



LUND UNIVERSITY

Styrmedel för en ökad produktion och användning av biogas

Lantz, Mikael; Aldenius, Malin; Khan, Jamil

2019

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Lantz, M., Aldenius, M., & Khan, J. (2019). *Styrmedel för en ökad produktion och användning av biogas*.

Total number of authors:

3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Styrmedel för en ökad produktion och användning av biogas

Mikael Lantz, Malin Aldenius och Jamil Khan



LUNDS
UNIVERSITET

Rapport nr 114

Miljö och Energisystem
Institutionen för Teknik och Samhälle

September 2019

© Mikael Lantz, Malin Aldenius och Jamil Khan

Miljö och Energisystem, Lunds Universitet

ISBN 978-91-86961-40-4

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM-- 19/3105 --SE + (1-78)

Förord

Den här studien har tagits fram som en del i ett samverkansavtal mellan Region Skåne och Miljö- och Energisystem vid Lunds Tekniska Högskola. Samverkansavtalet har varit fokuserat på styrmedel för biogas och hur nationella styrmedel kan påverka förutsättningarna för produktion och användning av biogas i Sverige.

Lund 2019-09-13

Författarna

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Syfte.....	1
2. Biogas i Sverige.....	3
2.1 Produktion av biogas.....	3
2.2 Användning av biogas.....	7
2.3 Distribution av biogas.....	9
2.4 Produktion av biogödsel.....	9
2.5 Den svenska biogaspotentialen.....	10
3. Metod för att beräkna miljöeffekter.....	11
3.1 Direktivet om förnybara energikällor.....	12
3.2 Generella antaganden.....	14
4. Miljöeffekter av att producera biogas.....	17
4.1 Odling.....	17
4.2 Bearbetning.....	17
4.3 Transport.....	19
4.4 Gödselkrediter.....	20
4.5 Övriga effekter.....	20
4.6 Samlade miljöeffekter vid produktion av biogas.....	23
5. Miljöeffekter av att använda biogas.....	25
5.1 Drivmedel.....	25
5.2 Elektricitet och värme.....	27
5.3 Ersätta naturgas som råvara eller energibärare.....	27
5.4 Samlade miljöeffekter vid användning av biogas.....	28
6. Samhällsekonomisk analys.....	29
6.1 Samhällsekonomisk värdering av emissioner.....	29
6.2 Produktion och användning av biogas.....	31
7. Styrmedel.....	35
7.1 Önskad samhällsnytta.....	36
7.2 Styrmedel för önskad samhällsnytta.....	38
7.3 Förslag till styrmedel.....	41
8. Slutsatser.....	43
Referenser.....	45
Appendix A: Karakteriseringsfaktorer.....	51
Appendix B: Det svenska energisystemet.....	53
Appendix C: Energibärare i svenska biogassystem.....	56
Appendix D: Styrmedel i Sverige.....	61
Appendix E: Internationell utblick.....	67

1. Introduktion

Sverige har sedan år 2017 ett klimatpolitiskt ramverk, beslutat av riksdagen, som bland annat innehåller mål om att reducera de nationella emissionerna av växthusgaser. Enligt dessa ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser år 2045. Det finns också etappmål som ska nås tidigare. Emissionerna av växthusgaser ska till exempel vara 63% lägre år 2030 jämfört med år 1990 och emissionerna från transportsektorn ska ha minskat med 70% fram till år 2030 jämfört med nivåerna år 2010 (**Klimatpolitiska rådet, 2018**).

Även om klimatfrågan ges stor uppmärksamhet finns det många andra miljöaspekter som också adresseras på olika sätt. Sverige har till exempel 16 nationella miljö kvalitetsmål som förutom klimat också berör aspekter som övergödning, frisk luft och en god bebyggd miljö (**Sveriges Miljömål, 2018**).

Biogas är en förnybar energibärare som kan produceras från många olika råmaterial. Idag är det vanligast att använda avfall och restprodukter så som avloppsslam, matavfall och gödsel men det är också möjligt att basera produktionen på andra organiska material så som odlingsrester och grödor med mera.

Biogasen kan bland annat användas för att producera elektricitet och värme, som drivmedel eller som råvara i olika industriella processer. Utöver biogas produceras också en rötrest som kan användas som gödselmedel. Vilken råvara som används, hur biogasen produceras och avsätts samt hur rötresten hanteras och används har stor betydelse för hur olika biogassystem kan bidra till att uppfylla de nationella miljö kvalitetsmålen (**Börjesson m.fl., 2010; Tufvesson m.fl., 2013a; Hijazi m.fl., 2016**).

För att nå de mål och utfästelser som Sverige åtagit sig används olika former av styrmedel för att gynna önskvärda lösningar och missgynna eller i vissa fall förbjuda oönskade lösningar. Förutsättningarna för att producera och använda biogas påverkas i hög grad av vilka styrmedel som implementeras både nationellt och internationellt. Valet av styrmedel och de ekonomiska incitamentens storlek kan på en övergripande nivå påverka huruvida det alls är lönsamt att producera biogas i Sverige. På en mer detaljerad nivå kan styrmedel också användas för att styra vilka råvaror som används, hur biogasen avsätts och hur biogassystemen utformas.

Ur ett historiskt perspektiv har det funnits ett flertal styrmedel som på olika sätt främjat produktion och användning av biogas i Sverige (**Lantz, 2013; Nordling m.fl., 2017**). Ett viktigt styrmedel, både för biogas och andra förnybara bränslen, är den befrielse från energi- och koldioxidskatt som dessa åtnjuter. För biogas som används som drivmedel såväl som för uppvärmning gäller nuvarande skattebefrielse inte längre än till och med år 2020 (**Europeiska Kommissionen, 2015, 2018**). Det finns därför en efterfrågan från branschen på mer långsiktigt stabila förutsättningar.

Denna studie finansieras av Region Skåne som en del av ett samverkansavtal mellan Region Skåne och Lunds Tekniska Högskola med fokus på styrmedel för produktion av biogas.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att analysera miljöeffekterna och det samhällsekonomiska värdet av att producera och använda biogas i Sverige. Syftet är också att ge en överblick över styrmedel som implementerats eller föreslagits nationellt och internationellt och som kan vara relevanta för att främja produktion och användning av biogas. Slutligen ska studien ge förslag på styrmedel som skulle kunna implementeras för att främja produktion och/eller användning av biogas i Sverige samt översiktligt göra en kvalitativ bedömning av effekterna av dessa styrmedel.

2. Biogas i Sverige

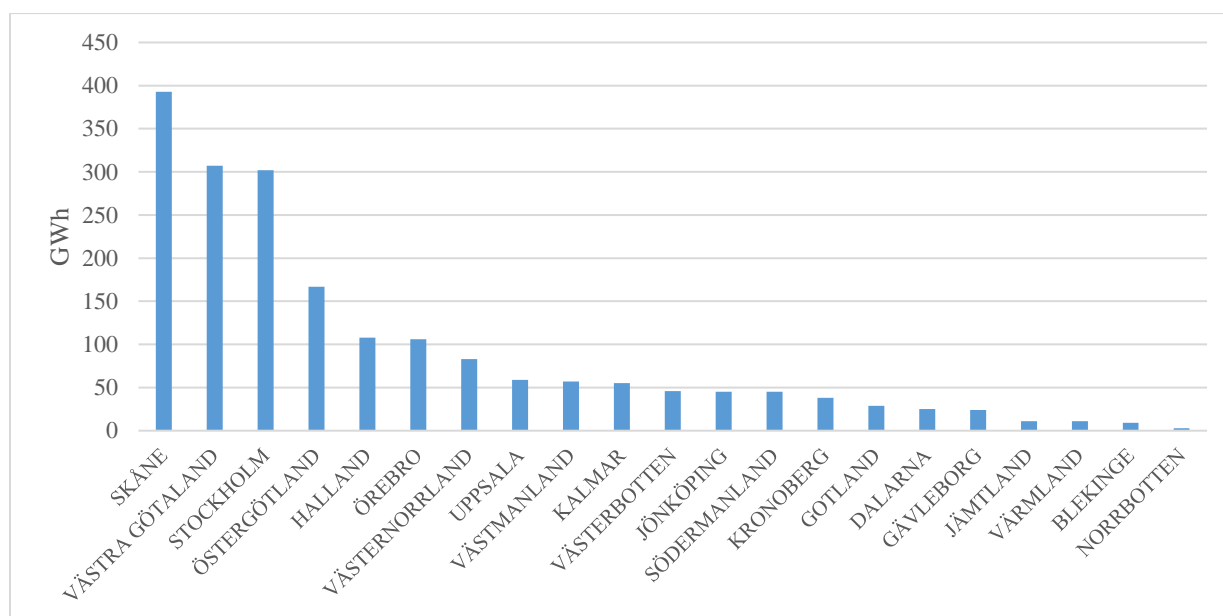
2.1 Produktion av biogas

Produktion av biogas innebär att mikroorganismer bryter ned organiskt material under anaeroba förhållanden (utan tillgång till syre) samtidigt som metan och koldioxid produceras. Processen sker vid atmosfärstryck vid en temperatur på närmare 40 °C eller drygt 50 °C. Biogasanläggningar av det här slaget kan vara allt ifrån små gårdsanläggningar som endast rötar gödsel och andra restprodukter från den egna gården till stora industriella anläggningar som hanterar hundratusentals ton avfall, gödsel och andra råmaterial varje år.

År 2017 fanns det 223 biogasanläggningar i Sverige som totalt producerade 1,9 TWh biogas. Därutöver fanns det 51 deponier där det samlades in 145 GWh deponigas (**Energimyndigheten, 2018b**). Produktionen av deponigas har mer än halverats sedan år 2005 då det blev förbjudet att deponera organiskt avfall och bedöms fortsätta minska för att så småningom upphöra helt. Deponigas kommer därför inte behandlas vidare i denna studie. Biogas produceras framförallt på reningsverk och samrötningsanläggningar och en stor del av produktionen sker i befolkningstäta län med en stor jordbrukssektor så som Skåne och Västra Götaland, se också Tabell 1 och Figur 1.

Tabell 1: Produktion av biogas år 2017 (**Energimyndigheten, 2018b**).

	Produktion (GWh)	Antal (st)	Produktion (GWh/st)
Avloppsreningsverk	753	138	5,5
Samrötningsanläggningar	987	36	27,4
Gårdsanläggningar	50	43	1,2
Industrianläggningar	125	6	20,8
Summa	1 915	223	8,6



Figur 1. Produktion av biogas år 2017 (**Energimyndigheten, 2018b**).

Produktionen av biogas baserades år 2017 på drygt 2 miljoner ton avfall och gödsel samt ytterligare cirka 8,6 miljoner ton slam från hushåll och industrier, se tabell 2. Biogasutbytet varierar dock betydligt mellan olika råvaror och **Energimyndigheten (2018b)** bedömer att det är avloppsslam (35%), gödsel (20%) och matavfall (11%) som svarar för störst andel av den totala biogasproduktionen.

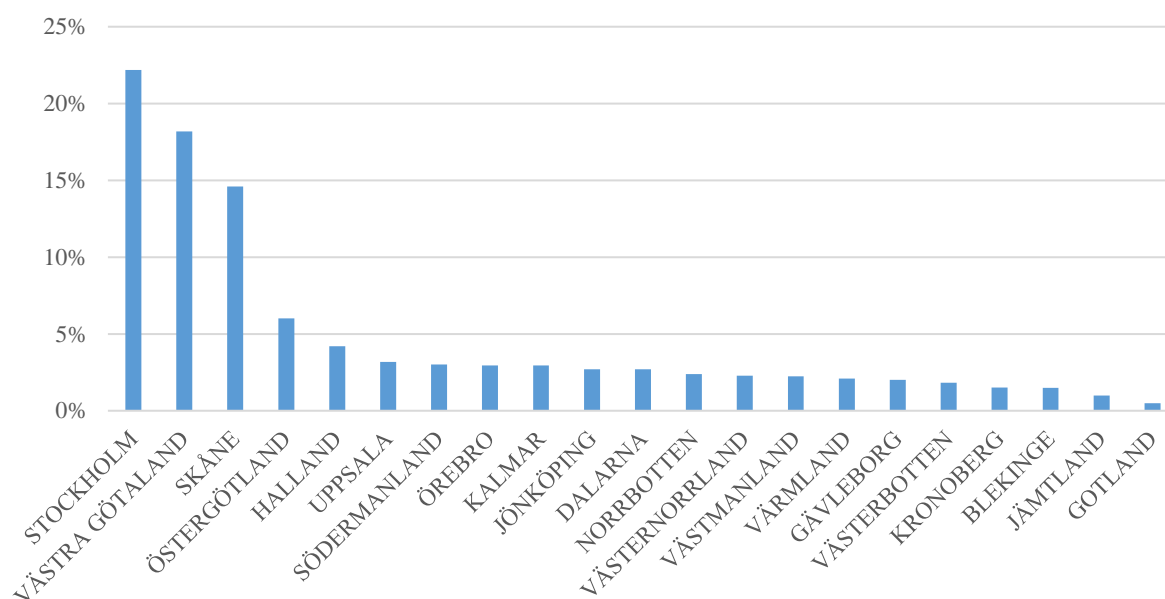
Tabell 2: Råvaror för produktion av biogas år 2017 (kton våtvikt) (**Energimyndigheten, 2018b**).

	Avloppsslam	Industrislag	Gödsel	Matavfall	Övrigt ¹
Avloppsreningsverk	6 249	100		51	
Samrötningsanläggningar			602	353	
Gårdsanläggningar			311		
Industrianläggningar		2 308			
Deponier					
Summa	6 249	2 408	914	404	856

¹ Består av 610 kton industriavfall, 60 kton grödor samt 186 kton övrigt

2.1.1 Biogas från avloppsslag

År 2016 fanns det 416 stycken avloppsreningsverk med minst 2 000 anslutna personekvivalenter (pe). Storleksmässigt finns det en stor variation mellan de olika anläggningarna där över 200 anläggningar har 2 – 10 000 anslutna pe samtidigt som 21 anläggningar har över 100 000 anslutna pe (**SCB, 2018**). Totalt finns det drygt 8,6 miljoner anslutna personekvivalenter varav 55% återfinns i Stockholm, Västra Götaland och Skåne län, se figur 2 nedan. De 21 största anläggningarna har över hälften av det totala antalet anslutna personekvivalenter.



Figur 2: Andel anslutna personekvivalenter per län (**SCB, 2018**).

År 2017 producerades det 753 GWh biogas på 133 avloppsreningsverk (**Finnson, 2018**). Den genomsnittliga produktionen per anläggning uppgår därmed till cirka 5,7 GWh per år. Som beskrivits tidigare är det dock stora skillnader i skala mellan olika reningsverk. De 10 största står till exempel för över 50% av den totala biogasproduktionen. Produktionen av biogas baseras i huvudsak på avloppsslag. Det är dock relativt vanligt att reningsverken också tar emot andra råvaror i varierande omfattning och 2017 rötades också 0,2 miljoner ton avfall från hushåll och industrier (**Finnson, 2018**). Tillförseln av dessa externa råvaror ger sannolikt ett betydande tillskott till biogasproduktionen även om de står för en liten del av råvaruvolymen. Utöver biogas produceras också cirka 750 000 ton avvattnat slam vilket motsvarar 180 000 ton torrsbstans (**Finnson, 2018**).

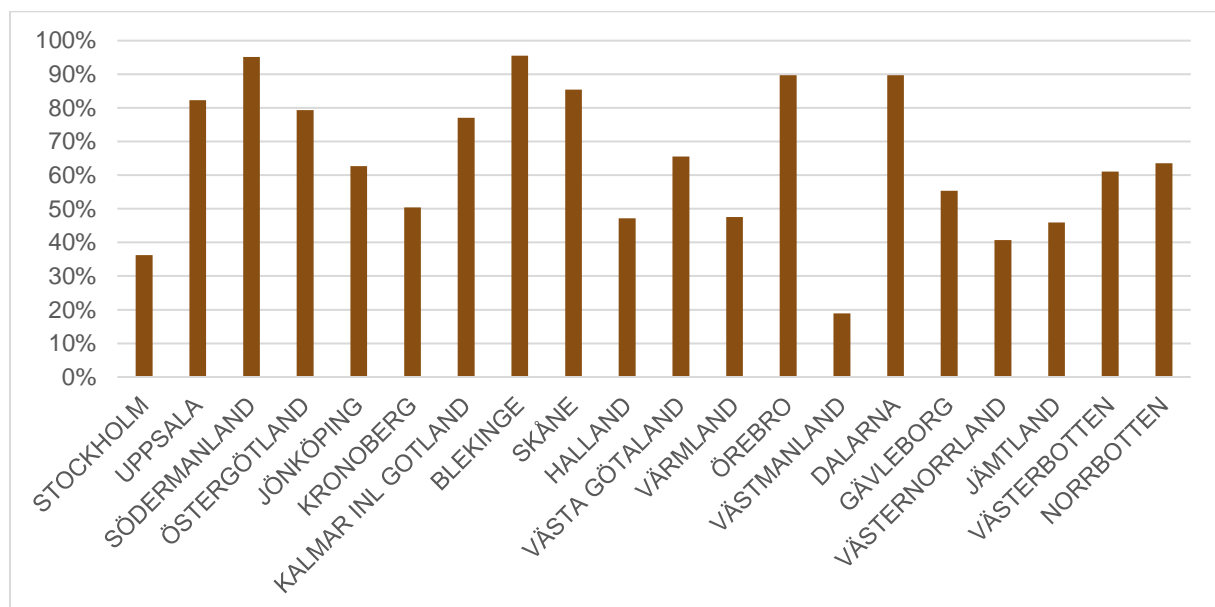
2.1.2 Biogas från matavfall

Den svenska produktionen av matavfall beräknas enligt **Naturvårdsverket (2018)** ha uppgått till 1 255 000 ton år 2016. Uttryckt på ett annat sätt motsvarar det 129 kg/person och år. Mängden avfall som uppstår i hushåll, restauranger, storkök och butiker (exklusive flytande avfall som hålls ut i avloppet) anges till 888 000 ton per år eller 88 kg/person och år.

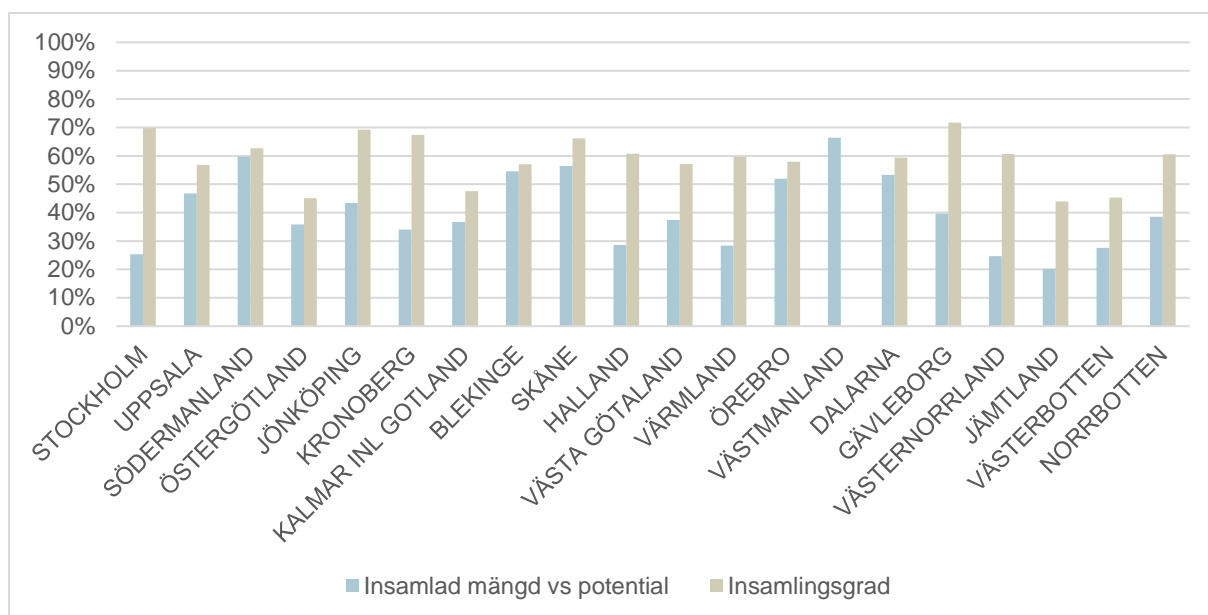
Av den totala mängden matavfall levererades cirka 350 000 ton till biologisk behandling år 2016 (**Avfall Sverige, 2017a**). Jämfört med de 888 000 ton som anges av **Naturvårdsverket (2018)** innebär det att 39% av allt matavfall källsorteras och behandlas biologiskt.

Hur många hushåll som har möjlighet att sortera ut matavfall varierar dock betydligt mellan olika kommuner. Vid en jämförelse mellan olika kommuner framkommer också en stor skillnad i hur mycket matavfall som faktiskt samlas in från de hushåll som har tillgång till källsortering. Av Sveriges 290 kommuner är det 204 stycken eller 80% som i någon omfattning erbjuder möjligheten att källsortera matavfall. Antalet hushåll som kan källsortera i dessa kommuner varierar dock mellan 1% och 100% (**Avfall Sverige, 2017a**). För att visa på förutsättningarna för att källsortera matavfall är det därför mer relevant att redovisa antalet hushåll som har möjlighet till källsortering av matavfall. Enligt **Avfall Sverige (2017a)** finns det 4,9 miljoner hushåll i Sverige inklusive fritidshus. Av dessa har 3,0 miljoner eller 61% möjlighet att källsortera matavfall. På länsnivå varierar antalet hushåll med möjlighet till källsortering mellan 19% (Västmanland) och 95% (Blekinge), se också Figur 3.

I Figur 4 redovisas hur stor andel av potentialen på 88 kg per person som samlas in. Dessutom redovisas hur stor andel av potentialen som samlas in i relation till hur många hushåll som har möjlighet till källsortering. Mängden matavfall som samlas in varierar mellan 20% och 60% av den totala potentialen på 88 kg per person. Beaktas antalet hushåll som har möjlighet till källsortering varierar insamlingsgraden istället mellan 44% och 70%. Utan att göra någon djupare analys kan det därmed konstateras att mängden matavfall som samlas in beror på fler faktorer än om hushållen har möjlighet till källsortering.



Figur 3: Hushåll med tillgång till källsortering av matavfall (**Avfall Sverige, 2017a**).



Figur 4: Andel av den totala mängden matavfall som samlas in samt insamlingsgrad i de hushåll som har tillgång till källsortering

2.1.3 Biogas från gödsel

Den svenska animalieproduktionen ger idag upphov till cirka 21 miljoner ton gödsel (SCB, 2016) från olika djurslag. Den absoluta majoriteten kommer dock från nötkreatur.

All gödsel kan användas för produktion av biogas. De praktiska förutsättningarna varierar dock beroende på typen av djurhållning och beroende på hur gödseln hanteras. Gödsel med en låg andel torrsubstans som hanteras flytande kan förhållandevis enkelt användas i traditionella biogasanläggningar som bygger på pumpbara material. Gödsel med en hög andel halm eller annan typ av strömedel måste finfördelas och spädas för att kunna hanteras i samma typ av anläggningar.

Förutsättningarna för att producera biogas från gödsel påverkas också av hur mycket gödsel och andra råvaror som finns tillgängligt på den enskilda gården eller i ett visst område. En större gård med en stor produktion av gödsel har generellt möjlighet att producera biogas till en lägre kostnad än vad en mindre gård har. Det är också möjligt att röta gödsel från flera gårdar i en gemensam anläggning för att på så sätt nå ekonomiska skalfördelar givet att transportkostnaderna inte blir för höga. Det är även vanligt att större samrötningsanläggningar som i huvudsak rötar olika typer av avfall också använder en viss mängd gödsel.

Hur mycket biogas som produceras specifikt från gödsel går inte att utläsa ur statistiken från (Energimyndigheten, 2018b). Jordbruksverket (2017) rapporterar dock att de 51 anläggningar som deltar i gödselgasstödet producerade 125 GWh biogas från 896 000 ton gödsel år 2016. I genomsnitt motsvarar det 139 kWh/ton gödsel. För år 2017 rapporterar Energimyndigheten (2018b) att svenska biogasanläggningar använde 914 000 ton gödsel vilket motsvarar 127 GWh med ett antaget biogasutbyte på 139 kWh/ton. Gödseln användes på 43 gårdsanläggningar och 20 samrötningsanläggningar som i genomsnitt tillfördes 7 200 respektive 30 100 ton per år.

I dagsläget används därmed endast cirka 5% av den totala mängden gödsel för produktion av biogas. Även om vissa typer av gödsel har egenskaper som gör den mindre intressant som råvara för biogas och även produktionen är utspridd på många relativt små gårdar bör det dock finnas förutsättningar för en ökad produktion av gödselbaserad biogas.

2.2 Användning av biogas

Biogas, som i huvudsak består av metan och koldioxid, kan användas på många olika sätt. I dagsläget används gasen framförallt som energibärare men det är också möjligt att använda metan såväl som koldioxid som råvara inom industrin. Som beskrivits tidigare uppgick den svenska produktionen av biogas till 1,9 TWh år 2017. Det finns ingen officiell statistik över hur mycket biogas som importerats eller exporterats. **Energimyndigheten (2018b)** bedömer dock att cirka 800 GWh importerades år 2017 samtidigt som exporten bedöms vara mycket liten. Den totala användningen uppgår därmed till cirka 2,7 TWh exklusive deponigas.

Användningen av den inhemskt producerade biogasen presenteras i Tabell 3. Där framgår att merparten av produktionen uppgraderas vilket i korthet innebär att gasen renas från svavelväte och andra föroreningar och att koldioxid avskiljs tills gasen håller en metankoncentration om cirka 97 – 99%. För en närmare beskrivning av olika uppgraderingstekniker se till exempel **Bauer m.fl. (2013)** och **Hoyer m.fl. (2016)**.

Enligt **Energimyndigheten (2018b)** användes 1 190 GWh inhemsk och 255 GWh importerad biogas som drivmedel år 2017. Därmed används merparten av den uppgraderade biogasen som drivmedel men 175 GWh används också för andra ändamål. Energimyndigheten antar också att resterande import på drygt 0,5 TWh i huvudsak används som uppvärmningsbränsle inom industrin. En grov bedömning är därmed att cirka 50% av biogasen (inklusive import) används som drivmedel och att 25% används inom industrin.

Tabell 3: Användning av inhemskt producerad biogas år 2017 (**Energimyndigheten, 2018b**)

	Användning (GWh)	Fördelning (%)
Uppgradering	1 334	65
Värme	384	19
Elektricitet	53	3
Industriell användning	49	2
Övrig användning	23	1
Fackling	210	10
Saknad data/värmeförluster	15	1
Summa	2 068	100

Hur biogasen används beror också i hög grad på vart den produceras. Samrötningsanläggningar uppgraderar i princip all biogas samtidigt som gårdsanläggningar i huvudsak producerar elektricitet och värme, se tabell 3. Båda dessa typer av biogasanläggningar har som primärt syfte att producera biogas. Generellt är det dock stora skillnader i skala och avsättningsmöjligheter för biogasen vilket gör att de större anläggningarna kan uppgradera sin gas samtidigt som de mindre framförallt är hänvisade till att producera kraftvärme. Det bör också noteras att den biogas som uppgraderas från gårdsanläggningar än så länge kommer från en handfull anläggningar med en gemensam uppgraderingsanläggning. Det finns också en gård som håller på att expandera sin anläggning för att övergå till uppgradering (**Halldorf, 2018**). I övrigt har det inom ramen för denna studie inte identifierats några gårdsanläggningar som uppgraderar biogasen. När det gäller avloppsreningsverk är bilden något mer komplex. Som framgår av tabell 3 uppgraderas mer än 60% av den producerade biogasen trots att den genomsnittliga produktionen är relativt begränsad. Anledningen till detta är att det finns mycket stora skalskillnader mellan de olika reningsverken och de 10 största anläggningarna står för över 50% av den totala biogasproduktionen (**Finnson, 2018**). Det absoluta flertalet uppgraderar dock inte biogasen utan väljer istället att producera elektricitet och värme. Här facklas också en stor del av biogasen vilket sannolikt beror på begränsade värmebehov under sommaren.

I tabell 4 redovisas också hur biogasen avsätts på de avloppsreningsverk som har respektive inte har en uppgraderingsanläggning. Givet vad som beskrivits ovan kan det vara intressant att notera att även de reningsverk som har uppgraderingsanläggning använder drygt 10% av biogasen för produktion av värme samtidigt som närmare 7% facklas. Anledningen till detta har inte utretts närmare i denna studie men antas bero på höga alternativkostnader för värme alternativt begränsad efterfrågan på uppgraderad biogas eller olika former av driftstörningar. Som jämförelse baserar **Börjesson m.fl. (2016)** sina beräkningar på att 4 % av biogasen, som produceras vid en samrötningsanläggning som uppgraderar gasen, facklas på grund av planerade och oplanerade driftsavbrott. Samtidigt facklar de reningsverk som inte uppgraderar biogas hela 24% av den producerade biogasen. Därmed finns det stor potential att öka mängden nyttiggjord biogas från de svenska reningsverken.

Tabell 4: Användning av biogas år 2017 uppdelat på typ av produktionsanläggning (GWh) (**Energimyndigheten, 2018b**).

	Värme	El	Uppgradering	Industri	Övrigt	Fackla	Saknad data
Avloppsreningsverk	191	15	459		2	83	3
Samrötningsanläggning	40	9	856		21	60	2
Gårdsanläggning	18	9	11			1	11
Industrianläggning	45	2		49		29	
Deponi	91	18				37	
Förgasning			8				
Summa	384	53	1 334		23	210	15

Tabell 5: Användning av biogas på svenska avloppsreningsverk (**Finnson, 2018**).

	Elektricitet	Värme	Uppgradering	Fackla
Med uppgradering	0,4%	10,9%	81,9%	6,8%
Utan uppgradering	7,0%	69,0%		24,0%
Samtliga anläggningar	2,1%	25,5%	61,3%	11,1%

2.3 Distribution av biogas

Vid normalt tryck och temperatur är biogas ett gasformigt bränsle vilket gör att den inte kan lagras och distribueras på samma sätt som flytande bränslen. I de fall gasen används för produktion av värme eller kraftvärme i direkt anslutning till produktionsanläggningen består distributionen som sådan endast av en kortare gasledning. I princip används biogasen i takt med att den produceras och förutom de volymer som ryms i röt-kammare och gastäta biogödsellager finns det därför inte heller något lager i egentlig mening. Merparten av biogasen distribueras dock från anläggningen och används på annan plats.

Uppgraderad biogas kan distribueras via gasnät eller komprimeras och transporteras på lastbil. År 2017 distribuerades 368 GWh svenskproducerad biogas i naturgasnätet på västkusten samt ytterligare 175 GWh biogas i ett fordonsgasnät i Stockholm. Totalt finns det 13 injektionsstationer i de två näten med en total kapacitet på 893 GWh. Inom parentes kan nämnas att det inte byggts några nya injektionsstationer sedan år 2014 (**Energimyndigheten, 2018b**). Utöver dessa större nät finns det också mer lokala nät i till exempel Linköping och Kristianstad. Dessa är dock inte inkluderade här.

Beaktas den importerade biogasen från Danmark uppgår den totala mängden biogas i det västsvenska gasnätet till cirka 25% under de första tre kvartalen år 2018 (**Swedgas, 2019**).

I de fall uppgraderad biogas inte distribueras via gasnät komprimeras den till 200 – 250 bar och transporteras på lastbil. Det finns också en anläggning i Sverige där gasen förvätskas genom att kylas ned till -163 grader Celsius för att därefter transporteras i flytande form (**Börjesson m.fl., 2016; Energimyndigheten, 2018b**).

Den slutliga distributionen av uppgraderad biogas som används som drivmedel sker via olika typer av tankställen. År 2018 fanns det 50 depåer för bussar, 185 publika och 14 icke publika tankställen. Drygt hälften av all fordonsgas tankades på någon av de 50 bussdepåerna vilket visar på kollektivtrafikens betydelse för användningen av biogas som drivmedel (**SCB, 2019**).

2.4 Produktion av biogödsel

Produktion av biogas ger också upphov till en rötrest som innehåller allt material från de ingående råvarorna som inte omvandlats till biogas. Det kan till exempel röra sig om kol i form av lignin och andra svårnedbrytbara organiska föreningar, det kan vara näringsämnen som kväve, fosfor och kalium men det också röra sig om olika föreningar som funnits i råvarorna och som inte brutits ned i den anaeroba processen. Råvarornas sammansättning har därför stor betydelse för rötrestens kvalitet och hur den kan användas.

År 2017 producerades det totalt 2,7 miljoner ton rötrest varav drygt 80% användes som gödselmedel. För samrötningsanläggningar och gårdsanläggningar används i princip all rötrest som gödselmedel samtidigt som merparten av det avloppsslam som rötas används för andra ändamål, se tabell 6. Notera också att för avloppsslam avses avvattnat slam.

Tabell 6: Produktion och användning av rötrest år 2017 (**Energimyndigheten, 2018b**)

Anläggningstyp	Rötrest (kton)	Användning som gödselmedel (%)
Avloppsreningsverk	611	31
Samrötningsanläggningar	1 722	99
Gårdsanläggningar	316	100
Industrianläggningar	11	52
Summa	2 660	83

2.5 Den svenska biogaspotentialen

Det finns ett antal olika studier som analyserat hur mycket biogas som skulle kunna produceras på regional eller nationell nivå under olika förutsättningar. I vissa fall beräknas den teoretiska potentialen som i princip bygger på antagandet att all tillgänglig råvara omvandlas till biogas. I andra fall beräknas en praktisk potential där det tas hänsyn till ekonomiska och tekniska begränsningar samt konkurrerande användningsområden för olika råvaror. Den nationella biogaspotentialen från restprodukter har tidigare beräknats till 10,6 – 15,2 TWh där den högre potentialen i princip avser den tekniska potentialen och den lägre inkluderar vissa ekonomiska och praktiska begränsningar (**Linné m.fl., 2008**). I en något senare studie uppdateras biogaspotentialen från halm vilket ger till 10,3 TWh från restprodukter (**WSP, 2013**). Som ett räkneexempel anges också att biogaspotentialen från grödor skulle kunna uppgå till 7,2 TWh om 10% av den svenska åkerarealen används för energigrödor. I samma studie beräknas också den realiserbara biogaspotentialen under olika ekonomiska och tekniska förhållanden vilket ger en potential på 1,2 – 9,6 TWh. Detta kan jämföras med de 7 TWh biogas som **Energigas Sverige (2018)** anger som förhållandevis enkelt tillgängligt i närtid.

I Tabell 7 redovisas hur biogaspotentialen fördelas mellan olika råvarukategorier. Där framgår att den absoluta merparten av biogaspotentialen består av lantbruksrelaterade råvaror så som gödsel och odlingsrester. Inkluderas även energigrödor ökar lantbrukssektorns betydelse ytterligare. Därmed återfinns huvuddelen av potentialen i län med en stor lantbrukssektor så som Skåne, Västra Götaland, Uppsala och Östergötland. Råvaror som avloppsslam och matavfall från hushåll och restauranger är dock direkt kopplat till befolkningen och därmed koncentrerat till de större städerna.

Tabell 7: Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter (**Linné m.fl., 2008**)

	Biogaspotential (GWh/år)
Avloppsslam	700
Matavfall	759
Industriavfall	1 062
Gödsel och odlingsrester	8 099
Summa	10 647

3. Metod för att beräkna miljöeffekter

Produktion och användning av biogas ger upphov till olika miljöeffekter beroende på vilka råvaror som används, hur produktion och distribution av biogas utformas samt hur den producerade biogasen och biogödseln används. I många studier beräknas miljöeffekterna av olika biogassystem baserat på ISO-standarden för livscykelanalys, se till exempel **Börjesson m.fl. (2010)**; **(Börjesson m.fl., 2016)** och **Tufvesson m.fl. (2013b)**. I en sådan livscykelanalys är avsikten att ge en så fullständig bild av biogassystemets miljöpåverkan som möjligt och den inkluderar allt från produktion och distribution av råvaror till produktion och användning av biogas och biogödsel. Livscykelanalysen kan omfatta ett flertal olika miljöpåverkans kategorier men vanligast är påverkan på växthuseffekten, övergödning och försurning samt emissioner av partiklar. Som funktionell enhet används ofta miljöpåverkan per MJ biogas men beroende på syfte och omfattning skulle den funktionella enheten exempelvis också kunna vara miljöpåverkan per kWh elektricitet eller fordonskilometer.

I de fall det analyserade systemet ger upphov till mer än en nytting ska miljöpåverkan fördelas mellan de olika produkterna. Detta kallas också att allokera miljöpåverkan. Vid produktion av biogas kan det till exempel handla om att fördela miljöpåverkan mellan biogas och rötrest. Denna fördelning kan till exempel ske baserat på energiinnehåll eller ekonomiskt värde. I första hand är rekommendationen dock att försöka undvika allokering genom att istället tillämpa systemexpansion. Systemexpansion innebär att det analyserade systemet utvidgas så att effekterna av att ersätta någon annan produkt också inkluderas i analysen. Dessa indirekta effekter kan vara såväl positiva som negativa. Användning av biogödsel från biogassystem kan till exempel minska användningen av mineralgödsel och därmed också de emissioner som uppstår vid produktion och användning av mineralgödsel. Samtidigt kan lagring och spridning av biogödsel i vissa fall ge större emissioner än vad som skulle vara fallet med mineralgödsel. Att etablera ett biogassystem innebär också att de råvaror som används hanteras på ett annorlunda sätt än vad som skedde tidigare. Ett viktigt exempel är när gödsel används för att producera biogas vilket påverkar emissionerna som annars skulle ha skett från konventionell gödselhantering.

När det gäller användningen av biodrivmedel finns det idag krav på att emissionerna av växthusgaser ska kvantifieras för att säkerställa att dess användning reducerar emissionerna av växthusgaser med ett visst antal procent jämfört med att använda fossila drivmedel. Hur stor reduktionsgrad som krävs beror på när anläggningen togs i drift. För anläggningar som driftsattes senast den 5 oktober 2015 är kravet 50% reduktion jämfört med fossila drivmedel. För anläggningar som driftsattes mellan den 6 oktober 2015 och den 31 december 2020 är kravet 60% och för anläggningar som driftsattes därefter är kravet 65% reduktion jämfört med fossila bränslen som antas ge upphov till 94 gram CO₂-ekv./MJ (**EU, 2018**). Styrmedel som syftar till en utökad produktion av biogas som drivmedel bör därmed endast fokusera på biogassystem där reduktionen är 65% eller mer. Utöver ovanstående krav på reducerade emissioner av växthusgaser finns också ett antal kriterier för vilken mark som får användas för att producera biomassa från jord- och skogsbruk som inte är att beakta som restprodukter.

Den metod som ska användas för att beräkna emissionerna beskrivs i direktivet om förnybara energikällor som antogs för första gången i april 2009 (**EU, 2009**). Även med denna beräkningsmetod är ambitionen att ge en så heltäckande bild som möjligt av utsläppen. Den är dock något förenklad jämfört med metoden i ISO-standarden (**Lantz, 2017**). Dels medger den användningen av normalvärden då producenten inte kan eller vill räkna för med specifika värden för det egna systemet och dels används allokering baserat på energiinnehåll och inte systemexpansion. För biogassystem innebär det till exempel att nyttan av att använda biogödsel inte inkluderas. Tidigare har inte heller några indirekta effekter så som förändrad gödselhantering inkluderats. Den 11 december 2018 antogs ett nytt direktiv (RED2) som ska implementeras i nationell lagstiftning senast den 30 juni år 2021 och som innebär vissa förändringar för hur emissionerna av växthusgaser ska beräknas (**EU, 2018**).

Då direktivet om förnybara energikällor redan är implementerat i svensk lag beräknas emissionerna av växthusgaser i denna studie i huvudsak baserat på den metod och de systemgränser som beskrivs där. Med hänsyn till denna studies framåtsyftande fokus baseras dock beräkningar och resonemang på RED2. Beräkningsmetod och inkluderade parametrar presenteras översiktligt i följande avsnitt.

För att ge en mer fullständig bild inkluderas även effekterna av den biogödsel som också produceras. Dessutom beräknas påverkan på övergödning och försurning samt emissioner av partiklar med samma systemgränser. Samma metod och systemgränser används också oavsett om biogasen används som drivmedel eller till något annat ändamål.

3.1 Direktivet om förnybara energikällor

I direktivet om förnybara energikällor anges vilken metod som ska användas för att beräkna emissionerna av växthusgaser. Utifrån tidigare direktiv har Energimyndigheten och branschorganisationer tagit fram närmare instruktioner för hur beräkningsmetoden ska tillämpas i Sverige vilket bland annat finns beskrivet i (**Lantz, 2017**). I skrivande stund finns inte några sådana instruktioner för det nya direktivet. De översiktliga beräkningar som kommer att redovisas här baseras därför på den metod som beskrivs i direktivet, se följande avsnitt, med beaktande av de svenska tolkningar som gjorts av nuvarande direktiv.

3.1.1 Beräkningsmetod

De aspekter som enligt direktivet ska beaktas presenteras i Ekvation 1 nedan. I korthet innebär det att produktion av råvaror, transporter och bearbetning ska inkluderas i beräkningarna. Dessutom kan emissionerna minskas i de fall produktionssystemet leder till ökad inlagring av kol eller avskiljning och lagring eller användning av koldioxid.

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} \quad (1)$$

E = totala utsläpp från användningen av bränslet

e_{es} = utsläpp från utvinning eller odling av råvaror

e_l = på år fördelade utsläpp från förändringar av kollager till följd av förändrad markanvändning

e_p = utsläpp från bearbetning

e_{td} = utsläpp från transport och distribution

e_u = utsläpp från bränsle som används

e_{sca} = utsläppsminskningar genom beständig inlagring av kol i marken genom förbättrade jordbruksmetoder

e_{ccs} = utsläppsminskningar genom avskiljning av koldioxid och geologisk lagring

e_{ccr} = utsläppsminskningar genom avskiljning och ersättning av koldioxid

För respektive kategori av utsläpp som presenterats ovan ger direktivet kortfattade instruktioner om hur de ska beräknas. Dessa kommer inte upprepas här i sin helhet utan den intresserade läsaren hänvisas till (**EU, 2018**). Ytterligare bakgrundsmaterial återfinns också i **Giuntoli m.fl. (2017)**.

3.1.2 Normalvärden

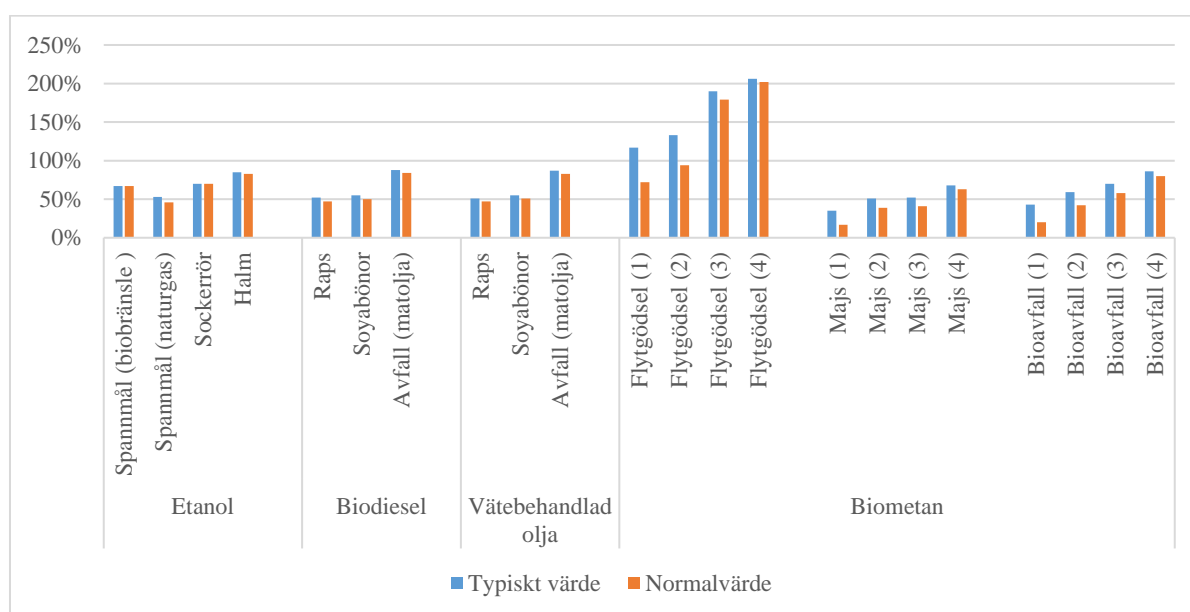
I direktivet anges också typiska värden respektive normalvärden för ett antal biodrivmedel baserat på olika råvaror. Typiska värden anger vad som kan förväntas från respektive produktionskedja. I de fall producenten av biodrivmedel inte kan eller vill göra egna beräkningar är det tillåtet att använda de så kallade normalvärdena istället. Det är också möjligt att kombinera normalvärden för vissa delar av produktionskedjan med faktiska värden för den egna produktionen. För att uppmuntra användningen av egna värden är de tillåtna normalvärdena dock konservativt satta jämfört med vad som kan förväntas (de typiska värdena).

I Figur 5 redovisas typiska värden och normalvärden för några utvalda biodrivmedel och råvaror så som de anges i direktivet. För etanol ger normalvärdena en reduktion på minst 67% förutsatt att spannmålsbaserad etanol produceras med hjälp av biobränslebaserad processenergi. Störst reduktion (83%) nås när etanolen baseras på halm. För biodiesel och vätebehandlad olja är det däremot endast den avfallsbaserade produktionen som når en tillräckligt hög reduktionsgrad baserat på normalvärden såväl som typiska värden.

För biogas anger direktivet normalvärden och typiska värden för tre olika råvaror; flytgödsel, majs och bioavfall. Dessutom ges värden för fyra olika produktionssystem nämligen:

1. Ej inneslutna rötresten och ingen förbränning av restgaser från uppgradering
2. Ej inneslutna rötresten och förbränning av restgaser från uppgradering
3. Inneslutna rötresten och ingen förbränning av restgaser
4. Inneslutna rötresten och förbränning av restgaser

När det gäller gödselbaserade system uppgår reduktionen till 72% - 202% beroende på hur rötresten och restgaserna från uppgraderingen hanteras. Baserat på de normalvärden som ges i direktivet är gödselbaserad biogas därmed det biodrivmedel som uppvisar i särklass störst klimatnytta givet att biogassystemet är optimalt utformat. Samtidigt är normalvärdena mycket låga för biogas från majs och avfall där det krävs både inneslutning av rötresten samt förbränning av restgaser från uppgraderingen för att biogasen ska nå hållbarhetskriterierna för anläggningar som driftsatta efter den 6 oktober år 2015. De normalvärden som anges i direktivet ska dock ses som en lägsta nivå som inte nödvändigtvis är representativa för svenska förhållanden.



Figur 5: Typiskt värde och normalvärde för utsläppsreduktion för olika biodrivmedel (EU, 2018).

3.2 Generella antaganden

I föreliggande studie redovisas miljöeffekterna av att producera biogas från några olika råvaror samt att använda biogasen för olika ändamål. För att tydliggöra eventuella skillnader mellan dessa olika biogassystem redovisas miljöpåverkan först för produktion av rågas. Eventuella positiva effekter som uppstår här är därmed kopplat till produktionen som sådan och inte knuten till användningen av biogas. Därefter beräknas nyttan av att använda biogas för olika ändamål. Här inkluderas också den förädling av biogas som eventuellt krävs för att biogasen ska kunna användas för respektive ändamål.

3.2.1 Funktionell enhet och miljöpåverkanskategorier

I direktivet om förnybara energikällor redovisas emissioner per MJ drivmedel (EU, 2015, 2018). Då beräkningarna i föreliggande studie gäller för flera användningsområden samt under svenska förhållanden används dock miljöpåverkan per kWh biogas som funktionell enhet.

Klimatpåverkan uttrycks i gram CO₂-ekvivalenter och förkortas hädanefter GWP (Global Warming Potential). Förurning och övergödning uttrycks i gram SO₂-ekvivalenter respektive PO₄³⁻-ekvivalenter och förkortas AP (acidification potential) respektive EP (eutrophication potential). För karakteriseringsfaktorer se appendix A.

3.2.2 Råvaror för produktion av biogas

Som beskrivits i kapitel 2 kan biogas produceras från en rad olika råvaror som är mer eller mindre vanligt förekommande på svenska biogasanläggningar idag. I föreliggande studie beräknas miljöeffekterna av att producera biogas från avloppsslam, källsorterat matavfall, industriavfall och gödsel. För matavfall, industriavfall och gödsel redovisas antaganden om metanutbyte samt koncentration av näringsämnen och kol i Tabell 8. När det gäller biogas från avloppsslam används dock andra systemgränser än för övriga råvaror. Då anaerob nedbrytning i årtionden varit en integrerad del av slamhanteringen på flertalet större avloppsreningsverken ses biogasen som en biprodukt från konventionell slamhantering. För biogas från avloppsslam används därför samma systemgränser som föreslagits i Lantz (2017) och som numera även tillämpas i de svenska föreskrifterna för hur biogasens uppfyllande av hållbarhetskriterierna ska beräknas. Dessa innebär att emissioner från biogasproduktion och slamhantering inte belastar biogassystemet. Däremot inkluderas emissioner som uppstår vid förädling och fortsatt användning av biogasen.

Tabell 8: Råvaror för biogas, antagen sammansättning (Lantz och Björnsson, 2018)

	Metanutbyte (m ³ CH ₄ /ton ts)	TS (% vv)	VS (% TS)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	C (% TS)
Matavfall	431	19	87	4,3	0,5	1,4	45
Industriavfall	449	13	95	4,3	0,5	1,4	45
Gödsel*	158	12	80	4,9	1,0	4,2	43

* För gödsel antas en blandning av flytgödsel och fastgödsel från nöt och svin

3.2.3 Produktion av rötrest

Vid produktion av biogas uppkommer också en rötrest som innehåller allt i de ingående råvarorna som inte avgått i biogasen. Beroende på råvarornas sammansättning kan rötresten därmed innehålla olika makro- och mikronäringsämnen men också eventuella föroreningar som inte brutits ned i den anaeroba processen. Förutsatt att råvarorna inte innehåller några sådana föroreningar kan rötresten dock med fördel användas som gödningsmedel på åkermark. Som beskrivits i kapitel 2 används också i princip all rötrest från gårdsanläggningar och samröttningsanläggningar som gödselmedel. Givet den processutformning som antagits här kommer rötresten vara flytande och det antas därför att den lagras och hanteras på samma sätt som flytgödsel. Biogödselns sammansättning beräknas enligt den modell som beskrivits av Lantz m.fl. (2017) och presenteras i Tabell 9. Den volymreduktion som uppstår vid

biogasproduktionen antas slutligen uppgå till 15%, 11% respektive 4% för matavfall, industriavfall och gödsel (Lantz och Björnsson, 2018).

Tabell 9: Biogödselns sammansättning beroende på råvara

	TS (% vv)	N (g/kg)	NH ₄ -N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	C (% TS)
Matavfall	4,5	5,1	3,8	0,6	1,6	44
Industriavfall	2,1	4,9	3,8	0,5	1,5	46
Gödsel*	8,3	5,1	3,3*	1,0	4,4	42

*Varav biogasprocessen antas ha bidragit med 0,8 kg NH₄-N

3.2.4 Inkluderade och ersatta energibärare

Nyttan av att använda biogas beror i stor utsträckning på vilka energibärare den antas ersätta. På motsvarande sätt påverkas miljöeffekterna av att producera biogas bland annat av vilka energibärare som används vid produktionen och vilka emissioner de för med sig in i biogasset. De antaganden som presenteras här baseras dels på utformningen av det svenska energisystemet och dels på den praktiska tillämpningen i svenska biogasset idag så som det beskrivs i appendix B och C.

När det gäller drivmedel antas att biogasset använder dieseldrivna lastbilar för transport av råvaror och biogödsel samt dieseldrivna traktorer för spridning av biogödsel. I de fall biogasen används som drivmedel beräknas miljöeffekterna av att den ersätter bensin alternativt diesel för lätta och tunga fordon. Vid industriell användning antas att biogas ersätter naturgas.

Produktion och distribution av biogas kräver också tillförsel av elektricitet. Här antas att den elektricitet som används kommer från nätet och att emissionerna motsvarar svensk elmix. På motsvarande sätt antas att elektricitet som produceras av biogas ersätter svensk elmix. Slutligen kräver produktionen av biogas också en viss tillförsel av värme. Precis som för elektricitet kan produktion av värme baseras på en rad olika bränslen i stor och liten skala. Här baseras beräkningarna på att den värme som används för att producera biogas kommer från en flispanna. Det antas också att värme från biogas ersätter värme från flis oavsett om produktionen sker i stor eller liten skala.

Emissionsfaktorer för respektive energibärare och användningsområde sammanfattas i Tabell 10 och Tabell 11. För ytterligare resonemang och referenser se appendix C.

Tabell 10: Emissionsfaktorer för elektricitet, värme och naturgas (gram/kWh)

	GWP	AP	EP	Partiklar
Elektricitet	47,0	0,13	0,026	0,05
Värme	15,4	0,32	0,059	0,01
Naturgas*	249	0,03	0,006	0,01

*Produktion och distribution

Tabell 11: Emissionsfaktorer för produktion och användning av drivmedel (gram/kWh)

	GWP	AP	EP	Partiklar
Lastbilar och bussar				
- Diesel	338,4	0,33	0,06	0,01
- Biogas _{Max}		0,33	0,06	0,01
- Biogas _{Min}		0	0	0
Personbilar				
- Bensin	338,4	0,29	0,05	0,02
- Biogas _{Max}		0,29	0,05	0,02
- Biogas _{Min}		0	0	0
-				
Traktor – Diesel	338,4	1,81	0,34	0,04

3.2.5 Produktion av mineralgödsel

I Tabell 12 nedan redovisas de emissioner som produktionen av mineralgödsel antas ge upphov till. När det gäller kväve antas att 50% av produktionen sker med katalytisk lustgasreduktion. I **Lantz och Björnsson (2016)** redovisas också en kortare litteraturstudie som visar att emissionerna av växthusgaser kan variera mellan 3,6 och 8,0 kg CO₂-ekvivalenter per kg N.

Tabell 12: Emissioner per kg för produktion av mineralgödsel (**Lantz och Björnsson, 2018**)

	GWP (g CO ₂ -ekv.)	AP (g SO ₂ -ekv.)	EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv.)	Partiklar (gram)
P	3 166	12,6	2,4	9,5
K	468	1,9	0,4	1,4
N	5 960	13,5	4,9	0,8

4. Miljöeffekter av att producera biogas

Som beskrivits tidigare kan biogas produceras från en rad olika råvaror. Biogasanläggningarna kan också utformas på olika sätt, i olika skala och med varierande tillförsel av processenergi och emissioner av metan. Den rötrest som också produceras kan även den ha olika egenskaper och hanteras på olika sätt. För att kvalitativt och kvantitativt kunna beskriva miljöeffekterna av olika biogassystem är det därför nödvändigt att närmare beskriva och definiera dessa olika aspekter. Samtidigt har varje biogassystem sina egna förutsättningar och miljöeffekterna varierar därför mellan olika anläggningar.

Nedan presenteras en översiktlig kvalitativ och kvantitativ beskrivning av de miljöeffekter som biogassystem baserade på matavfall, industriavfall och gödsel kan ge upphov till. Som beskrivits tidigare ses biogas från avloppsslam som en biprodukt från konventionell slamhantering och några emissioner antas därför inte belasta biogassystemet (**Lantz, 2017**). Detta produktionssystem visas därför inte här.

För en enklare jämförelse med de data som anges i direktivet om förnybara energikällor används samma uppdelning av de olika delarna i biogassystemet. Data redovisas därför för *odling, bearbetning, transporter, komprimering, gödselkrediter* samt *övrigt*. Posten *övrigt* innehåller de aspekter som inte inkluderas i RED2 men som ändå bedöms ha betydelse för biogassystemets totala miljöpåverkan.

4.1 Odling

Som beskrivits ovan presenteras data här med samma uppdelning som i RED2. Med odling avses därför inte bara odling av grödor utan alla aktiviteter som genomförs för att göra en viss råvara tillgänglig för biogasanläggningen. Transporter redovisas dock för sig.

I föreliggande studie baseras beräkningarna på att biogas produceras från avfall och olika restprodukter. Enligt EU (2018) ska dessa inte belastas med några emissioner och produktionen av dessa råvaror inkluderas därför inte här. Det samma gäller för gödsel som antas vara en restprodukt från produktionen av animalier och vars produktion därför inte heller belastar biogassystemet.

4.2 Bearbetning

Posten bearbetning inkluderar produktionen av rågas som sådan samt lagring av biogödsel. Emissionerna kan därför härröras till den elektricitet och värme som används på anläggningen samt emissioner från biogödsellagren och metanläckage från biogasanläggningen.

Vid produktion av biogas används elektricitet för att driva omrörare, pumpar, skruvar och kompressorer med mera. Behovet av elektricitet varierar dels beroende på anläggningens utformning men också på vilken typ av råmaterial som används. Värme används i huvudsak för att värma upp råmaterialet till önskad processtemperatur som kan vara cirka 37 eller 55 grader Celsius. I de fall anläggningen hanterar animaliska biprodukter behöver råmaterialet också hygieniseras. Den vanligaste tekniken för att göra detta innebär en upphettning till 70 grader i en timme. Behovet av värme styrs därmed dels av vilken processtemperatur som används, dels av temperaturen på ingående råvaror samt på användningen av värmeväxlare och hur välisolerad röt-kammaren är. Vid produktion av biogas finns också en risk för att en del av den producerade metanen avgår genom ofrivilliga läckage. Detta kan till exempel uppstå vid hantering av råmaterial, vid läckage från otätheter och vid underhållsarbeten. Risken för metanslipp kan därför reduceras genom anläggningens konstruktion och underhåll samt ett systematiskt arbete med att identifiera och åtgärda eventuella läckor.

Här antas behovet av elektricitet uppgå till 23 kWh/ton för matavfall (inklusive förbehandling) samt 12 kWh/ton för industriavfall och gödsel. Behovet av värme sätts till 35 kWh/ton (**Lantz, 2017**). I samtliga fall antas att värme produceras lokalt i en flispanna och att den elektricitet som används köps från nätet

och för med sig emissioner motsvarande svensk elmix. Det antas också att läckaget av metan uppgår till 0,4% av produktionen för alla råvaror (**Lantz, 2017**).

I Tabell 13 sammanfattas de emissioner som uppstår kopplat till anläggningens energianvändning samt läckage av metan. För emissionsfaktorer se kapitel 4 samt appendix A och C.

Tabell 13: Emissioner från processenergi och metanläckage vid produktion av biogas

	GWP (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)	Partiklar (mg/kWh)
Matavfall	16	17	3	2
Industriavfall	16	22	4	2
Gödsel	20	66	12	5

Vid produktion av biogas uppkommer också en rötrest som innehåller allt i de ingående råvarorna som inte avgått i biogasen. Beroende på råvarornas sammansättning kan rötresten därmed innehålla olika makro- och mikronäringsämnen men också eventuella föroreningar som inte brutits ned i den anaeroba processen. Förutsatt att råvarorna inte innehåller några sådana föroreningar kan rötresten dock med fördel användas som gödningsmedel på åkermark. Som beskrivits i kapitel 2 används också i princip all rötrest från gårdsanläggningar och samrötningsanläggningar som gödselmedel. Givet den processutformning som antagits här kommer rötresten vara flytande och det antas därför att den lagras och hanteras på samma sätt som flytgödsel.

Baserat på de systemgränser som anges i RED2 (**EU, 2018**) inkluderas de emissioner som uppstår vid lagring av biogödsel under posten bearbetning. De emissioner som uppstår vid transport och spridning samt möjligheten att ersätta mineralgödsel beaktas istället under posten övrigt.

Lagring av biogödsel kan ge upphov till emissioner av metan, lustgas och ammoniak som i sin tur indirekt kan ge upphov till ytterligare lustgas. Emissionerna av metan beror bland annat på hur väl utrotat det organiska materialet är och vilken temperatur lagren håller. Emissionerna av ammoniak är sin tur kopplat till mängden kväve i biogödsel samt eventuell täckning av lagren. För en närmare beskrivning se exempel **Tufvesson m.fl. (2013a)** eller **Lantz och Björnsson (2016)**.

När det gäller emissioner av metan beräknas de här enligt den modell som presenteras i **Lantz och Björnsson (2016)** som i sin tur är en modifiering av den beräkningsmodell som anges av IPCC. I korthet baseras beräkningarna på mängden organiskt material i rötresten, hur mycket metan som teoretiskt kan produceras samt en metankonverteringsfaktor som visar hur stor andel av den teoretiska metanpotentialen som faktiskt produceras. Mängden organiskt material som kvarstår i biogödseln efter rötning samt teoretiskt metanutbyte beräknas här baserat på den metod som beskrivits i **Lantz m.fl. (2017)**. Metankonverteringsfaktorn sätts därefter till 3,5% ,vilket också är vad som används i den svenska klimatrapporeringen (**Lantz och Björnsson, 2016**). Det resulterande metanläckaget uppgår slutligen till cirka 0,1 gram/kWh för avfall och 0,7 gram/kWh för gödsel.

Detta kan jämföras med de 1,8 respektive 2,0 gram/kWh som **Giuntoli m.fl. (2017)** anger för bioavfall och gödsel och som tycks ligga till grund för de normalvärden som anges i RED2. Dessa är som synes betydligt högre vilket delvis tycks bestå i olika antaganden om mängden organiskt material som kvarstår efter rötning, temperaturen i rötrestlagret och hur stor den teoretiska metanpotentialen är. Författarna anger också att deras beräknade metanläckage ligger i nivå med vad som skulle uppnås om de tillämpad metoden som anges av IPCC med en metankonverteringsfaktor på 10%. En så hög konverteringsfaktor har dock bedöms som för hög för svenska förhållanden vilket är anledningen till att Naturvårdsverket använder 3,5% i den svenska klimatrapporeringen (**Lantz och Björnsson, 2016**).

När det gäller emissioner av metan kan dessa minskas genom att biogasanläggningen utrustas med en efterrötkammare där biogödseln tillåts svalna samtidigt som den producerade metanen samlas upp. Det är också möjligt att lagra biogödseln i täta brunnar med gasuppsamling för att på så sätt eliminera

metanläckaget. I RED2 ges också två alternativa normalvärden för biogassystem beroende på om rötresterna är inneslutna eller inte. Här redovisas därför två fall där metanläckaget beräknas till 0,1 respektive 0,7 gram/kWh för avfall och gödsel samt ett där det antas att det inte uppstår något läckage. Det sistnämnda antas ske genom att den metan som uppstår i rötrestlagret tas om hand alternativt att rötresten hanteras på ett sådant sätt att det inte uppstår något metanläckage. I båda fallen antas dock att mängden nyttiggjord metan inte ökar vilket är en underskattning av miljönyttan då den producerade metanen samlas in.

När det gäller emissioner av ammoniak och lustgas antas att samtliga biogödsellager är försedda med tak och att 1% av kvävet i biogödsel avgår som ammoniak. Det antas också att det inte finns något svämtäcke och att det därmed inte uppstår någon direkt lustgasbildning. Däremot antas att det sker en indirekt lustgasbildning motsvarande 1% av kvävet som avgått i form av ammoniak (IPCC, 2006).

Tabell 14: Emissioner från lagring av biogödsel

	GWP¹ (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)
Matavfall	0,10 – 3,35	82	15
Industriavfall	0,14 – 3,39	115	22
Gödsel	0,49 – 17,99	399	75

¹ Med och utan metanläckage från biogödsellagren

4.3 Transport

I de fall biogasproduktionen baseras på matavfall antas att insamlingen som sådan skulle ha skett oavsett om det produceras biogas eller inte och att dessa transporter därför inte ska belasta biogasproduktionen. Detta antagande görs även i **Lantz (2017)** och **Giuntoli m.fl. (2017)**. I **Giuntoli m.fl. (2017)** antas att produktionen av biogas medför ett ökat transportbehov på 20 km (enkel resa) vilket antas belasta biogasproduktionen med 0,5 gram CO₂-ekvivalenter per MJ biogas. Här görs dock bedömningen att för svenska förhållanden är det tämligen vanligt att avfallet behandlas i anslutning till förbehandlingsanläggningen och några ytterligare transporter inkluderas därför inte här. För industriavfall görs motsvarande resonemang där det antas att produktionen av biogas inte medför några ytterligare transporter.

För gödselbaserad biogas beräknas energianvändning och emissioner för en större samrötningsanläggning dit gödsel transporteras från flera olika gårdar. Transporterna antas ske med lastbil och energiförbrukning samt emissioner presenteras i Tabell 15. Transportavståndet kan variera betydligt mellan olika anläggningar men sätts här till 15 km enkel väg vilket kan jämföras med de 5 km enkel väg som antas i **Giuntoli m.fl. (2017)**. Behovet av diesel för att transportera gödsel 15 km sätts här till 2,4 kWh/ton våtvikt vilket motsvarar 12,6 kWh/MWh biogas från gödsel (**Lantz, 2017**).

I de fall produktionen sker på gårdsbaserade anläggningar uppstår inga transporter och de emissioner som redovisas i tabell 15 kan därmed exkluderas från biogasens miljöpåverkan. Det kan också finnas fall där biogas produceras på en gårdsanläggning som använder gödsel från ytterligare några gårdar. I sådana fall uppstår ett visst transportbehov.

Tabell 15: Energibehov och emissioner per kWh biogas för att transportera gödsel till en central biogasanläggning (15 km)

	Energi (kWh/kWh)	GWP (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)	Partiklar (mg/kWh)
Gödsel	0,013	4,26	4,16	0,77	0,16

4.4 Gödselkrediter

Konventionell lagring av flytgödsel sker normalt i betongbrunnar där det uppstår en anaerob miljö under vätskeytan. Detta i kombination med det organiska material och de mikroorganismer som finns i gödsel gör att gödselbrunnen blir en mycket enkel biogasanläggning där metan läcker ut i atmosfären. Det kan även bildas en del lustgas i det svämtäcke som ska täcka flytgödseln. Även lager av fastgödsel kan ge upphov till läckage av växthusgaser. Emissionernas storlek beror på gödselns sammansättning, hur den hanteras och omgivningens temperatur. Emissionerna kan därför variera betydligt mellan olika gårdar. Om gödseln istället används för produktion av biogas minimeras dessa emissioner genom att det organiska materialet bryts ned under kontrollerade former och den metan som bildas samlas upp och nyttiggörs.

I direktivet om förnybara energikällor anges denna så kallade gödselkredit till -45 gram CO₂-ekv./MJ gödsel. Med den omvandlingsgrad på 42% som anges av **Giuntoli m.fl. (2017)** motsvarar det 107 gram CO₂-ekv./MJ eller 386 gram/kWh biogas.

I **Lantz och Björnsson (2016)** beräknas istället de undvikna emissionerna av växthusgaser till cirka 139 respektive 174 gram CO₂-ekvivalenter/kWh biogas för flytgödsel från nöt respektive svin.

De emissioner som tidigare beräknats för svenska förhållanden är därmed avsevärt lägre än de som används i RED2. Precis som för emissioner av metan från rötrestlagren beror detta sannolikt på olika antaganden om mängden organiskt material i gödseln samt hur mycket av detta som omvandlas till metan. Då svenska producenter av biogas har rätt att använda sig av de standardvärden som anges i RED2 redovisas här två alternativ. Ett som följer RED2 (med en gödselkredit på 386 gram/kWh) och ett som följer **Lantz och Björnsson (2016)** där gödselkrediten sätts till 157 gram/kWh (medelvärde för nöt och svin).

4.5 Övriga effekter

Indirekta effekter kan, som beskrivits ovan, vara att biogassystemet medför en förändrad hantering av råvaror samt att biogödseln ersätter andra gödselmedel. Här inkluderas de effekter som uppstår om biogödseln antas ersätta mineralgödsel. Med något enstaka undantag använder svenska biogasanläggningar en teknik med kontinuerligt omrörda tankar för produktion av biogas. Den biogödsel som produceras blir därmed flytande med egenskaper liknande flytgödsel. Det är visserligen möjligt att avvattna biogödsel och producera en flytande kväverik fraktion och en fast mer fosforrik fraktion. Detta är dock ovanligt och inkluderas inte här.

De emissioner som uppstår vid lagring av biogödsel har inkluderats tidigare under avsnittet bearbetning. För att ge en mer fullständig bild inkluderas här de emissioner som kan uppstå vid transport och spridning av biogödsel vilka också ska belasta biogassystemet.

Samtidigt är det viktigt att notera att användningen av biogödsel också leder till en minskad användning av mineralgödsel. Därmed minskar produktionen av mineralgödsel och de emissioner som då undviks ska på motsvarande sätt krediteras biogassystemet. Dessutom undviks de emissioner som skulle skett när mineralgödseln sprids.

4.5.1 Transport och spridning av biogödsel

Här antas att biogödseln transporteras i samma typ av lastbilar som används för transport av flytgödsel och andra flytande råvaror. Med ett antaget transportavstånd på 15 km enkel resa blir energiförbrukningen därmed 2,4 kWh diesel/ton våtvikt (**Lantz, 2017**). För spridning av biogödsel sätts energianvändningen till 3 kWh/ton våtvikt (**Tufvesson m.fl., 2013a**). Vid produktion av biogas sker en nedbrytning av organiskt material vilket också ger en viss vikt- och volymreduktion. Här görs dock förenklingen att ett ton råvara också ger upphov till ett ton biogödsel. När det gäller gödsel antas dock att biogödseln transporteras tillbaka i samma bilar som används för att transportera gödsel och att det inte tillkommer några ytterligare transporter för biogödseln. Det antas också att gödseln skulle ha spridits på åkermark även när det inte producerats biogas. Därmed beaktas inte någon ytterligare energianvändning för spridning av gödsel. Antagen energianvändning och relaterade emissioner redovisas i Tabell 16 och Tabell 17.

Tabell 16: Energibehov och emissioner för att transportera biogödsel från en central biogasanläggning (15 km)

	Energi (kWh/kWh)	GWP (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)	Partiklar (mg/kWh)
Matavfall	0,003	0,84	0,82	0,15	0,03
Industriavfall	0,004	1,24	1,21	0,22	0,05

Tabell 17: Energibehov och emissioner för att sprida biogödsel

	Energi (kWh/kWh)	GWP (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)	Partiklar (mg/kWh)
Matavfall	0,003	1,05	5,64	1,05	0,13
Industriavfall	0,005	1,55	8,29	1,54	0,20

Utöver de energirelaterade emissioner som sammanfattas i Tabell 16 och Tabell 17 kommer spridning av biogödsel också ge upphov till emissioner av ammoniak samt direkta och indirekta emissioner av lustgas. För direkta emissioner av lustgas antas att 1% av allt tillfört kväve avgår i form av lustgas (**Naturvårdsverket, 2019b**).

När det gäller ammoniak kommer emissionernas storlek variera med spridningsteknik och väderförhållanden men också i vilken gröda biogödseln sprids (**Hansen, 2001; Karlsson och Rodhe, 2002; Miljöministeriet, 2010; Björnsson m.fl., 2016**). Baserat på det resonemang som förs i **Lantz och Björnsson (2018)** antas en genomsnittlig ammoniakavgång på 10% vid spridning av biogödsel. Vid spridning av mineralgödsel antas att 0,9% av tillfört mineralkväve avgår som ammoniak (**Tufvesson m.fl., 2013a**). Då det antas att all ammoniumkväve från matavfall och industriavfall ersätter mineralgödsel antas att nettoeffekten blir en ammoniakavgång på 9,1 %. För gödsel görs samma antagande för den ökade mängden ammoniumkväve som biogasprocessen ger upphov till. Slutligen antas att 1% av kvävet i den ammoniak som avgår vid spridning omvandlas till lustgas (**IPCC, 2006**).

Tabell 18: Emissioner av ammoniak samt direkt och indirekt lustgasavgång vid spridning av biogödsel

	GWP (g/kWh)	AP (mg/kWh)	EP (mg/kWh)
Matavfall	27	672	125
Industriavfall	37	999	186
Gödsel	1,5	719	134

4.5.2 Produktion och spridning av mineralgödsel

Biogödselns innehåll av näringsämnen kan variera betydligt beroende på råvarornas sammansättning och därmed kan den ersätta varierande mängder mineralgödsel. Miljönyttan av att ersätta mineralgödsel beror också på vilka antaganden som görs om vart och hur denna producerats.

Här baseras beräkningarna på den biogödsel som presenteras i Tabell 9 samt de emissionsfaktorer som ges i Tabell 12. Observera att för gödsel beaktas bara den ökade mängden ammoniumkväve som biogasprocessen ger upphov till. När det gäller fosfor och kalium skulle dessa näringsämnen använts som gödselmedel oavsett om gödseln rötats eller ej.

Tabell 19: Emissioner vid produktion av mineralgödsel per kWh biogas (Lantz och Björnsson, 2018)

	GWP (g)	AP (g)	EP (mg)	Partiklar (mg)
Matavfall	30,7	0,1	25,2	13,0
Industriavfall	43,3	0,1	35,6	17,7
Gödsel	25,5	0,1	21,1	3,4

4.5.3 Förändrad inbindning av markkol

Organiska gödselmedel så som stallgödsel och rötrest innehåller, förutom olika typer av näringsämnen, också kol. När dessa organiska gödselmedel tillförs åkermark kan en del av kolet bilda stabilt markkol. Hur stor andel av det tillförda kolet som verkligen övergår till stabilt markkol och därigenom agerar som en kolsänka kan variera betydligt beroende på i vilken form kolet föreligger i gödselmedlet men också beroende vart det sprids.

I den svenska klimatrapporeringen används en modell, introductory carbon balance model (ICBM), för att beräkna markkolsförändringar. Resultat från denna modell har också använts i olika miljösystemstudier för produktion av biogas (Tufvesson m.fl., 2013a; Björnsson m.fl., 2016; Lantz och Björnsson, 2016). För mer underlag se Björnsson m.fl. (2016) och Kätterer m.fl. (2011).

I korthet beräknas hur stor andel av det tillförda kolet som övergår till markens så kallade gamla kolpool med hjälp av en humifieringsfaktor. För stallgödsel och rötat avloppsslam anges denna till 27% respektive 41% (Kätterer m.fl., 2011). Här baseras beräkningarna på samma resonemang som i Lantz och Björnsson (2018) vilket innebär att mängden kol som övergår i markens gamla kol pool beräknas med en humifieringsfaktor på 27% för stallgödsel och 34% för övriga råvaror (medelvärde mellan stallgödsel och röttslam). Anledningen till detta antagande är att det inte identifierats någon humifieringsfaktor för rötrest i litteraturen.

Av den humifierade mängden kol antas att 86% bildar stabilt markkol (Björnsson m.fl., 2016; Lantz och Björnsson, 2016). Läsaren bör dock observera att dessa faktorer är förknippade med stora osäkerheter och ska främst ses som en indikation på hur mycket stabilt markkol som skulle kunna bildas genom tillförsel av gödsel och rötrest. Givet dessa grova antaganden uppskattas mängden stabilt markkol uppgå till 2,5 – 9,8 kg/ton rötrest och 11,5 kg/ton stallgödsel, se också Tabell 20. Givet de biogasutbyten och den volymreduktion som presenterats i kapitel 4 ger detta en markkolsuppbyggnad motsvarande 18,7 respektive 9,3 gram CO₂-ekv./kWh biogas. För biogas från gödsel beräknas biogasproduktionen istället reducera mängden markkol med motsvarande 39,9 gram CO₂-ekv./kWh.

Tabell 20: Beräknad markkolsuppbyggnad per ton rötrest och örötad gödsel (Lantz och Björnsson, 2018)

	C (kg/ton)	Stabilt markkol (kg C/ton)	Stabilt markkol (kg CO ₂ /ton)
Matavfall	16,8	4,9	18,0
Industriavfall	8,5	2,5	9,1
Gödsel	33,7	9,8	36,1
Örötad gödsel	49,6	11,5	42,2

4.6 Samlade miljöeffekter vid produktion av biogas

I följande avsnitt sammanfattas de miljöeffekter som bedöms uppstå vid produktion av biogas givet de antaganden och beräkningar som presenterats tidigare i detta kapitel. För gödselbaserad biogas redovisas resultatet för en central samrötningsanläggning. Emissionerna för en helt gårdsbaserad anläggning fås dock genom att exkludera emissionerna från transporter. Detta är dock under förutsättning att energianvändning och metanläckage i övrigt är exakt de samma vid en jämförelse av de båda anläggningstyperna. Skulle metanläckaget från gårdsanläggningen till exempel vara 0,8% jämfört med 0,4% för samrötningsanläggningen är det mer än tillräckligt för att kompensera för de emissioner av växthusgaser som uppstår vid gödseltransporten.

4.6.1 Klimatpåverkan

I Tabell 21 sammanfattas emissionerna av växthusgaser som uppstår vid produktion av biogas från olika råvaror beroende på om biogödseln lagras under tak eller inte och beroende på hur de minskade emissionerna av växthusgaser från konventionell gödsellagring krediteras. Sammanfattningsvis kan det konstateras att produktion av biogas från avfall från hushåll och industrier reducerar emissionerna av växthusgaser med cirka 15 – 24 gram CO₂-ekvivalenter per kWh biogas. Det kan också konstateras att emissionerna minskar för samtliga råvaror om biogassystemet utökas med posten övrigt jämfört med vad som anges i RED2. För avfall beror detta i stor utsträckning på en ökad inbindning av markkol. För gödsel uppstår en minskad inbindning av markkol som dock kompenseras av att mängden mineraliserat kväve ökar i den rötade gödseln. För gödselbaserad biogas är det dock framförallt gödselkrediteringen som påverkar det totala resultatet.

Tabell 21: Emissioner av växthusgaser (gram CO₂-ekv /kWh)

	Bearbetning	Transport	Gödselkrediter	Övrigt	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	16,0			-34,7	-18,7
- Ej innesluten rötrest	19,2			-34,7	-15,4
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	15,9			-39,6	-23,7
- Ej innesluten rötrest	19,2			39,6	-20,4
Gödsel					
- Innesluten rötrest ¹	20,2	4,3	-157	-3,6	-136,1
- Innesluten rötrest ²	20,2	4,3	-386	-3,6	-365,1
- Ej innesluten rötrest ¹	37,7	4,3	-157	-3,6	-118,6
- Ej innesluten rötrest ²	37,7	4,3	-386	-3,6	-347,6

¹ Med en gödselkredit på 157 gram/kWh baserat på Lantz och Björnsson (2016)

² Med en gödselkredit på 386 gram/kWh baserat på RED2.

4.6.2 Förurning, övergödning och partiklar

I Tabell 22 och 23 sammanfattas de emissioner med betydelse för förurning och övergödning som uppstår i och med produktionen av biogas. Emissionerna är i mycket stor utsträckning kopplade till lagring och spridning av biogödsel samt de emissioner som annars skulle ha skett vid lagring och spridning av gödsel och mineralgödsel. När det gäller lagring antas att biogödseln lagras under tak med låga emissioner som följd. Spridning av biogödsel bedöms dock ge upphov till större emissioner av ammoniak än spridning av motsvarande mängd mineralgödsel. Dessa emissioner är i stor utsträckning knutna till hur biogödseln sprids och det finns exempel i litteraturen på både högre och lägre emissioner. När det gäller partiklar, se Tabell 24, är dessa i huvudsak knutna till den energianvändning som sker i systemet och den minskade produktionen av mineralgödsel som rötresten kan ge upphov till. För biogas från avfall bedöms emissionerna av partiklar därför minska något.

Tabell 22: Emissioner av försurande ämnen (gram SO₂-ekv. /kWh)

	Bearbetning	Transport	Gödselkrediter	Övrigt	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	0,1			0,6	0,7
- Ej innesluten rötrest	0,1			0,6	0,7
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	0,1				1,1
- Ej innesluten rötrest	0,1				1,1
Gödsel					
- Innesluten rötrest	0,5	0,0042		0,3	0,8
- Ej innesluten rötrest	0,5	0,0042		0,3	0,8

Tabell 23: Emissioner av övergödande ämnen (g PO₄³⁻-ekv./kWh)

	Bearbetning	Transport	Gödselkrediter	Övrigt	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	0,02			0,1	0,1
- Ej innesluten rötrest	0,02			0,1	0,1
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	0,03			0,2	0,2
- Ej innesluten rötrest	0,03			0,2	0,2
Gödsel					
- Innesluten rötrest	0,09			0,1	0,2
- Ej innesluten rötrest	0,09			0,1	0,2

Tabell 24: Emissioner av partiklar (gram/kWh)

	Bearbetning	Transport	Gödselkrediter	Övrigt	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	0,002			-0,011	-0,01
- Ej innesluten rötrest	0,002			-0,011	-0,01
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	0,002			-0,02	-0,01
- Ej innesluten rötrest	0,002			-0,02	-0,01
Gödsel					
- Innesluten rötrest	0,005	0,0002			0,006
- Ej innesluten rötrest	0,005	0,0002			0,006

5. Miljöeffekter av att använda biogas

De miljöeffekter som uppstår när biogas används beror på vilka energibärare biogasen antas ersätta och de emissioner som uppstår kopplat till produktion och användning av dessa. Att ersätta fossila bränslen som bensin och diesel ger till exempel en avsevärt högre klimatnytta än att ersätta andra biobränslen. Att använda biogas istället för andra bränslen kan också påverka andra typer av emissioner så som kväveoxider och partiklar.

Ur ett samhällsperspektiv är det dock viktigt att inte bara beakta hur emissionerna förändras när biogas ersätter ett visst bränsle. Det är också viktigt att värdera vilka andra alternativ som finns för just den applikationen. Att ersätta eldningsolja med biogas ger till exempel en stor klimatnytta men om oljan används för uppvärmningsändamål finns det även andra förnybara alternativ vilket också bör beaktas för att ge en rättvisande bedömning.

Som beskrivits i kapitel 2 kan biogas till exempel användas som drivmedel, som bränsle eller råvara inom industrin eller för produktion av värme och kraftvärme. Här kvantifieras de miljöeffekter som uppstår när biogas används för produktion av värme och elektricitet samt som drivmedel och för att ersätta naturgas i industriella tillämpningar. I de fall respektive användningsområde förutsätter en ytterligare distribution eller förädling av biogasen jämfört med den produktion av rågas som beskrivits i föregående kapitel inkluderas även dessa steg här.

5.1 Drivmedel

5.1.1 Produktion och distribution

Idag används merparten av den svenska biogasproduktionen som drivmedel i bland annat bussar, personbilar och lastbilar. Dessa biogassystem kan se olika ut och baseras på olika tekniska lösningar. Vanligast är dock att biogasen uppgraderas och därefter transporteras via ett gasnät till en tankstation där den komprimeras innan den tankas. Alternativt att den uppgraderade gasen komprimeras i anslutning till produktionsanläggningen och transporteras på lastbil till olika tankstationer. Ett tredje alternativ som ännu är ovanligt men som kan komma att få en betydande roll i framtiden är att den uppgraderade biogasen förvätskas istället för att komprimeras och därefter transporteras i tankbil till tankstationerna.

Det finns olika tekniska lösningar för att uppgradera och förvätska biogas. Respektive teknik har olika behov av energi och andra processhjälpmedel som påverkar miljöeffekterna av att uppgradera biogasen. Vid uppgradering kan det också ske ett visst läckage av metan som varierar mellan olika tekniska lösningar men också mellan olika anläggningar. Här baseras beräkningarna på att biogasen uppgraderas med en vattenskrubber vilket är den vanligaste uppgraderingstekniken i Sverige idag. Därefter visas två exempel där den uppgraderade biogasen antingen distribueras via ett gasnät till en tankstation där den högtryckskomprimeras alternativt att gasen komprimeras vid produktionsanläggningen och därefter distribueras på lastbil. Dessutom visas ett exempel där den uppgraderade biogasen förvätskas och distribueras på lastbil till en tankstation. Antaganden om energibehov redovisas i Tabell 25.

Läckaget av metan från uppgraderingsanläggningen antas här uppgå till 0,5% av den producerade biogasen (Börjesson m.fl., 2016). Då direktivet om förnybara energikällor anger normalvärden med och utan förbränning av restgaser från uppgraderingen visas också ett exempel utan metanläckage från uppgraderingsanläggningen. Detta skulle till exempel kunna uppnås genom att oxidera restgaserna eller genom att välja en uppgraderingsteknik med ett lägre metanläckage. Metanläckaget från komprimering, förvätskning och tankstation antas här vara försumbart.

Miljöeffekterna av att uppgradera och distribuera biogasen beräknas därefter givet de emissionsfaktorer som presenterats i kapitel 3 och sammanfattas i Tabell 26.

Tabell 25: Energianvändning för produktion och distribution av fordonsgas (kWh/MWh) (Börjesson et al., 2016)

Distributionsform	Komprimerad biogas (CBG)		Flytande biogas (LBG)
	Gasnät	Lastbil	Lastbil
Uppgradering (elektricitet)	42	42	42
Komprimering (elektricitet)		30	
Förvätskning (elektricitet)			60
Transport (diesel)		8	4
Tankstation (elektricitet)	30	7	4

Tabell 26: Emissioner per kWh distribuerad biogas

Distributionsform	Komprimerad biogas (CBG)		Flytande biogas (LBG)
	Gasnät	Lastbil	Lastbil
GWP (g CO ₂ -ekv.)*	3,4 – 12,4	3,7 – 12,7	4,8 – 14,0
AP (mg SO ₂ -ekv.)	5,3	5,8	7,4
EP (mg PO ₄ ³⁻ -ekv.)	1,0	1,1	1,4
Partiklar (mg)	1,3	1,4	1,8

*Med respektive utan ett metanläckage på 0,5% från uppgraderingsanläggningen

Den uppgraderade och distribuerade biogasen antas därefter ersätta bensin i personbilar eller diesel i lastbilar och bussar. Antagen utsläppsreduktion för respektive bränsle framgår av Tabell 27 nedan. För ytterligare resonemang och referenser se kapitel 3 samt appendix C. Observera att här beaktas inte eventuella skillnader i verkningsgrad mellan gasdrivna fordon och fordon som använder bensin och diesel. I Tabell 28 visas slutligen miljöeffekterna av att uppgradera och distribuera biogas och ersätta bensin och diesel.

Tabell 27: Utsläppsreduktion per kWh biogas beroende på vilket bränsle som ersätts och antagna emissioner från gasfordon

	Bensin	Diesel
GWP (g CO ₂ -ekv.)	338,4	338,4
AP (g SO ₂ -ekv.)	0 – 0,29	0 – 0,33
EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv.)	0 – 0,05	0 – 0,06
Partiklar (g)	0 – 0,02	0 – 0,01

Tabell 28: Utsläppsreduktion per kWh biogas som ersätter drivmedel beroende på produktion och distribution av biogasen

Distributionsform	Biogas ersätter bensin		Biogas ersätter diesel		
	Gasnät	Lastbil	Gasnät	CBG	LBG
GWP (g CO ₂ -ekv.)*	326 – 335	326 – 335	326 – 335	326 – 335	324 – 333
AP (mg SO ₂ -ekv.)**	-0,01 – 0,29	-0,01 – 0,29	-0,01 – 0,32	-0,01 – 0,32	-0,01 – 0,32
EP (mg PO ₄ ³⁻ -ekv.)**	0 – 0,05	0 – 0,05	0 – 0,06	0 – 0,06	0 – 0,06
Partiklar (mg)**	0 – 0,01	0 – 0,01	0 – 0,01	0 – 0,01	0 – 0,01

*Med respektive utan ett metanläckage på 0,5% från uppgraderingsanläggningen

**Om det antas att gasmotorn inte har några emissioner respektive samma emissioner som en konventionell motor

5.2 Elektricitet och värme

Biogas kan användas för att producera elektricitet och värme i små och stora anläggningar. Den vanligaste lösningen, ur ett internationellt perspektiv, är att produktionen sker i direkt anslutning till biogasanläggningen. I dessa fall används relativt små gasmotorer av olika slag. Den elektriska verkningsgraden kan variera betydligt beroende på skala och teknisk lösning men bedöms typiskt vara i storleksordningen 30 - 40%. Den termiska verkningsgraden är generellt något högre och bedöms här vara cirka 40 – 50% där en högre elektrisk verkningsgrad ofta leder till en lägre termisk (**Lantz, 2012**). Biogas kan också användas i stora anläggningar med högre verkningsgrad. Ryaverket i Göteborg rapporterar till exempel en elektrisk och termisk verkningsgrad på 50% respektive 39% för år 2017 (**Göteborg Energi, 2018**).

Här baseras beräkningarna på en mindre kraftvärmeanläggning med en antagen elektrisk och termisk verkningsgrad på 35% respektive 45%. Det antas också att all elektricitet levereras ut på nätet och att all värme används för att ersätta flis. Emissionsfaktorer för elektricitet och värme framgår i kapitel 4.

I kapitel 4 beräknades miljöeffekterna av att producera rågas. Vid produktion av kraftvärme kan det krävas en viss efterbehandling av gasen som till exempel att reducera koncentrationen av svavelväte. Här bortses dock från den miljöpåverkan som denna eventuella efterbehandling kan föra med sig.

Övrig miljöpåverkan från produktionen av kraftvärme bedöms primärt bestå av emissioner från gasmotorn. I princip rör det sig om samma typ av emissioner som kan uppstå när biogas används i tunga fordon även om stationära motorer inte är reglerade på samma sätt. Här baseras dock beräkningarna på gränsvärdena i Euro VI. Det bör dock påpekas att i tidigare studier redovisas betydande metanläckage från såväl svenska, danska som tyska anläggningar. För att visa på betydelsen av ett eventuellt metanläckage visas ett exempel utan något metanläckage och ett exempel med ett läckage på 1,6 gram/kWh biogas. För referenser och antaganden se till exempel **Tufvesson m.fl. (2013a)** och **Lantz och Björnsson (2016)**. I Tabell 29 redovisas antagna emissioner från produktion av kraftvärme från biogas samt den utsläppsreduktion som uppstår då kraftvärme från biogas ersätter svensk elmix och värme från flis.

Tabell 29: Emissioner vid produktion och användning av kraftvärme från biogas (gram/kWh)

	GWP (CO₂-ekv.)	AP SO₂-ekv.	EP (PO₄³-ekv.)	Partiklar
Produktion av kraftvärme*	0 – 40	0,28	0,05	0,01
Ersättning av elektricitet	-16,45	-0,04	-0,009	-0,016
Ersättning av värme	-6,94	-0,14	-0,026	-0,006
Resultat	-23,4 – 16,6	-0,10	-0,02	-0,01

*Med och utan metanläckage från gasmotorn

5.3 Ersätta naturgas som råvara eller energibärare

Idag uppgår den svenska naturgasanvändningen till cirka 11 TWh varav ungefär 40% används inom industrin och 30% som råvara i olika processer. Därutöver används naturgasen främst för produktion av elektricitet och värme samt i mindre utsträckning inom transportsektorn, se också appendix B.

I vissa av dessa tillämpningar är det sannolikt möjligt att använda lokalt produceras biogas som inte har uppgraderats. För att ge en mer allmängiltig bild som också medger distribution av biogasen via naturgasnät eller på lastbil antas dock att all gas uppgraderas. Här antas därför att energianvändning och emissioner är de samma som för produktion och distribution av fordonsgas exklusive drift av tankstation. För vissa större naturgasanvändare levereras naturgasen sannolikt vid ett högre tryck än de 4 bar som antagits här. Den ökade elförbrukning som en sådan tryckhöjning skulle ge upphov till kan

ha relativt stor betydelse för den totala elförbrukningen. I **Börjesson m.fl. (2016)** beräknas till exempel att en tryckhöjning från 4 till 80 bar kräver cirka 18 kWh elektricitet/MWh metan. Detta exempel visas dock inte här. De emissioner som undviks när biogas ersätter naturgas framgår av Tabell 10 i kapitel 4 och i Tabell 30 visas de samlade miljöeffekterna av att ersätta naturgas beroende på hur gasen distribueras.

Tabell 30: Utsläppsreduktion per kWh biogas vid ersättning av naturgas beroende på hur biogasen distribueras

	GWP* (g CO ₂ -ekv.)	AP (g SO ₂ -ekv.)	EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv.)	Partiklar (g)
Gasnät	238 – 247	0,049	0,009	0,02
Lastbil CBG	237 – 246	0,046	0,009	0,02
Lastbil LBG	236 – 245	0,044	0,008	0,02

*Med respektive utan ett metanläckage på 0,5% från uppgraderingsanläggningen

5.4 Samlade miljöeffekter vid användning av biogas

I Tabell 31 sammanfattas den beräknade utsläppsreduktionen som uppstår då biogas används som drivmedel, för produktion av elektricitet och värme eller för att ersätta naturgas. I korthet kan det ses att samtliga analyserade system där biogasen används för att ersätta fossila drivmedel och naturgas leder till att emissionerna minskar eller är oförändrade. Undantaget är försurning där biogasen i värsta fall kan leda till en marginell ökning av emissionerna. Detta sker dock endast om emissionerna från en gasmotor är de samma som från en dieselmotor. Vid produktion av kraftvärme ger biogasen ökade emissioner av försurande och övergödande föroreningar. Huruvida emissionerna av växthusgaser ökar eller minskar beror på de eventuella metanslippen från förbränningen av metan.

Tabell 31: Utsläppsreduktion i gram per kWh biogas beroende på hur biogasen avsätts.

Användning	Distributionsform	GWP* (CO ₂ -ekv.)	AP** (SO ₂ -ekv.)	EP** (PO ₄ ³⁻ -ekv.)	Partiklar**
Drivmedel					
- Bensin	Gasnät	326 – 335	-0,01 – 0,29	0 – 0,05	0 – 0,01
	CBG	326 – 335	-0,01 – 0,29	0 – 0,05	0 – 0,01
- Diesel	Gasnät	326 – 335	-0,01 – 0,32	0 – 0,06	0 – 0,01
	CBG	326 – 335	-0,01 – 0,32	0 – 0,06	0 – 0,01
	LBG	324 – 333	-0,01 – 0,32	0 – 0,06	0 – 0,01
Kraftvärme	Lokal användning	-16,6 – 23,4	-0,1	-0,02	0,01
Naturgas	Gasnät	238 – 247	0,05	0,009	0,02
	CBG	237 – 246	0,05	0,009	0,02
	LBG	236 – 245	0,04	0,008	0,02

*Med respektive utan metanläckage

**Om det antas att gasmotorn inte har några emissioner respektive samma emissioner som en konventionell motor

6. Samhällsekonomisk analys

I traditionella företagsekonomiska kalkyler beräknas det ekonomiska värdet av olika åtgärder för enskilda organisationer eller personer. Samhällsekonomiska kalkyler har istället som syfte att beräkna hur en åtgärd påverkar alla personer och organisationer i hela eller delar av samhället (**Bångman, 2012**). En samhällsekonomisk värdering ska idealt inkludera alla effekter som en åtgärd för med sig. Utöver direkta ekonomiska transaktioner kan det till exempel handla om effekter på miljö och hälsa och människors bekvämlighet (till exempel tidsåtgång för transporter och risk för förseningar). Andra faktorer som kan inkluderas i samhällsekonomiska kalkyler är till exempel buller, risk för olyckor, försörjningstrygghet och sysselsättningseffekter (**2050 consulting, 2018; Trafikverket, 2018**).

Här beaktas det samhällsekonomiska värdet av att biogassystem ger upphov till förändrade emissioner av växthusgaser och partiklar samt emissioner som påverkar övergödning och försurning.

Olika typer av emissioner påverkar samhället på olika sätt och de kan också värderas med hjälp av olika metoder. Här baseras beräkningarna på de värden som används av **Trafikverket (2018)** och **Naturvårdsverket (2015)**. För en närmare beskrivning av metoder, antaganden och referenser hänvisas till dessa båda publikationer.

6.1 Samhällsekonomisk värdering av emissioner

6.1.1 Klimatpåverkan

Här baseras beräkningarna på de kalkylvärden som anges av **Trafikverket (2018)** vilket innebär att kostnaden för emissioner av växthusgaser relateras till den svenska koldioxidskatten. I 2014 års prisnivå sätter Trafikverket kostnaden till 1,14 kr/kg CO₂-ekvivalent. Dessutom rekommenderas att en kostnad på 3,5 kr/kg används i känslighetsanalyser. Trafikverket antar också en årlig uppräkningsfaktor på 1,5% vilket innebär en uppräkning med 7,7% för att motsvara dagens nivå. I dagens prisnivå sätts därför kostnaden till 1,23 respektive 3,77 kr/kg CO₂-ekvivalent. Här visas resultatet för båda dessa värden.

6.1.2 Partiklar

När det gäller emissioner av fina partiklar (PM_{2,5}) och kostnaden för den negativa hälsopåverkan som dessa kan föra med sig anger **Trafikverket (2018)** ett värde på 585,9 kr/exponeringsenhet. En exponeringsenhet är en person som påverkas av partiklarna. Den samhällsekonomiska kostnaden för emissioner av partiklar är därmed tydligt knuten till vart emissionerna sker och hur många personer som bor där. För exempel på hur **Trafikverket (2018)** värderar emissioner av partiklar i olika tätorter se Tabell 32. Där framgår att värdet av partikelemissioner varierar betydligt beroende på vart de uppkommer. För emissioner på landsbygden sätts kostnaden till noll.

Här antas att de emissioner av partiklar som uppstår när biogas produceras i huvudsak sker utanför tätorterna. Det kan till exempel handla om distribution av råvaror och biogödsel, produktion av processenergi samt produktion av mineralgödsel. Den samhällsekonomiska kostnaden för dessa emissioner sätts därför till noll. Samma antagande görs vid användning av biogas för produktion av kraftvärme eller för att ersätta naturgas. När det gäller användning av biogas som drivmedel används värdet för en, enligt Trafikverket, svensk referenstätort med 35 700 invånare vilket innebär 3 459 kr/kg i 2019 års kostnadsläge, se också Tabell 32.

6.1.3 Försurning

Den samhällsekonomiska kostnaden för emissioner som bidrar till försurningen anges av **Naturvårdsverket (2015)** till 3,33 Euro/kg SO₂-ekvivalent. Som jämförelse anger **Trafikverket (2018)** att kostnaden för regionala naturskadeffekter relaterade till emissioner av svaveldioxid uppgår till 29 kr/kg i 2014 års prisnivå vilket motsvarar 31 kr idag. Trafikverket anger också att de lokala kostnaderna

för emissioner av svaveldioxid uppgår till 17,2 kr/exponeringsenhet vilket motsvarar 18,4 kr idag. På motsvarande sätt som för partiklar varierar den totala samhällsekonomiska skadan av dessa emissioner därför beroende på vart de uppkommer, se också Tabell 32.

Här sätts den samhällsekonomiska kostnaden till 31 kr/kg SO₂-ekvivalenter för emissioner som sker utanför tätorterna. I de fall biogas används som drivmedel inom tätorter adderas kostnaden för lokala effekter och kostnaden sätts till 102 kr/kg för att representera en svensk referenstätort.

Tabell 32: Kostnad för lokala effekter i tätorter för emissioner av partiklar och SO₂ i 2019 års prisläge (**Trafikverket, 2018**)

	kr/kg PM2,5	kr/kg SO₂
Stockholms innerstad	14 087	408
Stockholms ytterstad	8 897	260
Stor-Stockholm yttre	3 559	111
Uppsala	6 339	185
Falun	4 861	142
Kristianstad/Referenstätort*	3 459	102

*Befolkningsmässig medianort med 35 700 invånare

6.1.4 Övergödning

Precis som för emissioner av partiklar och ämnen som påverkar försurningen kan kostnaden för övergödning variera betydligt beroende på vart emissionerna sker. Kostnaderna är dock inte relaterade till befolkningsmängd utan till hur känsliga olika vattenmiljöer är. I föreliggande studie baseras beräkningarna på samma antagande som i **Naturvårdsverket (2015)** vilket innebär ett punktvärde på 218 kr/kg fosfatekvivalent oberoende av vart emissionerna uppstår. Detta värde är cirka 10% högre än maxvärdet i det intervall som identifierats av **Tufvesson m.fl. (2013a)**. Det antas också att värdet på 218 kr/kg gäller prisnivån för år 2014 vilket i dagens läge motsvarar 233 kr/kg fosfatekvivalent. Denna kostnad används också i föreliggande studie.

6.2 Produktion och användning av biogas

I föregående kapitel har miljöeffekterna av att producera och använda biogas kvantifierats för ett antal olika biogassystem. Här värderas dessa emissioner ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

6.2.1 Produktion av biogas

När det gäller produktion av biogas kan det inledningsvis konstateras att resultatet varierar beroende på vilket råvara som används. Om värdet av att undvika emissioner av växthusgaser baseras på den svenska koldioxidskatten (1,23 kr/kg CO₂-ekvivalent) ger produktion av biogas från avfall till exempel en viss negativ samhällsnytta. Detta beror framförallt på att hanteringen av biogödsel bedöms ge upphov till en ökad försurning och övergödning jämfört med användningen av mineralgödsel, se Tabell 33 och Tabell 34. Läsaren bör dock observera att här ingår alltså inte nyttan av att använda biogasen utan endast produktionen samt användningen av biogödsel. I de fall biogas produceras från gödsel är dock samhällsnyttan klart positiv. Skulle värdet av att undvika emissioner av växthusgaser istället sättas till 3,77 kr/kg, vilket Trafikverket rekommenderar som känslighetsanalys, ger samtliga analyserade system en neutral eller positiv samhällsnytta.

Det kan också konstateras att huruvida metanläckaget från rötrestlagren elimineras eller inte har en mycket begränsad betydelse för den totala samhällsnyttan. När det gäller gödselbaserad biogas är det istället valet av gödselkreditering som har mycket stor betydelse. Att använda schablonen från direktivet om förnybara energikällor istället för den som beräknats av **Lantz och Björnsson (2016)** mer än fördubblar samhällsnyttan av att producera biogas från gödsel.

Tabell 33: Samhällsekonomiskt värde av att producera biogas från olika råvaror (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 1,23 kr/kg CO₂-ekv.

	GWP ¹	AP	EP	Partiklar	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	0,02	-0,02	-0,03	0	-0,03
- Ej innesluten rötrest	0,02	-0,02	-0,03	0	-0,03
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	0,03	-0,03	-0,04	0	-0,05
- Ej innesluten rötrest	0,03	-0,03	-0,04	0	-0,05
Gödsel					
- Innesluten rötrest	0,17 – 0,45	-0,02	-0,03	0	0,11 – 0,39
- Ej innesluten rötrest	0,15 – 0,43	-0,02	-0,03	0	0,09 – 0,37

1. För gödselbaserad biogas visar intervallet betydelsen av att undvika emissioner från konventionell lagring av stallgödsel kvantifieras till 157 – 386 gram/kWh (**Lantz och Björnsson, 2016; Giuntoli m.fl., 2017**).

Tabell 34: Samhällsekonomiskt värde av att producera biogas från olika råvaror (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 3,77 kr/kg CO₂-ekv.

	GWP ¹	AP	EP	Partiklar	Summa
Matavfall					
- Innesluten rötrest	0,07	-0,02	-0,03	0	0,02
- Ej innesluten rötrest	0,06	-0,02	-0,03	0	0,01
Industriavfall					
- Innesluten rötrest	0,09	-0,03	-0,04	0	0,01
- Ej innesluten rötrest	0,08	-0,03	-0,04	0	0,00
Gödsel					
- Innesluten rötrest	0,51 – 1,38	-0,02	-0,03	0	0,45 – 1,32
- Ej innesluten rötrest	0,45 – 1,31	-0,02	-0,03	0	0,39 – 1,25

1. För gödselbaserad biogas visar intervallet betydelsen av att undvika emissioner från konventionell lagring av stallgödsel kvantifieras till 157 – 386 gram/kWh (**Lantz och Björnsson, 2016; Giuntoli m.fl., 2017**).

6.2.2 Användning av biogas

Det samhällsekonomiska värdet av att använda biogas påverkas i mycket hög utsträckning av vilken energibärare som ersätts. Att ersätta bensin och diesel ger en nytta på 0,40 – 0,49 kr/kWh biogas beroende på hur emissionerna antas skilja sig åt mellan en gasdriven motor och en som drivs med bensin eller diesel. Det högre värdet representerar ett scenario där gasmotorn inte har några emissioner alls samtidigt som övriga följer Euro 6 och Euro VI. Det lägre värdet visar utfallet då det inte antas vara några skillnader alls, förutom när det gäller växthusgaser, mellan motorer som drivs med gas eller bensin och diesel. I praktiken bör det samhällsekonomiska värdet ligga någonstans inom detta intervall. Att ersätta naturgas ger ett något lägre samhällsekonomiskt värde eftersom naturgas ger upphov till lägre emissioner av växthusgaser än övriga fossila bränslen. Samhällsnyttan är dock fortfarande klart positiv.

I de fall biogas används för produktion av kraftvärme är samhällsnyttan dock betydligt mer begränsad. Under förutsättning att den elektricitet som produceras ersätter svensk elmix och den värme som produceras ersätter värme från flis uppstår en samhällsekonomisk nytta på ett par ören per kWh. Är det så att det dessutom uppstår metanslipp från motorn på det sätt som rapporterats från vissa studier kan samhällsnyttan också bli negativ.

Tabell 35: Samhällsekonomiskt värde av att använda biogas (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 1,23 kr/kg CO₂-ekv.

	GWP¹	AP	EP	Partiklar	Summa
Drivmedel					
- Bensin	0,40	-0,001 – 0,03	0 – 0,01	0 – 0,03	0,40 – 0,47
- Diesel	0,40	-0,001 – 0,03	0 – 0,03	0 – 0,04	0,40 – 0,49
Kraftvärme					
- Utan metanslipp	0,03	-0,003	-0,004	0	0,02
- Med metanslipp	-0,02	-0,003	-0,004	0	-0,03
Ersätta naturgas	0,29	0,002	0,002	0	0,30

¹ Med ett metanläckage på 0,5% från uppgraderingsanläggningen

Tabell 36: Samhällsekonomiskt värde av att använda biogas (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 3,77 kr/kg CO₂-ekv.

	GWP¹	AP	EP	Partiklar	Summa
Drivmedel					
- Bensin	1,23	-0,001 – 0,03	0 – 0,01	0 – 0,03	1,23 – 1,30
- Diesel	1,23	-0,001 – 0,03	0 – 0,03	0 – 0,04	1,23 – 1,32
Kraftvärme					
- Utan metanslipp	0,09	-0,003	-0,004	0	0,08
- Med metanslipp	-0,06	-0,003	-0,004	0	-0,07
Ersätta naturgas	0,89	0,002	0,002	0	0,90

¹ Med ett metanläckage på 0,5% från uppgraderingsanläggningen

6.2.3 Samhällsekonomiskt värde av att producera och använda biogas

I föregående avsnitt har nyttan av att producera och använda biogas redovisats var för sig. Avsikten har varit att ge underlag för en diskussion om vilka biogassystem som bör premieras och på vilket sätt. För att ge en fullständig bild av biogasens potentiella samhällsnytta redovisas här också det samlade värdet av att producera och använda biogas i några olika typer av biogassystem, se Tabell 37 nedan. Sammanfattningsvis kan det konstateras att det samhällsekonomiska värdet är som allra högst då biogas används som drivmedel för att ersätta bensin och diesel eller som bränsle för att ersätta naturgas. Däremot är nyttan avsevärt lägre och i vissa fall till och med negativ när biogas används för produktion av kraftvärme. Det är också tydligt att samhällsnyttan ökar markant när biogas produceras från gödsel. Även om det fortfarande är mest fördelaktigt att använda biogasen som drivmedel eller för att ersätta naturgas finns det också en klart värde i att producera kraftvärme. Detta är dock kopplat till produktionen av biogas som sådan. Ett kraftvärmesystem kan dock motiveras om det medför produktion av biogas från gödsel som annars inte skulle realiserats. I tabell 39 visas slutligen det samhällsekonomiska värdet då emissioner av växthusgaser värderas till 3,77 kr/kg. Detta påverkar inte rangordningen mellan systemen. Däremot ökar värdet av att producera och använda biogas mycket kraftigt.

Tabell 37: Värde av att producera och använda biogas beroende på råvara och användningsområde (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 1,23 kr/kg CO₂-ekv.

	Drivmedel	Kraftvärme	Naturgas
Avloppsslam	0,40 – 0,47	-0,03 – 0,02	0,30
Matavfall			
- Innesluten rötrest	0,37 – 0,45	-0,06 – -0,01	0,27
- Ej innesluten rötrest	0,37 – 0,44	-0,06 – -0,01	0,27
Industriavfall			
- Innesluten rötrest	0,35 – 0,43	-0,07 – -0,02	0,25
- Ej innesluten rötrest	0,35 – 0,42	-0,08 – -0,03	0,25
Gödsel			
- Innesluten rötrest	0,51 – 0,86	0,08 – 0,41	0,41 – 0,69
- Ej innesluten rötrest	0,49 – 0,84	0,06 – 0,39	0,38 – 0,67

Tabell 38: Värde av att producera och använda biogas beroende på råvara och användningsområde (kr/kWh) då värdet av att undvika emissioner av växthusgaser sätts till 3,77 kr/kg CO₂-ekv.

	Drivmedel	Kraftvärme	Naturgas
Avloppsslam	1,23 – 1,30	-0,07 – 0,08	0,90
Matavfall			
- Innesluten rötrest	1,25 – 1,32	-0,05 – 0,1	0,92
- Ej innesluten rötrest	1,24 – 1,31	-0,06 – 0,09	0,91
Industriavfall			
- Innesluten rötrest	1,24 – 1,32	-0,06 – 0,1	0,92
- Ej innesluten rötrest	1,23 – 1,30	-0,07 – 0,08	0,90
Gödsel			
- Innesluten rötrest	1,68 – 2,62	0,38 – 1,40	1,36 – 2,22
- Ej innesluten rötrest	1,62 – 2,55	0,32 – 1,33	1,29 – 2,15

7. Styrmedel

Ett styrmedel kan definieras som en intervention (till exempel från staten) för att påverka aktörer till beteenden som uppfattas som önskvärda. Styrmedel delas ofta in i olika kategorier för att beskriva hur de verkar. Ett vanligt sätt är att dela in styrmedel i de fyra huvudgrupperna administrativa, ekonomiska, informativa samt forskning och utveckling (**Naturvårdsverket, 2012**). Administrativa styrmedel är tvingande och styr i form av regleringar (exempel är gränsvärden, miljöprövning, teknikkraV och utsläppskrav). Ekonomiska styrmedel styr genom att ge ekonomiska incitament för att ändra beteende, och de kan vara antingen negativa (skatter, avgifter) eller positiva (bidrag, subventioner). Ekonomiska styrmedel kan även utformas så att de inte påverkar statskassan utan istället är marknadsbaserade såsom handel med utsläppsrätter eller certifikat. Informativa styrmedel styr genom att de ger information samt försöker uppmuntra aktörer till ändrade beteenden (exempel är miljömärkning, rådgivning, utbildning och opinionsbildning). Forskning och utveckling handlar om att ge pengar till forskning, men även till demonstrations- och pilotanläggningar.

En viktig fråga för styrmedel inom klimatområdet är huruvida man ska fokusera på ett eller ett fåtal generella styrmedel eller om det behövs en kombination av olika styrmedel för att nå ökad klimateffektivitet. Patrik **Söderholm (2012)** har angripit denna frågeställning i en analys av styrmedelskombinationer i klimatpolitiken. Söderholm menar att motorn i klimatpolitiken bör vara generella styrmedel som säkerställer ett tillräckligt högt pris på koldioxid för att få till ett omställningstryck, antingen genom koldioxidskatt eller genom handel med utsläppsrätter. Dock kan det finnas skäl att kombinera pris på koldioxid med andra styrmedel om (a) det finns marknadsmisslyckanden som koldioxidpriset inte adresserar och (b) det finns faktorer som gör att det inte är möjligt att implementera ett tillräckligt högt koldioxidpris. Söderholm menar att det finns skäl att utforma en klimatinriktad innovationspolitik för att få fram ny fossilfri teknik vilken har svårt att utvecklas enbart med hjälp av ett högre koldioxidpris. Det kan handla om både teknikneutrala styrmedel för forskning och utveckling och mer tekniskspecifika styrmedel såsom pilotanläggningar, grön offentlig upphandling och investering i kompletterande infrastruktur. I vissa fall är det dessutom svårt, antingen av politiska eller praktiska orsaker, att få till stånd ett tillräckligt högt pris på koldioxid. Söderholm menar därför att det i vissa lägen kan vara motiverat att fundera på "second-best policies" som kanske inte är lika samhällsekonomiskt effektiva som generella styrmedel men som i gengäld är lättare att driva genom och få politisk acceptans för.

Söderholms slutsats är att styrmedelskombinationer inom klimatpolitiken kan vara motiverat och i många fall också är nödvändigt. Däremot varnar han för en situation med kombinationer av styrmedel som bidrar till att både fördyra och försvåra genomförandet av klimatpolitiken. Styrmedel ska kombineras när de bidrar till att adressera olika typer av marknadsmisslyckanden men i övrigt ska man sträva efter att renodla energi- och klimatpolitiken.

Baserat på ovanstående översiktliga genomgång bedöms följande frågeställningar vara av vikt för den fortsatta analysen av möjliga styrmedel för biogas.

1. Vilken samhällsnytta är det som eftersträvas med ett eventuellt styrmedel?
2. Går det att uppnå målen med ett styrmedel eller behövs det flera?

En tredje aspekt som också är av stor vikt men som inte beaktas närmare i föreliggande studie är hur eventuella styrmedel ska utvärderas. De vanligaste formerna av utvärdering är efter måluppfyllelse och kostnadseffektivitet men det är möjligt att väga in en rad olika aspekter (**Bemelmans-Vidéc m.fl., 2010**). Måluppfyllelse handlar om huruvida de uppsatta målen för styrmedlet har uppnåtts och om det har varit styrmedlets förtjänst att detta skett. Även om detta kan synas vara en rättfram sak så kan måluppfyllelseanalys kompliceras av att tydliga mål saknas, att styrmedlet har flera olika mål, samt att det kan vara svårt att visa att det är just styrmedlet som lett till att målen uppnås. Kostnadseffektivitet handlar om hur mycket effekt man får av styrmedlet i relation till dess kostnader och om det skulle

finnas andra sätt att nå målen till lägre kostnader. Vid kostnadseffektivitet brukar man räkna med de samhällsekonomiska kostnaderna av ett styrmedel men en avgränsning kan även göras till kostnader för staten eller andra aktörer.

Det finns även andra aspekter som kan vara viktiga att ta med i utvärdering av styrmedel. Indirekta effekter och fördelningseffekter är ett exempel. Leder styrmedlet till andra effekter än de som var avsedda och är dessa i så fall positiva eller negativa, och för vilka grupper? För styrmedel inom miljö- och klimatområdet är det även viktigt att försöka fånga de långsiktiga effekterna och inte enbart de kortsiktiga direkt effekterna i form av t.ex. utsläppsminskningar. Långsiktiga effekter kan vara stöd till teknik som kan bli konkurrenskraftig längre fram i tiden, förändringar i beteenden och normer, och förändringar i strukturer inom organisationer eller institutioner. Det är mycket svårt att mäta och värdera långsiktiga effekter och detta kan ofta inte göras i kvantitativ form utan måste ske genom kvalitativa studier, eller en kombination av kvantitativa och kvalitativa studier. En ytterligare form av utvärdering är processutvärdering av implementeringen av ett styrmedel för att utvärdera vad som har gjort att styrmedlet varit framgångsrikt eller misslyckat och hur implementeringen kan förbättras framöver.

7.1 Önskad samhällsnytta

Vid en utformning av styrmedel för biogas är det viktigt att initialt identifiera vilken samhällsnytta det är som eftersträvas och därefter beakta hur denna nytta kan uppnås.

På en övergripande nivå kan det konstateras att biogassystem kan ge upphov till en rad olika nyttor som kan vara kvantitativa såväl som kvalitativa. I föreliggande studie har vi kvantifierat hur produktion och användning av biogas påverkar växthuseffekten, övergödning och försurning samt emissioner av partiklar. De emissioner och den samhällsekonomiska värdering som presenterats i föregående kapitel visar att det uppstår tydliga samhällsekonomiska värden när biogas produceras från gödsel och när biogas används för att ersätta fossila drivmedel eller naturgas. Huvuddelen av de ekonomiska värdena ligger i att dessa biogassystem leder till minskade emissioner av framförallt växthusgaser. Då Sverige också har ambitionen att kraftigt minska dessa emissioner bedöms minskade emissioner av växthusgaser vara ett viktigt syfte med att implementera styrmedel för att främja olika biogassystem.

Produktion och användning av biogas kan dock ha betydelse även ur andra perspektiv. Det kan till exempel röra sig om en ökad recirkulering av fosfor, som är en ändlig resurs, till minskad lukt från konventionell gödselhantering till en ökad försörjningstrygghet för energi och fosfor. En förbättrad försörjningstrygghet för energi uppstår vid all inhemsk produktion av biogas men en ökad cirkulering av näringsämnen uppstår främst då biogasproduktionen baseras på råvaror som annars inte hade spridits på åkermark. I denna studie gäller det avfall från hushåll och industrier. Givet de parametrar som getts ett samhällsekonomiskt värde i denna studie uppvisar sådana biogassystem en svagt negativ samhällsnytta. En högre värdering av växthusgaser skulle dock ge även dessa system ett positivt samhällsekonomiskt värde. Därutöver tillkommer bland annat värdet av att recirkulera näringsämnen och en ökad försörjningstrygghet som inte beaktats här.

I uppdraget till den statliga utredning som nu pågår och som har till syfte att utreda biogasens långsiktiga konkurrensförutsättningar sägs bland annat att biogasens nytta som resurs ska tas tillvara. Det sägs också att biogasens roll bland annat ska analyseras mot de nya energi- och klimatpolitiska målen och utvecklingen mot mer förnybar energi i transportsektorn. Samtidigt ska de nyttor som produktionen av biogas bidrar med för att nå andra samhällsmål också beaktas.

Givet ovanstående resonemang görs bedömningen att det primära syftet med att främja olika biogassystem är att reducera de svenska emissionerna av växthusgaser. Sekundärt är syftet också att öka cirkuleringen av näringsämnen och bidra till en ökad försörjningstrygghet.

7.1.1 Minskade emissioner av växthusgaser

Som beskrivits i föregående kapitel ger all produktion av biogas som analyserats här upphov minskade emissioner av växthusgaser. Den i särklass största utsläppsreduktionen uppstår när biogas produceras från gödsel men biogas från avfall ger också upphov till en viss utsläppsreduktion.

När det gäller användning av biogas är bilden något mer komplex. Störst utsläppsreduktion uppstår när biogas används för att ersätta fossila drivmedel. Att ersätta fossila bränslen som naturgas ger också en betydande reduktion. I de fall biogas används för att producera kraftvärme (och inte ersätter naturgas) är utsläppsreduktionen däremot mycket begränsad. I värsta fall kan emissioner av metan till och med leda till att emissionerna av växthusgaser ökar.

Styrmedel som syftar till minskade emissioner av växthusgaser i Sverige bör därför främja biogassystem i följande ordning:

1. Användning av biogas som drivmedel
2. Produktion av biogas från gödsel
3. Användning av biogas för att ersätta naturgas och andra fossila bränslen
4. Produktion av biogas från avfall

Som framgår av punkterna ovan kan det därför finnas skäl att främja såväl användning såväl som produktion av biogas. Givet den utsläppsreduktion och samhällsnytta som beräknats i föregående kapitel kan det också finnas skäl att differentiera ett eventuellt styrmedel. Att producera biogas från gödsel ger till exempel en betydligt större klimatnytta än att producera biogas från avfall. Det bör också noteras att nyttan med att använda biogas uppstår oavsett vart den är producerad. Även importerad biogas ger därmed samma nytta i användningsledet. För att öka kostnadseffektiviteten och minska antalet stöd kan det samtidigt finnas skäl att hitta styrmedel som stödjer produktion såväl som användning.

7.1.2 Ökad recirkulering av näringsämnen och ökad försörjningstrygghet

Vid produktion av biogas uppstår också en rötrest som innehåller alla näringsämnen i de råvaror som biogasproduktionen baseras på. Som beskrivits tidigare används i princip all rötrest, förutom rötat avloppsslam, som gödselmedel på åkermark idag. En ökad cirkulering av näringsämnen uppstår då biogasproduktionen baseras på råvaror som annars inte skulle använts som gödselmedel. Detta gäller primärt olika typer av avfall. När biogas produceras från gödsel kan kväveeffektiviteten öka något men mängden fosfor och kalium är den samma som vid konventionell gödselhantering.

För att uppnå en ökad cirkulering av näringsämnen i Sverige görs bedömningen att produktionen av biogas, och främst då den avfallsbaserade biogasen, behöver ske i Sverige. Motsvarande resonemang gäller för en ökad nationell energiförsörjning som också bygger på en nationell produktion. Här finns det dock inga skäl att skilja på olika råvaror. Styrmedel som syftar till en ökad cirkulering av näringsämnen bör därför främja 1) Produktion av biogas från avfall och andra restprodukter och 2) Produktion av biogas från gödsel.

7.2 Styrmedel för önskad samhällsnytta

Produktion och användning av biogas kan främjas på olika sätt och i princip är det möjligt att använda alla fyra huvudtyper av styrmedel som introducerats i föregående avsnitt. I huvudsak tycks det dock vara ekonomiska styrmedel som används i såväl Sverige som andra länder, se också appendix D och E.

Som beskrivits tidigare antas här att syftet med att införa styrmedel för biogas är att reducera de nationella emissionerna av växthusgaser och bidra till en ökad cirkulering av näringsämnen samt en förbättrad försörjningstrygghet. Som beskrivits tidigare görs dock bedömningen att det primära syftet med att främja biogassystem är att bidra till reducerade emissioner av växthusgaser. För att nå dessa mål finns det skäl att främja produktion såväl som användning av biogas. Nedan förs resonemang om hur sådana styrmedel skulle kunna utformas och huruvida det är möjligt att uppnå målen med ett styrmedel eller om det krävs flera.

7.2.1 Styrmedel för produktion utan krav på användning

Styrmedel för produktion av biogas kan utformas på olika sätt. Dels i form av ekonomiska styrmedel som kan bestå av investeringsstöd såväl som produktionsstöd och dels i form av administrativa styrmedel.

Som beskrivits i tidigare kapitel ger produktion av biogas från gödsel en stor klimatnytta som realiserar oavsett hur det producerade biogasen sedan används. Med fokus på klimatnyttan finns det ett samhällsekonomiskt värde i gödselbaserad biogas på 15 – 45 öre/kWh beroende på vilka antaganden som görs när det gäller emissioner av metan. Inkluderas även försurning, övergödning och partiklar sjunker nyttan till 9 – 39 öre/kWh.

Det kan jämföras med det stöd till gödselbaserad biogas som finns tillgängligt fram till år 2023 och där det maximala stödet uppgår till 40 öre/kWh, se appendix D. Stödnivån är dock inte garanterad vilket gör det svårare för producenter att göra långsiktiga kalkyler. I föreliggande studie görs inga företagsekonomiska kalkyler men ett mer långsiktigt stöd med en garanterad eller åtminstone förutsägbar stödnivå är sannolikt att föredra ur ett producentperspektiv. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv kan ett stöd i nivå med dagens gödselgasstöd också motiveras. I synnerhet om vi ser ett ökat värde i att minska emissioner av växthusgaser framöver.

På motsvarande sätt som för gödsel ger även produktion av avfallsbaserad biogas en viss klimatnytta. Det samhällsekonomiska värdet uppgår till cirka 2-3 öre/kWh. Samtidigt för hanteringen av biogödsel med sig vissa emissioner och med de antagande som gjorts här är den totala samhällsnyttan för enbart produktion av biogas från avfall därför något negativ. Ett generellt produktionsstöd för biogas oavsett råvara är därför svårt att motivera. Samtidigt ger produktion av biogas från avfall upphov till en cirkulering av näringsämnen och en ökad försörjningstrygghet som inte värderats här. Ett högre värde på att undvika emissioner av växthusgaser kan också ge ett positivt samhällsekonomiskt värde.

I princip skulle produktion av biogas kunna stöttas genom både investeringsstöd och produktionsstöd. Sverige har också en lång tradition av investeringsstöd och det finns idag stöd att söka inom klimatklivet såväl som inom landsbygdsprogrammet, se appendix D. Då det samhällsekonomiska värdet varierar beroende på råvara bedöms dock ett produktionsbaserat stöd som kopplas till vilka råvaror som används ha en bättre styrande effekt. Detta under förutsättning att det är tillräckligt långsiktigt för att möjliggöra en rimlig avskrivningstakt på de investeringar som måste göras.

Ett alternativt sätt att uppnå samma effekt skulle kunna vara att använda administrativa styrmedel. När det gäller biogas från gödsel skulle de till exempel kunna bestå av gränsvärden eller andra krav på hur mycket växthusgaser som gödselhantering får ge upphov till. Sådana villkor skulle kunna implementeras i miljöprövningen för större djurbesättningar på samma sätt som det redan idag ställs krav på hur gödsel ska hanteras. Därigenom skulle kostnaden för åtgärderna hamna på animalieproducenterna istället för statskassan. Om producenterna inte kan föra denna kostnad vidare som ett mervärde på sina produkter

kommer en sådan åtgärd dock leda till försämrade konkurrensvillkor jämfört med andra länder såvida inte dessa har motsvarande regelverk. Då sådana regler inte identifierats inom ramen för föreliggande studie bedöms det här som en mindre framkomlig väg.

När det gäller organiskt avfall från hushållen finns det idag ett administrativt styrmedel som ställer krav på separat insamling av matavfall, se appendix D. För att främja produktion av biogas skulle detta krav kunna kompletteras med krav på näringsåtervinning och energiutnyttjande med koppling till miljömålen om en god bebyggd miljö. På så sätt skulle avfallet sannolikt gå till produktion av biogas utan att det införs direkta produktionsstöd som kan vara svåra att kvantifiera. Den eventuella merkostnaden för att producera biogas jämfört med andra behandlingsalternativ skulle då i slutändan hamna på de som producerar avfallet. Då det i huvudsak rör sig om hushåll är ovanstående resonemang om konkurrensnackdelar inte aktuellt. Tvärtom kan det finnas en tydlig pedagogik i att den som producerar avfallet också betalar för dess behandling. Hur ett sådant krav skulle påverka konkurrensen mellan olika biogasproducenter och behandlingsavgifter för källsorterat matavfall har dock inte utretts här.

7.2.2 Styrmedel för användning utan krav på produktion

När det gäller användning av biogas kan det konstateras att miljöeffekterna och samhällsnyttan varierar betydligt mellan olika användningsområden. Störst nytta fås när biogas ersätter fossila bränslen. Med tanke på hur det svenska energisystemet ser ut och vilka energibärare som används och finns tillgängliga görs bedömningen att detta i första hand gäller när biogas används som drivmedel eller när biogas ersätter fossila energigas (naturgas och gasol). I princip kan användningen av biogas stödjas genom att (1) höja priset på de fossila konkurrenterna eller (2) sänka kostnaden för att producera biogas. Biogas skulle också kunna stödjas genom att (3) tvinga fram en efterfrågan genom kvotplikt eller motsvarande. Nedan förs en kortfattad diskussion med för- och nackdelar för respektive typ av stöd.

Energi- och koldioxidskatt

I Sverige tillämpas idag en energi- och koldioxidskatt på fossila bränslen och förnybara drivmedel som inkluderas i reduktionsplikten, se appendix D. Därigenom höjs priset på de konkurrerande bränslena vilket förbättrar biogasens konkurrensförutsättningar. För naturgas uppgår energi- och koldioxidskatten idag till drygt 0,2 – 0,3 kr/kWh beroende på användningsområde. För bensen och diesel är skattesatsen cirka 0,5 – 0,7 kr/kWh. Samtidigt uppgår det samhällsekonomiska värdet av att använda biogas till cirka 0,3 – 0,5 kr/kWh beroende på vilken energibärare det antas att biogasen ersätter. Nivån på dagens skattebefrielse tycks därmed spegla det samhällsekonomiska värdet relativt väl. Den svenska tillämpningen av skattebefrielse för biogas kräver dock godkännande från EU vilket endast ges i begränsade tidsperioder. Denna korta tidshorisont gör det svårt för branschen att planera för investeringar i biogassystem som ofta kräver relativt långa avskrivningstider.

Nackdelen med en generell skattebefrielse för förnybara bränslen är dock att miljönyttan av respektive bränsle inte beaktas. Biogas från gödsel ges till exempel samma skattebefrielse som biogas från avfall och andra råvaror eller andra biodrivmedel för den delen. Nackdelen är också att de användningsområden eller de användare som inte beskattas fullt ut får mindre ekonomiska incitament att använda biogas. Detta gäller i första hand industrier som deltar i handeln med utsläppsrätter eller industrier som använder fossila bränslen som råvara. Här speglar alltså dagens skattebefrielse för biogas inte det samhällsekonomiska värdet av att ersätta fossila energibärare inom dessa områden.

En tredje konsekvens är att skattebefrielsen gäller oavsett om biogasen produceras i Sverige eller om den importerats. Att enbart stödja användningen av biogas innebär därmed inte nödvändigtvis att det blir någon svensk produktion av biogas. Detta är särskilt tydligt när det gäller biogas från Danmark som åtnjuter produktionsstöd i Danmark, se appendix E, och konsumtionsstöd i Sverige och därmed blir mycket konkurrenskraftig. Nyttor så som minskade emissioner av växthusgaser från svensk gödselhantering, recirkulering av näringsämnen samt ökad försörjningstrygghet kan därför inte självklart adresseras med ett stöd till användning.

Stöd till användning

Ett alternativ till att stödja biogasen genom att beskatta de fossila motsvarigheterna är att införa ett stöd till användning motsvarande det som idag finns i Danmark, se appendix E. Därigenom skulle den som säljer biogas till slutanvändare få stöd i relation till mängden såld biogas. Fördelen med ett sådant stöd är att alla sektorer kan inkluderas, även de som idag är lågt beskattade. Det är också möjligt att differentiera stödet mellan olika användningsområden. En potentiell nackdel är att även här saknas incitament för svensk produktion av biogas och därmed främjas inte de produktionsrelaterade nyttorna.

Kvotplikt

Ett tredje alternativ är att tvinga fram en efterfrågan på biogas genom att införa en kvotplikt. Med dessa system ges inga ekonomiska stöd i form av skattelättnader eller produktionsstöd som påverkar statskassan. Istället införs krav på en viss användning och därigenom skapas en marknad för dessa drivmedel, till exempel biogas. Sverige tillämpar idag system med kvotplikt för användningen av förnybar elektricitet (elcertifikat) samt en reduktionsplikt för drivmedel. Biogas är i dagsläget inte inkluderat i reduktionsplikten, se appendix D. Att inkludera biogas i reduktionsplikten innebär att biogas får konkurrera med alla andra förnybara drivmedel om vilket bränsle som ger störst utsläppsreduktion per krona. Eftersom merparten av drivmedlen i Sverige är flytande skulle en sådan inkludering dock kräva att reduktionsplikten förändras så den inte baseras på fysisk låginblandning utan handel med utsläppsreduktion. Teoretiskt bör ett sådant system vara genomförbart men det är inget som föreslås av Energimyndigheten i dagsläget. Det kräver också att biogasen kan hävda sig gentemot övriga bränslen, och erfarenheter från ett liknande system i Tyskland, se appendix E, visar att det inte är givet att så är fallet.

Ett alternativt system skulle vara att införa en kvotplikt på naturgas och kräva en viss andel förnybar metan vid all försäljning av naturgas. Stora delar av Sverige har dock en mycket begränsad naturgasmarknad och ett sådant system skulle därför kräva någon form av certifikat. För de användare som deltar i handeln med utsläppsrätter eller som använder naturgas som råvara skulle det också ge en merkostnad som skulle påverka deras konkurrenskraft negativt.

7.2.3 Styrmedel för produktion och användning

Som beskrivits tidigare finns det flera nyttor med att producera och använda biogas och även om det fokus primärt ligger på minskade emissioner av växthusgaser finns det även andra nyttor som endast uppstår i Sverige om produktionen också sker här. Ur ett sådant perspektiv hade det därmed varit önskvärt med ett styrmedel som gynnar inhemsk produktion av biogas samt att biogasen används som drivmedel eller för att ersätta fossila bränslen i industrin.

I grund och botten skulle ett stöd till användning av biogas skapa förutsättningar för att hitta avsättning för biogasen inom transportsektorn såväl som industri och sjöfart med mera. Olika användningsområden skulle också kunna ges olika stöd. Om stödet är tillräckligt generöst kommer det indirekt att också skapa förutsättningar för produktion av biogas. Det kan också vara möjligt att differentiera stödet beroende på vilka råvaror som använts för att producera biogasen. Ett sådant stöd skulle dock inte göra åtskillnad på svensk biogas och importerad biogas och så länge det också finns produktionsstöd i andra länder så som Danmark risker Sverige gå miste om den nytta som uppstår vid produktion av biogas. För att säkerställa att produktionen faktiskt sker i Sverige är det därmed nödvändigt att ge direkta produktionsstöd. För att dessutom stödja de system där biogasen gör störst nytta är det önskvärt att stödet differentieras så att producenten får olika stöd beroende på hur gasen används. Det kräver dock att producenten kan visa detta vilket sannolikt blir en administrativ svårighet där producenten måste kunna följa sin produkt hela vägen till slutanvändaren även om det finns flera mellanhänder.

Ett alternativ är att ge produktionsstöd specifikt till uppgradering av biogas. Motiveringen till ett sådant stöd skulle kunna vara att uppgradering skapar en energibärare som är jämförbar med naturgas och att det i dagsläget endast sker om gasen ska distribueras på gasnätet eller komprimeras eller förvätskas.

Därmed är det sannolikt att den uppgraderade biogasen kommer att användas som drivmedel eller för att ersätta naturgas inom industrin. Det är dock inte garanterat och nivån på stödet behöver därför noggrant beaktas så att det inte blir lönsamt att uppgradera biogas och därefter använda den för andra ändamål än vad som avsetts. Fördelen med ett uppgraderingsstöd skulle dock vara att stödet inte utgår till importerad biogas och att det är sannolikt att gasen därefter används för ändamål med hög miljönytta. Alternativt skulle stödet kunna kopplas till biogas som injiceras på naturgasnätet, högtryckskomprimeras eller förvätskas vilket skulle ge en ännu tydligare koppling till den önskade avsättningen. Det skulle också vara möjligt att differentiera stödet beroende på hur biogasen producerats.

7.3 Förslag till styrmedel

Baserat på den samhällsekonomiska nytta som beräknats i föreliggande studie och den rangordning som presenterats i kapitel 7.1.1 görs bedömningen att det vore önskvärt att säkerställa en svensk produktion av biogas som primärt används som drivmedel eller för att ersätta fossila bränslen. Ett sätt att åstadkomma detta är genom att införa ett stöd till uppgradering av biogas. Jämfört med naturgas åtnjuter biogas en skattereduktion på drygt 20 öre/kWh när den används som drivmedel. Vid en bibehållen skattebefrielse finns det därmed utrymme för ett uppgraderingsstöd på cirka 20 öre/kWh. Om biogas skulle beskattas som naturgas finns det istället utrymme för ett uppgraderingsstöd på cirka 40 öre/kWh.

Utöver ett stöd till uppgradering av biogas kan det finnas skäl att särskilt stödja gödselbaserad biogas. Det gödselgasstöd som finns idag motsvarar ungefär den samhällsnytta som beräknats här. Det föreslås därför att nuvarande gödselgasstöd förlängs. För att uppnå en än mer styrande effekt skulle stödet kunna differentieras beroende på hur biogasen används. Detta är dock inte motiverat sett endast till produktionen av biogas.

Stöden till gödselbaserad biogas såväl som till uppgradering av biogas bör vara så pass långsiktiga att de möjliggör en rimlig avskrivningstid för producenten. Stöden bör också utformas på ett liknande sätt som gödselgasstödet där respektive anläggning får ansöka om att inkluderas i stödet och där respektive anläggning garanteras stöd under en viss tidsperiod.

Slutligen ser vi de nya kraven på separat insamling och hantering av matavfall som en tydlig viljeinriktning hos beslutsfattarna. Vår uppfattning är att kravet på insamling därför bör kompletteras med ett krav på biologisk behandling med energiutvinning. Sannolikt har det mindre betydelse för mängden matavfall som används för produktion av biogas, eftersom merparten redan används för detta. Ett krav skulle dock flytta fokus från om till hur matavfall ska samlas in och behandlas på bästa sätt.

8. Slutsatser

Produktion och användning av biogas ger upphov till en rad olika miljöeffekter som varierar beroende på vilka råvaror som produktionen baseras på och hur biogasen används. De beräkningar som genomförs i föreliggande studie visar bland annat att

- Produktion av biogas från avfall och gödsel leder till minskade emissioner av växthusgaser.
- Hantering av rötresten från avfallsbaserad produktion av biogas bidrar till en något ökad försurning och övergödning.
- Det uppstår en stor miljönytta då biogas används som drivmedel eller för att ersätta fossila bränslen. När biogas används för produktion av elektricitet och värme är nyttan begränsad jämfört med dagens produktionssystem för elektricitet och värme i Sverige.

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv kan det konstateras att samtliga analyserade biogassystem ger ett samhällsekonomiskt positivt värde då biogas används som drivmedel eller för att ersätta fossila bränslen. Det kan också konstateras att samhällsnyttan är som allra störst då biogas produceras från gödsel och används som drivmedel. Det samhällsekonomiska värdet påverkas också i första hand av hur mycket emissionerna av växthusgaser minskar. Det samhällsekonomiska värdet av att producera och använda biogas är därför i mycket hög grad beroende av vilken kostnad som sätts på emissioner av koldioxid.

Slutligen görs bedömningen att styrmedel för att främja produktion och användning av biogas bör utformas för att primärt stödja inhemsk produktion av gödselbaserad biogas och inhemsk produktion av drivmedel samt uppmuntra biogasproduktion från matavfall. Här föreslås därför

- Stöd till uppgradering av biogas alternativt till injicering på naturgasnätet, högtryckskomprimering eller förvätskning. Detta eventuellt i kombination med skattebefrielse.
- Stöd till produktion av gödselbaserad biogas, eventuellt differentierat beroende på avsättning.
- Att kravet på separat insamling och transport av matavfall kompletteras med ett krav på biologisk behandling och energiutnyttjande.

Referenser

- 2050_consulting (2018) Samhällsekonomiskt värde av biogas - En studie av nyttan med biogas i Sverige, 2050 Consulting
- Al Seadi, T. (2017) Denmark Country Report, Task 37 Bioenergy, International Energy Agency
- Appunn, K. (2016) *Troubled pillar of the Energiewende*, <https://www.cleanenergywire.org/dossiers/bioenergy-germany>, hämtad 2018-06-26
- Avfall Sverige (2017a) Hushållsavfall i siffror - Kommun- och länsstatistik 2016, rapport 2017:26, Avfall Sverige
- Avfall Sverige (2017b) Styrmedel för biogas - kartläggning av andra länders styrmedel, importgasfrågor och analys av den svenska skattebefrielsen för biogas, Rapport 2017:32, Avfall Sverige
- Avfall Sverige (2017c) Utredning och analys av lämpliga styrmedel för svenskproducerad biogas efter 2020, rapport 2017:33, Avfall Sverige
- Bauer, F., Hultenberg, C., Persson, T., & Tamm, D. (2013) Biogas upgradering – Review of commercial technologies, Svenskt Gastekniskt Center, Malmö
- Bemelmans-Videc, M.-L., Rist, R. C., & Vedung, E. (2010) Carrots, Sticks and Sermons: Policy Instruments and Their Evaluation, Transaction Publishers, London
- Björnsson, L., Prade, T., & Lantz, M. (2016) Grass for biogas - Arable land as carbon sink, Report 2016:280, Energiforsk
- Bundgaard, S. S., Kofoed-Wiuff, A., Herrmann, I. T. E., & Karlsson, K. B. E. (2014) Experiences with biogas in Denmark, Department of Management Engineering, Technical University of Denmark
- Bångman, G. (2012) Introduktion till samhällsekonomisk analys Trafikverket
- Börjesson, P., Lantz, M., Andersson, J., Björnsson, L., Fredriksson Möller, B., Fröberg, M., Hanarp, P., Hulteberg, C., Iverfeldt, E., Lundgren, J., Røj, A., Svensson, H., & Zinn, E. (2016) METHANE AS VEHICLE FUEL – A WELL-TO-WHEEL ANALYSIS (METDRIV), report 2016:06 f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels
- Börjesson, P., Tufvesson, L., & Lantz, M. (2010) Livscykelanalys av svenska biodrivmedel, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Lund, Sweden
- Daniel-Gromke, J., Rensberg, N., Denysenko, V., Stinner, W., Schmalfuß, T., Scheftelowitz, M., Nelles, M., & Liebetrau, J. (2018) Current Developments in Production and Utilization of Biogas and Biomethane in Germany. *Chemie Ingenieur Technik* 90:17-35
- Danish Energy Agency (2019) *Biogas in Denmark*, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/bioenergy/biogas-denmark>, hämtad 2019-09-06
- Dieselnet (2019a) *Emission standards EU: Cars and Light Trucks*, <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>, hämtad 2019-04-04
- Dieselnet (2019b) *Emission standards EU: Heavy-Duty Truck and Bus Engines*, <https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>, hämtad 2019-04-05
- Energigas Sverige (2018) Förslag till nationell biogasstrategi 2.0 Energigas Sverige
- Energimyndigheten (2016) Marknaderna för biodrivmedel 2016, Rapport ER 2016:29, Energimyndigheten

- Energimyndigheten (2018a) Drivmedel 2017 redovisning av uppgifter enligt drivmedelslagen och hållbarhetslagen, Rapport ER 2018:17, Energimyndigheten
- Energimyndigheten (2018b) Produktion och användning av biogas och rötresten år 2017, Rapport ES 2018:01, Energimyndigheten
- Energimyndigheten (2018c) *Reduktionsplikt*, <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/reduktionsplikt/>, hämtad 2018-09-21
- Energimyndigheten (2019a) *Energiläget i siffror*, hämtad 2019-06-03
- Energimyndigheten (2019b) Kontrollsatation 2019 för reduktionsplikten – Reduktionsplikten utveckling 2021-2030, Energimyndigheten, Energimyndigheten
- Energimyndigheten (2019c) *Växthusgasberäkning*, <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/> hämtad 2019-03-11
- Energistyrelsen (2019) *Biogas*, <https://ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/biogas>, hämtad 2019-09-06
- Europeiska Kommissionen (2015) Kommissionens beslut (14.12.2015) angående Statligt stöd nr SA.43302 (2015/N) - Sverige - Skattebefrielse för biogas som används som motorbränsle, Europeiska Kommissionen
- Europeiska Kommissionen (2018) Kommissionens beslut (19.7.2018) angående Statligt stöd nr SA.49893 (2018/N) - Sverige - Förlängning av stödordning SA.35586 (2012/N) - Skattebefrielser för vissa förnybara energikällor som används för värmeproduktion, Europeiska Kommissionen
- Federal Office for Agriculture and Food (2017) Evaluation and Progress Report 2016, Federal Office for Agriculture and Food, Bonn
- Forex (2019) *Valutakurser*, <https://www.forex.se/valuta/aktuella-kurser>, hämtad 2019-09-05
- Giuntoli, J., Agostini, A., Edwards, R., & Marelli, L. (2017) Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in COM(2016) 767,
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., & Palm, D. (2011) Miljöfaktaboken 2011 - Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter, Värmeforsk
- Gonzalez, N. G. (2019) Life cycle assessment of white sugar and its by-products: molasses, dried and pressed pulp from sugar beet cultivation. *Manuscript*
- Göteborg Energi (2018) Miljörapport 2017 - Rya Kraftvärmeverk, Göteborg Energi AB
- Hansen, M. N. (2001) Reduktion af ammoniakfordampning ved nedfällning af gylle i gräsafgrøder. Report Grøn viden, Markbrug nr 234., Danmarks Jordbrugsforskning, Copenhagen, Denmark.
- Hijazi, O., Munro, S., Zerhusen, B., & Effenberger, M. (2016) Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54:1291-1300
- Hofmann, F. (2017) *GHG quota system for promoting the use of biofuels in Germany*, <http://european-biogas.eu/wp-content/uploads/2017/12/5.-Hofmann.pdf>, hämtad 2017-12-05
- Hoyer, K., Hultenberg, C., Svensson, M., Jernberg, J., & Nørregård, Ø. (2016) Biogas Upgrading – Technical Review, Energiforsk
- IEA (2017) *Danish Energy Agreement 2012 - 2020*, <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/denmark/name-42441-en.php>, hämtad 2018-06-27

- IEA (2018) IEA Bioenergy Task 37 - Country Reports Summary 2017 IEA Bioenergy
- Isberg, U., Jonsson, L., Pädam, S., Hallberg, A., Nilsson, M., & Malmström, C. (2017) Klimatklivet - En utvärdering av styrmedlets effekter WSP
- Jerksjö, M., & Hallquist, Å. (2016) Measurements of bus emissions 2010-2015, IVL Swedish Environmental Research Institute
- Jordbruksverket (2017) Utvärdering av gödselgasstödet 2015-2016, Rapport 2017:11, Jordbruksverket
- Jordbruksverket (2018a) *Beskrivning av stödet*, <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/stod/andrastod/godselgasstod/beskrivningavstodet.4.5027191e14d8eb30892e7b68.html>, hämtad 2018-11-28
- Jordbruksverket (2018b) *Utbetalning av gödselgasstöd*, <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/stod/andrastod/godselgasstod/utbetalning.4.ac526c214a28250ac236274.html>, hämtad 2018-11-28
- Jordbruksverket (2019) *Investeringsstöd för biogas* <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/stod/stodilandsbygdsprogrammet/investeringar/biogas.4.6ae223614dda2c3dbc44f95.html>, hämtad 2019-09-09
- JRC (2017) Updated Electricity Carbon Intensity in the EU Member States in 2013 including upstream emissions, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra (VA), Italy
- Karlsson, S., & Rodhe, L. (2002) Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak vid lagring och spridning av stallgödsel,
- Klimatpolitiska rådet (2018) Det klimatpolitiska ramverket - Rapport 2018, Det klimatpolitiska rådet
- Kätterer, T., Bolinder, M. A., André, O., Kirchmann, H., & Menichetti, L. (2011) Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. . *Agriculture, Ecosystems & Env.* 141:184-192
- Lantz, M. (2012) The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden - A comparison of different CHP technologies. *Applied Energy* 98:502-511
- Lantz, M. (2013) Biogas in Sweden - opportunities and challenges from a systems perspective, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola
- Lantz, M. (2017) Hållbarhetskriterier för biogas - en översyn av data och metoder, rapport 100, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola
- Lantz, M., & Björnsson, L. (2016) Emissioner av växthusgaser vid produktion och användning av biogas från gödsel, rapport 99, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola
- Lantz, M., & Björnsson, L. (2018) Miljönytta och samhällsekonomiskt värde av produktion och användning av biogödsel, Enviro AB
- Lantz, M., Kreuger, E., & Björnsson, B. (2017) An economic comparison of dedicated crops vs agricultural residues as feedstock for biogas of vehicle fuel quality. *AIMS Energy* 5:28
- Larsson, M., Mohens, F., Göring, M., Edfeldt, E., Olgemar, M., Jacobsson, R., Swenman, M., & Ågren, R.-M. (2017) Konsekvenser av Sveriges klimatpolitik i transportsektorn. En analys av 2030-målet och reduktionsplikten, Sweco, Stockholm
- Linné, M., Ekstrandh, A., Englesson, R., Persson, E., Björnsson, L., & Lantz, M. (2008) Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter,
- Lukehurst, C. (2017) UK Country Report, Task 37 International Energy Agency
- Miljöministeriet (2010) Nedfäldning af gylle i gräsmarker, Miljöministeriet, Copenhagen, Denmark

- Naturvårdsverket (2012) Styrmedel för att nå miljö kvalitetsmålen, Rapport 6415, Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2015) Minskat matavfall - miljönytta och kostnadsbesparingar, rapport 6697, Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2018) Matavfall i Sverige - Uppkomst och behandling 2016, Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2019a) Beviljade ansökningar klimatklivet 20190329, Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2019b) National Inventory Report Sweden 2019, Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2017 Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol, Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2019c) *Nya bestämmelser i avfallsförordningen om krav på separat insamling av matavfall från hushåll* <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Avfall/Matavfall-insamling/>, hämtad 2019-09-09
- Naturvårdsverket (2019d) *Om klimatklivet*, <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Om-Klimatklivet/>, hämtad 2019-09-09
- Nordling, A., Ericson, J., Dahlgren, S., & af Burén, C. (2017) Utredning och analys av lämpliga styrmedel för svenskproducerad biogas efter 2020, Rapport 2017:33, Avfall Sverige
- Nylund, N.-O. (2016) Fuel and Technology Alternatives for Commercial Vehicles, COMVEC (AMF Annex 49) final report International Energy Agency
- OFGEM (2018) *About the RO*, <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/ro/about-ro>, hämtad 2018-06-27
- Regeringen (2017) Promemoria, Reduktionsplikt för minskning av växthusgasutsläpp från bensin och dieselbränsle,
- Regeringskansliet (2017) *Så ska regler för biobränsle fungera*, <https://www.regeringen.se/debattartiklar/2017/03/sa-ska-regler-for-biobransle-fungera/>, hämtad
- SCB (2016) Gödselmedel i jordbruket 2015/16, Mineral - och stallgödsel till olika grödor samt hantering och lagring av stallgödsel, Statistiska Meddelanden, MI 30 SM 1702 Statistiska Centralbyrån
- SCB (2018) Utsläpp till vatten och slamproduktion 2016, Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri, Statistiska centralbyrån
- SCB (2019) *Leveranser av fordonsgas år 2009 - 2018, totalt* <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/leveranser-av-fordons-gas/pong/tabell-och-diagram/leveranser-av-fordons-gas-ar-totalt/>, hämtad 2019-02-19
- SFS (1994) Lag (1994:1776) om skatt på energi uppdaterad t.o.m. SFS 2018:1887, Svensk författningssamling
- SFS (2011) Avfallsförordningen (2011:927), uppdaterad till och med 2018:1466, Svensk Författningssamling
- SFS (2017) Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen, uppdaterad tom SFS 2017:1233, Svensk Författningssamling
- SFS (2018) Förordning (2018:195) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen, Svensk Författningssamling
- Skatteverket (2019) *Energi-, koldioxid- och svavelskatt*, <https://skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter.4.18e1b10334e8bc8000843.html>, hämtad 2019-09-01

- Sternkopf, T. (2017) *Biofuel quota*, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/germany/single/s/res-t/promotion/aid/biofuel-quota-3/lastp/135/>, hämtad 2018-09-25
- Swedgas (2019) *Gasbarometern - så utvecklas biogasen i gasnätet*, <https://www.swedegas.se/gas/biogas/Gasbarometern>, hämtad 2019-02-19
- Sveriges Miljömål (2018) *Sveriges Miljömål*, <http://www.sverigesmiljomal.se/>, hämtad 2018-12-07
- Sveriges Miljömål (2019) *Sveriges miljömål - Ökad resurshushållning i livsmedelskedjan* <http://sverigesmiljomal.se/etappmalen/okad-resurshallning-i-livsmedelskedjan/>, hämtad 2019-09-09
- Söderholm, P. (2012) Ett mål flera medel. Styrmedelskombinationer i klimatpolitiken, Rapport 6491, Naturvårdsverket
- The Official Information Portal on Anaerobic Digestion (2018) *Incentives*, <http://www.biogas-info.co.uk/about/incentives/>, hämtad 2018-12-20
- Trafikverket (2018) Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1, Trafikverket
- Tufvesson, L., Lantz, M., & Björnsson, L. (2013a) Miljönytta och samhällsekonomiskt värde vid produktion av biogas från gödsel, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet
- Tufvesson, L. M., Lantz, M., & Borjesson, P. (2013b) Environmental performance of biogas produced from industrial residues including competition with animal feed - life-cycle calculations according to different methodologies and standards. *Journal of Cleaner Production* 53:214-223
- UFOP (2018) *Germany is going ahead: The introduction of greenhouse gas quotas 2015 – new regulation requirements and consequences for the biofuel industry*, <https://www.ufop.de/english/news/introduction-of-legal-greenhouse-gas-reduction-requirements-from-2015-in-germany-possible-consequences-for-the-biodiesel-sector/>, hämtad 2018-09-25
- Weber, C., & Amundsen, A. (2016) Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI-teknologi, Transportøkonomisk institutt, Stiftelsen Norsk senter for samferdssetsforskning
- WSP (2013) Realiserbar biogaspotential i Sverige år 2030 genom rötning och förgasning, rapport B2013:02, WSP

Appendix A: Karakteriseringsfaktorer

I Tabell 39 sammanfattas de karakteriseringsfaktorer som tillämpas i föreliggande studie.

Tabell 39: Karakteriseringsfaktorer

	GWP ^a (CO ₂ -ekv.)	AP ^b (SO ₂ -ekv.)	EP ^b (PO ₄ ³⁻ -ekv.)
CO₂	1		
CH₄	25		
N₂O	298		0,27
NO_x (förutom N₂O)		0,7	0,13
SO₂		1	
NH₃		1,88	0,35
NO₃⁻ och NO₂⁻			0,1
N			0,42
PO₄³⁻			1
P			3,06

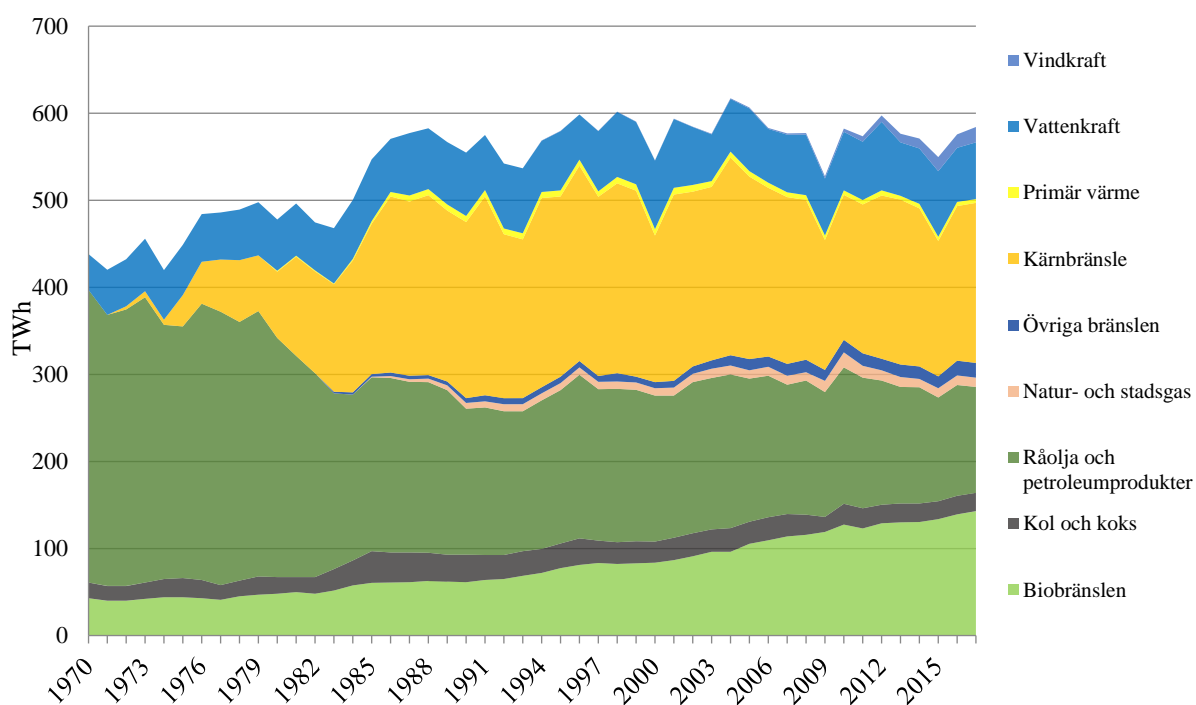
a) **EU (2018)**

b) **Björnsson m.fl. (2016)**

Appendix B: Det svenska energisystemet

För att kunna sätta en svensk produktion och användning av biogas i sitt sammanhang är det viktigt att också känna till hur energisystemet ser ut i stort, vilka bränslen som används och för vilka syften. Därefter är det också möjligt att göra antaganden om vilka energibärare biogasen skulle kunna ersätta under olika förutsättningar.

Den totala energitillförseln till det svenska energisystemet var 584 TWh år 2017, se Figur 6. Här ingår alla tillförda bränslen samt energi i form av primär värme, vattenkraft och vindkraft. Under år 2017 skedde en betydande nettoexport av elektricitet och om energitillförseln korrigeras för detta sjunker den till 565 TWh (**Energimyndigheten, 2019a**). Jämfört med början av 1970-talet har energitillförseln ökat med närmare 30%. Samtidigt har det skett stora förändringar i vilka energislag som används. Användningen av fossila bränslen har till exempel halverats och står idag för cirka 30% av den totala energitillförseln. Under samma tidsperiod har Sverige etablerat en storskalig produktion av kärnkraft och även uran står idag för ungefär en tredjedel av den totala energitillförseln.



Figur 6: Total energitillförsel per energibärare från år 1970 till 2017 (**Energimyndigheten, 2019a**)

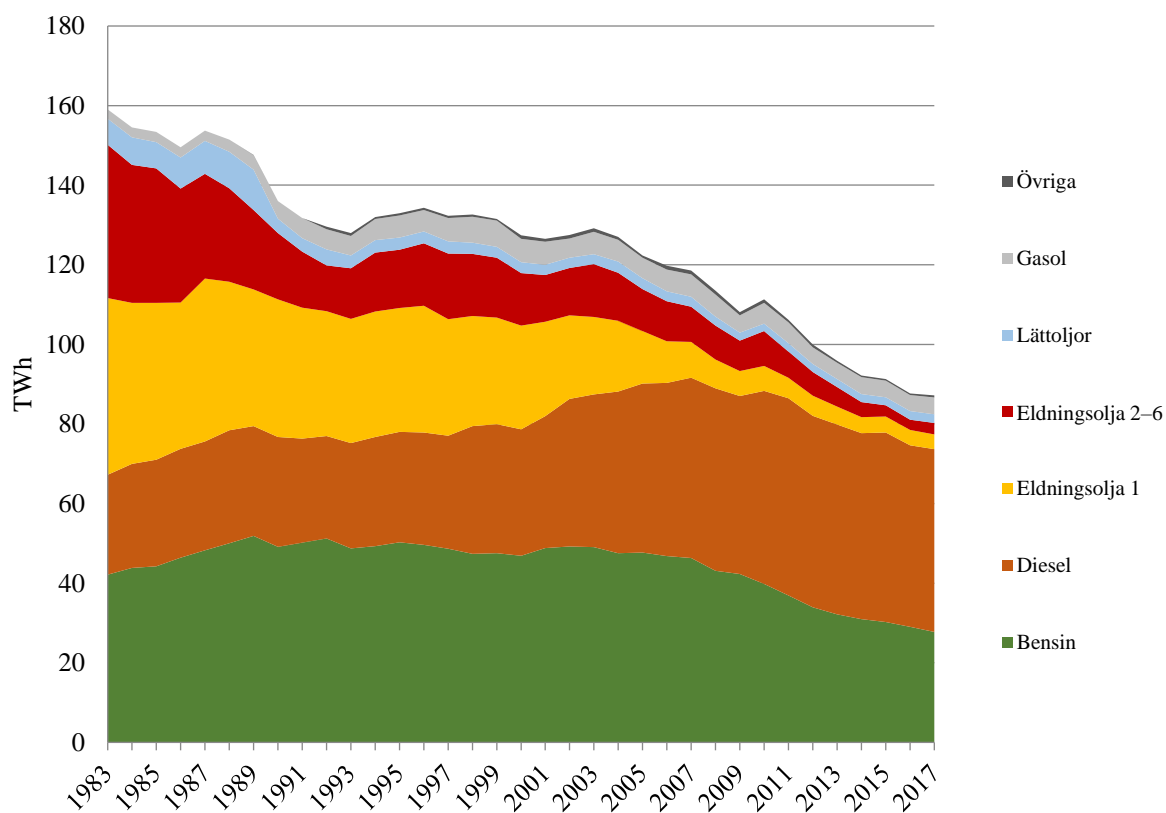
Efter avdrag för förluster i kärnkraftverk, distributionsförluster samt energibärare som inte används för energiändamål uppgick den slutliga energianvändningen till 375 TWh år 2017. Huvuddelen av energin används inom bostäder och service samt inom industrin. Transportsektorn svarar för drygt 20% av den totala energianvändningen men 60% av de fossila bränslena, se Tabell 40.

Tabell 40: Slutlig energianvändning per sektor (Energimyndigheten, 2019a)

	Bostäder och service	Industri	Transporter	Totalt
Biobränslen	14,2	56,1	19,1	89,4
Kol och koks	0,0	14,1		14,1
Petroleumprodukter	11,0	9,9	66,3	87,2
Natur- och stadsgas	1,4	4,2	0,2	5,8
Övriga bränslen	0,0	5,8		5,8
Fjärrvärme	46,3	3,4		49,7
Elektricitet	73,4	49,8	2,6	125,8
Totalt	146,0	143,0	88,2	377,8

B.1 Petroleumprodukter

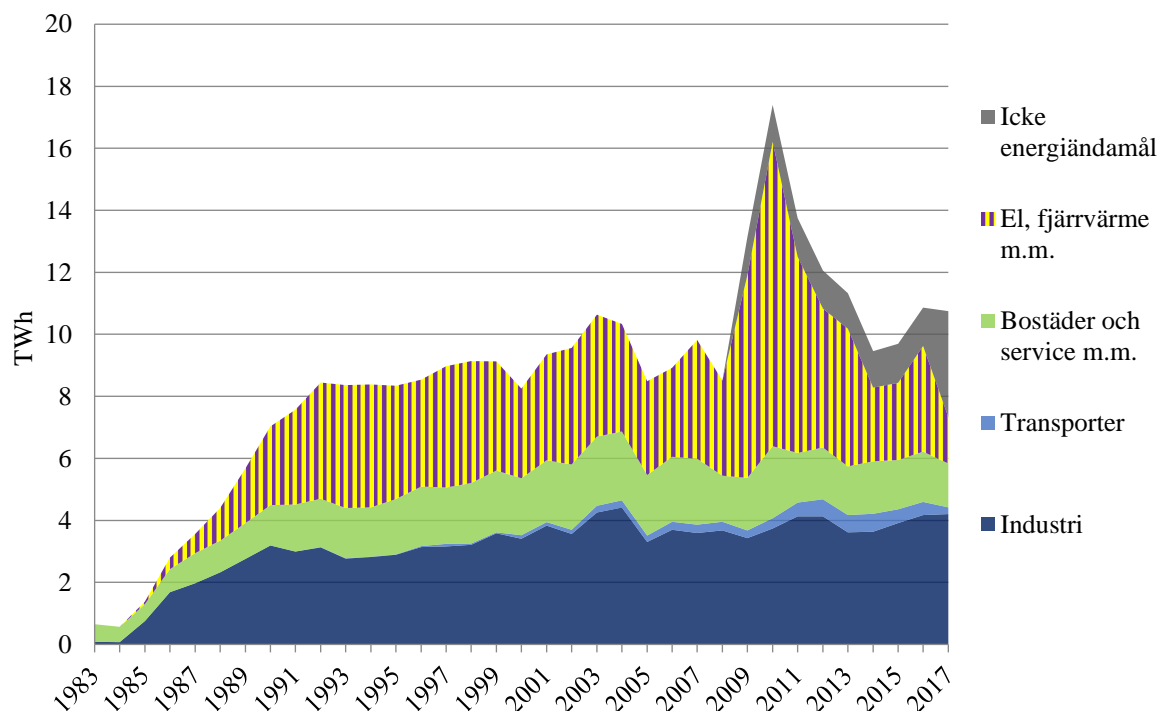
Användningen av petroleumprodukter (bensin och diesel, eldningsolja med mera) uppgick till 87 TWh år 2017, se Figur 7. Som beskrivits tidigare har den totala användningen av petroleumprodukter minskat kraftigt de senaste årtiondena. I huvudsak beror detta på en utfasning av eldningsolja. Däremot har användningen av drivmedel ökat med drygt 10% jämfört med användningen år 1983. Detta trots att användningen av bensin minskat betydligt de senaste 10 åren. Petroleumprodukter används främst inom transportsektorn (75%) och industrin (10%). Därutöver används mindre mängder inom jordbruk, byggverksamhet och hushåll med mera. När det gäller gasol uppgår användningen till drygt 4 TWh och nästan allt används inom industrin.



Figur 7: Slutlig användning av petroleumprodukter från år 1983 – 2017 (Energimyndigheten, 2019a)

B.2 Naturgas

Naturgas används framförallt inom industrin och för produktion av elektricitet och värme. Andra användningsområden är till exempel för uppvärmning av enskilda bostäder och lokaler, som fordonsbränsle samt som råvara i olika processer. År 2017 uppgick användningen till närmare 11 TWh varav ungefär en tredjedel används för andra ändamål än energi, se också Figur 8. Naturgasen distribueras i huvudsak via det västsvenska gasnätet men det förekommer också en del användning av flytande naturgas.



Figur 8: Användning av natur- och stadsgas per sektor (Energimyndigheten, 2019a)

B.3 Bränslen för elektricitet och fjärrvärme

Användningen av elektricitet och fjärrvärme uppgick till cirka 175 TWh år 2017. För att producera dessa energibärare användes cirka 80 TWh bränslen exklusive det uran som används i kärnkraftverken, se Tabell 41. Till skillnad från transportsektorn svarar de fossila bränslena för mindre än 10% av den totala energitillförseln för produktion av elektricitet och fjärrvärme.

Tabell 41: Tillförsel av bränsle för produktion av elektricitet och fjärrvärme år 2017 (Energimyndigheten, 2019a)

	Elektricitet	Fjärrvärme	Totalt
Biobränslen	15,3	38,0	53,3
Kol inkl. koks och masugns gas	2,0	2,2	4,2
Petroleumprodukter	0,4	0,8	1,2
Natur- och stadsgas	0,5	1,0	1,5
Övriga bränslen	2,1	9,2	11,3
Elpannor		0,3	0,3
Värmepumpar		4,3	4,3
Spillvärme		5,4	5,4
Totalt	20,2	61,2	81,4

Appendix C: Energibärare i svenska biogassystem

Vid produktion av biogas används elektricitet, värme samt drivmedel för transporter. Produktionen av dessa energibärare medför emissioner som ska belasta biogassystemet. Valet av energibärare har därför stor betydelse för hur stora emissioner produktionen av biogas för med sig.

På motsvarande sätt är de totala miljöeffekterna av att producera och använda biogas i mycket hög grad beroende av vilka energibärare som biogasen antas ersätta. Att ersätta fossila bränslen som bensin och diesel ger till exempel en avsevärt högre klimatnytta än att ersätta andra biobränslen. Att använda biogas istället för andra bränslen kan också påverka andra typer av emissioner så som kväveoxider och partiklar.

Ur ett samhällsperspektiv är det dock viktigt att inte bara beakta hur emissionerna förändras när biogas ersätter ett visst bränsle. Det är också viktigt att värdera vilka andra alternativ som finns för just den applikationen. Att ersätta eldningsolja med biogas ger till exempel en stor klimatnytta men om oljan används för uppvärmningsändamål finns det även andra förnybara alternativ vilket också bör beaktas för att ge en rättvisande bedömning.

Nedan redovisas antaganden om vilka energibärare som används för att producera biogas och vilka energibärare som antas bli ersatta av biogas för respektive användningsområde. Dessutom redovisas antagna emissioner för produktion och användning av dessa energibärare.

C.1 Drivmedel

Biogas används idag som fordonsbränsle i personbilar, lastbilar och bussar. Miljöeffekterna av att använda biogas beror därmed på vilka bränslen som ersätts men också i vilka fordon och hur dessa fordon används. Inledningsvis kan det konstateras att alla nya fordon, både personbilar och tunga fordon måste klara de gränsvärden som anges i Euro 6 (personbilar) respektive Euro VI (bussar och tunga fordon), se Tabell 42 och Tabell 43. Äldre fordon kan ha avsevärt högre emissioner men då föreliggande studie har ett framåtsyftande perspektiv jämförs nya gasdrivna fordon med nya konventionella fordon som uppfyller Euro 6 och Euro VI. Då transportsektorn använder fossila drivmedel i mycket stor utsträckning samtidigt som Sverige har ambitiösa mål om en minskad användning av fossila bränslen jämförs biogas med bensin och diesel. En ökad produktion och användning av biogas som drivmedel ställs därmed inte mot andra biodrivmedel eller andra sätt att minska användningen av fossila bränslen så som elektrifiering eller en bränsleeffektivare fordonsflotta.

Vid produktion av biogas används lastbilar för att transportera råvaror, biogödsel och i vissa fall också biogas. Här antas att även dessa uppfyller Euro VI och att de drivs med fossil diesel.

Tabell 42: Gränsvärde Euro 6 för personbilar (g/km) (Dieselnet, 2019a)

	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	Partiklar
Bensin	1,0	0,1		0,06	0,005
Diesel	0,5		0,17	0,08	0,005

Tabell 43: Gränsvärde Euro VI för tunga lastbilar och bussar (g/kWh) (Dieselnet, 2019b)

	CO	HC	NO _x	Partiklar
Diesel och gasmotor	1,5	0,13	0,4	0,01

Med utgångspunkt i gränsvärdena finns det ingen skillnad mellan gasdrivna fordon och andra fordon. Då gränsvärdena motsvarar de maximalt tillåtna emissionerna kan det dock fortfarande vara skillnad mellan bränslen i praktisk drift. Baserat på de mätningar som presenteras av **Jerksjö och Hallquist (2016)** ger bussar som drivs av metan betydligt lägre emissioner av NO_x jämfört med bussar som använder RME samtidigt som emissionerna av partiklar är i samma storleksordning för båda bränslena.

Antalet fordon i denna studie är dock mycket begränsat. Enligt **Hallquist (2019)** har det också gjorts andra ännu inte publicerade studier som bygger på fler fordon och framförallt fler mätningar av samma fordon. Där framgår att partikelmassan från Euro VI bussar som drivs med HVO är högre än partikelmassan från gasbussar som uppfyller Euro V vilket antyder att nya gasbussar bör ha lägre emissioner av partiklar än motsvarande dieseldrivna bussar. Givet att diesalbussarna har väl fungerande partikelfilter bedömer **Hallquist (2019)** dock att emissioner i praktisk drift är i samma storleksordning och att eventuella skillnader beror mer på körsträcka och hur den enskilda bussen underhålls än på vilket bränsle som används. Ett liknande resonemang framkommer i **Nylund (2016)** vilket också återges av **Weber och Amundsen (2016)** som menar att vilken Euroklass ett fordon uppfyller har större betydelse än vilket bränsle som används. Samtidigt poängteras att gasdrivna tändstiftsmotorer har väldigt låga emissioner av NO_x och att även partikelemissionerna är lägre för gasdrivna motorer.

Här antas att emissionerna från alla bensen- och dieseldrivna fordon precis uppfyller gränsvärdena för Euro 6 och Euro VI. För gasdrivna motorer baseras beräkningarna därefter på två alternativ. Ett där emissionerna följer gränsvärdena vilket innebär att det inte är någon skillnad mellan biogas och andra drivmedel förutom när det gäller emissioner av växthusgaser. I det andra alternativet antas att det inte sker några emissioner alls från gasdrivna fordon. Därmed visas en teoretisk maximal och minimal nytta av att använda biogas som drivmedel. När det gäller emissioner av växthusgaser från användningen av bensen och diesel baseras beräkningarna på det referensvärde på 94 gram CO₂-ekv./MJ som definieras i det nya direktivet om förnybara energikällor (**EU, 2018**).

I Tabell 44 redovisas de emissioner som antas uppstå vid produktion av bensen och diesel och i Tabell 45 redovisas slutligen de samlade emissionerna för produktion och användning av bensen och diesel uttryckt per miljöpåverkanskategori.

Tabell 44: Emissioner vid produktion och användning av bensen och diesel **Gode m.fl. (2011)**

	NO _x	SO ₂	NH ₃	Partiklar
Produktion av bensen och diesel (mg/kWh) ¹	70	50	0,05	3

¹ Exklusive emissioner av växthusgaser som antas ingå i schablonvärdet som anges av **EU (2018)**

Tabell 45: Emissioner vid produktion och användning av bensen och diesel (gram/kWh)

	GWP (CO ₂ -ekv.)	AP (SO ₂ -ekv.)	EP (PO ₄ ³⁻ -ekv.)	Partiklar
Diesel i buss och lastbil ¹	338,4	0,33	0,06	0,013
Diesel i traktor ²	338,4	1,81	0,34	0,043
Bensen i personbil ³	338,4	0,30	0,06	0,010

1. Produktion av diesel samt emissioner av SO₂ och NH₃ vid användning baseras på **Gode m.fl. (2011)**. Emissioner av NO_x och partiklar vid användning baseras på Euro VI och växthusgaser baseras på **EU (2018)**.
2. Produktion av diesel baseras på **Gode m.fl. (2011)**. Användning baseras på **Börjesson m.fl. (2010)**
3. Produktion av bensen samt emissioner av SO₂ och NH₃ vid användning baseras på **Gode m.fl. (2011)**. Emissioner av NO_x och partiklar vid användning baseras på Euro 6 med en antagen drivmedelsförbrukning på 0,73 kWh/km (**Energimyndigheten, 2018a**). Emissioner av växthusgaser baseras på **EU (2018)**.

C.2 Industriell användning

Som beskrivits i Appendix B använder den svenska industrin framförallt bibränslen och elektricitet (motsvarande över 70% av den totala energianvändningen). Samtidigt används också drygt 4 TWh naturgas samt ytterligare 10 TWh petroleumprodukter. Bland de sistnämnda petroleumprodukterna ingår till exempel gasol där den totala användningen uppgår till cirka 4 TWh varav merparten används inom industrin. Här antas att många industrikunder efterfrågar egenskaper som återfinns hos just energigaserna och att biogas i första hand därför ersätter naturgas och gasol. I föreliggande studie visas effekterna av att biogas ersätter naturgas levererad via gasnätet.

Emissionerna av växthusgaser från produktion och användning av naturgas sätts här till 249 gram/kWh (**Energimyndigheten, 2018a**). Övriga emissioner som antas uppstå vid produktion och distribution av naturgas sammanfattas i Tabell 46. Vid användning antas att emissionerna är de samma oavsett om det är biogas eller naturgas som används. Dessa beaktas därför inte här.

Tabell 46: Emissioner vid produktion och distribution av naturgas (gram/kWh)

	GWP (CO ₂ -ekv.) ¹	AP (SO ₂ -ekv.) ²	EP (PO ₄ ³⁻ -ekv.) ²	Partiklar ²
Produktion och distribution av naturgas	249,48	0,032	0,006	0,023

1. **Energimyndigheten (2018a)**

2. **Gode m.fl. (2011)**

C.3 Elektricitet

Produktion av biogas kräver en viss insats av elektricitet för att driva omrörare och pumpar med mera. I de fall biogasen används som drivmedel används också elektricitet för att uppgradera och komprimera alternativt förvätska biogasen. Det är också möjligt att använda biogas för att producera elektricitet och i ett sådant fall påverkas miljöeffekterna också av vilken elproduktion det antas att biogasen ersätter.

Det finns många sätt att producera elektricitet och olika produktionsslag för med sig olika emissioner. I direktivet om förnybara energikällor (**EU, 2009, 2018**) anges att den elektricitet som används i beräkningarna ska vara representativ för den aktuella regionen. I de svenska tillämpningarna innebär det att beräkningarna ska baseras på svensk elmix (**Energimyndigheten, 2019c**) vilket också tillämpas här.

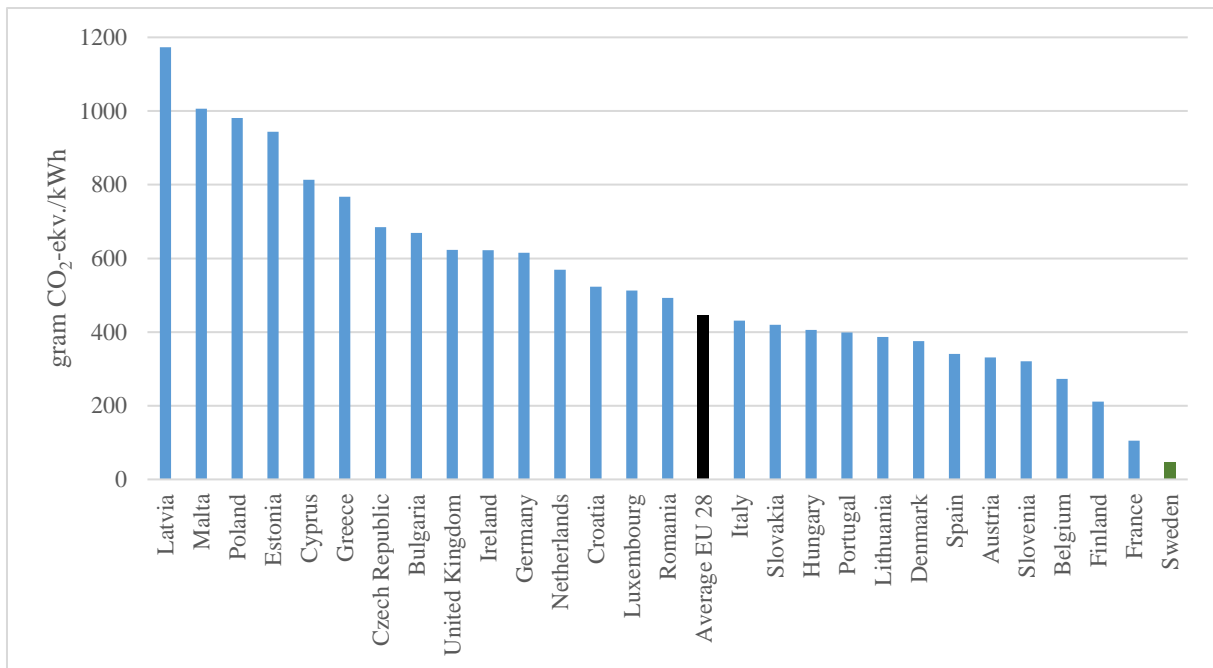
Emissionsdata för svensk och nordisk elmix presenteras i Tabell 47. De data som anges där avser dock produktionen i respektive region. Beaktas användningen av elektricitet är det också nödvändigt att inkludera effekterna av import och export. För emissioner av växthusgaser anger **JRC (2017)** att emissionerna uppgår till 47 gram CO₂-ekv./kWh för elektricitet som användes i Sverige år 2017. Detta värde ska enligt Energimyndigheten också användas för att beräkna emissionerna av växthusgaser enligt RED. Därmed används detta värde även här och då det ligger relativt nära emissionerna för den nordiska elmixen som redovisas av Björnsson et al. (2016) hämtas även övriga emissioner från denna källa, se också Tabell 47. Som jämförelse kan det konstateras att emissionerna av växthusgaser från svensk elproduktion är den klart lägsta i EU, se också Figur 9.

Tabell 47: Emissioner från produktion av elektricitet inklusive förluster i högspänningsnätet (gram/kWh)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	SO ₂	NH ₃	Partiklar
Svensk elmix ¹	16	0,03	0,002	0,07		0,01	0,02
Nordisk elmix ²	68	0,24	0,007	0,14	0,14	0,01	0,05
Använda data i denna studie	47	–	–	0,14	0,14	0,01	0,05

¹ **Gonzalez (2019)**

² Avser medelvärde för perioden 2013-2015 (**Björnsson m.fl., 2016**)



Figur 9: Emissioner av växthusgaser för nationell elmix hos respektive medlem i EU (JRC, 2017)

C.4 Värme

Vid produktion av biogas används värme för att hygienisera animaliska råvaror, hålla rötammaren vid en temperatur på cirka 37 eller drygt 50 grader Celcius samt i vissa fall för att uppgradera biogasen. I de fall biogas används för att generera elektricitet produceras också en del värme som kan användas utanför biogasanläggningen. Miljönyttan av att producera och använda biogas påverkas därför av vilken typ av värmeproduktion som används respektive ersätts.

Den värme som används på biogasanläggningar produceras ofta lokalt även om det förekommer att anläggningar är anslutna till ett fjärrvärmenät. Detta kräver dock goda lokala förutsättningar. Lokal produktion av värme kan till exempel baseras på biogas, naturgas eller olika typer av fasta biobränslen. På mindre anläggningar används biogasen ofta för att producera kraftvärme och då används värme från gasmotorn också för att värma anläggningen. Här baseras dock beräkningarna på att flis används för att producera processvärme.

I de fall biogasen används för att producera värme eller kraftvärme i stor skala antas här att värmen i sådana fall ersätter annan fjärrvärme. Som beskrivits tidigare baseras svensk produktion av fjärrvärme framförallt på avfall, biobränslen och elektricitet. Här antas därför att värme från biogas ersätter värme från flis oavsett om användningen sker i stor eller liten skala. För emissioner se Tabell 48 och 49.

Tabell 48: Emissioner från produktion av värme från flis (gram/kWh) (Börjesson m.fl., 2010)

	CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	SO ₂	HC	Partiklar
Värme från skogsflis¹	3,3	0,005	0,31	0,1	0,04	0,025	0,003

1. Antar en termisk verkningsgrad på 80%

Tabell 49: Emissioner från produktion av värme från flis (gram/kWh)

	GWP	AP	EP	Partiklar
Värme från skogsflis¹	15,4	0,32	0,06	0,01

1. Antar en termisk verkningsgrad på 80%

Appendix D: Styrmedel i Sverige

I Sverige finns det ett anta styrmedel som på olika sätt påverkar förutsättningarna för produktion och användning av biogas. I föreliggande appendix presenteras ett antal av dessa styrmedel. Detta ska dock inte ses som en fullständig genomgång utan snarare exempel på styrmedel som i dagsläget bedöms ha störst betydelse för biogasens förutsättningar.

D1. Energi och koldioxidskatt

I Sverige beskattas fossila bränslen med energi- och koldioxidskatt samt i vissa fall svavelskatt. Därutöver är elektricitet belagd med energiskatt. På samtliga skatter utgår också moms. Sedan den 1 juli 2018 beskattas även förnybara drivmedel inom reduktionsplikten på samma sätt som deras fossila motsvarighet. Biogas är dock fortsatt befriad från såväl energi- som koldioxidskatt. Energi- och koldioxidskatterna justeras varje år för att följa utvecklingen av det allmänna prisläget. Därmed säkras skatternas reala värde. För bensin, diesel och flygbensin ska energiskatten dessutom ökas med ytterligare 2 % varje år (SFS, 1994). De skattesatser som gäller från halvårsskiftet 2019 presenteras i Tabell 50.

Tabell 50: Energi- och koldioxidskatter från den 1 juli 2019 (Skatteverket, 2019)

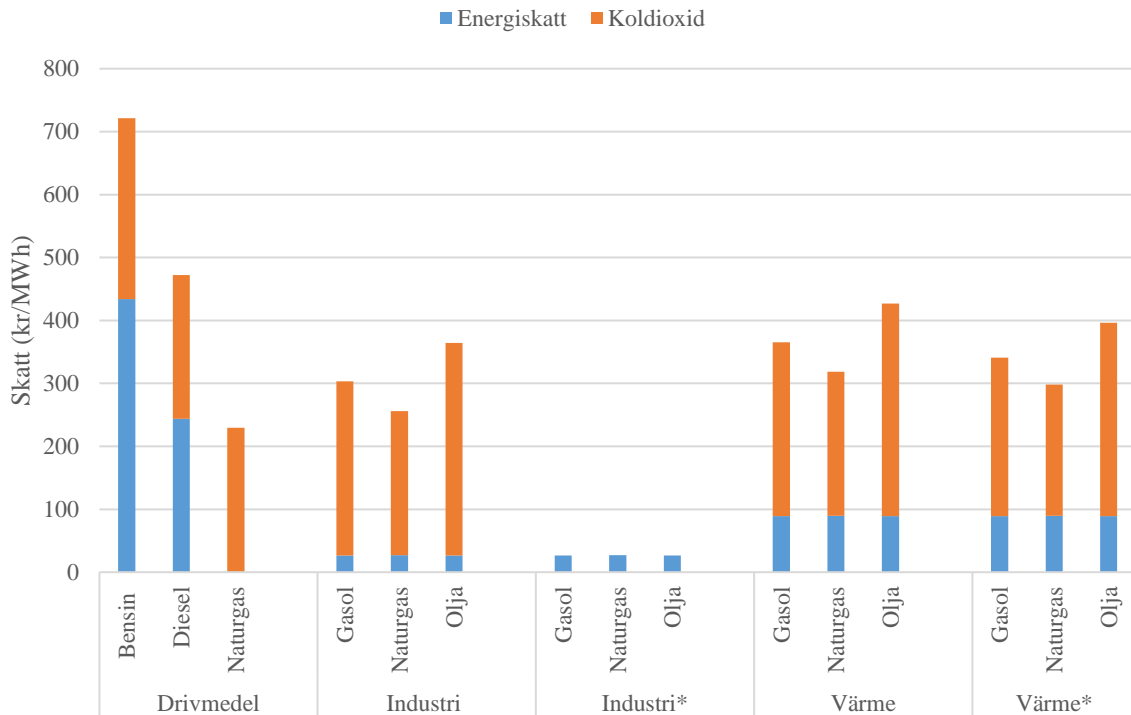
Bränsle	Energiskatt	Koldioxidskatt	Summa
Bensin (kr/m ³)			
- MK 1	3 950	2 620	6 570
- MK 2	3 980	2 620	6 600
Diesel (kr/m ³)			
- MK 1	2 389	2 236	4 625
- MK 2	2 694	2 236	4 930
- MK 3	2 852	2 236	5 088
Eldningsolja (kr/m ³)	887	3 360	4 247
Gasol (kr/1 000 kg)			
- Drivmedel	0	3 535	3 535
- Annan användning	1 140	3 535	4 675
Naturgas (kr/1000 m ³)			
- Drivmedel	0	2 516	2 516
- Annan användning	981	2 516	3 497

De skattesatser som angetts i Tabell 50 gäller före eventuella möjligheter till avdrag eller återbetalning vilket i sin tur beror på vem som använder de olika energibärarna. I Tabell 51 anges aktuella avdrag för bränslen. Beaktas de skattesatser som anges i Tabell 50 och de avdragsmöjligheter som presenteras i Tabell 51 varierar beskattningen mellan 229 – 722 kr/MWh för drivmedel och 27 – 427 kr/MWh för övriga bränslen, se också Figur 10. Observera dock att de industrier mest lägst skatt också ska överlämna utsläppsrätter.

Tabell 51: Befrielse från energi- och koldioxidskatt på fossila bränslen för olika verksamheter (Skatteverket, 2019)

	Energiskatt	Koldioxidskatt
Industri	70 %	0 %
Industri*	70 %	100 %
Lantbruk	70 %	0 %
Kraftvärme		
- Elektricitet	100 %	100 %
- Värme	0 %	0 %
- Värme*	0 %	9 %

* För anläggning som ska överlämna utsläppsrätter



Figur 10: Energi- och koldioxidskatt för olika användningsområden samt för anläggningar som deltar(*) respektive inte deltar i handeln med utsläppsrätter (Skatteverket, 2019).

D2. Reduktionsplikt

Bränslebytet är regeringens förslag till nya styrmedel för att reducera utsläppen av växthusgaser från transportsektorn och öka användningen av biodrivmedel. Förslaget innefattar en reduktionsplikt samt förändrad drivmedelsbeskattning (Regeringskansliet, 2017). Reduktionsplikten trädde i kraft den 1 juli 2018 och syftar till att minska utsläppen av växthusgaser från bensin och diesel med 40% till 2030 genom att kräva en ökad inblandning av biodrivmedel (Energimyndigheten, 2018c). Införandet av reduktionsplikten motiveras främst av behovet av långsiktiga spelregler för biodrivmedel, vilket inte var möjligt med skattenedsättningar eftersom det räknas som ekonomiskt stöd och därför krävde kommissionens tidsbegränsade godkännande. Med ett långsiktigt stöd hoppas regeringen möjliggöra för inhemska producenter av biodrivmedel att investera i produktionsanläggningar (Regeringen, 2017). Eftersom reduktionsplikten avser en skyldighet att minska växthusgasutsläppen i ett livscykelperspektiv per energienhet, har det också fördelen att den gynnar biobränslen med låga utsläpp av växthusgaser tex skogsråvara och avfall (Regeringen, 2017).

Reduktionsplikten innefattar alla drivmedelsleverantörer som är skatteskyldiga för bensin och diesel som innehåller max 98 volymprocent biodrivmedel (SFS, 2017). Höginblandade biodrivmedel, så som HVO100, E85, ED95 och B100 samt biogas omfattas inte av reduktionsplikten. Regeringen motiverar beslutet att exkludera höginblandade drivmedel med att dessa drivmedel skulle bli så mycket dyrare att de skulle ha svårt att konkurrera med de låginblandade drivmedlen, vilket riskerar att leda till kraftigt minskad eller helt upphörd försäljning. Detta skulle kunna drabba den tunga trafiken, där satsningar gjorts för att helt ställa om till förnybara bränslen, hårt på grund av de stora investeringar som gjorts i infrastruktur och fordon ämnade för höginblandade drivmedel (Regeringen, 2017).

Reduktionsplikten får endast uppfyllas genom inblandning av biodrivmedel som uppfyller hållbarhetskriterierna enligt lagen om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Alla bränslen som omfattas av reduktionsplikten måste beläggas med full skatt, då skattenedsättningar och reduktionsplikt inte bedöms kunna kombineras i nuläget utan att EU räknar det som statligt stöd. För

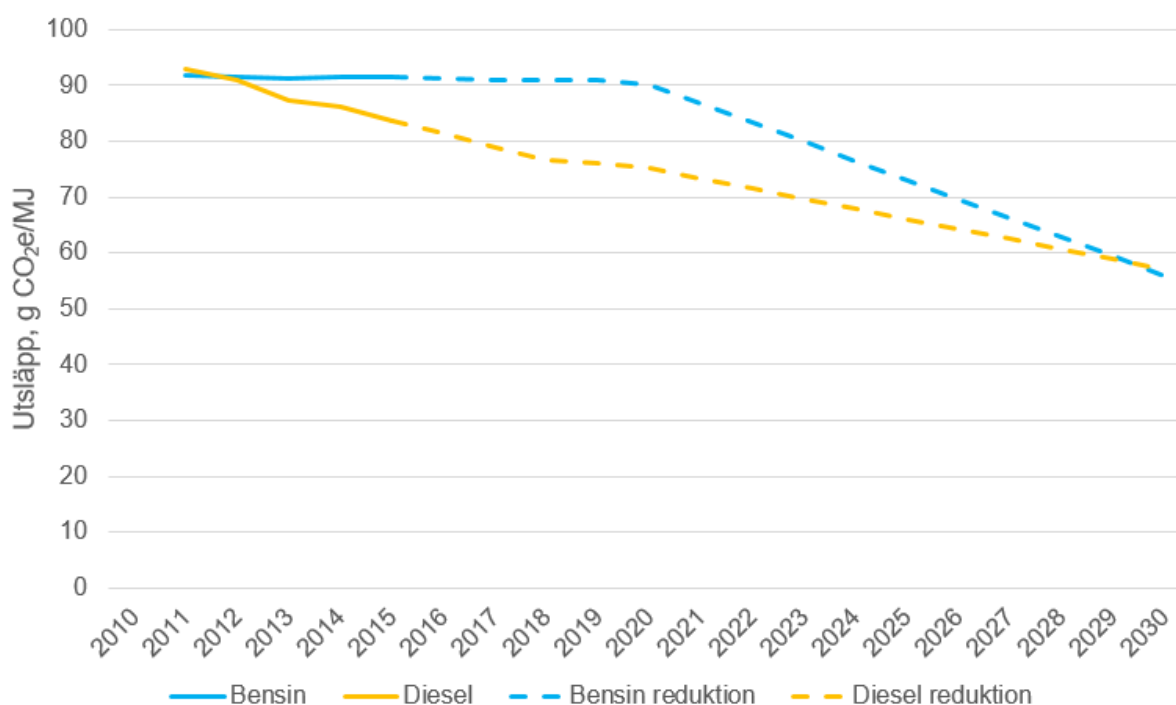
2018 är förslaget konstruerat för att inte påverka priset vid pump för bensin och dieselbränsle. För att de höginblandade drivmedlen fortsatt ska kunna konkurrera, är de därför fortsatt befriade från koldioxid- och energi skatt (**Regeringen, 2017**). Bränslen som till exempel HVO kan antingen blandas in och gå under reduktionsplikten eller säljas som höginblandad HVO100. Hur det kommer utvecklas är ovist, men i en konsekvensanalys av Sweco anser det troligast att det kommer blandas in, vilket medför en risk att tillgången på höginblandad HVO blir begränsad (**Larsson m.fl., 2017**).

Inledningsvis sätts kvoten för minskat utsläpp av växthusgaser från den reduktionspliktiga energimängden till 19,3% för diesel och 2,6% för bensin jämfört med utsläppen från motsvarande energimängd fossilt bränsle. Tanken är sedan att succesivt öka kvoten för att år 2030 ha uppnått 40 % minskning av växthusgaser, se också Tabell 52 och Figur 11.

Anledningen till att ha separata reduktionsnivåer för bensin och dieselbränslen anges vara att kostnaderna för att minska växthusgasutsläppen i de två bränslena idag skiljer sig mycket åt. Bolag med hög försäljningsandel dieselbränslen har idag konkurrensfördelar till följd av de bränslekvalitetskrav som avgör inblandningsmöjligheterna för biobränslen. Dessa begränsningar, i kombination med att marknaden utgörs av få stora aktörer, gör att andra alternativ, så som handel med certifikat, idag inte ses som ett möjligt styrmedel (**Regeringen, 2017**).

Tabell 52: Reduktionsnivåer för minskade utsläpp av växthusgaser för bensin och diesel(SFS, 2017).

Träder i kraft	Diesel [%]	Bensin [%]
2018-07-01	19,3	2,6
2019-01-01	20	2,6
2020-01-01	21	4,2



Figur 11 Föreslagen reduktionsplikt fram till 2020, följt av en linjär minskning för att nå 40% utsläppsminskning 2030 (**Energimyndigheten, 2018c**)

Kvoten för bensin är satt för att möjliggöra en mjuk övergång för drivmedelsleverantörerna från skattebefrielse till reduktionsplikt. Den satta nivån möjliggör en fortsatt inblandning av 5% etanol, men med lägre växthusgasutsläpp. Efter 2020 kommer det däremot krävas bensin med E10 kvalitet.

Dieselskvoten förväntas uppfyllas genom inblandning av FAME och HVO. Enligt (**Regeringen, 2017**) beräknas HVO ha fortsatta möjligheter att öka på marknaden under åren 2018-2020, medan en konsekvensanalys utförd av Sweco, visar att det kanske kommer bli svårt att få tag på tillräckliga volymer av biodrivmedel som uppfyller EUs regler. Ökad efterfrågan i kombination med begränsad tillgång riskerar även att driva upp drivmedelspriser (**Larsson m.fl., 2017**).

Reduktionen ska redovisas en gång per kalenderår och om reduktionen inte uppnåtts finns möjlighet att överta överskott (från samma drivmedel) från andra reduktionspliktiga aktörer. Om detta inte är möjligt ska en avgift betalas för varje kilo CO₂e som överstiger reduktionsplikten, 5 kr/kg för bensin och 4 kr/kg för diesel (**SFS, 2018**).

Efter en första utvärdering föreslår **Energimyndigheten (2019b)** inga större förändringar av reduktionsplikten. De avser att kvotplikter för diesel och bensin ska fortsätta att vara separerade och att höginblandade och rena drivmedel även i fortsättningen ska stå utanför reduktionsplikten och stödjas med skattebefrielse. Möjligheten att ta med biogas i reduktionsplikten har inte behandlats i utvärderingen. I utredningen föreslås att det ska vara tillåtet att spara överskott av utsläppsreduktion till nästkommande år, samt att det ska bli möjligt att handla med utsläppsreduktioner redan innan den egna reduktionsplikten har uppnåtts. I utvärderingen föreslås även en fortsatt linjär utveckling av reduktionsplikten så att en reduktionsnivå för diesel har nått 92,9% och för bensin 80,6% 2045.

D.3 Gödselgasstöd

Sedan år 2014 kan biogasproducenter ansöka om att delta i ett pilotprojekt för gödselbaserad biogasproduktion som drivs av Jordbruksverket (**Jordbruksverket, 2018a**). De producenter som deltar i projektet får upp till 40 öre/kWh i produktionsstöd. Det finns dock ingen garanterad stödnivå utan de medel som beslutats av regeringen fördelas på den produktion som sker. En hög biogasproduktion får därmed effekten att stödet per kWh minskar. I Tabell 53 redovisas de medel som i dagsläget finns avsatta för projektperioden 2014 – 2023. Där redovisas också hur mycket biogas som kan produceras för att anläggningarna ska få ett stöd på 40 respektive 20 öre/kWh.

För att undvika överkompensation kan stödet också minskas om produktionskostnaderna understiger marknadspriset för motsvarande fossila bränslen. Denna beräkning görs årligen av Jordbruksverket (**Jordbruksverket, 2018b**).

Tabell 53: Medel för gödselgasstöd (**Jordbruksverket, 2018a**)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Stödbelopp (miljoner kr)	60	60	60	30	22,5	22,5
Maximal produktion (GWh)						
- För ett stöd på 40 öre/kWh	150	150	150	75	56,25	56,25
- För ett stöd på 20 öre/kWh	300	300	300	150	112,5	112,5
Stöd vid olika produktionsnivåer (öre/kWh)						
- 100 GWh/år	60	60	60	30	22,5	22,5
- 127 GWh/år (dagens produktion)	47	47	47	24	17,7	17,7
- 250 GWh/år	24	24	24	12	9	9

D.4 Investeringsstöd

Sverige har en lång tradition i att ge investeringsstöd till olika typer av biogasrelaterade projekt. I skrivande stund finns det två stödsystem där det är möjligt att söka stöd för investeringar i biogasanläggningar och tillhörande infrastruktur.

Klimatklivet

Klimatklivet är ett investeringsstöd som administreras av Naturvårdsverket och som ger bidrag till lokala och regionala åtgärder som minskar emissionerna av koldioxid och andra växthusgaser. Från år 2015 – 2018 har det beviljats 4,7 miljarder kr till 3 200 olika åtgärder (**Naturvårdsverket, 2019d**). När det gäller biogas har 39 projekt blivit beviljade cirka 1 miljard kr i stöd. Det beviljade stödet har i genomsnitt motsvarat 45% av den totala investeringen (**Naturvårdsverket, 2019a**). Olika ansökningar ställs mot varandra med avseende på hur mycket stöd som söks i relation till hur mycket emissionerna av växthusgaser minskar. Ansökningar om produktion av biogas har i detta hänseende varit framgångsrika och de har en hög beviljandegrad och svarar också för en stor del av de totala stöden. För de stöd till biogasproduktion som beviljades år 2016 har kostnaden beräknats till 0,26 kr/kg koldioxidekvivalent (**Isberg m.fl., 2017**). Det bör dock noteras att detta inte är en fullständig bild av kostnaden då den absoluta merparten av biogasen ska användas som drivmedel och därmed också åtnjuter dagens skattebefrielse.

Investeringsstöd inom landsbygdsprogrammet

Inom landsbygdsprogrammet finns en rad olika investeringsstöd som specifikt riktar sig till företag på landsbygden. Ett av dessa stöd är investeringsstöd för produktion och användning av gödselbaserad biogas inklusive uppgraderingsanläggning och investeringar för rötresthantering. Stödet kan endast sökas av företag på landsbygden som har färre än 50 anställda, omsätter max 10 miljoner euro och vill bredda sin jordbruksverksamhet. Stödet kan maximalt uppgå till 40% av investeringen och om stödet går till en anläggning för produktion av biogas krävs att minst 50% av råvaran är gödsel (**Jordbruksverket, 2019**).

D.6 Obligatorisk insamling av matavfall

Från den 1 januari år 2021 är det obligatoriskt för kommuner att tillhandahålla ett system för separat insamling och transport av matavfall som sorterats ut av hushållen (**SFS, 2011; Naturvårdsverket, 2019c**). Naturvårdsverket kommer under hösten 2019 att meddela närmare föreskrifter om hur lagen ska tillämpas samt vad som gäller för eventuella undantag och dispenser. Lagen om separat hantering ställer dock inga krav på hur det insamlade matavfallet därefter ska behandlas. Ett av etappmålen i det svenska miljömålet om en god bebyggd miljö anger dock att år 2020 ska minst 50% av matavfallet från hushålls, storkök och restauranger ska behandlas biologiskt så att växtnäring kan tas tillvara och 40% ska behandlas så att även energi kan tas tillvara (**Sveriges Miljömål, 2019**).

Appendix E: Internationell utblick

Förutsättningarna för produktion och användning av biogas ser olika ut i olika länder. Dessa skillnader kan bero på olika faktorer men olika styrmedel har sannolikt stor betydelse. Här ges en mycket kortfattad genomgång av styrmedel för biogas i Danmark, Storbritannien och Tyskland.

E.1 Danmark

När oljekrisen slog till på 1970-talet var Danmarks energisystem nästan helt beroende av olja och merparten var importerad. Detta blev början på en stor satsning för att ställa om till ett hållbart energisystem, där biogas är en viktig del. Biogas har inte endast sets som en viktig komponent i att öka andel förnybar energi och minska importberoendet, det har även varit ett sätt att hantera avfall från det utbredda jordbruket och boskapsskötseln i Danmark. Naturgas är också en viktig del av Danmarks energisystem (20% av landets energianvändning) och gasnätet är väl utbyggt i hela landet (**Bundgaard m.fl., 2014**).

Två initiativ har varit viktiga för utvecklingen av biogas i Danmark under senare år. Det ena är det gröna tillväxtinitiativet från 2009, som fastslår att minst 50% av landets gödsel ska användas i biogasanläggningar senast 2020. Ännu mer inflytande har Energiavtalet från 2012 haft, där målet sattes att 35% av energiförsörjningen ska vara förnybar 2020, samt att Danmark ska vara fritt från fossila bränslen 2050 (**Al Seadi, 2017**).

Energiavtalet innehåller även specifika mål för biogas (**IEA, 2017**) nämligen:

- Öka nuvarande finansiella stöd till biogas för kraftvärmeanläggningar.
- Introducera nya finansieringssystem för att göra biogas mer ekonomiskt attraktivt för inmatning på naturgasnätet och för användning i industriella processer och i transportsektorn.
- Öka installationsbidraget från 20% till 30%.
- Introducera en specialgrupp för att stödja specifika projekt och rekommendera ytterligare åtgärder.

Biogasproduktionen i Danmark ökar i snabb takt och mellan 2012 och 2020 förväntas produktionen ha tredubblats. Största andelen av biogasen går till elproduktionen, men andelen uppgraderad biogas som går in på naturgasnätet har ökat varje år sedan 2014 och förväntas fortsätta öka kraftigt till 2020. Däremot har andelen biogas som används för värmeproduktion eller för processändamål en väldigt liten andel och andelen som går till transport är nästintill obefintligt (**Danish Energy Agency, 2019**).

I Danmark fanns det totalt 156 biogasanläggningar år 2015 som sammanlagt producerade 1 763 GWh. Majoriteten av anläggningarna var gödselbaserade och låg nära ett jordbruk (1367 GWh/år, 71 anläggningar). Ett stort antal anläggningar var kopplade till avloppsreningsverk och låg i anslutning till större städer (52 stycken), men produktionen var här betydligt mindre (281 GWh/år). Ett fåtal anläggningar är baserade på avfall från industri (67 GWh/år, 6 anläggningar) eller deponier (48 GWh/år, 27 anläggningar) (**IEA, 2018**). Under 2016-2017 ökade biogasproduktionen i jordbruket 40-45 % och uppgradering är vanligt i majoriteten av dessa anläggningar (både nya och gamla) (**Al Seadi, 2017**).

Regeringen vill se en ambitiös utbyggnad av biogasproduktionen, men utvecklingen ska helst inte ske baserat på energigrödor och restriktioner för tillåten andel energigrödor har därför införts. Istället vill man se en ökning av samrotning av gödsel, djupströ, halm och annan lignocellulosa samt hushållsavfall (**Al Seadi, 2017**). Energistyrelsen reglerar därför mängden energigrödor i biogasproduktionen genom att sätta ett tak för andelen energigrödor som får tillföras en anläggning. Tidigare låg gränsen på 25% men från med år 2018 har den sänkts till 12%. Biogas som används i transportsektorn tilldelas inte stöd om produktionen baseras på livsmedelgrödor (**Danish Energy Agency, 2019**).

Fram till 2012 var styrningen främst inriktade på kraftvärmesektorn, men i och med Energiavtalet 2012 infördes även stöd för att öka användningen i andra sektorer (**Bundgaard m.fl., 2014**). Danska Energistyrelsen ansvarar för regler och förordningar när det kommer till stöd för biogas. Stödet för biogas kan delas in i tre områden: stöd till uppgradering och rening av biogas, stöd till elproduktion från biogas, och stöd till användning av biogas. I varje område delas stöden även upp i tre delar: 1) årlig indexreglering 2) reglering i relation till naturgaspriset och 3) fast ersättning som räknas ned med 2 DKK/GJ per år från och med 2016. Nedan presenteras områdena var för sig baserat på **Energistyrelsen (2019)**. Priserna är omräknade från DKK till SEK enligt växelkurs 1 SEK = 1,52 DKK (**Forex, 2019**). I de fall där bränslets energiinnehåll används, anges stöden för det nedre värmevärdet.

Stöd till uppgradering och rening av biogas

Sedan 2013 har de som äger en anläggning som uppgraderar och levererar biogas till naturgasnätet, eller de som äger en anläggning som renar biogas och levererar till stadsnätet rätt till stöd. Stödet ges i form av tre olika pristillägg som är baserade på gasens energiinnehåll. Totalt låg stödet år 2019 på 0,59 kr/kWh uppgraderad- eller renad biogas som tillförs naturgasnätet respektive stadsnätet.

- Pristillägg 1 indexregleras årligen och gav 2019 ett tillägg på cirka 0,45 kr/kWh.
- Pristillägg 2 regleras i förhållande till naturgaspriset och gav 2019 ett tillägg på cirka 0,13 kr/kWh.
- Pristillägg 3 har en fast nedräkning per år på 2 DDK/GJ per år och låg 2019 på 0,01 kr/kWh.

Stöd till elproduktion från biogas

Sedan år 2013 har även ägare av elproduktionsanläggningar som använder biogas i elproduktionen rätt till stöd. Både anläggningar som endast använder biobaserade bränslen och anläggningar som använder biobränslena i kombination med andra bränslen kan få stöd. Pristillägget är, likt för uppgradering och rening av biogas, uppdelat i tre olika pristillägg. Dock kan pristillägg 1 utformas på två olika sätt antingen ett fastställt pris som utgörs av ett pristillägg tillsammans med ett fastställt marknadspris, eller ett pristillägg utöver kommersiellt såld el. Anläggningar som endast använder biogas kan välja vilket typ av stöd de vill ha (val av typ av pristillägg måste göras senast den 1 oktober för att börja gälla vid årsskiftet). Anläggningar som använder biogas i kombination med andra bränslen har däremot inte möjlighet att välja det på förhand fastställda priset och stödet gäller endast för den andel av elen som är framställt av biogas.

- Pristillägg 1 indexregleras årligen. 2019 låg det fastställda priset på 1,25 kr/kWh och tillägget utöver marknadspriset på 0,68 kr/kWh
- Pristillägg 2 regleras i förhållande till naturgaspriset och gav 2019 ett tillägg på 0,31 kr /kWh.
- Pristillägg 3 räknas ned med 3 öre/kWh sedan år 2016 och låg år 2019 på 3 öre/kWh.

Stöd till användning av biogas

Stöd till användning av biogas har funnits sedan 2016. Stödet kan erhållas av kraftverk eller verksamheter som använder biogas till processändamål, för försäljning till slutanvändning inom transport, eller vid värmeproduktion. Stödet utgörs av en grundsubvention och två tilläggssubventioner. Subventionen beräknas baserat på såld GJ.

- Grundsubventionen ligger fast på 0,21 kr/kWh
- Tilläggssubvention 1 regleras i förhållande till naturgaspriset och låg 2019 på 0,16 kr/kWh
- Tilläggssubvention 2 har en fast avräkning per år sedan 2016 på 2 DDK/GJ per år och låg 2019 på 0,01 kr/kWh.

Kraftverk eller verksamheter som använder biogas till *processändamål* har möjlighet att få både grundsubventionen och båda tilläggssubventionerna. Även biogas som säljs för slutanvändning inom *transport* (endast försäljning direkt till slutanvändaren) har möjlighet att få alla subventionerna. Vid användning av biogas till *värmeproduktion* är det endast möjligt att söka de två tilläggssubventionerna.

Tabell 54: Sammanfattning av stöd till biogas i Danmark år 2019 (kr/kWh biogas respektive elektricitet från biogas)

Stöd	Vem	Stöd
Pristillägg för uppgradering och rening av biogas	Ägare av biogasanläggningar som levererar biogas till naturgasnätet eller som renar biogas till stadsnätet	0,59
Fastställt pris för elproduktion	Ägare av elproduktionsanläggningar som endast använder biogas	1,59
Pristillägg utöver kommersiellt försäljningspris för elproduktion	Ägare av elproduktionsanläggningar som helt eller delvis använder biogas	1,14
Subvention processändamål	Kraftverk eller verksamheter som använder biogas till processändamål	0,38
Subvention transport	Företag som säljer biogas till slutanvändning inom transport	0,38
Subvention värmeproduktion	Verksamheter som använder biogas till värmeproduktion	0,38

E.2 Storbritannien

Merparten av Storbritanniens stöd är teknikneutrala och det ges inget specifikt stöd till biogas. Istället ges ekonomiskt stöd till förnybar el- och värmeproduktion genom inmatningstariffer, där mindre anläggningar prioriteras. De har även ett certifikatsystem som i första hand riktar sig till storskalig produktion av förnybar el.

Majoriteten av biogasanläggningar i Storbritannien 2017 var el eller kraftvärmeanläggningar, se Tabell 55. Av de mindre anläggningarna (<500 kWhel) är majoriteten baserad på jordbruket. Medan större elproducerande anläggningar dominerades av avloppsslam. Även de anläggningar som producerar biometan som går ut på gasnätet dominerades av råvaror från jordbruket (**Lukehurst, 2017**).

Tabell 55: Biogasproduktion i Storbritannien år 2017 (**Lukehurst, 2017**)

Typ av anläggning	Antal anläggningar	Kapacitet
El/kraftvärme	466	491 MWel
Biometan	85	61 320 m ³ /h
Värmeverk	6	0,1 MWvärme
Total	557	730 MWel-ekvivalenter

Stöd till biogas

Storbritanniens inmatningstariffer (FIT) infördes 2010 och avslutades 2019 och syftar främst till att stödja småskalig förnybar elproduktion så som solpaneler, vindkraftverk, vattenkraftverk eller små kraftvärmeverk. Genom detta styrmedel har biogasanläggningar med kapacitet under 5 MW möjlighet att få stöd. Tariffen ger ett garanterat pris för producerad el under 20 års tid. Hur mycket stöd som delas ut beror på verkets kapacitet, där mindre anläggningar får högre stöd, se Tabell 56. Förnybara anläggningar som tidigare fått stöd genom certifikat eller inmatningstariffer har inte rätt till mer stöd (**The Official Information Portal on Anaerobic Digestion, 2018**).

Ett liknande stödsystem finns för värmeproduktion (RHI), där en fast ersättning per kWh ges till producenter av förnybar värme under 20 år. Även i detta fall kan anläggningar med mindre kapacitet få ett högre stöd än större anläggningar, med undantag av uppgraderad biogas som får högsta stöd oberoende av storlek på anläggningen (**The Official Information Portal on Anaerobic Digestion, 2018**). Ett nyare stöd är tariffer som delas upp i tre grupper baserat på inmatning på gasnätet där de första 40 000 MWh ger högst stöd. För storlek på stöd för biogas och uppgraderad biogas, se Tabell 56.

Tabell 56: Sammanfattande tabell över stöd och subventioner i Storbritannien (IEA, 2018) med en växelkurs på 1 GBP = 12,76 SEK (Forex, 2019)

Typ av stöd	Subvention 2018
Inmatningstariff (FIT): produktionstariff för genererad kWh el	<ul style="list-style-type: none"> • Installerad kapacitet $\leq 250\text{kW}$ = 0,59 SEK/kWh • Installerad kapacitet $> 250\text{kW} < 500\text{kW}$ = 0,56 SEK/kWh • Installerad kapacitet $> 500\text{kW}$ = 0,21 SEK/kWh
Renewable heat insentive (RHI)	<ul style="list-style-type: none"> • Installerad kapacitet $< 200\text{kW}$ värme = 0,59 SEK/kWh • Installerad kapacitet $\leq 200\text{kW}$ värme $< 600\text{kW}$ värme = 0,46 SEK/kWh • Installerad kapacitet $\geq 600\text{kW}$ värme = 0,18 SEK/kWh • Biometan första 40000 MWh = 0,71 SEK/kWh • Biometan följande 40000 MWh = 0,42 SEK/kWh • Biometan kvarvarande MWh = 0,32 SEK/kWh
Certifikat (ROC)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 ROCs/MWh till April 2015 • 1,9 ROCs/MWh under 2015/16 • 1,8 ROCs/MWh under 2016/17

Det huvudsakliga stödet för storskalig ($> 5\text{MW}$) förnybar elproduktion och rötning av biogas är certifikat, så kallade Renewable Obligation Certificate (ROC). Certifikaten ges till producenter av förnybar el som producerats inom Storbritannien och levereras till kunder inom landet av en licensierad elleverantör. Biogasproducenter har haft möjlighet att få mer än ett certifikat per kWh. Hur många certifikat som erhålls har minskat med åren, se tabell 59. Värdet på certifikaten varierar, den övre gränsen fastställs av uppköpspriset, vilket är straffavgiften som leverantörer måste betala för varje saknad ROC (Avfall Sverige, 2017c). Det är möjligt att handla med certifikaten, för att i slutet av en period betala för de certifikat som saknas (OFGEM, 2018).

Andra styrmedel som påverkar biogasproduktionen i landet är certifikat som kan erhållas av till exempel kraftvärmeverk och ger undantag från klimatförändringsavgiften (Climate Change Levy) (OFGEM, 2018). På användarsidan finns även krav på att leverantörer av fossila bränslen som levererar över 450.000 liter/år ska tillhandahålla minst 4,75% förnybara bränslen. Krav på andelen förnybart kommer ha ökat till 9,75% till 2020. Uppgraderad biogas är ett av de bränslen som uppfyller kraven och därför är berättigade Förnybara transportbränsle certifikat (Renewable Transport Fuel Certificates) (IEA, 2018).

Några av de krav som ställs på råvaror för att de ska räknas som förnybara är att grödor inte får vara mer än 50% av råvaran och växthusgasutsläppen måste minska med minst 60% ur ett livscykelperspektiv med undantag av avfall och gödsel (Lukehurst, 2017).

E.3 Tyskland

Tysklands har satt ett övergripande mål att öka andelen förnybar energi i landets energiproduktion med 40-45% till år 2025, 55-60% till 2035 och 80% till 2050 (IEA, 2018). Energiewende är Tysklands storsatsning för att skapa en fossiloberoende ekonomi, där fokus har legat på elsektorn och nerläggning av kärnkraften. För att ersätta kärnkraften har stora satsningar främst gjorts på vind- och solkraft, vilket har inneburit utmaningar med fluktuationer på elnätet. Bioenergi ses som en möjlighet att balansera dessa fluktuationer (Appunn, 2016).

Tyskland har cirka 75% av EUs totala produktion av uppgraderad biogas. Majoriteten av biogasen går ut på naturgasnätet och används till att producera elektricitet och värme (Avfall Sverige, 2017b). Vid en jämförelse med många andra europeiska länder är en väldigt stor andel av produktionen småskalig och placerad i glesbefolkade områden och inom jordbrukssektorn (Daniel-Gromke m.fl., 2018). Biomassa har främst använts till små kraftvärmelanläggningar och på så sätt både bidragit till el och värmesektorn (Appunn, 2016).

År 2016 fanns det 10 431 biogasanläggningar i Tyskland där majoriteten var kopplad till jordbruk, se Tabell 57. 60 % av biogasen användes inom elsektorn (35.951 GWh/år), 32% inom värmesektorn (19.157 GWh/år) och endast 1 % blev fordonsbränsle (379 GWh/år). De resterande 7 % facklades (4.379 GWh/år) (IEA, 2018)

Tabell 57: Biogasproduktion i Tyskland år 2015 (IEA, 2018)

Typ av anläggning	Antal anläggningar (st)	Elproduktion (GWh/år)	Värmeproduktion (GWh/år)
Avloppsslam	1 258	1 440	2 077
Biologiskt avfall	335	1 248	556
Jordbruk	8 200	30 552	14 312
Biometan	196	2 354	2 648
Avfallsdeponier	442	358	120
Totalt	10 431	35 951	19 157

Fram till 2012 skedde en kraftig ökning av biogasanläggningar, kanske främst på grund av de garanterade inmatningstarifferna över 20 års tid, men de senaste åren har ökningen avtagit kraftigt till följd av förändringar i EEG 2012 och 2014. Den ökning som har skett efter dessa förändringar har främst varit små gödselbaserade biogasanläggningar eftersom inmatningstarifferna för dessa inte minskade så mycket (Daniel-Gromke m.fl., 2018). Bönder ser det som en välkommen extra inkomst till jordbruket och även för glesbyggda områden har det haft ekonomiska fördelar (Appunn, 2016).

Stöd till biogas

Utvecklingen av den Tyska biogasmarknaden började redan 1990 i och med the Electricity Feeding Act som syftade till att öka andelen förnybart i elsektorn. 2000 utvecklades detta i The Renewable Energy Act (EEG) där tre huvudsakliga åtgärder skulle förenkla för förnybart: rätt till nätanlutning för förnybara energianläggningar, skyldighet för nätoperatörer att prioritera el från förnybara källor och en låg inmatningstariff för genererad el i 20 år (Daniel-Gromke m.fl., 2018). Till följd av EEG 2000 ökade antalet anläggningar kraftigt i hela landet med cirka 250 stycken per år (Torrijos, 2016).

EEG har sedan förnyats vid ett antal tillfällen. I EEG 2004 lades en bonus till för biogas från energigrödor och biogas som används till värmeproduktion. Nya anläggningar ökade då till 450 per år. I EEG 2009 infördes bonusar för nya tekniker, utsläppsminskningar och användning av gödsel som råvara. Dessutom introducerades höga inmatningstariffer. Detta ledde till en kraftig ökning av nya biogasanläggningar och under några år byggdes 1000 nya anläggningar per år, elproduktion från biomassa ökade kraftigt, nya jobb skapades och landsbygden stärktes. Samtidigt kom det med bieffekter så som: konkurrens om biogas, ökad majsodling och skiftad majsanvändning, kortare växelbruk och problem med acceptansen hos befolkningen. För att komma till bukt med dessa problem gjordes ytterligare ändringar i EEG 2012 och EEG 2014 som syftade till att avgränsa majsodlingen och ge ökat stöd till biogas producerat från restprodukter och avfall och små lokala gödselbaserade anläggningar, samtidigt som man förenklade EEG genom att minska antalet bonusar. Det introducerades även ökade krav på energieffektivisering, efterfrågestyrd elproduktion och uppgradering till metangas. De minskade inmatningstarifferna ledde dock till en kraftigt minskad andel nya anläggningar (Torrijos, 2016).

I EEG 2017 får de biogasanläggningar som närmar sig slutet av sina 20 år med stöd en andra chans att delta i en auktion för uppföljningsfinansiering. Detta har införts för att förhindra att många av de existerande biogasanläggningarna får stänga ner (Appunn, 2016). I EEG 2017 ändrades även inmatningstariffen från ett fast belopp till ett auktionssystem där anläggningar aktivt måste buda för att få stöd. Auktionssystemet infördes främst för att begränsa kostnadsutvecklingen. Mindre gödsel- och avfallsanläggningar kan fortsätta få stöd genom inmatningstariffer enligt EEG 2014. Nya anläggningar och utbyggnationer av existerande anläggningar konkurrerar på lika villkor, men nya anläggningar får en tariff på 20 år medan utbyggnationer får ett avtal på 10 år. I EEG 2017 sätts också ett tak för

användning av majs och spannmål till max 50 % (baserat på massa). Ett tak som kommer minskas ytterligare till 47% 2019 och 44% 2021. Samtidigt har alla andra åtgärder från tidigare EEGs för att styra vilka råvaror som används vid tillverkningen övergetts (**Daniel-Gromke m.fl., 2018**).

Sammanfattningsvis bygger Tysklands stödsystem för biogas främst på befrielse från nätverkstariffer, garanterad avsättning och inmatningstariffer. För mindre elproducerande anläggningar (<100 kW) finns också inmatningstariffer på 2,25 kr/kWh för el från gödselbaserad biogas och 1,26 – 1,44 SEK/kWh när biogasen baseras på restprodukter. När biogasen baseras på avloppsslam eller deponigas är inmatningstarifferna 0,53 – 0,78 kr/kWh. För större anläggningar tillämpas ett auktionsbaserat system (**Avfall Sverige, 2017b**).

Reduktionsplikt: Tyskland introducerade ett reduktionspliktsystem år 2015 för att stegvis minska utsläppen av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv. Det ersatte den dåvarande biodrivmedelskvotplikten (**Federal Office for Agriculture and Food, 2017**). Reduktionsplikten innefattar skatteskyldiga företag som tillhandahåller bränsle. Kvoten kan uppnås genom användning av biobränslen eller el för vägfordon (**Sternkopf, 2017**) och inkluderar både rena och inblandade bränslen. Inblandning kan ske i diesel, bensin och naturgas.

I Tyskland faller alla bränslen under samma kvot. Utsläppen måste minska med minst 3,5% 2015, minst 4% 2017 och efter 2020 ska minskningen ligga på 6%. Om kvoten inte uppnås genom inblandning finns även möjlighet till handel med växthusgascertifikat. Om kvoten ändå inte uppnås läggs en avgift på 470 EUR/t CO₂e. Även om biogas ingår i reduktionsplikten är processen väldigt komplex och beräkningsmetoderna i praktiken inte anpassade för att gynna biogas (**Hofmann, 2017**).

Att biodrivmedel med hög klimatprestanda gynnats, har inneburit att de tyska drivmedelsleverantörerna kunnat uppfylla reduktionsplikten med en låg inblandning av biodrivmedel, vilket gjorde att volymer av biodiesel minskade under 2015 (**Energimyndigheten, 2016**). Raps har varit den förlorande råvaran i Tyskland, på grund av det relativt höga växthusgasutsläppsvärdet (**UFOP, 2018**).