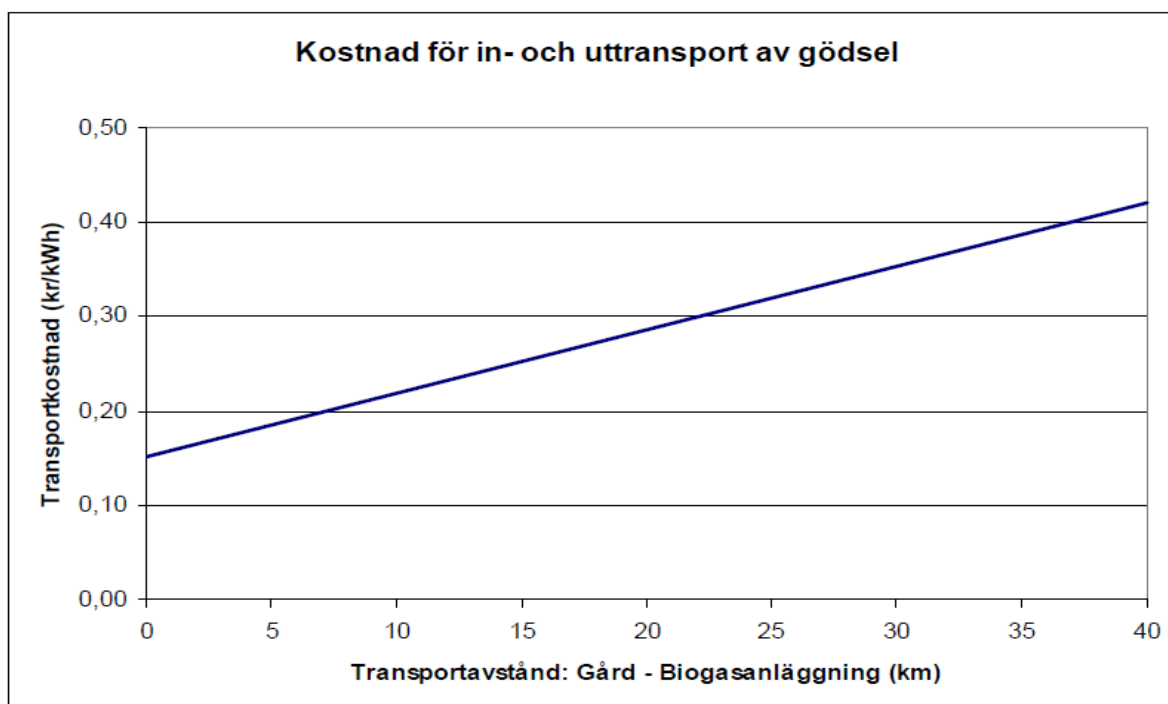
Figur 9: Kostnad för uppgradering inklusive och exklusive investeringsstöd (Roth et al., 2009)

Om biogasen ska avsättas som fordonsgas krävs det också tankstationer. Det kan vara publika tankstationer alternativt icke publika tankstationer, företrädesvis gäller detta långsamtankning av bussar. Kostnaden för en publik tankstation som är ansluten till ett gasnät anges av Benjaminsson och Nilsson (2009) till 0,18 kr/kWh vid en försäljningsvolym på 5 GWh/år. Om tankstationen försörjs med komprimerad fordonsgas sjunker kostnaden till 0,14 kr/kWh och försörjs tankstationen med flytande biogas bedöms kostnaden vara 0,16 kr/kWh. I en annan publikation anger Roth et al. (2009) kostnaden till 0,28 kr/kWh vid en försäljningsvolym på 5 GWh/år för en fristående tankstation. Om den i stället är integrerad med en befintlig tankstation antas kostnaden sjunka till 0,2 kr/kWh. I en något äldre publikation sätts kostnaden för tankstationen till 0,1 kr/kWh (Biomil, 2007) vid en volym på cirka 15 GWh. Vid samma försäljningsvolym anger dock Gasföreningen et al. (2007) kostnaden till 0,165 kr/kWh. Sammanfattningsvis bedöms kostnaden för en tankstation vara i storleksordningen 0,15 – 0,30 kr/kWh beroende på försäljningsvolym och hur fordonsgasen distribueras.

### **Distribution av biogas, substrat och biogödsel**

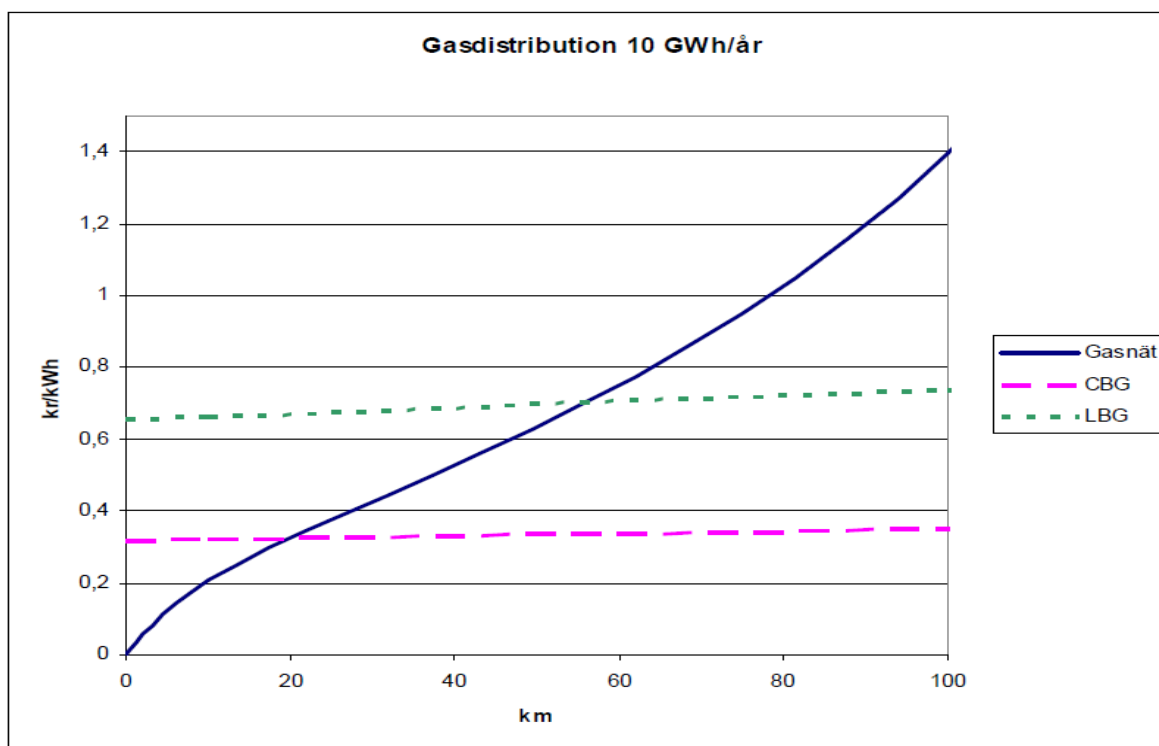
Olika biogassystem innefattar olika typer av transporter. En större samrötningsanläggning kan till exempel kräva transporter av såväl substrat och biogödsel som biogas. Samtidigt kan en gårdsbaserad anläggning som endast hanteras gårdens egen flytgödsel och avsätter biogasen i en kraftvärmeanläggning klara sig helt utan transporter.

När det gäller transporter av flytgödsel och biogödsel används tankbilar med olika lastkapacitet och utförande vilket tillsammans med transportavståndet påverkar kostnaden. Transportkostnader för gödsel och biogödsel beskrivs bland annat av Johansson och Nilsson (2007) samt av Roth et al. (2009). I Figur 10 presenteras ett exempel på transportkostnaden för flytgödsel från nöt för olika avstånd inklusive returtransport av biogödsel. Ett transportavstånd på 10 km mellan gården och biogasanläggningen antas där medföra kostnader på drygt 20 öre/kWh vilket bedöms motsvara cirka 30 kr/ton. Transporterna av avfall kan ske i en rad olika typer av fordon beroende på avfallets karaktär. För pumpbart avfall används ofta samma typ av lastbilar som för gödsel och biogödsel. Det är dock inte möjligt att använda returtransporterna för biogödsel.

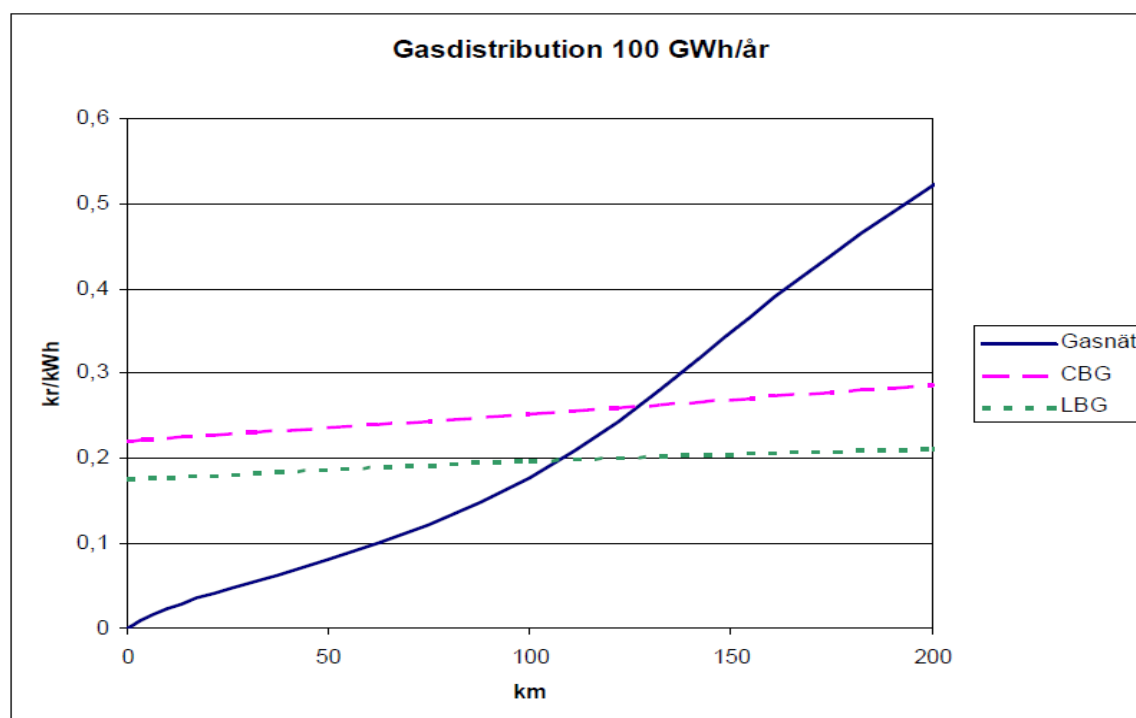


**Figur 10: Transportkostnad för nötflyt och biogödsel som funktion av avståndet (Roth et al., 2009).**

När biogasen uppgraderats ska den distribueras till tankstationer och där tankas i fordon. Fordonsgasen kan antingen distribueras trycksatt på lastväxlarflak eller i ledning. Det kan då röra sig om separata biogasnät alternativt naturgasnätet. Det är också möjligt att distribuera biogasen flytande men i dagsläget finns det inte några sådana anläggningar. Det pågår dock flera projekt runt om i landet och distribution av flytande biogas kommer sannolikt vara aktuellt inom några år. I Figur 11 och Figur 12 presenteras transportkostnaden för några olika alternativ vid en volym på 10 respektive 100 GWh/år. När det gäller kostnaderna för gasnätet framhåller författarna att det finns relativt stora osäkerheter eftersom lokala förutsättningar påverkar kostnaderna avsevärt. Det står dock klart att för ett litet system är ett gasnät mest kostnadseffektivt vid korta transportavstånd upp till cirka 2 mil. Ju större volym biogas som ska transporteras desto mer effektivt är det dock med ledningsbunden transport.



Figur 11: Kostnad för gasdistribution med gasnät, lastväxlarflak (CBG) och flytande gas (LBG) (Roth et al., 2009).

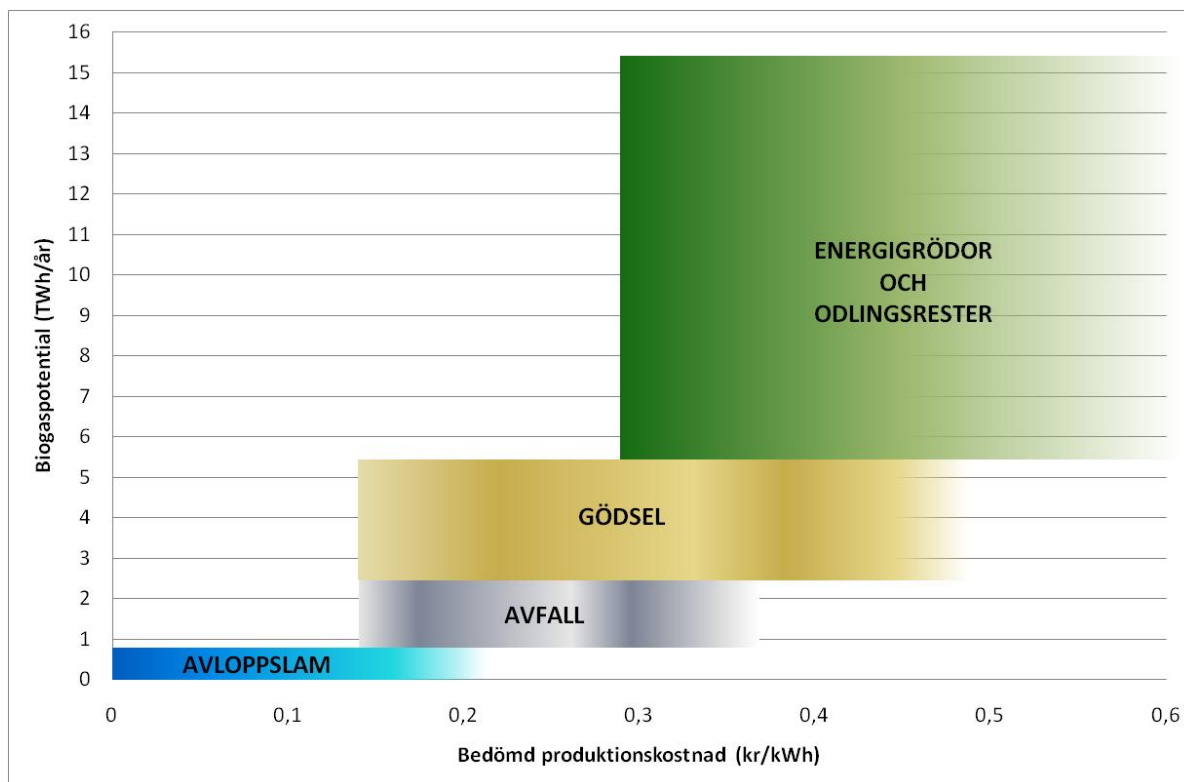


Figur 12: Kostnad för gasdistribution med gasnät, lastväxlarflak (CBG) och flytande gas (LBG) (Roth et al., 2009).

## Publicerade kostnadsanalyser

Vid en kartläggning av publicerade kostnadsanalyser för svenska förhållanden framgår det tydligt att dessa framförallt finns för mindre anläggningar med lantbruksanknytning. Sannolikt beror det på att den typen av anläggningar förekommer i mycket liten omfattning och enskilda lantbruksföretag har begränsade ekonomiska resurser för att låta genomföra några analyser. Många sådana utredningar finansieras därför i syfte att offentliggöra resultaten. För större avfallsbaserade anläggningar görs det naturligtvis också olika utredningar och kostnadsanalyser men detta sker sannolikt i första hand genom uppdrag till konsulter och resultaten blir därmed inte offentliga. På motsvarande sätt är det också ont om data för produktionskostnader på avloppsreningsverk.

I **Figur 13** nedan presenteras en sammanställning över befintliga kostnadsanalyser fördelat på den huvudsakliga typen av substrat. Där visas också den potentiella biogasproduktionen per substratkategori. Observera att syftet med figuren är att ge en grov kostnadsöversikt för olika substratkategorier och den baseras på befintliga kostnadsanalyser som använder olika antaganden och indata. Här har det inte gjorts några justeringar med avseende på sådana skillnader. I de fall som den redovisade produktionskostnaden gäller för fordonsgas har den dock justerats för att gälla rågas.



**Figur 13: Bedömd produktionskostnad (rågas) och biogaspotential för respektive substratkategori (Linné och Jönsson, 2004; Lantz 2006; Börjesson och Lantz 2007; Benjaminsson och Linné 2007; Biomil, 2007; Edström et al., 2008; SBI, 2008; Roth et al., 2009)**



När det gäller gödsel gäller en del data för gårdsanläggningar och andra data för större anläggningar som rötar gödsel från flera gårdar. Här syns tydliga skalfördelar i anläggningskostnaderna vilket innebär att anläggningar på mycket stora gårdar kan producera billig biogas samtidigt som gårdsanläggningar på små och medelstora gårdar får höga produktionskostnader. Anläggningar som rötat gödsel från flera gårdar kan dra nytta av stordriftsfördelar men får samtidigt betala för transporter och produktionskostnaderna blir därför högre än för stora gårdsanläggningar. Å andra sidan ökar möjligheterna att avsätta biogasen eftersom anläggningen kan placeras på lämplig plats. När det gäller biogas från grödor påverkas kostnaden dels av olika skala men framförallt av olika antaganden för vad energigrödor faktiskt kostar. Detta speglar naturligtvis att marknadspriset på grödor och främst då spannmål varierat över tiden. I praktiken kommer många anläggningar att använda en mix av substrat vilket ger andra produktionskostnader. En anläggning som använder stora mängder gödsel kan till exempel sänka produktionskostnaden genom att också tillföra avfall.

## Sammanfattande bedömning

Störst klimat- och miljönytta ger biogas när denna används som fordonsbränsle i tätbebyggda områden där många människor exponeras för avgaser. Anledningen till detta är att ersättningsbränslena idag utgörs av bensin och diesel. Avsättningen för biogas som drivmedel kan betraktas som ”obegränsad” i ett nationellt perspektiv. Biogas kan med fördel utnyttjas i lokala och regionala fordonsflottor som t ex bussar. I de flesta län överstiger produktionspotentialen bussflottans avsättningspotential vilket innebär att det finns biogas över till andra fordonsslag, t ex distributionsbilar, taxi men också privatbilister. Undantaget är Stockholms län där biogaspotentialen motsvarar ungefär halva bussflottans behov. En liknande situation kan dock fås även i andra län om produktion och avsättning är geografiskt åtskilda. När det gäller fordonsgas är det därför viktigt att beakta de lokala och regionala skillnader som finns avseende produktion och avsättning och de krav det ställer på en fungerande infrastruktur.

När biogas utnyttjas för värme- och kraftvärmeproduktion utgörs ersättningsbränslena normalt av andra biobränslen, framför allt fasta biobränslen som skogsflis, halm o s v. Detta innebär att biogasbaserad värme- och kraftvärmeproduktion normalt leder till betydligt lägre klimatnytta än när biogas används som drivmedel. Vi har fortfarande outnyttjade potentialer av fasta biobränslen i Sverige (skogsbränsle, halm mm) som oftast är mer kostnadseffektivt att utnyttja i ett kortare tidsperspektiv. Ur ett längre perspektiv kan det ändå vara motiverat att bygga ut biogaskraftvärme, i synnerhet anläggningar i gårdsskal med bra värmeunderlag. En successiv utbyggnad av framför allt större gårdsbaserade anläggningar ökar förutsättningarna för att lokala kluster av produktionsanläggningar utvecklas som i ett senare skede kan knytas ihop och uppgradera biogasen till fordonsbränsle. Om de lokala förutsättningarna finns kan även fortsatt kraftvärmeproduktion från biogas bli kostnadseffektivt.

Enbart värmeproduktion från biogas har normalt lägst resurseffektivitet när hänsyn tas till klimatvinster, kostnader och alternativa fasta biobränslen. Dock kan detta också motiveras i en inledningsfas om värmeproduktion sker under en tidsbegränsad övergångsfas tills ett lokalt kluster av anläggningar byggts ut och som sammanbinds med t ex lokala gasnät som kopplas till en uppgraderingsanläggning och tankställen för fordonsgas (alt. naturgasnät).

Klimatnyttan med biogas som fordonsbränsle och kostnaderna för att producera denna varierar stort mellan olika produktionssystem. I Tabell 14 görs en grov sammanställning av kostnaderna för att reducera 1 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter med biogas som ersätter fossila drivmedel (baserat på Tabell 9 och Figur 13). Observera att kostnaderna baseras på rågas och inte inkluderar uppgradering som innebär en ökad produktionskostnad om cirka 10 öre/kWh biogas (se Figur 9).

**Tabell 14: Kostnad för att reducera 1 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter med biogas (rågas) som ersätter fossil olja/fossila drivmedel**

	Typ av substrat		
	Gödsel	Avfall	Gröda
Klimatnytta (kg CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)	0,35	0,26	0,20
Produktionskostnad (kr/kWh)	0,15-0,45	0,15-0,35	0,30-0,55
Reduktionskostnad (kr/kg CO <sub>2</sub> -ekv)	0,40-1,30	0,50-1,30	1,50-2,70

Ur ett klimatperspektiv bedöms det vara mest kostnadseffektivt att producera biogas från gödsel följt av avfall. Reduktionskostnaden per kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent understiger normalt 1 kr (vilket kan jämföras med dagens CO<sub>2</sub>-skatt om cirka 1 kr per kg CO<sub>2</sub>). Trots att biogas från grödor har lägre kostnadseffektivitet kan det finnas motiv att även använda dessa substrat, särskilt i kombination med gödsel. På så sätt är det möjligt att öka utnyttjandet av reaktorkapaciteten och samtidigt öka biogasutbytet genom att optimera substratens näringsinnehåll. Det är med andra ord ofta kostnadseffektivt att utnyttja och maximera dessa positiva synergieffekter.

Då lokala gasnät och kluster av anläggningar planeras är det dock viktigt att ställa kostnaderna för att transportera biogas mot kostnaderna och vinsterna med att transportera substrat och biogödsel. Biogastransport i ledning medför relativt höga investeringskostnader och låga driftkostnader. Investeringskostnaden påverkas dock inte i någon större omfattning av den transporterade gasvolymen vilket innebär att små gasflöden blir dyra att transportera i ledning. Tillsammans med de skaleffekter som finns för biogasanläggningar kan det därför vara mer kostnadseffektivt att transportera substrat till en större biogasanläggning. Sådana större anläggningar kan därefter kombineras med gårdsanläggningar i olika skala. Det är därför viktigt att eventuella styrmedel inte ensidigt gynnar små gödselbaserade anläggningar utan också större system.

Utbyggnaden av biogas och dess infrastruktur måste ske stegvis där fokus inledningsvis ligger på byggandet av produktionsanläggningar på platser med bra lokala förutsättningar och där steg två fokuserar på optimal avsättning av biogasen där fordonsbränsle normalt prioriteras. Detta kräver en helhetssyn både när det gäller de geografiska förutsättningarna för produktion och avsättning samt tidsaspekten där ett tillräckligt långt tidsperspektiv anläggs för att möjliggöra de långsiktigt mest hållbara lösningarna.

Förutom att det krävs mer fördjupade studier kring flera av de ovan diskuterade tekniska och ekonomiska aspekter kring biogassystem finns det också ett behov av en uppdaterad bred analys kring hur dagens politiska styrmedel inom olika sektorer påverkar implementeringen av biogassystem. I Tabell 1 och 2 ges en strukturerad översikt kring vilka hinder och drivkrafter som fanns kring 2006-2007 men sedan dess har flera förändringar skett inom berörda politikområden.

## Referenser

Benjaminsson J och Linné M (2007). Biogasanläggning med 300 GWh årsproduktion – System, teknik och ekonomi. SGC-rapport 178. Svenskt Gastekniskt Centrum, Malmö.

Biogasportalen (2010) Användning av biogas,  
<http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/BiogasISiffror/Anvandning.aspx>

Biomil (2007) Kostnader för produktion av fordonsgas, Biomil AB

Börjesson P och Lantz M (2007) Utökad kostnadsanalys - Stöd till gödselbaserad biogas, underlag till SOU 2007:36

Börjesson P och Tufvesson L (2009). Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes. *Journal of Cleaner Production*. In press.

Börjesson P, Tufvesson L och Lantz M (2010). Livscykelanalys av svenska biodrivmedel. Rapport nr 70, Miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Christensson K, Björnsson L, Dahlgren S, Eriksson P, Lantz M, Lindström J, Mickelåker M och Anderman H (2009). Gårdsbiogashandbok. SGC-rapport 206. Svenskt Gastekniskt Centrum, Malmö.

Crops4Biogas (2010) Projektbeskrivning,  
[http://www.biotek.lu.se/research/renewable\\_energy/crops\\_4\\_biogas/](http://www.biotek.lu.se/research/renewable_energy/crops_4_biogas/)

Dahlgren S (2009) Projektledare biogas, Presentation vid GASDAGARNA 2009, Svenska Gasföreningen

Dahlgren S (2009) Projektledare biogas, personlig kommunikation januari 2010, Svenska Gasföreningen

Edström M, Jansson L-E, Lantz M, Johansson L-G, Nordberg U och Nordberg Å (2008). Gårdsbaserad biogasproduktion – System, ekonomi och klimatpåverkan. JTI-rapport 42, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Energimyndigheten (2009) Energiläget, ET 2009:28, Energimyndigheten

Gasföreningen (2010) Sammanställning över antalet gasfordon, tankställen och fordonsgas i Sverige 1995 – 2009, Svenska Gasföreningen

Johansson M och Nilsson T (2007) Transporter gårdsbaserade biogassystem – Framtagning av beräkningsprogram för kostnader och emissioner, examensarbete, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola

Lantz M (2006) Drivmedelsproducenters betalningsförmåga för energigrödor, Energi- och Miljösystem, Lunds Tekniska Högskola

Lantz M, Svensson M, Björnsson L and Börjesson P (2007) The Prospects for an Expansion of Biogas Systems in Sweden – Incentives, Barriers and Potentials. *Energy Policy* **35**, 1830-1843.

Lantz M, Persson A och Börjesson P (2009) Systemoptimerad produktion av fordonsgas – En miljö och energisystemanalys av Söderåsens Biogasanläggning. Rapport 69, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola

Lantz M (2010) Lönsam produktion av kraftvärme från gårdsbaserad och gårdsnära biogas. Rapport nr 71, Energi- och Miljöanalys, Lunds Tekniska Högskola.

Linné M och Jönsson O (2004) Litteraturstudie – Sammanställning och analys av potentialen för produktion av förnyelsebar metan (biogas och SNG) i Sverige, Biomil AB och SGC

Linné M, Ekstrandh A, Englesson R, Persson E, Björnsson L och Lantz M (2008) Den svenska biogaspotentialen från restprodukter, Svenska Gasföreningen

Myhr A (2010) Personlig kommunikation januari 2010, Statens Institut för kommunikationsanalys

Norrman J, Arnell J, Belhaj M och Flodström E (2005) Biogas som drivmedel för bussar i kollektivtrafik, rapport B1657, IVL Svenska Miljöinstitutet

Roth L, Johansson N och Benjaminsson J (2009). Mer Biogas! Realisering av jordbruksrelaterad biogas. Grontmij AB, Malmö.

SBI (2008) Möjligheter för biogas i Kalmar län – en idéstudie, Swedish Biogas International

SIKA (2009a) Fordon 2008 Tema Yrkestrafik, Statens Institut för kommunikationsanalys

SIKA (2009b) Lokal och regional kollektivtrafik 2008, rapport 2009:18, Statens Institut för kommunikationsanalys

SOU (2007). Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Statens Offentliga Utredningar, SOU 2007:36. Fritzes, Stockholm.



## **Bilaga 2**

Samhällsekonomiska värden av olika miljöeffekter vid ett ökat utnyttjande av biogas

Underlagsrapport till utredningen *Förslag till sektorövergripande biogasstrategi. Rapport ER 2010:14*

*Runar Brännlund, Umeå Universitet, Isabelle Nilson, Patrik Söderholm Luleå Tekniska högskola*



# **Samhällsekonomiska värden av olika miljöeffekter vid ett ökat utnyttjande av biogas<sup>\*</sup>**

RUNAR BRÄNNLUND<sup>\*</sup>, ISABELLE NILSSON<sup>\*\*</sup> och PATRIK SÖDERHOLM<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Umeå universitet  
Nationalekonomiska institutionen  
901 87 Umeå

<sup>\*\*</sup> Luleå tekniska universitet  
Nationalekonomiska enheten  
971 87 Luleå

---

Arbetet med denna rapport har finansierats av Energimyndigheten (STEM). Ett stort tack riktas till Olof Enghag (Jordbruksverket), Julia Hansson (STEM), Urban Kärrmarck (STEM), Thomas Levander (STEM) och Nanna Wikholm (Naturvårdsverket) för viktig hjälp under arbetets gång. Rapportens innehåll – inklusive eventuella felaktigheter – skall dock endast tillskrivas författarna.

# Kapitel 1

## INTRODUKTION

### 1.1 Bakgrund till uppdraget

Biogas uppkommer när organiskt material bryts ned i syrefri miljö. Det är en energikälla som, precis som naturgas, i huvudsak består av metan. Skillnaden mot naturgas är att biogas produceras av biologiskt förnyelsebart material. Biogas produceras exempelvis när matavfall från hushåll eller gödsel från lantbruket bryts ned av mikroorganismer, eller när slam i vattenreningsverk genomgår en rötningsprocess. Biogas kan också utvinnas ur deponier där organiskt material ansamlats, och kan användas som fordonsbränsle eller som bränsle i el- och värmeproduktion. Den kan även blandas med naturgas och utnyttjas i samma distributions-system vilket är en fördel logistiskt. Biogas används dessutom ofta småskaligt i lokala anläggningar.

År 2008 uppgick biogasproduktionen i Sverige, mätt som energiproduktion, till cirka 1,3 TWh, vilket ska jämföras med den uppskattade potentialen på cirka 10 TWh (Tabell 1.1). I denna potential är dock inte restprodukter från skogsbruket medräknade. Räknas skogsbruket in uppgår potentialen till cirka 69 TWh. Även om dessa siffror ska tolkas med försiktighet på grund av stora osäkerheter, tyder de på att det idag finns en stor outnyttjad potential för ökad biogasproduktion från jordbruket, medan potentialen för ökad biogasproduktion från t.ex. reningsverk är förhållandevis liten.

**Tabell 1.1: Biogasproduktion samt potential i Sverige (GWh), 2008**

Biogasproduktion		Biogaspotential	
Källa	GWh	Källa	GWh
Reningsverk	605	Reningsverk	700
Deponier	369	Industrianläggningar	1062
Samrötningsanläggningar	240	Lantbruk*	8099
Industrianläggningar	130	Matavfall	759
Lantbruk	15		
<b>Summa</b>	<b>1359</b>	<b>Summa</b>	<b>10620</b>

Källor: [www.biogasportalen.se](http://www.biogasportalen.se) samt Linné m.fl. (2008).

Det finns idag ett stort intresse för nya transportbränslen, och staten subventioner miljöbilar bl.a. via förmånsbeskattning. Mot bakgrund av detta finns ett behov att närmare studera de samhällsekonomiska konsekvenserna av ökad biogastillförsel från inte minst jordbruket. Det projekt som ligger till grund för denna rapport ska i ljuset av detta försöka besvara följande frågor:

- Vad är det samhällsekonomiska värdet av minskade metan- och lustgasutsläpp från t.ex. gödselhantering och deponi när gödsel och andra restprodukter i stället används för biogasproduktion (uttryckt per mängd biogas)?
- Vad är det samhällsekonomiska värdet av minskad mängd partiklar från användandet av biogasfordon (uttryckt per mängd biogas)?
- Vad är det samhällsekonomiska värdet av minskat kväveläckage från jordbruket som en följd av ökad produktion av biogas från jordbruket (uttryckt per mängd biogas)?
- Vad är det samhällsekonomiska värdet av den bättre odlingsföljd som man får vid odling av grödor för biogas (uttryckt per mängd biogas)?

Den sistnämnda frågan har visat sig svår att besvara,<sup>1</sup> inget underlag har levererats från STEM och den täcks därför inte i denna rapport. Projektet ska också – så långt det anses möjligt – analysera det samhällsekonomiska värdet av det bidrag till målet om en levande landsbygd som produktion av biogas från jordbruket ger.

Det bör noteras att denna rapport inte erbjuder en fullödig analys av biogasens samhällsekonomiska intäkter och kostnader utan den belyser snarare ett *begränsat urval* av miljöeffekter av utökad biogasproduktion och användning, och dessas samhällsekonomiska värden. Dessa effekter utgör en viktig input i olika samhällsekonomiska bedömningar av specifika biogasprojekt eller relaterade policyåtgärder, men rapporten kan *ensamt* inte utgöra ett underlag för sådana bedömningar.

## 1.2 Samhällsekonomisk värdering av miljöeffekter

En monetär värdering av en s.k. extern effekt eller en kollektiv vara som inte är prissatt på någon existerande marknad innebär att vi måste kvantifiera två storheter; den externa effektens storlek i fysiska termer, och det ekonomiska värdet, exempelvis i kronor, per enhet av den fysiska effekten. De värderingssiffror vi presenterar i denna rapport är i princip framtagna utifrån skattningar av dessa två storheter. Med detta sagt torde det vara uppenbart att det värde som blir resultatet är förenat med osäkerhet. Dels finns en osäkerhet kring de fysikaliska och naturvetenskapliga sambanden, dels finns en osäkerhet kring hur människor faktiskt upplever, och därmed värderar, en förändring av exempelvis miljökvaliteten.

De empiriska metoderna för att värdera olika icke-marknadsprissatta naturresurser eller emissioner kan generellt delas upp i två olika typer av angreppssätt; *indirekta* och *direkta*. De indirekta metoderna härleder värden indirekt genom att studera hur människor faktiskt beter sig på för studien relevanta marknader. Ett exempel på en indirekt metod är den s.k. fastighetsvärdesmetoden. Exempelvis kan man jämföra priset på likvärdiga fastigheter i områden med olika miljökvalitet. Skiljer sig fastigheternas priser åt, exempelvis att fastigheter i områden med hög vattenkvalitet har ett högre pris än fastigheter med låg vattenkvalitet, så reflekterar prisskillnaden, idealt sett, värderingen av vattenkvalitet. En annan typ av indirekt värdering är resekostnadsmetoden. Med denna metod kan vi ta reda på vad människor faktiskt betalar för att exempelvis ta sig till ett rekreationsområde, exempelvis en badstrand. Individernas resekostnader kan sedan utgöra basen för värdering av vattenkvalitet. En nackdel med indirekta värderingsmetoder är att de inte speglar naturresursers totala värde, de fångar enbart renodlade brukarvärden. Exempelvis fångar resekostnadsmetoden endast upp värdet av

---

<sup>1</sup> Se dock Thyselius (1990) samt Hansson m.fl. (2007) för en diskussion om denna typ av effekt.

de som faktiskt reser till platsen. En miljö kvalitetsförbättring kan dock innebära att nya individer väljer att åka dit, vilket påverkar det totala värdet.

Med direkta värderingsmetoder kan man emellertid uppskatta naturresursers totala värde, dvs. både värdet för det som använder resursen, värdet för de som kan tänkas använda den, och eventuella existensvärden<sup>2</sup>. Direkta metoder innebär att man via hypotetiska marknader försöker avslöja människors betalningsvilja för resursen. Den helt dominerande direkta metoden är den s.k. ”Scenariovärderingsmetoden” ”(Contingent Valuation method”, CVM).<sup>3</sup> Metoden innebär att man först, med hjälp av intervjuer eller enkäter, beskriver en förändring i tillgången på en naturresurs för ett slumpmässigt urval av individer. Sedan frågas efter individernas betalningsvilja för att förändringen faktiskt ska ske. En annan liknande indirekt metod är ”Stated Preferences” (SP-metoden).<sup>4</sup> Den huvudsakliga skillnaden i förhållande till CV-metoden är att här låter man flera attribut som förknippas med naturresursen variera i olika kombinationer. CVM och SP är båda omdiskuterade metoder, inte minst på grund av deras hypotetiska karaktär. Dock har det skett en omfattande metodologisk forskning, vilket gjort metoden mer användbar och accepterad.<sup>5</sup>

De värderingssiffror vi presenterar i denna rapport är i huvudsak framtagna med direkta metoder av CVM-typ; detta gäller främst de studier som värderat de ekonomiska effekterna av reducerat kväveläckage. Ett undantag är värdet av minskade utsläpp av växthusgaser. Den ekonomiska värderingen av växthusgaser är i de flesta fall gjorda utifrån en s.k. Integrated assessment Model (IAM) (se t.ex. Stern, 2007; Nordhaus, 2008; Tol, 2008). En IAM består normalt av ett flertal ”moduler” där fysikaliska effekter länkas ihop med ekonomiska effekter. Olika IAM’s skiljer sig åt framförallt beroende om man har en ”top-down” eller ett ”bottom-up” ansats. Exempel på den förstnämnda typen är DICE (Nordhaus, 2008), och på den senare FUND (Tol, 2008). En mer ingående diskussion kring värderingen av växthusgaser ges i avsnitt 2.1, och resterande delar av kapitel 2 diskuterar de metodologiska och praktiska utmaningar som är kopplade till den ekonomiska värderingen av de övriga miljöeffekterna. Kapitlet syntetiserar också de resultat – dvs. de ”prislappar” på olika emissioner – som litteraturen redovisar.

### 1.3 Viktiga utgångspunkter och några metodologiska vägval

De beräkningar som redovisas i rapporten baseras på en s.k. marginalanalys, dvs. vi undersöker värdet av de emissioner som undviks då en extra energienhet biogas (uttryckt i MJ) utnyttjas. Man bör vara försiktig med att använda dessa siffror för att beräkna totala värden för t.ex. ett scenario där hälften av *alla* bensindrivna personbilar ersätts med biogas. Vid en sådan multiplicering antas implicit att värdet av de genomsnittliga miljöskadorna är

---

<sup>2</sup> Existensvärde brukar definieras som ett värde som är oberoende av användning; man värderar en resurs för dess blotta existens (se exempelvis Brännlund & Krström, 1998).

<sup>3</sup> Se t.ex. Hanemann (1994). En bra och lättillgänglig översikt av CVM och dess tillämpning finns i King och Mazotta (2000), som finns att tillgå på [www.ecosystemvaluation.org/contingent\\_valuation.htm](http://www.ecosystemvaluation.org/contingent_valuation.htm).

<sup>4</sup> Se exempelvis Ben-Akiva och Lerman. (1985), eller Carson m.fl. (1994).

<sup>5</sup> I kölvattnet av oljetankern Exxon-Valdez grundstötning i Alaska år 1989 följde en mycket grundlig genomlysning av CV-metoden (Arrow m.fl., 1993; Hanemann, 1994; Diamond och Hausmann, 1994). En genomgång av några av kontroverserna, och diskussion kring dessa, finns även i Carson m.fl. (2001). En genomgång av framförallt svenska värderingsstudier finns i Hökby och Söderquist (2003) och Kinell m.fl. (2009).

lika höga som de marginella, ett antagande som i vissa fall kan vara långtifrån realistiskt. Mer lämpligt kan vara att använda siffrorna för att analysera de samhällsekonomiska värden som uppstår vid t.ex. etablerandet av en ny ("normalstor") biogasanläggning.

I rapporten beskrivs de ekonomiska värdena för en rad nettoemissionsförändringar i termer av SEK per MJ biogas. Det är viktigt att notera att dessa beräkningar är starkt avhängiga de systemavgränsningar som gjorts, och såsom uppdraget är formulerat skiljer sig dessa avgränsningar åt beroende på vilken fråga som belyses. Av denna anledning kommer vi nedan att kommentera vilka systemgränser som gäller för respektive beräkning; i förekommande fall belyser vi också översiktligt effekterna av alternativa systemgränser.

Eftersom det inte funnits utrymme inom för detta projekt att genomföra egna värderingsstudier bygger analysen på s.k. nyttotransferering (benefit transfer), dvs. vi utnyttjar värden som framkommit från tidigare värderingsstudier.<sup>6</sup> Det finns en rad olika sätt på vilket detta kan göras men vi utnyttjar är i första hand s.k. enkel enhetstransferering, dvs. en mer eller mindre direkt transferering av betalningsviljor. För de lokala och regionala effekterna har vi dock endast använt studier som specifikt belyser svenska förhållanden, och vi belyser också de osäkerheter som finns genom att inkludera ett spann av värden snarare än ett enskilt mittvärde.

## **1.4 Rapportens disposition**

I kapitel 2 beskrivs principiellt hur de ekonomiska skadekostnaderna för respektive typ av utsläpp har tagits fram i litteraturen. Vi belyser också några av de metodologiska problem som är behäftade med dessa ekonomiska bedömningar, och avslutar respektive avsnitt med att redovisa de "prislappar" som antas för studiens fortsättning. I avsnitten 3-5 görs en analys av de nettoemissioner som uppstår för en rad olika scenarier (systemavgränsningar), som alla innebär en ökad produktion och användning av biogas, samt av de samhällsekonomiska värden som kan kopplas till dessa effekter. Analysen avgränsas enligt ovan till effekterna på metan och lustgas (kapitel 3), partiklar (kapitel 4), samt kväveläckage (kapitel 5). I kapitel 6 diskuteras kort hur vi kan förhålla oss till de bidrag som biogasen kan ge till målet om en "levande landsbygd".

---

<sup>6</sup> Se t.ex. Forslund m.fl. (2007) för en lättillgänglig översikt och diskussion om olika nyttotransfereringsmetoder.

## Kapitel 2

# EKONOMISK VÄRDERING AV VALDA EMISSIONER

I detta avsnitt diskuteras översiktligt hur den ekonomiska värderingen av valda miljöeffekter kan åstadkommas, de metodologiska problem som är behäftade med denna värdering, samt vilka antaganden som ligger till grund för biogasens samhällsekonomiska värdering i denna studie.

### 2.1 Det samhällsekonomiska värdet av reducerade utsläpp av växthusgaser

I detta avsnitt utreds och diskuteras de samhällsekonomiska värden som är kopplade till förändrade utsläpp av växthusgaser, och som inte är internaliserade via priser och/eller skatter och regleringar. Biogasproduktion från gödsel och andra restprodukter påverkar netto-utsläppen av växthusgaser på åtminstone tre olika sätt; Det första, och kanske mest uppenbara, är att den biogas som produceras kan användas till att ersätta fossila bränslen, och därmed medverka till att minska utsläppen av koldioxid från förbränning av fossila bränslen. Det andra är att rötningen i sig innebär att man ”fångar” metan och lustgas som annars på naturlig väg skulle läka ut i atmosfären. Det tredje är att den produkt som återstår efter rötning har bättre växtnäringsinnehåll än den som inte rötas för biogasproduktion, vilket innebär att det finns en potential att minska användningen av konstgödsel. Minskad produktion och användning av konstgödsel har i sin tur ett antal positiva miljöeffekter, bl.a. minskade utsläpp av växthusgaser. I denna studie riktas dock uppmärksamheten (enligt uppdraget) endast på de reducerade utsläpp av metan och lustgas som uppstår vid rötning och efterföljande spridning av rötresten (se vidare avsnitt 3).

Frågan vi ställer oss här är vad det monetära värdet av en förändring i utsläppen av växthusgaser är. För att besvara den frågan skall vi först ge en översikt av möjliga sätt att värdera växthusgaser, för att slutligen landa i en metodik som kan anses rimlig. Vidare skall vi utifrån den vetenskapliga litteraturen på området redovisa empiriska skattningar av värdet av växthusgaser, vilket kommer att ligga till grund för vår slutliga analys.

Värdet av utsläppsminskningar har rönt stort intresse de senaste åren. Man kan säga att det finns två starka skäl till detta intresse. Det första och uppenbara skälet är att någon form av värdering, explicit eller implicit, behövs för att bestämma ambitionsnivån i klimatpolitiken. Ett annat skäl som blivit minst lika viktigt är att det behövs en värdering för att användas i samhällsekonomiska lönsamhetsbedömningar. Om vi exempelvis projekterar en biogasanläggning baserad på restprodukter från jordbruket kommer det att få effekter på utsläppen av växthusgaser. En företagsekonomisk kalkyl beaktar inte en sådan förändring eftersom den som producerar biogasen inte ersätts (får betalt) för den reduktion av växthusgaser som sker. Med andra ord, den företagsekonomiska kalkylen måste kompletteras med en värdering av klimatnyttan, detta för att spegla den samhällsekonomiska nyttan av projektet.

Det teoretiskt korrekta sättet att värdera en marginell minskning av växthusgaser är naturligen en värdering av den marginella skada man undviker. Ansatsen brukar benämnas ”marginal cost approach” (Clarkson och Deyes, 2002) eller ”social cost of carbon approach” (SCC)

(Pearce m.fl., 2003; Stern, 2007). På svenska brukar den kallas för ”skadestodsmetoden”. SCC innebär att man försöker beräkna skillnaden i framtida skada orsakad av en marginell förändring av en given referensbana för utsläppen. Säg att vi har tagit fram en trolig bana för utsläppen de närmaste 100 åren, vilket i sin tur innebär att vi kan beräkna koncentrationshalten i atmosfären vid varje tidpunkt och den skada som följer av detta. Säg nu, exempelvis, att vi minskar utsläppen i en period. Det betyder att utsläppsbanan är densamma förutom i just den perioden. Dock kommer utsläppsminskningen i den perioden att påverka koncentrationshalten under de närmaste 100 åren, och därmed skadan de närmaste 100 åren. Vi kan då skatta värdet av denna utsläppsminskning genom att i varje period beräkna skillnaden mellan den ursprungliga skadan och skadan efter reduktionen. Summerar vi över 100 år får vi det sammanlagda värdet av den marginella utsläppsminskningen. Det värde summeringen resulterar i är vad som brukar kallas ”social cost of carbon”. Uppenbart är att vi måste summera skadestoder över tid, vilket ger upphov till ”diskonteringsproblematiken”, dvs. hur vi ska föra tillbaka framtida värden till nuvärden. Diskonteringsproblematiken är dock inte unik för denna metod eller för detta problem, utan existerar även för andra metoder i syfte att fastställa ett värde för utsläpp av växthusgaser, men även för alla andra problem där intäkter och/eller kostnader infaller i olika tidsperioder (exempelvis plantering av skog). Vid en beräkning av SCC är referensscenariot centralt. Ett referensscenario som innebär relativt stora framtida utsläpp implicerar ett högt värde på SCC och vice versa.

Sett ur ett strikt välfärdsperspektiv är skadestodsprincipen (SCC) den principiellt riktiga värderingsprincipen. Ett alternativ, kan man tycka, är att använda det skuggpris, ”shadow price of carbon” (SPC) som korresponderar mot en ”optimal” utsläppsbanan. Skillnaden mellan SPC och SCC är att SCC kan beräknas för en godtycklig utsläppsbanan medan SPC korresponderar mot den optimala banan. Konkret betyder det att för att beräkna SPC räcker det inte att vi känner skadestoden, vi måste även känna reduktionskostnaden (Pearce m.fl. 2003). Sammanfaller utsläppsbanan i SCC-beräkningen med den optimala utsläppsbanan är förstås SCC och SPC lika stora. Ett möjligt sätt att operationalisera SPC-ansatsen är att utifrån politiskt satta reduktionsmål beräkna det ”pris” på växthusgaser som gör att målet uppfylls. För Sveriges del skulle det exempelvis kunna innebära att den nuvarande koldioxidskatten ansätts som skuggpris (värde). Det är dock problem förenat med SPC, speciellt om syftet med värdet är att det skall användas i enskilda projektkalkyler i enskilda länder. Exempelvis kan vi i Sverige besluta om ett nationellt mål vad gäller utsläppen, och utifrån detta beräkna det pris på växthusgaser som krävs för att målet skall uppnås. Men detta pris speglar inte nödvändigtvis den faktiska skadan (eller skadereduktionen). Anledningen är att den från svensk sida satta utsläppsreduktionen kan avvika från den faktiska globala utsläppsbanan. Eftersom det är ett globalt problem är det ur skadesynpunkt inte den svenska utsläppsbanan som är intressant, utan den aggregerade, globala. Sammanfattningsvis kan man säga att man inte utan vidare kan ta den svenska koldioxidskatten (eller för den delen priset inom det europeiska handelssystemet) som ekonomiskt värde.

I den ”handbok” för projektkalkyler inom infrastrukturiområdet som Statens Institut för Kommunikationsanalys (SIKA) ger ut (SIKA, 2008) skriver man att: ”Ett kalkylvärde för emissioner bör visa den marginella skadestod som 1 kg ytterligare utsläpp beräknas åstadkomma,” (s. 135). Vidare skriver man: ”Detta [skadestoden] är den teoretiskt riktiga metoden – att beräkna koldioxidvärdet utifrån koldioxidens skadeverkningar,” (s. 139). Med

andra ord tycks det stå klart att man förordar SCC-ansatsen. Dock säger man inget under vilket scenario man skall utvärdera SCC, vilket som diskuterats ovan kan vara av stor betydelse. I rapporten sägs vidare att även om SCC är den teoretiskt korrekta ansatsen så är den inte möjlig att tillämpa då man menar att det inte är möjligt att beräkna ett värde på skadekostnaden. Ett antal skäl till detta räknas upp. Exempelvis säger man att många av de nyttor som är förknippade med klimatförändringar inte är prissatta, och att beräkningarna kräver etiska ställningstaganden (t.ex. val av diskonteringsränta). Av bl.a. dessa skäl förordar SIKa i stället det värde som någorlunda tros korrespondera mot transportsektorns utsläppsmål, dvs. 1,50 kronor per kg CO<sub>2</sub>.

Om vi använder den mer korrekta skadekostnadsansatsen innebär det förmodligen en betydligt lägre värdering av koldioxid i projektkalkylerna än det skuggpris som korresponderar mot måluppfyllelse i transportsektorn. Måluppfyllelse i transportsektorn implicerar ett skuggpris på åtminstone 1,50 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Samtidigt har vi en generell koldioxidskatt på cirka 1,00 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Låt oss till att börja med anta att den generella koldioxidskatten är ”optimal” i den meningen att den korresponderar mot den punkt där den marginella reduktionskostnaden är lika med den marginella skadekostnaden. Eftersom skuggpriset för transportmålet ligger högre kommer fler och dyrare åtgärder att vidtas, vilket i slutändan innebär att hela utsläppsbanan, och därmed skadebanan, förändras (minskar). Med andra ord innebär ett skuggpris enligt transportsektorsmålet att de framtida skadorna kommer att minska, vilket i sin tur innebär lägre skadekostnad på marginalen. Det betyder att om vi använder skadekostnaden i projektkalkyler så ska det vara lägre än 1,50 kronor, ja även lägre än 1 krona beroende på att det genomförs för mycket reduktionsåtgärder totalt sett. Ett skuggpris enligt transportmålet reflekterar med andra ord inte den *marginella skadekostnaden*, utan snarare *marginalkostnaden för att uppnå det specifika målet* i transportsektorn. Mer allmänt kan man säga att om vi använder skadekostnaden (SCC) som skuggpris och utgår från ett scenario där koncentrationsnivån stabiliseras på en låg nivå så blir SCC lågt. Att använda skadekostnaden som värderingsinstrument är alltså inte helt problemfritt eftersom det beror på vilken referensbana vi har.

Klimatproblemets globala karaktär betyder att om den värdering som skall användas i samhällsekonomiska nytto-kostnads kalkyler skall baseras på marginell skadekostnad kan man inte per automatik använda det skuggpris som motsvarar måluppfyllelse i det egna landet eller i en specifik sektor. Endast i det fall där det nationella, eller sektoriella, målet överensstämmer med en global referensbana kan det korresponderande skuggpriset användas. Det betyder att värdet 1,50 kronor per kg CO<sub>2</sub> är ett korrekt värde endast i det fall där den globala referensbanan är sådan att en marginell utsläppsökning i Sverige ger upphov till en skada på 1,50 kronor.

Det finns relativt många studier där man försökt uppskatta den marginella skadekostnaden, eller SCC. Uppskattningar av skadekostnader förknippade med global uppvärmning är naturligtvis förenade med stora osäkerheter, icke desto mindre kan man idag hitta mer än 50 studier.<sup>7</sup> Uppskattningarna av skadekostnaden vilar i de flesta fall på en så kallad ”integrated assessment model” (IAM), dvs. en typ av modell som beskriver effekterna på natur, miljö och livsbetingelser till följd av förändrade utsläpp av växthusgaser, och värdet av detta. En IAM

---

<sup>7</sup> Se t.ex. Clarkson och Deyes (2002) samt Tol (2005, 2008) för översikter.



bygger på tre centrala antaganden: (a) antagande om ett referensscenario som beskriver en viss framtida utveckling av utsläpp, tillväxt, m.m.; (b) antagande om kopplingen mellan ekonomi och ekologi, inklusive eventuella anpassningar till förändrat klimat; samt (c) antaganden om hur fysiska effekter skall värderas, inklusive hur vi ska beräkna framtida nyttor och onyttor (via en diskonteringsränta). En bra inblick i hur en IAM kan byggas upp och användas finns i Hope (2006) (PAGE-modellen som används i Sternrapporten), Nordhaus och Boyer (2000), Nordhaus (2008) (RICE och DICE-modellen).

De olika modeller som har använts har olika egenskaper (se t.ex. Tol och Fankhauser (1998) för en jämförelse mellan olika typer av modeller). Modellerna skiljer sig åt bl.a. gällande kopplingarna till naturvetenskap, kopplingarna mellan ekologi och ekonomi, rumslig upplösning och sektoriell upplösning. Vidare skiljer de sig ofta åt vad gäller referensscenario och val av diskonteringsränta. En vanlig kritik mot de flesta av dessa modeller är att icke-marknadsprissatta effekter till stor del negligeras, eller i vart fall underskattas kraftigt (Stern, 2007; Sterner och Persson, 2008). En annan kritik som nyligen poängterats är att det i många av modellerna (bl.a. DICE) antas perfekt substitution mellan varor där naturen är en helt avgörande produktionsfaktor och andra varor i en ekonomi. Sterner och Persson (2008) hävdar exempelvis att ett varmare klimat kommer att innebära relativprisförändringar; jordbruksvaror kommer att bli relativt dyrare, vilket normalt inte beaktas i exempelvis DICE. Om det är så att ökad uppvärmning leder till relativprisförändringar måste det beaktas. I fallet med dyrare jordbruksprodukter blir slutsatsen att skadekostnaden ökar jämfört med det fall då det inte sker några relativ-prisförändringar, något som också illustreras i Sterner och Persson (2008).<sup>8</sup>

Det finns ett antal sammanställningar och analyser av de beräkningar som gjorts av SCC (Clarkson och Deyes, 2002; Downing m.fl., 2005; Watkiss, 2005; Tol, 2005; Tol, 2008). Tol (2008) redovisar 211 olika beräkningar av SCC, baserade på 47 olika studier. I Figur 2.1 redovisas medelvärde och spridning från 211 skattningar av SCC-studierna och här ingår samtliga studier, även de som inte är forskargranskade (peer reviewed).<sup>9</sup> Som framgår av Figur 2.1 är fördelningen skev i så måtto att det finns ett fåtal beräkningar där värdet är mycket högt, relativt merparten av skattningarna. Dock kan man konstatera att det svenska värdet, 1,50 kronor, skulle utgöra ett extremvärde i detta sammanhang. Beaktar man endast ”forskargranskade” studier kommer ingen av beräkningarna upp i den svenska värderingen på 1,50 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Medelvärde (och median) faller kraftigt; det högsta värdet blir nu relativt måttliga 1,13 kronor per kg CO<sub>2</sub> medan medelvärdet motsvarar 0,20 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Om endast vetenskapligt granskade studier tas med blir medelvärdet 0,14 kronor per kg CO<sub>2</sub>.

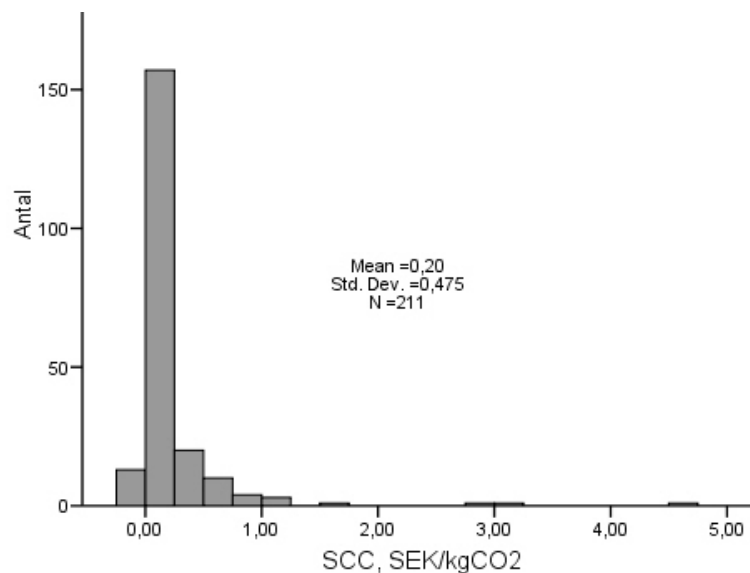
Skattningarna av skadekostnaden är avhängig vilken diskonteringsfaktor som används. Den relativt höga skadekostnaden som rapporteras i Sternrapporten, jämfört med medelvärdet här, är till viss del en konsekvens av en låg nyttodiskonteringsfaktor i kombination med en låg

---

<sup>8</sup> Något empiriskt stöd för att ett varmare klimat skulle göra jordbruksvaror relativt sett dyrare har man dock inte. Det är inte orimligt att tänka sig att ett varmare klimat ger motsatt resultat, dvs. relativt sett billigare jordbruksvaror.

<sup>9</sup> De värden som redovisas här utgår helt från det datamaterial och de referenser som finns redovisade i appendix (tabell A1) i Tol (2008).

elasticitet för marginalnyttan. Anthoff m.fl. (2009) visar effektivt att, beroende på vad man antar om båda dessa parametrar, kan skadekostnaden kan hamna var som helst mellan 0 och 230 000 kronor per ton CO<sub>2</sub>. Vidare visar författarna att om man väljer värden på parametrarna som matchar observerat beteende blir den förväntade skadekostnaden 0,114 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Korregerar man dessutom för skillnader i inkomst mellan länder finner man en förväntad skadekostnad på cirka 0,38 kronor per kg CO<sub>2</sub>. Det senare betyder att skador som drabbar fattiga länder får en större vikt än skador som drabbar rika länder, och eftersom fattiga länder tenderar att drabbas mer av klimatförändringar så stiger skadekostnaden. Det har även argumenterats för att diskonteringsräntan bör falla över tiden, dvs. ju längre fram i tiden desto lägre diskonteringsränta (Weitzman, 1998, 2001). I Guo m.fl. (2005) genomförs en analys av effekten på SCC av olika antaganden gällande diskonteringsräntans tidsprofil. Som väntat finner man att skadekostnaden (SCC) ökar med fallande diskonteringsränta, men att kostnaden inte i något av scenarierna överstiger 0,30 kronor per kg CO<sub>2</sub>.



**Figur 2.1: Marginell skadekostnad. Frekvensdiagram konstruerat från 211 beräkningar.**

Källa: Egen konstruktion med data från Tol (2008).

Sammanfattningsvis finner man, vid en genomgång av den litteratur som finns, att skadekostnadsansatsen i princip är den korrekta ansatsen för att bedöma de samhällsekonomiska effekterna av minskade utsläpp av växthusgaser. Som diskuterats är den dock förknippad med ett antal praktiska problem; inte minst frågan om referensscenario är viktig. Den andra huvudslutsatsen är att den värdering som rekommenderas i ASEK-rapporten (SIKA, 2008) är hög relativt de värden som finns i den vetenskapliga litteraturen. Även i en jämförelse med andra länders värdering är det svenska värdet högt. I Storbritannien, exempelvis, har myndigheterna fastställt att koldioxid skall värderas till 0,30 kronor per kg CO<sub>2</sub> i anslutning till genomförandet av samhällsekonomiska kalkyler.

I de beräkningar av metanens och lustgasens skadekostnader kommer vi att utgå från medelvärdet av de skadekostnader som redovisas i litteraturöversikten ovan, dvs. **0,20 kronor per**

**kg CO<sub>2</sub>**. Som ett politiskt referensfall används dessutom värdet på den nuvarande svenska koldioxidskatten, **1,00 kronor per kg CO<sub>2</sub>**. Det bör noteras att värdet 0,20 kronor är medelvärde av samtliga studier där även ej forskargranskade studier ingår. Skulle vi ta bort de studier som inte forskargranskats faller värdet till 0,14 kronor per kg.

## **2.2 Det samhällsekonomiska värdet av reducerade utsläpp av partiklar**

Partiklar uppmärksammas alltmer som ett allvarligt miljöproblem, inte minst på grund av allvarliga effekter på luftvägar och lungor. För att åskådliggöra vägen mellan partikelutsläpp och den monetära värderingen av dessa används normalt den s.k. effektkedjeansatsen (Impact Pathway Approach). Detta tillvägagångssätt går ut på att härleda utsläppens påverkan och sedan ge dessa effekter ett monetärt värde uttryckt i kronor och ören. Ansatsen utgår ifrån att i första hand värdera förändringar i människors hälsotillstånd snarare än förändringar i utsläppskvantiteter (Forslund m.fl., 2007). Första steget i effektkedjeansatsen är att kvantifiera de luftburna föroreningarna. För detta behövs s.k. emissionsfaktorer som mäter t.ex. hur många gram partiklar en utsläppskälla ger upphov (t.ex. per kilometer eller per MWh). Med kunskap om mängden utsläpp och en modell för spridningsberäkning kan koncentrationshalter för de aktuella föroreningarna i luften beräknas. Tillsammans med befolkningsdata kan sedan den exponering som människor utsätts för estimeras.

Därefter genomförs en uppskattning av föroreningarnas påverkan på människors dödlighet (mortalitet) och sjuklighet (morbidity) genom att tillämpa s.k. exponerings-responssamband (ER). Till sådana effekter hör bl.a.; antal astmaattacker, sjukhusinläggningar och effekter på dödlighet hos populationen, vilka kan beräknas med hjälp av antal förlorade levnadsår (Years of life years lost, YOLL). För att fastställa den externa kostnaden för en luftförorening multipliceras antalet fall (respons) med det monetära enhetsvärdet per fall. De monetära värdena är oftast uttryckta i termer av betalningsvilja för att undvika en viss effekt (Bickel m.fl., 1996; Nerhagen m.fl., 2005). Vi fokuserar i första hand på små partiklar (PM<sub>2.5</sub>) till följd av att de är den förorening som, enligt WHO, har störst påverkan på människors hälsa. Både primära emissioner av partiklar som sprids lokalt (inom några kilometer från utsläppskällan) och sekundära partiklar (sulfat och nitrat) vilka har en regional påverkan, hör till denna grupp av partiklar. Medan effekterna från primära partiklar fokuserar på hälsoeffekter, påverkar sekundära partiklar även ekosystemet (Nerhagen m.fl., 2005). Vi kommer att fokusera på luftföroreningarnas lokala effekter och därmed de hälsoeffekter som är förknippade med dessa.

Det är viktigt att hålla isär olika sorters partiklar. Avgaspartiklar är små partiklar som är lätta att andas in (PM<sub>2.5</sub>). Grova partiklar (PM<sub>10</sub>), vilka till största del består av slitagepartiklar och som uppkommer vid användningen av vägar och från fordon, kan också inhaleras (SIKA, 2009). Slitagepartiklar antas inte ha någon långtidseffekt på mortalitet; däremot finns stöd för åtminstone kortsiktig påverkan på både morbiditet och mortalitet, vilket innebär att det sker en underskattning av kostnaderna för luftföroreningar i de fall dessa inte tas med i värderingen (Nerhagen m.fl., 2005). I Tabell 2.1 visas de effekter på mortalitet och morbiditet till följd av utsläpp av avgaspartiklar som tagits fram i en studie av VTI och TFK i Sverige samarbete med IER i Stuttgart, den s.k. svenska ExternE (Bickel m.fl., 2002; Nerhagen och Johansson, 2003; Johansson och Ek, 2003).

SIKA (Statens institut för kommunikationsanalys) har genom sitt deltagande i ASEK (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkylvärden)<sup>10</sup> arbetat fram kalkylvärden för transportsektorns externa kostnader. Dessa inkluderar bl.a. kostnaden av lokala luftföroreningar. De hälsoeffekter till följd av luftföroreningar som uppstår vid förbränning av fossila bränslen och som tas med i ASEK:s beräkningar är förkortad livstid (mortalitet) och ökad morbiditet. Metoden som använts för att ekonomiskt värdera mortalitet går ut på att omvandla värdet på ett statistiskt liv (Value of a statistical life, VSL) till värdet för ett förlorat levnadsår (Value of a life year lost, VOLY). ASEK tillämpar det VSL-värde som används för trafikolyckor, vilket uppgår till 21 miljoner kronor (2006 års prisnivå). Det är här viktigt att notera att VSL hänvisar till värdet för ett *statistiskt* liv, inte livet eller individen i sig själv. Avsikten med det här måttet är att värdera nyttan av en åtgärd som ger upphov till ett mindre dödsfall, statistiskt sett.

**Tabell 2.1: Lokala hälsoeffekter till följd av partikelutsläpp\***

Påverkan	Effekter
Människors hälsa – mortalitet	Minskning av förväntad livslängd till följd av akut och kronisk mortalitet
Människors hälsa – morbiditet	Sjukhusinläggning till följd av sjukdom i andningsorganen
	Dagar med begränsad aktivitet
	Sjukhusinläggning till följd av cerebrovaskulära sjukdomar
	Hjärtsvikt
	Fall där bronchodilator används
	Fall av kronisk bronkit
	Fall av kronisk hosta hos barn
	Hosta hos astmatiker
	Mildare symptom i andningsorganen

\* De partiklar som avses här är PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>10</sub>, och även sekundära partiklar (sulfat och nitrat) är inkluderade i mortalitetseffekterna. Beteckningarna 2.5 och 10 står för den maximala storleken på partiklarna uttryckt i mikrometer.

Källa: Bickel m.fl. (2002).

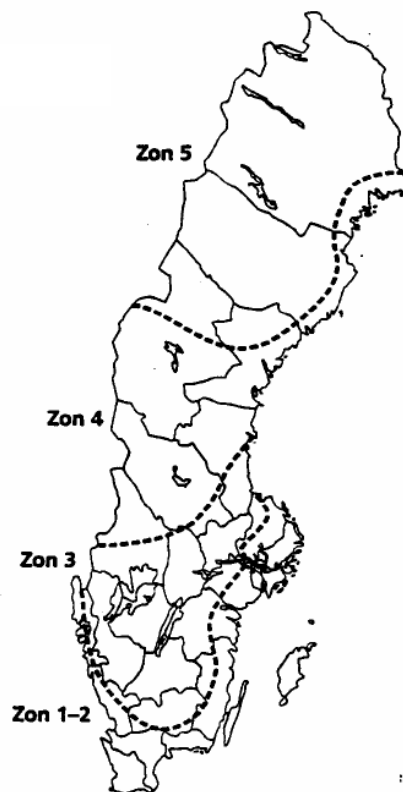
Värdet av morbiditetseffekter är inte framräknat på samma sätt som i ExternE. Detta har i stället räknats ut som en procentsats av värdet för mortalitet, vilket gör det svårt att urskilja de olika komponenterna som utgör det totala värdet (Nerhagen m.fl., 2005). För att räkna ut värdet av luftföroreningarnas lokala effekter i kronor per kg använder sig ASEK av en metod som går ut på två steg.

<sup>10</sup> Detta är en grupp bestående av representanter för användarna av de samhällsekonomiska modellverktygen inom transportsektorn och några andra intressenter (Kinell m.fl., 2009).

Först estimeras mängden exponeringsenheter per kg utsläpp på den specifika platsen med hjälp av följande ekvation:

$$\text{Exponering} = 0.029 * F_v * B^{0.5} \quad (1)$$

där  $F_v$  är den s.k. ventilationsfaktorn för den berörda tätorten (exponeringen per person och kg utsläpp), och där  $B$  representerar befolkningmängden i det berörda området (SIKA, 2009). I Figur 2.2 visas Sverige indelat i olika ventilationszoner, och för dessa zoner gäller att zon 1-2 har en ventilationsfaktor på 1,0 (referensalternativ), medan zonerna 3,4 samt 5 har ventilationsfaktorer på 1,1, 1,4 respektive 1,6.



**Figur 2.2: Ventilationszoner för Sverige**

Källa: SIKA (2009)

För att beräkna värdet av utsläpp uttryckt i kronor kg för ett område multipliceras den specifika exponeringen för den berörda tätorten med värdet per exponeringsenhet för varje substans. Vid beräkning av lokala effekter från partiklar rekommenderar ASEK ett monetärt värde på 543 kr/exponeringsenhet.<sup>11</sup> Observera att kostnaden för luftföroreningar på landsbygd är lika med kostnaden för regionala effekter medan motsvarande kostnad för tätort är lika med summan av kostnaden för regionala och lokala effekter (SIKA, 2009). Dock beräknas inte kostnaden för effekter till följd av partikelutsläpp på regional nivå av ASEK.

<sup>11</sup> Omräknat till 2009 års prisnivå (från 1996 års prisnivå) med hjälp av SCB:s prisomräknare (SCB, 2010).

Denna metod kan användas när man är säker på att en specifik åtgärd har en inverkan på ett specifikt område. När däremot effekten från en åtgärd är svår att tillskriva ett specifikt område kan en generell ventilationsfaktor och populationsstorlek användas. Vägverket tillämpar Landskrona, där populationen är 27 000 invånare och ventilationsfaktor är satt till 1.0, som referensort.

I Tabell 2.2 presenteras ekonomiska värderingar av lokala effekter från avgaspartiklar för ett antal tätorter, allt framräknat av ASEK. De värden som rapporteras består till största del av hälsoeffekter, men även en del nedsmutsningseffekter är medräknade (SIKA, 2009).

**Tabell 2.2: Ekonomisk värdering av lokala effekter från partiklar (2009 års prisnivå)**

Tätort	Population	Ventilationsfaktor	Värde (kronor per kg)
Uppsala	120 000	1.0	5 453,52
Falun	36 000	1.4	4 181,88
Södertälje	57 000	1.0	3 757,99
Laholm	5 600	1.0	1 178,85

Källa: SIKA (2009)

Dessa siffror ligger väl i linje med andra skandinaviska studier (se t.ex. Rosendahl, 1998), men litteraturen tyder också på att estimaten kan skilja sig åt väsentligt beroende på vilka antaganden som görs.<sup>12</sup> Forslund m.fl. (2007) redovisar t.ex. resultat från en studie som estimerat värdet av reducerade partikelutsläpp i Stockholms innerstad, som tyder på ett värde motsvarande drygt 11 000 kronor per kg partiklar (se också Kinell m.fl., 2009). I Bickel m.fl. (2006) redovisas schablonvärden för svenska förhållanden och där anges att reducerade partikelutsläpp i tätort motsvarar ett samhällsekonomiskt värde på drygt 4000 kronor per kg medan motsvarande ekonomiska värde på landsbygden uppskattas till ca 400 kronor per kg.

I den analys som följer i avsnitt 4 följer vi i stora drag de resultat som Bickel m.fl. (2006) redovisar, och som också rimmar väl med de värden som presenteras i Tabell 2.2. För att belysa de skillnader som finns mellan regioner samt de osäkerheter som existerar antar vi tre olika värden för undvikta partikelutsläpp: **(a) 400 kronor per kg för landsbygd; (b) 2000 kronor per kg för liten tätort; samt (c) 4000 kronor per kg för stort tätort.**

### 2.3 Det samhällsekonomiska värdet av minskat kväveläckage från jordbruket

Förutom själva utvinningen av metangas i rötammaren har biogasrötning även den effekten att växtnärsnyttan ökar i restprodukten. Vid rötning av stallgödsel får rötresterna efter rötningen en större andel ammoniumkväve, jämfört med ickerötad stallgödsel. Eftersom kvävet då blir bättre växttillgängligt kan konventionella gårdar reducera sin användning av

<sup>12</sup> Se t.ex. Nerhagen m.fl. (2005) för en grundlig genomgång av den ansats som nyttjas av ASEK samt ExternE.

mineralgödselmedel (industriellt producerat konstgödningsmedel) med motsvarande mängd. En generell siffra på rötning av all typ av stallgödsel (en avvägd siffra baserad på flertalet forskningsresultat i Naturvårdsverkets rapport 5985 Sveriges åtagande i BSAP, förslag till nationell åtgärdsplan) är att andelen ammoniumkväve i stallgödseln ökar med 10 procent (se också avsnitt 5). Detta ger enligt samma källa en möjlig minskning av mineralgödsel med 0,3 kg N-mineralgödsel per ton rötad stallgödsel. Det betyder att biogasrötning kan bidra till att minska övergödningen i Östersjön. I detta avsnitt syftar vi till att ta fram en ekonomisk värdering som kan representera denna minskning.

Värderingen av minskade tillförsel av näringsämnen till havet skiljer sig från värderingen av växthusgaser och partiklar i åtminstone två aspekter. För det första är problemen med tillförsel av näringsämnen ett regionalt problem, i motsats till växthusgasproblemet som är ett globalt problem och partikelproblemet som är ett lokalt problem. Det betyder att skadan till följd av ökade utsläpp av växthusgaser är oberoende av var utsläppen sker, medan skadar från utsläpp av partiklar är helt avhängig utsläppskällans lokalisering. För tillförsel av näringsämnen är situationen annorlunda än båda dessa ytterligheter. Exempelvis är effekten på vattenkvaliteten i Stockholms skärgård större om tillförseln sker nära Stockholm än om tillförseln är i Luleå, men ändå inte helt oberoende beroende på strömmar och vindar. För det andra beror tillförseln till havet på var utsläppskällan är lokaliserad. Det betyder konkret att effekten på tillförseln till havet av en reduktion av kväve med 1 kg beror på var reduktionen sker. Sammantaget innebär detta förstås att värderingen av reducerade utsläpp av kväve i lantbruket blir komplicerad eftersom vi måste skilja på tillförsel till havet (recipienten) och reduktion vid källan. Det betyder exempelvis att tillförseln till havet, och därmed skadan och värdet, av en reduktion med 0,3 kg N-mineralgödsel i lantbruket beror på var i landet biogasproduktionen sker.

I de värderingsstudier som ligger till grund för de värden vi använder är det värdet per kg tillfört kväve till havet som fokuseras. Det betyder att för att värdera reduktionen av tillförsel till följd av minskad användning av konstgödsel måste vi vikta reduktionen vid källan med en tillförselkoefficient. I Tabell 2.3 redovisas tillförseln till havet av 1 kg tillförsel av gödsel för källan i olika avrinningsområden. Läckagesiffrorna är hämtade från Brännlund och Gren (1999), och retentionssiffrorna är från Brandt och Ejhed (2002).

**Tabell 2.3: Tillförsel av kväve till hav som andel av 1 kg applicerad konstgödsel i jordbruket**

Avrinningsområde	Läckage	Kvar efter retention	Tillförsel till hav
Bottenviken	0.04	0.67	0.03
Bottenhavet	0.06	0.69	0.04
Östersjön	0.12	0.59	0.07
Öresund	0.3	0.70	0.21
Kattegatt	0.12	0.66	0.08
Skagerack	0.24	0.70	0.17
<b>Genomsnitt</b>	<b>0.15</b>	<b>0.67</b>	<b>0.10</b>
<b>Viktat genomsnitt*</b>			<b>0.09</b>

\* De vikter som har använts är gödselvolymerna i respektive region (Brännlund och Gren, 1999).

Källor: Egen konstruktion med data från Brännlund och Gren (1999) samt Brandt och Ejhed (2002).

Från tabell 2.3 framgår det att effekten av tillförseln av kväve till havet varierar kraftigt beroende på var källan till kväve finns. Exempelvis ser vi att en reduktion med 1 kg kväve i Skåne är 7 gånger mer värd, i termer av tillförsel till havet, än samma reduktion i Norrbotten. Det betyder i sin tur att en fullständig analys förutsätter var i landet biogas produceras. Ett rimligt antagande är att biogasproduktionen är starkt korrelerad med jordbruksproduktionen, vilken i sin tur är starkt korrelerad med användningen av gödsel. Givet detta antagande är det volymviktade genomsnittet som presenteras i Tabell 2.3 en rimlig skattning på nettotillförseln av kväve av ett 1 kg N. Från Tabell 2.3 ser vi att det viktade genomsnittet är nära det aritmetiska medelvärdet. Anledningen är att de största skillnaderna i läckage och retention är för de nordligaste avrinningsområdena, vilka svarar för en mycket liten volymandel.

Givet att vi har en skattning på hur ett ton gödsel som används för biogasproduktion påverkar tillförseln av kväve till havet så kan vi nu använda oss av de värderingsstudier som finns på området. Det finns i grunden två typer av studier som kan användas för att värdera tillförsel av kväve. I den ena typen frågar man i princip om betalningsviljan för att minska tillförseln av näringsämnen (Frykblom, 1998; Sandström, 1996). I den andra typen får respondenter ta ställning till hur mycket man är villig att betala för förbättrat siktdjup (Soutukorva, 2001; Söderquist och Scharin, 2000). Som grund för den värdering som ges här är den första typen.

I Söderquist (2009) ges en översikt och rekommenderade värden som bör användas i samhällsekonomiska kalkyler. Naturligtvis är de siffror som presenteras, även intervallet, förknippat med osäkerhet och vissa svagheter. En uppenbar svaghet är att de betalningsviljestudier som värdena baseras på avser tillförseln av näringsämnen i två väldigt specifika och avgränsade områden; Stockholms skärgård och Laholmsbukten. Båda dessa områden är populära rekreationsområden, vilket kan innebära en viss överskattning när man tillämpar värdet i alla avrinningsområden. En allmän kritik mot betalningsviljestudier som brukar anföras är att de är behäftade med "hypotetisk bias". Med det menas att på grund av att studierna är hypotetiska, dvs. respondenterna behöver inte faktiskt betala den summa de anger, så tenderar man att överdriva betalningsviljan. I Söderquist (2009) görs en schablonmässig korrigering av sådan möjlig bias genom att dividera den erhållna betalningsviljan med 3. Schablonvärdet är taget från Svensson (2009) där betalningsviljan att undvika trafikolyckor studeras. Det är inte uppenbart att värdet 3 som Svensson kommer fram till gäller för en helt annan vara som exempelvis reduktion av kväve. Baserat på tidigare studier kan det samhällsekonomiska värdet av minskat kväveläckage uppskattas till **11-211 kronor per kg N med ett schablonvärde på 74 kronor**. Om vi använder Söderquists (2009) ansats för att korrigera för **hypotetisk bias** ligger värdet i intervallet **4-70 kronor per kg med ett schablonvärde på 31 kronor**.



## Kapitel 3

# UTSLÄPP AV METAN OCH LUSTGAS VID FÖRÄNDRAD GÖDSELHANTERING

Ökad biogasproduktion innebär en förändrad hantering och lagring av substrat och rötrest, vilket i sin tur genererar förändrade utsläpp av växthusgaserna metan och lustgas från jordbruket (Börjesson och Berglund, 2003). I detta fall beräknas endast nettoutsläppen av metan och lustgas utifrån vad som avgår från lagrad respektive rötad gödsel. De direkta effekterna av biogasproduktion (rötning) jämfört med fallet när man bara lämnar resterna (lagring) är i huvudsak minskade metanutsläpp, dvs. metanet "fångas" i en rötningskammare och skulle annars ha emitterats till atmosfären. Utsläppen av lustgas påverkas då rötresterna sprids men ersätter t.ex. icke-rötad flytgödsel. Om t.ex. rötgasen ska användas (och uppgraderas) i en central anläggning för att producera drivmedel för personbilar och sedan ersätta t.ex. bensen i personbilar tillkommer positiva emissioner av metan men också reduktioner av inte minst koldioxidutsläppen (se t.ex. Börjesson och Berglund, 2003). Dessa systemeffekter analyseras dock inte i detta avsnitt.

### 3.1 Reducerade utsläpp av metan då stallgödsel används för biogas

Exemplet bygger på data som sammanställts av Jordbruksverket (Olof Enghag) och innebär en jämförelse av lagring respektive rötning av s.k. nötflytgödsel på en svensk gård i kallt klimat.<sup>13</sup> Vid lagring av flytgödsel sker spontana utsläpp av metan från de nedbrytningsprocesser som sker. Genom att införa rötning reduceras dock de direkta utsläppen av metan, detta genom att metangasen kan nyttiggöras som bränsle. Avsevärt mindre utsläpp sker sedan vid lagring av rötresterna jämfört med lagring av orötad stallgödsel.

Beräkningarna nedan bygger på att GWP (Global Warming Potential) värdet för metan numer är satt till 25\*CO<sub>2</sub> enligt IPCC-riktlinjerna. Följande effekter fås då vid konventionell lagring samt vid fallet då nötflytgödseln går direkt från stallet in i rötningsprocessen (dvs. inga metanutsläpp innan rötningen).

- Varje ton **lagrat** nötflytgödsel ger upphov till utsläpp av metan motsvarande **13,76 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter** (Enghag (2009) baserat på Rodhe m.fl. (2008)).
- Varje ton **rötat** nötflytgödsel ger upphov till utsläpp av metan motsvarande **2,59 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter** (Enghag (2009) baserat på Edström m.fl. (2008)).

Detta ger en **netto reducering** av metanavgången motsvarande **11,17 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per ton rötat nötflytgödsel**. Metanproduktionen (och i slutändan biogaspotentialen) från olika typer av stallgödsel skiljer sig åt (beroende på bl.a. gödseltyp och lagringstid innan rötning), men en generell bedömning (se t.ex. Jordbruksverket, 2008) är att metanproduktionen motsvarar 175 Nm<sup>3</sup> metan per ton TS (torrsubstans) stallgödsel (Linné m.fl., 2008). Detta motsvarar i sin tur ca 23 Nm<sup>3</sup> metan per ton stallgödsel (givet en TS-halt på 13 procent).

---

<sup>13</sup> Enghag noterar att de resultat som redovisas för nötflytgödsel bör även vara en någorlunda god approximation för situationen på gårdar med svinflytgödsel.

1 Nm<sup>3</sup> metan har ett energiinnehåll på ca 10 kWh eller alternativt 35 MJ biogas (bränsle), men den biogas som kan utvinnas från nöt- och svinflytgödsel har i regel en metanhalt på 65-75 procent (Persson, 2006). Detta innebär att energiinnehållet i ett ton stallgödsel är ca 560 MJ (23\*0.7\*35). Detta innebär sammantaget att ovanstående nettoreducering av metan motsvarar **19,9 g CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per MJ biogas**.

Det ska naturligtvis noteras att dessa siffror är behäftade med osäkerheter. De källor som vi förlitat oss på är dock av relativt sent datum (2008) och gäller för specifikt svenska förhållanden. Mer specifikt bygger ovanstående bedömningar på fältstudier på en typisk mellansvensk gård. Börjesson och Berglund (2003, Tabell 5.1) jämför också emissioner av metan vid konventionell flytgödsellagring respektive vid rötning, och presenterar nettoemissionsminskningar för metan som uppgår till 1,3 kg metan per ton rötat stallgödsel. Detta motsvarar ca 32,5 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per ton rötat nötflytgödsel (givet en GWP på 25). Detta resulterar efter konvertering i **58,0 CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per MJ biogas**, dvs. en effekt som är nästan tre gånger högre än den som presenteras ovan. Dessa siffror baseras på en dansk studie från 2001. Ovanstående skillnader studierna emellan kan bl.a. förklaras av att metanavgången från lagrad flytgödsel normalt sett är störst i södra Sverige och avtar ju längre norrut vi kommer på grund av det kallare klimatet (Lantz och Börjesson, 2010). Givet denna osäkerhet om den faktiska metanavgången presenterar vi nedan två alternativa samhällsekonomiska värden för de undvikta metanutsläpp som en ökad biogasproduktion i jordbruket innebär.

Förutom själva utvinningen av metangas i rötammaren kan biogasrötning ha andra effekter. Rötning innebär att växtnäringsnyttan ökar. Vid rötning av stallgödsel får rötresterna efter rötningen en större andel ammoniumkväve, jämfört med icke-rötad stallgödsel. Eftersom kvävet då blir bättre växttillgängligt kan konventionella gårdar reducera sin användning av mineralgödselmedel (industriellt producerat konstgödningsmedel) med motsvarande mängd (se också avsnitt 5). En generell siffra på rötning av all typ av stallgödsel (en avvägd siffra baserad på flertalet forskningsresultat som presenteras i Naturvårdsverket (2009)) är att andelen ammoniumkväve i stallgödseln ökar med 10 procent. Detta ger enligt samma källa en möjlig minskning av mineralgödsel med 0,3 kg N-mineralgödsel per ton rötad stallgödsel. Enligt Davis och Haglund (1999) kan ett ton stallgödsel som rötas ersätta 0,3 kg kväve-mineralgödsel som annars skulle ge upphov till 2,02 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det bör noteras att denna effekt inkluderar alla undvikta utsläpp av växthusgaser (och inte endast metan). Börjesson och Berglund (2003, Tabell 5.4) undersöker också denna effekt och deras resultat tyder på att för metan isolerat är denna indirekta effekt närmast försumbar (och motsvarar en nettoreduktion av metan på 0,2 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per ton stallgödsel).

### 3.2 Reducerade utsläpp av lustgas då stallgödsel används för biogas

Vid spridning av flytgödsel och rötresten påverkas utsläppen av lustgas,<sup>14</sup> men denna risk anses normalt vara något lägre för rötrest än för orötad flytgödsel men det är överlag mycket svårt att bedöma nettoeffekterna på dessa utsläpp. Lustgasutsläppen vid spridning av gödsel

---

<sup>14</sup> För gårdar med fastgödselsystem (eller djupströbbad) sker det utsläpp av lustgas redan vid hanteringen och lagringen av stallgödslet, medan för flytgödselsystem sker nästan alla lustgasutsläpp vid spridningen av gödseln till åkermark. Det ska samtidigt noteras att flytgödselsystem är den dominerande gödselhanteringen för gårdar med mjölk- och slaktsvinsproduktion (Berglund m.fl., 2009), och dessa gårdar är i regel de bäst lämpade för biogasanläggningar på gårdsnivå.

påverkas av en mängd faktorer såsom spridningsteknik, kväueupptag i grödans rötter samt kvävegödselgiva. I Sverige antas som regel att 0,8 procent av det tillförda kvävet i mineralgödselkväve samt motsvarande 2,5 procent för stallgödselkväve avgår som lustgas (Kasimir-Klemendtsson, 2001). Med den högre andelen växttillgängligt kväve bör rötresterna (liksom mineralgödseln) läcka mindre lustgas jämfört med den orötade stallgödseln eftersom grödan kan ta upp mer av kvävet. Samtidigt innebär en högre andel lösligt och växttillgängligt kväve större risker för läckage av lustgas vid icke-optimala spridningsförhållanden (t.ex. blöt mark med fluktuerande vattenstånd). Rätt utnyttjad under gynnsamma förhållanden ger med andra ord rötningen av stallgödsel mindre lustgasutsläpp.

Det har varit svårt att hitta kvantifieringar av denna effekt för svenska förhållanden. Börjesson och Berglund (2003) redovisar dock siffror som i grunden bygger på danska förhållanden, och dessa indikerar en nettoreduktion av lustgasutsläppen motsvarande 29 mg N<sub>2</sub>O per MJ biogas då rötresten i stället för gödsel sprids.<sup>15</sup> Tar vi hänsyn till lustgasens GWP (310 på 100 års sikt) får vi en nettominskning på **9,0 g CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per MJ biogas**. I fallet med lustgas har vi tyvärr inga alternativa beräkningar att jämföra med för att illustrera eventuella osäkerheter. De samhällsekonomiska värden som presenteras nedan bygger på ovanstående skattning.

### 3.3 En sammanställning av samhällsekonomiska effekter: metan och lustgas

I avsnitt 2.1 diskuterades frågan om hur reduktionen av växthusgaser kan värderas i ekonomiska termer. Tabell 3.1 sammanfattar de ekonomiska värden som de minskade utsläppen av metan respektive lustgas omfattar, här uttryckt per MJ producerad biogas. Det bör återigen noteras att de effekter vi uppmärksammar här är endast de som rör nettoutsläppen av metan och lustgas (och de eventuella reduktioner av andra växthusgaser såsom koldioxid som följer av den ändrade hanteringen rapporteras inte). För metan redovisas dessutom två alternativ, ett för mellersta Sverige och ett för Danmark. Dessa uppskattningar är dock inte nödvändigtvis representativa för de respektive regionerna; de baseras på enstaka fältstudier varför resultaten inte nödvändigtvis behöver vara överförbara till andra platser i samma region.

**Tabell 3.1: Ekonomiskt värde av reducerade växthusgasutsläpp, kronor per MJ biogas**

Växthusgas	Pris på CO <sub>2</sub> -ekvivalenter (per kg)	
	0,20 kr per kg CO <sub>2</sub> -ekv	1,00 kr per kg CO <sub>2</sub> -ekv
Metan (CH <sub>4</sub> ): Mellansverige	0,0040	0,0199
Metan (CH <sub>4</sub> ): Danmark	0,0117	0,0580
Lustgas (N <sub>2</sub> O): Danmark	0,0018	0,0090

<sup>15</sup> Vid spring av rötrest uppskattas lustgasutsläppen till 25 g per ton gödsel medan motsvarande utsläpp vid spridning av flytgödsel bedöms vara 41 g per ton. Detta ger en nettoreduktion på 16 g per ton vilket i energitermer motsvarar 0,029 g per MJ (16/560). Det kan också noteras att lustgasutsläppen från spridning av handelsgödsel är jämförbara med motsvarande utsläpp som fås vid spridning av rötrest (se t.ex. Petersen, 1999).

Värdena är små eftersom MJ är en förhållandevis liten enhet i energitermer. För att sätta dessa siffror i ett mer begripligt sammanhang kan vi notera att under 2006 var produktionen av biogas från svenska gårdar (inklusive pilotanläggningar) ca 20 GWh per år (Persson, 2006). Givet att  $10 \text{ kWh} = 35 \text{ MJ}$  biogas (se ovan), motsvarar detta 70 miljoner MJ. Med andra ord, om denna produktion fördubblas på grund av investeringar i nya gårdsanläggningar i Mellansverige skulle det samhällsekonomiska värdet av undvikta metanutsläpp uppgå till 280 000 kronor eller 1 393 000 kronor (beroende på vilket koldioxidpris som antas). Om de danska siffrorna används får vi i stället betydligt högre effekter, dvs. 819 000 kronor vid det lägre koldioxidpriset samt 4 060 000 kronor vid det högre. Motsvarande siffror för lustgas är 126 000 kronor (givet ett koldioxidpris på 0,20 kr per kg CO<sub>2</sub>-ekv) samt 630 000 kronor (givet ett koldioxidpris på 1,00 kr per kg CO<sub>2</sub>-ekv).

Detta kan ställas i förhållande till den totala produktionskostnaden för rågas, som uppskattas till ca 0,35 kronor per kWh (dvs. 0.1 kr per MJ) (Edström m.fl., 2008), vilket således motsvarar ca 7 000 000 kronor i kostnader för en fördubbling av 2006 års gårdsbaserade produktion av rå biogas. Det bör dock noteras att i denna siffra ingår inte kostnaderna för slutanvändning (t.ex. en kraftvärmeanläggning), och ej heller för gasledning från den gårdsbaserade anläggningen till användaren av gasen.

## Kapitel 4

# UTSLÄPP AV PARTIKLAR I SAMBAND MED TRANSPORTARBETE

I detta avsnitt beräknas det samhällsekonomiska värdet av minskade emissioner av partiklar från användandet av biogasfordon. Svaret på denna fråga kommer att vara avhängigt: (a) hur biogasen framställs (t.ex. rötning av gödsel eller organiskt hushållsavfall); (b) de systemavgränsningar som görs; samt (c) vilket referensfall som ersätts (t.ex. bensin i personbilar). Delavsnitten redovisar resultaten från ett antal ”scenarier”; alla möjliga alternativ analyseras inte men i förekommande fall kommenterar vi utfallen om alternativa antaganden görs. Vi fokuserar på två huvudfall: personbilar där biogas ersätter bensin samt tunga fordon (lastbilar) där biogasen ersätter diesel. För respektive huvudfall analyseras dessutom effekterna av att framställa biogasen från stallgödsel respektive organiskt avfall.

### 4.1 Reducerade utsläpp av partiklar då biogas ersätter bensin i personbilar

I detta avsnitt analyserar vi det fall där biogas från stallgödsel respektive organiskt avfall används för att ersätta bensin i personbilar. Å ena sidan ger biogassystemet upphov till partikelemissioner men dessa kompenseras (som vi ska se nedan) av än större reduktioner i den oljebaserade användningen. Vi utgår nedan från en jämförelse av de partikelemissioner som uppstår under hela biogaskedjan (råvarutransport, framställning, användning etc.) jämfört med motsvarande oljebaserade system (s.k. systemeffekter). Det första delavsnittet behandlar alternativet då biogasen framställs genom rötning av stallgödsel medan det andra delavsnittet analyserar motsvarande effekter då organiskt industri- och hushållsavfall rötas (i stället för att komposteras).

#### *Systemeffekter personbil: biogas från rötning av gödsel*

Vi utgår i våra beräkningar från att rötning av stallgödsel (inklusive uppgradering) används för att ersätta den fossilbaserade bränslekedjan samt på så sätt också undvika lagring av gödsel. Underlaget för detta alternativ bygger i stor utsträckning på Börjesson och Berglund (2003). Vi antar att biogasen baseras på stallgödsel, och produceras i en central anläggning, och där även driften av anläggningen ger upphov till partikelemissioner. I beräkningen tas också hänsyn till att biogasen – för att användas för fordonsdrift – måste uppgraderas till naturgaskvalitet med 97 procents metaninnehåll, samt att substratet måste transporteras till den centrala biogasanläggningen (båda steg som också adderar något till de totala utsläppen av partiklar).

De totala emissionerna av partiklar vid framställningen av biogas från gödsel (inklusive uppgradering) beräknas av Börjesson och Berglund (2003) till 2,3 mg partiklar per MJ biogas. Vid användningen av biogas som drivmedel i personbilar tillkommer dessutom utsläpp motsvarande 1,7 mg partiklar per MJ.<sup>16</sup> Detta ger totala utsläpp från biogascykeln motsvarande 4,0 mg partiklar per MJ biogas. Motsvarande siffror för den oljebaserade bränslekedjan

---

<sup>16</sup> Börjesson och Berglund (2003) rapporterar att vid slutanvändning av biogas i en personbil genereras 10 mg partiklar per MJ motoreffekt, något som vid en verkningsgrad på 0.17 motsvarar 1,7 mg per MJ bränsle.

uppgår till 4,8 mg partiklar per MJ biogas (Blinge m.fl., 1997). Dessutom fås en indirekt miljövinst i form av ett minskat behov av handelsgödsel och därmed minskade emissioner av partiklar från denna tillverkning på grund av ett ökat utnyttjande av kväve och fosfor. Denna effekt motsvarar enligt Börjesson och Berglund (2003, Tabell 5.5) en ytterligare nettoreducering på 0,3 mg per MJ biogas. Detta ger sammantaget en nettoreducering av partikelutsläppen på ca **1,1 mg partiklar per MJ biogas** (alternativt ca 5 mg partiklar per MJ motoreffekt givet en antagen verkningsgrad på 17 procent för personbilar).

#### ***Systemeffekter personbil: biogas från industri- och hushållsavfall***

Reduktionerna i partikelutsläppen för personbilar bedöms bli ännu högre i motsvarande scenarier där ett biogassystem baserat på organiskt avfall från livsmedelsindustrin respektive hushållen ersätter storskalig kompostering samt en fossilbaserad bränslekedja för personbilar (Börjesson och Berglund, 2003). Resultaten är likartade för det industriella och hushållsbaserade avfallet och visar på en nettoreduktion på ca **2,6 mg partiklar per MJ biogas** (eller ca 15 mg partiklar per MJ motoreffekt). Denna mer omfattande nettoreduktion jämfört med gödselfallet förklaras framförallt av att framställningen av biogas baserat på avfall bedöms generera mindre partikelutsläpp. Vi antar även här att avfallet behandlas (och uppgraderas) i en central anläggning. För det avfall som kommer från livsmedelsindustrin får vi genomsnittliga utsläpp vid framställningen motsvarande ca 1,5 mg partiklar per MJ biogas (att jämföra med 2,3 mg partiklar per MJ då biogasen baseras på stallgödsel). Vid användningen av biogas som drivmedel i personbilar tillkommer dessutom samma mängd utsläpp som i fallet med stallgödsel, dvs. 1,7 mg partiklar per MJ biogas.

Börjesson och Berglund (2003, Tabell 5.4) räknar också i sin systemanalys med den indirekta miljövinst som uppstår i form av minskat behov av handelsgödsel och därmed minskade emissioner från denna tillverkning på grund av ett ökat utnyttjande av kväve och fosfor (se också ovan). I fallet med partikelutsläpp bedöms denna miljövinst väsentligt högre för ett biogassystem baserat på avfall jämfört med gödsel, och detta gäller inte minst för det avfall som kommer från hushållen. Den motsvarar enligt Börjesson och Berglund (2003, Tabell 5.5) en nettoreduktion på 1,0 mg partiklar per MJ.

#### **4.2 Reducerade utsläpp av partiklar då biogas ersätter diesel i tunga fordon**

I detta avsnitt belyser vi effekterna på partikelutsläppen då biogas från stallgödsel respektive organiskt industri- och hushållsavfall ersätter diesel i tunga lastbilar (alternativt stadsbussar som normalt antas ha ungefär lika stora partikelutsläpp mer kilometer). Analysen visar att reduktionen av partikelutsläpp per MJ motoreffekt är betydligt mer omfattande för lastbilar jämfört med personbilar (trots att motorverkningsgraden är väsentligt högre, 30-40 procent, för lastbilmotorer). Den viktigaste anledningen till detta är högre partikelutsläpp från diesel jämfört med bensin. Energimyndigheten (2006) noterar t.ex. att utsläppen från biogasdrivna (tunga) lastbilar är ca 12-56 mg per kilometer, medan motsvarande utsläpp från diesellastbilar ofta kan vara ca 130 mg per kilometer (Vägverket och Naturvårdsverket, 2009).

Även i detta fall analyserar vi dock de totala systemeffekterna då biogas ersätter diesel, och således inte endast effekterna på användarsidan. Det kan dock noteras att i analysen antas att utsläppen av partiklar från tunga biogasfordon är ca 32 mg per kilometer (se också Uppenberg m.fl., 2001).

### ***Systemeffekter lastbil: biogas från rötning av gödsel***

Nedanstående beräkningar bygger på samma grundantaganden om biogasens framställning från stallgödsel som användes ovan. De totala emissionerna av partiklar vid framställningen av biogas från gödsel blir därför lika stora som i fallet med biogas för personbilar, dvs. 2,3 mg partiklar per MJ biogas. Vid användningen av biogas som drivmedel i lastbilar tillkommer dessutom utsläpp motsvarande 1,5 mg partiklar per MJ.<sup>17</sup> Detta ger totala utsläpp från biogascykeln motsvarande 3,8 mg partiklar per MJ biogas (Börjesson och Berglund, 2003). Motsvarande siffror för den oljebaserade bränslekedjan uppgår till 9,3 mg partiklar per MJ biogas (Blinge m.fl., 1997); det kan noteras att i detta fall sker de mest omfattande utsläppen (ca 8,4 mg partiklar per MJ) i samband med användningen. Till detta kommer också ovan nämnda indirekta miljöeffekt motsvarande 0,3 mg partiklar per MJ.

Detta ger en nettoreducering av partikelutsläppen på ca **5,8 mg partiklar per MJ biogas** (alternativt drygt 18 mg partiklar per MJ motoreffekt givet en antagen verkningsgrad på 30 procent för lastbilar).

### ***Systemeffekter lastbil: biogas från industri- och hushållsavfall***

Precis som i fallet då biogas från industri- respektive hushållsavfall, i stället för att komposteras, ersätter bensin i personbilar blir effekten på nettoreduktionen av partiklar mer omfattande (än då biogasen framställs från stallgödsel). De viktigaste orsakerna till detta diskuteras ovan. Vi får i detta fall totala utsläpp från biogascykeln motsvarande 2,0 mg partiklar per MJ biogas (Börjesson och Berglund, 2003). Framställningen av biogasen ger – som påpekats ovan partikelutsläpp motsvarande 1,5 mg per MJ medan partikelutsläppen vid användningen också är 1,5 mg per MJ. Från detta måste vi dessutom subtrahera effekterna av ett minskat behov av handelskvävegödsel, en effekt som i detta fall motsvarar en nettoreduktion på 1,0 mg per MJ.

Eftersom den oljebaserade bränslekedjan ger upphov till utsläpp motsvarande 9,3 mg partiklar per MJ biogas får vi en nettoreduktion på **7,3 mg partiklar per MJ biogas** (alternativt ca 25 mg partiklar per MJ motoreffekt givet en antagen verkningsgrad på 30 procent för lastbilar). Även denna bedömning skiljer sig litet åt beroende på avfallet kommer från hushållen eller livsmedelindustrin.

## **4.3 En sammanställning av samhällsekonomiska effekter: partiklar**

Tabell 4.1 sammanfattar ovanstående bedömningar av partikelutsläppen för olika biogas- och fossilbränslebaserade transportsystem. Det bör upprepas att för att komma fram till de nettoemissioner som redovisas ovan måste vi även ta hänsyn till de reducerade utsläpp av partiklar som uppstår i form av minskat behov av handelsgödsel och därmed minskade emissioner från denna tillverkning. Dessa indirekta miljövinster är mest framträdande då biogasen framställs från hushålls- och industriavfall och ersätter kompostering av avfallet, och i detta fall motsvarar de ca 1,0 mg partiklar per MJ biogas (Börjesson och Berglund, 2003, Tabell 5.5). Om t.ex. biogas från avfall ersätter bensin i personbilar får vi en nettoreduktion av

---

<sup>17</sup> Börjesson och Berglund (2003) rapporterar att vid slutanvändning av biogas i en personbil genereras 5,0 mg partiklar per MJ motoreffekt, något som vid en verkningsgrad på 0.30 motsvarar 1,5 mg per MJ bränsle. Denna siffra är väl i linje med (men något lägre än) den som rapporteras i Uppenberg m.fl. (2001) (1,7 mg partiklar per MJ).

partikelutsläppen på 1,6 mg per MJ (4,8-3,2), men från detta måste vi också subtrahera ovanstående indirekta effekt på 1,0 mg per MJ och den totala effekten blir 2,6 mg partiklar per MJ (se också ovan).

En viktig observation från Tabell 4.1 är också att för referensfallen (bensin och diesel) sker de främsta utsläppen vid användningen av respektive bränsle medan utsläppen av partiklar för biogassystemen är mer jämnt fördelade över bränslets livscykel.

**Tabell 4.1: Emissioner av partiklar för olika bränslesystem (mg partiklar per MJ)\***

	Personbilar			Tunga fordon (lastbilar)		
	Biogas		Referens	Biogas		Referens
	Stallgödsel	Avfall	Bensin	Stallgödsel	Avfall	Diesel
Produktion	2,3	1,5	1,2	2,3	1,5	0,9
Användning	1,7	1,7	3,6	1,5	1,5	8,4
Totalt	4,0	3,2	4,8	3,8	3,0	9,3

\* I denna analys bortses från att bränsleåtgången och därmed utsläppen per transporterad kilometer också skiljer sig åt mellan stad och landsbygd beroende på bl.a. trängseleffekter.

I avsnitt 2.2 diskuterade vi hur tidigare studier tagit fram samhällsekonomiska värden ("pris-lappar") (uttryckt i kronor per kg) för partikelutsläpp. En viktig slutsats från denna analys är att det ekonomiska värdet av en given emissionsreduktion kommer att vara starkt beroende av var denna reduktion sker, inte minst om den sker i befolkningstäta områden (där exponeringen är hög) eller inte. De schablonvärden för Sverige som vi valt att basera analysen på är 400 kronor per kg (landsbygd), 2000 kronor per kg (liten tätort), samt 4000 kronor per kg (stor tätort). Detta innebär också att de ekonomiska värden som är kopplade till reducerade partikelutsläpp kommer att variera beroende på om utsläppen genereras vid framställningen eller vid användningen av biogasen.

Diskussionen ovan visar att det samhällsekonomiska värdet av reducerade partikelutsläpp kommer att vara starkt avhängigt var utsläppen sker längs bränslekedjan. Tabell 4.2 visar ett antal möjliga utfall, som skiljer sig åt gällande vilka antaganden som gjorts angående den samhällsekonomiska värderingen vid tillförseln samt användningen av de olika bränslena. De scenarier som analyseras är följande:

1. Biogasen ersätter endast bensin och diesel i stor tätort, dvs. på användarsidan räknar vi med en samhällsekonomisk prislapp på partikelutsläppen motsvarande 4000 kronor per kg. Produktionen och distributionen av alla bränslen (biogas, bensin och diesel) sker dock på landsbygden (där varje kg partiklar som släpps ut antas motsvara ett värde på 400 kr per kg). Det senare gäller också för de undvikta emissioner som sker vid produktionen av handelsgödsel.
2. Biogasen ersätter endast bensin och diesel i stor tätort, dvs. på användarsidan räknar vi med en samhällsekonomisk prislapp på partikelutsläppen motsvarande 4000 kronor



per kg. Produktionen och distributionen av alla bränslen (biogas, bensin och diesel) sker dock i liten tätort (där varje kg antas motsvara ett värde på 2000 kr per kg). Det senare gäller också för de undvikta emissioner, som sker vid produktionen av handelsgödsel.

3. Biogasen ersätter endast bensin och diesel i liten tätort, dvs. på användarsidan räknar vi med en samhällsekonomisk prislapp på partikelutsläppen motsvarande 2000 kronor per kg. Produktionen och distributionen av alla bränslen (biogas, bensin och diesel) sker dock på landsbygden (där varje kg antas motsvara ett värde på 400 kr per kg). Det senare gäller också för de undvikta emissioner som sker vid produktionen av handelsgödsel.

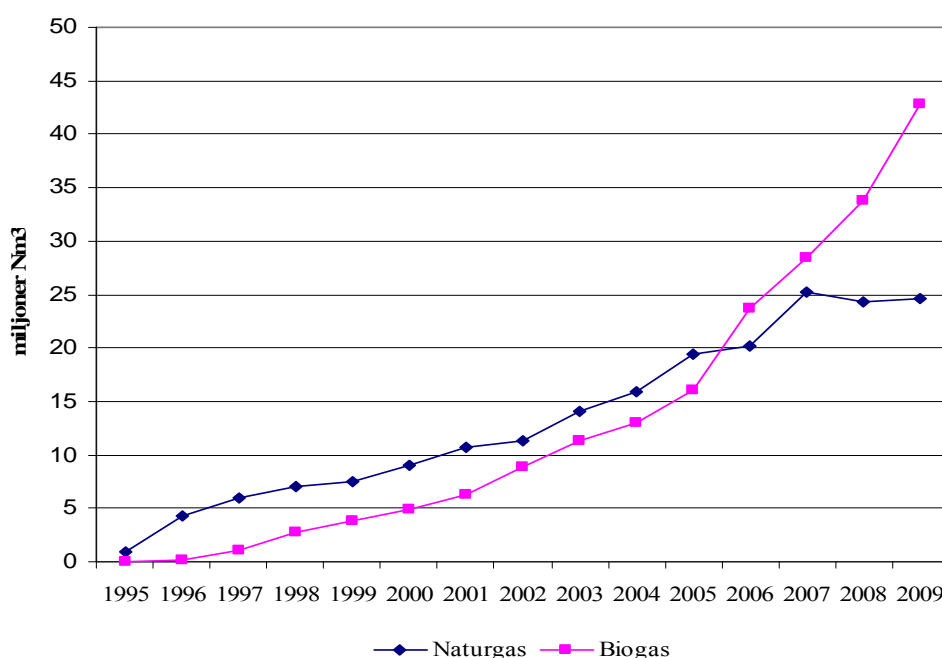
**Tabell 4.2: Ekonomiska värden av reducerade partikelutsläpp, öre per MJ biogas**

Jämförelse	Personbilar		Lastbilar (tung)	
	Biogas från rötning av gödsel ersätter bensin och lagring av gödsel.	Biogas från avfall (hushåll och industri) ersätter bensin samt kompostering.	Biogas från rötning av gödsel ersätter diesel och lagring av gödsel.	Biogas från avfall (hushåll och industri) ersätter diesel samt kompostering.
<b>Nettoemissioner (mg partiklar/MJ)</b>	1,1 mg [4,8-(2,3+1,7-0,3)]	2,6 mg [4,8-(1,5+1,7-1,0)]	5,8 mg [9,3-(2,3+1,5-0,3)]	7,3 mg [9,3-(1,5+1,5-1,0)]
<b>Scenarier:</b>				
1. All användning i stor tätort, tillförseln sker på landsbygd	0,728	0,788	2,716	2,776
2. All användning i stor tätort, tillförseln sker i liten tätort.	0,600	0,900	2,540	2,840
3. All användning i liten tätort, tillförsel sker på landsbygd	0,348	0,408	1,336	1,396

Dessa scenarier är långtifrån uttömmande men de illustrerar några viktiga slutsatser. En sådan är att användarsidan är väsentlig när det gäller effekterna av biogasanvändning på partikelutsläppen. De nettoutsläppsreduktioner (eller i vissa fall ökning) som sker på tillförselsidan är i regel relativt marginella; antagandena om partikelexponeringen vid produktionen och distributionen av biogas samt bensin/diesel är inte oviktiga men i sammanhanget har de en ganska måttlig betydelse för det samhällsekonomiska utfallet. Den bränslesubstitution som sker vid användningen av olika fordon är av större betydelse, och här kommer antaganden om var fordonsanvändningen sker att spela en viktig roll för det samhällsekonomiska utfallet.

Dessa effekter är också betydligt mer framträdande för tunga fordon än för personbilar och andra lätta fordon.

Figur 4.1 nedan visar leveranserna av fordonsgas (naturgas och biogas) under perioden 1995-2009. Av figuren framgår att den totala användningen av biogas under 2009 var drygt 40 miljoner Nm<sup>3</sup>, och detta motsvarar ungefär en fördubbling sedan 2006 (Persson, 2006). Denna ökning, 20 miljoner Nm<sup>3</sup>, motsvarar 700 000 GJ. Beroende på hur biogasen framställts samt – inte minst – hur och var den använts (dvs. vad den ersatt och hur detta påverkat den lokala miljön), får vi ett samhällsekonomiskt värde på grund av undvikta partikelutsläpp. Storleken på detta värde kommer – som antyds ovan – att vara starkt avhängigt vilka fordon som använt biogasen, samt var dessa fordon främst används. Det är rimligt att anta att den största ökningen skett i storstäderna (t.ex. Göteborg) där exponeringen för partiklar också är hög.



**Figur 4.1: Såld volym av fordonsgas i Sverige, 1995-2009 (miljoner Nm<sup>3</sup>)**

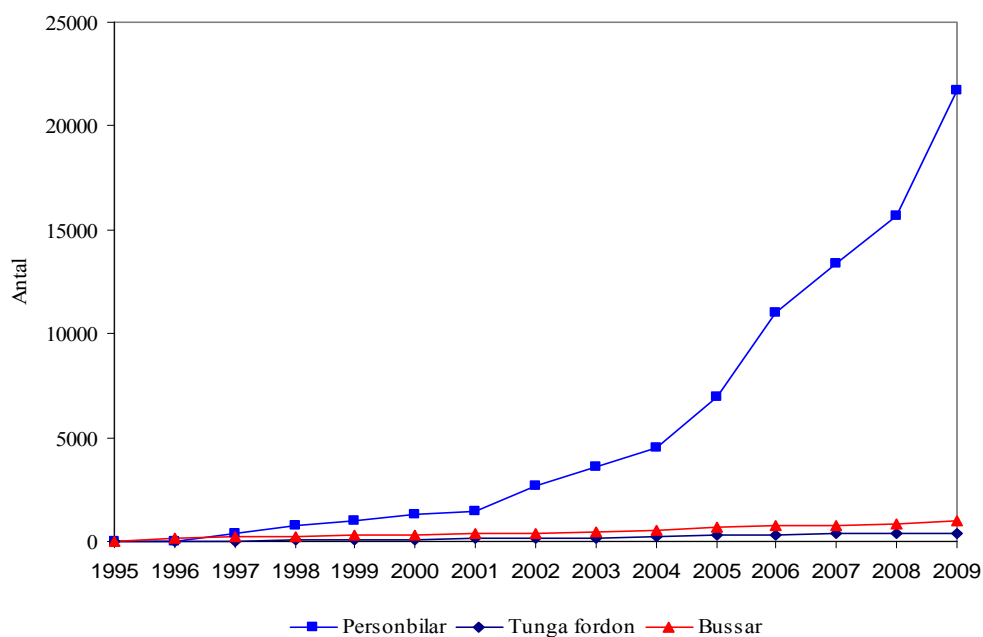
Källa: Gasföreningen.

Figur 4.2 indikerar dessutom att det är främst personbilar drivna på biogas som ökat under den ovanstående perioden. Om vi antar ett enkelt scenario där den rapporterade ökningen på 700 000 GJ till 80 procent skett i form av biogasdrivna personbilar som ersatt bensinbilar i storstäder (och där tillförseln av bensin samt biogas i huvudsak genererat partikelutsläpp på landsbygden) medan övriga 20 procent förklaras av ökad användning av biogas i tunga fordon, som också i första hand används i stora tätorter.<sup>18</sup> Givet dessa förutsättningar får vi ett samhällsekonomiskt värde för undvikta partikelutsläpp som motsvarar ca 7 880 000 kronor

<sup>18</sup> Det bör noteras att Figur 4.2 visar endast *antalet* fordon, och även om ökningen i antalet biogasdrivna tunga fordon är väsentligt mindre än motsvarande ökning i antalet personbilar är bränsleanvändningen per fordon högre i det förra fallet.

över perioden utifall biogasen framställts genom rötning av stallgödsel. Motsvarande effekt då biogasen antas ha kommit från hushålls- och industriavfall är 8 300 000 kronor.

Läsaren kan lätt laborera med andra scenarier för att undersöka utfallen i dessa. En viktig observation är dock att den reducerande effekten på partikelutsläppen blir extra stor då biogasen är producerad på avfall och ersätter tunga fordon i stadsmiljö. Det ska också noteras att de ekonomiska värden som används i analysen är tänkta att representera ett genomsnitt för Sverige (t.ex. för svenska större tätorter), men som påpekades i avsnitt 2.2 kan den faktiska exponeringen i ett specifikt fall vara såväl betydligt högre som lägre än de som antas här. Om analysen därför fokuserar på ökad biogasanvändningen i en väl definierad stad bör inte våra siffror användas per automatik, utan egna bedömningar av exponering och befolkningsmängd bör göras.



**Figur 4.2: Antal gasfordon i Sverige, 1995-2009**

Källa: Gasföreningen.

Det bör noteras att ovanstående beräkningar utgår från att alla nya fordon med biogas ersätter gamla med bensin/diesel, men så behöver inte alltid vara fallet. I praktiken kan en del av ökningen gått åt till att tillfredsställa en ökad total efterfrågan på transporttjänster. Denna observation är speciellt relevant för biogasen eftersom denna bränsleanvändning är subventionerad (via t.ex. förmånsbeskattningen av miljöbilar). Det betyder att vi å ena sidan får en substitutionseffekt (biogas ersätter bensin eller diesel) men vi får också en s.k. outputeffekt. Den senare innebär att transporter blir billigare som sådana och detta stimulerar till ökad användning av olika fordon (inklusive biogasdrivna fordon), vilket ger en ökning av utsläppen. Medan substitutionseffekten således har en positiv effekt på miljön gäller det omvända för outputeffekten. Detta illustrerar till viss del att även om biogas har lägre utsläpp per energienhet än fossila bränslen skall inte biogas i första hand subventioneras, utan fossilbränslena skall beskattas.

## Kapitel 5

# MINSKAT KVÄVELÄCKAGE FRÅN JORDBRUKET

I detta avsnitt beräknas det samhällsekonomiska värdet av minskat kväveläckage från jordbruket som en följd av förändrad gödselhantering i denna sektor. Anledningen till att denna effekt uppstår är att när flytgödsel rötas omvandlas en del av det organiskt bundna kvävet till ammoniumkväve (s.k. mineralisering). Jämfört med flytgödsel innehåller således rötrest en större andel mineralkväve. Den är dessutom mer lättflytande, vilket gör den lättare att sprida med precision samt att anpassa givan till grödans behov i såväl tid och rum. Ett högt växtnäringsutnyttjande som ger små mängder restkväve i marken efter skörd minskar risken för kväeutlakning påföljande höst och vinter (Naturvårdsverket, 2009).

Naturvårdsverket (2009) gör bedömningen att rötning av flytgödsel ökar andelen ammoniumkväve med ca 10 procent, vilket i sin tur motsvarar ca 0,4-0,5 kg kväve per ton gödsel som omvandlas från organiskt bunden till växttillgänglig form. En del av detta (ca 20 procent) kan dock antas mineraliseras under spridningsåret. Till detta ska läggas till att lantbrukarna inte alltid hanterar och sprider rötresten på ett optimalt sätt ur kväveläckagesynpunkt (Richert Stintzing, 2005). Detta ger enligt Naturvårdsverket (2009) en möjlig minskning av mineralgödsel motsvarande 0,3 kg N per ton rötad stallgödsel.<sup>19</sup> Såsom diskuterades i avsnitt 2.3 måste vi ta hänsyn till att allt av detta inte når havet. Givet de antaganden som Tabell 2.3 bygger på får vi att 1 ton rötad gödsel, som ersätter 0,3 kg N, leder till en minskad tillförsel till havet motsvarande  $0,3 \cdot 0,09 = 0,027$  kg N (som ett riksgenomsnitt).

Kväveläckaget varierar dock stort mellan olika geografiska regioner utifrån skillnader i t.ex. jordart, nederbörd etc. Det bör också noteras att detta genomsnitt kan användas endast om vi antar att värdet av tillförsel till hav är oberoende till vilken "havsbassäng" tillförseln sker (Bottenviken, Bottenhavet, etc.). Värderas tillförseln av 1 kg annorlunda i de olika havsbassängerna, kanske beroende på att skadan skiljer sig åt, så kan vi inte använda det genomsnitt vi beräknat. Tabell 5.1 sammanfattar resultaten från den värdering som diskuterades i avsnitt 2.3. Vi redovisar resultat som både tar hänsyn till samt bortser från den eventuella förekomsten av hypotetisk bias.

**Tabell 5.1: Värdering av tillförsel av kväve, samt per ton gödsel samt per MJ biogas.**

	Kr/kg tillförd N	Kr/kg N vid källan	Kr/ton gödsel	Kr/MJ biogas
Korrigerad	4-70	0,36 – 6,30	0,11 – 1,89	0,0001 – 0,002
Ej korrigerad	12-211	1,08 – 18,99	0,32 – 5,70	0.0004 – 0,007

<sup>19</sup> Denna siffra ligger väl i linje med den som redovisas i Börjesson och Berglund (2003), dvs. 0.25 kg N per ton rötad stallgödsel

Om vi utgår från de två schablonvärden som presenterades (74 respektive 31 kronor per kg tillförd N får vi samhällsekonomiska värden som motsvarar 0,001 kronor per MJ biogas samt 0,002 kronor per MJ biogas. För att sätta dessa siffror i ett mer begripligt sammanhang kan vi återanvända den enkla beräkning som vi nyttjade i fallet med metan och lustgas från jordbruket (avsnitt 3). Vi noterade där att 2006 var produktionen av biogas från svenska gårdar (inklusive pilotanläggningar) ca 20 GWh per år (Persson, 2006). Givet att  $10 \text{ kWh} = 35 \text{ MJ}$  biogas motsvarar detta 70 miljoner MJ. Om denna produktion fördubblas på grund av investeringar i nya gårdsanläggningar skulle det samhällsekonomiska värdet av reducerat kväveläckage således motsvara 70 000 kronor respektive 140 000 kronor om de schablonvärden som redovisas används. Överlag kommer således den miljöeffekt som rötningen per ton ger på kväveläckaget inte att komma upp i samma värden som motsvarande effekter på utsläppen av växthusgaser. Effekterna bör bedömas som små i sammanhanget.

## Kapitel 5

# BIOGAS OCH MÅLET OM EN LEVANDE LANDSBYGD

I debatten kring biogasens framtid lyfts det ofta fram att en ökad biogasproduktion från bl.a. jordbruket på ett positivt sätt bidrar till en levande landsbygd. Inte minst trycks det i olika sammanhang på att en nationell satsning på produktion, distribution och användning av biogas skapar arbetstillfällen lokalt, såväl för fordonstillverkare, lantbrukare, ingenjörer och forskare (se t.ex. Västra Götalandsregionen, 2010). Biogasen kan utnyttjas lokalt och råvaror behöver således inte transporteras långa sträckor eller importeras (Svenska Biogasföreningen m.fl., 2008). Det finns beräkningar som hävdar att fastbränslen, rapsoljor, biogas och andra biobränslen på enbart fyra år skulle kunna skapa 25 000 nya jobb på den svenska landsbygden om de gröna producenterna ”ges samma villkor” som andra framgångsrika näringar (SOU 2006:106).<sup>20</sup>

I detta avsnitt diskuteras kort den viktiga frågan om målet om en levande landsbygd, som i huvudsak bör betraktas som ett regionalpolitiskt mål, i sig ska utgöra ett motiv för att satsa på ökad biogasproduktion från t.ex. jordbruket. Ett frekvent använt argument för ett mer intensivt utnyttjande av olika biobränslen är att detta skulle bidra till en ökad sysselsättning (se t.ex. Charles m.fl., 2007; Domac m.fl., 2005). Stridsberg (1998) konstaterar t.ex. i sin analys att en tillväxt i biobränsleanvändningen med 70 TWh mellan 1993 och 2020 skulle öka sysselsättningen med omkring 30 000 årsarbeten. Det som är karakteristiskt för denna (och andra liknande) studier är dock att de i huvudsak fokuserar på de nya arbetstillfällen som skapas, men endast i begränsad omfattning behandlar effekterna på befintliga verksamheter. Stridsbergs studie tar visserligen hänsyn till att sysselsättningen minskar i fossilbränslesektorn genom bortfallande produktion och tillförsel av olja men han bortser å andra sidan helt från de effekter som drabbar t.ex. skogsindustrin och träskiveindustrin samt ekonomin i övrigt på grund av de relativprisförändringar som en sådan satsning skulle innebära.

Frågan om sysselsättningseffekter är tvådelad; först måste vi klargöra huruvida det faktiskt blir några positiva nettoeffekter på sysselsättningen och sedan – om så är fallet – huruvida energipolitiska åtgärder (i jämförelse med andra åtgärder) är effektiva medel för att öka sysselsättningen. Svaret på den första frågan är ur ett nationellt perspektiv nekande. Att satsa resurser på en sektor i ekonomin innebär i förlängningen att resurser måste tas från andra sektorer. Det finns ett starkt stöd i den ekonomiska litteraturen att nettoeffekten på sikt är noll. Arbetslöshet och låg sysselsättning beror primärt inte på hur arbetskraften fördelas mellan sektorer utan snarare på arbetsmarknadens funktionssätt. De åtgärder som bör vidtas för att öka den nationella sysselsättningsgraden är främst av makroekonomisk natur (t.ex. via finans- och penningpolitiken), samt åtgärder kopplade till arbetsmarknads- och utbildningspolitiken. På lång sikt anpassas priser och löner till en nivå där ”full” sysselsättning råder.

I en given region/kommun kan naturligtvis sysselsättningen på kort sikt öka som en följd av investeringar i biogas (åtminstone om det finns ledig arbetskraft att tillgå), men investeringen

---

<sup>20</sup> Dessa tankegångar går också i hög grad igen i den svenska regeringens landsbygdsprogram för åren 2007-2013 (Svenska Regeringen, 2008).

kan också leda till färre arbetstillfällen i andra sektorer i samma region (t.ex. turism) eller för den delen i andra glest befolkade områden (om t.ex. biogasen konkurrerar ut skogsbaserade biobränslen för el- och värmeproduktion). Med *kort sikt* menas här den tid det tar innan ekonomin anpassat exempelvis efterfrågan på olika produktionsfaktorer till de ändrade ekonomiska förhållandena. För energi- och skogssektorerna kan detta handla om flera år eftersom efterfrågan på olika råvaror är starkt knuten till den existerande produktionskapaciteten och investeringar i nya anläggningar (samt nedläggning av existerande anläggningar) inte kan göras i en handvändning. Detta innebär att även om nettosysselsättningseffekterna av ökad bioenergikonsumtion på lång sikt är obefintliga, kan anpassningsperioden i vissa fall vara utdragen och medföra betydande – såväl positiva som negativa – regionala sysselsättnings-effekter.

I en sådan situation kan det uppfattas som politiskt önskvärt att kombinera energi- och regionalpolitiska mål. Risken med en sådan strategi är samtidigt att de energipolitiska styrmedlen kan vara ineffektiva som regionalpolitiska medel. Vilka specifika åtgärder som är mest effektiva för att hantera regionala sysselsättningsproblem bör bedömas från fall till fall. I regionalpolitiken ”konkurrerar” således biogasprojekt med en rad andra projekt, som potentiellt skulle kunna ha minst lika stora effekter på den lokala ekonomiska utvecklingen. De energipolitiska styrmedlen utgör (eller bör i varje fall utgöra) led i en *långsiktig* styrning av bränsleval, investeringar etc., och att då utnyttja dessa styrmedel för att lösa regionala strukturomvandlingsproblem kan lätt leda till suboptimeringar samt till framväxten av en mycket komplex styrmedelsflora på energiområdet. Det är med andra ord långt ifrån självklart att

## REFERENSER

- Anthoff, D., C. Hepburn och R.S.J. Tol (2006). "Equity Weighting and the Marginal Damage Costs of Climate Change," *Ecological Economics*, Vol. 68, s. 836-849.
- Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. R. Leamer, R. Radner, och H. Schuman (1993). *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*, NOAA.
- Ben-Akiva, M., och S. R. Lerman (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge.
- Berglund, M., C. Cederberg, C. Clason, M. Henriksson, och L. Törner (2009). *Jordbrukets klimatpåverkan – Underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar*, Delrapport i JOKER-projektet, Hushållningssällskapet Halland.
- Bickel, P., S. Schmid, och R. Friedrich (2002). *Estimation of Environmental Costs of the Traffic Sector in Sweden*, Version 1.3, Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy, University of Stuttgart.
- Bickel, P., S. Schmid, W. Krewitt och R. Friedrich (1996). *External Costs of Transport in ExternE*, Internet: [www.ocs.polito.it/biblioteca/mobilita/ExternalCosts.pdf](http://www.ocs.polito.it/biblioteca/mobilita/ExternalCosts.pdf); Hämtad 18 januari 2010.
- Blinge, M., P-O. Arnäs, S. Bäckström, Å. Furnander, och K. Hovelius (1997). *Livscykelanalys av drivmedel*, KFB meddelande 1997:5, Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- Brännlund, R., och I-M. Gren (1999). "Costs of Uniform and Differentiated Charges on a Polluting Input: An Application to Nitrogen Fertilizers in Sweden," In Boman, M., Brännlund, R. and Kriström, B. (Eds.), *Topics in Environmental Economics*, Kluwer Academic Publishers.
- Brännlund, R., Kriström, B., (1998). *Miljöekonomi*. Studentlitteratur, Lund 1998.
- Börjesson, P., och M. Berglund (2003). *Miljöanalys av biogassystem*, Rapport nr. 45, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Carson, R. T., J. J. Louviere, D. A. Anderson, P. Arabie, D. S. Bunch, D.A. Hensher. R. M. Johnson, W. F. Kuhfeld, D. Steinberg, J. Swait, H. Timmermans, och J. B. Wiley (1994). "Experimental Analysis of Choice," *Marketing Letters*, Vol. 5, s. 351-367.
- Carson, R. T., Flores, N. T och Meade, N. F. (2001). "Contingent Valuation: Controversies and Evidence," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 19, s. 173-210.
- Clarkson, R., och K. Deyes (2002), *Estimating the Social Cost of Carbon Emissions*, The Public Enquiry Unit - HM Treasury, London, Working Paper 140.
- Davis, J., och C. Haglund (1999). *Life Cycle Inventory (LCI) of Fertilizer Production*, SIK-rapport Nr. 654, Göteborg.
- Diamond, P. A., och J. A. Hausman (1994). "Contingent Valuation: Is Some Number better than No Number?" *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, s. 45-64.
- Domac, J., K. Richards, och S. Risovic (2005). "Socio-economic Drivers in Implementing Bioenergy Projects," *Biomass and Bioenergy*, Vol. 28, s. 97-106.
- Downing, T.E., D. Anthoff, R. Butterfield, M. Ceronisky, M.J. Grubb, J. Guo, C.J. Hepburn, C.W. Hope, A. Hunt, A. Li, A. Markandya, S. Moss, A. Nyong, R.S.J. Tol, och P. Watkiss (2005), *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*, Department of Environment, Food and Rural Affairs, London.



- Edström, M., L-E. Jansson, M. Lantz, L-G. Johansson, U. Nordberg, och Å. Nordberg (2008). *Gårdsbaserad biogasproduktion. System, ekonomi och klimatpåverkan*, JTI-rapport 42, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Energimyndigheten (2006). *Projekt biobil – test av tio lastbilar med biogas i Sverige under perioden 2000-2005*, Slutrapport från projekt biobil, Eskilstuna.
- Enghag, O. (2009). "Sammanställning: Siffror för klimat- och växtnäringens nytta genom biogasrötning i jordbruket," PM, Jordbruksverket, 2009-12-10.
- Forslund, J., P-O. Marklund, och E. Samakovlis (2007). Samhällsekonomiska värderingar av luft- och bullerrelaterade hälsoproblem – en sammanställning av underlag för konsekvensanalyser, Specialstudier Nr. 13, Konjunkturinstitutet, Stockholm.
- Guo, J., Hepburn, C. J., Tol, R. S. J., och Anthoff, D. (2005). "Discounting and the Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty," *Environmental Science & Policy*, Vol. 9, s. 205-216.
- Hanemann, W. M. (1994). "Valuing the Environment Through Contingent Valuation," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, s. 19-43.
- Hansson, A., J. Blomquist, och K. Christensson (2007). *Energigrödor till biogasproduktion effekter på odlingssystemet*, Agellus miljökonsulter.
- Hope, C. W. (2006). "The Marginal Impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern," *Integrated Assessment Journal*, Vol. 6, Nr. 1, s. 19-56.
- Hökby, S., och T. Söderquist (2003). "Elasticities of Demand and Willingness to Pay for Environmental Services in Sweden," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 26, s. 361-383.
- Johansson, H., och M. Ek (2003). *Emissions from Transport in Sweden*, TFK Rapport 2003:6.
- Jordbruksverket (2008). *Utformning av stöd till biogas inom landsbygdsprogrammet*, Rapport 2008:8, Stockholm.
- Kasimir-Klemedtsson, Å. (2001). *Metodik för skattning av jordbrukets emissioner av lustgas*, Rapport 5170, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Kinell, G., T. Söderquist, och L. Hasselström (2009). *Monetära schablonvärden för miljöförändringar*, Rapport 6322, Naturvårdsverket, Stockholm.
- King, D. M., och M. J. Mazotta (2000). *Ecosystem Valuation*, University of Maryland, Internet: [www.ecosystemvaluation.org/](http://www.ecosystemvaluation.org/).
- Lantz, M. och P. Börjesson (2010). *Kostnader och potential för biogas i Sverige*, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Linné, M., A. Ekstrandh, R. Englesson, E. Persson, L. Björnsson, och M. Lantz (2008). *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*, BioMill AB och Enviro AB, Lund.
- Naturvårdsverket (2009). *Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan. Förslag till nationella åtgärder*, Rapport 5985, Stockholm.
- Nerhagen, L., B. Forsberg, C. Johansson och B. Lövenheim (2005). *Externa kostnader av trafikens luftföroreningar – Förslag på beräkningsmetod utifrån granskning av ExternE-beräkningar för Stockholm och Sverige*, VTI Report No. 517, Internet: [http://vti.se/-templates/Report\\_\\_\\_2796.aspx?reportid=4822](http://vti.se/-templates/Report___2796.aspx?reportid=4822); Hämtad 19 januari 2010.
- Nerhagen, L., och H. Johansson (2003). *Variations in the external cost of transport air pollution – the case of Sweden*, VTI notat 36A, Internet: <http://vti.se/EPiBrowser/Publikationer/N36A-2003.pdf>; Hämtad 19 januari 2010.
- Nordhaus, W. (2007). "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change," *Journal of Economic Literature*, Vol. 45, s. 686-702.
- Nordhaus, W. (2008). *A Question of Balance*, Yale University Press.

- Nordhaus, W., och Boyer, J. (2000). *Warming the World: Economic Modeling of Global Warming*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Pearce, D. (2003). "The Social Cost of Carbon and its Policy Implications," *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 19, s. 362-384.
- Persson, M. (2006). *Basdata om biogas*, Svenskt Gastekniskt Center, Malmö.
- Petersen, S. (1999). "Nitrous Oxide Emissions from Manure and Inorganic Fertilizers Applied to Spring Barley," *Journal of Environmental Quality*, Vol. 28, pp. 1610-1618.
- Portney, P. R. (1994). "The Contingent Valuation Debate: Why Economists Should Care," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, s. 3-17.
- Richert Stintzing, A. (2005). *Användning av biogödsel*, RVF Utveckling 2005:10, Svenska Renhållningsverksföreningen.
- Rodhe, L., J. Ascue, M. Tersmeden, A. Ringmar, och Å. Nordberg (2008). *Växthusgasemissioner från lager med nöflytgödsel*, JTI-rapport 370, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Rosendahl, K-E. (1998). "Health Effects and Social Costs of Particulate Pollution – A Case Study for Oslo," *Environmental Modeling and Assessment*, Vol. 3, s. 47-61.
- SIKA - Statens institut för kommunikationsanalys (2009). *Värden och metoder för transportsektorns samhällsekonomiska analyser – ASEK 4*, SIKA Rapport 2009:3, Internet: [http://www.sika-institute.se/Doclib/2009/Rapport/sr2009\\_3.pdf](http://www.sika-institute.se/Doclib/2009/Rapport/sr2009_3.pdf); Hämtad 25 januari 2010.
- SOU 2006:106, Fakta – omvärld – inspiration – Underlagsrapporter i arbetet med en strategi för hållbar landsbygdutveckling, Fritzes, Stockholm.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change – The Stern Review*, Cambridge University Press.
- Stern, T., and Persson, U. M. (2008). "An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate," *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2, s. 61-76.
- Stridsberg, S. (1998). *Biobränslenas sysselsättningseffekt*, Rapport Nr. 1998/1, Vattenfall, Stockholm.
- Svenska Biogasföreningen, Svenskt Gastekniskt Center AB och Gasföreningen (2008). *Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter – goda svenska exempel*, Stockholm.
- Svenska Regeringen (2008). *Sveriges landsbygdprogram 2007-2013*, Internet: [www.sweden.gov.se/content/1/c6/08/27/24/a0a25a58.pdf](http://www.sweden.gov.se/content/1/c6/08/27/24/a0a25a58.pdf); Hämtad 5 February 2010.
- Svensson, M. (2009). "The Value of a Statistical Life in Sweden Estimates from Two Studies using the 'Certainty Approach' Calibration," *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, s. 430-437.
- Thyselius, L. (1990). *Biogas ur växter*, Jordbrukstekniska Institutet.
- Tol, R.S.J. (2005). "The Marginal Damage Costs of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties," *Energy Policy*, Vol. 33, s. 2064-2074.
- Tol, R. S. J. (2008). "The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes," *Economics, The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, Vol. 2, s. 1-24.
- Tol, R. S. J. och Fankhauser, S. (1998). "On the Representation of Impact in Integrated Assessment Models of Climate Change," *Environmental Modeling & Assessment*, Vol. 3, s. 63-74.
- Uppenberg, S., M. Alemark, M. Brandel, L-G. Lindfors, H-O. Marcus, H. Strippel, A. Wachtmeister, och L. Zetterberg (2001). *Miljöfaktabok för bränslen. Del 2*, Bakgrundsinformation och teknisk bilaga, IVL-rapport B1224B, Göteborg.
- Vägverket och Naturvårdsverket (2009). *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*, kapitel 6 bilagor, Stockholm.

- Västra Götalandsregionen (2010). *Nationellt mål 20 TWh biogas senast år 2020*, Internet: [www.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/Transporter/Biogas/kortversion%20biogas.pdf](http://www.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/Transporter/Biogas/kortversion%20biogas.pdf); Hämtad 4 februari 2010.
- Watkiss, P. (2005). *The Social Cost of Carbon (SCC) Review – Methodological Approaches for using SCC Estimates in Policy Assessment*, AEA Technology, November 2005.
- Weitzman, M. (1998). “Why the Far Distant Future Should be Discounted at its Lowest Possible Rate,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 36, s. 201–208.
- Weitzman, M. (2001). “Gamma Discounting,” *American Economic Review*, Vol. 91, s. 261–271.
- Weitzman, M. (2007). “A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change,” *Journal of Economic Literature*, Vol. 45, s. 703-724.

## **Bilaga 3**

### **Efterkonvertering av traktorer**

Underlagsrapport till utredningen *Förslag till sektorövergripande biogasstrategi. Rapport ER 2010:14*

*Per Öhlund Transportstyrelsen*



**Konvertering av traktorer till gasdrift - Redovisning  
till Statens energimyndighet inom ramen för  
regeringsuppdraget att utveckla en sektorsöver-  
gripande biogasstrategi**

Sammanfattning .....	3
Inledning .....	5
Uppdraget .....	5
Bestämmelser om traktorer.....	5
Bestämmelser om gasfordon .....	5
Konvertering av traktorer till biogasdrift .....	6
Möjliga tekniker för gasdrift .....	6
Bestämmelser .....	7
Transportstyrelsens förslag .....	7

## Sammanfattning

Regeringen har gett Statens energimyndighet i uppdrag att utveckla en sektorsövergripande biogasstrategi. Transportstyrelsen ska involveras i de delar av uppdraget som rör konvertering av traktorer till gasdrift.

Det finns två tänkbara tekniker för konvertering av en traktormotor till drift med biogas/metan, dels den idag mest använda tekniken med förbränning enligt Ottoprincipen, dels med förbränning enligt Dieselpincipen (metandiesel). En motor enligt Ottoprincipen (förbränningen tänds med tändstift) körs då på i stort sett enbart metan, men startas dock normalt med bensin. En metandieselmotor (förbränningen tänds av kompression) körs alltid med en liten del diesel tillsammans med metangas. Normalt sätt går en sådan motor på enbart diesel vid tomgång och låg belastning. Denna teknik är därför mest fördelaktig vid applikationer som till större del körs på hög belastning på grund av att andelen diesel jämfört med gas då blir lägre (hög dieselsubstitution). Fördelen med metandieselteknik är att verkningsgraden blir mycket bättre jämfört med en gasmotor som körs enligt Ottoprincipen. En metandieselmotor utnyttjar helt enkelt bränslets energi bättre.

Nya jord- och skogsbrukstraktorer ska normalt sett vara EG- typgodkända för att kunna registreras och brukas. Det innebär att de ska vara helfordonsgodkända. I EG- typgodkännandet ingår krav på avgasutsläpp. Bestämmelserna för avgasgodkännande av en traktormotor omfattar inte gasdrift, vilket innebär att en EG- typgodkänd traktor inte kan vara gasdriven.

Traktormotorer har harmoniserade krav på avgasutsläpp i EU. Det första steget infördes 2001. Kraven har skärpts i flera steg sedan dess och idag är steg III A obligatoriskt för registrering och brukande av nya traktorer. Tidpunkten för när ett visst steg blir obligatoriskt varierar med motorns effekt. Det kan skilja upp till två år från det att vissa motormetandieselmotorer. En typgodkänd motor för ett vägfordon kan enligt bestämmelserna för traktorer erkännas som en typgodkänd traktormotor.

EU-bestämmelserna ger inte möjlighet till undantag för nya traktorer. Enligt de nationella bestämmelserna ska en traktor uppfylla EG-direktivets bestämmelser när den används. Transportstyrelsen får, om det är av ringa betydelse för miljön, föreskriva om undantag eller i ett enskilt fall medge undantag.

Det pågår idag så väl internationella som nationella aktiviteter angående metandieselteknik för vägfordon. Transportstyrelsen deltar i dessa diskussioner och kommer att följa och delta i det fortsatta arbetet med ett regelverk. När sådana bestämmelser har trätt i kraft för vägfordon kan de enkelt anpassas till traktormotorer.

Bland annat förs diskussioner om att införa metandieselteknik i UNECEs (United Nations Economic Commission for Europe) regelverk om efterkonvertering till gasdrift, reglemente 115. Bestämmelserna omfattar idag inte metandieselteknik. Det finns även intresse från vissa tillverkare om att det ska vara möjligt att typgodkänna fabriksbyggda



metandieselmotorer. En typgodkänd motor för ett vägfordon kan enligt bestämmelserna för traktorer erkännas som en typgodkänd traktormotor.

För efterkonvertering, av fordon i bruk, av en motor till gasdrift enligt Ottoprincipen finns det ett globalt regelverk för vägfordon som tillämpas i Sverige i dag, UNECE R 115. Regelverket omfattar komponenter, system och avgasutsläpp. Det är möjligt att i de nationella bestämmelserna, Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:26) om traktorer, införa en anpassning av UNECE R 115 så att det kan tillämpas på traktormotorer. En traktormotor skulle då kunna konverteras till gasdrift enligt Ottoprincipen. Transportstyrelsen är ansvarig för den aktuella föreskriften och har mandat att föreskriva om avgaskrav för traktormotorer.

Konvertering till en metandieselmotor är däremot inte möjlig för vägfordon eller traktormotorer. Det saknas bland annat svar på frågorna hur avgaskraven ska uppfyllas, det vill säga vilken körcykel ska användas, hur emissioner ska mätas, vilket bränsle ska användas och vilket förhållandet ska vara mellan metan och diesel. För komponenter och system kan troligen delar från regelverket för Ottoprincipens gasmotor användas eftersom det i princip är samma komponenter som används.

Äldre traktorer som inte har krav på avgasutsläpp behöver endast uppfylla de krav på komponenter och system som följer av UNECE R 115. De bestämmelserna kan enligt ovan införas i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:26) om traktorer.

# Inledning

## Uppdraget

Regeringen har gett Statens energimyndighet i uppdrag att utveckla en sektorsövergripande biogasstrategi. Transportstyrelsen ska involveras i de delar av uppdraget som rör konvertering av traktorer till gasdrift.

## Bestämmelser om traktorer

Nya jord- och skogsbruks traktorer ska normalt sätt vara EG-typgodkända för att kunna registreras och brukas. Det innebär att de ska vara helfordonsgodkända. I EG-typgodkännandet ingår krav på avgasutsläpp. Bestämmelserna för avgasgodkännande av en traktormotor omfattar inte gasdrift. Det vill säga en EG-typgodkänd traktor kan inte vara gasdriven. I EG- direktiv 2003/37/EG finns bestämmelserna om EG-typgodkännande av traktorer.

Traktormotorer har harmoniserade krav på avgasutsläpp i EU genom EG-direktiv 2000/25/EG. Det första steget infördes 2001. Kraven har skärpts i flera steg sedan dess och idag är steg III A obligatoriskt för registrering och brukande av nya traktorer. Tidpunkten för när ett visst steg blir obligatoriskt varierar med motorns effekt. Det kan skilja upp till två år från det att vissa motorer ska uppfylla ett visst steg till dess att alla motorer ska uppfylla samma steg. En anledning är att en viss motorstorlek med en viss motoreffekt kan behöva mer tid för att färdigställa utvecklingen av avgasreningen.

EU-bestämmelserna ger inte möjlighet till undantag för nya traktorer. Enligt de nationella bestämmelserna ska en traktor uppfylla EG-direktivets bestämmelser när den används. Transportstyrelsen får om det är av ringa betydelse för miljön föreskriva om undantag eller i ett enskilt fall medge undantag.

Den nationella implementeringen av EG-direktiven sker genom lagen (1998:1707) om åtgärder mot buller och avgaser från mobila maskiner, förordningen (1998:1709) om avgaskrav från vissa förbränningsmotordrivna mobila maskiner samt Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:26) om traktorer.

## Bestämmelser om gasfordon

EU-bestämmelserna reglerar endast gasdrivna vägfordon. Det är således inte möjligt att typgodkänna en gasdriven traktor.

Komponenter ingående i gassystemet för metangasdrivna vägfordon regleras genom UNECE (United Nation Economic Commission for Europe) R 110. Bestämmelserna inkluderar även gastanken. Reglementet tillämpas både för fabriksbyggda som efterkonverterade fordon.

EU har inte antagit egna bestämmelser om komponenter till gasfordon utan istället antagit R 110. Det innebär att EG-typgodkända gasfordon ska ha gaskomponenter godkända enligt R 110.

EU-bestämmelserna reglerar krav på avgasemissioner och hur avgasemissioner ska mätas på gasfordon, både för lätta fordon och motorer till tunga fordon.

Efterkonvertering till gasdrift regleras genom UNECE R 115. Ett godkännande enligt R 115 innehåller både krav på komponenter och avgasemissioner.

Nationella bestämmelser finns även i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:22) om bilar och släpvagnar som dras av bilar. För bilar som registrerats första gången efter den 1 januari 2005 hänvisar bestämmelserna till R 110 och R 115. Bilar som registrerats innan kan uppfylla äldre nationella bestämmelser i föreskriften.

## **Konvertering av traktorer till biogasdrift**

### **Möjliga tekniker för gasdrift**

Det finns två tänkbara tekniker för konvertering av en traktormotor till drift med biogas eller metan. I båda fallen kan motorn även köras på naturgas. Den i dagsläget vanligaste metoden för biogasdrift av en förbränningsmotor är att driva motorn med 100 procent metan. Förbränningen tänds då med ett tändstift, på samma sätt som en bensindriven motor. Det brukar normalt sett vara nödvändigt med en liten bensintank eftersom bensin används för att starta motorn. Nackdelen är att förbränningen sker enligt Ottoprincipen vilket ger en förhållandevis dålig verkningsgrad (hur bra motorn utnyttjar energin i bränslet), och hög bränsleförbrukning. En fördel är att det finns världsomspännande harmoniserade regelverk för vägfordon om hur systemet ska se ut, vilka komponenter som ska ingå, hur avgasutsläppen ska mätas samt om typgodkännande av dessa delar.

Den andra tänkbara tekniken är metandiesel även kallad Dual-Fuel. En motor konverterad för metandiesel består till stor del av samma typ av system och komponenter men förbränningen tänds som en normal dieselmotor. Den är alltså kompressionständ, det vill säga en liten mängd diesel sprutas in i förbränningsrummet för att tända förbränningen, metan insprutas antingen i inloppsröret eller direkt i cylindern som sedan antänds av den tidigare pilotinsprutningen av diesel. Fördelar är att förbränningen sker enligt Dieselpincipen vilket ger betydligt bättre verkningsgrad. Ytterligare en fördel är att i vissa typer av metandieselsystem kan motorn köras vidare på enbart diesel om metangasen skulle ta slut. Metandieselteknikens nackdel är att motorn inte går på 100 procent metan. Det kommer alltid att behövas en liten del diesel för att tända förbränningen. Denna lilla mängd diesel kan inte vara hur liten som helst, vilket innebär att på tomgång och låg belastning går en metandiesel motor enbart på diesel. En modern motor med elektronisk styrning körs dessutom normalt på enbart diesel vid maxlast av hållbarhetsskäl. Det är således viktigt med vilken typ av applikation en metandieselmotor ska användas till. Applikationer där motorn under en större del av tiden går på hög be-

lastning är att föredra då andelen metan då blir stor, detta gäller dock inte för applikationer som går på maximal belastning.

## **Bestämmelser**

Det pågår i dag en hel del aktiviteter såväl internationellt som nationellt angående metandieselteknik för vägfordon. Transportstyrelsen deltar i dessa diskussioner och kommer att följa och delta i det fortsatta arbetet med ett regelverk. När bestämmelser har trätt i kraft för vägfordonen kan de enkelt anpassas till traktormotorer. Bland annat förs diskussioner om att anpassa UNECE-regelverket till att även omfatta metandieselmotorer. Det behövs anpassningar av reglementena om avgaskrav på motorer till tunga fordon, R 49, samt om efterkonvertering till gasdrift, R 115. Bestämmelserna omfattar i dag inte metandieselteknik och enbart vägfordon. Det finns även önskemål om att parallellt utveckla regelverket för mobila maskiner inom samma arbetsgrupp och anpassa R 96 om avgaskrav för traktorer. Vissa tillverkare har framfört önskemål om möjlighet att typgodkänna fabriksbyggda metandieselmotorer. Den normala gången när nya bestämmelser utvecklas är att först ta fram en möjlighet till typgodkännande av fabriksbyggda motorer och fordon. Efterkonvertering tillämpas definitionsmässigt på fordon i trafik, det vill säga fordonen är redan typgodkända. En typgodkänd motor för ett vägfordon kan enligt bestämmelserna för traktorer erkännas som en typgodkänd traktormotor.

Processerna inom UNECE gör att tiden att genomföra ändringar av denna typ normalt sett tar 2,5 – 3 år om arbetet löper på utan komplikationer och alla inblandade är överens om förslagen till ändrade reglementen.

## **Transportstyrelsens förslag**

Det globala regelverket om efterkonvertering av motorer till gasdrift enligt Ottoprincipen, UNECE R 115, tillämpas i Sverige i dag. Regelverket omfattar komponenter, system och avgasutsläpp. Det är möjligt att i de nationella bestämmelserna, Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:26) om traktorer, införa en anpassning av R 115 så att den kan tillämpas på traktormotorer. En traktormotor skulle då kunna konverteras till gasdrift enligt Ottoprincipen. Transportstyrelsen är ansvarig för den aktuella föreskriften och har mandat att föreskriva om avgaskrav för traktormotorer.

Konvertering till en metandieselmotor är däremot inte möjligt, varken för vägfordon eller för traktormotorer. Det saknas bland annat svar på frågorna hur avgaskraven ska uppfyllas, det vill säga vilken körcykel ska användas, hur emissioner ska mätas, vilket bränsle som ska användas och vilket förhållandet ska vara mellan metan och diesel. Det finns som följd av det inga resultat som visar om metandieseltekniken har potential att klara kraven.

För komponenter och system kan troligen delar från regelverket för Ottoprincipen för gasmotor, R 110, användas eftersom det i princip är samma komponenter som används. Det är inte möjligt eller relevant att Sverige på kort tid utvecklar egna nationella bestämmelser om efterkonvertering till metandiesel. Den mest effektiva arbetsformen är att följa och medverka i det internationella arbetet inom UNECE, där globalt harmonise-

rade bestämmelser kommer att utvecklas. Det finns dessutom indikationer på att dessa även kommer att inkludera mobila maskiner och traktorer från början.

Äldre traktorer som inte har krav på avgasutsläpp behöver endast uppfylla de krav på komponenter och system som följer av R 110. Dessa bestämmelser kan enligt ovan införas i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:26) om traktorer.

Enligt Transportstyrelsens rutiner för att ta fram nya myndighetsföreskrifter kan en föreskrift träda i kraft ungefär ett år efter att arbetet har initierats. Tiden inkluderar då notifiering till kommissionen. Tekniska regler ska enligt EG-direktiv 98/34/EG anmälas till kommissionen som tillsammans med andra intressenter ska ha möjlighet att lämna synpunkter på förslaget. Normalt tar en notifiering cirka fyra månader under förutsättning att ingen har synpunkter på förslaget. I annat fall kan det ta längre tid. Notifiering är ett nödvändigt steg när det handlar om tekniska regler som inte är harmoniserade inom EU.

## **Bilaga 4**

### **Forskningsprojekt inom Energimyndigheten**

Underlagsrapport till utredningen *Förslag till sektorsövergripande biogasstrategi. Rapport ER 2010:23*

*Maria Gillgren Energimyndigheten*

# Forskning och utveckling

## Forskningsprojekt inom Energimyndigheten

### Biogasforskningens bakgrund

Intresset för alternativa drivmedel, såsom biogas, har styrts av tillgången på bränsle vilket har medfört att biogasens utveckling och popularitet har gått i vågor.

Energimyndigheten har sedan ungefär 30 år tillbaka i tiden finansierat biogasforskning, demonstration och utveckling. Från början var biogasforskningen till stora delar inriktad mot att ta fram kunskap som var nödvändig för att förstå biogasbildningens mekanismer.

Forskningens fokus hamnade främst på biogasbildningens biologi såsom vilka bakterier som var inblandade, deras krav på miljö, temperatur pH-värde osv. Nästa fråga för forskningen var om biogas kunde användas som bränsle för att producera elkraft. Det mesta av avfallet, med sitt innehåll av organiska och rötbara substrat, lades på den tiden på deponi. Inuti deponihögarna bildades syrefria miljöer med metanbildning som följd. Med kunskaper om deponiernas interiör och metanbildarnas biologi blev det av värde att satsa forskningsmedel på att optimera deponierna för biogasproduktion genom att bland annat generera mer kunskap om substratval, olika packningsgrad, varierande lagringsmiljöer etc.

Det övergripande syftet med biogasforskningen var från början att utvinna gas för värme- och elproduktion. På slutet av 80-talet fanns ett ökat fokus på att minska växthusgaser genom minskade metanutsläpp vilket breddade syftet med forskningen. För ungefär 15 år sedan fanns vid Energimyndigheten ett investeringsstöd för utökad elkraftproduktion baserade på förnybara bränslen. Ett tjugotal deponigasanläggningar togs då i bruk för produktion av elkraft.

Energimyndighetens biogasforskning har genom tiden i första hand varit inriktad mot att öka utbytet i form av att effektivisera biogasproduktionen och genom processutveckling. För att sätta igång ökad produktion av biogas och för att utveckla tekniken, byggdes flera fullskaleanläggningar. Det var i några fall hela anläggningar och i andra fall delar av anläggningar, t ex inmatning av substrat, värmeväxling och förbehandling av substrat.

För ca tio år sedan stod det klart att det är viktigt att inblandade mikroorganismer har tillgång till en gynnsam miljö med bland annat tillskott av mikronäringsämnen. Mycket forskning har berört detta och det är av stor vikt att ekonomiskt kostsamma bränslen, såsom biogas, kan produceras effektivt för att begränsa kostnaden så mycket som möjligt. Forskning av detta slag pågår fortfarande.

Graden av gasens rening avgör användningsområdet. Rening kan i många fall uteslutas i stor utsträckning om gasen ska användas för värmeproduktion eller för elproduktion. Om gasen ska användas som drivmedel för fordon krävs emellertid uppgradering och rening och även lagring och utrustning för tankning. Forskning på biogas för fordon tog sitt avstamp i början av 90-talet med projekt som bland annat syftade till att utveckla biogasbussar



## Avslutade biogasprojekt

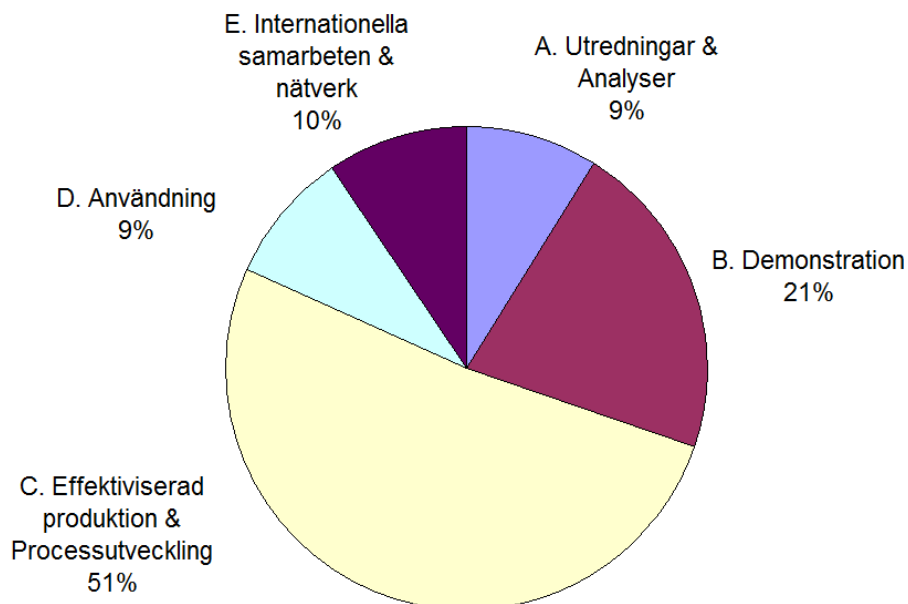
Energimyndigheten finansierar och har finansierat en rad olika forskningsprojekt inom biogasområdet de senaste åren. Vissa av projekten finansieras till 100 % av myndigheten och andra får delvis finansiering. Projekten har i denna rapport delats in och sammanställts i fem olika kategorier: A. Utredningar & analyser, B. Demonstration, C. Effektiviserad produktion & processutveckling, D. Användning samt E. Internationella samarbeten och nätverk.

Tabell 1 visar fördelningen av antal projekt inom varje kategori samt den tilldelade budgeten under tidsperioden 2002-2010. Mer detaljer kring de olika projekten finns i *Bilaga 1*.

**Tabell 2** Sammanställning av antal projekt inom varje kategori (A-E) som Energimyndigheten finansierat mellan år 2002 och 2010

Projektkategori	Antal projekt	Total budget
A. Utredningar & analyser	4	1 756 000 kr
B. Demonstration	2	4 275 000 kr
C. Effektiviserad produktion & processutveckling	8	10 247 000 kr
D. Användning	3	1 756 133 kr
E. Internationella samarbeten & nätverk	5	1 904 863 kr
Summa	22	19 938 996 kr

De största satsningar som Energimyndigheten har gjort under den aktuella tidsperioden är inom kategorin *Effektiviserad produktion och processutveckling* (Figur 1). I kategorin ingår alla projekt som är relaterade till biogasprocessen och dess teknik, med syfte att framför allt optimera produktionen.



**Figur 1** Procentuell fördelning över hur Energimyndighetens budget har fördelats på forskningsprojekt inom biogas under tidsperioden 2002-2010.

Exempel på projekt som fick finansiering var **Styrstrategier för multivariant övervakning av biogasprocesser**, som utfördes av JTI. Syftet med projektet var att utveckla tekniker och

metoder för övervakning och styrning av biogasanläggningar i syfte att erhålla en effektivare biogasutvinning. Ett annat exempel är projektet **Intensifierad biogasproduktion** vid Lunds universitet. Syftet med projektet var att få till stånd en effektivare process för intensifierad biogasproduktion. Projektet utvecklade teknik för övervakning och kopplade mätningsresultat till processdriften.

21 % av Energimyndighetens stöd för biogasforskning under tidsperioden 2002-2010 gick till olika projekt under kategorin *Demonstration* där syftet var att lyfta fram ny kunskap och förmedla det vidare. Bland annat fick Kommunförbundet Skåne finansieringsbidrag till projektet **Biogas för ett uthålligt energisystem - pulsådern i ett hållbart samhälle**. Målet med projektet var att utveckla ett demonstrations- och kunskapscenter. Vid fyra referensanläggningar synliggjordes och demonstrerades teoretiska och praktiska lösningar för produktion, distribution och användning av biogas i olika system och i samarbete mellan olika aktörer

I kategorin *Internationella samarbeten och nätverk* ingår alla projekt med internationell karaktär. Att utveckla dessa samarbeten är en viktig del i Energimyndighetens arbete för biogasens utveckling. Av denna anledning finansierade myndigheten bland annat projektet **Forskningssamarbetsprojekt med Kina inom bioenergiområdet** som utfördes på Mälardalens Högskola. Projektet hade som mål att kartlägga vilka svenska forskningssamarbeten som finns inom bioenergiområdet med Kina idag och vilka andra forskargrupper som har inriktning och kompetens av intresse för ett samarbete. Satsning har även gjorts på projektet **Svensk representant inom IEA Bioenergy Task 37 Energy from biogas and landfill gas** som utförts av Svenskt Gastekniskt Center AB. I projektet ingick byggande av nätverk, deltagande på möten och spridning av resultat.

Ungefär 9 % av biogasbudgeten under den aktuella perioden gick till projekt under kategorin *Utredningar & Analyser*. I denna kategori ingår projekt med varierande bredd av utredning, alltifrån ekonomiska analyser till kunskapsutredningar. Exempel inom denna kategori är projektet **Systemoptimerade biogassystem - Fallstudie Wrams Gunnarstorp Gods** som utförts genom Lunds Universitet. Forskarna inom projektet granskade biogasframställningen med dess kringaktiviteter utifrån ett systemperspektiv. Framförallt studerades användning av ny teknik i hanteringen av rötningsmaterialet kring en biogasanläggning. Ett annat projekt är **Kunskapsläget kring biogasprocessen i Sverige - En inventering** som utfördes vid Linköpings Universitet. Projektets syfte var identifiering av kunskaper om biogas och dess fördelning geografiskt och bland olika grupper av intressenter och aktörer skulle ske.

Projekt inom kategorin *Användning* blev mellan år 2002-2010 tilldelad 9 % av den totala biogasbudgeten. I denna kategori ingår alla projekt som har syfte att använda biogasen, t.ex. som drivmedel eller värmeproduktion. Ett exempel på detta är projektet **Utvärdering av biogaståg på Tjustbanan**, som genomfördes av Tekniska Verken i Linköping AB. Projektets syfte var att utvärdera ett biogaståg på Tjustbanan (Linköping- Västervik). Tåget är ett ombyggt dieseltåg som under ett års tid skulle köras med en tur varje vardag.

Förutom dessa projekt finns det också ett antal finansierade biogassatsningar från Energimyndigheten som ej är medräknade här. Denna grupp av projekt består av större program som sträcker sig över flera år och innefattar flera delprojekt inom t ex. ett företag. Ett sådant exempel är **Biogas i fordon**, ett samverkansprojekt initierat av Energimyndigheten och som drevs genom Svenskt Gastekniskt Center (SGC) tillsammans med Biogasföreningen (nuvarande Energigas Sverige). Inom programmet, som startade 2002, utfördes 46 olika

delprojekt fram till programmets avslut år 2005. Projekt har bedrivits från Luleå i norr till Ystad i söder. Programmet fick totalt 15 miljoner kronor i statligt stöd från Energimyndigheten till främjande av användning av biogas som drivmedel i fordon. Samverkansprojektets syfte var att öka samverkan mellan alla aktörer inom området samtidigt som åtgärder som syftade till att undanröja barriärer i utvecklingen genomfördes

Svenskt Gastekniskt Center (SGC) har också haft stöd för att genomföra **Energigastekniskt utvecklingsprogram**. Samarbetet med SGC startade 1994 och löpte först årsvis och utökades sedan till flerårsprogram. Det nuvarande ramprogrammet omfattar tidsperioden 2009-2012. Inom SGC finns en betydande gaskompetens och det är därför naturligt att denna organisation fortsätter att administrera utvecklingsprogrammet. Energimyndigheten har beviljat 8 miljoner kr/år, vilket motsvarar 40 % av stödgrundande kostnader. Programmet syftar till att främja kompetens- och teknikutvecklingen för ökad och effektivare användning av gasformiga bränslen och därmed förbättrad konkurrenskraft i industrin. Ett av programmets mål är även att bidra till utveckling av goda ekonomiska, tekniska och miljömässiga samverkansformer mellan energigaser och andra bränslen. SGC:s program innehåller en bred mångfald av aktiviteter såsom forsknings- och utvecklingsprojekt, demonstrationsprojekt samt kunskapsuppbyggnad och informationsaktiviteter. Exempel på projekt är framtagandet av flertal handböcker, bland annat inom mikrobiologi och substrat för biogasproduktion. Forskningssatsningar har även gjorts i flera projekt inom förgasningsområdet för utveckling av SNG. Inom programmet har även hytanutveckling skett genom flertalet projekt (hytan, en blandning av metan och vätgas). Åtskilliga projekt har haft internationell karaktär och programmet har varit föregångare i framförallt två hänseenden i Europa men även internationellt. Energigastekniska utvecklingsprogrammets forskning har dels fått spridning i Europa angående riskerna kring inmatningen av biogas på naturgasnätet och sätt att undvika detta. Dels så har Sverige varit ett föregångsland när det gäller att använda biogas till fordon och har här haft internationell betydelse genom spridning av bland annat drifterfarenheter från uppgraderingstekniker för rening av biogas till fordonskvalitet, där kvalitetssäkring har varit en viktig del.

**Waste Refinery** är ett annat forskningsprogram som Energimyndigheten har delfinansierat. Stödet har innefattat 3 miljoner kr/år under en treårsperiod, vilket motsvarar cirka 20 % av den totala kostnaden för programmet. Programmet avslutades i februari 2010 och utgjordes av 30 delprojekt. Däribland fanns projekt som *Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv* och *Behandling av rötrest*. Programsyftet var att verka för resurssnål, säker och miljövänlig avfallshantering, som långsiktigt kan bidra till att minska beroendet av fossila bränslen och medverka till kretslopp av näringsämnen. Programmets övergripande målsättning var att systematiskt utvärdera, utveckla, demonstrera och integrera olika tekniker för effektiv energiåtervinning ur avfall.

## Tidigare satsningar

En av de viktigaste erfarenheterna av tidigare satsningar inom biogasområdet vid Energimyndigheten är att det är ett absolut krav att ha omfattande kunskaper om mikrobiologin vid biogasens framställning och samtidigt ha stor medvetenhet om att begränsa den biogas som försvinner genom läckage.

Efterhand har deponering av avfall avklingat samtidigt som det har skett en ökning av anläggningar för biogasframställning, som ett sätt att behandla organiskt avfall. Denna metod

är kostsam och för att minimera kostnaderna ställs höga krav på behandlingens effektivitet. Slutsatsen av detta är att kunskap kring optimering av biogasprocessen är av stor vikt. Detta har gjort att forskningen de sista åren fokuserat på åtgärder som förbättrar effektiviteten i biogasframställningen. Forskningen har också i ökad utsträckning varit inriktad mot substratets art och innehåll, samt rötningsteknik och styrning av denna.

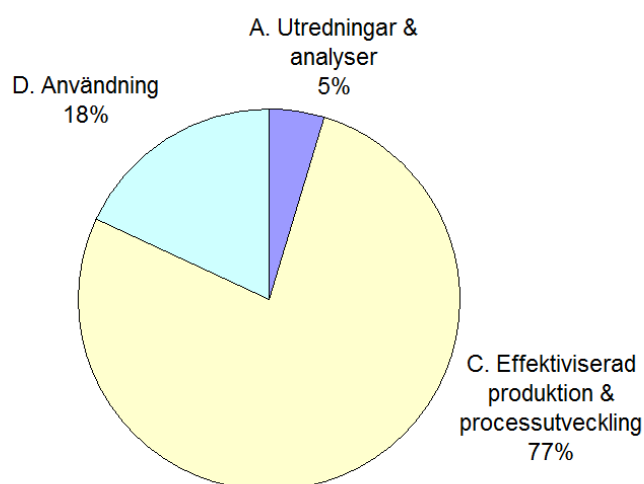
Andra slutsatser som kan dras efter ett antal år av biogasforskning är att satsningarna även har bidragit till att möjliggöra och minska kostnaderna för användning av biogas i fordon, där Sverige bland annat är världsledande inom uppgraderingsteknik. Forskningen har även bidragit till kunskap om gasemissioner från såväl biogasanläggningar, uppgraderingsanläggningar som vid användning t.ex. i fordon.

Med hänsyn till växande krav på effektivitet i biogasframställningen för ökat gasutbyte är det lättare att uppfylla dessa vid större anläggningar jämfört med mindre gårdsbaserade anläggningar. I de fåtal gårdsbaserade anläggningar som idag finns i Sverige sker biogasproduktionen oftast i liten skala och substratet består främst av gödsel men även liten mängd jordbruksrester och matavfall kan förekomma. Gårdsanläggningarna drivs oftast av det egna företaget på gården, vilket i de allra flesta fall är små företag som gör stora investeringar som sällan blir lönsamma. Företagen är känsliga för ekonomiska störningar och företagen har i många fall begränsad kunskap inom biogasområdet, vilket är ett hinder. I dagsläget är det inte ekonomiskt försvarbart att uppgradera gasen till fordonskvalitet vid små anläggningar, då gasmängden är liten och uppgraderingsanläggningar är dyra investeringar. Fokuset ligger i stället på el- och värmeproduktion för internt bruk och i vissa fall även till försäljning. En annan parameter som är en tröskel för gårdsbaserade anläggningar är att den hittills begränsade marknaden i Sverige har bidragit till att varje anläggning krävt individuell projektering vilket har medfört relativt höga investeringskostnader. Med erfarenhet av detta har Energimyndigheten valt att satsa på större anläggningar, som även har mer möjligheter för risktagande.

Forskning bör bedrivas i framkant av teknikutvecklingen och när utvecklingen har kommit till det stadiet att lönsamheten är god för större biogasanläggningar kan tekniken formas ner så att den även passar de mindre anläggningarna. Gårdsutvecklingen går mot större djurbestand med betydande gödselmängder, vilket kan innebära att fler gårdsbaserade biogasanläggningar kan bli aktuellt i framtiden.

## **Pågående biogasprojekt Energimyndigheten finansierar**

I dagsläget finns det ett antal pågående projekt inom biogasforskning som Energimyndigheten är inblandad i (Tabell 2). Totala budgeten för pågående satsningar är betydligt större jämfört med summan för de avslutade projekten. Detta visar dels på ett ökande stöd för biogassatsningar, dels på att många forskningsprojekt ofta pågår under en längre tidsperiod, upp till fyra år, vilket binder pengarna längre. De pågående projekten är uppdelade i samma kategorier som avslutade projekt: A. Utredning, B. Demonstration, C. Effektiviserad produktion & processutveckling, D. Användning samt E. Internationella samarbeten och nätverk. För närvarande pågår inga projekt inom *Internationella samarbeten och nätverk* och *Demonstration* (Figur 2). Nedan följer några exempel på projekt inom respektive kategori. Mer detaljer kring de olika projekten finns i *Bilaga 2*.



**Figur 2** Pågående biogasprojekt med finansiering från Energimyndigheten.

**Tabell 3** Sammanställning över pågående biogasprojekt finansierade av Energimyndigheten

Projektkategori	Antal projekt	Total budget
<b>A. Utredningar &amp; Analyser</b>	1	2 014 000 kr
<b>B. Demonstration</b>	0	0 kr
<b>C. Effektiviserad produktion &amp; Processutveckling</b>	5	32 363 450 kr
<b>D. Användning</b>	2	7 583 028 kr
<b>E. Internationella samarbeten &amp; nätverk</b>	0	0 kr
<b>Summa</b>	<b>7</b>	<b>40 501 450 kr</b>

Energimyndigheten har valt att lägga stora resurser på området *Effektiviserad produktion & Processutveckling* och har i dagsläget fem projekt igång. Ett viktigt projekt bland dessa är Lunds Universitets projekt **Intensifierad anaerob rötning för produktion av biobränsle**. Projektets syfte är att höja biogasproduktionen genom att effektivisera processen i biogasreaktorn. Detta kombineras med egen forskning och samrötning av avfall, förbehandling av rötningssubstratet samt styrning och kontroll av processen för att stärka framställning av biogas. En annan stor satsning är projektet **VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering etapp 3** som utförs av Svenskt Vatten AB. Projektet syftar till att öka medvetenheten om energieffektivisering inom den svenska VA-branschen samt branschens betydelse för att minska användningen av högvärdig och fossil energi. Den största potentialen anses finnas i förbättrad användning av biogas och bättre utnyttjande av spillvärme i avloppsvatten samtidigt som en minskad elanvändning även ska uppnås.

Inom kategorin *Utredningar & Analyser* finns det i dagsläget enbart ett projekt igång som är finansierat av Energimyndigheten. Projektet drivs av Mälardalens Högskola och går under namnet **Utveckling av biogaskonceptet lokal produktion och användning till fordon**. Projektet visar hur lokal biogasproduktion och användning kan vara ett viktigt alternativ i klimatarbetet. Projektet ska analysera en gårdsbaserad biogasanläggning ur dessa perspektiv och optimera anläggningens funktion.

18 % av Energimyndighetens stöd för pågående projekt inom biogasforskning går till projekt inom kategorin *Användning*. Ett projekt är **Studier av DUAL FUEL förbränningsprocesser** som drivs av AVL MTC Motortestcenter AB. Projektet syftar till att utveckla Dual Fuel-tekniken, vilken gör det möjligt att köra Dieselmotorer på biogas. En annan satsning är EU projektet **CLEANTRUCK - miljölastbilar i Stockholm** som utförs av Stockholms stad. Projektet syftar till att demonstrera hur koldioxidutsläpp och andra emissioner från godstransportsektorn kan minskas genom att introducera nya tekniker, bl.a. förnybara bränslen i tunga distributionsfordon för stadsdistribution. Projektet kommer att samla en rad aktörer och för första gången i stor skala demonstrera lastbilar som drivs av förnybara drivmedel. Projektet prövar också innovationer som kvävefyllda däck, återvunnen koldioxid som kylmedium i lastbilar mm.

Sammanställningen av tidigare insatser finansierade av Energimyndigheten visade på att 22 projekt har bedrivits under tidsperioden 2002 och 2010. Den totala bidragssumman har uppgått till knappt 20 miljoner kronor. Sammanställningen av de pågående satsningarna visade däremot att de sju projekt som för närvarande finansieras har en total bidragssumma på drygt 40 miljoner. Detta innebär att Energimyndigheten har på senare år gått över från att finansiera ett större antal projekt med förhållandevis liten budget till färre antal projekt med betydligt större budget.

## Framtidens biogasforskning

En begränsning för biogasproduktionen i dag är att mängden tillgängligt substrat inte är tillräcklig. Om det fanns mer disponibelt rötbart substrat skulle biogaspotentialen öka betydligt vilket är en anledning till att mer medel bör läggas på att ta fram alternativa rötningssubstrat. För att rötkamrarna ska kunna ta emot alternativa substrat bör mer satsningar läggas på förbehandling av substrat innan rötning, som ökar gasproduktionen och gör substratet mer tillgängligt.

Rötning av alger och tång är ett exempel på ett alternativt substrat med stor potential då det finns i betydande mängd runt Sveriges kuster. Genom algrötning kan näringsämnen plockas upp från havet, vilket i sin tur bidrar till minskad övergödning främst i Östersjön. När alger ansamlas på stränder dör det understa lagret på grund av brist på solljus. Den nedbrytning som då börjar kräver syre vilket medför att miljön snabbt övergår till anaeroba förhållanden och metanbildning är då ett faktum. Att plocka upp algerna och utvinna biogas, som dessutom ersätter fossila bränslen, medför dubbel miljönytta. En nackdel med att använda alger och tång som rötningssubstrat är dock att de innehåller tungmetaller, framförallt kadmium. För att kunna använda rötresten som gödningsmedel efter algrötning, behöver kadmiumhalten reduceras genom rening för att klara de uppsatta gränsvärdena. Det behövs bland annat mer satsningar på hur kadmium kan avlägsnas på ett så effektivt sätt som möjligt utan att energiutbytet minskar nämnvärt. Det är även viktigt att identifiera andra nya material såsom halmrötning.

En annan typ av biogasforskning som är intressant har sitt ursprung i den lokala etanolproduktionen. Vid destillationen av etanol uppkommer en restprodukt, som kallas drank. Den innehåller organiskt material som kan användas som utgångsmaterial i rötkammare och där omvandlas till biometan. Vid spannmålsbaserad etanolproduktion är det vanligt att tillverkaren upparbetar dranken till djurfoder. Den marknaden håller dock på att bli mättad vilket hämmar tillkomsten av nya etanolfabriker. Att istället använda dranken som

rötningssubstrat är intressant ur flera perspektiv då det dels ökar etanolanläggningens lönsamhet, dels ger mer substrat åt biogasproduktionen. Redan idag finns en kommersiell anläggning i Norrköping för rötning av bl.a. drank men forskning pågår parallellt med detta för att utveckla processen. Det finns idag lite kunskap om huruvida drank från cellulosabaserad etanolproduktion är lämplig för biogasframställning, vilket nödvändiggör mer forskning.

Ökad volym av rötningssubstrat ger samtidigt upphov till större mängd rötresten som ska hanteras. Att säkerställa rötrestkvaliteten och att effektivt utnyttja rötresten genom full avsättning är av stor vikt för ett hållbart samhälle. Inom detta område bör mer forskning bedrivas kring hur rötresten blir en mer attraktiv produkt så att återcirkulering av växtnäring kan ske i större grad genom spridning på åkermark.

En viktig åtgärd för ökad biogasproduktion och mer storskalighet är att optimera de anläggningar som redan finns och förbättra systemsammanhållningen. Mer forskning bör läggas på processoptimering genom att bland annat studera samrötningsmekanismer och nedbrytningshastigheter. För att optimera processerna bör även mer medel läggas på kunskapsuppbyggnad och spridning av den vetenskap som finns tillgänglig. Att sprida information om forskningsresultat och använda dem i praktiken anser Energimyndigheten är en av de största utmaningarna inom biogasforskningen i dagsläget. För att komma åt problemet behövs utbildningsinsatser för investerare i biogasanläggningar, driftpersonal och lantbrukare inom drift- och optimering av biogasanläggningar. Att länka samman universitet, högskolor och naturbruksgymnasium med anläggningar i drift kan vara det mest effektiva sättet att nå ut med rätt information.

En stor utmaning i biogasbranschen är att radikalt öka produktionen av biogas för att kunna möta det växande biogasintresset i framför allt fordonssektorn. Av den anledningen har stora delar av Energimyndighetens medel för biogasforskning gått till produktion och effektiviserad produktion. I ett framtidsperspektiv är det uppenbart att flera olika tekniker inom det området är på frammarsch och kan bidra till en betydande ökning av biogaspotentialen. Ett exempel på detta är förgasningstekniken som sannolikt kan bli en effektiv metod för framställning av biometan. Slutprodukten som utvinns är syntesgas (SNG) som kan användas som biodrivmedel. I Sverige är potentialen att producera biometan genom förgasning av biomassa stor eftersom tillgången på skogsråvara är god. En fördel med förgasningsprocessen är att alla typer av träbränsle kan användas och matas in. Förgasningstekniken är ej kommersiell i dagsläget men inom forskning och utveckling sker det stora framsteg inom området. Energimyndigheten har under de senaste åren finansierat flertalet förgasningsprojekt för att bland annat utveckla bättre tekniker, systemlösningar, material etc. som på sikt kan öka biogasproduktionen och ge uthålliga system. Ett exempel på detta är Energimyndighetens delfinansiering i GoBiGas- projektet i Göteborg där projektmålet är att skapa konkurrenskraftiga möjligheter för förgasningstekniken och driva den mot kommersialisering. Tanken är att bygga en anläggning på 20 MW som ska komma i drift år 2012.

Det pågår en hel del biogasaktiviteter i utlandet vilket inte analyseras närmare i denna rapport men det kan dock vara värt att nämna att ett land som Tyskland ligger långt framme i biogasutvecklingen. Ett problem har emellertid varit att en hel del information som framkommit genom biogasforskning i andra länder har varit svår att hämta in då åtskilliga rapporter skrivs på inhemska språk. Intresset att utbyta lärdom över gränserna har ökat vilket

har lett till att antalet internationella utbildningsforum och seminarier inom biogas blir allt fler och större i omfång, då kunskapsbehovet växer.

## Biogasprojekt andra aktörer finansierar

### Klimatinvesteringsprogrammet, Klimp

Under tidsperioden 2003-2008 har svenska statens stöd till Klimatinvesteringsprogram (Klimp) inneburit att Naturvårdsverket gett stöd åt kommuner och andra aktörer med bidrag som ska minska växthuseffekten genom långsiktiga investeringar. Tanken var att uppmuntra lokala engagemang och initiativ som minskar miljöbelastningen och på så sätt medverkar till att de svenska klimatmålen kan uppnås



Naturvårdsverket har mellan åren 2003-2008 beviljat sammanlagt 1,8 miljarder kronor i bidrag till 126 klimatinvesteringsprogram och till 23 fristående åtgärder (s.k. guldklimpar) i kommuner, landsting och företag i Sverige. Projekten kommer att genomföras fram till år 2012 och en projektsammanställning redovisas i Tabell 3.

Ungefär 1/3 av beviljade Klimpbidrag gavs till biogasprojekt under den aktuella tidsperioden på en summa motsvarande drygt 600 miljoner kronor. Klimpbidragen omfattade hela kedjan från produktion av biogas, uppgradering, distribution och användning i främst fordon. Även informationsinsatser har beviljats en del medel.

**Tabell 4** Sammanställning av Klimpbeviljade biogassatsningar under tidsperioden 2003-2008

Projektkategori	Antal projekt	Bidrag [MSEK]	Investering [MSEK]
Produktion, effektivisering och övrigt produktionsrelaterat	52	356	1 641
Uppgradering & Distribution	53	185	723
Användning	57	72	254
Information	16	8	23
<b>Summa</b>	<b>178</b>	<b>621</b>	<b>2 641</b>

### Övriga finansiärer

Förutom myndigheter som Energimyndigheten och Naturvårdsverket bidrar olika forskningsråd samt branschorganisationer med forskningsfinansiering till bland annat högskolor, universitet och institut. Ett urval av projekt som andra aktörer inom biogasbranschen har finansierat på senare tid eller finansierar, finns representerade i Tabell 4:



**Tabell 5** Sammanställning av ett urval av andra aktörers biogasforskning

<b>Lunds Universitet</b>	<b>Finansiär</b>	<b>Tidsperiod</b>	<b>Budget</b>
• Crops 4 Biogas- optimering av biogasproduktion från grödor	Formas	2008-2011	6 500 000 kr
• 300 GWh biogas från energigrödor	Eon Gas Sweden	2008-2011	4 600 000 kr
• Intensifierad biogasproduktion vid Söderåsens Bioenergi- en fallstudie	Eon Gas Sweden	2007-2011	1 800 000 kr
• Samproduktion av etanol och biogas från fibergrödor	Region Skånes miljövårdsform, Formas	-	400 000 kr
• Ekologisk lunga- bioteknisk uppgradering med hjälp av enzymer	Eon Gas Sweden	2008-2011	3 800 000 kr
<b>Linköpings Universitet</b>	<b>Finansiär</b>	<b>Tidsperiod</b>	<b>Budget</b>
• Förbättrad anaerob rötning av avfall i relation till spårämnestillsats	Formas	2006-2009	-
• Optimering och teknisk/ekonomisk utvärdering av biogasproduktion från bioslam från massa-/pappersbruk	Värmeforsk	2008-2009	-
• Effekter av extracellulära polymera substanser (EPS) på viskositetsförändringar i totalomblandade tankreaktorer relaterat till substratsammansättning och mikrofloras dynamik.	Formas/ Vinnova	2008-2011	-
<b>JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik</b>	<b>Finansiär</b>	<b>Tidsperiod</b>	<b>Budget</b>
• Utvärdering av gårdsbiogasanläggning med mikroturbin för kraftvärmeproduktion	Stiftelsen lantbruksforskning	Pågår	-
• Processintern metananrikning för kostnadseffektiv produktion av biogas som fordonsbränsle	Göteborgs Energi forskningsråd	Pågår	-
• Gårdsbaserad biogasproduktion System, ekonomi och klimatpåverkan JTI-rapport 42	Stiftelsen lantbruksforskning och LRF	2008	-

• Förstudie avseende rötning av biologiskt avfall, energigrödor och gödsel i Karlstadregionen	Karlstad Energi AB	2008	-
• Gödsling av energigrödor med slam	Svenskt Vatten Utveckling	2008	-
• Torrötning-kunskapssammanställning och bedömning av utvecklingsbehov. JTI-rapport 357	Stiftelsen lantbruksforskning	2007	-
• Metaller och organiska ämnen i bioavfall	Kretsloppskontoret i Göteborg	2007	-
• Biogas- Nuläge och framtida potential	Värmeforsk	2005-2006	-
• Förstudie om produktion av biogas vid Arlanda flygplats och Sigtuna kommun	Luftfartsverket och Sigtuna kommun	2005	-
• Uppföljning och utvärdering av Hagaviksanläggningen för gårdsbaserad biogasproduktion	Delegation för energiförsörjning Sydsverige	2004-2006	-
• Rötning vid hög ammoniumhalt	Formas	2002-2006	-
• Rötning med anaerobt filter av avloppsvatten och restprodukter från Norrmejerier	ABB, Norrmejerier	2002	-

SLU	Finansiär	Tidsperiod	Budget
• MicroDrive- maximalt utnyttjande av olika mikrobiologiska processer vid beredning av växtbiomassa. Slutprodukten blir biogas och etanol, djurfoder, gröna biotekniska produkter och kvalitetssäkrad biogödning	SLU-fakulteten Naturresurser och lantbruksvetenskap + näringen	2007-2010 2010-2013	10 500 000 kr
• Mikrobiologisk handbok	Avfall Sverige, SGC	2007	140 000 kr
• Rötresten som gödningsmedel - optimering av fenolnedbrytning i biogasprocesser	Formas	2006-2010	1 200 000 kr

Denna sammanställning är ej fullständig då den enbart representerar en del av de organisationer inom branschen som finns i Sverige samt ett urval av de projekt som genomförts. Tabellen ger ändå en bild av vilken typ av forskning som bedrivs och har bedrivits i landet på senare tid. Information om vilken budget respektive projekt blivit tilldelat har ibland varit svår att få fram, därav luckor i tabellen.

# **BILAGA 1- Avslutade biogasprojekt finansierade av Energimyndigheten**

## **A. Utredningar & Analyser**

### **1. Kostnad och potential för biogas i Sverige; Lunds universitet**

Syftet med detta projekt var att utifrån en sammanställning av nuvarande kunskap redovisa en kostnadseffektiv strategi för att utveckla biogas i Sverige. Frågor som belystes var:

- vilka produktionssätt/möjligheter som finns för biogas i Sverige
- produktionskostnader för dessa produktionsvägar samt kort beskriva vilka antaganden som gjorts/referenser som använts
- uppskattningar av potentialer för dessa system
- ange andra miljönyttor utöver koldioxidminskning som de olika systemen har

Resultaten skulle bl.a. presenteras i en figur med produktionskostnad på y-axeln och potential på x-axeln för de studerade biogassystemen.

Projektstart: 2010-01-07 Projekt slut: 2010-01-27

Budget: 46 000 kr

### **2. En samhällsekonomisk analys av biogasanvändningen; Luleå Tekniska Universitet**

Detta projekt syftade till att analysera de samhällsekonomiska värden som är kopplade till en ökad användning av biogas i Sverige. Fokus låg på sådana samhällsekonomiska nyttor (undvikta skador) som inte redan var internaliserade av t.ex. existerande styrmedel. Dessa nyttor inbegrep främst:

- minskad mängd partiklar i fordon, maskiner etc
- minskade utsläpp av lustgas och metan från gödselhantering och deponi
- reducerat kväveläckage från jordbruket
- det samhällsekonomiska värdet av den bättre odlingsföljd som man får vid odling av grödor för biogas

Undersökningen skulle också - i möjligaste mån - belysa de samhällsekonomiska konsekvenserna av det bidrag till målet om en levande landsbygd som produktion av biogas från jordbruket ger.

Projektstart: 2009-12-01, Projekt slut: 2010-02-28

Budget: 430 000 kr

### **3. Systemoptimerade biogassystem - Fallstudie Wrams Gunnarstorp Gods - det goda exemplet; Lunds universitet**

Forskarna inom projektet avsåg att granska biogasframställningen med dess kringaktiviteter i systemperspektiv. Med utgångspunkt från dessa studier, och underlagsmaterial från en anläggning som höll på att uppföras, skulle man se på användning av ny teknik i hanteringen av rötningsmaterialet kring en biogasanläggning. Resultatet var ämnat ge planeringsunderlag för den anläggning som uppfördes och även andra tänkbara anläggningar kunde få användning av resultaten.

Projektstart: 2006-05-01, Projekt slut: 2008-10-31

Budget: 950 000 kr

#### **4. Kunskapsläget kring biogasprocessen i Sverige - En inventering; Linköpings Universitet**

Inom projektet skulle det ske en identifiering av kunskaper om biogas och dess fördelning geografiskt och bland olika grupper av intressenter och aktörer.

Projektstart: 2002-01-01, Projektslut: 2002-10-31

Budget: 330 000 kr

### **B. Demonstration**

#### **1. Biogas för ett uthålligt energisystem - pulsådern i ett hållbart samhälle; Kommunförbundet Skåne**

Målet med projektet var att utveckla ett demonstrations- och kunskapscenter. Vid fyra referensanläggningar synliggjordes och demonstrerades teoretiska och praktiska lösningar för produktion, distribution och användning av biogas i system och samarbete mellan olika aktörer (lantbrukare; V/A-verk; biogasanläggningar; energibolag och kommuner). Här fanns många utvecklingsspår, såsom teknik för att uppgradera biogas till fordonsbränsle eller för att föra in på stadsgasnätet, nya rötsubstrat såsom alger, distribution av rötresten som biogödsel, biogasfärja, samägda biogasanläggningar.

Projektstart: 2009-07-31, Projektslut: 2009-09-15

Budget: 50 000 kr

#### **2. Biogas som fordonsbränsle och växtnäringsleverantör med minimal mängd rötrest; Biogas Gotlands AB**

Projektet avsåg en demonstrationsanläggning för utvinning av biogas från kväverika substrat. Anläggningen byggdes för rötning i två steg med avancerad avskiljning av kväve och returspolning av processvätska. Projektet avgränsades till produktionsanläggningen och lämnade användningen av gasen öppen tills marknadssituationen får avgöra vilken ytterligare investeringsnivå som kan krävas för att styra gasen till användare med bästa betalningsförmåga. Projektet förväntades i någon mån klargöra vilken ekonomi och vilka miljövinster som kan uppnås i lantbrukets medverkan i drivmedelsframställning och recirkulation av växtnäring.

Projektstart: 2007-05-01, Projektslut: 2009-10-31

Budget: 4 225 000 kr

### **C. Effektiviserad produktion & processutveckling**

#### **1. Biogas 2.0; Växjö Kommun**

Projektförslaget var en demonstration av ett optimerat system för produktion av biogas som fordonsbränsle från rötning av biologiskt hushållsavfall och slam. Systemet var optimerat med avseende på kostnader, energiutbyte och växthusgasutsläpp. Genom att integrera produktionen i befintligt avloppsreningsverk hölls kostnaderna nere och replikerbarheten blev stor. En ny metod för att separera och torka näringsämnena i rötresten bidrog till kostnads- och energieffektiviteten, liksom minimering av förluster i alla steg, särskilt transporterna.

Projektstart: 2008-08-25, Projektslut: 2008-10-08

Budget: 50 000 kr

## **2. VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering etapp 2; Svenskt Vatten AB**

Detta projekt syftade till att öka medvetenheten om energieffektivisering inom den svenska VA-branschen samt branschens betydelse för att minska användningen av högvärdig (och fossil) energi. Projektet byggde på att intresserade verk blev föredömen och deras resultat kontinuerligt redovisades till alla VA-verk i Sverige. Även potentiella partners utanför branschen, som var nödvändiga för att möjliggöra energiomställningen, engagerades. Den största potentialen fanns i förbättrad användning av biogas och bättre utnyttjande av spillvärme i avloppsvatten, men en minskad elanvändning skulle också uppnås.

Projektstart: 2007-07-01, Projektslut: 2009-03-31

Budget: 200 000 kr

## **3. Komplettering av demonstrationsanläggning för gårdsbaserad biogasproduktion och kretslopp; Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet**

Biogasanläggningen på Biodynamiska Forskningsinstitutet i Järna hade nedsatt funktion och gav inte gas i den utsträckning som kunde förväntas med hänvisning till inmatat material. Institutet ämnade därför vidta förbättrande åtgärder, särskilt var det temperaturen och dess fördelning som kunde förbättras och därigenom stärka kapaciteten. Effekterna av dessa förändringar skulle även följas upp för att klargöra förbättringar avseende produktionskapaciteten på anläggningen.

Projektstart: 2006-12-01, Projektslut: 2008-02-28

Budget: 285 000 kr

## **4. Utvärdering av anaerob membranbioreaktor för utvinning av biogas ur avloppsvatten från hushåll; Stockholm Vatten VA AB**

Målet med projektet var att utvärdera den anaeroba membranbioreaktorn för utvinning av biogas ur avloppsvatten från fastigheter med köksavfallskvarnar.

Projektstart: 2003-03-01, Projektslut: 2006-12-31

Budget: 1 090 000 kr

## **5. Modellering och experimentell karakterisering av smältkarbonatbränsleceller (MCFC); Kungliga Tekniska Högskolan KTH**

Denna ansökan avsåg en fortsättning av projektet 11411-3 "Modellering och experimentell karakterisering av smältkarbonatbränsleceller" i programmet för stationära bränsleceller. Ansökan avsåg tiden 2002-01-01 till 2005-12-31 och med finansiering av två doktorander, vilket planerades leda till examination av en doktor och en licentiat under programperioden. Projektförslaget var fokuserat på för MCFC centrala frågor: bränslecellens prestanda och livslängd vid drift med naturgas, biogas och förgasat biobränsle. Arbetet avsåg experimentella studier och matematisk modellering av såväl anoden som katoden i MCFC. Ett viktigt inslag var utvecklingen av elektrokemiska karakteriseringsmetoder baserade på transienta mätmetoder, vilket kunde ge information in-situ om de förlopp som begränsade bränslecellens prestanda, men vilket även gav information om bränslecellens dynamiska egenskaper. Delar av arbetet skedde i samarbete med inst för materialvetenskap, KTH, när det gällde karakterisering av nya material och tillverkning av elektroder. Framtagna kinetiska parametrar och cellmodeller utgjorde underlag i systemstudierna i samarbete med kemisk reaktionsteknik, inst för kemiteknik, KTH.

Projektstart: 2002-02-21, Projektslut: 2005-12-31

Budget: 3 822 000 kr

## **6. Styrstrategier för multivariant övervakning av biogasprocesser; JTI - Institutet för jordbruks- & miljöteknik**

Projektet avsåg utveckling av rötningstekniken för utvinning av biogas. Jordbrukstekniska Institutet avsåg utveckla teknik och metoder för övervakning och styrning av biogasanläggningar i syfte att erhålla en effektivare utvinning av biogas

Projektstart: 2002-01-01, Projektslut: 2004-06-30

Budget: 2 000 000 kr

## **7. Optimerad avfallsrötning; AnoxKaldnes Global AB**

Projektet avsåg fortsatt utveckling av teknik för effektivare rötning av organiskt avfall för utvinning av biogas.

Projektstart: 2002-01-01, Projektslut: 2003-12-31

Budget: 1 300 000 kr

## **8. Intensifierad biogasproduktion; Lunds universitet**

Projektet var en ny etapp som utgjorde en fortsättning på tidigare forskning för att få till stånd en effektivare process för intensifierad biogasproduktion. Projektet utvecklade teknik för övervakning och kopplar mätresultat till driften av processen.

Projektstart: 2002-01-01, Projektslut: 2004-03-31

Budget: 1 500 000 kr

## **D. Användning**

### **1. Kraftvärme från biogas; ABB AB**

Biogas förväntas ge ett signifikant bidrag vid omställningen till ett hållbart energisystem i Sverige. Målet med projektet var att utvärdera de tekniska och ekonomiska förutsättningarna och miljömässiga möjligheterna för en kraftvärmeanläggning, med hög verkningsgrad, integrerad med biogastillverkning. Utvärderingen baserades på utnyttjande av bränslecelltypen MCFC; smältkarbonatbränslecell. MCFC är en bränslecelltyp som är synnerligen väl lämpad för biogas. Vid tillräckligt positivt miljömässigt och ekonomiskt utfall av utvärderingen bedöms uppförande av en anläggning i Falkenberg, utan ytterligare stöd från Energimyndigheten, vara nästa åtgärd.

Projektstart: 2006-12-19, Projektslut: 2007-12-31

Budget: 500 000 kr

### **2. Effektiv biobränslebaserad kraftvärmeproduktion med bränsleceller; Kungliga Tekniska Högskolan KTH**

Projektet syftade till att undersöka förutsättningarna för en effektiv kraftvärmeproduktion baserad på biobränslen i bränsleceller av typen PEFC. Med underlag från experiment och systemsimuleringar skulle el- och totalverkningsgrader för olika biogassammansättningar utvärderas. Studien ska visa på möjliga lösningar för att sänka kostnaden för dessa system.

Projektstart: 2006-10-01, Projektslut: 2007-12-31

Budget: 890 000 kr

### **3. Utvärdering av biogaståg på Tjustbanan; Tekniska Verken i Linköping AB**

Projektet avsåg en utvärdering av ett biogaståg på Tjustbanan (Linköping- Västervik). Tåget som är ett ombyggt dieseltåg skulle köras med en tur varje vardag under ett år. Avsikten var att utvärdera trafiken tekniskt (funktion, driftstörningar, säkerhet, bränsleförbrukning och underhållsbehov), miljömässigt (emissioner och buller) och ekonomiskt.

Projektstart: 2006-05-01, Projektslut: 2007-12-31  
Budget: 366 133 kr

## **E. Internationella samarbeten & nätverk**

### **1. Forskningssamarbetsprojekt med Kina inom bioenergiområdet; Mälardalens Högskola**

Projektet hade som mål att kartlägga vilka svenska forskningssamarbeten som finns inom bioenergiområdet med Kina idag och vilka andra forskargrupper som har inriktning och kompetens av intresse för ett samarbete. Avsikten var vidare att belysa vilken nytta svensk industri och akademi kan ha av samarbetet. I sammanhanget belystes även tänkbara kopplingar mellan FOU-samarbete och CDM-aktiviteter (Clean Development Mechanism) med Kina.

Projektstart: 2008-08-18, Projektslut: 2009-01-31  
Budget: 324 863 kr

### **2. Pilotprojekt enligt SBI Flintmodellen; Swedish Biogas International AB**

Projektet avsåg en förstudie inom biogasområdet och rymdes inom det bilaterala samarbetet mellan Sverige och USA. Startpunkten var reningsverket i Flint, Michigan, som hade möjlighet att göra en klimatsats genom att producera biogas av slammet istället för annan behandling.

Projektstart: 2008-05-20, Projektslut: 2008-09-30  
Budget: 800 000 kr

### **3. IEA Bioenergi nationell representant i arbetsområdet "Energi från biogas och deponigas" - Task 37; Svenskt Gastekniskt Center AB**

Projektet innebar deltagande i IEA-Bioenergi, Energi från biogas och deponigas. Deltagandet innebar att utveckla det internationella samarbetet inom området, överföra resultat och erfarenheter mellan nationella program samt på basis av det erhållna erfarenhetsutbytet dra slutsatser som var av värde för svenska aktörer.

Projektstart: 2007-01-01, Projektslut: 2009-12-31  
Budget: 360 000 kr

### **4. Svensk representant inom IEA Bioenergy Task 37- Energi from biogas and landfill gas; Svenskt Gastekniskt Center AB**

Svenskt deltagande i IEA Bioenergy Task 37 - Energi från biogas och avfallsrötning (Energy from biogas and landfill gas). I projektet ingick byggande av nätverk, deltagande på möten och spridning av resultat.

Projektstart: 2004-01-01, Projektslut: 2006-12-31  
Budget: 330 000 kr

### **5. Svensk representant inom IEA Bioenergy Task 37 Energy from biogas and landfill gas; Svenskt Gastekniskt Center AB**

Projektet avsåg svensk representant i IEA Bioenergi Task 37- Energi från rötgas och deponi, (biogas). Projektet innehöll hela kedjan från produktion till användning av biogas.

Projektstart: 2003-04-01, Projektslut: 2003-12-31  
Budget: 90 000 kr



# BILAGA 2- Pågående biogasprojekt finansierade av Energimyndigheten

## A. Utredningar & Analyser

### 1. Utveckling av biogaskonceptet lokal produktion och användning till fordon; Mälardalens Högskola

Projektet visar hur en lokal biogasproduktion och användning kan vara ett viktigt alternativ i klimatarbetet. Produktion av biodrivmedel som också ger växtnäring till övriga kvävebehövande grödor är ett viktigt bidrag till uthålligt samhälle och jordbruk. Projektet ska analysera en gårdsbaserad biogasanläggning ur dessa perspektiv, och optimera anläggningens funktion.

**Skäl för beslutet:** Biogaspotentialen är liten om enbart avfall rötas, att samtidigt odla grödor för rötning är kostsamt. Om kostnaden kan påverkas i positiv riktning är det mycket värdefullt. Torrötning har potential att sänka kostnaderna för biogasproduktion, i och med att processen sker vid lägre vattenhalt än annan biogasteknik, och anläggningen kan då byggas med mindre volym räknat per ton substrat. Tidigare utredningar har inte inkluderat torrötning som är en relativt ny metod vilket ska göras i denna analys av en gårdsbaserad biogasanläggning.

Att skörda och förädla vallgrödan till biogas, och återföra växtnäringen under rätt tid på året är också ett sätt att bättre kontrollera odlingarnas kväveflöden och minska riskerna för kväveläckage är en annan fördel med odlade grödor.

Projektet inriktas på produktion av biobränsle/biodrivmedel, och har betydelse för miljömålet *Begränsad klimatpåverkan*. Projektet innefattar också en helhets- och systemsyn om näringskretslopp och hållbart jordbruk, och har därför betydelse för målen *Ingen övergödning*, *Ett rikt odlingslandskap* och *God bebyggd miljö* (resurshushållning och kretslopp).

Projektstart: 2006-12-01, Projektslut: 2010-09-30

Budget: 2 014 000 kr

## C. Effektiviserad produktion & processutveckling

### 1. Produktionspotential relaterat till näringsstatus och mikroorganismssammansättning i svenska biogasanläggningar som bas för processoptimering; Linköpings Universitet

Företrädare för projektet avser att effektivisera biogasproduktionen i landet genom att undersöka och provta ett 20-tal fullskaleanläggningar. Produktionskapaciteten för biogas med avseende på näringsstatus och mikrofloras sammansättning bedöms och sätts i relation till ingående substratmängd. På detta sätt kan nya forskningsrön snabbt komma till praktisk användning samtidigt som fullskaledrift kan förse högskolan med nya forskningsuppslag om substratbildning för att stärka biogasanläggningars produktionskapacitet.

**Skäl för beslutet:** Projektet är ett steg mot ökad samverkan mellan universitet och näringsliv. Syftet är att effektivisera biogasproduktionen genom att föra ut kunskapen som finns i universitetsmiljö om biogasrötning och omsätta detta i praktisk tillämpning på befintliga fullskaliga biogasanläggningar i drift. Detta förutsätter framför allt att kunskaper om mikroorganismer och deras behov förs ut och kommer till användning.

Biogasframställning är ett sätt att utvinna energirika bränslen och gödselmedel från blöta organiska substrat men det finns också möjligheter att fylla miljömål som "Begränsad klimatpåverkan" och "Ett rikt odlingslandskap" med innehåll.

Projektstart: 2009-06-01, Projektslut: 2010-06-01

Budget: 806 200 kr

## **2. Biologisk hytanproduktion från biomassa; Lunds universitet**

Projektet syftar till att utveckla en optimerad processkonfiguration för omvandling av organiskt material som jordbruksavfall till "hytan". Hytan är en blandning av vätgas och metan. Processen kan beskrivas som en förbättrad biogasproduktion med ökad energiutvinning. Denna biogas- eller "hytan"-produktion baseras i detta projekt på en fermentationsprocess uppdelad i två steg:

a) vätgas och acetat produceras från hydrolyserad jordbruksavfall

b) metan bildas från acetat.

Denna tvåstegsprocess beräknas kunna ge en total biomassakonvertering på över 70 %.

**Skäl för beslutet:** Ett tidigare projekt visade att fordonets bränsleförbrukning(energimängd) minskar med 20-30% vid vätgasinblandning. Detta "biohytan"-projekt skulle kunna utgöra en ny kompletterande inriktning av Energimyndighetens nuvarande biogassatsningar genom att visa att denna tvåstegsbiogasprocess som även producerar vätgas ger högre effektivitet i motorerna, samt totalt ger ett högre utbyte vid biogasproduktionen.

De miljömål som i första hand berörs är *Frisk luft*, *Ett rikt odlingslandskap* och *God bebyggd miljö*.

Projektstart: 2009-01-31, Projektslut: 2012-01-31

Budget: 8 400 000 kr

## **3. Intensifierad anaerob rötning för produktion av biobränsle; Lunds universitet**

Projektets syfte är att höja biogasproduktionen genom att effektivisera processen i biogasreaktorn. Personalen på Lunds universitet kan göra detta och använder kunskap som kommit fram genom Avfallsprogrammet samt på den egna institutionen och genom forskning på andra universitet. Detta kombineras med egen forskning och samrötning av avfall, förbehandling av rötningssubstratet samt styrning och kontroll av processen för att stärka för framställning av biogas.

**Skäl för beslutet:** Det finns betydande potential att öka biogasproduktionen genom förbättrad processkontroll, bättre förbehandling och val av rötningssubstrat. Efterfrågan på bränslen och växtnäringssämnen ökar och processen för detta är kostsam och det uppstår därför krav på att genomströmning av det organiska materialet blir så effektivt som möjligt. Effektiviteten i detta sammanhang innebär att materialets typ och sammansättning ska kunna variera och att utrötningen ska vara hög. Detta ska kunna ske med god energibalans. Vidare ska hela tekniken, inklusive metangasläckage, vara miljömässigt godtagbar och ekonomin ska vara sådan att tekniken kan få spridning. Att uppnå detta är omfångsrikt men Avdelningen för Bioteknik, Lunds Universitet, ser möjligheter att effektivisera biogasprocessen för att få en bättre rötning på kortare tid. Det är också av stor vikt att ha ett gediget biogaskunnande på landets lärosäten.

Projektstart: 2008-10-01, Projektslut: 2012-09-30

Budget: 8 957 250 kr

## **4. VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering etapp 3; Svenskt Vatten AB**

Projektet syftar till att öka medvetenheten om energieffektivisering inom den svenska VA-branschen samt branschens betydelse för att minska användningen av högvärdig (och fossil) energi. Projektet bygger på att intresserade verk blir föredömen och deras resultat

kontinuerligt redovisas till alla VA-verk i Sverige. Även potentiella partners utanför branschen, som är nödvändiga för att möjliggöra energiomställningen, kommer att engageras. Den största potentialen finns i förbättrad användning av biogas och bättre utnyttjande av spillvärme i avloppsvatten men en minskad elanvändning ska också uppnås.

**Skäl till beslutet:** Projektet är unikt eftersom det genomförs av en organisation som har samtliga företag i sin bransch som medlemmar, ett 40-tal VA-verk har varit med från start. Målet är energieffektivisering, bättre utnyttjande av biogas och bättre utnyttjande av spillvärme.

Projektet vänder sig till andra aktörer, t.ex leverantörer av tjänster och utrustning, som önskar samverka med branschen för att genomföra det arbete som är nödvändigt för att åstadkomma en effektivare användning av högvärdig energi.

Projektet svarar väl mot de nationella miljömålen för *Begränsad klimatpåverkan*. Effektivisering av energianvändningen i VA-verk bidrar till detta genom att minska användningen av fossila bränslen och minskar utsläppen av koldioxid, kväveoxider, luftburna partikelföroreningar, svaveldioxid etc.

Projektstart: 2008-09-01, Projektslut: 2012-07-30

Budget: 7 200 000 kr

## **5. Optimering av högbelastade biogasprocesser med avseende på substratutnyttjande och processtabilitet med hjälp av mikronäringsämnen; Linköpings Universitet**

Forskargruppen avser ta fram den kunskap som krävs för att rötning av varierande rötningssubstrat ska kunna ske effektivare, stabilare och med mindre luktproblem. Det är viktigt att känna till rötningssubstratens egenskaper för att kunna styra processen och undvika problem med skumning, svagt substratutnyttjande och överjäsning. Det finns försök som visar att sådana störningar kan bemästras med hjälp av bland annat reaktorns beskickning och spårelementtillsatser. Effekter av sådana åtgärder ska belysas och implementeras i biogasproduktionen för att därigenom prestera betydligt bättre driftsäkerhet och förbättrad ekonomi i biogasframställningen.

**Skäl för beslutet:** Lönsamheten i biogasanläggningar är starkt beroende av hur de klarar att behandla aktuella rötningssubstrat och variationer i dess sammansättning, då både kvantiteten och kvaliteten varierar över tiden. Vid nedbrytning av rötningssubstrat är en hel flora av mikroorganismer inblandade som är störningskänsliga. För att kunna driva stabila processer med hög utrotningsgrad från de aktuella avfallsmaterialen behöver forskarna fördjupade kunskaper om de underliggande orsakerna till problemen för att öka både driftsäkerhet och lönsamhet.

De miljömål som berörs är dels *Begränsad klimatpåverkan* och dels *Ingen övergödning*. Biogasanläggningar stärker möjligheterna att hålla både kolgaser och växtnärsämnen i kretslopp.

Projektstart: 2006-11-01, Projektslut: 2010-10-31

Budget: 7 000 000 kr

## **D. Användning**

### **1. CLEANTRUCK - miljölastbilar i Stockholm; Stockholms stad**

Projektet CLEANTRUCK syftar till att demonstrera hur koldioxidutsläpp och andra emissioner från godstransportsektorn kan minskas genom att introducera nya tekniker bl a förnybara bränslen i tunga distributionsfordon för stadsdistribution. Projektet kommer att samla en rad aktörer och för första gången i stor skala demonstrera lastbilar som drivs av

förnybara drivmedel. Projektet prövar också innovationer som kvävefyllda däck, återvunnen koldioxid som kylmedium i lastbilar mm.

Projektstart: 2010-01-01, Projektslut: 2013-12-31

Budget: 1 459 028 kr

## **2. Studier av DUAL FUEL förbränningsprocesser; AVL MTC Motortestcenter AB**

Projektet syftar till att utveckla Dual Fuel- tekniken vilken gör det möjligt att köra Dieselmotorer på biogas med hög verkningsgrad. Detta projekt kommer att fokusera på att hitta lösningar på de problem som i nuläget hindrar en industrialisering av Dual Fuel- tekniken hos fordonstillverkare. Målet är att utveckla kunskaper, metoder samt reglersystem som gör det möjligt att införa förbränningskoncept och ny teknologi som möter framtida emissions- och kvalitetskrav samtidigt som de leder till minskade utsläpp av växthusgaser.

**Skäl för beslutet:** Projektet har hög energirelevans då projektets resultat möjliggör en ökad användning av biogas. Även vid fossil metandrift minskar koldioxidutsläppen med 25-30%. Projektet har hög näringslivsrelevans eftersom forskning om nya förbränningsteknologier samt alternativa bränslen är en förutsättning för en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige. Projektets resultat förväntas skapa en konkurrensfördel på den internationella spelplanen då Dual Fuel- tekniken är starkt efterfrågad av många företag över hela världen och det i nuläget inte finns någon helt lyckad teknisk lösning på marknaden.

Projektet har direkt påverkan på miljökvalitetsmålen naturlig försurning, frisk luft och begränsad klimatpåverkan eftersom resultaten förväntas leda till minskad bränsleförbrukning samt minskade avgasemissioner.

Projektstart: 2009-02-06, Projektslut: 2012-03-01

Budget: 6 124 000 kr

## **Bilaga 6 Internationell utblick**

Underlagsrapport till utredningen *Förslag till sektorsövergripande biogasstrategi. Rapport ER 2010:23*

*Carola Lindberg Energimyndigheten*

## Internationell utblick

Denna internationella utblick presenterar först sammanfattande statistik över produktion och användning av biogas i Europa. Även statistik över uppgraderingsanläggningar, gastankställen och gasfordon presenteras. Avslutningsvis görs en beskrivning av styrmedel och policies för biogas i några utvalda länder.

## Produktion av biogas i Europa

Inom EU producerades 7,5 miljoner toe. biogas år 2008 (ca 88 TWh), en ökning med 4,4% jämfört med året innan. Deponigasen svarade för 39 % och gasen från avloppsreningsverken för 13% (urban och industriell). De övriga källorna, främst lantbruksbaserade biogasanläggningar (kombinerar flytande gödsel med t.ex. undermåligt spannmål), och även centraliserade samrötningsanläggningar (flytande gödsel med annat organiskt material och/eller djuravfall) och enheter för hushållsavfall, svarade för nästan hälften av Europas biogasproduktion, dvs. 48 %.

Tyskland och UK är de två länder i EU som producerar mest biogas, de står tillsammans för omkring 70% av biogasproduktionen i EU. Tyskland är klart störst med 49 % av produktionen. Sverige hamnar på en nionde plats. Det är stor skillnad på vilka substrat som används för att producera biogas i Europa. I Sverige produceras huvuddelen av biogasen från avloppsreningsverk, medan produktionen i till exempel Tyskland, Danmark och Österrike främst sker i lantbruksbaserade anläggningar. På senare tid rötas inte bara biprodukter från lantbruket utan, på en del håll, också energigrödor som odlats för detta ändamål. I UK, Italien, Frankrike och Spanien är merparten av biogasen deponigas.

**Figur – Primärproduktion av biogas i EU år 2007 och 2008 (i ktoe)**

	2007				2008*			
	Décharges Landfill Gas	Stations d'épuration <sup>1</sup> Sewage Sludge Gas <sup>2</sup>	Autres biogas <sup>3</sup> Other biogas <sup>3</sup>	Total Total	Décharges Landfill Gas	Stations d'épuration <sup>1</sup> Sewage Sludge Gas <sup>2</sup>	Autres biogas <sup>3</sup> Other biogas <sup>3</sup>	Total Total
Germany	346,3	386,9	2 925,9	3 659,1	343,9	394,1	2 937,8	3 675,8
U. Kingdom	1 393,1	191,3	0,0	1 584,4	1 416,9	220,2	0,0	1 637,1
France	338,5	51,8	28,6	418,9	379,3	44,2	28,5	452,0
Italy	314,7	2,1	71,1	387,9	324,7	4,2	81,1	410,0
Austria	4,8	5,8	206,3	216,9	4,8	4,8	222,8	232,4
Netherlands	48,4	47,7	79,9	176,5	44,4	48,9	132,5	225,7
Spain	116,1	49,1	27,3	192,4	157,0	19,7	26,6	203,2
Poland	21,0	43,0	0,6	64,7	34,2	95,0	2,6	131,7
Sweden	24,9	52,5	19,1	96,5	23,0	57,3	22,8	103,0
Denmark	7,2	20,7	65,6	93,5	6,4	20,2	67,2	93,8
Czech Rep.	31,0	31,1	14,1	76,2	29,4	33,7	27,0	90,0
Belgium	48,9	4,1	26,4	79,5	46,7	7,5	33,4	87,6
Finland	27,6	12,3	1,8	41,7	30,7	11,9	2,4	45,0
Ireland	23,9	7,9	1,7	33,5	25,9	8,1	1,4	35,4
Greece	29,6	5,4	0,3	35,3	28,3	5,9	0,2	34,4
Portugal	0,0	0,0	15,8	15,8	0,0	0,0	23,0	23,0
Slovenia	7,6	0,6	3,8	11,9	8,2	3,1	2,7	14,1
Hungary	2,1	1,3	3,4	6,7	2,4	1,7	7,0	11,1
Luxembourg	0,0	0,0	9,1	9,1	0,0	0,0	10,9	10,9
Slovakia	0,2	6,8	0,5	7,5	0,2	9,5	0,6	10,3
Latvia	5,4	2,2	0,0	7,5	6,6	2,2	0,0	8,8
Lithuania	0,0	1,6	0,8	2,5	0,4	1,7	0,9	3,0
Estonia	2,8	1,4	0,0	4,2	2,0	0,9	0,0	2,8
Romania	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,6	0,6
Cyprus	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
<b>Total EU</b>	<b>2 794,5</b>	<b>925,3</b>	<b>3 503,5</b>	<b>7 223,5</b>	<b>2 915,3</b>	<b>994,7</b>	<b>3 632,1</b>	<b>7 542,1</b>
* Estimation. Estimate. — 1- Urbaine et Industrielle. Urban and Industrial. — 2- Unités décentralisées de biogaz agricole, unités de méthanisation des déchets municipaux solides, unités centralisées de codigestion. Decentralised agricultural plants, municipal solid waste methanisation plants, centralised CHP (Combined Heat and Power) plants. Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source: EurObserv'ER 2009								

[Källa: The State of Renewable Energies in Europe 2009, EurObserv'ER]

Tyskland, Österrike och UK är de länder där det produceras mest biogas per invånare. Sverige hamnar i den jämförelsen på en sjunde plats efter Luxemburg, Danmark och Holland. Tyskland intar en särposition.

**Tabell - Primär biogasenergiproduktion (toe) per 1000 invånare i EU-länder 2007/2008**

Land	toe/1000 invånare
Tyskland	44,7
Österrike	28,0
UK	26,9
Luxemburg	21,8
Danmark	17,4
Holland	13,8
Sverige	11,4
Tjeckien	8,7
Finland	8,5
Belgien	8,3

Irland	8,2
Frankrike	7,1
Slovenien	7,0
Italien	6,9
Spanien	4,6
Lettland	3,8
Polen	3,4
Grekland	3,1
Portugal	2,2
Estland	2,2
Slovakien	1,9
Ungern	1,1
Litauen	0,9
Cypern	0,25
Rumänien	0,03

[Källa: Energimyndighetens bearbetning av The State of Renewable Energies in Europe 2009, EurObserv'ER]

I det här sammanhanget kan nämnas att Danmark och Sverige hamnar i topp när det gäller primär energiproduktion per capita från förbränning av avfall.

## Användning av biogas i Europa

Biogasen som produceras i Europa används i huvudsak till elproduktion, men även till kraftvärmeproduktion. År 2008 producerades närmare 20 TWh el från biogas. Endast 3,7 TWh (18,5%) av denna el producerades i kraftvärmeanläggningar.

**Figur – Elproduktion från biogas I EU år 2007 och 2008 (i GWh)**



	2007			2008*		
	Centrales électriques seules <i>Electricity only plants</i>	Centrales fonctionnant en cogénération <i>CHP plants</i>	Électricité totale <i>Total electricity</i>	Centrales électriques seules <i>Electricity only plants</i>	Centrales fonctionnant en cogénération <i>CHP plants</i>	Électricité totale <i>Total electricity</i>
Germany	7 219,2	1 132,1	8 351,3	7 175,8	1 142,0	8 317,8
U. Kingdom	4 728,1	445,3	5 173,4	4 848,0	474,7	5 322,7
Italy	1 159,5	287,8	1 447,3	1 290,8	308,7	1 599,5
Austria	789,1	42,3	831,4	926,2	42,6	968,7
Netherlands	100,6	410,4	511,0	82,7	650,0	732,7
France	538,4	87,0	625,4	594,4	88,1	682,5
Spain	274,0	334,0	608,0	540,5	44,0	584,5
Belgium	170,4	173,5	343,9	174,3	163,0	337,2
Czech Rep.	70,1	145,1	215,2	63,2	203,7	266,9
Denmark	1,7	269,6	271,3	1,2	246,9	248,1
Poland	195,2	0,6	195,8	246,6	0,0	246,6
Greece	160,0	23,4	183,4	171,0	20,4	191,4
Ireland	101,9	16,9	118,8	110,5	16,8	127,3
Portugal	58,0	7,4	65,4	63,3	8,1	71,4
Slovenia	8,9	39,2	48,2	9,7	39,0	48,7
Hungary	0,0	27,8	27,8	0,0	47,0	47,0
Latvia	0,7	36,2	36,9	2,3	37,3	39,6
Luxembourg	0,0	36,6	36,6	0,0	38,5	38,5
Sweden	0,0	64,0	64,0	0,0	30,3	30,3
Finland	0,7	28,6	29,3	0,4	29,1	29,5
Slovakia	0,0	11,0	11,0	0,0	14,0	14,0
Estonia	12,4	0,0	12,4	9,3	0,0	9,3
Lithuania	0,0	5,2	5,2	0,0	9,1	9,1
Cyprus	0,0	1,4	1,4	0,0	1,4	1,4
<b>Total EU</b>	<b>15 589,1</b>	<b>3 625,3</b>	<b>19 214,4</b>	<b>16 310,2</b>	<b>3 654,5</b>	<b>19 964,7</b>
* Estimation. Estimate. — Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source EurObserv'ER 2009						

[Källa: The State of Renewable Energies in Europe 2009, EurObserv'ER]

Statistik över biodrivmedelsanvändningen inom EU pekar på att biogas i princip bara används som drivmedel i Sverige.

**Figur – Biodrivmedelsanvändning i EU år 2008 (i toe)**

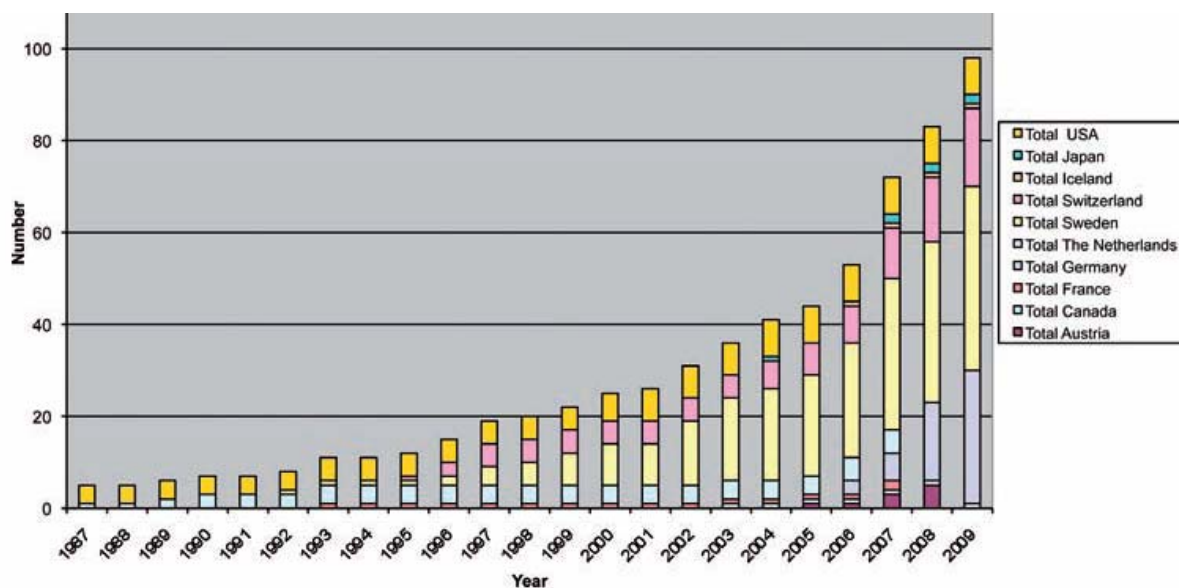
	Bioéthanol <i>Bioethanol</i>	Biodiesel <i>Biodiesel</i>	Autres** <i>Others**</i>	Total <i>Total</i>
Germany	402 000	2 477 983	377 203	3 257 186
France	403 510	2 020 690	0	2 424 200
United Kingdom	105 189	691 335	0	796 524
Italy	88 960	654 720	0	743 680
Spain	125 000	519 000	0	644 000
Poland	118 794	340 560	0	459 354
Austria	54 342	349 410	16 570	420 322
Sweden	213 968	129 888	28 054	371 910
Netherlands	130 000	202 000	3 000	335 000
Portugal	0	132 849	0	132 849
Romania	0	122 012	0	122 012
Hungary	39 040	81 000	0	120 040
Czech Rep.	32 461	75 783	0	108 244
Belgium	12 489	86 149	0	98 638
Finland	73 803	11 441	0	85 244
Greece	0	75 680	0	75 680
Slovakia	6 551	53 070	5 000	64 621
Lithuania	15 651	45 764	0	61 415
Ireland***	17 800	40 000	0	57 800
Luxembourg	922	41 447	477	42 846
Slovenia	2 370	22 255	0	24 625
Cyprus	0	14 180	0	14 180
Denmark	5 041	0	0	5 041
Estonia	1 453	2 777	0	4 230
Latvia	18	1 927	0	1 945
Bulgaria	0	1 632	0	1 632
Malta	0	666	0	666
<b>Total EU</b>	<b>1 849 363</b>	<b>8 194 218</b>	<b>430 304</b>	<b>10 473 885</b>
<p>* <i>Estimation. Estimate.</i></p> <p>** <i>Huiles végétales utilisées pures pour l'ensemble des pays, excepté pour la Suède qui consomme du biogaz carburant. Vegetable oil consumed as such in all countries, except Sweden which consumes biogas fuel.</i></p> <p>*** <i>Pour des raisons de confidentialité, la consommation d'huile végétale a été ajoutée à la consommation de biodiesel en Irlande. In the interests of confidentiality, Ireland's biodiesel figure includes vegetable oil consumption. Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma.</i></p> <p>Source EurObserv'ER 2009</p>				

[Källa: The State of Renewable Energies in Europe 2009, EurObserv'ER]

## Uppgraderingsanläggningar

Totalt antal anläggningar för uppgradering av biogas (till naturgasnätet eller till fordonsgas) i världen var år 2009 ca 100 st. Av dessa fanns de flesta (ca 40%) i Sverige. De övriga uppgraderingsanläggningarna fanns fr.a. i Tyskland, Schweiz och USA. Det är viss skillnad i kapacitet mellan anläggningarna, i Sverige och Schweiz tenderar anläggningarna att vara lite mindre. I huvuddelen av anläggningarna i övriga länder görs uppgraderingen för injektion i naturgasnätet, medan den uppgraderade gasen i Sverige fr.a. används som fordonsgas.

**Figur - Totalt antal uppgraderingsanläggningar för biogas år 1987 till 2009**



[Källa: Biogas upgrading technologies –developments and innovations, Anneli Petersson, Arthur Wellinger, IEA Bioenergy Task 37- Energy from biogas and landfill gas, Oktober 2009<sup>21</sup>]

## Inmatning av biogas i naturgasnätet

Endast ett fåtal länder som Sverige och Holland har lagar som tillåter inmatning av biogas i naturgasnätet. I andra länder som Schweiz och Österrike finns det privata avtal mellan nätoperatörer och biogasproducenter. Vissa andra länder, som t.ex. Frankrike, tillåter inte inmatning av biogas på naturgasnätet överhuvudtaget. Men situationen är under snabb förändring. Tyskland har sedan 2008 en av de mest progressiva feed-in lagarna för gas och Frankrike kommer också snart att tillåta biogasinmatning.<sup>22</sup>

Det finns ingen biogasinmatning i naturgasnätet i UK. I Sverige finns det sju inmatningspunkter för biogas på gasnätet och biogas har matats in på gasnätet under många år.<sup>23</sup>

## Gastankställen och gasfordon

Det fanns drygt 11 miljoner gasfordon och över 16 500 gastankstationer i världen i slutet av 2009. Flest gasfordon finns i Asien följt av Latinamerika. Länder som Pakistan och Argentina toppar listan över antal gasfordon och antal gastankställen. Det europeiska land med flest antal gasfordon är Italien med närmare 630 000 st.

I Europa finns åtskilliga tankställen med naturgas (CNG) i ett tjugotal länder – flest i Tyskland (860 st), Italien (730 st), Österrike, Schweiz och Frankrike – och enstaka med enbart biogas.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> [http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading\\_rz\\_low\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading_rz_low_final.pdf)

<sup>22</sup> Källan här är IEA Bioenergy Task 37, <http://www.sgc.se/biogasfaq/> men informationen där är lite inaktuell. Frågor på detta tema ställs även i EG-kommissionens mall för handlingsplan för förnybar energi som varje medlemsstat ska inlämna ifyllt senast sista juni 2010. Där och då kan man kanske hitta mer aktuell information om läget just nu.

<sup>23</sup> <http://www.sgc.se/display.asp?ID=959>

<sup>24</sup> <http://www.miljofordon.se/bransle/tankstallen-i-utlandet.aspx>

**Tabell – Antal naturgasfordon och gastankställen per land december 2009**

[Källa: IANGV, <http://www.iangv.org/tools-resources/statistics.html>]

	Land	Natural Gas Vehicles	Refuelling Stations	Year data received
1	Pakistan	2,300,000	3,068	2009
2	Argentina	1,807,186	1,851	2009
3	Iran	1,665,602	1,021	2009
4	Brazil	1,632,101	1,704	2009
5	India	935,000	560	2009
6	Italy	628,624	730	2009
7	China	450,000	870	2009
8	Colombia	300,000	460	2009
9	Ukraine	200,000	285	2006
10	Bangladesh	177,555	500	2009
11	Thailand	162,023	391	2009
12	Bolivia	121,908	128	2009
13	Egypt	119,679	119	2009
14	USA	110,000	1,300	2007
15	Armenia	101,352	214	2008
16	Russia	100,000	244	2009
17	Germany	85,000	860	2009
18	Peru	81,024	94	2009
20	Bulgaria	60,270	77	2009
21	Uzbekistan	47,000	43	2007
22	Malaysia	42,617	137	2009
23	Japan	38,042	344	2009
24	Korea South	25,744	159	2009
25	Sweden	23,000	104	2009
26	Myanmar (Burma)	22,821	38	2008
27	Venezuela	15,000	150	2009
28	France	12,450	125	2008
29	Canada	12,000	80	2009
30	Tajikistan	10,600	53	2006
31	Chile	8,064	13	2009
32	Switzerland	7,163	110	2009
33	Kyrgyzstan	6,000	6	2007
34	Belarus	5,500	24	2006
35	Moldova	5,000	14	2006
36	Austria	4,983	208	2009
37	Trinidad & Tobago	3,500	10	2006
38	Turkey	3,056	9	2008
39	Mexico	3,037	3	2005
40	Georgia	3,000	42	2007
41	Australia	2,750	47	2007
42	Singapore	2,656	5	2009
43	Poland	2,106	32	2010
44	Indonesia	2,000	9	2006
45	Spain	1,863	42	2008
46	Czech Republic	1,755	37	2009
47	Netherlands	1,502	50	2009
49	Finland	700	13	2009
50	Greece	520	2	2009

51	Latvia	500	4	2008
52	Slovakia	426	7	2008
53	Portugal	407	5	2008
54	United Arab Emirates	305	2	2007
55	Belgium	300	5	2005
56	New Zealand	281	12	2007
57	England	221	31	2007
58	Serbia	210	7	2007
59	Luxembourg	203	7	2009
60	Norway	180	9	2007
61	Croatia	152	1	2008
62	Lithuania	133	2	2009
63	Algeria	125	3	2004
64	Hungary	110	13	2006
65	Lichtenstein	101	1	2007
66	Iceland	77	1	2007
67	Nigeria	60	3	2005
69	Macedonia	50	1	2007
70	Cuba	45	1	2001
71	Philippines	36	3	2006
72	Tunisia	34	2	2007
73	South Africa	22	1	2005
74	Uruguay	20	-	2008
75	Bosnia & Herzegovina	7	-	2007
76	Montenegro	6	-	2006
77	Korea North	4	1	2006
78	Mozambique	4	1	2007
79	Taiwan	4	1	2005
80	Tanzania	3	-	2009
81	Vietnam	3	1	2009
82	Ireland	2	1	2008
83	Dominican Republic	1	1	2007
84	Denmark	-	1	2007
<b>Total</b>		<b>11,355,785</b>	<b>16,513</b>	

# Tyskland

Tyskland är det land inom EU där det produceras mest biogas. Detta tack vare en kraftig utbyggnad av små lantbruksbaserade biogasanläggningar vilka står för drygt 70% av Tysklands biogasproduktion. I slutet av 2007 fanns det ca 3 750 biogasproduktionsanläggningar i Tyskland. En viktig förklaring ligger i den attraktiva feed-in tariffen.

## Feed-in tariff för el

Feed-in tariffen för el regleras i lagen om förnybar energi (Erneuerbare Energien Gesetz, EEG) som trädde i kraft år 2000 (ersatte då Stromeinspeisungsgesetz från 1991). EEG har ändrats år 2004 och nu senast i januari 2009. Syftet med den ändrade EEG är att öka andelen förnybar elproduktion till 30 % år 2020 (14,3% 2007), öka andelen förnybar värmeproduktion till 14% år 2020 (6% 2006), att uppfylla CO2-reduktionsprogrammet, stödja utvecklingen och introduktionen av nya tekniker för förnybar energi och att undvika miljö och klimatförorening från gödsel. Feed-in stödet får ges under 20 år.

[EUR-Cent/kWh <sub>el</sub> ]	2009 EEG	2004 EEG
<b>Deponigas</b>		
≤ 500 kW <sub>el</sub>	9.00	7.11
500 kW <sub>el</sub> - ≤ 5 MW <sub>el</sub>	6.16	6.16
<b>Teknikbonus (≤ 5 MW<sub>el</sub>)</b>	+ 2.00	+ 2.00
<b>Gas från reningsverk</b>		
≤ 500 kW <sub>el</sub>	7.11	7.11
500 kW <sub>el</sub> - ≤ 5 MW <sub>el</sub>	6.16	6.16
<b>Teknikbonus (≤ 5 MW<sub>el</sub>)</b>	+ 2.00	+ 2.00

Degression med 1,5%/år.

[EUR-Cent/kWh <sub>el</sub> ]	2009 EEG	2004 EEG
<b>Biomassa (inkl. biogas)</b>		
≤ 150 kW <sub>el</sub>	11,67	10,67
150 kW <sub>el</sub> - ≤ 500 kW <sub>el</sub>	9,18	9,18
500 kW <sub>el</sub> - ≤ 5 MW <sub>el</sub>	8,25	8,25
5 MW <sub>el</sub> - ≤ 20 MW <sub>el</sub>	7,79	7,79
<b>Biogas bonus (NaWaRo)</b>		
≤ 150 kW <sub>el</sub>	+ 7,00	+ 6,00
Med minst 30% gödsel eller slam	+ 4,00	
Plant material predominantly from landscape conservation	+ 2,00	
150 kW <sub>el</sub> - ≤ 500 kW <sub>el</sub>	+ 7,00	+ 6,00
Med minst 30 % gödsel	+ 1,00	
Plant material predominantly from landscape conservation	+ 2,00	
500 kW <sub>el</sub> - ≤ 5 MW <sub>el</sub>	+ 4,00	+ 4,00

<b>Teknikbonus</b> ( $\leq 5 \text{ MW}_{\text{el}}$ )	+ 2,00	+ 2,00
<b>Kraftvärmebonus</b> ( $\leq 20 \text{ MW}_{\text{el}}$ )	+ 3,00	+ 2,00

Degression med 1,0%.

[Källa: Payment provisions in the future EEG for the year 2009, as adopted by the German Bundestag Parliamentary Decision from June 6, 2008, BMU]

Nytt i den omarbetade EEG<sup>25</sup> är bl.a. en särskild gödselbonus samt att en teknikbonus ges om elen producerats med deponigas, slamgas eller biogas som uppgraderats till naturgaskvalitet. Då erhålls en teknikbonus enligt:

- a) gasförädlingsanläggningar med maximal kapacitet på 350 Nm<sup>3</sup>/timme: 2.00 ct/kWh<sub>el</sub>
- b) gasförädlingsanläggningar med maximal kapacitet på 700 Nm<sup>3</sup>/timme: 1.00 ct/kWh<sub>el</sub>

### **Gasinmatningslag**

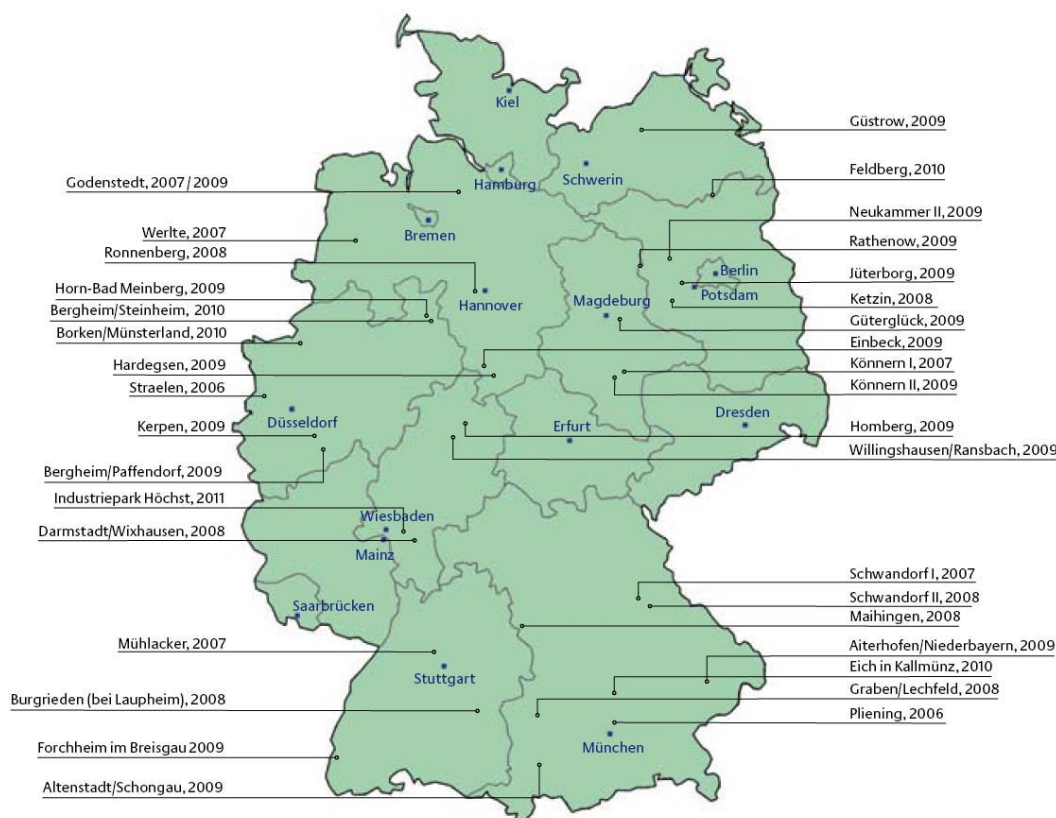
I Tyskland beslutades i mars 2008 om ändringar i gaslagen (Gasnetzzugangsverordnung, GasNZV), i syfte att uppnå målet att ersätta minst 10 % av naturgasen i naturgasnätet med biogas till 2030<sup>26</sup>. Lagändringen innebär att nätägaren är skyldig att ansluta de biogasanläggningar som ansöker om anslutning till naturgasnätet och ansvara för komprimering, kontroll av gaskvaliteten, propantillsats och odorisering. Nätägaren står för 50% av kostnaderna för anslutningen och samtliga kostnader för komprimering etc. Samtliga kostnader inom ett nätmarknadsområde summeras och förs vidare till den översta nätnivån i systemet, det vill säga till transmissionsnivån. Härigenom kommer kostnaderna för tillförsel av biogas till naturgasnätet att fördelas på hela kundkollektivet. Producenterna får härutöver från nätoperatörerna 0,7 Eurocent/kWh för den inmatade biogasen eftersom nätoperatören slipper kostnader för långväga transport.<sup>27</sup>

<sup>25</sup> [http://www.bmu.de/english/renewable\\_energy/doc/42725.php](http://www.bmu.de/english/renewable_energy/doc/42725.php)

<sup>26</sup> Teil 11a Sonderregelung für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, § 41a Zweck der Sonderregelung: Ziel der Regelung ist es, die Einspeisung des in Deutschland bestehenden Biogaspotenzials von 6 Milliarden Kubikmetern jährlich bis 2020 und 10 Milliarden Kubikmetern jährlich bis zum Jahr 2030 in das Erdgasnetz zu ermöglichen. Biogas soll verstärkt in der Kraft-Wärme-Kopplung und als Kraftstoff eingesetzt werden können. [<http://bundesrecht.juris.de/gasnzv/BJNR221000005.html#BJNR221000005BJNG001400377>]

<sup>27</sup> IEA Bioenergy Seminar 17 April 2008, P. Weiland, Johann Heinrich von Thünen-Institute (vTI), Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, Braunschweig/Germany





**Figur** Anläggningar där biogas tillförs naturgasnätet i Tyskland (i drift och under uppförande 2009)

[Källa: Biogaseinspeisung in Deutschland – Markt, Technik und Akteure, Biogaspartner, [www.biogaspartner.de](http://www.biogaspartner.de)]

Möjligheterna att mata in uppgraderad biogas (biometan) på gasnätet måste förbättras för att kunna exploatera effektiva sätt att använda biogas.<sup>28</sup> I detta syfte har Tysklands Gas Grid Access Ordinance (GasNZV), Gas Grid Payment Ordinance (GasNeV) och Incentives Ordinance (AregV) omarbetats och ändringarna trädde i kraft 12 april 2008. Målet är att 6% av Tysklands gasbehov ska täckas av biometan år 2020 och att andelen ska öka till 10% år 2030.

### **Lag om främjande av förnybar värme**

I januari 2009 trädde lagen Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG)<sup>29</sup> i kraft för främjande av förnybar värme, däribland biogas. Syftet med lagen är bl.a. att bidra till att öka den förnybara energins andel av den slutliga värmeenergianvändningen (värme, kyla, processvärme, varmvatten) till 14 procent år 2020.

EEWärmeG ställer upp skyldigheter för ägare till nya byggnader att täcka en del av sitt värmebehov med energi från förnybara energikällor. Om t.ex. minst 30% av värmebehovet täcks av biogas så anses skyldigheten uppfylld.<sup>30</sup> Delstaterna kan också sätta upp skyldigheter att använda förnybar energi i existerande byggnader. EEWärmeG reglerar även finansiellt stöd på 500 miljoner EUR/år från år 2009 till 2012 till bl.a. installationer som använder biomassa och lokala värmenätverk och lagringsanläggningar. Lagen reglerar även relationen

<sup>28</sup> Tysklands handlingsplan för biomassa,

[http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/broschuere\\_biomasseaktionsplan\\_en\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/broschuere_biomasseaktionsplan_en_bf.pdf)

<sup>29</sup> [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee\\_waermeg\\_en.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_waermeg_en.pdf)

<sup>30</sup> Krav ställs även på att biogasen måste ha producerats i en kraftvärmeinstallation.



mellan stödet och skyldigheterna, t.ex. ges inte stöd till sådana åtgärder som omfattas av skyldigheterna.

### ***Kvotplikt för biodrivmedel***

Tyskland är det land inom EU som har haft högst andel förnybara drivmedel. Andelen ökade stadigt fram t.o.m. år 2007 (7,2%) men har därefter avtagit och uppgick år 2009 till 5,5%.<sup>31</sup> Biodiesel dominerar men även bioetanol och vegetabiliska oljor används.

I januari 2007 infördes ett kvotpliktssystem för biodrivmedel i Tyskland som skulle ersätta skattebefrielsen. Enligt lagen om kvotplikt för biodrivmedel ("Biokraftstoffquotengesetz") är aktörer som säljer drivmedel tvungna att sälja en viss andel, kvot, som biodrivmedel.

Lagen om ändring av främjandet av biodrivmedel (*Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen*) som antogs av det tyska Bundestag den 23 april 2009 ändrar de gällande reglerna i the Federal Immission Control Act (*Bundes-Immissionsschutzgesetz*) om biodrivmedelskvoten och reglerna i energiskattelagen (*Energiesteuergesetz*) om skattelättnader för biodrivmedel.<sup>32</sup> Några viktiga ändringar är:

- Kvoten för 2009 sänks med 1% till 5,25% och kvoterna för åren 2010-2014 sänks till 6,25%.
- För första gången ska biometan få ingå i kvoten, förutsatt att kraven i bränslekvalitetsförordningen (*Kraftstoffqualitätsverordnung*) uppfylls.
- Från år 2015 ska kvotnivåerna sättas utifrån växthusgasminskning istället för som tidigare energiinnehåll.

---

<sup>31</sup> Procent av total användning av bensen, diesel och biodrivmedel för transport exkl. flyg och räknat på energiinnehåll.

<sup>32</sup> Germany, 2009, Sixth national report on the implementation of Directive 2003/30/EC of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, [http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/ms\\_reports\\_dir\\_2003\\_30\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/ms_reports_dir_2003_30_en.htm)

## Danmark

Biogas från gödsel är enligt danska Energistyrelsen ett av de viktigaste medlen för att nedbringa lantbrukets utsläpp av växthusgaser. Samtidigt medverkar det till uppfyllelse av målen för förnybar energi och minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp från energisektorn. En ökad användning av biogas bidrar också till försörjningssäkerheten på lång sikt.

Med Energiöverenskommelsen av den 21 februari 2008 finns den ekonomiska grunden på plats för en betydlig utbyggnad av biogas. Energistyrelsen har bedömt att biogasproduktionen mot den bakgrunden kan förväntas 3-dubblas från den aktuella nivån på 4 PJ/år till 12 PJ år 2020. Det skulle innebära en 5- eller 6-dubbling av gödselbaserad biogas, således att upp emot 30 % av gårdsdjurgödslet i Danmark skulle användas till biogasproduktion. Huvuddelen av den outnyttjade potentialen för biogasproduktion utgörs enligt Energistyrelsen av gödsel. Den aktuella biogasproduktionen på ca 4 PJ/år motsvarar 0,5 % av Danmarks energiförbrukning.

### *Feed-in tariff för el*

Den danska regeringen ingick den 21 februari 2008 en bred energipolitisk överenskommelse om den danska energipolitiken för perioden 2008-2011. Överenskommelsen innehöll bl.a. en förbättrad feed-in tariff för el från biogas. Alla nya och existerande biogasanläggningar får ett fast elavräkningspris på DKK 0,745 per kWh eller ett fast pristillägg på DKK 0,405 per kWh när biogas används tillsammans med naturgas. Tariffen justeras årligen med 60 % av ökningen i nettoprisindex.

[øre/kWh]	2008	2009	2010
100 % Biogas	74,5	76,2	77,2
Under 94 % Biogas	40,5	41,4	41,9

Stödet till förnybar el och decentral kraftvärmeproduktion är utformat så att producenterna är garanterade ett fast pris (intäkt) för sin el. Energinet.dk är enligt lag ålagda att främja miljövänlig elproduktion samt forskning och utveckling på elområdet. Energinet.dk:s omkostnader för miljövänlig el betalas av elförbrukarna över den post på elräkningen som heter PSO-tariff. PSO står för Public Service Obligations (ung. offentliga förpliktelser) och den infördes av Folketinget i samband med överenskommelsen om liberalisering av energimarknaderna år 1998. PSO omfattar de omkostnader som Energinet.dk har enligt de syften som är specificerade i ellagen, och huvuddelen av PSO-tariffen kan hänföras till stöd för förnybar energi. PSO-medlen ska täcka utgifter för nya energitekniker som ännu inte är i stånd att klara sig på rena marknadsvillkor.

### *Aktuellt stöd till användning av biogas*

Användning av biogas understödjes idag på två sätt i Danmark. Biogas som används till uppvärmning är befriat från energi- och CO<sub>2</sub>-avgifter. Biogas som används till elproduktion får stöd via PSO-tillskottet.

Det stöd som konkret uppnås vid användning av biogas beror av hur effektivt biogasen används vid värme- eller kraftvärmeproduktion samt vilket bränsle biogasen tränger undan.

När biogasen ersätter naturgas i ett decentraliserat kraftvärmeverk erhålls ett stöd på 40,5 øre/kWh el. Om kraftvärmeverket kör med en elverkningsgrad på 38 % motsvarar det ett stöd på 1,54 DKK/m<sup>3</sup> metan. Den värme som samtidigt produceras och används till fjärrvärme stöttas via avgiftsbefrielse i förhållande till naturgasen som inte är befriad från avgifterna. Värdet av detta uppgår typiskt till 60-70 øre/m<sup>3</sup> metan. Egentligen ska värdet av sparade CO<sub>2</sub>-kvoter motsvarande 15-20 øre/m<sup>3</sup> metan också läggas till. Sammanlagt stöttas biogas till kraftvärmeproduktion därför typiskt med 2,3-2,4 DKK/m<sup>3</sup> metan. Stöden tillfaller inte nödvändigtvis biogasproducenten fullt ut.

### **Användning av biogas – direkt till kraftvärme eller via naturgasnätet**

Det finns för närvarande inget stöd för biogas som uppgraderas och pumpas in på naturgasnätet (men se avsnittet om överenskommelsen Grøn Vækst längre ned). Skatteministeriet har i januari 2009 analyserat hur ett stöd till biogas som pumpas in på naturgasnätet eventuellt skulle kunna genomföras. Det har skett med utgångspunkten att det ur likabehandlingssynpunkt kan argumenteras för ett stöd till injektion av biogas på naturgasnätet som motsvarar det stöd som ges för användning av biogas på kraftvärmeverken. En sådan lösning med samma stöd till uppgradering som till kraftvärmeanvändning förväntas enligt Energistyrelsen emellertid att vara otillräckligt för att få till stånd uppgradering i någon större omfattning, eftersom biogasproducenten inte kommer att kunna få täckning för de stora extrakostnader som en uppgradering innebär. Detta har illustrerats med översikten i tabellen nedan.

**Tabell: Översikt över økonomi ved biogas til kraftvarme versus opgradering**

Tal i DKK/m <sup>3</sup> metan	Direkte levering, biogas til kraftvarme	Opgradering, biogas til naturgasnettet
Produktionsomkostninger	3,8	3,8
Transport til forbrugssted	0,1	1,5-2,3
Aktuel støtte	2,3-2,4	0
Andel af støtte til KV, som tilfalder KV-værket (varmeforbrugerne)	0,5	-
Andel af støtte til KV, som tilfalder biogasproducenten	1,8-1,9	-
Nødvendig støtte, hvis biogasproducenten skal opnå samme økonomi i tilfælde af opgradering, som ved salg til KV	-	3,2-4,1

[Källa: Energistyrelsen, januari 2009, "Biogas i energiforsyningen"]

Under 1990-talet beviljade Energistyrelsen utvecklingsstöd till utredningar och försök med uppgradering av biogas. Energistyrelsen konstaterar att det i Sverige har genomförts ett mycket större utvecklingsarbete och att Sverige har ca 40 uppgraderingsanläggningar i drift. Även ett antal andra europeiska länder har investerat i utveckling av uppgraderingstekniker. Insatsen har emellertid inte medfört någon nämnvärd sänkning av kostnaderna. Detta dokumenterades år 2007 då Dansk Gasteknisk Center gjorde en uppdatering på basis av de svenska erfarenheterna. Energistyrelsen konstaterar därför att det inte kan förväntas att uppgradering kommer att bli konkurrenskraftig gentemot den direkta leveransen av biogas till decentrala kraftvärmeverk på varken kort eller lång sikt.

Kostnaderna vid direkt leverans av biogas till lokala decentrala kraftvärmeverk uppgår till omkring 10 øre/m<sup>3</sup> metan. Kostnaderna för uppgradering och distribution via naturgasnätet blev år 2007 av Dansk Gasteknisk Center (DGC) på basis av svenska erfarenheter värderat till 1,5- 2,3 DKK/m<sup>3</sup> metan. DGC:s värdering omfattar både kostnaderna för själva uppgraderingen, för tillsats av propan och distributionskostnader för att transportera gasen i nätet. Uppgradering är således ca 10-20 gånger dyrare än direkt leverans av biogas till kraftvärmeverken.

Processen med uppgradering och distribution av biogas via naturgasnätet är dyr i jämförelse med den direkta leveransen till decentrala kraftvärmeverk, som det finns gott om i Danmark. Avsättningsmässigt finns det inte behov av uppgradering, så länge lokala kraftvärmeverk kan utnyttja biogasen. Det finns enligt Energistyrelsens bedömning inget avsättningsmässigt behov av uppgraderad biogas fram till 2020. Energistyrelsen har bedömt att en utbyggnad med 8 PJ biogas kommer att innebära att omkring en fjärdedel av de decentrala kraftvärmeverkens naturgasförbrukning ersätts med biogas i de gårdsdjurtäta områdena i Syd-, Vest-, Midt- och Nordjylland. En viktig aspekt är även att uppgradering är väsentligt mer energikrävande, och att gasbehandlingen normalt ger upphov till ett visst metanutsläpp.

### ***Utmaningar***

Energistyrelsen har beskrivit utvecklingen för biogasen i fyra steg eller utmaningar:

- Första genombrottet - 1990 till nu. Trovärdighet har uppnåtts genom stabil drift och acceptabel lönsamhet genom en kombinerad rötning av gödsel och organiskt avfall.
- Andra utmaningen - från nu till 2015. Biogasproduktionsvolymerna måste ökas genom fokus på effektivitet och best practise. Den existerande kraftvärmestrukturen är redo att använda de kommande 5-10 PJ biogas. Dessutom måste finansiell duglighet uppnås/demonstreras baserat på en kombination av gödsel och andra biomassa substrat (som energigrödor).
- Tredje utmaningen - innan 2020. Hur gasnätet ska användas. Uppgradera biogas eller nedgradera naturgas eller både och.
- Fjärde utmaningen. Biogas som drivmedel. Antingen direkt som metan eller konverterat genom syntes, om överhuvudtaget.

Om den närmaste stora utmaningen att expandera biogasproduktionen inte blir framgångsrik så blir frågorna om pipeline distribution av biogas eller användning av biogasen som drivmedel irrelevant.

### **Grøn Vækst**

Den politiska överenskommelsen Grøn Vækst från 16 juni 2009 innehåller ett stort antal initiativ grupperade under de två huvudområdena Miljö- och Naturplan Danmark 2020 och Strategi för en grön lantbruks- och livsmedelsnäring i tillväxt. Med Grøn Vækst vill regeringen bl.a. att landbrukets roll som leverantör av grön energi ska stärkas väsentligt. Idag används endast en liten del av lantbrukets gödsel (ca 5%) till biogas. Regeringen vill skapa ramarna för att upp emot 40 procent av gårdsdjurens gödsel ska kunna användas till grön energi år 2020. På sikt är visionen att all gårdsdjurgödsel ska kunna användas till energi.

Det ska ske genom ett antal initiativ som också ger lantbruket bättre tillväxtvillkor samt en mer miljö- och klimatvänlig produktion. Åtgärderna kommer att ytterligare förbättra villkoren för den utbyggnad av biogas i Danmark som förväntas mot bakgrund av energiöverenskommelsen från 2008. Insatsen förväntas reducera lantbrukets utsläpp av

växthusgaser med uppemot 180.000 ton CO<sub>2</sub>/år och medverka till att nå Danmarks målsättning om att öka andelen förnybar energi till 30 % av den totala energianvändningen år 2020. Insatsen utvärderas 2015 med syfte att bedöma om det finns behov av ytterligare åtgärder.

Grøn Vækst överenskommelsen inrymmer under avsnitt 3.3 om lantbruket som leverantör av grön energi 13 initiativ:

1. Igångsättningspott på 85 miljoner DKK årligen under 2010-2012 till vanliga biogasanläggningar
2. Igångsättningspott på 15 miljoner DKK årligen under 2010-2012 till ekologiska biogasanläggningar
3. Ändring av planlagen med syfte att förpliktiga kommunerna att ta in lokalisering av biogasanläggningar i den kommunala planeringen.
4. Ändring av naturskyddslagen, fleråriga energigrödor
5. Stödmässig likställning vid avsättning av biogas till kraftvärme eller till naturgasnätet
6. Skattemässigt avdrag för plantering av fleråriga energigrödor
7. Analys av värmeleveranslagen med syfte att likställa biogasleverantörer med naturgasleverantörer
8. Utarbetar handbok för effektiv integrering av biogas (handboken utformas som ett antal verktyg: business-cases, energipotentialberäkningar, kontraktsmodeller m.m.)
9. Utarbetar en koordineringsplan för biogas och gödselöverföring.
10. Etablering av en grupp statliga biogasrådgivare
11. Dialog med Kommunernes Landsforening (KL) med syfte att komma överens om lokalisering av biogasanläggningar
12. Bättre ramverk för förbränning av gödsel
13. Stöd på 32 miljoner DKK årligen under 2010-2012 till tillplantning af fleråriga energigrödor

Initiativen kommer t.ex. att göra det enklare för den enskilde lantbrukaren att bli av med sitt gödsel och reducerar därmed behov av areal till att sprida gödslet på. Det kommer också att bli mer ekonomiskt att odla energigrödor.

Regeringen vill också ta bort barriärer för distribution av biogas genom naturgasnätet genom att stödmässigt likställa avsättningen av biogas till naturgasnätet med den för kraftvärmen. Då blir det mer flexibelt för biogasproducenterna att själva avgöra vad som blir mest lönsamt i varje enskilt fall. Det skapas samtidigt bättre avsättningsmöjligheter för biogas, om det är säsongsvariationer i det lokala kraftvärmeverkets efterfrågan t.ex. under sommarperioden. Detta kräver ny lagstiftning, och denna förbereds för närvarande hos de involverade ministerierna.

### ***Kvotplikt för biodrivmedel***

Folketinget antog i början av sommaren 2009 regeringens lagförslag om infasning av hållbara biodrivmedel. Lov om bæredygtige biobrændstoffer (Lov nr. 468 af 12 juni 2009<sup>33</sup>) ska främja användningen av hållbara drivmedel för landtransport med syfte att bidra till uppfyllelsen av Danmarks Kyoto-förpliktelse och återspegla målsättningen om biodrivmedel i energiöverenskommelsen 2008. Där formulerades att regeringens målsättning är att biodrivmedel ska utgöra 5,75 % år 2010 samt 10 % år 2020 av drivmedelsanvändningen i landtransporter. Målsättningen om 5,75% kommer att fasas in under en treårsperiod, där 0,75% nås år 2010, 3,35% år 2011 och 5,75% år 2012. Den gradvisa infasning beror på att

---

<sup>33</sup> [http://www.ft.dk/samling/20081/lovforslag/1181/som\\_vedtaget.htm](http://www.ft.dk/samling/20081/lovforslag/1181/som_vedtaget.htm)

den nödvändiga infrastrukturutbyggnaden för lagring och distribution har visat sig ta längre tid än ursprungligen bedömt.

Lagen trädde i kraft 1 januari 2010 och innebär att en viss andel av de drivmedel som säljs till landtransporter måste bestå av biodrivmedel. I lagen förstås med biodrivmedel de flytande eller gasformiga drivmedel för landtransport som framställts från biomassa. De verksamheter som omfattas av lagen kan bara uppfylla sina förpliktelser med biodrivmedel som lever upp till EU:s hållbarhetskriterier. Bidraget från biodrivmedel framställt av avfall, restprodukter, cellulosamaterial som inte räknas som föda, och lignocellulosa får räknas dubbelt.

